

연구보고서

전체환기 및 밀폐설비 설치의 적정성 평가 도구 개발

김태형

요 약 문

1. 연구제목 : 전체환기 및 밀폐설비 설치의 적정성 평가 도구 개발

2. 연구 필요성 및 목적

산업안전보건법 제48조에 따라 허가·관리대상 유해물질 취급 작업 및 분진작업 시 국소배기장치(이동식은 제외), 밀폐설비, 전체 환기장치(강제 배기방식의 것과 급기·배기 환기장치에 한정)를 설치할 경우 유해위험방지계획서를 제출하도록 하고 있음. 하지만, 환기 시스템에 대한 심사 자료를 보면, 국소배기시스템에 대한 심사기준은 비교적 자세하게 제시되어 있으나, 밀폐설비 및 전체환기 장치에 대해서는 명확한 기준이 없음

본 연구를 통해 유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용할 수 있는 적정성 평가 도구를 개발하고 사업장에서 전체환기장치 및 밀폐설비 설치 시 참고할 수 있는 설치기준을 마련할 필요가 있어 이에 대한 연구를 수행하였음

3. 연구 내용 및 방법

(1) 유해위험방지계획서 작성 및 평가 실태조사

전체환기 및 밀폐설비에 대한 유해위험 방지계획서 작성 기업, 대행업체, 심사 담당 실무자들을 방문 조사 또는 유선 면담하여 실제 유해위험 방지 계획서 작성 시 문제점과 필요한 사항에 대한 자료 수집

(2) 가동 설비에 대한 현장 실태 조사

전체환기 및 밀폐설비에 대한 유해위험 방지계획서 작성 시 계획된 것과 실제 가동 중인 장비의 차이점 및 문제점 파악

(3) 유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용할 수 있는 적정성 평가 도구 개발

전체환기 및 밀폐 설비에 대한 현장 조사 및 실태조사 결과를 바탕으로 설치 기준을 마련함

설치 기준을 유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용할 수 있도록 자료화 함

4. 연구결과

(1) 일본과 미국의 산업환기 관련제도 검토

일본과 미국의 산업환기관련제도 검토 결과 일본은 우리와 유사한 방식의 관 주도 심사제도를 시행하고 있으나, 미국의 경우 원론적인 쉽고 간단한 설계지침만 제시하고 나머지 상세한 부분은 각 분야의 전문가집단(학회 또는 협회)의 자료를 참고하도록 유도하고 있었음. 특히 할 만한 사항은 일본이 제어풍속을 근간으로 하는 제도를 운영하고 있으나, “특례제도”항을 두어 제어풍속을 만족하지 못하더라도 근로자 노출수준을 평가하여 특례를 받는 조항을 가지고서 유연하게 법을 집행하고 있었음

(2) 유해위험방지계획서 심사에 대한 전반적인 검토

아래의 항목에 대한 검토를 통하여 기존 유해위험방지계획서 심사제도의 개선

방향을 제시하였음

- 국소배기 및 전체환기 정의에 따른 문제
- 전체환기장치로 분류되어 있는 환기장치의 재분류
- 전체환기장치 설계 심사의 어려움
- 밀폐설비의 정의, 종류 및 평가기준
- “심사대상”에 대한 검토
- “심사항목”에 대한 검토
- “제어풍속”에 대한 검토

(3) 국소배기장치 설계심사 가이드라인 작성

아래의 공정에 대한 설계심사 가이드라인을 제시하였음

- 도장부스
- 건조설비
- 실험실 후드
- 세척·도금조(개방조) 후드
- Push-Pull 후드
- 용해로 국소배기장치
- 주조공장 건옥집진설비
- 원료저장·보관시설 환기장치
- 투입공정 환기장치
- 연마공정 환기장치
- 용접공정 환기장치

5. 활용방안 및 기대성과

유해위험방지계획서 환기부문 심사에 있어서 그 동안 혼란스러웠던 부분을 1차적으로 정리해줌으로써 이 제도의 효과적인 시행에 도움이 될 것으로 생각됨
이 연구 결과를 바탕으로 향후 심사제도의 효율화가 필요하며, 필요한 공정을 발굴하여 구체적이고 대외적으로 신뢰성이 있는 설계자료를 마련해나가는 출발점이 됨

안전보건공단 내부적으로 본 연구결과에 대한 충분한 논의를 거쳐 빠른 시간 안에 향후 해결책에 대한 심도 있는 정책수립이 시행될 것으로 기대함

6. 중심어

산업환기, 유해위험방지계획서, 제어풍속, 전체환기, 밀폐설비환기

7. 연락처

연구 책임자 : 창원대학교 환경공학과 김 태 형

연 락 처 : 055-213-3745, thkim@changwon.ac.kr

차 례

I. 서 론	1
II. 일본과 미국의 산업환기 관련 제도 검토	11
1. 일본의 관련제도	11
2. 미국의 관련제도	19
III. 유해위험방지계획서 심사에 대한 전반적인 검토	22
1. 국소배기 및 전체환기 정의에 따른 문제	22
2. 전체환기장치로 분류되어 있는 환기장치의 재분류	25
3. 전체환기장치 설계 심사의 부적절성	27
4. 밀폐설비의 정의, 종류 및 평가기준	37
5. “심사대상”에 대한 검토	46
6. “심사항목”에 대한 검토	47
7. “제어풍속”에 대한 검토	48
IV. 전체환기장치 및 밀폐설비의 가동현황 실태조사	66
V. 국소배기장치 설계심사 가이드라인	82
1. 도장부스	83
2. 건조설비	102
3. 실험실 후드	106
4. 세금·도금조(개방조) 후드	113

5. Push-Pull 후드	118
6. 용해로 국소배기장치	119
7. 주조공장 건옥집진설비	132
8. 원료저장 · 보관시설 환기장치	143
9. 투입공정 환기장치	147
10. 연마공정 환기장치	156
11. 용접공정 환기장치	161
 VI. 결론 및 향후 연구방향	 167
 참고문헌	 168
 Abstract	 169

표 차 례

〈표 1-1〉 업종별 계획서 심사항목 체크리스트 중 환기분야 항목	2
〈표 1-2〉 전체환기장치 및 밀폐설비 설치 기준 마련	5
〈표 1-3〉 유해위험방지계획서 운영 실태 회의 내용	9
〈표 2-1〉 설비계획의 제출	13
〈표 2-2〉 후드 설치 방법	13
〈표 2-3〉 덕트 설치 방법	14
〈표 2-4〉 송풍기 설치 방법	14
〈표 2-5〉 공기정화장치 설치 방법	15
〈표 2-6〉 국소환기장치의 정기자주검사	15
〈표 2-7〉 집진장치·배기가스처리장치·배액 처리장치의 정기자주검사	16
〈표 2-8〉 집진장치·배기가스처리장치·배액 처리장치의 정기자주검사	16
〈표 2-9〉 사용전 점검	17
〈표 2-10〉 국소배기장치에 대한 국내법과 미국법 비교	19
〈표 2-11〉 SOURCES OF CONSENSUS STANDARDS	20
〈표 2-12〉 일본과 미국제도의 차이점	21
〈표 3-1〉 밀폐 설비의 환기시스템 설계	38

〈표 3-2〉 유해위험방지계획서 심사 공통기준	49
〈표 3-3〉 확인심사기준	60

그 립 차 례

[그림 1-1] 치환환기	26
[그림 1-2] 페인트 혼합저장실 배기	29
[그림 1-3] 페인트 혼합저장실 현장	30
[그림 1-4] 건옥실 문제점 모식도	30
[그림 1-5] 건옥실 개선방안 모식도	31
[그림 1-6] 전산유체역학을 이용한 전체환기 성능 평가	33
[그림 1-7] 지면에서 2m 높이에서의 유속분포를 비교	34
[그림 1-8] 지면에서 2m 높이에서의 공기연령을 비교	34
[그림 1-9] PM시 부스배기 모식도	39
[그림 1-10] 부스식 후드화 모습	39
[그림 1-11] 부스 설치 후 연막 누출 테스트	40
[그림 1-12] PM공정 연막 기류 테스트	41
[그림 1-13] PM공정 연막 기류 테스트 모식도	41
[그림 1-14] 산세공정의 격벽 포위화 모습	42
[그림 1-15] 산세공정의 격벽 포위화 모식도	42
[그림 1-16] 격벽 구역화전 기존 상태의 전산유체역학 시뮬레이션	43
[그림 1-17] 전산유체역학 시뮬레이션을 통한 격벽 설치 효과 검증	44
[그림 1-18] 산세공정 격벽 포위 후 연막 누출 테스트	45
[그림 2-1] A 도장시설 현장	66
[그림 2-2] A 도장시설 내부	67
[그림 2-3] A 도장시설 집진시설	67
[그림 2-4] A 도장시설 배면도	68

[그림 2-5] 전산유체역학 시뮬레이션 결과	70
[그림 2-6] C 약품저장실 배치도 및 현장	72
[그림 2-7] C 약품저장실 연막실험 결과	73
[그림 2-8] C 약품저장실 문제점 모식도	74
[그림 2-9] C 약품저장실 개선방안 모식도	74
[그림 2-10] D 알루미늄 주물제조업체 현장	75
[그림 2-11] D 알루미늄 주물제조업체 배면도	76
[그림 2-12] D 알루미늄 주물제조업체 현장 외부	76
[그림 2-13] D 알루미늄 주물제조업체 연막실험 결과 모식도	77
[그림 2-14] D 주물제조업체	78
[그림 2-15] D 주물제조업체 문제점 모식도	79
[그림 2-16] 산세 Tank 밀폐 상태 모습	80
[그림 2-17] PM작업 시 덮개 개방모습	81
[그림 2-18] 천장 및 구조물 부식 모습	81

I. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

산업안전보건법 제48조에 따라 허가·관리대상 유해물질 취급 작업 및 분진작업 시 국소배기장치(이동식은 제외), 밀폐설비, 전체 환기장치(강제 배기방식의 것과 급기·배기 환기장치에 한정)를 설치할 경우 유해위험방지계획서를 제출하도록 하고 있음. 하지만, 환기 시스템에 대한 심사 자료를 보면, 국소배기시스템에 대한 심사기준은 비교적 자세하게 제시되어 있으나, 밀폐설비 및 전체환기 장치에 대해서는 명확한 기준이 없음

밀폐식 설비에 대한 정의는 발생원을 완전히 둘러싸고 손 구멍이나 연속공정의 작업물 이송에 필요한 구멍만 있는 형식으로 정의되어있고, 이에 대한 유량 설계 및 평가 방법은 없음. 용해공정은 전체환기 적용도 가능하도록 되어있는데, 전체환기 유량 설계 방법은 안전규칙 제 430조를 참고하도록 되어있음. 하지만, 안전규칙의 전체환기량 계산 방법은 유기화합물에 대한 것이고 분진에 대한 환기량 산정 방법은 제시되어 있지 않음

안전보건공단에서 발행한 「제조업 등 유해·위험방지계획서실무 가이드」의 【붙임 31】의 <업종별 계획서 심사항목 체크리스트>의 “14. 환기장치의 개요”는 <표 1>과 같이 제시되어 있음. 이 체크리스트 항목에 국소배기에 대한 것은 ①발생원의 누락 여부, ②제어풍속, 이송속도, 후드형식, 정화장치 등 설계검토 적정성 ④배풍기는 외기방향으로 실외 설치 적정여부 등에 대한 심사 기준이 제시되어 있고, 이 항목에 대해서는 심사·확인 설비별 기술자료에 자세한 기준 및 방법이 설명되어 있음.

〈표 1-1〉 업종별 계획서 심사항목 체크리스트 중 환기분야 항목

심사항목 (첨부서류)	근거 (관련법조항)	심 사 기 준	심사결과
14. 환기장치의 개요	고시 별표1, 2	①발생원의 누락 여부 ②제어풍속, 이송속도, 후드형식, 정화장치 등 설계검토 적정성	
	안전보건규칙 제77조 안전보건규칙 제430조	③유기화합물 발생작업장 및 분진 작업장 전체환기장치 설치 상태	
	안전보건규칙 제77조	④배풍기는 외기방향으로 실외 설 치 적정여부	
	안전보건규칙 제82조	⑤응급치료에 필요한 구급용구 비 치 계획 적정여부	
	안전보건규칙 제32조 산안법 제24조	⑥보호구 지급계획 적정여부	

<표 1-1>에서 제시된 심사항목에서 살펴보면 전체환기장치에 대한 기준 근거를 안전보건규칙 제430조에 두고 있는데 실제 제430조는 유기화합물에 대한 환기량 계산 방법만 제시되어 있음. 따라서 분진작업장에 대한 환기량 산정 방법은 근거가 전혀 없는 실정임.

“제430조(전체환기장치의 성능 등) ① 사업주는 단일 성분의 유기화합물이 발생하는 작업장 전체환기장치를 설치하려는 경우에 다음 계산식에 따라 계산한 환기량(이하 이 조에서 “필요환기량”이라 한다) 이상으로 설치하여야 한다.

② 제1항에도 불구하고 유기화합물의 발생이 혼합물질인 경우에는 각각의 환기량을 모두 합한 값을 필요환기량으로 적용한다. 다만, 상가작용(相加作用)이 없을 경우에는 필요환기량이 가장 큰 물질의 값을 적용한다.

③ 사업주는 전체환기장치를 설치하려는 경우에 전체환기장치의 배풍기(덕트를 사용하는 전체환기장치의 경우에는 해당 덕트의 개구부를 말한다)를 관리대상 유해물질의 발산원에 가장 가까운 위치에 설치하여야 한다.

$$\text{작업시간 1시간당 필요환기량} = 24.1 \times \text{비중} \times \text{유해물질의 시간당 사용량} \times K / (\text{분자량} \times \text{유해물질의 노출기준}) \times 10^3$$

주) 1. 시간당 필요환기량 단위: m³/hr

2. 유해물질의 시간당 사용량 단위: L/hr

3. K: 안전계수로서

가. K=1: 작업장 내의 공기 혼합이 원활한 경우

나. K=2: 작업장 내의 공기 혼합이 보통인 경우

다. K=3: 작업장 내의 공기 혼합이 불완전한 경우

밀폐 설비의 경우 설계 시 발열에 의한 공기 팽창 유무, 제품 이송 속도, 장비 내부 에어 나이프 등 공기 유동을 발생시킬 수 있는 설비, 내부 순환용 팬 등에 의해 설계 유량의 차이가 크게 발생할 수 있고, 정상 작업이외에 PM(Process Maintenance) 작업시 오염물질 발생에 대한 환기 방안 등에 대한 검토도 필요한 실정임

전체환기의 경우 배기유량을 결정하는데 있어, 발열원 존재 유무, 급배기구 위치, 그리고 건물 형태 등 다양한 인자가 영향을 주기 때문에 국소배기시스템 설계와 같이 고려할 수는 없음. 다양한 인자를 복합적으로 고려하여 대상 공간의 기류 흐름을 예상하여 전체환기 효율을 예측할 수밖에 없음

따라서, 본 연구를 통해 유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용할 수 있는 적정성 평가도구를 개발하고 사업장에서 전체환기장치 및 밀폐설비 설치 시 참고할 수 있는 설치기준을 마련할 필요가 있음

2 . 연구목표

(1) 한국형 전체환기장치 및 밀폐설비 설치 기준 마련

전체환기 장치 및 밀폐설비 설치 시 작업별·유해인자별 적정 환기장치 형식 및 제어풍속, 공기정화장치 설치 여부 등의 기준 제시

(2) 유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용할 수 있는 적정성 평가 도구 개발

사업장에 설치 예정이거나 설치되어 있는 전체환기 장치 및 밀폐설비의 적정성을 평가 할 수 있는 평가 도구 개발

〈표 1-2〉 전체환기장치 및 밀폐설비 설치 기준 마련

연구 항목	목표	비고
전체환기 장치 설비 기준	○ 분진 및 유기화합물질 그리고 발열원 유무를 구분하여 설계 기준 제시 ○ 배기유량 산정 방법, 급배기구 위치, 작업장 내부 기류 흐름 제어 방법 등을 구분하여 전체환기 장치 설비 기준 제시	○ 국소배기와 같이 정량화해서 제시하기는 어려움 ○ 최적화 방안을 수립하여 제시
밀폐설비 설비 기준	○ 밀폐설비 형태 및 작업 형태에 따른 환기 방안 제시 ○ 환기량 산정 방법 제시 : 발열원 유무, 내부 순환팬(에어나이프) 등 유량 변화에 영향을 주는 인자를 사용 유무, 제품 속도 등 고려 ○ 정상작업과 PM 작업 고려 여부 판단	○ 기존 국소배기 시스템 설계 기준을 최대한 적용 ○ 밀폐 설비 특성 (연속작업, Batch type 등 구분)
유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용 가능한 평가도구 개발	○ 정량 또는 정성적인 평가가 가능한 평가도구를 개발하여 실무가이드에 수록	

3. 연구 내용 및 방법

1) 유해위험방지계획서 작성 및 평가 실태조사

(1) 유해위험 방지계획서 작성 실태 조사 (대상 기업 및 대행업체)

- 전체환기 및 밀폐설비에 대한 유해위험 방지계획서 작성 기업 및 대행업체를 방문 조사 또는 유선 면담하여 실제 유해위험 방지 계획서 작성 시 문제점과 필요한 사항에 대한 자료 수집

(2) 유해위험 방지계획서 평가 실태 조사 (안전보건 공단 실무자)

- 안전보건 공단의 유해위험방지계획서 담당 실무자들과 면담을 통해 실제 유해위험방지계획서 평가 시 실태 조사

: 문제점 및 필요한 사항에 대한 자료 수집

- 또, 실무 가이드라인에 부족한 부분과 추가되어야 할 내용 파악

(3) 본 연구에 포함되어야 할 공정 및 업종에 대한 협의

- 전체환기의 경우 너무나 다양한 인자가 존재하기 때문에 유해위험방지 계획서 대상 업종 및 공정에 대한 설치 기준 마련이 우선되어야 함

2) 가동 설비에 대한 현장 실태 조사

(1) 유해위험 방지계획서 작성 시와 실제 가동 시 문제점 파악

- 전체환기 및 밀폐설비에 대한 유해위험 방지계획서 작성 시 계획된 것과 실제 가동 중인 장비의 차이점 및 문제점 파악

- 유량 설계 근거, 환기시스템 구성, 환기시스템 설계 방법 조사

- 실제 가동되는 장비 효율 평가

(2) 유해위험 방지계획서 평가 후 설비가 가동 중인 공장을 대상으로 현장 평가 및 문제점 파악

- 전체환기 및 밀폐설비에 대한 유해위험 방지계획서 평가 후 가동되는 기업을 직접 방문하여 환기 설비의 문제점 파악
- 현장 실태 조사를 통해 환기 설치 기준 마련 시 필요한 자료 수집

3) 전체환기 설치 기준 마련

(1) 국내외 설계 자료 정리

유해위험방지계획서 실무가이드에 보면, 국소배기장치의 설계 기준은 미국 ACGIH의 “INDUSTRIAL VENTILATION MANUAL”을 참고하여도 된다고 되어 있음

현재 전체환기에 대한 설계 기준이 없기 때문에 “INDUSTRIAL VENTILATION MANUAL”의 설계 기준을 우선적으로 참고하여야 함

: 미국 산업환기 매뉴얼에서는 국소배기와 달리 전체환기는 작업자 건강 보호 목적으로 적합하지 않다고 제시되고 있고, 실제 전체환기의 목적은 크게 오염된 공기의 희석, 화재/폭발방지, 냄새, 고열 환기 등 건강에 직접적인 영향이 없는 곳에 적용하고 있음

: 현재 전체환기에 영향을 주는 인자는 급배기구 위치인 것으로 파악하여 희석계수에 대한 자료는 아래 [그림 15]와 같이 제시되어 있음

(2) 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 환기 효율 평가

- 유해위험방지계획서 심사 완료 후 가동 되는 설비에 대한 현장 실태조사 자료를 바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 문제점을 파악하고, 개선 방안을 수립 함

(3) 밀폐설비 설치 기준 마련

- 밀폐설비 형태 및 작업 형태에 따른 환기 방안 제시
- 환기량 산정 방법 제시 : 발열원 유무, 내부 순환팬(에어나이프) 등 유량 변화에 영향을 주는 인자를 사용 유무, 제품 속도 등 고려
- 정상작업과 PM 작업 고려 여부 판단

4) 유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용할 수 있는 적정성 평가 도구 개발

- 전체환기 및 밀폐 설비에 대한 현장 조사 및 실태조사 결과를 바탕으로 설치 기준을 마련함
- 설치 기준을 유해위험방지계획서 심사·확인 시 활용할 수 있도록 자료화 함

5) 연구회의

연구개시회의 (2014년 3월 24일)

RFP에는 위와 같이 연구방향을 설정했지만, 실질적인 도움이 되기 위해서는 “유해위험방지계획서 심사 전반에 대한 검토와 개선방안이 제시되는 것이 더 도움이 될 것”으로 의견을 모음

2014년 4월 18일 전국 유해위험방지계획서 담당자들과 의논 후 진정으로 무엇이 필요한지 결정하는 것이 좋겠다는 의견을 모음

전체환기 및 밀폐설비의 설치 실태 파악 및 현장의견 수렴을 위한 기술세미나(2014년 4월 18일)

- 실무자 선에서 겪고 있는 어려움에 대한 다양한 의견 수렴 및 토의
- 여러 가지 문제들 중에서 중요하다고 생각하는 문제들은
 - 심사대상의 애매함
 - 전체환기와 국소배기 구분의 문제
 - 전체환기 및 밀폐공정에 대한 정확한 심사기준 필요

〈표 1-3〉 유해위험방지계획서 운영 실태 회의 내용

일 시	2014년 4월 18일 10:00		장 소	KTX 대전역 회의실 (광희실)	
참 석 자	총 33 명				
안 건	유해위험방지계획서 운영 실태				
회 의 내 용					
주요내용	구분	발표자	소속	발표주제	
	발표 1	김태형 교수	창원대학교 환경공학과	전체환기 및 밀폐설비 설치의 적정성 평가 도구 개발 연구	
	발표 2	하현철 대표이사	(주)벤틱	전체 환기 및 밀폐설비의 유량산정 방법 및 관리 실태	
	주제 발표	발표 3	유재홍 차장	강원동부지사 안전보건팀	제조업 유해위험방지계획서 실무 가이드
	발표 4	김상현 차장	울산지사 건설보건팀	유해위험방지계획서 심사 사례(1)	
	발표 5	신해철 과장	경기남부지사 직업건강팀	유해위험방지계획서 심사 사례(2)	
	토론 (참석자 전원)			전체환기 및 밀폐설비 설치 기준(안) 마련	

따라서, 연구방향을 전체환기 및 밀폐설비에 대한 적정성 평가 도구의 개발도 중요하지만, 유해위험방지계획서 환기분야 전반에 관한 검토가 필요하며, 특히 제출서류의 간소화 및 설계기준의 재정립에 초점을 맞추어 연구를 진행하였음

연구진행 과정에서 안전보건공단에서 전체환기라고 분류했던 부분의 상당부분이 국소배기에 해당되는 것을 알게 되었고, 밀폐설비에 대한 구분도 명확하지 않아 그 중 일부는 국소배기에 해당되는 경우가 많아서, 연구의 주방향을 “산업환기”로 맞췄으며 전체환기와 밀폐설비에 대해서 보충하는 방식으로 연구를 진행하였음

II. 일본과 미국의 산업환기 관련 제도 검토

1. 일본의 관련 제도

우리나라 관련법 체계는 일본의 산업안전보건법 체계와 매우 유사함

일본의 산업안전보건법에서도 국소배기장치의 효율에 있어 “제어풍속”의 개념을 적용하고 있음

국소배기장치 관리를 위해서는 정기적 자주검사(우리나라의 안전검사)와 사용 전 점검을 하도록 하고 있음

아래 일본 산업안전보건법상의 국소배기장치 관련 내용은 “산업환기 이론과 실천, 작업환경 측정 기술자 협의회”의 p171-174의 내용을 재정리하였음

공장에 적용되는 환기에 관한 일본 법령(日本 法令)으로 가장 관계가 많은 것은 노동안전위생법(労働安全衛生法)이며, 그 관련된 조문의 골자를 서술하였음

- (1) 이 법률은 쾌적한 직장환경 형성을 촉진함을 목적으로 한다(제1조).
 - (2) 사업자는, 단지 이 법률의 최저기준을 준수하는 것만이 아니라 쾌적한 직장환경 형성을 위해 노력해야 하는 점, 기계설계자 등도 노동재해 발생의 방지에 힘을 기울여 노력해야 함을 선언하고 있다.
 - (3) 사업자는 노동자 건강 등의 유지를 위한 환기 등의 필요조치를 강구해야 함을 정하고(제23조), 그 구체적 내용은 노동성령(労働省令)으로 정하고 있다(제27조).

- (4) 환기장치 등은 사업자가 정기적으로 자주검사(自主檢査)해야 하며(제45조), 국소 환기장치 및 제진장치에 대해서는 정기적 자주검사지침(自主檢査指針)이 정해져 있다(정기자주검사지침 제5호, 제6호).
- (5) 사업자는 직장환경을 쾌적한 상태로 유지 관리 할 노력 의무가 있다(제71조의2)
- (6) 유해한 가스 · 분진 등 유해한 업무를 하는 옥내 작업장 등 일정 작업자에 대하여, 사업자는 작업환경측정을 할 의무가 있으며(제65조), 측정을 해야 할 작업장, 측정기준, 평가 기준 및 측정결과에 의거한 적절한 조치 등이 작업환경측정법 및 동 법에 의거한 노동성령 등에 정해져 있다.
- (7) 노동자의 건강장해방지에 대한 철저를 도모하기 위해서, 사업자는 환기장치 등의 설치계획을 공사착수 전에 관할 노동기준감독서장(勞動基準監督署長)에게 제출할 의무가 있으며, 노동기준감독서장은 동 제출내용이 이 법률의 규정에 위반된다고 인정될 때에는 공사착수 정지등의 명령권이 있다(제88조).
- (8) 도도부현(都道府縣) 노동기준국장(勞動基準局長), 노동기준감독서장은 사업자의 환기 등 필요조치에 관한법률위반의 사실이 있는 경우 작업정지명령, 건축물 · 설비 등의 사용정지, 변경명령 등의 필요사항을 명령할 수가 있다(제98조). 등이 정해져있다.

〈표 2-1〉 설비계획의 제출

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
① 국소환기장치, 전체환기장치 들 설비의 설치의무	유기칙 5, 5, 9~13 연칙 5~20 4알킬연칙 2 특화칙 3~5, 38의 12, 50, 50의 2 전리칙 24 사위칙 5 분진칙 4 안위칙 577
② 위 설비계획의 제출의무	안위칙 86, 88

〈표 2-2〉 후드 설치 방법

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
① 가스 · 증기 · 분진의 발산원 마다 설치할 것 ② 작업장이나 가스 · 증기 · 분진의 발산상황 · 비중에 따라서 흡인에 적합한 형식, 및 크기일 것 ③ 외부식 또는 레시바식의 후드는 오염물질의 발산원에 가능한 가까운 위치에 설치할 것 ④ 작업방법으로 보아 설치가 곤란한 경우를 제외하고는 포위식 후드로 할 것	유기칙 14 연칙 24 특화칙 7, 50, 50의 2 분진칙 11
환기를 방해하는 기류를 배제하기 위해서, 배플을 설치하는 등의 조치를 강구할 것	유기칙 18 연칙 32 특화칙 8
① 후드는 제어풍속을 낼 수 있는 능력을 가진 것 ② 후드는 외측에 있어서 가스 · 증기 · 분진의 농도가 제어치를 넘지 않을 것	유기칙 16 분진칙 11 노동성 고시 제 67호 특화칙 7, 50, 50의 2 노동성 고시 제 75호 특호칙 7, 50, 50의 2 노동성 고시 제 75호

〈표 2-3〉 덕트 설치 방법

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
① 길이가 가능한한 짧고, 밴드의 수가 되도록 작을 것 ② 송풍관 연결부의 내면에 돌기물이 없을 것 ③ 송풍관의 적당한 곳에 청소구를 설치하는 등, 청소하기 쉬운 구조 일 것 ④ 국소환기장치 · 전체환기장치 · 환기통 등의 각 기 배기구는 옥외에 설치되어 있을 것	유기칙 14 연칙 25 특화칙 7, 50, 50의 2 분진칙 11 연칙 25 특화칙 7, 50, 50의 2 분진칙 11 유기칙 15의 2 연칙 29 특화칙 7, 50, 50의 2 분진칙 11

〈표 2-4〉 송풍기 설치 방법

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
① 국소환기장치에 집진 · 제진가스 등 공기청정장치를 설치한 경우는, 청정 후의 공기가 통하는 위치에 송풍기가 설치되어있을 것(단, 흡입된 가스 · 증기 · 분진에 의한 폭 발의 우려가 없으며, 또 부식의 우려가 없을 때에 예외도 있음) ② 전체환기장치의 송풍기는 증기 또는 분진의 발산원에 되도록 가까운 위치에 설치되어 있을 것	유기칙 15 연칙 28 특화칙 7, 50, 50의 2 분진칙 11 유기칙 15의 연칙 29

〈표 2-5〉 공기정화장치 설치 방법

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
① 유해물질의 종류에 따른 배기 처리장치가 설치되어있을 것	특화칙 9, 10, 50의 2 분진칙 10
② 여포식 제진장치 또는 이와 동등한 이상의 제진장치일 것	연칙 26 분진칙 13
③ 분진의 종류에 따른 집진장치가 설치되어 있을 것	연칙 26 특화칙 8,50,50의 2
④ 입경이 큰 분진을 제거하기 위해서나 분진 농도가 높을 때에 처리하기 위한, 전치 제진장치가 설치되어 있을 것	분진칙 13

〈표 2-6〉 국소환기장치의 정기자주검사

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
규정의 환기량을 얻을 수 있는 능력이 있을 것	유기칙 17 연칙 31

〈표 2-7〉 집진장치 · 배기가스처리장치·배액 처리장치의 정기자주검사

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
1년 이내 · 마다 1회, 정기적으로 다음의 사항에 대하여 자주 검사를 해야 함 ① 후드, 송풍관 및 팬의 마모 · 부식 · 움푹 패인 곳 기타 손상의 유무 및 그 정도 ② 송풍관 및 배풍기에 있어서 진애의 누적상태 ③ 배풍기의 주유상태 ④ 송풍관의 연결부에 있어서 느슨해짐의 유무 ⑤ 전동기와 팬을 연결하는 벨트의 작동상태 ⑥ 흡기 및 배기의 능력 ⑦ 전 항에 기재한 것 외에, 성능을 유지하기 위해 필요한 사항	유기칙 20 연칙 35 특화칙 30 분진칙 17

〈표 2-8〉 집진장치 · 배기가스처리장치·배액 처리장치의 정기자주검사

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
1년 이내마다 1회, 정기적으로 다음의 사항에 대하여 자주 검사를 해야 함 ① 구조부분의 마모 · 부식 · 파손의 유무 및 그 정도 ② 제진장치 또는 배기가스처리장치에 있어서는, 당해 장치 내에 있어서 진애의 누적상태 ③ 여포식 제진장치에 있어서는, 여포재의 파손 또는 여포재 부착부 등의 느슨해짐 유무 ④ 처리약제, 세정수의 분출량, 내부충전물 등의 적부 ⑤ 처리능력 ⑥ 기타, 성능을 유지하기 위해 필요한 사항	유기칙 23 연칙 38 특화칙 35 분진칙 21

〈표 2-9〉 사용전 점검

규 제 사 항	관 계 규 칙 조 문
국소환기장치·집진장치·배기가스처리장치를 처음에 사용할 때, 또는 분해하여 개조나 수리를 한 때는 다음사항에 대하여 점검을 해야 함(정기자주검사의 항과 대략 같음)	유기칙 22 연칙 37 특화칙 33 분진칙 19
상기검사의 기록	특화칙 34의 2 분진칙 20
작업 주임자에게 국소환기장치, 압인형 환기장치 또는 전체 환기장치 등을 1개월을 넘기지 않는 기간마다(연칙관계는 매년 1회 이상)점검하도록 할 것	유기칙 19의 2 연칙 34 특화칙 28

국소배기장치 제어풍속 특례제도

일본은 1997년에 “국소배기 장치 가동의 특례”를 제정하여 작업환경이 양호한 작업장의 국소배기 장치에 대해서는 측정된 제어풍속이 기존에 규정된 제어풍속을 만족시키지 못하여도 노동기준감독서장의 허가를 득한 후 측정 제어 풍속을 “특례제어풍속”으로 적용할 수 있도록 법 개정을 단행하였음

아래 내용에서 알 수 있듯이 제어풍속을 만족하지 않아도 근로자 건강보호에 문제가 없을 수 있는 경우가 있어 이에 대한 특례제도를 도입하여 운용하고 있음

(1997년 노동성령13 추가)

제18조의 3 제18조 제 1항의 규정에 관계없이 앞 조의 규정에 의해서 1p16조 제1항의 표 왼쪽에 규정한 형식에 따라 각각 동 표의 오른쪽에 **규정한 제어풍속 미만의 제어풍속으로 국소배기장치를 가동시킨 경우라도**, 해당 국소배기장치에 관련된 작업장의 **유기용제 농도 측정**(해당 작업장의 통상 상태에서 법 제 65조 제2항 및 작업환경측정법 시행규칙(1975년 노동성령 제20호) 제3조 규정에 준해서 실시되는 것에 한한다. 다음 항 같다.)의 결과를 제 28조의 2 제1항의 규정에 준해서 **평가한 결과**, 제1관리구분으로 구분되었을 때에는 **관할 노동기준감독서장의 허가를 받아 해당 국소배기장치를 해당 제어풍속(이하 특례제어풍속이라고 함.)**으로 가동시킬 수 있다.

2 앞항의 허가를 받으려는 사업주는 국소배기장치 특례가동허가신청서 (양식 제2호의 2)에 신청에 관한 국소배기장치에 관련된 다음의 서류를 첨부하여 관할 노동기준감독서장에게 제출해야한다.

- 1) 작업장의 조감도
- 2) 신청 전 1년 6개월 동안 실시한 해당 작업장에 관련된 제28조 제2항 및 법 제65조 제5항 규정에 의한 측정 결과 및 제28조의 2 제2항 규정에 의한 해당 측정 결과에 대한 평가를 기재한 서면
- 3) 특례 제어 풍속으로 해당 국소배기장치를 가동시킨 경우에 해당 작업장의 유기용제의 농도 측정 결과 및 제 28조의 2 제2항의 규정에 준거해서 해당측정 결과에 대한 평가를 기재한 서면
- 4) 법 제88조 제1항 본문(동 조 제2항에서 준용하는 경우를 포함)에서 규정하는 신청을 했음을 증명하는 서면
- 5) 신청 전 2년 동안에 실시한 제20조 제2항에 열거된 자주적 검사의 결과를 기재한 서면

3 관할 노동기준감독서장은 앞항의 신청서가 제출되면 제1항의 허가여부가 결정되는 즉시 지체 없이 문서로 그 취지를 해당 사업주에게 통보하여야 한다.

4 제1항의 허가를 받은 사업주는 해당 허가에 관련된 작업장에 대해서 제28조 제2항의 규정에 의한 측정 및 제28조의 2 제1항의 규정에 의하여 해당 측정 결과에 대한 평가를 했을 때에는 지체없이 문서로 제28조 제3항 각 호의 사항 및 제28조의 2 제2항 각 호의 사항을 관할 노동기준감독서장에게 보고해야한다.

5 제1항의 허가를 받은 사업주는 제2항의 신청서 및 서류에 기재된 사항에 변경이 발생 했을 때에는 지체없이 문서로 그 취지를 관할 노동기준감독서장에게 보고해야한다.

6 관할 노동기준감독서장은 제2항의 평가가 제2관리기준구분이 아닌 때 및 제1항 허가에 관련된 작업장에 대한 제28조 제2항의 측정 결과의 평가가 제28조의 2 제1관리구분을 유지할 수 없는 우려가 있다고 인정 된 때는 지체없이 해당허가를 취소한다.

(1997년 노동성령13 추가)

2. 미국의 관련 제도

미국 OSHA의 국소배기장치 관련 규정은 한마디로 요약하면 <설계-설치-평가-개선>을 자율적으로 실시하도록 하고 있음

아래 표는 국내법과 미국법을 비교한 것으로 국소배기장치 설계에 대해서는 우리나라 산업안전보건법과 달리, 각 공정별로 설계 유량 산정 방법 및 설계 방법을 자세히 기록해두었고, 기록되지 않은 공정에 대해서는 기타 참고자료(IV 매뉴얼 등)를 참고하여 설계 할 수 있도록 하였음.

〈표 2-10〉 국소배기장치에 대한 국내법과 미국법 비교

구분	국 내	미 국
국소배기 시스템 설계 시	• IV Manual • 표준환기방안-공단홈페이지(활용 잘 안됨) • 설계자 경험	• STANDARDS 29 CFR • OSHA Technical Manual (OTM) Section III: Chapter 3 • 기타 참고자료(제시됨)
설계 감리	• 유해위험방지계획서	• 없음
법적 전문 시공업체 선정	• 환경기술 및 환경산업 지원법(환경부)	• 없음
설치 후 효율 평가	• 안전검사 (노출수준 ½초과, 1회/2~3년) • 유해위험방지계획서 현장 평가	• 없음 • 작업환경 농도가 높을 경우 자체적으로 평가 실시 • 자율 관리

OSHA Technical Manual(OTM) Section III : Chapter 3에는 산업환기개론 수준
 준의 기본적인 설계방법에 대해 소개 한 후 아래의 참고자료를 준용하도록 권장
 하고 있음

〈표 2-11〉 SOURCES OF CONSENSUS STANDARDS

Source	Organization
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIHA	American Industrial Hygiene Association
AMCA	Air Movement and Control Association
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.
NFPA	National Fire Protection Association
SMACNA	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association
UL	Underwriters Laboratories Inc.

환기 시스템 관리에 있어 일본과 미국 시스템의 차이는 크게 “제한”과 “자유”
 라 구분할 수 있음. 일본의 경우 후드 형태별로 제어 풍속을 정하고, 그 제어 풍
 속에 따라 유량을 설계 유지, 관리 하도록 하고 있음.

그러나, 미국의 경우에는 각 시스템에 대한 법적인 관리 범주를 두지 않고, 다
 만 설계자의 편의를 위해 설계 시 이용할 수 있는 설계 지침(Design Guideline)을
 제시해두고 있음. 이러한 설계 지침은 사용자가 선택하여 적용할 수 있도록 하였
 음.

〈표 2-12〉 일본과 미국제도의 차이점

구 분	내 용
일본	- 물질별 후드 형태별 제어 풍속 개념을 엄격하게 적용함(우리나라와 유사) - 하지만, 제어 풍속의 문제점을 보완할 수 있는 국소배기장치 가동 특례항을 신설하여 오염물질 농도가 낮을 경우 또는 전체환기량이 많을 경우에 한해서 국소배기장치의 제어 풍속 이하로 유지할 수 있도록 하고 있음
미국	- 미국의 경우에는 세세한 규제 사항이 없음 - 단, 설계시 참고할 수 있는 설계 자료의 개발은 활발히 하고 있음 - 작업환경 측정 결과 농도가 높거나, 작업환경 개선 필요가 있는 경우에 사업주가 자율적으로 시스템을 개선하도록 하고 있음

Ⅲ. 유해위험방지계획서 심사에 대한 전반적인 검토

1. 국소배기 및 전체환기 정의에 따른 문제

1) 국소배기

우리나라 관련법 체계는 일본의 산업안전보건법 체계와 매우 유사함

안전검사 고시(고용노동부고시 제2013-15호)

"국소배기장치"라 함은 유해물질의 발생원에서 이탈하여 작업장 내 비오염 지역으로 확산되거나 근로자에게 노출되기 전에 포집·제거·배출하는 장치로서 후드, 덕트, 공기정화장치, 배풍기, 배출구로 구성된 것

KOSHA GUIDE(W-1-2012)

"국소배기장치"함은 발생원에서 발생하는 유해물질을 후드, 덕트, 공기정화장치, 배풍기 및 배기구를 설치하여 배출하거나 처리하는 장치를 말함

문제점

국소배기장치는 근로자 근처에서 발생된 공기오염물질을 가능한 한 빨리 근로자로부터 멀리 배출시켜 근로자의 건강을 보호하는 장치이기 때문에 공기정화장치가 필수요건이 아님에도 불구하고 공기정화장치가 필수요건인양 명시가 되어 있기 때문에 혼돈의 여지를 제공함.

예를 들어, 환경부의 대기환경보전법상 대기오염배출시설에 포함되지 않는 설비임에도 불구하고 잘못된 “정의”로 인해서 공기정화장치를 설치해야 되는 것으로 착각하여 심사를 행하는 경우도 있음

개선방안

국소배기에 대한 정의를 “발생원에서 발생하는 유해물질을 후드와 덕트를 이용하여 배출시키는 장치”로 수정함이 바람직함

2) 전체환기

정의

KOSHA GUIDE(W-1-2012)

“전체환기장치”라 함은 자연적 또는 기계적인 방법에 의하여 작업장내의 열, 수증기 및 유해물질을 희석, 환기시키는 장치 또는 설비를 말한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙(제428조, 제608조)

: 동 규칙에서는 전체환기장치에 대한 정의가 아니라 설치대상 기준에 대해 규정하고 있음

제428조(유기화합물의 설비 특례) 사업주는 전체환기장치가 설치된 유기화합물 취급작업장으로서 다음 각 호의 요건을 모두 갖춘 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다.

- 유기화합물의 노출기준이 100피피엠(ppm) 이상인 경우
- 유기화합물의 발생량이 대체로 균일한 경우
- 동일한 작업장에 다수의 오염원이 분산되어 있는 경우
- 오염원이 이동성(移動性)이 있는 경우

제608조(전체환기장치의 설치) 사업주는 분진작업을 하는 때에 분진 발산 면적

이 넓어 제607조에 따른 설비(밀폐설비나 국소배기장치)를 설치하기 곤란한 경우에 전체환기장치를 설치할 수 있다.

문제점

규칙 제428조의 국소배기장치 설치 예외조항은 이 조항을 만들 당시에는 합리적인 조항이었을지 몰라도 현재 본 연구팀의 생각으로는 사업주로 하여금 국소배기장치를 설치해야 함에도 불구하고 전체환기로 쉽고, 값싼 방법으로 대체할 수 있게 해준 일종의 특혜조항이라고 판단됨

제428조의 4가지 요건을 모두 만족하더라도 오염물질 발생 총량이 많으면 과다노출 가능성이 매우 높을 수 있음

개선방안

산업안전보건기준에 관한 규칙의 개정이 필요함

2. 전체환기장치로 분류되어 있는 환기장치의 재분류

문제점

아래에 열거된 환기장치가 “전체환기장치”로 분류 되어 국소배기설계기준을 무시한 채 “회석(Mixing)환기”로 심사하는 경우가 발생하여 환기장치의 성능을 담보하기 어려운 경우가 발생할 가능성이 큼

- (1) 자동차정비용 도장부스, 샌딩부스
- (2) 조선소 대형도장부스, 항공기 대형도장부스, Blasting Room(쇼트룸) 환기설비
- (3) 클린룸 급배기장치
- (4) 건축집진시설
- (5) 벤틸레이터 등 자연환기설비
- (6) 유해물질 저장소 배기설비
- (7) 화재폭발방지를 위한 환기장치
- (8) 기타 Work in Booth 형태로서 발생원 및 근로자가 이동성이 있는 단위 작업장소에 설치되는 환기장치

* 위의 환기장치에서 5), 6), 7)은 전체환기에 해당함

- (5) 벤틸레이터 등 자연환기설비 : 심사불가능하다고 판단됨
- (6) 유해물질 저장소 배기설비 : 미국 IV 매뉴얼에 “유일하게” 환기량을 ACH(Air Change per Hour)로 명시하고 있는 부분임

배기량 = 급기량 = 10-12 ACH : 급배기 동시 실시

- (7) 화재폭발방지를 위한 환기장치 : 기준을 정하기 매우 힘들

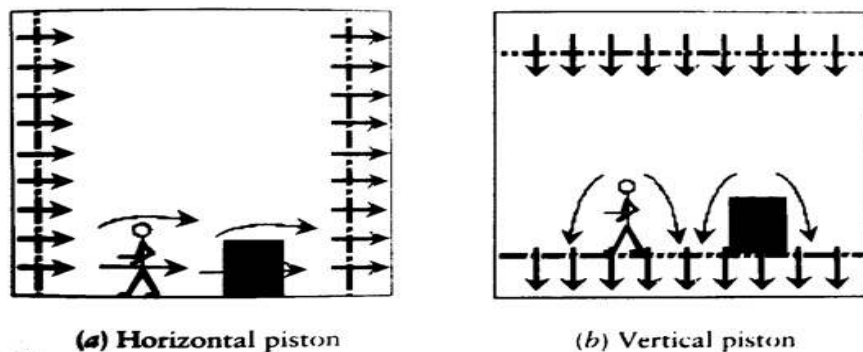
위의 환기장치에서 5),6),7)을 제외한 장치는 절대로 전체환기로 봐서는 안 된다고 판단됨. 엄연히 방향성을 가지고 근로자로부터 가능한 빨리 오염물질을 다른 방향으로 이동시켜 제거하는 장치임.

산업환기 교과서 수준에 제시되어 있는 “전체환기”는 영어의 “General Ventilation”을 번역한 용어로 “Local(국소)“한 부분에서 오염물질을 빼내는 방식을 제외한 환기방식을 말함.

따라서, 여기서 “General Ventilation”은 “Mixing or Dilution Ventilation(혼합 또는 희석환기)“와 “Displacement Ventilation(치환환기)“로 구분해야 함.

“희석환기”는 작업장 넓은 부분에 걸쳐 오염물질이 발생하는 상황에서 국소적으로 처리하거나 공기를 한 방향으로 밀어붙여 효과적으로 처리하는 것이 여의치 않을 때 단순히 외부공기로 희석시켜 발생된 오염물질이 완전혼합된다는 가정 하에서 노출농도를 노출기준이하로 떨어뜨리기 위해 사용하는 방식임

“치환환기”는 아래 그림에 보인 바와 같이 상하 또는 좌우로 공기로 밀어붙여 작업자가 오염물질에 노출되지 않도록 설계하는 방식임.



[그림 1-1] 치환환기

따라서, 아래의 공정에 대해서 희석환기 방식으로 설계하도록 유도하거나 희석환기방식으로 설계한 것을 심사하는 것은 적절치 못하다고 생각함.

- (1) 자동차정비용 도장부스, 샌딩부스
- (2) 조선소 대형도장부스, 항공기 대형도장부스, Blasting Room(쇼트룸)
환기설비
- (3) 클린룸 급배기장치
- (4) 건옥집진시설
- (5) 기타 Work in Booth 형태로써 발생원 및 근로자가 이동성이 있는 단
위작업장소에 설치되는 환기장치

위의 5개 공정에 대해서는 미국 산업환기매뉴얼에도 설계기준이 제시되어 있
기 때문에 이 공정들에 대한 구체적인 심사기준을 만들어서 그 기준에 근거해서
심사하는 것이 바람직하다고 생각함.

3. 전체환기장치 설계 심사의 부적절성

문제점

아래에 제시된 전체환기장치의 설계심사는 한마디로 말해 거의 불가능하다고
봄

- 벤틸레이터 등 자연환기설비
- 유해물질 저장소 배기설비
- 화재폭발방지를 위한 환기장치

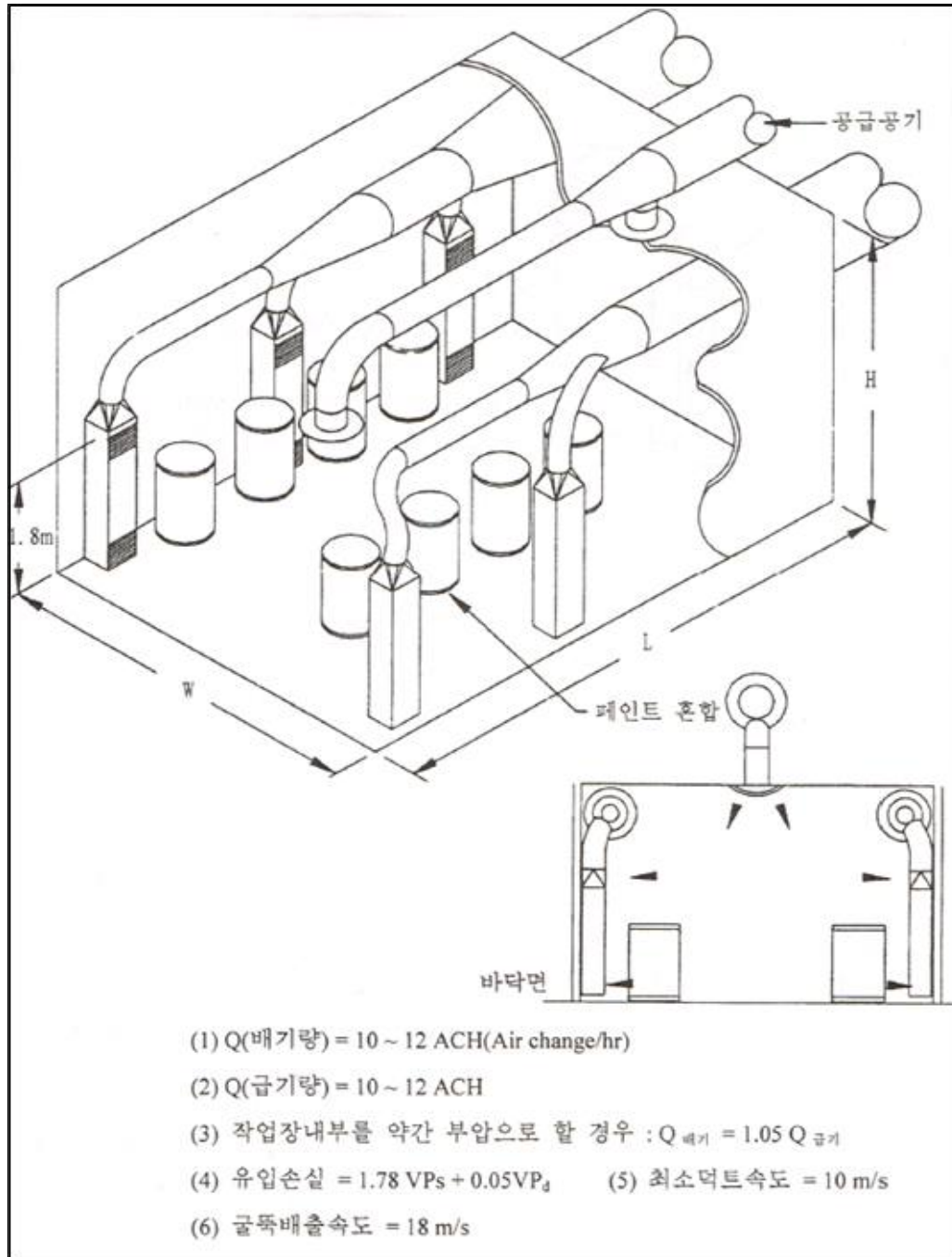
벤틸레이터

자연환기장치에 속하는 벤틸레이터는 공장건물 옥상의 풍향과 풍속, 공장 내부
의 열부력 정도, 공장건물의 개폐정도 및 개폐 위치 등 수많은 변수에 의해 영향
을 받기 때문에 일괄적인 기준에 근거한 심사는 애초부터 가능하지 않았기 때문
에 이에 대한 심사는 제외시키는 것이 바람직함

유해물질 저장소 배기

일반적으로 전체환기를 적용할 수 있는 대표적인 케이스인 이 경우에는 교과서 수준의 설계심사를 할 수는 있음.

미국 IV 매뉴얼 “페인트 혼합저장실”환기방안에 의하면 아래 그림과 같이 급배기량을 10-12 ACH정도 하라고 되어 있고 급배기 모두 덕트라인을 설치하여 기계적인 환기를 시키도록 유도하고 있음



[그림 1-2] 페인트 혼합저장실 배기

그러나, 현실적으로는 혼합저장실의 구조가 예시 그림과 같이 단순하지 않는 경우도 많고, 경비절감을 위해 자연환기방식과 혼용하는 사례가 많이 있음.

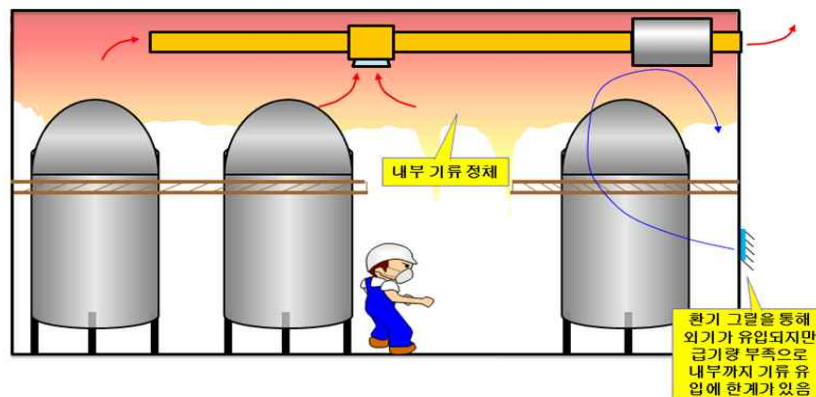


【 벽면 하부 그림 원기구 】



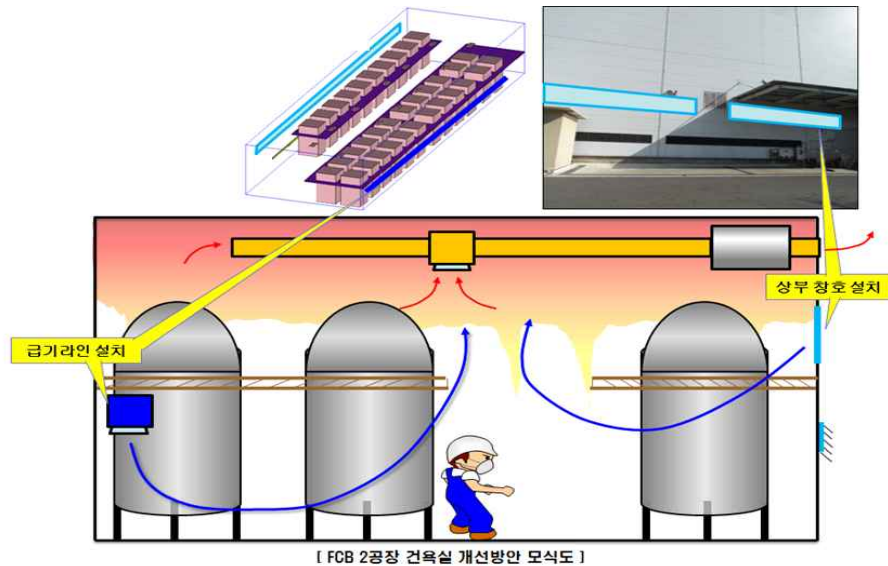
【 건축실 내부 】

[그림 1-3] 페인트 혼합저장실 현장



【 FCB 2공장 건축실 문제점 모식도 】

[그림 1-4] 건축실 문제점 모식도



[그림 1-5] 건옥실 개선방안 모식도

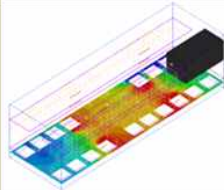
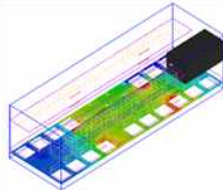
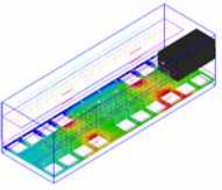
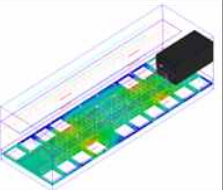
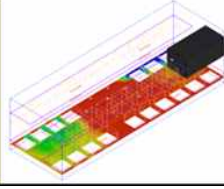
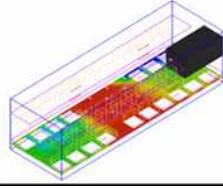
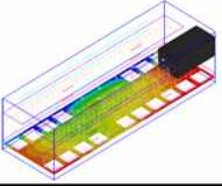
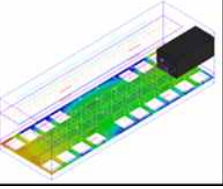
➤ 모델링 경계조건

- HDI1공장 건 옥실 기류흐름 및 문제점에 따른 개선방안을 검증하고자 컴퓨터시뮬레이션을 수행함
- 약취 발생문제를 파악하고자 임의로 4개의 약품탱크에서 12 L/min 정도의 약취가 발생한다고 가정함
- 기타 시뮬레이션 조건은 현장 조사 및 건축도면에 따라 설정됨
- CFD Code: Airpak 3.0.12

구 분	배기유량 (CMM)	급기유량 (CMM)	루버창 설치 추가 설치 여부	비 고
Case 1	680 CMM	x	x	▪ 현재상태 예측
Case 2	940 CMM	x	x	▪ ACH 10회를 기준으로 설계된 배기유량
Case 3	940 CMM	x	O	▪ 0.5m 높이의 창호를 공장 길이에 따라 설치함
Case 4	940 CMM	400 CMM	O	▪ 기류 정체구간 해소하기 위함

➤ 모델링 결과 종합

- 오염물질을 충분히 포집하기 위하여 ACH 10회 기준치를 적용하여 배기량을 940 CMM으로 증가시킴
- 부족한 급기구를 늘리기 위하여 창호를 설치하였고, 오염물질 정체대를 해소하고 급기로부터 배기로의 원활한 기류흐름을 조성하고자 급기시스템도 설치함
- 결과, 오염물질 평균농도는 현재상태에 비해 60%정도의 저감되고, 체류시간도 130s정도 줄일 수 있는 것으로 예측됨

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
오염물질 분포	평균 농도: 175 ppm 	평균 농도: 134 ppm 	평균 농도: 138 ppm 	평균 농도: 69 ppm 
	평균 체류시간: 458 s 	평균 체류시간: 350 s 	평균 체류시간: 358 s 	평균 체류시간: 330 s 

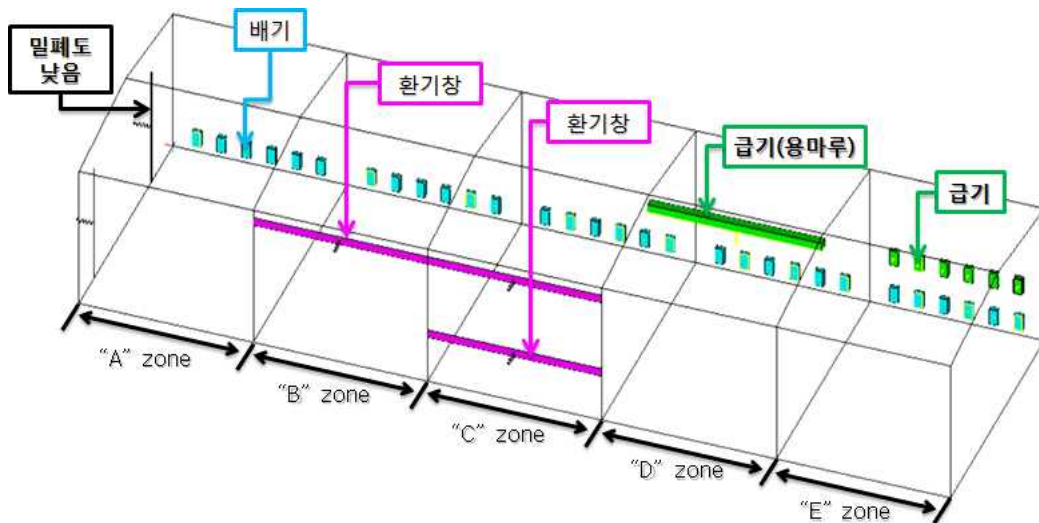
화재폭발방지를 위한 환기장치

이 경우도 마찬가지로 심사가 거의 불가능함. 우선 누출량이 얼마정도인지를 예측할 수 있어야 폭발하한계 농도 이하로 유지하기 위한 전체환기 설계를 할 수 있고, 누출량을 알 수 있더라도 전체환기 성능예측의 어려움 때문에 설계 적정성 유무를 판단하기란 불가능하다고 판단됨.

전체환기 성능 평가의 어려움

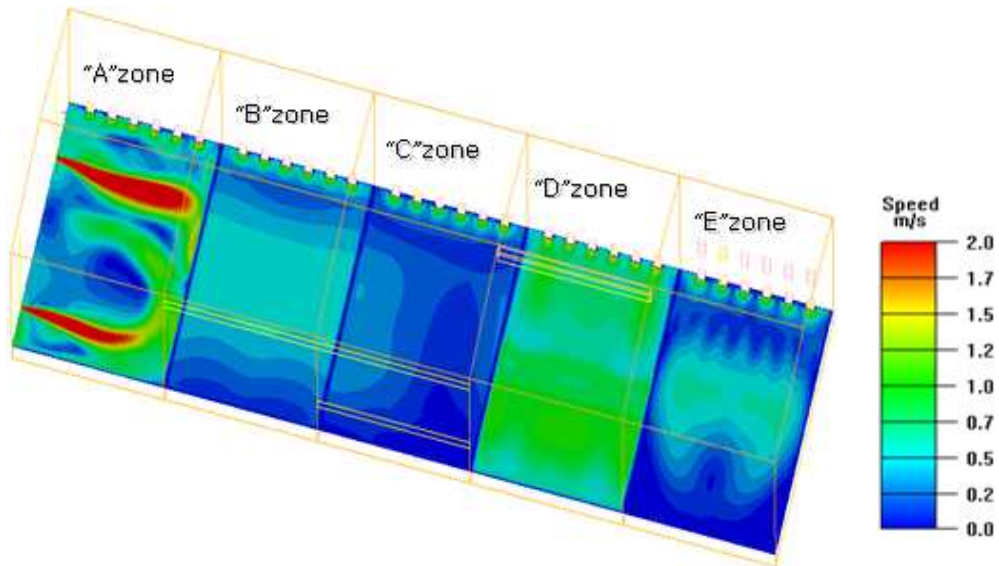
전체환기설계 심사의 어려움을 예를 들어 설명하고자 함.

아래 그림에 보인 바와 같이 전산유체역학을 이용하여 동일한 공장건물에 각기 다른 전체환기방식을 채용했을 때 공장 내 유속 분포와 공기연령(Mean Air Age : 공기의 연령이 높을수록 그 공간에 오래 체류했음을 나타내는 척도)을 비교해보았음

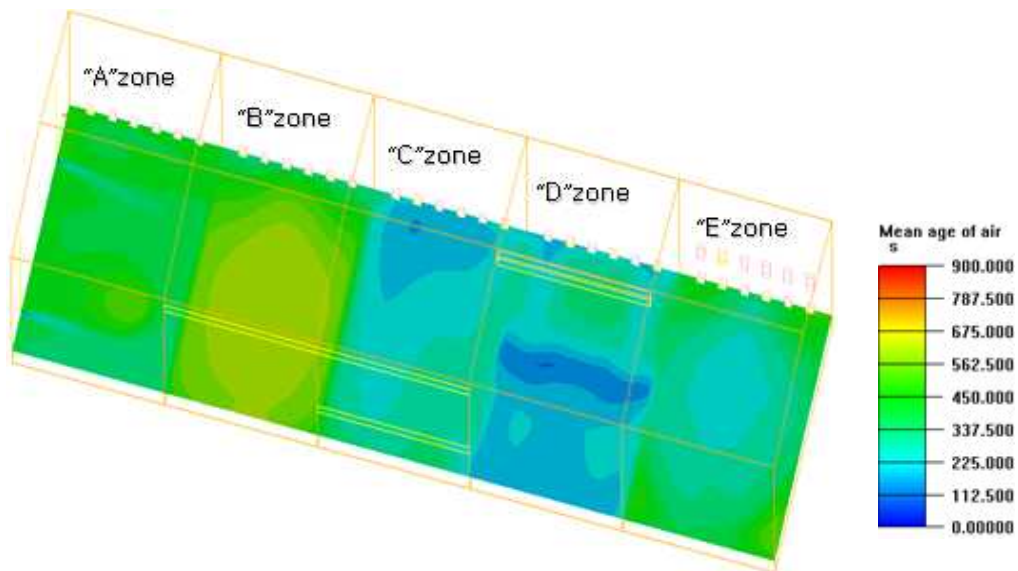


구 분	밀폐도	배기	환기창	급기
"A" zone	낮음	측벽 (3,000CMM)	-	-
"B" zone	높음	측벽 (3,000CMM)	1열 (21m*1m)	-
"C" zone	높음	측벽 (3,000CMM)	2열 (21m*1m)	-
"D" zone	높음	측벽 (3,000CMM)	-	용마루 (3,000CMM)
"E" zone	높음	측벽 (3,000CMM)	-	측벽 (3,000CMM)

[그림 1-6] 전산유체역학을 이용한 전체환기 성능 평가

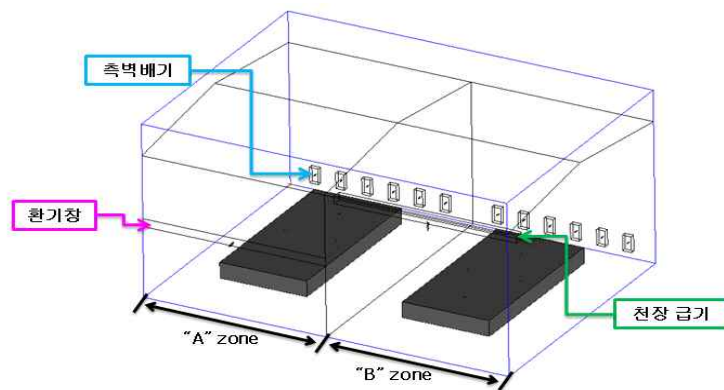


[그림 1-7] 지면에서 2m 높이에서의 유속분포를 비교

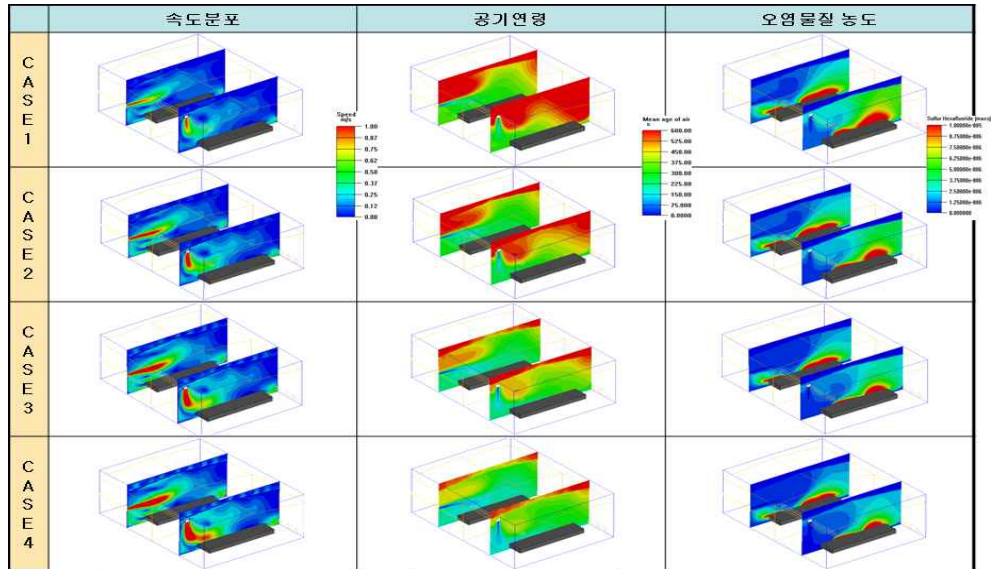


[그림 1-8] 지면에서 2m 높이에서의 공기연령을 비교

유사한 예로, 동일한 형상을 갖는 도장부스의 경우 아래 그림에서 보듯이 측벽에 배기구를 설치하고 유량을 변동시켰으며, “A” Zone의 경우는 환기창을 설치하여 자연급기 방식을 채택하였고, “B” Zone의 경우는 배기구 반대편 천장에 급기구를 설치하여 배기량과 동일하게 환기시켰을 경우의 유속, 공기연령, 오염물질 농도를 비교분석하였음



구 분	“A” zone		“B” zone		비 고
	환기창	측벽 배기 (CMM)	천장 급기 (CMM)	측벽 배기 (CMM)	
Case 1	1열 (21m*1m) 측벽 중앙 설치	1,500	1,500	1,500	-
Case 2		2,000	2,000	2,000	
Case 3		2,500	2,500	2,500	
Case 4		3,000	3,000	3,000	



따라서, 같은 건물, 같은 급배기량을 가진다고 하고 전체환기성능에 상당한 차이를 보이기 때문에, 이러한 문제를 서류심사만으로 일선에서 심사하기란 불가능하다고 판단되므로 전체환기에 대한 심사는 유해위험방지계획서 심사제도에서 제외시킴이 바람직하다고 생각함

4. 밀폐설비의 정의, 종류 및 평가기준

1) 밀폐설비에 대한 정의

“밀폐설비”란 단위작업장소에서 유해물질 발생원의 모든 부분이 완전히 밀폐되어 있는 형태로 공정 운전 중에 배풍기와 인버터(압력조절식) 등에 의해 상시 음압이 유지되고 있는 설비를 말하며, 해당설비의 PM 작업 등 유지보수 등을 위해 해당 밀폐설비의 일부분을 일시적으로 개방하는 경우도 포함한다.

2) 밀폐설비의 종류

- Glove Box 환기장치
- 약품보관실 환기장치
- 운전 중 닫힌 상태에서 작동되는 쇼트기에 연결된 환기장치
- ※ 입구 또는 출구가 운전 중 열린 상태에서 작동되는 쇼트기에 연결된 환기장치 국소배기장치에 해당
- 공기 흡입력에 의한 원료이송설비 연결된 환기장치 또는 동 설비의 PM 작업
- 배풍기 및 인버터 등에 의하여 운전 중 상시 음압이 유지되는 환기장치

3) 평가기준

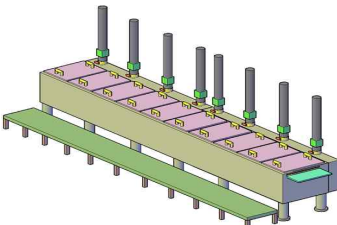
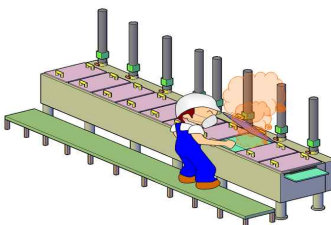
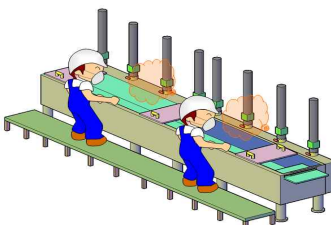
Glove Box 및 약품보관실 환기장치는 전형적인 밀폐설비로서 본 보고서의 “산업환기시스템 설계심사 가이드라인”의 “5. 실험실 후드”와 “10. 원료저장·보관시설 환기장치”에 자세하게 수록했음

밀폐 설비의 환기시스템 설계 시, 발열에 의한 공기 팽창 유무, 제품 이송 속도, 장비 내부 에어 나이프 등 공기 유동을 발생시킬 수 있는 설비, 내부 순환용 팬 등에 의해 설계 유량의 차이가 크게 발생할 수 있으므로 이에 대한 검토가 충분히 이루어져야 함

운전 중 완전히 닫힌 상태에서 작동되는 쇼트기의 경우 쇼트공정을 완료하고 피작업물체를 꺼낼 때 발생하는 분진에 대해서는 출구에 외부식 후드를 달아서 문을 열 때 발생하는 분진을 제어해야 함

밀폐설비 PM(Process Maintenance) 작업의 경우, 아래 그림에 보인 “(b) 점검 시”의 경우이나 “(c) PM작업 시”의 경우 발생한 오염물질이 PM작업 근로자나 주변 근로자들에게 건강영향을 끼칠 수 있다고 판단되는 경우에는 PM작업용 전체환기장치나 국소배기장치를 설치해야 될 것으로 판단됨

〈표 3-1〉 밀폐 설비의 환기시스템 설계

		
- 후드별 배기량 및 정압 설정 방식	- 후드별 배기량 및 정압설정 방식	- 국소배기 및 전체환기 방식
(a) 정상작업 시	(b) 점검 시	(c) PM작업 시

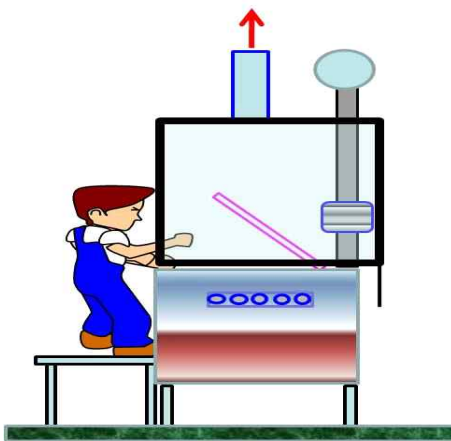
이 부분에 대한 유해위험방지계획서 심사는 설계자료만으로 판단하기 매우 어려운 부분이 있으므로, 확인검사 시에 충분한 관찰과 검토가 필요함

밀폐공정 PM시 적용할 수 있는 환기방안에 대해 정리해보고자 함

밀폐공정에서 PM작업하는 규모가 작거나 부스 설치 가능한 공정일 경우에는 부스를 설치하여 배기하는 방안을 적용하며 PM작업 규모가 광대하거나 부스 설치가 곤란한 경우에는 해당 공정 전체를 격벽으로 구역화하여 전체환기를 실시하는 방안을 적용할 수 있음

부스식 후드화 방안

밀폐공정의 PM작업 시 환기대책으로 부스식 후드가 설치 가능한 경우 아래 그림과 같이 부스를 설치하여 배기하고 PM작업이 이루어지는 해당 Tank에만 문을 개방하여 나머지는 닫은 상태에서 작업하는 방식을 적용하면 될 것임. 즉, PM작업이 이루어지는 시간대에만 다량의 배기 유량이 필요한 부스배기를 하고 평상시에는 기존의 밀폐식 국소배기로만 배기하는 방식임



[그림 1-9] PM시 부스배기 모식도



[그림 1-10] 부스식 후드화 모습

아래 사진은 밀폐공정의 PM작업에 대한 대책인 부스식 후드화 방안에 대한 효과성을 검증하기 위해 부스 내로 연막을 발생시켜 누출 여부를 테스트하는 모습임.



[그림 1-11] 부스 설치 후 연막 누출 테스트

부스화하여 필요 배기량으로 배기되도록 한 후 연막 실험한 결과 부스 내부에서 발생된 연막이 외부로 누출되지 않고 원활히 배기되는 것으로 확인되었음

부스식 후드화의 장점은 전체환기에 비해 유량이 적게 필요하며 상대적으로 오염물질의 국소적인 포집이 가능함

단점으로는 국소배기로써 설치해야하는 공간이 넓은 경우에는 상당한 배기량이 필요하기 때문에 많은 비용이 소모되는 것과 PM작업 시 작업 영역이 줄어드는 불편을 들 수 있는데 현장 상황을 고려하여 부스 설치가 가능하지 않다면 전체환기 방식을 고려하여야 할 것임

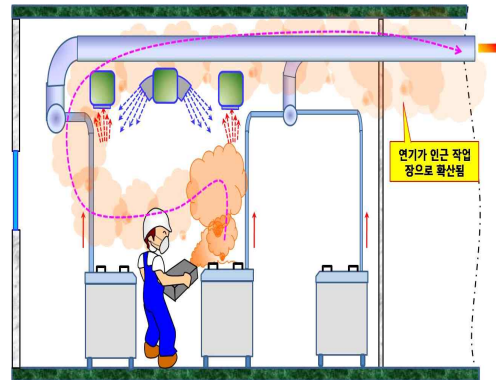
격벽 구역화 방안

밀폐공정의 PM작업 시 환기에 대한 대책으로 부스식 후드화가 힘든 경우에 해당 공정만 구역화하여 전체환기를 실시하는 것임. 전체 작업장 내에 여러 공정이 분포해 있는 경우 PM작업으로 인해 오염물질이 유출·확산되는 공정은 격벽으로 기타 공정과 분리하여 격벽 내부에 전체환기를 실시하는 방안임

문제가 되는 밀폐공정의 PM작업 현장에서 오염물질이 작업장 내에 주변 기류의 영향을 받아 어떻게 거동되는지를 파악하기 위해 아래 사진과 같이 연막 기류 테스트를 수행하였음



[그림 1-12] PM공정 연막 기류 테스트



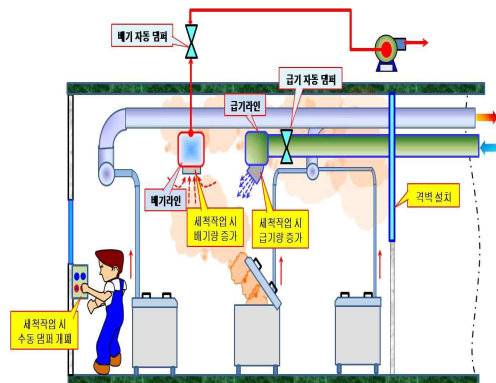
[그림 1-13] PM공정 연막 기류 테스트 모식도

해당 작업장은 급·배기 시스템이 설치되어 있지만 제 기능을 하지 못하는 실정이고 공간적으로 주변 공정과 붙어있는 형태임. 연막실험 결과 위의 오른쪽 모식도와 같이 천장에 설치된 급·배기구의 급·배기량이 미비함에 따라 공정에서 발생된 연막이 공정 외부로 확산되는 현상을 보였음

실제 문제가 발생한 해당 공정에 이에 대한 환기 대책방안으로 아래 사진과 같이 해당 공정을 격벽으로 구역화하고 아래의 모식도처럼 격벽 내에 전체환기용 급·배기를 설치하여 적용하였음



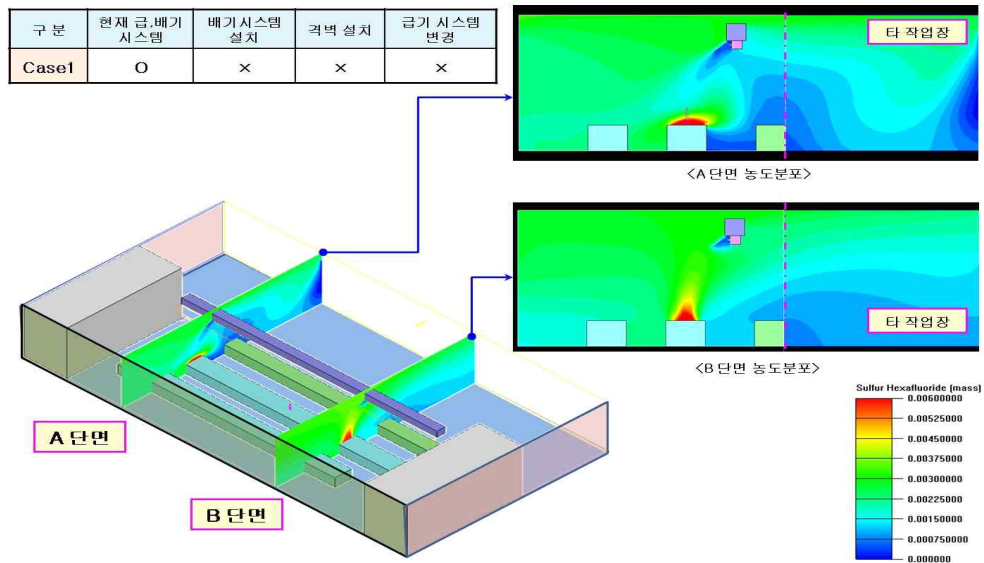
[그림 1-14] 산세공정의 격벽 포위화 모습



[그림 1-15] 산세공정의 격벽 포위화 모식도

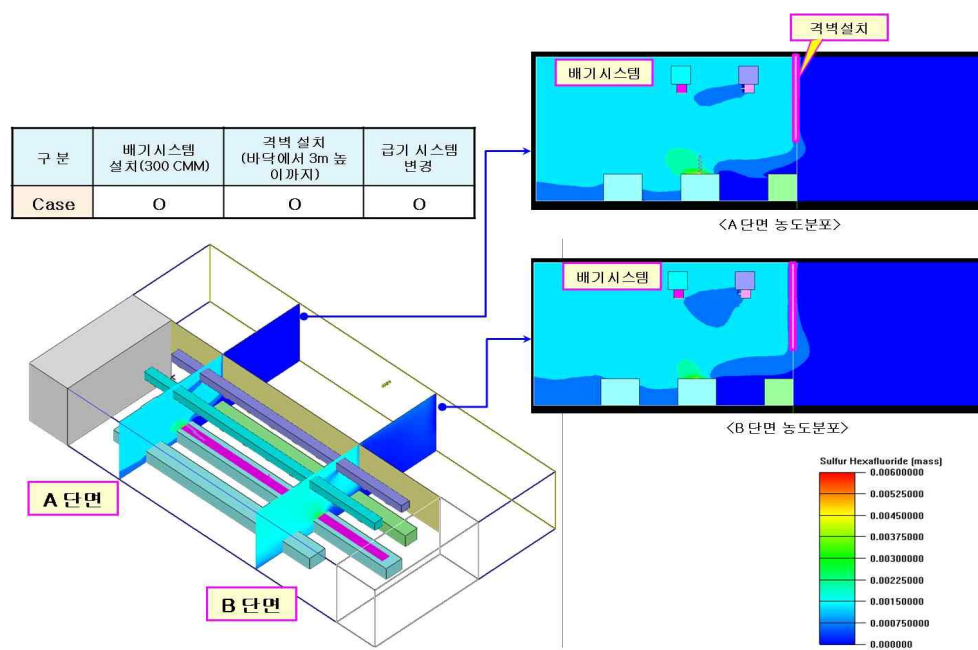
현장 적용 전 밀폐공정의 PM작업에 대한 환기 대책으로 격벽 구역화 방안에 대한 효과성을 예측하기 위해 전산유체역학 시뮬레이션을 수행하였음

아래 그림은 격벽 구역화하기 전인 기존 상태를 시뮬레이션한 결과임. 기존 상태에서는 Tank에서 발생하는 오염물질이 주변 공정으로 확산되는 모습을 볼 수 있음



[그림 1-16] 격벽 구역화전 기존 상태의 전산유체역학 시뮬레이션

아래 그림은 격벽 구역화 후 급배기시스템 개선 후의 상태를 시뮬레이션한 결과임. 개선 후에는 Tank에서 발생한 오염물질이 격벽 외부로 유출되지 않고 격벽 내 급·배기 시스템에 의해 제거되는 것으로 예측되었음



[그림 1-17] 전산유체역학 시뮬레이션을 통한 격벽 설치 효과 검증

아래 사진은 격벽으로 구역화하여 급·배기 설치 방안이 적용된 현장에서 연막 실험한 결과 공정 내부에서 발생된 연막이 격벽에 의해 가로막혀 외부로 확산되지 않고 급·배기 환기에 의해 순환되다가 배기되는 것으로 확인되었음



[그림 1-18] 산세공정 격벽 포위 후 연막 누출 테스트

이 방안을 적용하기 위해 가장 우선적으로 부스식 후드화를 먼저 고려하되 차선택으로써 공정을 격벽 포위 후 전체환기에 의한 배기 방안이 고려되는 것이 바람직함. 혹은 두 가지 방안을 병용하여 적용 시 우수한 환기 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단됨

5. “심사대상”에 대한 검토

1) 배풍량에 근거한 심사대상 기준

현행기준

(1) 안전검사 절차에 관한 고시 별표1의제7호에 명시된 유해물질(49종)을 제거하기 위해 설치하는 배풍량 60m³/min 이상의 국소배기장치(이동식 제외)

(2) (1)이외의 허가대상·관리대상물질, 분진작업장소에 설치하는 배풍량 150m³/min 이상의 국소배기장치(이동식 제외)

문제점 및 개선방안

유해위험방지계획서와 같이 송풍기 용량으로 관리 대상을 선정하는 것은 문제가 있다고 판단됨

작업자 건강 장애는 후드 용량과 상관없이 사용 물질의 유해성과 농도, 그리고 작업자 노출량에 직접 영향을 받기 때문에 용량으로 구분하는 것은 적절치 못하다고 판단됨

따라서, 작업환경 측정 대상물질을 사용하는 모든 후드에 대한 설계 심사 및 확인심사가 필요할 것으로 판단됨

심사 개수의 증가로 인해 실질적인 심사가 가능한지 여부와 실제 적용 가능한 방법에 대한 충분한 논의가 필요함

2) 이동식 집진기 예외조항 문제

문제점

배풍량의 제한과 함께 이동식을 심사대상에서 제외하고 있기 때문에, 심사면제를 위해 설치대상 환기장치를 배풍량을 심사대상 기준치 미만으로 분할하여 대상공정에 이동식 배기장치 설치 남발

이동식 국소배기장치를 설치대상에서는 직업병 발생 가능성이 더 클 수도 있음

이동식 국소배기장치는 주로 분진이나 휘발성유기화합물질(VOC)을 포집하는데 주로 사용함. 만약 집진용 필터가 관리 소홀로 막혔음에도 불구하고 필터교체 없이 계속 사용하면 분진포집이 잘되지 않을 가능성이 있고, VOC 포집용 이동식 집진장치일 경우 파과된 채로 가동할 경우 배출가스를 작업장으로 바로 배출하기 때문에 매우 위험한 상황에 다다를 수 있어 주의가 요망됨

개선방안

이동식 집진기의 잠재위험성 때문에 심사대상에 포함시키되, 이동식집진기 사용 당위성에 대한 충분한 자료를 제시하는 경우에만 심사해야 될 것으로 판단됨

6. “심사항목”에 대한 검토

심사항목에 대해서 심사의 목적에 부합하는 내용과 그렇지 못한 내용을 재분류하여 아래 표와 같이 다시 정리하였음

유해위험방지계획서 심사 및 확인 기준 신규 대비표

〈표 3-2〉 유해위험방지계획서 심사 공통기준

구 분	현 행	변경안	비 고
공통	[1. 사업의 개요] 1-1. 심사대상 적정여부(작성자가격, 심사대상 등) [2. 공정설명서 및 흐름도] 2-1. 제조공정 설명서 및 흐름도 적정여부 [3. 환기장치 설치공정의 평면도 등] 3-1. 작업장 바닥 및 통로 안전조치 3-2. 작업장 출입구의 적정여부 3-3. 동력으로 작동되는 문의 설치조건 적정여부 3-4. 추락방지 표시(안전난간대 등) 3-5. 건축물의 비상구 설치 적정여부 3-6. 옥내작업장 정보용 설비 또는 기구 설치 3-7. 작업장 통로설치 적정여부 3-8. 사다리식 통로구조의 적정여부 3-9. 계단 및 계단참의 적정여부 3-10. 추락방지조치의 적정여부 3-11. 휴게시설 설치 3-12. 세척시설 등(세면·목욕·세탁·건조 등) 설치	[1. 사업의 개요] 1-1. 현행과 동일 [2. 공정설명서 및 흐름도] 2-1. 현행과 동일 [3. 환기장치 설치공정의 평면도 등] 3-1. 대상공정의 작업장 안전조치 적정성 3-2. 대상공정의 작업장 보건조치 적정성	산업안전보건기준에 관한 규칙 제2장(작업장), 제3장(통로)의 적정조치 여부 확인으로 심사기준 항목 간소화
일반	[4. 환기장치의 개요] 4-1. 환기장치 구조의 적정여부(후드·덕트·공기정화장치·배풍기 등의 배치, 형태, 설치장소의 적절성) 4-2. 공기 유입부 또는 급기시설의 적정성 4-3. 환기장치 계통도 작성내용의 적정여부 4-4. 환기장치 각 부분별 상세도면 작성내용의 적정성	[4. 환기장치의 개요] 4-1. 환기장치 계통도 작성의 적정성 [별첨1] 환기장치 계통도 작성요령 참조 4-2. 환기장치 재질선정표 작성 [별첨2] 환기장치 재질선정표 작성요령 참조	심사목적* 달성을 위한 심사기준의 간소화 * 심사목적(해당항목) ▶ 환기장치 유지관리 의 적정성(도면, 내구성 등) 확보

구 분	현 행	변경안	비 고
후드	[5. 환기장치 및 부속설비의 배치도면] 5-1. 후드 형식, 크기, 수량의 적정성 · 유해물질이 발생하는 곳마다 설치 · 발산원을 충분히 제어할 수 있는 구조로 할 것 · 후드 형식은 가능하면 포위식 또는 부스식으로 할 것 · 유해물질 발산원 가까이에 위치 5-2. 후드 제어풍속의 적정성 · 허가대상 유해물질 취급작소 제어풍속 (산업안전보건기준에관한규칙 제454조) · 관리대상 유해물질 취급장소 제어풍속 (산업안전보건기준에관한규칙 제429조 별표13) · 분진작업장소 제어풍속(산업안전보건기준에관한규칙 제609조 별표17) 5-3. 후드 배풍량 설계의 적정성 · 명확한 설계근거 내용 제시 · 후드형식에 따른 적합한 배풍량 계산식 사용 · 후드 개구면의 크기는 최소로 함 · 배풍량에 대한 여유율 적용 배제	[5. 환기장치 및 부속설비의 배치도면] 5-1. 후드 형식의 적정성 [별첨3] 후드형식 선정요령 참조 5-2. 후드의 배풍량 산정의 적정성 ① 배풍량 계산식 적용의 적정여부 ▶ 포위식 후드 : $Q=60 \cdot A \cdot V$ ▶ 외부식 후드(포집형) : $Q=60 \cdot V \cdot (10 \cdot X^2 + A)$ ▶ 외부식 후드(캐노피형) : $Q=60 \cdot 1.4 \cdot P \cdot V \cdot D$ Q=배풍량(m^3/min), V=제어풍속(m/s) A=후드 개구면적(m^2), X=포착거리(m) P=오염원 둘레길이(m) D=후드와 오염원간의 거리(m) ▶ 기타 : 산업환기매뉴얼 권고식(단, 후드종류별 법정제어풍속 만족) ② 제어풍속 선정의 적정성 ▶ 산업안전보건기준에관한규칙 제429조, 제609조 기준 이상 [별첨4] 제어풍속 기준표 참조	심사목적* 달성을 위한 심사기준의 간소화 *심사목적(해당항목) ▶ 후드 배기(제어)효율 확보(유해물질 특성, 설치장소 환경 등 고려)

구 분	현 행	변경안	비 고
후드 (밀폐형)	[5. 환기장치 및 부속설비의 배치도면] 5-1. 후드 형식, 크기, 수량의 적정성 · 유해물질이 발생하는 곳마다 설치 · 발산원을 충분히 제어할 수 있는 구조로 할 것 · 후드 형식은 가능하면 포위식 또는 부스식으로 할 것 · 유해물질 발산원 가까이에 위치 5-2. 후드 배풍량 설계의 적정성 · 명확한 설계근거 내용 제시 · 후드형식에 따른 적합한 배풍량 계산식 사용 · 후드 개구면의 크기는 최소로 함 · 배풍량에 대한 여유율 적용 배제	[5. 환기장치 및 부속설비의 배치도면] 5-1. 배풍량 산정의 적정성 ▶ 상시운전 시(밀폐시) ▶ PM 작업 시(개방시) 5-2. 인터버 설치의 적정성 ▶ 송풍량, 배풍량 조절방식 : 압력 조절방식 ▶ 송풍량, 배풍량 관리기준 작성 5-3. 기타 ① 밀폐설비 관리방안 제시(작업자 임의 개방 금지 등) ② 읍압측정구 설치의 적정성	밀폐설비 적정 가동을 위한 설계, 관리기준 마련

구분	현 행	변경안	비 고
덕트	5-4. 덕트 이송속도 선정의 적정여부 · 덕트 내 오염물질이 쌓이지 않도록 선정 · 과도한 덕트의 유속으로 압력손실 증가 및 덕트내면이 마모되어 수명이 단축되지 않도록 함 5-5. 압력손실 설계의 적정여부 · 명확한 설계근거 내용의 제시 · 각 부분별 압력손실 계산결과 적정	5-3. 점검구(청소구) 설치의 적정성 ① 유해물질의 퇴적가능 여부 확인 ② 퇴적가능 장소에 점검구 또는 정압측정구 설치(해당 시)	심사목적* 달성을 위한 심사기준의 간소화 * 심사목적(해당항목) ▶ 덕트의 유지관리의 용이성 확보(유해물질 덕트내 퇴적 가능 시에만 해당)
공기정화장치	5-6. 공기정화장치 형식, 설치의 적정여부 · 처리 유해물질 종류, 특성별 형식 및 구조 적정 · 차압측정용 마노메타 설치 · 유해물질 처리에 충분한 용량 및 구조를 가질 것 · 공기정화용 필터 종류에 따라 화재발생 예방을 위한 온도계를 설치할 것 · 화재·폭발위험이 있는 경우 폭발구를 설치할 것 5-7. 공기정화장치 사양 결정의 적정여부 · 명확한 설계근거 내용의 제시 · 여과재 종류 및 수량의 적정 · 여과재 교체주기의 산정 · 공기정화장치 적정 규격 결정	5-4. 공기정화장치 형식 선정의 적정성 [별첨5] 공기정화장치 형식 선정요령 참조 5-5. 화재·폭발 방지조치의 적정성(해당시) ▶ 활성탄흡착탑 : 온도계 설치, 폭발방산구 설치, 소화기(소화설비) 비치 ▶ 여과집진기 : 여과재 제진조치, 불연성 여과재 사용, 폭발방산구 설치, 소화기(소화설비) 비치 5-6. 유지관리계획의 적정성 ▶ 유지관리계획서 작성 내용 · 밀폐공간보건작업프로그램 수립 · 필요한 개인보호구 목록 및 사양 · 공기정화장치 주변 추락방지 등 안전조치 계획(안전난간대 등) ▶ 차압계 설치의 적정성(여과집진기, 활성탄 흡착탑 등 설치 시)	심사목적* 달성을 위한 심사기준의 간소화 * 심사목적(해당항목) ▶ 유해물질 정화능력 확보 ▶ 화재·폭발방지 ▶ 점검/보수/교체 등 유지관리 안전성 확보

구 분	현 행	변경안	비 고
배 풍 기	5-8. 배풍기 형식, 설치의 적정여부 · 유해물질을 처리하기에 충분한 배풍량과 구조를 가질 것 · 공기정화장치 후단에 배풍기 설치 · 배풍기 이상소음 및 진동방지조치 · 적합한 형식과 구조를 가진 모터 사용 5-9. 배풍기 사양 결정의 적정여부 · 배풍기 적정 동력의 산정 · 배풍기 적정 사양의 산정	5-7. 배풍기 사양 및 위치선정의 적정성 ▶ 배풍량 ≥ 각 후드 배풍량의 합 ▶ 모터 여유율 ≥ 설계값의 10% 이상 ▶ 유해물질 특성, 압력손실에 적합한 배풍식 형식, 구조 및 위치 선정 [별첨6] 배풍기 형식·구조·위치 선정요령 참조	심사목적* 달성을 위한 심사기준의 간소화 * 심사목적(해당항목) ▶ 유해물질 처리능력 확보 ▶ 화재·폭발방지 ▶ 배풍기 내구성 등 확보
최종배기구	5-11. 최종배기구 형태 및 설치의 적정여부 · 배출되는 유해물질이 작업장내로 재유입되지 않는 높이 및 구조로 할 것	5-9. 설치 위치 등의 적정성 ▶ 재유입방지 구조의 적정성 ▶ 빗물유입 및 배출구조의 적정성	심사목적* 달성을 위한 심사기준의 간소화 * 심사목적(해당항목) ▶ 유해물질 재유입 방지
폭발위험 방지	[6. 폭발위험 장소의 구분도] 6-1. 폭발위험장소 구분도 작성 및 관리의 적정성 6-2. 밀폐된 공간에서의 스프레이건 사용, 인화성 액체로 세척·도장시 안전조치 6-3. 가스폭발, 분진폭발 위험장소에 변전실, 배전반실, 제어실, 유사설비 등 설치금지 [7. 방폭전기·계장기계기구 선정 기준] 7-1. 폭발위험장소에서 사용하는 기계·기구의 선정 및 유지·관리 적정성 7-2. 기타사항	[6. 폭발위험 장소의 구분도] 현행과 동일 [7. 방폭전기·계장기계기구 선정 기준] 현행과 동일	-

구 분	현 행	변경안	비 고
관리적 사항	[8. 유해·위험물질 목록] 8-1. 유해·위험물질 목록 작성내용 적정여부 · 유해·위험물질 누락 여부(종류, 기준량 등) · 폭발한계 등 작성내용 누락 및 적정여부 8-2. 유해화학물질에 대한 물질안전보건자료 확보 및 게시여부 8-3. 기타사항 [9. 위험성평가] 9-1. 위험성평가 실시여부 · 잠재위험 제거조치 적정여부 · 개선실행계획서 수립 적정여부 · 잠재위험이 있는 공정, 설비 및 기계 누락 여부 [10. 기타 예방조치 등] 10-1. 화재·폭발, 누출시 비상대책 수립여부 10-2. 제어반 전기단선도의 적정여부 10-3. 전기 기계·기구 등의 충전부 방호조치 10-4. 작업장 내 접지계획 10-5. 전기기계기구 조작부분 점검, 보수공간확보 10-6. 안전인증·안전검사 및 자율안전확인신고 여부 10-7. 기타사항	[8. 안전보건상의 조치] 8-1. 유해·위험물질 관리의 적정성 ▶ 유해위험물질 목록표 작성의 적정성 ▶ MSDS 비치 및 교육 계획 등의 적정성 ▶ 화재·폭발, 누출시 비상대책 수립 등의 적정성 8-2. 근로자 건강관리계획의 적정성 ▶ 작업환경측정 계획의 적정성 ▶ 배치전 건강진단, 배치 후 특수 건강진단 실시 계획의 적정성 8-3. 환기장치 유지관리의 적정성 ▶ 국소배기장치에 대한 안전검사 실시계획의 적정성(해당시) ▶ 비상시 조치방법, 운전매뉴얼의 적정성 8-4. 환기장치 제어반 전기단선도 작성 및 조작 시 감전예방조치(접지 등)의 적정성 8-5. 위험성평가 실시여부의 적정성	환기설비 설치대상 공정에 대한 건강보호 및 산업재해예방을 위한 안전보건조치사항의 심사 필요 ▶ 기존 심사항목 간소화 ▶ 일부 심사항목 추가

[별첨1] 환기장치 계통도 작성요령

- ① 공정도, MSDS를 활용하여 각 공정의 유해물질을 파악
- ② 대상공정의 평면도를 작성하고 파악된 유해물질을 발생원을 공정도에 표기
- ③ 평면도, 건축물도면 등을 활용하여 배풍기(송풍기)나 공기정화장치 설치 위치 선정
- ④ 작업장 주요설비의 설치위치, 작동범위를 고려하여 후드(급기구)~최종배기구의 배치도면을 작성하되, 배치도면은 평면도, 입체도 2가지 타입으로 작성
- ⑤ 작성된 배치도면에 단위작업명, 후드번호, 설비 치수 등을 기입

[별첨2] 환기장치 재질선정표 작성요령

- ① 작성항목을 후드(급기구), 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 최종배기구 등으로 가급적 세분화하여 구분
- ② 해당항목별 재질종류, 두께, 내식성·마모성 등의 특성을 기재. 단, 경도가 약한 재질을 선정한 경우로서 작업특성상 사용중 파손 우려가 있는 곳은 관리방안 등을 함께 제시(폭발방산구 등)

[별첨3] 후드형식 선정요령

- ① 해당 작업자와의 면담, 작업특성 등을 면밀히 검토 후 후드형태를 선정
 - ② 후드형식 선정시 포위식 후드를 우선적으로 선정하되, 작업특성상 포위식이 어려운 경우 외부식 측방형후드→하방형후드→상방형후드 순으로 형식 선정
- ※ 외부식 후드 선정시 작업특성에 방해가 되지 않는 범위에서 비닐커튼, 플랜지 등을 활용하여 후드 주변기류 차단

- ③ 후드형태에 따라 후드로 흡인되는 기류가 주변 외부기류나 장애물 등의 영향을 받지 않는지를 고려
- ④ 후드와 덕트 연결부(플레넘 등)의 크기, 연결위치를 고려하여 후드 개구면의 흡인기류가 균일하게 형성될 수 있는 구조로 설치
- ⑤ 후드 댐퍼를 설치하는 경우 작업자가 임의조작하지 않도록 관리방안 제시

[별첨4] 제어풍속 선정기준표

- ▶ 관리대상 유해물질 취급장소 제어풍속(산업안전보건기준에 관한 규칙 제429조 별표13)

물질의 상태	후드 형식	제어풍속(m/sec)
가스 상태	포위식 포위형	0.4
	외부식 측방흡인형	0.5
	외부식 하방흡인형	0.5
	외부식 상방흡인형	1.0
입자 상태	포위식 포위형	0.7
	외부식 측방흡인형	1.0
	외부식 하방흡인형	1.0
	외부식 상방흡인형	1.2

▶ 분진작업장소 제어풍속(산업안전보건기준에 관한 규칙 제609조 별표17)

분진 작업 장소	제어풍속(m/sec)			
	포위식 후드	외부식 후드		
		측방흡인형	하방흡인형	상방흡인형
암석등 탄소원료 또는 알루미늄박을 체로 거르는 장소	0.7	-	-	-
주물모래를 재생하는 장소	0.7	-	-	-
주형을 부수고 모래를 터는 장소	0.7	1.3	1.3	-
그 밖의 분진작업장소	0.7	1.0	1.0	1.2

※ 연삭기, 드럼 샌더 등의 회전체를 가지는 기계에 관련된 분진작업

후드의 설치 방법	제어풍속(m/sec)
회전체를 가지는 기계 전체를 포위하는 방법	0.5
회전체의 회전으로 발생하는 분진의 흩날림방향을 후드의 개구면으로 덮는 방법	5.0
회전체만을 포위하는 방법	5.0

[별첨5] 공기정화장치 형식 선정 요령

① 처리하고자 하는 물질의 특성(입경 등) 및 공기정화장치 종류별 처리능력 파악

공기정화장치 종류	처리가능 유해물질	비 고
원심력집진기(싸이클론)	분진(평균입경 10 μ m 이상)	목재분진, 광물분진 처리용 등
여과집진기(백필터)	분진(평균입경 0.1~10 μ m 미만) ※평균입경10~50 μ m 사용 가능	곡물, 흙, 미세분진 등 처리용
활성탄흡착탑(A/C Tower)	유기화합물, 가스상물질 등	주로 가스·증기 발생물질 처리용
세정집진기(스크러버)	분진, 유기화합물, 가스상물질, 산·알칼리물질 등	주로 도금공장에 사용
전기집진기	분진	시멘트 분진 등(최근에는 거의 사용 않음)
R.O.T 설비	VOC, 고독성 물질 등	주로 화학물질 제조공장에 사용

② 선정된 형식에 대해 환경법 등 타법을 고려하여 현장설치 가능여부 확인

③ 공기정화장치를 통해 제거되는 물질에 대한 폐수처리 등 처리방법 검토

[별첨6] 배풍기 형식·구조 및 위치 선정 요령

- ① 일반적으로 설계압력손실이 100mmAq 이하인 경우 원심력배풍기 중 시로코팬 사용하되, 100mmAq 이상인 경우와 공기정화장치 설치한 경우 터보팬 사용
- ② 처리하고자 하는 유해물질이 마모성 분진인 경우 방사형팬 사용
- ③ 배풍기는 특별한 사유가 없는 한 공기정화장치 후단에 설치하고, 공기정화장치 전단에 설치하고자 하는 경우 사유 및 관리방안 작성
- ④ 배풍기 소음으로 인해 주변 근로자가 영향을 받지 않는 장소에 설치하되, 부득이한 경우로서 배풍기 소음으로 주변 근로자가 영향을 받은 가능성이 있는 경우 방음조치 실시

〈표 3-3〉 확인심사기준

구 분	현 행	변경안	비 고
공통		5-1. 안전보건상 조치의 적정성 ① 배기되는 공기가 작업장내로 재유입 여부의 적정성 ▶ 기류테스트 등을 통해 확인 ▶ 정밀확인이 필요한 경우 임시 작업환경측정 등을 통해 확인 ② 설비의 각 이음새 부분에서 공기가 누설여부의 적정성 ▶ 스모크테스트 등을 활용하여 확인 ③ 화재·폭방 방지조치의 적정 ▶ 방산구 설치 및 구조 확인 ▶ 필터재질 선정 또는 제전방지조치 확인 ▶ 방폭구조전기기계기구 사용, 주변 소화설비 비치 상태 등의 확인 ④ 산업재해를 예방조치 적정성 ▶ 추락방지조치 확인 ▶ 전기기계기구 접지 등 감전조치 확인 ▶ 안전보건표지판 설치 및 위치 확인 ⑤ 근로자 건강관리의 적정성 ▶ 작업환경측정 계획 또는 결과 확인 ▶ 특수건강진단(배치전 등) 실시 확인 ▶ MSDS 비치·교육 등 확인	밀폐설비, 환기장치에 대한 확인심사 기준의 간소화 및 명확화 ※ 기존 심사기준에서 계획서 심사 기준과 확인심사기준을 분리

구 분	현 행	변경안	비 고
국소배기장치		5-2. 국소배기장치 설치의 적정성 ▶ 설치계획서와의 일치 여부 ▶ 작업장 주변상황과 배기성능의 영향 [별첨1] 국소배기장치 설치상태 확인요령 참조 5-3. 후드 제어풍속의 적정성 ▶ 스모크테스트 기류흐름 확인 ▶ 열선풍속계 측정 확인 [별첨2] 국소배기장치 제어풍속 확인요령 참조	국소배기장치에 대한 확인심사 기준 신설
전체환기장치		5-4. 전체환기장치 설치의 적정성 ▶ 설치계획서와의 일치 여부 ▶ 급기구 및 배기구 위치의 적정성 ▶ 작업장 주변상황과 급·배기성능의 영향 [별첨3] 전체환기장치 설치상태 확인요령 참조 5-5. 급기량 및 배기량의 적정성 ▶ 스모크테스트 기류흐름 확인 ▶ 열선풍속계 측정 확인 [별첨4] 전체환기장치 급·배기량 확인요령 참조	전체환기장치에 대한 확인심사 기준 신설
밀폐설비		5-6. 밀폐설비 설치의 적정성 ▶ 설치계획서와의 일치 여부 ▶ 작업장 작업상황의 영향 여부 [별첨5] 밀폐설비 설치상태 확인요령 참조 5-7. 음압의 적정성 ▶ 밀폐시, 개방시 음압유지 여부 확인 ▶ 인버터 작동 및 운영방법 확인	밀폐설비에 대한 확인심사 기준 신설

[별첨1] 국소배기장치 설치상태 확인요령

- ① 기 제출된 계획서의 계통도와 현장 설치 레이아웃을 비교하여 심사
- ② 설치된 후드가 유해물질에 대해 누락되어 있지 않는지를 확인
- ③ 크레인 운전 등 주변 작업상황 등이 설치된 국소배기장치의 사용 중 파손 등 악영향을 주지 않는지를 확인
- ④ 유입되는 외부공기에 의해 국소배기장치가 성능 등이 영향을 받지 않는지를 확인

[별첨2] 국소배기장치 제어풍속 확인요령

- ① 유해물질 발생원에서 연기를 발생시켜 후드로 흡인되는 기류의 흐름으로 유해물질이 모두 후드로 제거되는지 시각적으로 확인(스모크테스트)
- ② 열선풍속계 등의 풍속 측정장비를 활용하여 유해물질 발생원이나 후드 개구면에서 제어풍속을 측정하고 법정 제어풍속과 비교하여 후드 제어성능의 적정여부 판단

※ 제어풍속 측정방법

구분	발생원에서 측정	후드 총배풍량을 측정하여 역산
측정방법	- 포위식후드 : 후드 개구면을 등간격으로 분할하여 해당 지점의 풍속을 측정 - 외부식후드 : 유해물질 발생원에서 후드방향으로 흡인되는 풍속을 측정	- 후드개구면 풍속 측정 : 후드 개구면을 등간격으로 나눈 후 각 지점의 풍속을 측정하고, 평균풍속과 개구면 면적으로 후드 배풍량을 산출한 후 이를 배풍량 산정식에 대입하여 후드 제어풍속으로 역산 - 덕트 이송속도 측정 : 후드에 가장 가까이 연결된 덕트의 이송속도를 측정 후 풍량을 산출하고, 산출된 풍량을 해당후드에 적용하여 해당 후드의 제어풍속을 역산

[별첨3] 전체환기장치 설치상태 확인요령

- ① 기 제출된 계획서의 계통도와 현장 설치 레이아웃을 비교하여 심사
- ② 주변 작업상황 등이 설치된 전체환기장치의 사용 중 파손, 성능저하 등 부정적 영향을 줄 가능성이 없는지를 확인
- ③ 급기구 주변상황, 배기구 주변상황 등에 의해 급기공기 또는 배기공기가 부정적인 영향을 받거나 주지 않는지를 확인

[별첨4] 전채환기장치 급기량 및 배기량 확인요령

- ① 모든 유해물질 발생원에서 연기를 발생시켜 배기구 방향으로 작업장내 유해물질을 포함한 공기가 원활한 흐름을 유지하고 있는지 시각적으로 확인(스모크테스트, 연막발생기 사용)
- ② 열선풍속계 등의 풍속 측정장비를 활용하여 급기팬 공기유입구와 배기팬 배기구의 개구면 풍속이나 덕트점검구 이송속도와 면적을 측정하여 급기량 및 배풍량을 구하여 최초 설계 급기량과 배기량의 적정성 판단

※ 급기량 및 배풍량 측정방법

㉠ 급기 또는 배기구 개구면 풍속 측정

급기팬의 공기유입구나 배기팬의 최종배기(또는 배기구 입구)의 개구면을 등간격으로 나눈 후 각 지점의 풍속을 측정하고, 평균풍속과 개구면 면적으로 급기량 및 배기량 산정

㉡ 덕트 점검구 이송속도 측정

급기팬 또는 배기팬 후단 등에 연결된 덕트의 점검구 지점에서 이송속도를 측정 후 풍량을 산출

[별첨5] 밀폐설비 설치상태 확인요령

- ① 기 제출된 계획서의 계통도와 현장 설치 레이아웃을 비교하여 심사
- ② 주변 작업상황 등이 설치된 밀폐설비의 사용 중 파손, 성능저하 등 부정적 영향을 줄 가능성이 없는지를 확인

7. “제어풍속”에 대한 검토

제어풍속에 대한 문제는 아주 오래된 문제로서, 본 연구팀이 2010년 공단 연구과제로 “국소배기장치 후드의 제어풍속 적합성 연구”를 수행하여 결론적으로 제어풍속 일변도의 정책으로는 효과적인 국소배기장치 운영을 하기 어렵다는 결론에 도달하였음

제어풍속과 노출농도와의 상관성도 별로 없다는 결론에 도달했으며, 개방조/밀폐형 후드 등에 제어풍속을 적용할 수 없음을 주장했음

그럼에도 불구하고, 유해위험방지계획서 심사제도에 까지 “제어풍속”만이 유일무이한 법적인 효력을 발휘하는 척도가 되어 유해위험방지계획서 심사에 걸림돌이 되고 있음

제어풍속 개념은 처음 미국에서 출발되었으나, 일본에서 이를 융통성 없이 받아들여 법제화시켰다가 문제가 생기자 특례조항을 두어 제어풍속 일변도 정책을 수정한 바 있으나, 우리나라는 여전히 법적인 효력을 가질 수 있는 유일한 척도로 “제어풍속”을 사용하다보니 여러 가지 문제를 야기 시키고 있음

따라서, 이 연구를 통한 제도개선의 일환으로 “제어풍속” 관련 정책의 변화가 필수적임

만약 이 제도에 대한 변화를 주지 못한다면 세부적인 국소배기장치 설계기술 가이드라인 개발은 허사가 될 수밖에 없음

유해위험방지계획서 심사과정에서도 문제가 되지만 확인검사 때에도 동일한 문제를 발생시킬 수 있음

따라서, 기존의 제어풍속 기준으로 그대로 두고, 특례조항을 두어서 지역시료 측정 또는 기류검사를 통하여 큰 문제가 없다고 판단되면 제어풍속을 지키지 못했더라도 문제를 삼지 말아야 할 것으로 생각함

IV. 전체환기장치 및 밀폐설비의 가동현황 실태조사

1. A 도장시설

중공업계열 보일러 부품 도장시설(폭 80m, 높이 9.2m)의 유해위험방지계획서
심사를 마쳤던 시설임



[그림 2-1] A 도장시설 현장



[그림 2-2] A 도장시설 내부

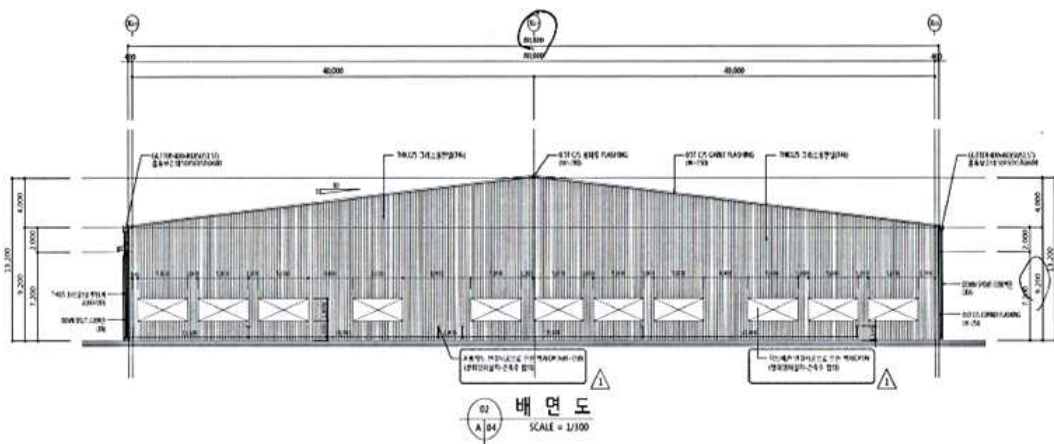


[그림 2-3] A 도장시설 집진시설

방지계획서 환기설비 설계부분에는 배풍량을 아래와 같이 계산하였음

$$\begin{aligned}
 Q &= 100\text{cfm/ft}^2 \text{ of cross-section area} \\
 &= 15.2\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2 \times 80\text{m} \times 6\text{m} \\
 &= 7,296\text{m}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

언뜻 보기에는 미국 산업환기매뉴얼의 설계기준을 잘 준수하고 있는 것으로 보임. 그러나 아래 도면에서 보는 바와 같이 도장작업장의 높이가 9.2m임에도 불구하고, 작업기적을 높이 6m로 환산하여 설계함으로써 배풍량을 의도적으로 작게 가져갔음



[그림 2-4] A 도장시설 배면도

위의 사진에서 보듯이 피도장물체의 높이가 4m에 달하는데도 불구하고 작업기적의 높이를 6m로 잡아서 설계한다는 것은 명백한 오류로 보임

공기교환율은 작업장체적(80mx16mx9.2m)와 7,300m³/min을 고려하면 37회/시간이 나옴. 현재 도장부스를 “전체환기”로 분류하여 공기교환율을 10-15회/시간으로 설계하는 것에 비하면 상당히 많은 배풍량이라고 판단됨

급기에 대한 고려가 전혀 되어 있지 않았음. 도장 작업 시에 출입문을 약간 열고 작업하거나, 문 틈새로 공기가 유입되고 있었음

이 도장부스 산업보건측면에서 상당히 잘 하고 있는 기업이었음에도 불구하고 미국 산업환기매뉴얼의 설계기준을 만족시키지 못하고 있음. 이 기업의 HSE담당자 말을 빌리면 이 정도 배풍량이면 근로자를 보호하는데 충분하다고 생각하지만 안전보건공단에서 우리나라 실정에 맞는 도장부스의 설계기준에 대한 납득할 만한 현장검증자료를 마련해 줄 것을 바라고 있었음

2. B 도장시설

Rotor 도장설비로 설계 근거는 아래와 같음

$$\text{통과단면적(A)} = 20,000\text{mm(W)} \times 6,000\text{mm(H)} = 120 \text{ m}^3$$

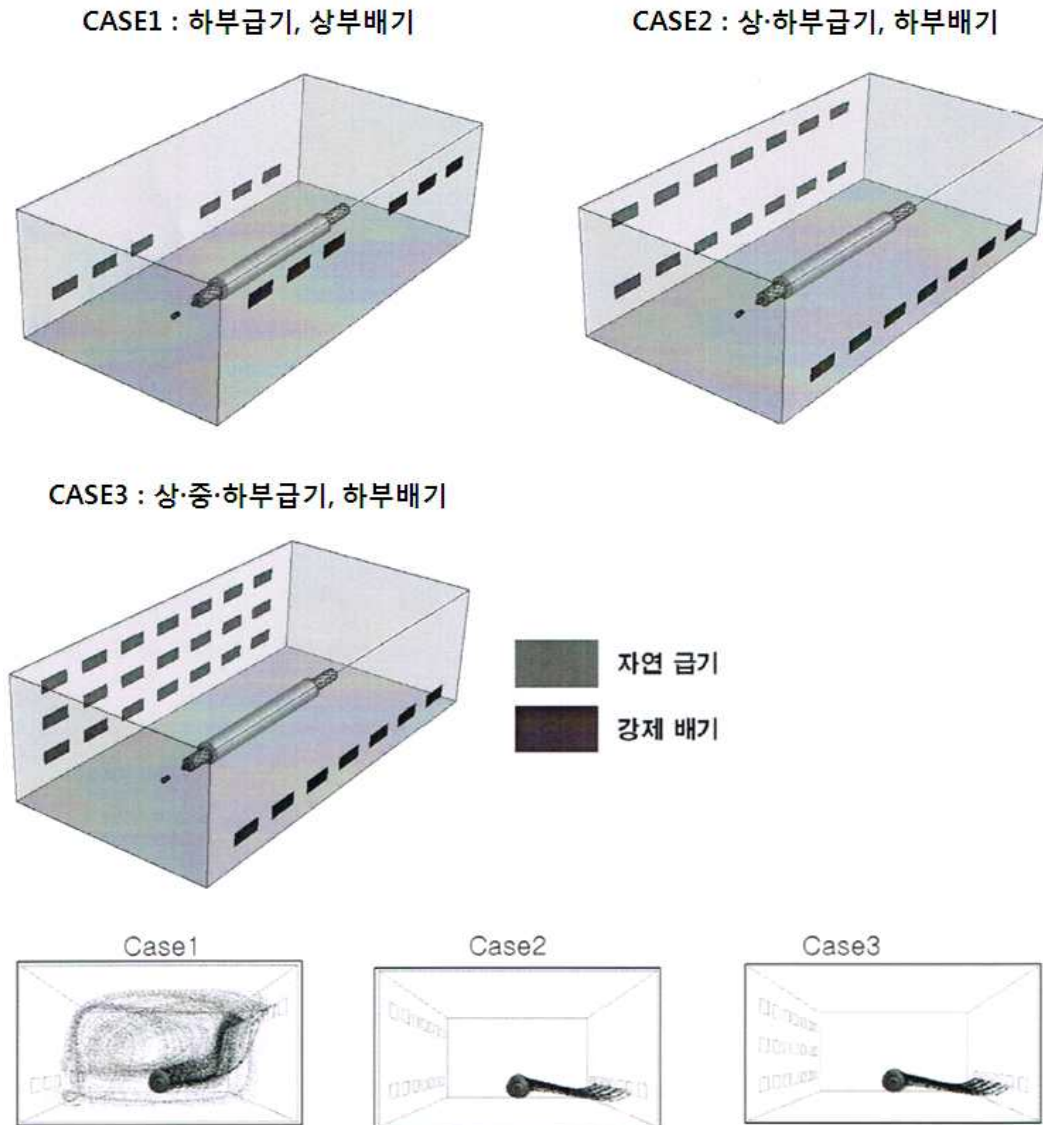
$$\text{포착속도(V)} = 0.08 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{배출가스량} &= \text{통과단면적(A)} \times \text{포착속도(V)} \\ &= 120\text{m}^3 \times 0.08\text{m/s} \times 60 \text{ s/min} \\ &= 576 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned}$$

여유율을 고려하여 600m³/min으로 설계함

공기교환율로 계산하면 대략 30회/시간이 나옴

미국 산업환기매뉴얼에 제시된 0.5m/s에 비해 턱없이 부족한 “0.08m/s”를 사용했지만 아래와 같이 급배기구의 위치에 따른 오염물질 제어효과를 전산유체역학 시뮬레이션으로 그 성능을 평가하였음



[그림 2-5] 전산유체역학 시뮬레이션 결과

이 부분에 대해서도 현장담당자는 안전보건공단의 설득력 있는 현장연구결과
의 필요성을 강조하였음

유사 도장시설의 경우 공기교환율 10-15회/시간 기준을 적용하는 경우가 거의 대부분임에도 불구하고 나름대로 합리적인 유해위험방지계획서 준비를 한 것으로 판단되나, 추가적인 연구에 의한 충분한 검토가 이루어져야 될 것으로 판단됨

만약 안전보건공단에서 명확한 근거 없이 미국 기준 준수를 요구할 경우 초대형 도장부스에는 어마어마한 배풍량이 필요하기 때문에, 이에 따르는 공기정화장치 비용을 생각해 볼 때 내부적인 철저한 검토가 필요할 것으로 판단됨

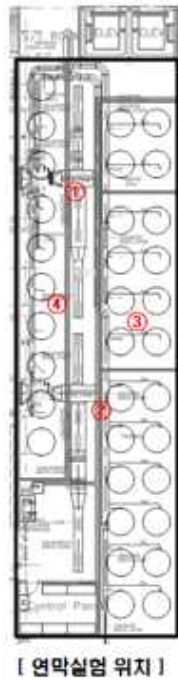
3. C 약품저장실

약품저장탱크가 설치된 곳의 전체환기설비 가동실태를 조사한 결과 설계는 아래 그림에 보인 바와 같이 공기교환율 10회/시간으로 맞추어 송풍기를 설치했고, 내부에 덕트라인을 깔아서 골고루 내부 공기를 흡인하려고 설계했으나, 측정자료에서 보듯이 송풍기에서 멀어질수록 풍량이 많이 줄어들고 있음을 알 수 있음



[그림 2-6] C 약품저장실 배치도 및 현장

현장에서 연막실험을 해본 결과 내부로 유출시킨 연기가 거의 움직임이 없는 것으로 확인되었음

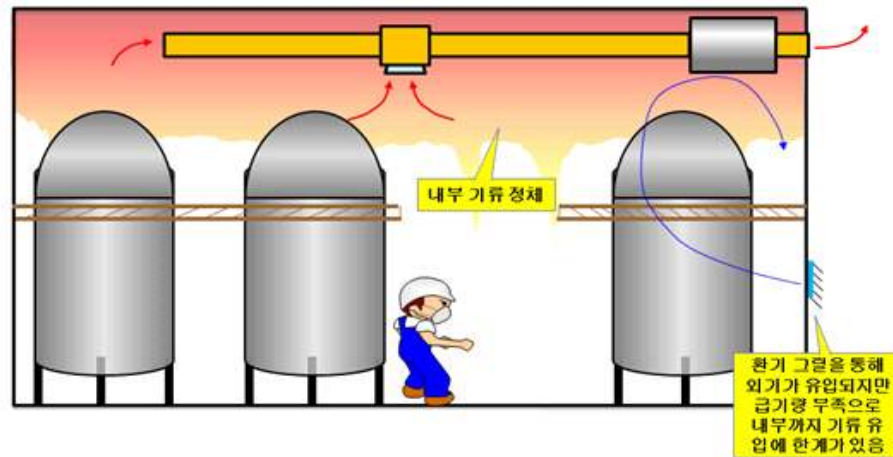


▪ 연막 실험결과 전체배기후드 근처에서 어느 정도 배기되나 대부분 구역에서 가류가 정체되는 것으로 나타남



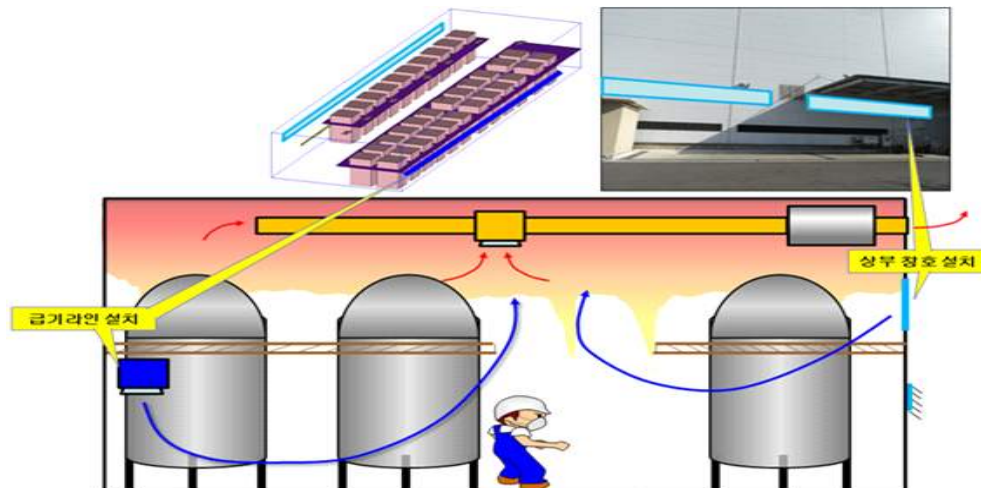
[그림 2-7] C 약품저장실 연막실험 결과

그 원인으로서는 아래 그림에 보인 바와 같이 급기가 충분히 이루어지지 않아 충분하게 환기시킨다는 것을 불가능하다고 판단됨



[그림 2-8] C 약품저장실 문제점 모식도

이러한 정체현상을 없애기 위해서 안쪽 부분에 기계 급기장치를 설치하고 공장 외벽의 윗부분에 통풍이 잘되는 환기창을 신설해야만 될 것으로 판단됨



[그림 2-9] C 약품저장실 개선방안 모식도

위의 예에서 보인 것과 같이 단순히 공기교환율로 설계해온 유해위험방지계획서를 공기교환율만 확인할 경우 상당히 심각한 문제가 발생할 수 있기 때문에 철저한 검토가 필요하고, 전체환기 특히 자연환기에 대한 심층적 교육이 필요할 것으로 판단됨

4. D 알루미늄 주물제조업체

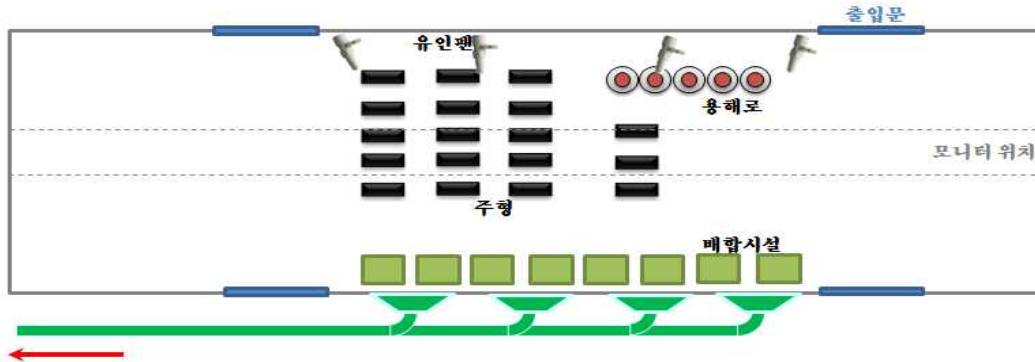
아래 사진에 보인바와 같이 이 업체는 알루미늄 주조업체로서 대기환경보전법의 주물사 사용시설에 해당되어 기존에 없던 산업환기시설을 신설해야 되어서 유해위험방지계획서를 작성하게 되었던 곳임



[그림 2-10] D 알루미늄 주물제조업체 현장

왼쪽 편 천정 주변에는 대형 주차장에 주로 사용하는 소형 제트팬을 설치하고 오른쪽 벽면에 배기 후드를 설치하여 배기하고 있었음. 배풍량은 900CMM으로 공기교환율로 환산하면 10회/시간 정도임

왼쪽 편에는 알루미늄 용해로가 있어 첨가제 투입으로 인한 악취가 많이 발생하고 있었고, 오른쪽 초록색으로 된 주물사 배합시설에서도 작업 시 분진이 다량 발생되었으며 공장中间的 조형작업에서도 간간히 분진이 발생되고 있었음



[그림 2-11] D 알루미늄 주물제조업체 배면도

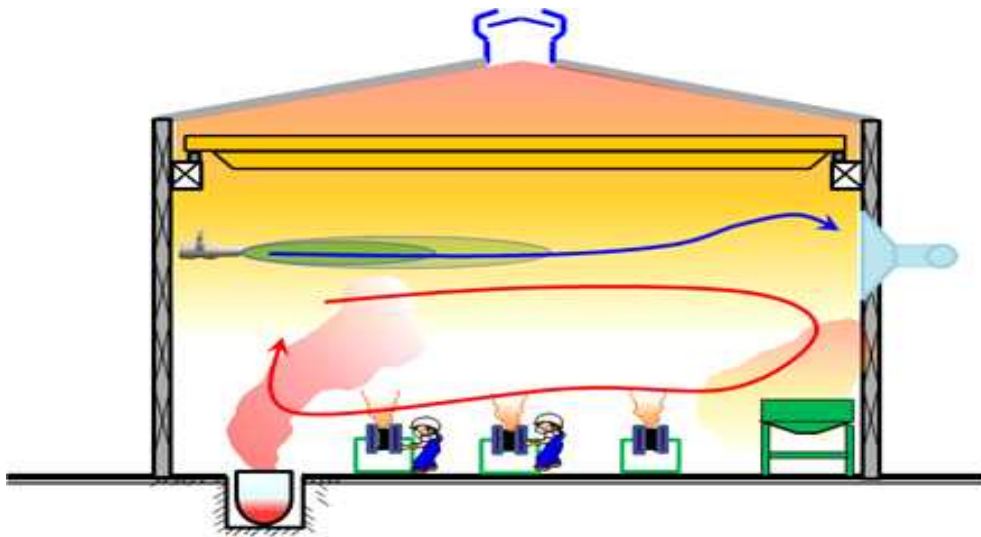
외부 창문은 열려있었고, 출입문도 방문팀이 갔을 때 열고 작업하고 있었음



[그림 2-12] D 알루미늄 주물제조업체 현장 외부

연막발생기로 연기를 피워 기류가 어디로 가는지 관찰하려고 하자 모든 출입문과 창문을 닫았음

연막실험 결과 아래 모식도에 보인바와 같이 제트팬과 배기후드의 영향력은 공장 상부에만 미치고 있었고, 실제로 작업자들이 분진에 노출되고 있는 바닥면에는 전혀 기류가 도달하지 못함을 알 수 있었음



[그림 2-13] D 알루미늄 주물제조업체 연막실험 결과 모식도

이렇게 설계될 수밖에 없었던 이유를 물어봤더니, 관할 지자체 환경담당자가 용해로와 주물사 배합시설에 국소배기를 할 경우 조형작업하는 곳에서 발생하는 분진을 제어할 수 없기 때문에 건옥형식으로 설계할 것을 주문했음. 건옥으로 제대로 설계할 경우 1,500CMM의 배풍량이 필요하기 때문에 아주 애매한 환기설비를 설치할 수밖에 없었다고 불만을 토로하고 있었음

5. D 주물제조업체

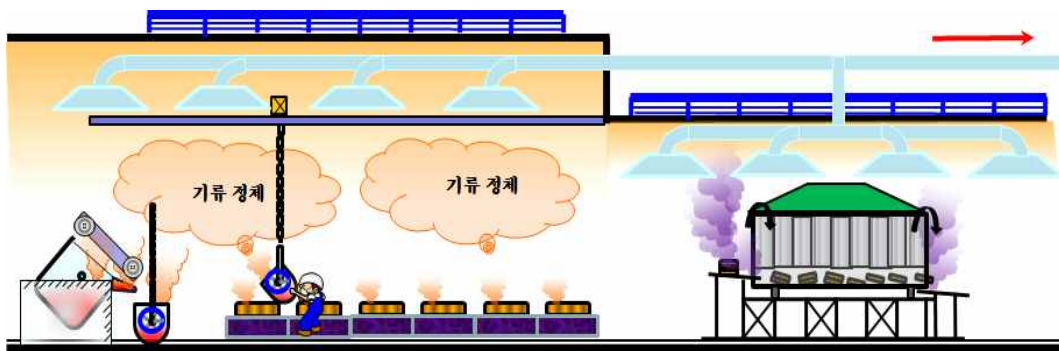
이 업체는 주물제조업체로서 아래 사진에 보는 바와 같이 용해로와 주입/해체/탈사 공정이 같은 작업장에서 이루어지고 있었으며, 주물사 사용시설에 대한 유해위험방지계획서를 제출하여 확인검사를 받고 작업하고 있는 업체였음



[그림 2-14] D 주물제조업체

이 작업장도 공기교환율 10회/시간을 적용하여 450CMM의 배풍량으로 운전하고 있었음

아래 모식도에 보인 바와 같이 배기후드가 있어도 연기를 피웠을 때 연기가 빨리 들어가는 모습을 보기가 힘들었으며, 단지 노출농도를 낮추는데 조금 도움이 되겠다 정도의 상태를 보여주고 있었음



[그림 2-15] D 주물제조업체 문제점 모식도

“공기교환율 10-15회/시간”이라는 기준으로 심사할 경우 향후 많은 문제가 발생될 것으로 판단되므로 이에 대한 면밀한 분석이 필요하다고 판단됨

6. E 산세공정(밀폐설비)

모 전자공장의 대표적인 밀폐공정인 산세공정은 아래 사진에서 보는 바와 같이 컨베이어 출입구를 제외하고 거의 전부 밀폐되어 있는 공정임



[그림 2-16] 산세 Tank 밀폐 상태 모습

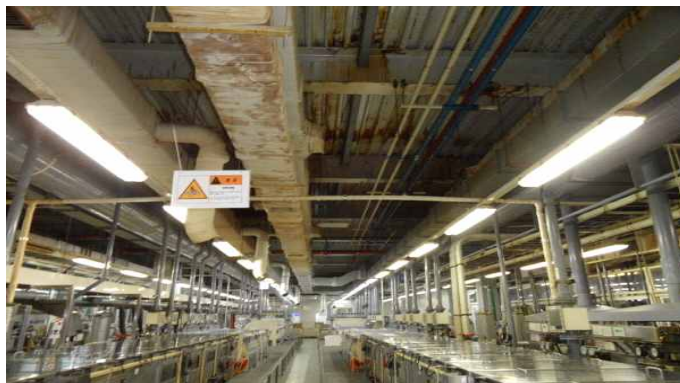
따라서, 이 공정에 대해서 유해위험방지계획서 심사를 할 때 출입구에서의 제어풍속을 일단 만족시켜야 하고, 밀폐설비 내부에서 발생하는 부가적인 유량은 밖으로 나올 수밖에 없기 때문에 그 부가적인 유량도 출입구의 배풍량에 포함시켜야 하고, 단지 평상시에는 충분한 음압만 걸어주면 됨

그러나, PM작업 시 상당히 오염물질이 작업장으로 누출될 수 있음. 아래 사진에서 알 수 있듯이 공정위의 거의 대부분이 개방된 상태로 PM작업을 하면 오염물질이 공장내부로 유출되는 것은 당연함



[그림 2-17] PM작업 시 덮개 개방모습

그리하여 아래 사진에 보이는 것처럼 공장 천정 부분에 심한 부식이 일어날 뿐만 아니라 그 근처에서 일하는 근로자들의 건강에 악영향을 줄 수밖에 없음



[그림 2-18] 천장 및 구조물 부식 모습

따라서, 이 부분에 대한 심사기준을 검토하여 철저한 심사가 이루어질 수 있도록 하여야 함

V. 산업환기시스템 설계심사 가이드라인

1. 도장부스	83
2. 건조설비	102
3. 실험실 후드	106
4. 세척·도금조(개방조) 후드	113
5. Push-Pull 후드	118
6. 용해로 국소배기장치	119
7. 주조공장 건옥집진설비	132
8. 원료저장·보관시설 환기장치	143
9. 투입공정 환기장치	147
10. 연마공정 환기장치	156
11. 용접공정 환기장치	161

1. 도장부스 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

후드형태	포위식 후드(소형)	포위식 후드(대형)	Water-Wall 후드	자동차 도장부스
적용작업장소	일반도장	선박, 항공기 등 대형구조물 도장	일반도장	차체 도장

2. 후드형태별 특성

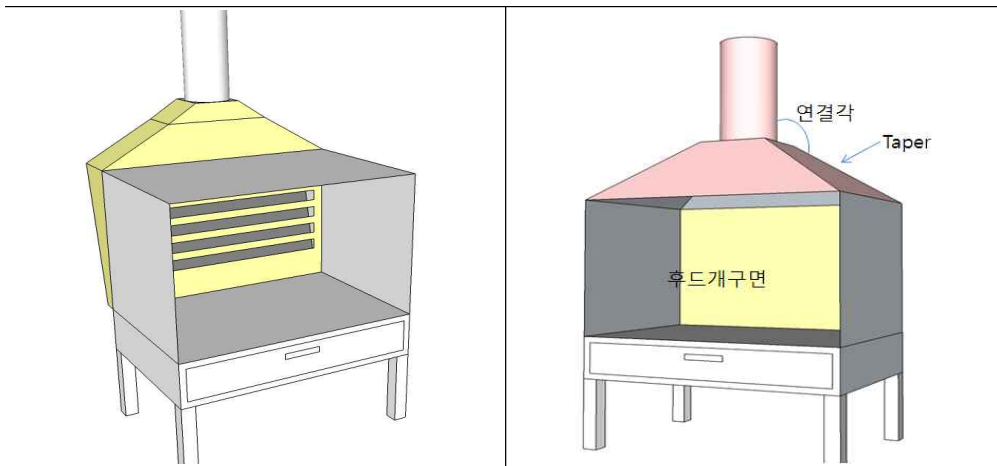
후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
포위식 후드_소형 (소형도장 부스)	- 작업자가 후드 외부(후드입구)에 위치하여 작업(건식도장, 습식도장)함으로써 유해물질이 작업자에게 노출되기 전에 직접 포집→유해물질 노출 최소화 - 후드 제어풍속은 외부기류(방해기류) 영향 최소화 - 주로 탁자나 작업벤치를 후드 내부에 설치하여 피도체를 올려놓고 도장 - 피도체의 구조, 형태에 따라 도장작업에 제약을 받을 수 있음
포위식 후드_중형 (중형도장 부스)	- 작업자가 후드(부스) 내부에 들어가서 정해진 위치에서 분무(Spray)방식의 도장작업(습식도장) 수행 - 후드 구조는 접이식 또는 간이구조물 등으로 제작 - 후드 내부는 행거 또는 텐테이블 등을 설치하여 도장 - 환기방식은 일반적으로 작업자 기준으로 후면급기-전면배기 방식 또는 상부급기-전면배기 방식 채택. 단, 급기는 강제급기 또는 자연급기 방법 채택 - 작업자의 작업형태, 위치에 따라 유해물질의 노출량에 영향을 받음 - 후드 입구 전처리필터 설치 및 주기적인 교체 필요
Water-Wall 후드 (수조형 부스)	- 중형도장부스와 유사한 형태이며 후드 입구에 물이 흐름으로써 유해물질을 정화 (세정집진 방식) - 주로 행거 등을 이용하여 피도체에 분무도장 작업 수행 - 환기방식은 작업자기준으로 후면·측면·상부급기-하부배기 방식 채택 - 작업자의 작업형태, 위치에 따라 유해물질의 노출량에 영향을 받음 - 폐수처리를 위한 유지관리비용 증가
포위식 후드_대형 (대형도장 부스)	- 대형구조물(단위공정) 내에서 주로 작업자가 피도체 주위를 이동하면서 분무 또는 터치(붓)방식의 도장작업 수행(작업 이동성) - 작업장(건물내) 전체가 도장부스로 간주되어 전체환기장치라고도 함 - 급기는 주로 상부(공조급기, 강제급기) 또는 출입문 등에서 자연급기되며, 배기는 측면하부 또는 출입구 반대편 전면배기 채택 - 작업자는 유해물질에 상시 노출되어 있어 방독면 등 보호구 착용이 필요 - 작업형태, 작업위치, 외부기류 영향에 따라 유해물질 노출량 좌우
자동차 도장부스	- 차체도장 전용의 구조물을 설치하여 차체 분무도장 수행 - 상부강제급기-하부배기방식의 국소배기방식이나 전체환기장치로 간주 - 작업자는 유해물질에 상시 노출되어 있어 방독면 등 보호구 착용이 필요

1. 도장부스 (2)

3. 표준설계방안 및 설계인자

① 소형도장부스

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
제어풍속	- 습식도장(분무도장) : 0.4m/s 이상 - 건식도장(분체도장) : 0.7m/s 이상
제어풍속 기준점(위치)	후드 개구면
후드개구면 너비	피도체 크기를 고려하되 최소한 작게
덕트와 후드 연결부 (갓모양, Taper)	연결각 45도 이상 유지
덕트 유입풍속	5~10m/s

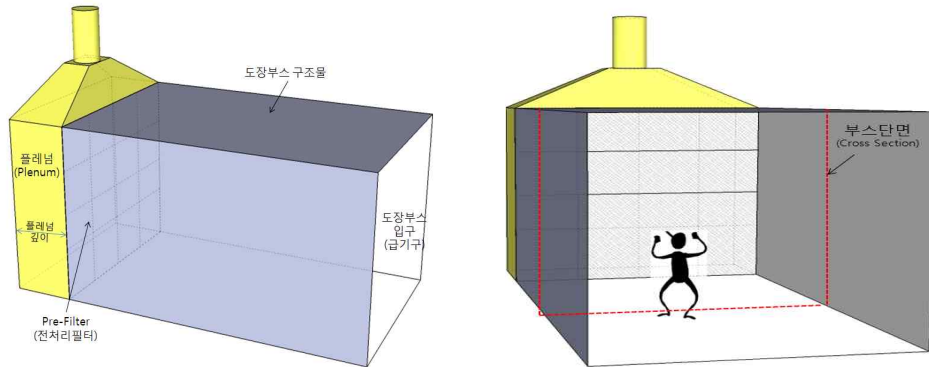
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 도장작업량이 많을 경우 덕트 또는 공기정화장치 여과재 막힘을 방지하기 위해 후드 입구 전단에 Pre-Filter 설치 사용 권장
- 스프레이건을 사용할 경우 가급적 후드 내부에 위치시켜 사용
- 피도체의 도장작업 특성에 따라 후드 내부에 턴테이블 등 설치 사용

1. 도장부스 (3)

㉑ 중형도장부스

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
제어풍속	0.4m/s 이상(습식도장) 단, 도장부스 깊이가 작은 경우는 0.5m/s 이상 권장
제어풍속 기준점(위치)	작업자 위치 부스단면 (Booth Cross Section)
후드유입손실	전처리필터에 의한 압력손실을 고려하여 설계
부스 구조물크기	피도체 크기, 작업범위 등을 고려하되 최소한 작게
플레넘(Plenum) 깊이	- 압력이 배기구에 전체적으로 균일하게 작용하도록 해주는 일종의 압력충만실(부스내 균일풍속 목적) - 깊이: 플레넘에 연결된 덕트 직경의 1.75배 이상 또는 (덕트직경+0.15m)
덕트 유입풍속	5~10m/s

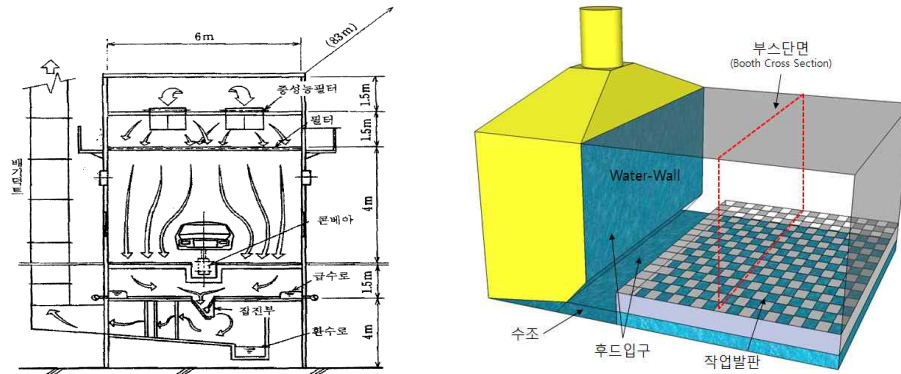
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 작업자는 작업 시 부스내 흡인기류 방향을 측면으로 하여 작업(턴테이블 등 사용)
- Pre-Filter의 막힘여부에 따라 후드 제어풍속 성능 좌우(차압계 설치, 주기적 교체 필요)

1. 도장부스 (4)

③ Water-Wash Booth(수조형 부스)

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
제어풍속	0.4m/s 이상 단, 수동도장인 경우는 0.5m/s 이상 권장
제어풍속 기준점(위치)	작업자 위치 부스단면 (Booth Cross Section)
후드유입손실	수벽(Water-Wall)에 의한 압력손실을 고려하여 설계
급기	- 급기량 : 배기량과 동일 - 위치 : 상부 또는 측상부 설치 권장
플레넘(Plenum) 깊이	플레넘에 연결된 덕트 직경의 1.75배 이상 또는 (덕트직경 +0.15m)
부스 구조물크기	피도체 크기, 작업범위 등을 고려하되 최소한 작게
덕트 유입풍속	5~10m/s

◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 제시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 급기류 방향에 따라 작업자의 적절한 위치 선정(기류흐름방향의 측면 작업 권고)

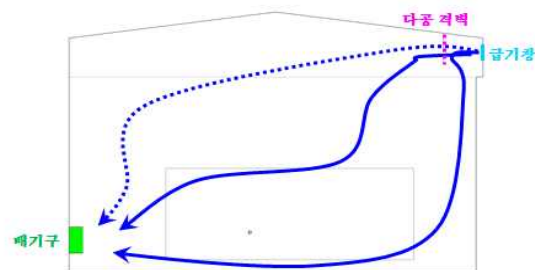
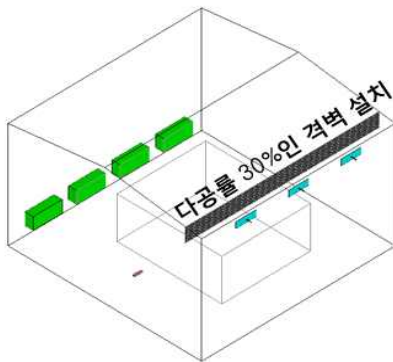
1. 도장부스 (5)

④ 대형도장부스

◎ 모식도



<대형 도장부스 환기방안 및 기류흐름>



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
배기	배기량	환기횟수 15회 ※ 배기량(Q, m ³ /min)=체적×환기횟수×60
	배기유속	후드개구면에서 5m/s 이하
	배치구조	도장체 측면 하단부에 일렬로 배치
급기량	급기량	환기횟수 15회(강제급기 시)
	급기유속	도장체 근처 유속 1m/s 이하로 유지 ※ 급기구 개방면적 설계시 고려
	설치위치	가급적 배기후드 반대편 상부 설치

1. 도장부스 (6)

④ 설계기준_계속

설계 인자	설계 범위
전처리 필터	배기구 입구에 Pre-Filter 설치
격 벽	균일한 급배기 기류를 형성할 수 있도록 급기구 전단에 설치
정압구	후드 후단에 정압구 설치
덕트 이송속도	10m/s 내외로 유지
공기정화방식	활성탄 흡착방식

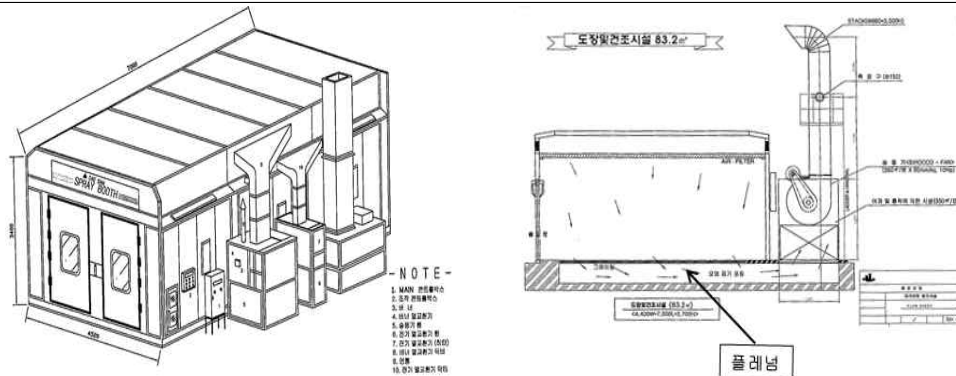
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 배풍량 이상인 경우 적용 가능
- 유입기류의 유속이 빠르면 도장 불량 등 문제가 발생할 수 있기 때문에 루버창(급기구)의 면적을 조절하여 적절한 유입기류를 형성시켜 줘야함(1m/s 이하)

1. 도장부스 (7)

㉑ 자동차도장부스

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
제어풍속		0.4m/s 이상
제어풍속 기준점(위치)		부스바닥으로부터 1.5m 높이+부스 횡단면 전체 ※ 횡단면 : 급기에서 배기방향으로 부스를 자른 단면
급기		- 강제급기의 경우 상부급기 방법 채택 - 자연급기의 경우 측면상부 급기 방법 채택
급기량		배기량과 동일 단, 양압으로 유지해야하는 경우 배기량의 120% 이상
플레넘 깊이	배기	배기구 입구(Grating)로부터 2m 이상 단, 균일류 목적으로 다공판 또는 Pre-Filter 설치한 경우 1m 이상
	급기	급기덕트 직경의 1.75배 이상
부스 구조물크기		피도체 크기, 작업범위 등을 고려하되 최소한 작게
전처리 필터		배기구의 그레이팅에 Pre-Filter 설치 권장
덕트 유입풍속		5~10m/s
차압계		공기정화장치 전단 및 후단연결 차압계 설치

◎ 설계시 유의사항

- 도장부스 내부를 양압으로 유지 시 도장부스의 오염공기가 작업장으로 유출될 수 있기 때문에 주의 요함
- 열처리 방식 : 열풍건조. 단, 적외선 건조방식은 지양

1. 도장부스 (8)

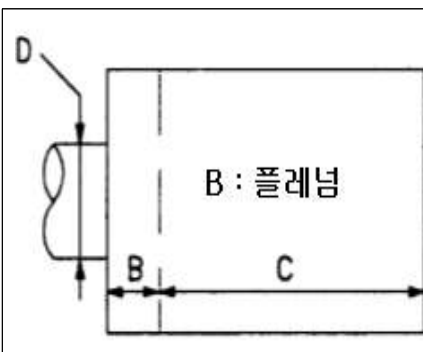
4. 유지관리 기준

- ◆ 후드 입구, 부스 내부에서 스모크테스트 기류흐름 확인 및 제어풍속 측정
 - 스모크테스트 기류흐름 양호 : 유해물질 발생원에서 기류를 발생시킴
 - 16개 지점 이상 측정한 제어풍속의 변동값이 20% 이내일 것
- ◆ 전처리 필터 뒤 정압 측정(설치시) : 최초설치 정압대비 30% 이내일 것
- ◆ 공기정화장치의 필터 차압 측정 : 최초 설치 정압대비 30% 이내일 것
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 방폭구분 : 1종 방폭지역
 - 조명장치 : 후드 내부에 조명장치 설치 시 방폭구조형 조명장치 사용
 - 스위치, 동력기계기구 등은 후드 내부에 설치금지. 부득이한 경우 방폭구조형 설치
- ◆ 공기정화방식 : 흡착방식(A/C필터, A/C 흡착탑) 적용
- ◆ 배풍기는 반드시 공기정화장치 후단에 설치. 단, 방폭형구조는 제외
- ◆ 도장부스 내부에서 근로자가 작업하는 경우 유해물질 노출 최소화를 위해 방독마스크 착용 후 작업 수행
- ◆ 도장원료 배합작업은 부스내부에 실시(작업대활용) 또는 단위작업장소에 별도 후드 설치
- ◆ 화재·폭발 등 안전작업수칙 제정·운영
- ◆ 도장부스 출입구 등에 안전보건표지판 설치 : 방독마스크 착용, 인화성물질 경고 등
- ◆ 도료에 대한 물질안전보건자료 게시, 경고표지 부착, 근로자 교육 실시
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계 기준」에 따름

[참고] 플레넘(Plenum) 설계기준?



- 급기구나 배기구에 플레넘(넓은 공간 : 압력이 배기구에 전체적으로 균일하게 작용하도록 해 주는 일종의 압력충만실)을 충분히 크게 해주어야만 편류에 의한 문제를 해결할 수 있음
- 플레넘 깊이는 플레넘에 연결된 덕트 직경의 0.75배 이상 또는 (덕트직경+0.15m)

[별첨1] 대형도장부스 배풍량 설계 근거자료

대형도장부스 배풍량 설계자료 (1)

◆ 목적 및 필요성

- 대형 도장부스 급배기 조건에 따른 환기효과 예측함
- 도장부스 설계도면에 근거하여 제어체적을 구성하고, 도장부스 설계조건에 따라 배기유량을 적용하였음 (3700 CMM - 환기회수 15회 기준)
- 도장시 도장 노즐에서 80 l/h의 유량으로 톨루엔을 분사한다고 가정(최악의 조건)
- CFD Code: Airpak 3.0.12

◆ 기초 시뮬레이션 자료 (배기구 위치에 따른 환기효과)

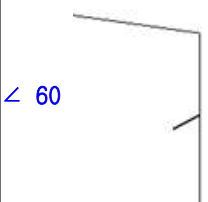
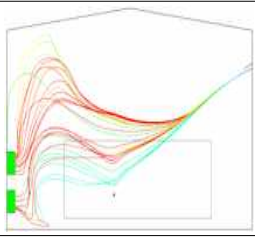
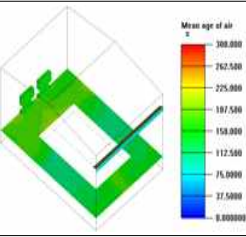
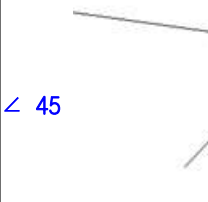
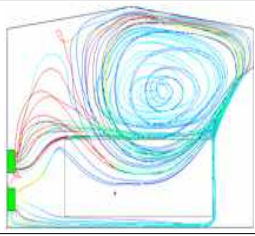
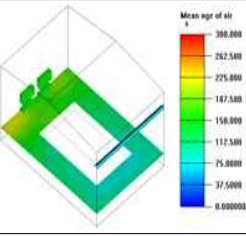
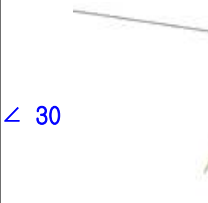
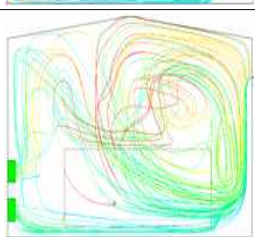
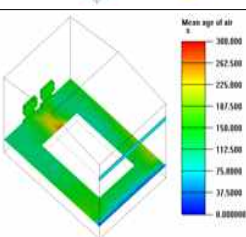
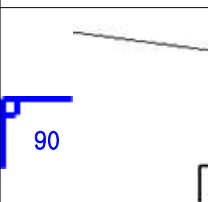
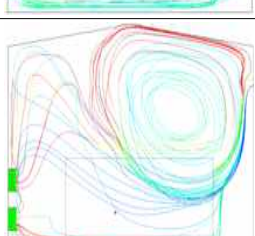
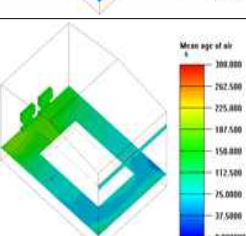
- 대형 도장 부스는 대형 출입문 때문에 급기구를 설치하기 쉽지 않음
- 이런 구조에 대비하여 배기구 반대편 상부(출입문 상부)에 급기구를 설치하는 것이 작업에도 영향을 주지 않고 환기에도 유리할 것으로 판단됨

구 분	제어체적 구분	급기 유입 경로 (ISO)	급기 유입 경로 (측면)
Case 1 평균연령: 160 s 오염물질농도: 3.1 ppm 평균유속: 0.35 m/s			
Case 2 평균연령: 149 s 오염물질농도: 2.4 ppm 평균유속: 0.35 m/s			
Case 3 평균연령: 160 s 오염물질농도: 3.0 ppm 평균유속: 0.35 m/s			

대형도장부스 배풍량 설계자료 (2)

◆ 기초 시뮬레이션 자료 (격벽 혹은 가이드베인 설치 효과)

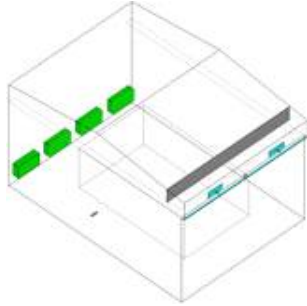
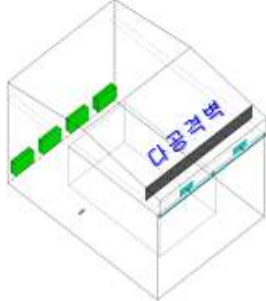
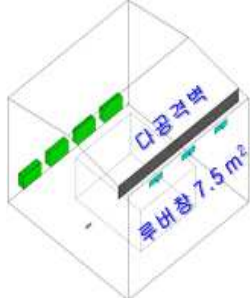
- 상부에 급기를 설치한 이유 때문에 급기 기류가 도장체를 거치지 않고 지붕을 타고 그대로 배기될 수 있는 단점이 있음
- 따라서 격벽을 설치하되 그 목적은 유입기류의 유속을 최대로 줄이고 작업장내의 기류를 균일화시켜 최대의 환기효과를 유도하기 위해서임

구 분	가이드베인 구분	급기 유입 경로 (ISO)	평균연령
Case 4 평균연령: 152 s 오염물질농도: 2.5 ppm	 $\angle 60$		
Case 5 평균연령: 150 s 오염물질농도: 1.3 ppm	 $\angle 45$		
Case 6 평균연령: 182 s 오염물질농도: 3.1 ppm	 $\angle 30$		
Case 7 평균연령: 141s 오염물질농도: 1.6 ppm	 90		

대형도장부스 배풍량 설계자료 (3)

◆ 시뮬레이션 경계조건 및 제어체적

- 배기구는 도장체 측면에 위치한 벽 하단에 일렬로 설치하는 것이 바람직하고
- 루버창은 배기구 반대편 상단에 설치하는 것이 바람직하며
- 기류를 균일하게 해주기 위해서는 격벽 설치가 필요하며
- 본 시뮬레이션에서는 격벽의 위치와 형태에 따른 환기효과를 예측하고자 함

구 분	배기량	루버 및 격벽 위치	단일부스작업
루버 (5 m ²) + 격벽	3700 CMM	● 루버 1m * 2.5 m * 2 EA ● 격벽 16m 높이부터 천정까지	
루버 (5 m ²) + 다공 격벽		● 루버 1m * 2.5 m * 2 EA ● 다공 격벽 16m 높이부터 천정까지 (다공률 30%)	
루버 (7.5 m ²) + 다공 격벽		● 루버 1m * 2.5 m * 3 EA ● 다공 격벽 16m 높이부터 천정까지 (다공률 30%)	

대형도장부스 배풍량 설계자료 (4)

◆ 시뮬레이션 결과

- 일반 격벽보다는 다공(30%) 격벽이 환기에 더 유리하다는 것을 알 수 있음
- 유입기류의 유속이 빠르면 도장 불량 등 문제가 발생할 수 있기 때문에 루버창의 면적을 조절하여 적절한 유입기류를 형성시켜 줘야함 (피도장체 근처 1m/s이하를 권장함)

구 분	유속 분포	기류 흐름	Mean age
루버 (5 m²) + 격벽 평균연령: 146 s 오염물질농도: 7.5 ppm 평균유속: 0.45 m/s			
루버 (5 m²) + 다공 격벽 평균연령: 121 s 오염물질농도: 35.0 ppm 평균유속: 0.36 m/s			
루버 (7.5 m²) + 다공 격벽 평균연령: 121 s 오염물질농도: 33.5 ppm 평균유속: 0.30 m/s			

◆ 환기방안 수립

환기방안 (예)	피도장체 근처 유속 분포 (평균 0.3 m/s)

[별첨2] 자동차도장부스 배풍량 설계 근거자료

자동차정비용 도장부스 배풍량 설계자료 (1)

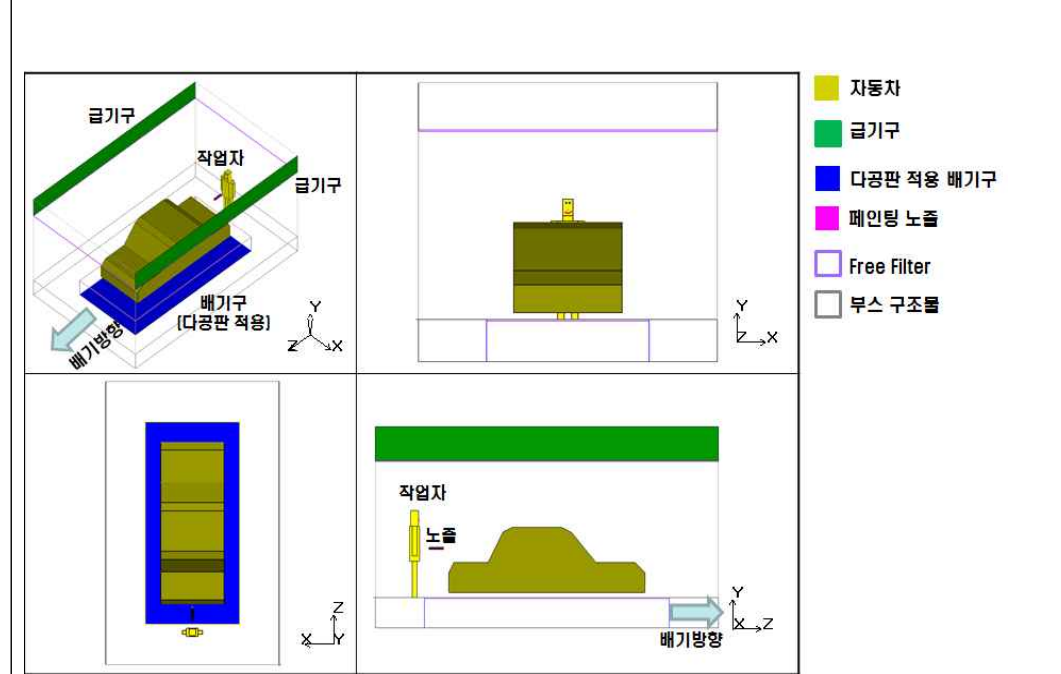
[컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 환기량 설계]

◆ 목적 및 필요성

- 자동차 정비용 도장부스 급배기 조건에 따른 환기효과 예측함
- 도장부스 설계도면에 근거하여 제어체적을 구성하고, 도장부스 설계조건에 따라 급기유량을 적용하였음
- 도장시 1000 ppm의 sulfur Hexafluoride(추적용 오염물질)를 분사한다고 가정
- CFD Code: Airpak 3.0.12

◆ 연구내용

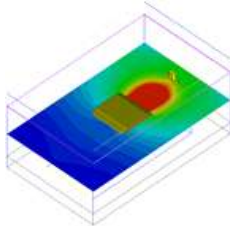
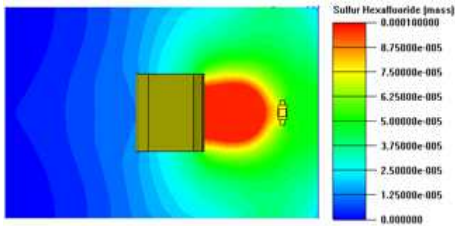
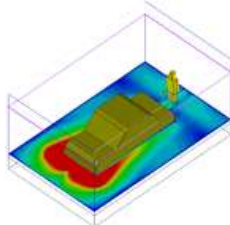
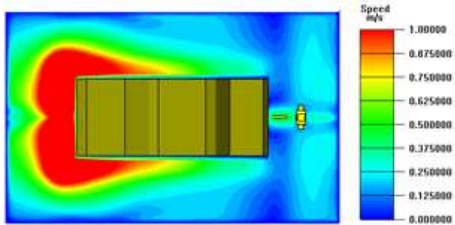
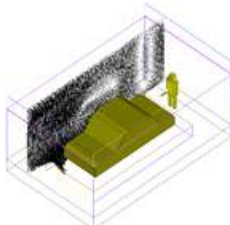
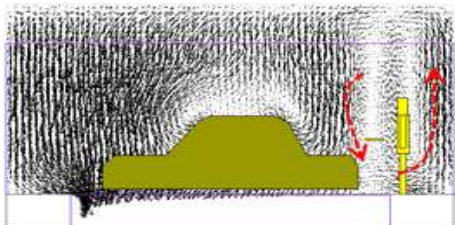
구분	내용	적용 Case
①제어풍속 0.2 m/s (380 CMM)	•배기측 그릴 Free area 50% 적용시 환기효과 예측	Case1
	•배기측 그릴 Free area 20% 적용시 환기효과 예측	Case2
②제어풍속 0.4 m/s (760 CMM)	•배기측 그릴 Free area 50% 적용시 환기효과 예측	Case3
	•배기측 그릴 Free area 20% 적용시 환기효과 예측	Case4



구분	적용 제어풍속	급기량	배기량	배기구 다공판(그릴) 공극율
Case1	0.2 m/s	380 CMM	380 CMM	50 %
Case2	0.2 m/s	380 CMM	380 CMM	20 %
Case3	0.4 m/s	760 CMM	760 CMM	50 %
Case4	0.4 m/s	760 CMM	760 CMM	20 %

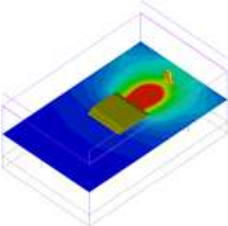
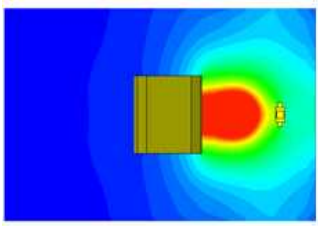
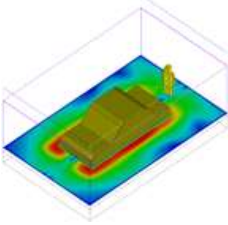
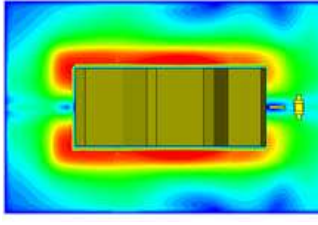
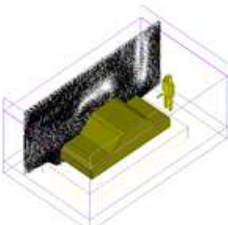
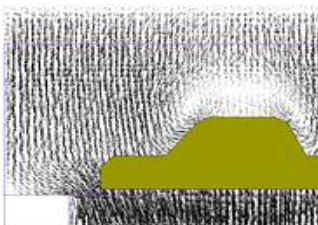
자동차정비용 도장부스 배풍량 설계자료 (3)

◆ Case1 - 제어풍속 0.2 m/s, 배기구 다공율 50%

구분	Cut Plane 위치	분포도	비고
오염물질 분포			- 부스 내부 오염물질 농도 43.1 ppm - 배기덕트가 위치한 반대편 오염물질의 농도가 상대적으로 높음
유속 분포			- 배기덕트 근처에만 하강기류가 형성됨 - 배기 및 급기기류가 균일하지 못함을 설명함
기류			- 평균 체류시간은 24.2 s - 작업자 근처에 와류가 형성됨
비고	- 배기덕트 근처에만 배기되고 반대편에서 작업 시 오염물질이 효과적으로 포집되지 못하고 있음 - 배기의 불균일로 급기도 따라서 배기덕트가 위치한 측으로 집중되는 현상이 발생함 - 기존 환기방식은 배기덕트 근처에서는 환기가 잘 될 수 있지만 반대편에서 작업시 작업자가 오염에 노출될 수 있음		

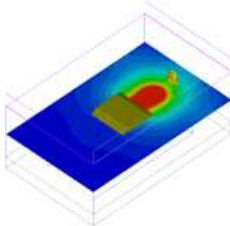
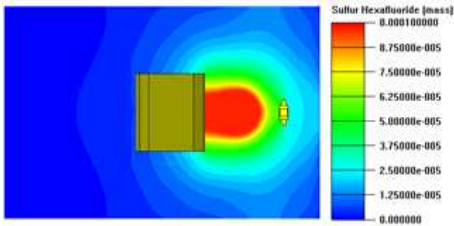
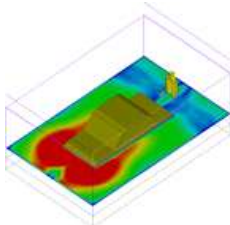
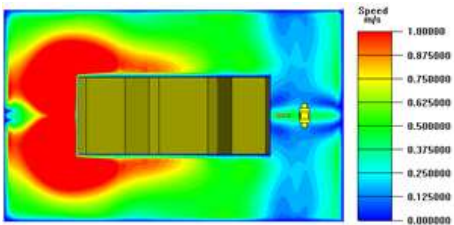
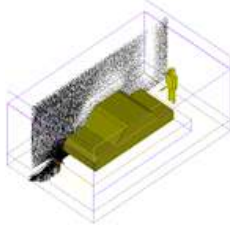
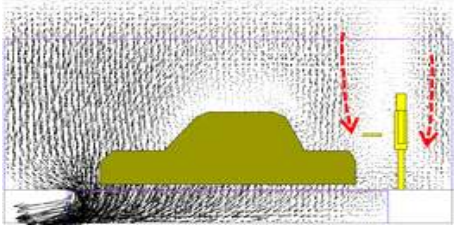
자동차정비용 도장부스 배풍량 설계자료 (4)

◆ Case2 - 제어풍속 0.2 m/s, 배기구 다공율 20%

구분	Cut Plane 위치	분포도	분포도
오염물질 분포			- 부스 내부 오염물질 농도 30.3 ppm - Case 1 보다는 오염물질 농도가 상대적으로 낮아졌지만 작업자의 노출 위험은 여전히 존재함
유속 분포			배기가 균일해짐에 따라, 급기기류도 어느정도 균일해짐
기류			- 평균 체류시간은 16.7 s - 작업자 근처의 하강기류가 조금 미비함
비고	- 배기 기류를 균일하게 하면 급기 기류도 따라서 균일해짐 - 배기유량이 적음에 따라 평균 하강기류(제어풍속)가 0.2m/s로 오염물질을 효과적으로 제어하기에는 부족함		

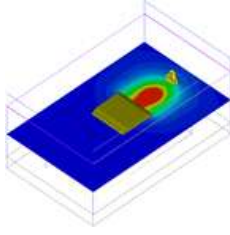
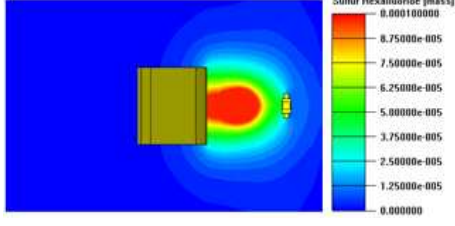
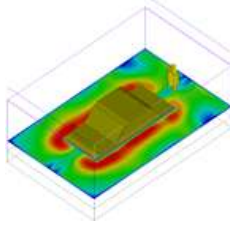
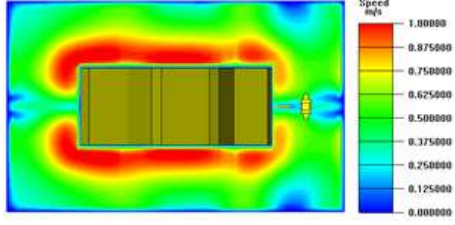
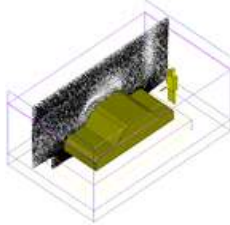
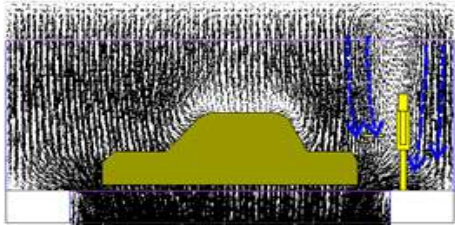
자동차정비용 도장부스 배풍량 설계자료 (5)

◆ Case3 - 제어풍속 0.4 m/s, 배기구 다공율 50%

구분	Cut Plane 위치	분포도	분포도
오염물질 분포			- 부스 내부 오염물질 농도 23.4 ppm - Case 1, 2보다 배기 유량이 2배로 증가함에 따라 환기효과는 좋아짐
유속 분포			- Case 1과 마찬가지로 배기덕트 근처에만 하강 기류가 형성됨 - 급배기 기류가 균일하지 못함
기류			- 평균 체류시간은 10.9 s - 작업자 근처에 하강기류가 형성되는 하지만 미비함
비고	- Case1과 마찬가지로 배기덕트측으로 유량이 집중됨 - 따라서 작업위치에 따라 환기효과가 확연히 차이가 날 것으로 우려됨		

자동차정비용 도장부스 배풍량 설계자료 (6)

◆ Case4 - 제어풍속 0.4 m/s, 배기구 다공율 20%

구분	Cut Plane 위치	분포도	분포도
오 염 물 질 분 포			- 부스 내부 오염물질 농도 14.9 ppm - 작업자 호흡영역 근처의 오염물질 농도는 Case 1,2,3보다 낮아짐
유 속 분 포			배기가 균일해짐에 따라, 급기기류도 어느 정도 균일해짐
기 류			- 평균 체류시간은 7.3 s - 작업자 근처의 하강기류가 형성되고 있어 호흡영역을 보호할 수 있음
비고	- 균일한 기류와 0.4m/s의 제어풍속때문에 환기가 원활하게 이루어지고 있음 - 작업장 내부 오염물질 농도 및 평균 체류시간은 Case 1,2,3에 비해 우수함		

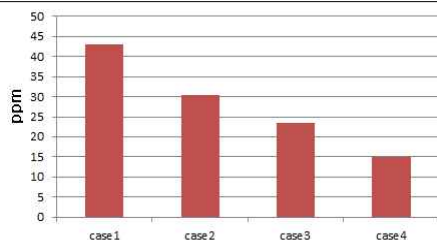
자동차정비용 도장부스 배풍량 설계자료 (7)

◆ 시뮬레이션 결과 종합

- 기류가 양호해도 제어풍속 0.2 m/s으로는 오염물질을 효율적으로 배기하기에는 부족하다는 것을 알 수 있음
- 제어풍속을 0.4m/s으로 설계하더라도 급배기 기류가 불량해도 환기효율이 급격히 저하됨을 알 수 있음
- 제어풍속은 0.4m/s를 만족하되 급배기 기류도 충분히 고려하여 설계해야 한다는 것을 유의해야 함

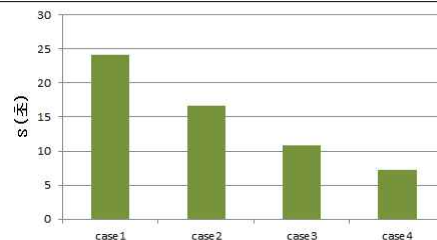
구분	제어풍속	급기량	배기량	공극율	오염물질 분포	비고
Case1	0.2 m/s	380 CMM	380 CMM	50 %		•기류가 배기덕트측으로 집중되는 현상이 발생함 •유량도 부족함
Case2	0.2 m/s	380 CMM	380 CMM	20 %		•기류는 Case1 에 비해 다소 균일하지만 유량이 부족함
Case3	0.4 m/s	760 CMM	760 CMM	50 %		•Case 1과 마찬가지로 배기덕트 근처에만 하강기류가 형성됨
Case4	0.4 m/s	760 CMM	760 CMM	20 %		•균일한 기류와 0.4m/s의 제어풍속때문에 환기가 원활하게 이루어지고 있음

도장부스 내부 오염물질 농도



•Case 4는 기존 설계방식 Case1에 비해 오염물질 저감율이 65%에 달함

도장부스 내부 공기 평균 체류시간



•Case 4는 기존 설계방식 Case1에 비해 공기체류시간이 70% 줄어듬

2. 건조설비 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

후드형태	슬롯후드	캐노피 후드
적용작업장소	대형 건조로 입출구(자동방식)	소형 건조로 입출구(수동방식)

2. 후드형태별 특성

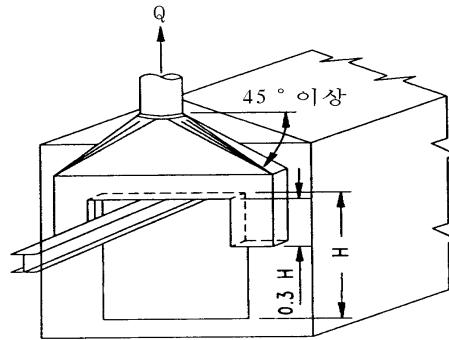
후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
슬롯 후드	- 일반적으로 레일 및 행거를 이용하여 자동으로 운반, 건조되는 대형 건조방식에 적합 - 건조로 입출구의 면적이 큰 곳의 유해물질 제거에 적합 - 외부기류(방해기류)에 의해 후드 제어성능이 좌우
캐노피 후드	- 일반적으로 컨베이어에 의해 제품이 운반되는 소형 건조방식에 적합 - 건조로 입출구 면적이 적은 곳의 유해물질 제거에 적합 - 외부기류(방해기류)에 의한 영향이 크므로 후드 측면에 배플 설치 필요 - 작업특성에 따라 배플 등의 설치에 제약을 받을 수 있음

2. 건조설비 (2)

3. 표준설계방안 및 설계기준

① 슬롯 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
배풍량(Q)		$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \cdot A \cdot V + \text{분당 연소량}(\text{m}^3/\text{min}) \text{의 } 1/2$ V= 제어풍속, A= 후드개구면적(m^2)
제어풍속(V)		1.0m/s 이상
슬롯	크기	슬롯 개구부에서 풍속이 10.0m/s 이상 유지되도록 설계
	하단부 길이	건조로 개구면 높이의 0.3배 이상 되도록 설계
플레넘 크기		플레넘 내부 풍속이 5.0m/s 이상 유지되도록 설계
후드(부스)와 덕트연결부(Tpaer) 각도		후드와 덕트연결부(Tpaer)의 외각이 45도 이상)이 되도록
후드 크기		건조로 입출구 크기와 동일 또는 그 이상으로 설계
덕트 이송속도		10m/s 내외

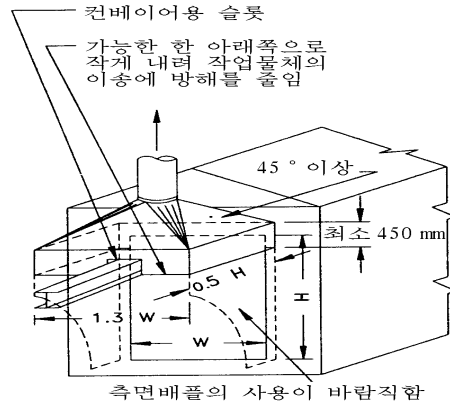
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능

2. 건조설비 (3)

2 캐노피 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
배풍량(Q)		$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \cdot A \cdot V + \text{분당 연소량}(\text{m}^3/\text{min}) \text{의 } 1/2$ $V = \text{제어풍속}, A = \text{후드개구면적}(\text{m}^2)$
제어풍속(V)		건조로 개구면 풍속 1.0m/s 이상 유지
캐노피 크기	길이	건조로 입·출구 높이(H)의 0.5배(=0.5H)
	폭	건조로 입·출구 폭(W)의 1.3배(=1.3W)
후드(부스)와 덕트연결부(Tpaer) 각도		후드와 덕트연결부(Tpaer)의 외각이 45도 이상이 되도록
덕트 이송속도		10m/s 내외

◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 배기량 산출방법은 포위식 후드를 포함한 모든 후드형식에 동일 적용
- 후드 배기성능 향상을 위해 후드 측면에 비닐커튼(불연성) 설치 고려

2. 건조설비 (4)

4. 유지관리 기준

- ◆ 후드 형태별 스모크테스트 기류흐름이 양호(100% 흡인)해야 함
 - 스모크테스트는 건조로 개구부 하단부로부터의 기류흐름 확인
- ◆ 후드 주변 창문, 출입구에서 유입되는 외부기류 등 방해기류 최소화
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 전기설비 : 스위치, 동력기계기구 등은 건조로 내부에 설치금지. 부득이한 경우 방폭 구조형 설치
- ◆ 공기정화방식 : 흡착방식 적용
- ◆ 송풍기는 반드시 공기정화장치 후단에 설치. 단, 방폭형구조는 제외
- ◆ 건조설비 주변 안전보건표지판 설치 : 고온주의, 인화성물질 경고 등
- ◆ 화재·폭발 등 안전작업수칙 제정
- ◆ 건조설비 설계기준은 건조설비의 유해위험방지계획서 심사기준에 따름
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

3. 실험실 후드 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

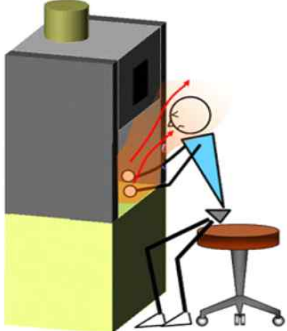
후드형태	Fume Hood(흡 후드)	Glove Box
적용작업장소	시료 연구, 분석 등	소형 건조로 입출구(수동방식)

2. 후드형태별 특성

후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
흡 후드	- 흡(fume)후드는 포위식 후드의 대표적인 형태임 - 포위식 후드이기 때문에 적은 배기유량으로도 오염물질을 효과적으로 제어할 수 있음 - 배기량이 부족하거나 흡 후드의 개방면에서 공기 흐름이 균일하지 못하면 오염물질을 효과적으로 배기시키지 못하는 경우도 발생 - 흡 후드의 개구면 유속이 균일하지 못할 경우 유해물질이 후드 밖으로 누출
Glove Box 후드	- Glove Box 후드는 밀폐식 후드의 대표적인 형태임 - 주로 독성이 높은 물질(병원체, 금지대상물질, 방사능물질 등) 취급 시 사용 - 후드 내부에는 음압을 유지시켜 유해물질이 외부로 누출되지 않도록 설계 - 작업방법에 따라 규격이나 챔버내부 진공상태 등 다양하게 제작, 설치됨

[작업장 흡 후드 사용 실태에 따른 장점 & 단점]

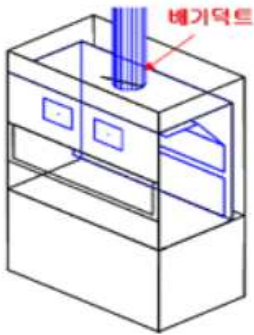
① [사례1] 작업자 작업자세에 따른 유해물질 누출

흡 후드에서의 작업 모습	흡 후드에서의 유해물질 발생
	
• 흡 후드에서의 작업시간이 수 분 이내로 짧을 경우는 대부분 서서 작업을 수행하지만, 시간이 길어질수록 작업자가 앉는 경우가 많음 • 작업자가 앉아서 작업을 할 경우 그림과 같이 흡 후드의 배기성능이 부족할 경우에는 오염물질이 작업자에 노출될 우려가 높기 때문에 주의가 필요함	

3. 실험실 후드 (2)

② [사례2] 후드 개구면 유속의 불균일에 따른 유해물질 누출

☞ 사업장에 설치되어 있는 대부분의 흡 후드가 배기유량은 양호하지만 흡 후드의 개구면 유속이 균일하지 못하고 높이에 따라 큰 편차를 보이고 있음

종 류	포위식 배기후드	
사 진		
배기량(pull)	12~32m ³ /min	
장 점	▶ 적은 배기유량으로 오염물질을 효과적으로 제어할 수 있음 ▶ 작업자의 호흡영역을 보호하기에 유리함	
단 점	▶ 흡 후드 내부의 배플(Baffle)의 구조가 잘못되면 흡 후드 개구면에서의 유량 불균형이 발생하여 배기성능이 감소됨 ▶ 배기유량이 과도한 경우 소음 발생이 심함	

☞ 제어풍속 측정 테스트 결과

	사업장		C	D	E
	높이별 제어풍속 측정결과	P1	0.6	0.4	0.1
		P2	0.38	0.22	0.61
		P3	0.31	0.1	0.43
	제어풍속 변동폭 (최대값-최소값)/평균		67%	125%	94%

- ▶ 미국 산업환기 매뉴얼(IV manual)의 흡후드에 대한 설계자료를 살펴보면 문을 완전히 개방한 상태에서 개구면 유속을 여러 지점에서 측정했을 때 변동폭이 10% 이하가 되도록 권고하고 있음
- ▶ 이와 같이 흡 후드의 높이별 제어풍속의 편차가 많이 발생하는 이유는 흡 후드 내부에 설치되어 있는 배기덕트의 연결 위치와 배플(Baffle) 및 슬롯(Slot)구조가 잘못 설계되었기 때문임

3. 실험실 후드 (4)

☞ 후드 후드 개구면의 불균일한 제어풍속으로 발생하는 문제점

모식도	문제점
	▶ 후드 후드 개방면에서 제어풍속이 낮은 공간에 작업자의 호흡영역이 위치하여 오염물질에 노출될 우려가 큼

☞ 균일류가 형성되지 않는 원인

▶ 내부 구조 불량이거나, 적재 물품의 잘못된 위치로 인해 배기가 원활히 이루어지지 않음

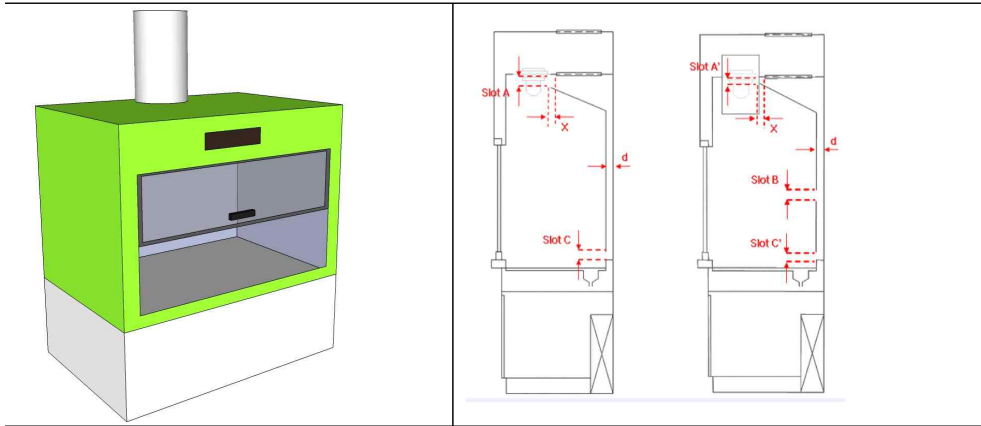
내부 구조 불량	방해물체 적재	
	슬롯 배기구 방해	적재 물품의 잘못된 위치

3. 실험실 후드 (5)

3. 표준설계방안 및 설계기준

① 흠(Fume) 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \cdot A \cdot V$ (V: 제어풍속, A: 후드면적) 또는 개구면 완전 개방면적 당 $25 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ 이상
제어풍속(V)	후드 개구면 풍속 0.4 m/s 이상 유지
후드 유입손실(VPd)	$0.5VP_d$ (VP_d : 덕트 속도압)
정압(mmAq)	20 mmAq 이상
배플(Baffle)	후드 개구면 균일류 형성을 위해 후드내부 설치 ※ 세부설계기준은 「배플 설계기준」 참고
댐퍼(Damper)	후드 배풍량 밸런스 조정을 위해 후드-덕트 연결부에 설치
덕트 이송속도	$5 \sim 10 \text{ m/s}$ 내외(상황에 맞게 조절)

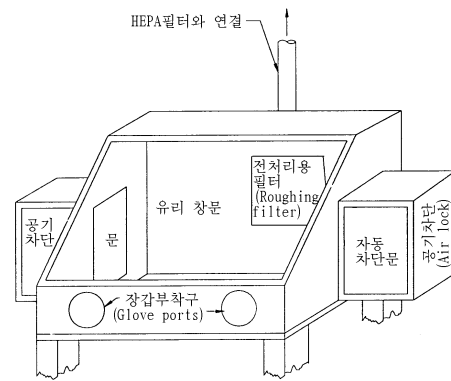
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 후드 후단에 정압계를 설치하여 후드 정압기준 정압(20 mmAq) 유지(차압계 설치 모식도 참조)
- 슬라이드 Door에 Door-Lock을 설치하여 작업 시 일정하게 개구면 개방하여 작업(Door Lock 설치 모식도 참조)
- 덕트 반송속도는 최소화시켜 소음 발생을 억제함

3. 실험실 후드 (6)

㉑ Glove Box 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{문의 개방면적}(\text{m}^2) \times 0.25 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 또는 부스내부 온도상승 방지를 위해 ACH를 약 15회로 하여 산출 ※ ACH : Air Change per Hour(시간당 공기교환 횟수)
정압(mmAq)	시스템을 닫았을 때 6mmH ₂ O 이상의 정압 유지
HEPA Filter	- 외부공기 유입부에 설치 - 부스내부 후드에서 배기덕트 연결부에 설치
차압계	부스 내 적정 음압유지를 위해 후드 후단에 설치
덕트 이송속도	10~20m/s 유지

◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 급기되는 공기와 배기되는 공기는 필터(HEPA)를 통과시켜 정화
- 부스내 유해물질 누출을 방지하기 위해 급기량보다 배기량을 다소 크게하여 환기

3. 실험실 후드 (7)

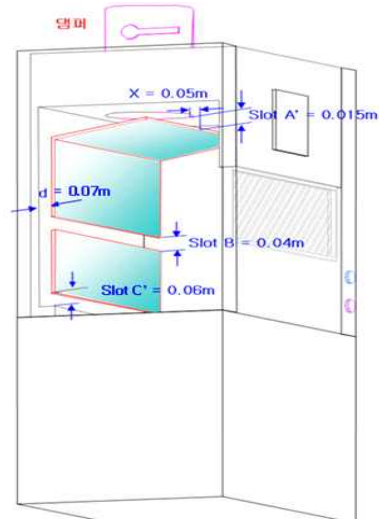
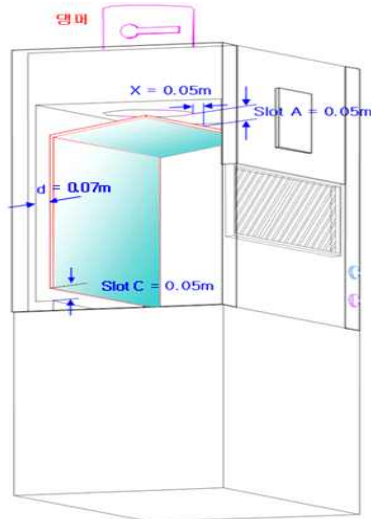
4. 유지관리 기준

- ◆ 후드 개구부 제어풍속 0.4m/s 이상 유지, 스모크테스트 기류흐름 양호
- ◆ 후드 개구부에서 측정한(16개 지점 이상 측정) 제어풍속의 최소치와 최대치의 변동 폭이 10% 이하일 것
 - 스모크테스트를 통해 부스내부 와류 형성여부 확인 병행
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 실험 수행시 문(door)은 가능한 많이 닫고 실험함(Door Lock 활용)
- ◆ 후드내에 화학약품이나 장치를 저장목적으로 넣어 두지 않도록 함
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

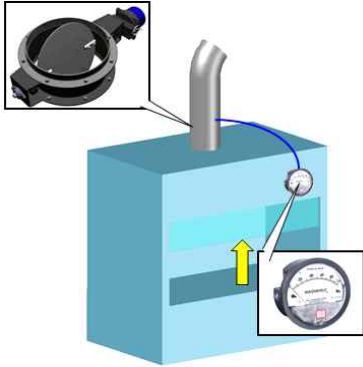
- ◆ 공기정화방식 : 흡착, RTO, 스크러버 등 사용물질에 따라 적합한 방식 적용
- ◆ 부스내부 조도 : 350럭스 이상(정밀작업 기준)
- ◆ 송풍기는 반드시 공기정화장치 후단에 설치. 단, 내식성, 내화학성 구조는 제외
- ◆ 실험실 입구 또는 내부에 안전보건표지판 설치 : 방독마스크 착용, 독성물질경고 등
- ◆ 후드 주변에 화재·폭발 등 안전작업수칙, MSDS 및 경고표지 게시·부착
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

※ 배플(Baffle) 설계기준



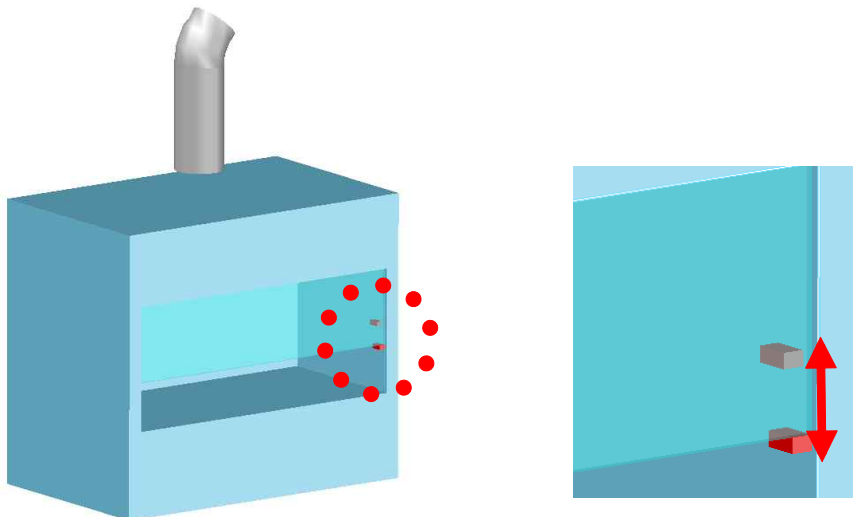
3. 실험실 후드 (8)

※ 정압관리를 위한 차압계 설치 모식도

모식도	사진
	

※ Door Lock 설치 모식도

- ▶ 작업자가 작업에 방해가 되지 않는 범위까지 Door Lock을 설치하여 최적의 제어풍속으로 오염물질을 포집



4. 세척·도금조(개방조) 후드 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

후드형태	단측방 슬롯후드	양측방 슬롯후드	중앙 슬롯후드	Push-Pull후드
적용작업장소	세척작업 도금작업	세척작업 도금작업	세척작업 도금작업	세척작업 도금작업

2. 후드형태별 특성

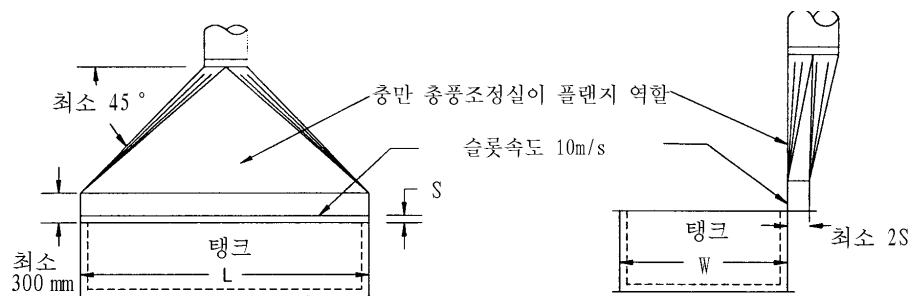
후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
단측방 슬롯(Slot)후드	- 세척·도금조 폭이 50cm 미만인 곳에 적합 - 작업특성에 따라 단일슬롯형 또는 다중슬롯형이 적용가능하나, 외부기류가 있는 경우에는 다중슬롯형을 권장 - 후드 모든 개구면에서 균일풍속이 형성되지 않는 경우 급격한 제어성능 저하 - 외부기류(방해기류)에 의해 후드 제어성능(제어풍속)이 좌우
양측방 슬롯(Slot)후드	- 세척·도금조 폭이 50cm 이상 90cm 미만인 곳에 적합 - 작업특성상 주로 단일슬롯후드를 조 측방 양쪽 끝에 하향식으로 배치 ※ 상향식 단일 또는 다중슬롯후드를 배치하는 경우 방해기류 차단 등 효율은 좋으나 작업자 시야를 가리게 되어 작업효율이 저하될 수 있음 - 단측방 슬롯후드 보다는 효율은 좋으나 많은 배풍량이 요구됨(비용증가) - 후드 모든 개구면에서 균일풍속이 형성되지 않는 경우 급격한 제어성능 저하 - 외부기류(방해기류)가 클 경우 후드 제어성능이 저하될 수 있음
중앙 슬롯(Slot)후드	- 세척·도금조 폭이 90cm 이상 120cm 이하인 곳에 적합 - 작업특성에 따라 단일슬롯형 또는 다중슬롯형이 적용가능하나, 외부기류가 있는 경우에는 다중슬롯형을 권장 - 후드 모든 개구면에서 균일풍속이 형성되지 않는 경우 급격한 제어성능 저하 - 호이스트 사용 등 작업특성에 따라 설치장소의 제약을 받을 수 있음 - 외부기류(방해기류)에 의해 후드 제어성능(제어풍속)이 좌우 - 유해물질을 효과적으로 제거하기 위해 다른 후드에 비해 많은 배풍량이 요구됨
Push-Pull 후드	- 세척·도금조 폭이 90cm 이상인 곳에 적합 ※ 폭이 120cm 이상인 경우에는 반드시 Push-Pull 후드 사용 - 중앙 슬롯후드에 비해 필요 배풍량을 줄일 수 있음(설치비용 절감) - 다른 슬롯후드에 비해 외부기류(방해기류) 영향이 다소 적음 - 후드 모든 개구면에서 균일풍속이 형성되지 않는 경우 제어성능 저하

4. 세척·도금조(개방조) 후드 (2)

3. 표준설계방안 및 설계기준

① 단측방 슬롯(Slot)후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \cdot V \cdot (10X^2 + A)$ V: 제어풍속(m/s), X: 포착거리(m), A: 슬롯영역 전체면적(m^2)
제어풍속(V)	유해물질 발생원에서 0.5m/s 이상 유지 (단, 허용기준이 10ppm이고 액체의 온도가 65℃ 이상일 경우에는 0.75m/sec를 권장)
포착거리(X)	슬롯 개구부에서 개방조 폭(W)과 동일
슬롯높이	개방조(탱크) 위쪽면에서 최소 300mm 이상
슬롯크기	슬롯 개구부에서 풍속이 10.0m/s 이상 유지되도록 설계
배플(Baffle) (“후드 눈썹”이라고도 함)	후드 개구면 균일류 형성을 위해 슬롯개구부 윗부분에 설치
플레넘 크기	플레넘 속도가 슬롯개구면 속도의 0.5배 이하가 되도록 설계
후드(부스)와 덕트연결부(Tpaer) 각도	후드와 덕트연결부(Tpaer)의 외각이 45도 이상이 되도록
덕트 이송속도	5~10m/s 내외(상황에 맞게 조절)

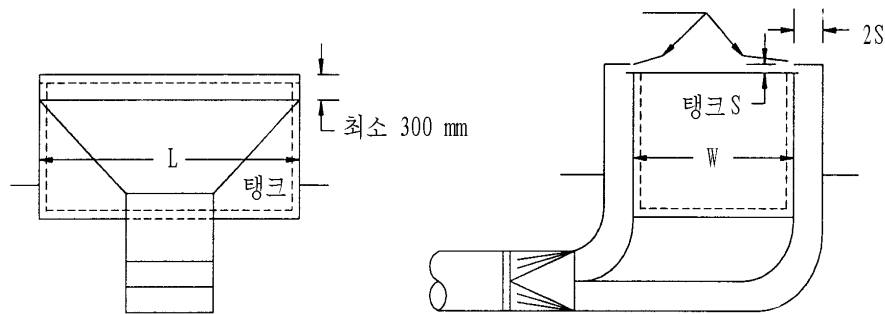
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 후드 형태는 방해기류 차단 등 목적으로 가능하면 포위식으로 설치하는 것을 권장
- 설치장소 주변 창문, 출입문 등이 있는 경우 외부기류(방해기류)에 의해 후드 제어풍속에 악영향을 끼칠 수 있으므로, 설치장소 선정시 고려하되 부득이한 경우 포위식(조측면 배플 설치 등) 형태로 설계

4. 세척·도금조(개방조) 후드 (3)

2 양측방 슬롯(Slot)후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \cdot V \cdot (10X^2 + A)$ V:제어풍속(m/s), X=포착거리(m), A:슬롯영역 전체면적(m^2)
제어풍속(V)	유해물질 발생원에서 0.5m/s 이상 유지 (단, 허용기준이 10ppm이고 액체의 온도가 65℃ 이상일 경우에는 0.75m/sec를 권장)
포착거리(X)	개방조(탱크) 폭(W)의 1/2
슬롯크기	슬롯 개구부에서 풍속이 10.0m/s 이상 유지되도록 설계
플레넘 크기	플레넘 속도가 슬롯개구면 속도의 0.5배 이하가 되도록 설계
슬롯높이	개방조(탱크) 위쪽면에서 최소 300mm 이상
덕트 이송속도	5~10m/s 내외(상황에 맞게 조절)

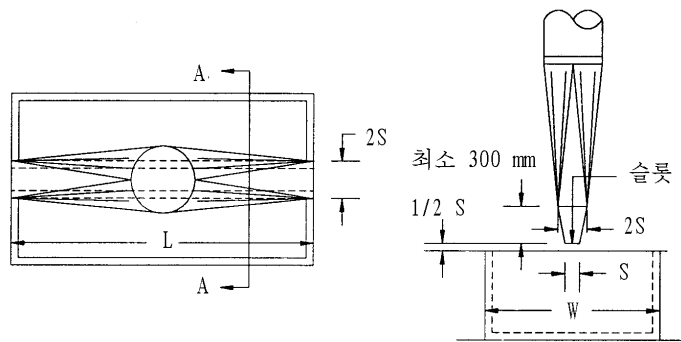
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 방해기류가 있는 경우 개방조 양측면(slot 후드와 직각방향)에 배플(Baffle) 설치를 권장
- 덕트라인을 작업장 바닥으로 배치하는 경우 작업자 통행 또는 파손방지를 위한 조치필요

4. 세척·도금조(개방조) 후드 (4)

③ 중앙 슬롯(Slot)후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \cdot V \cdot (10X^2 + A)$ V:제어풍속(m/s), X=포착거리(m), A:슬롯영역 전체면적(m^2)
제어풍속(V)	유해물질 발생원에서 0.5m/s 이상 유지 (단, 허용기준이 10ppm이고 액체의 온도가 65℃ 이상일 경우에는 0.75m/sec를 권장)
포착거리(X)	슬롯개구면에서 개방조(탱크) 끝단까지의 거리
슬롯크기	슬롯 개구부에서 풍속이 10.0m/s 이상 유지되도록 설계
플레넘 크기	플레넘 속도가 슬롯개구면 속도의 0.5배 이하가 되도록 설계
슬롯높이	슬롯후드 하단면에서 최소 300mm 이상
조 표면과 슬롯하단면까지 거리	슬롯후드 하단면 폭의 1/2
배플(Baffle) (“후드 눈썹”이라고도 함)	후드 개구면 균일류 형성을 위해 슬롯개구부 윗부분에 설치
덕트 이송속도	5~10m/s 내외(상황에 맞게 조절)

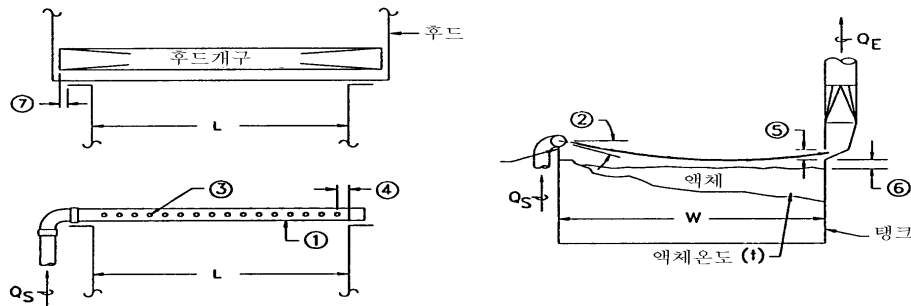
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 계시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 방해기류가 있는 경우 개방조 양측면(slot 후드와 직각방향)에 배플(Baffle) 설치를 권장
- 덕트라인을 작업장 바닥으로 배치하는 경우 작업자 통행 또는 파손방지를 위한 조치필요

4. 개방조 후드 (5)

④ Push-Pull(푸쉬 풀) 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
Push 측	배풍량(Pull 풍량)	조의 표면적당 $Q = 0.38\sim45 \text{ m}^3/\text{s/m}^2$ (단, 조의 온도가 65°C 이상이거나 방해기류가 강하고, 조내 액체의 교란이 많을 때 조의 표면적당 $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s/m}^2$)
	조의 표면적	$L(\text{조의 길이}) \times W(\text{조의 폭})$
	배기구(슬롯 크기)(⑤)	슬롯 개구부에서 풍속이 10.0m/s 이상 유지되도록 설계 단, 배기구의 폭(⑦)은 조의 플랜지를 포함한 폭보다 조금 더 넓게 설계
	플레넘 크기	플레넘 속도가 슬롯개구면 속도의 0.5배 이하가 되도록 설계
Pull 측	급기량(Push 풍량)	$Q_s = 0.68 \sqrt{A_j} \times L \text{ m}^3/\text{s}$ (A_j 는 푸쉬노즐 1 m당 개구면적(m^2), L 은 조의 길이(m))
	Push노즐 분기관	- 원형, 직사각형, 또는 정사각형으로 함 - 분기관(manifold)의 단면적은 노즐 개구면적의 2.5배 이상
	Push노즐 각도	$0\sim20^\circ$ 로 하향
	Push노즐 크기	3-6mm 슬롯 또는 직경 4-6mm 구멍
	Push노즐 간격	슬롯 또는 구멍을 3-8mm 직경의 간격으로 배치 (단, 분기관 끝부분의 구멍이나 슬롯의 끝부분(④)은 조 내벽에서 13-25mm 안쪽에 위치시킴으로써 분사된 제트가 조 밖으로 빠져 나가는 것을 방지하도록 설계)
공통	조의 액면(⑥)	조에 작업물체를 넣지 않았을 때 액면이 조의 상부에서 200mm 이상 내려가지 않게 한다.
	배플(Baffle)	후드 개구면 균일류 형성을 위해 슬롯개구부 윗부분에 설치
	덕트 이송속도	$5\sim10\text{m/s}$ 내외(상황에 맞게 조절)

5. Push-Pull 후드 (1)

◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 푸쉬 노즐의 유속을 균일하게 유지시키기 위해서는 노즐의 총 배출면적이 푸쉬노즐 분기관(③) 단면적의 50%를 초과하지 않도록 해야함. 이렇게 하더라도 균일류가 형성되지 않을 경우에는 공기공급구를 여러 개로 분리해서 공급해주어야 함.
 - ※ 만약 개방조의 측면에 충분한 유속이 나오지 않을 경우 방해기류가 조금만 있어도 오염물질이 누출될 확률이 높음.
- 푸쉬 노즐의 각도는 하방으로 0~20°로 규정(조내의 액체 온도가 높을 경우 조 표면에 형성한 에어커튼이 위로 뜨게 되어 풀후드로 충분히 흡인되지 못하는 경우를 대비하기 위함)

다만, 부력을 발생시키지 않은 공정에 너무 아래쪽으로 분사할 경우 배기후드(풀후드)와 센터가 맞지 않아 후드 효율이 떨어지게 됨. 따라서, 각도조정이 가능한 푸쉬노즐을 이용하면 좋지만, 여의치 않을 경우 타 공장의 기 설치된 푸쉬노즐 각도를 벤치마킹해서 설계하는 것이 바람직함.
- 개방조에서 언급한 내용과 같이 창문, 출입문 및 공기조화 급기공기에 의한 방해기류를 최소화시켜야 함. 다만, 불가피한 경우에는 Push 노즐과 Pull 후드의 유량을 20% 정도 증가시켜야 됨

4. 유지관리 기준

- ◆ 유해물질 발생원(배기후드 반대방향 조 끝단부분)스모크테스트 기류흐름 양호
- ◆ 슬롯후드 개구부에서 측정한 제어풍속이 10m/s 이상 유지하고, 최소치와 최대치의 변동폭이 10% 이하일 것
- ◆ 창문, 출입문 등 외부 방해기류가 있는 경우에는 방해기류 차단 조치
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 공기정화방식 : 세정흡착방법(스크러버) 적용
- ◆ 송풍기는 반드시 공기정화장치 후단에 설치
- ◆ 작업장 주변, 출입구 등에 안전보건표지판 설치 : 방독마스크 착용, 보호복 착용 등
- ◆ 유해화학물질 안전작업수칙 제정, MSDS 및 경고표지 게시·부착
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

6. 용해로 국소배기장치(1)

1. 적용가능한 주요후드 형태

후드형태	캐노피후드	스윙식후드	링후드	직인식후드	측방형후드
적용작업장소	용해	용해	용해, 장입	용해, 장입, 출탕	용해, 장입, 출탕

2. 후드 형태별 환기 실태

◆ 상부 원형 후드(스윙식)과 포워식 후드

배기량	120~280 m ³ /min	150~250 m ³ /min미만
장 점	▶설치가 용이하고, 배기량이 충분할 경우 용해로에서 상승하는 고온의 금속 흡을 효과적으로 제어할 수 있음 ▶방해기류에 대한 영향을 받지 않음	▶설치가 용이하고, 배기량이 충분할 경우 용해로에서 상승하는 고온의 금속 흡을 효과적으로 제어할 수 있음 ▶방해기류에 대한 영향을 받지 않음
단 점	▶발생원과 후드와의 거리가 먼 경우 다량의 배기유량이 요구됨 ▶출탕시 후드를 사용할 수 없어 다량의 금속 흡이 발생되어 작업환경 악화 시킴 ▶방해기류에 대한 영향을 많이 받음	▶크레인이나 작업에 간섭되어 후드의 찌그러짐이 자주 발생됨 ▶작업 특성상 개구면이 크기 때문에 다량의 배기유량이 요구됨 ▶출탕시 래들에서 발생하는 흡을 배기 시키는 어려움

◆ 링후드와 직인식 후드



배기량	150~200 m ³ /min	200~350 m ³ /min미만
장 점	▶발생원에서 근접하여 배기시키기 때문에 피룡 배기유량이 작음 ▶방해기류에 대한 영향을 받지 않음	▶발생원에서 근접하여 배기시키기 때문에 필요 배기유량이 작음 ▶방해기류에 대한 영향을 받지 않음 ▶현재 개발된 후드 중 다양한 작업에서 대부분 우수한 효과를 보임
단 점	▶고철 장입시 후드 파손이 잦아 주기적인 유지관리 및 수리가 요구됨 ▶출탕시 래들에서 발생하는 금속 흡을 전혀 배기 시키지 못함 ▶배기량이 많을 경우 용탕 온도 유지에 어려움이 있음	▶출탕시 래들에서 발생하는 금속 흡을 배기 시키기 어려움 ▶설치공간이 비교적 많이 요구됨 ▶크레인으로 장입할 경우 배기 성능이 다소 감소됨

6. 용해로 국소배기장치(2)

3. 후드 형태별 문제점

◆ 캐노피 후드

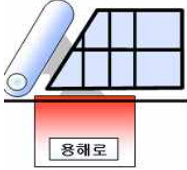
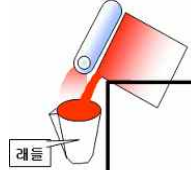
문제점	용해로에서 출탕시 부력에 의해 상승하며 확산되는 영역을 커버하지 못해 주변 작업장으로 유출되고 있음 캐노피 후드 특성상 방해기류의 영향을 많이 받기 때문에 실제 작업장에 서의 흡 제어 능력은 거의 없음
모식도	

◆ 스윙후드

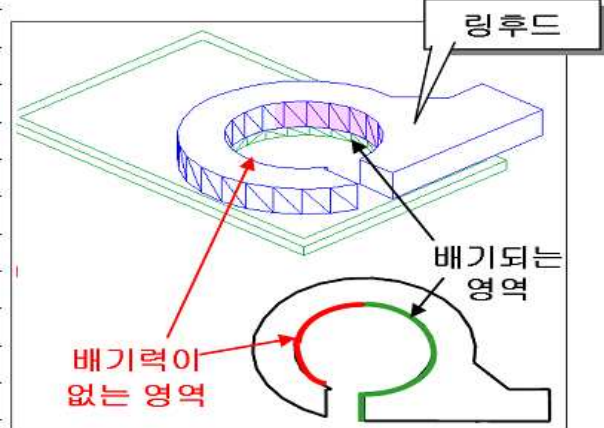
구분	낮게	높게	장입, 출탕
문제점	작업에 불편하지만 배기효율이 우수함	작업상의 불편함 때문에 후드 위치를 높게 하여 사용하고 있어, 배기효율이 저하됨	출탕시 기울어지는 용해로 바닥위치가 후드 최대 높이보다 높아서 출탕시 사용불가
모식도			

6. 용해로 국소배기장치(3)

◆ 직인식 후드

구분	장 입	첨가제 투입	용 해	출 탕
문제점	장입,첨가제 투입 및 용해시에는 오염물질이 확산되지 않으나, 출탕시에는 제어거리 부족으로 인해 오염물질이 작업장으로 유출됨			
모식도				

◆ 링후드

문제점	강한 부력을 가지고 발생되는 흡을 제어하기 위해서는 매우 빠른 제어속도가 요구되나 송풍기에 가까운 개구면에만 배기량이 편중되어 있어 배기가 이루어지지 못하고 있음 그리고, 출탕시에는 거의 무용지물인 상태로 운용되고 있음
모식도	

6. 용해로 국소배기장치(4)

◆ 측방형 후드

문제점	직인식 후드와 같이 제어거리 부족으로 인해 후드와 거리가 먼 부분은 작업장으로 유출되고 가까운 부분만 배기됨
모식도	

6. 용해로 국소배기장치(5)

4. 후드 설계방안

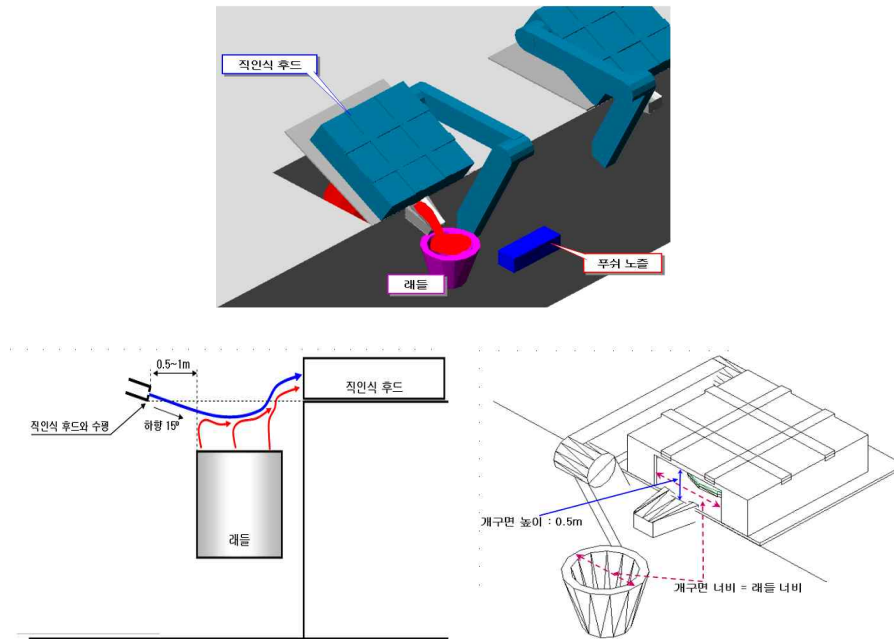
후드설계방안
① 직인식 후드 + 푸쉬 노즐
② 외부식 푸쉬-풀 후드 및 스윙식(캐노피) 후드
③ 외부식 푸쉬-풀 후드
④ 직인식 후드 + 푸쉬(Push)기류 이용한 방식
⑤ 직인식 후드 + 덮개를 이용한 방식
⑥ 직인식 후드 + 유도깃을 이용한 방식

6. 용해로 국소배기장치(6)

5. 표준설계방안 및 설계인자

① 직인식 후드+푸쉬 노즐

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
직인식 후드	배기 유량(1m당)	285CMM
	개구면 유속	10m/s
	직인식 후드 개구면 높이	0.5m
	직인식 후드 개구면 너비	래들 너비와 동일
급기 노즐	설비 위치	-직인식 후드 개구면 위치 -래들 전방 0.5~1m
	분사 각도	15°하향
	노즐1m당 급기 유량	36CMM
	급기 유속	20~25m/s

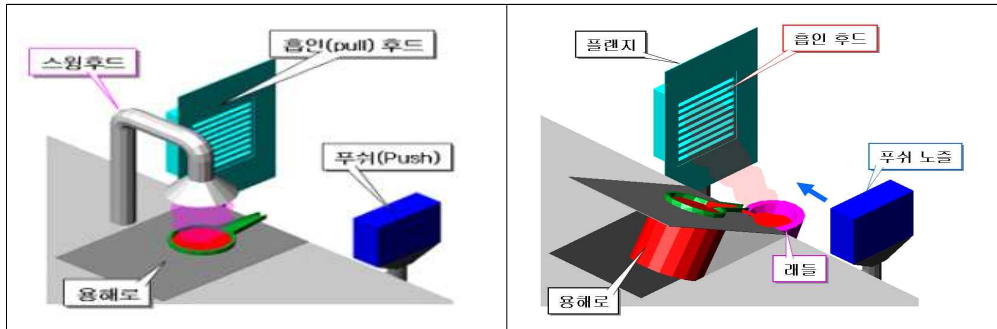
◎ 설계 시 유의사항

- ◆ 배기덕트에 댐퍼(damper)를 설치하여 배기유량 관리를 실시한다.

6. 용해로 국소배기장치(7)

② 외부식 푸쉬-풀 후드 및 스윙식(캐노피) 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
스윙식 후드	배풍량	후드 1기 풍량(Q)=250m³/min 이상
	후드직경(Ø)	Ø1.4m
	설치높이(H)	오염원으로부터 1m 이내
	방해기류	0.5m/s 이하에서 작용
풀 후드	후드 형태	다단슬롯후드
	설치위치	급기 노즐 상단과 수평인 위치
	개구면 유속	10m/s
	래들에서 떨어진 위치	최대 2.5m 이내
푸쉬 노즐	설치 위치	래들 상단과 수평인 위치
	개구면 유속	3.0~6.0m/s
	래들에서 떨어진 위치	최대 2.5m 이내

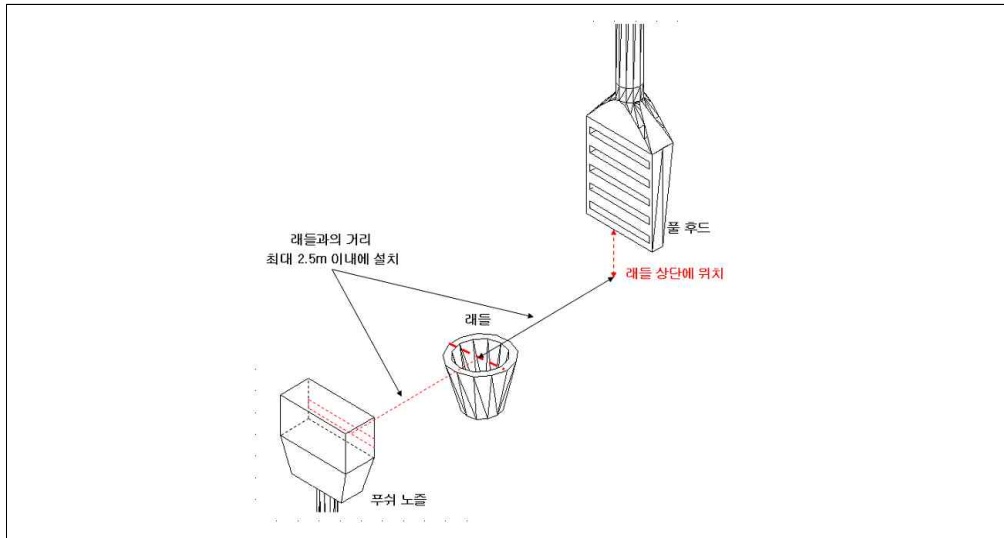
◎ 설계 시 유의사항

- ◆ 배기덕트에 댐퍼(damper)를 설치하여 배기유량 관리를 실시한다.
- ◆ 현장 여건상 포위식이 어려운 경우 비닐커튼을 활용 하는 것이 바람직하다.
- ◆ 필요에 따라 덮개에 점검창을 설치하는 것이 작업에 유리하다.
- ◆ 배합 용기의 직경이 1m를 초과하는 경우 배기덕트를 2개 이상 설치하는 것이 유리하다.

6. 용해로 국소배기장치(8)

③ 외부식 푸쉬-풀 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
풀 후드	배기량	래들 직경에 따라 285m ³ /min이상
	배기유속	10m/s 이상 유지
	래들에서 떨어진 위치	0.8m 이내
푸쉬 노즐	급기량	래들 직경에 따라 65m ³ /min이상
	급기유속	3.0m/s 이상 유지
	래들에서 떨어진 위치	최대 1.0m 이내

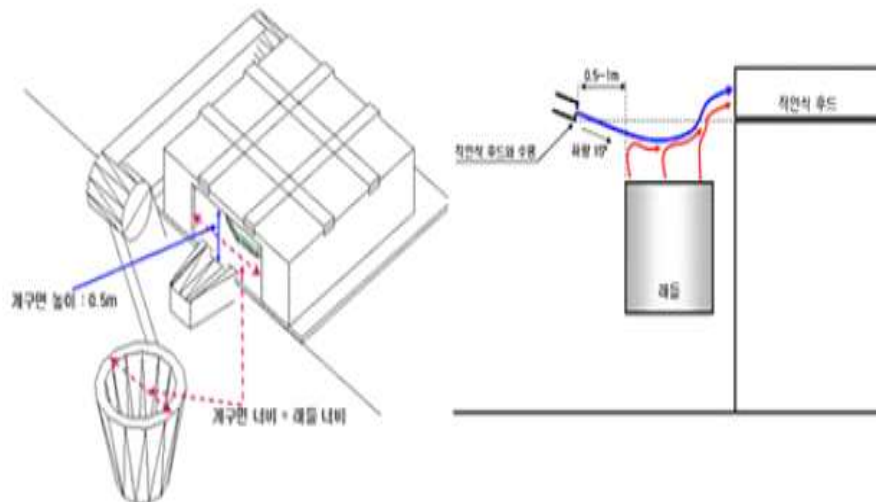
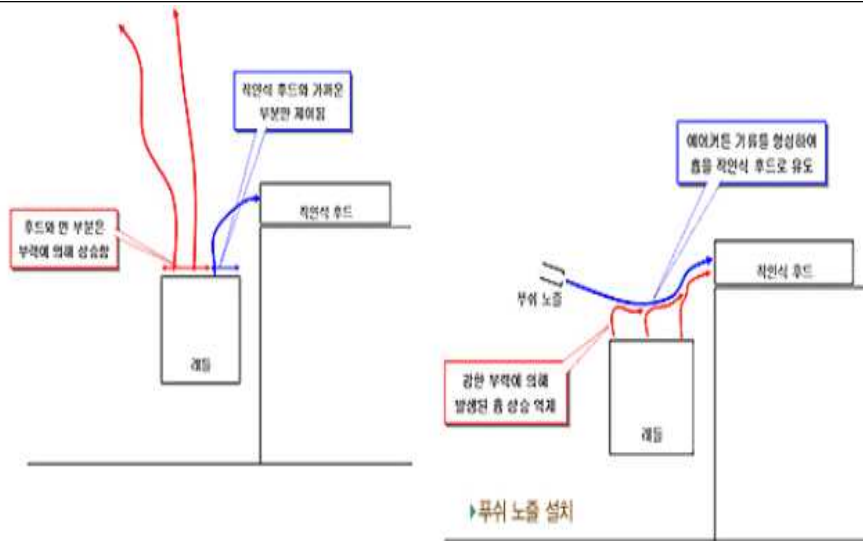
◎ 설계 시 유의사항

- ◆ 배기덕트에 댐퍼(damper)를 설치하여 배기유량 관리를 실시한다.

6. 용해로 국소배기장치(9)

4 직인식 후드 + 푸쉬(Push)기류 이용한 방식

◎ 모식도



6. 용해로 국소배기장치(10)

◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
직인식 후드	배풍량(Q)	Q=래들 직경에 따라 285m ³ /min이상
	방해기류	0.5m/s 이하에서 작용
풀 후드	후드 형태	다단슬롯후드
	설치위치	급기 노즐 상단과 수평인 위치
	개구면 유속	10m/s
	래들에서 떨어진 위치	최대 2.5m 이내
푸쉬 노즐	급기량(Q2)	Q2=래들 직경에 따라 36m ³ /min/m
	급기(분사)각도	15°이하
	개구면 유속(분사풍속)	20~25m/s
	급기분기관 크기	급기 노즐 총 단면적의 2.5배 이상
	급기 노즐 형태	- 다공형태: Ø10~30mm직경의 다공을 등간격으로 배열시킴 - 슬롯형태: 슬롯 내부에 유도깃 설치하여 유량 쓸림현상 방지할 것
	노즐 설치위치	직인식 후드 개구면 위치 및 래들로부터 1m이내

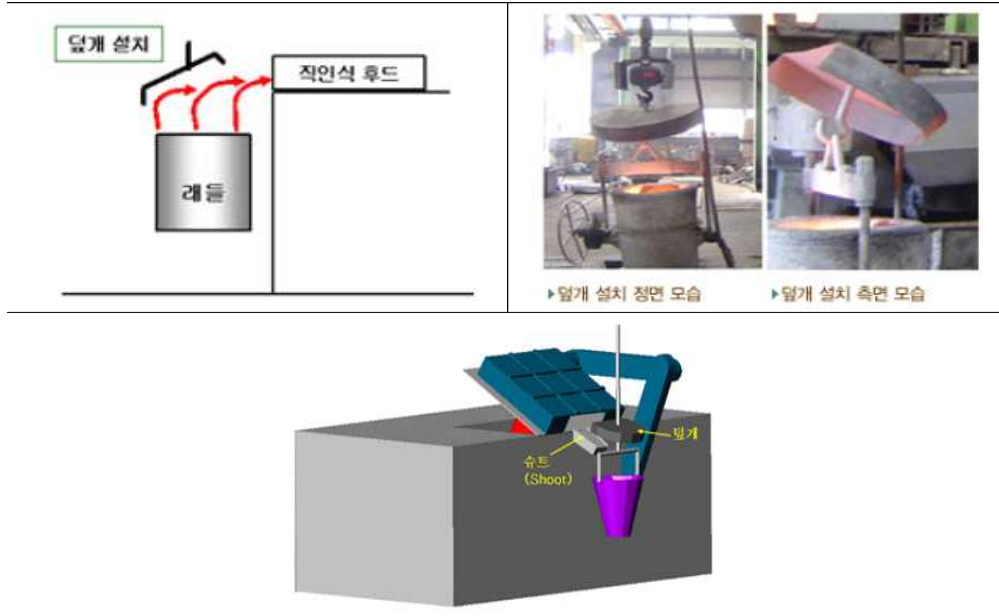
◎ 설계시 유의사항

- ◆ 푸쉬(Push)노즐은 작업에 방해되지 않도록 설치 해야함
- ◆ 방해기류가 발생할 경우 이를 고려하여 배기유량을 증가시키거나, 방해기류의 영향을 최소화 시킬 수 있도록 조치한다.

6. 용해로 국소배기장치(11)

5 직인식 후드 + 덮개를 이용한 방식

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
직인식 후드	배풍량(Q)	Q=레들 직경에 따라 285㎥/min이상
	방해기류	0.5m/s 이하에서 작용
	기타	슈트가 길어 레들과 직인식 후드와의 거리가 먼 경우 직인식 후드에 유도깃을 설치하여 함께 사용하는 것이 유리
덮개	덮개크기(Ø)	레들 직경보다 충분히 크게 설치

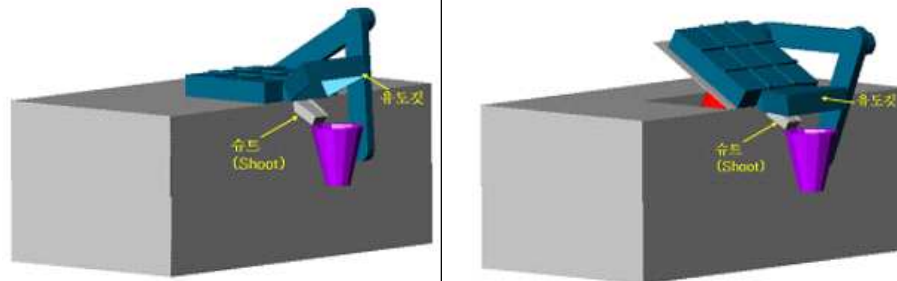
◎ 설계 시 유의사항

- ◆ 방해기류가 발생하지 않도록 주의해야 한다
- ◆ 덮개는 레들에서 상승하는 금속 흄을 직인식 후드내로 쉽게 유도될 수 있도록 비스듬히 설치한다.

6. 용해로 국소배기장치(12)

㉔ 직인식 후드 + 유도깃을 이용한 방식

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
직인식 후드	배풍량(Q)	Q=래들 직경에 따라 285m ³ /min이상
	방해기류	0.5m/s 이하에서 작용
	기타	슈트가 길어 래들과 직인식 후드와의 거리가 먼 경우 직인식 후드에 유도깃을 설치하여 함께 사용하는 것이 유리
유도깃	유도깃의 크기(Ø)	래들 직경보다 충분히 크게 설치

◎ 설계 시 유의사항

- ◆ 방해기류가 발생하지 않도록 주의해야 한다
- ◆ 출탕시 직인식 후드가 기울어지는 점을 감안하여 유도깃설치에 주의해야함

6. 용해로 국소배기장치(13)

4. 유지관리 기준

- ◆ 기류 테스트 및 열선 풍속계를 이용한 송풍기 효율 평가
 - 스모크테스트 기류흐름 양호
 - 송풍기 토출구에서 배기되는 유속을 측정, 송풍기 정격대비 효율 평가
- ◆ 공기정화장치의 필터 차압 측정 : 최초 설치 정압대비 30% 이내일 것
- ◆ 후드 주변 창문, 출입구에서 유입되는 외부기류 등 방해기류 최소화
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 공기정화방식 : 여과집진방식 적용
- ◆ 여과재는 불연성 재료를 사용(노맥스 등)
- ◆ 송풍기는 공기정화장치 후단에 설치
- ◆ 작업장 주변, 출입구 등에 안전보건표지판 설치 : 방진마스크 착용, 귀마개 착용 등
- ◆ 사용원료물질에 대한 MSDS 및 경고표지 게시·부착, 근로자교육 실시
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

7. 주조공장 건옥집진설비 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

후드형태	건옥집진설비
적용작업장소	주조공장 전과정(고열, 금속흙 발생작업 등)

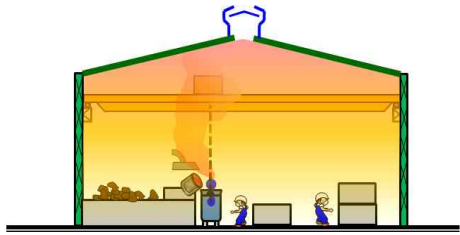
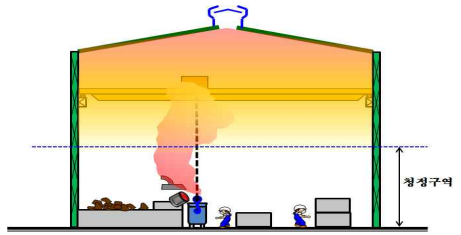
2. 후드형태별 특성

후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
건옥집진시설	- 건옥집진설비 : 후드-덕트-공기정화장치-배풍기-굴뚝 등으로 구성되어 국소배기장치 형태이나, 후드가 지붕 위에 설치되어 공정 전체를 환기하는 형태로 전체환기장치에 해당 - 국소배기장치와는 달리 후드형태(일반적으로 캐노피 형태의 후드 사용) 보다는 후드설치 위치, 간격에 따라 배기성능에 영향을 받음 - 일반적으로 급기는 자연급기를 적용하며, 급기구의 위치(창문, 루버, 출입문등)에 따라 환기효율이 좌우될 수 있음 - 작업장체적(지붕높이, 구조 등), 유해물질(금속흙, 고열 등) 발생량, 외부바람 등에 따라 배풍량이 다르게 설계됨

※ 작업장 체적에 따른 유해물질 발생 실태

그림과 같이 낮은 공장은 배출장소의 면적이 작는데 비해 오염물질은 고열에 따라 충분히 확산되지 못하고 전체 공장을 오염시키는 경우가 발생하지만,

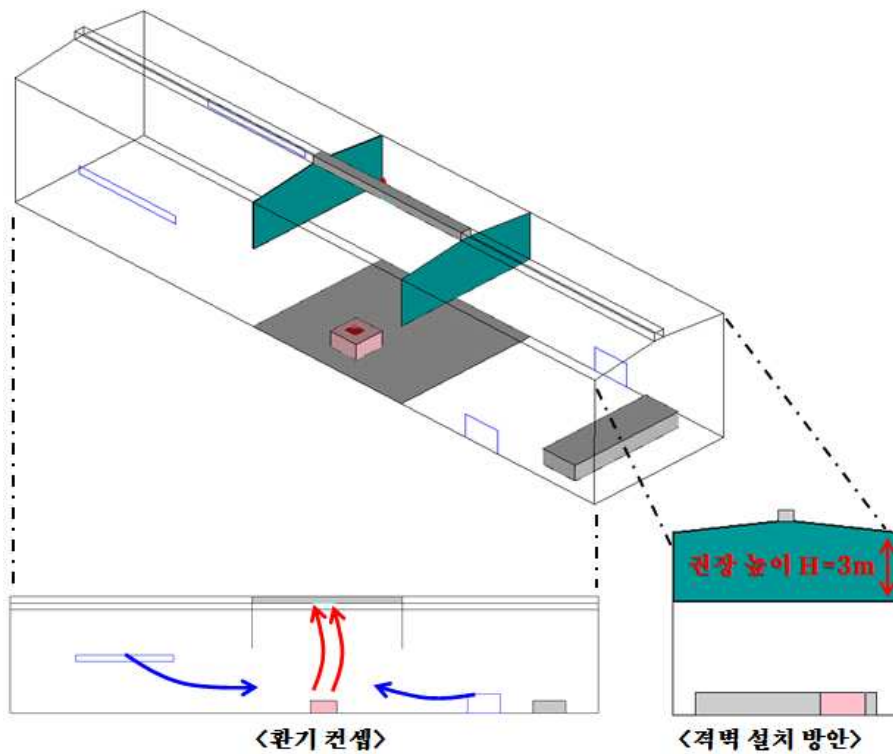
반면에 높은 지붕을 소유한 공장은 배출장소의 면적이 상대적으로 큰데 비해 오염물질은 충분히 상승하여 하부에는 오히려 청정구역을 형성시켜주고 있음

	
낮은 지붕 : -오염물질이 전체 공장을 오염시킴	높은 지붕 : - 오염물질이 상부를 오염시키지만 하부 작업 영역은 깨끗함

7. 주조공장 건옥집진설비 (2)

㉔ 건옥집진설비 모식도

◎ 모식도



7. 주조공장 건옥집진설비 (3)

◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위	
배풍량(Q)	단일작업	- 격벽을 설치한 경우 : 분당 오염물질 배출량의 6배 이상 - 격벽을 미설치한 경우 : 분당 오염물질 배출량의 9배 이상
	동시작업 (주입+출탕)	- 격벽을 설치한 경우 : 분당 오염물질 배출량의 10배 이상 - 격벽을 미설치한 경우 : 분당 오염물질 배출량의 15배 이상
격벽높이	설치지점으로부터 3m 이상	
급기	자연급기(가급적 양측방에서 루버, 창문 등으로 유입토록 함) ※ 단, 강제급기의 경우 유해물질 발생원 주변 하부 위치(건물 양측 등)	
차압계	공기정화장치 필터 차압측정용 설치	
덕트 이송속도	18~20m/s 유지	

◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 배풍량 설계시 오염물질 배출량뿐만 아니라 건물 구조, 급기구 위치, 기류흐름제어조치 등 복합적인 요소를 동시에 고려
- 오염물질 배출량에 따라 필요한 환기량은 달라지므로 배출량에 대한 기초자료가 필요함
- 건물 높낮이에 따라 공장 하부의 오염물질 농도가 차이가 나며 외기가 유입되는 급기구의 위치에 따라 공장 내부의 기류흐름이 바뀔 수 있음
- 격벽 등을 이용하여 오염물질 확산을 제한한다면 적은 유량으로 보다 효과적으로 환기 효율을 달성할 수 있음

7. 주조공장 건축집진설비 (4)

4. 유지관리 기준

- ◆ 기류 테스트를 이용한 송풍기 효율 평가
- ◆ 공기정화장치의 필터 차압 측정 : 최초 설치 정압대비 30% 이내일 것
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 공기정화방식 : 세정흡착방식(스크러버), 여과집진방식 적용
- ◆ 여과재는 불연성 재료 사용(노맥스 등)
- ◆ 송풍기는 공기정화장치 후단에 설치
- ◆ 작업장 주변, 출입구 등에 안전보건표지판 설치 : 방진마스크 착용, 귀마개 착용 등
- ◆ 사용원료물질에 대한 MSDS 및 경고표지 게시·부착, 근로자 교육 실시
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

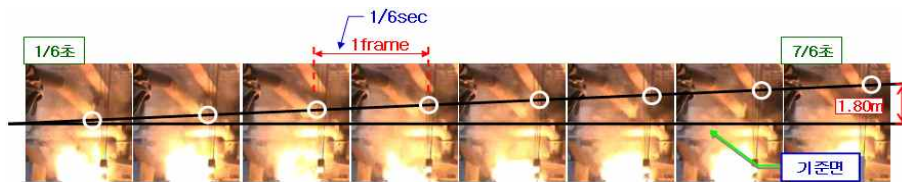
[별첨3] 건옥집진설비 배풍량 설계 근거자료

건옥집진설비 배풍량 설계자료 (1)

1. 고려사항

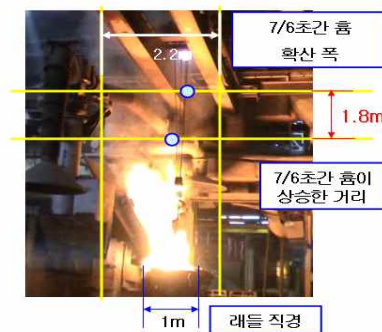
집진 유량을 설계할 때 오염물질 배출량 산정은 우선적으로 고려해야 할 인자임
 용해로 흠 발생량 측정결과

- 캠코더로 출탕시 흠이 발생하는 순간을 촬영하여 흠 발생량을 측정함(그림)
- 측정 대상으로 5개 공장을 선정하였고 측정결과는 표에서와 같음
- 측정결과를 보면 흠 발생량은 290~350 CMM 으로 대략 350 CMM 정도로 산정하는 것이 타당함



1/6초 간격으로 8 Frame Capture (총 시간 : 7/6초)

$$V \text{ (m/s)} = \frac{\text{흠 이동거리 (마지막 Frame 높이 - 첫 Frame 높이)}}{\text{이동 시간 (Frame 시간 간격} \times (\text{Frame의 수} - 1))} = \frac{1.8 \text{ m}}{1/6 \text{ 초} \times (8 - 1)} = 1.54 \text{ (m/s)}$$



Plume 단면적 $A \text{ (m}^2\text{)} = \pi \times (\text{Plume 직경})^2 / 4$ $= \pi \times (2.2)^2 / 4$ $= 3.80 \text{ m}^2$
↓ 흠 발생량 산정 $Q \text{ (CMM)} = 3.80 \times 1.54 \times 60$ $= 351 \text{ CMM}$

< 흠 발생량 산정결과 >

<표> 5개 사업장 용해로 대상 흠 발생량 측정결과

사업장	F	G	H	I	J
흠발생량 (m ³ /min)	323	298	337	287	351

건옥집진설비 배풍량 설계자료 (2)

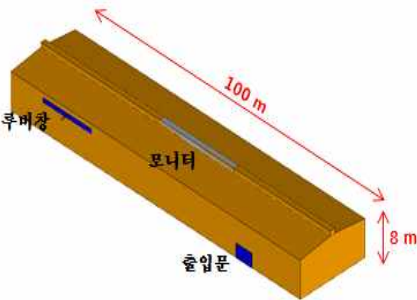
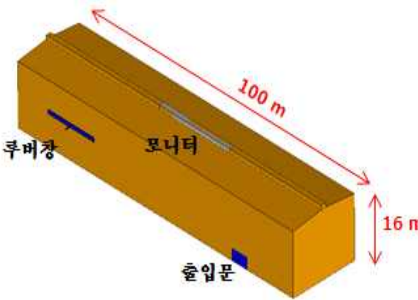
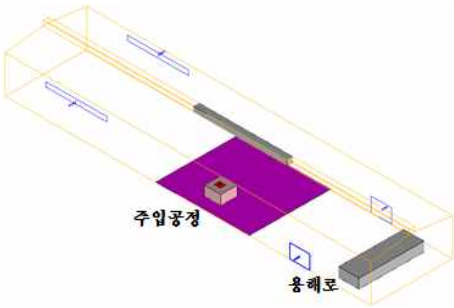
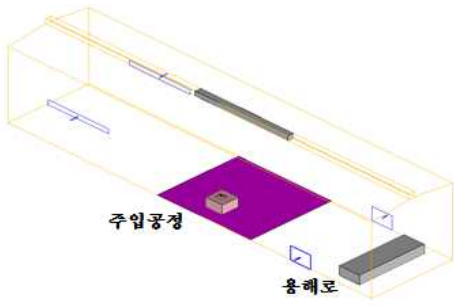
2. 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 환기량 설계

1) 시뮬레이션 제어체적 및 경계조건

- 보편적인 주물공장 구조를 연구대상으로 선정하고 제어체적을 구성함
- 지붕 높이는 8 m와 16 m를 적용함 (그림 참고)
- 오염물질 농도는 배출량 조사결과에 근거하여 평균치 350 CMM을 적용하고 오염물질 상승속도는 1.6 m/s로 적용함
- 집진 유량은 오염물질 발생량의 3배에서부터 9배까지 점차적으로 늘리면서 환기효과를 예측하고 평가함

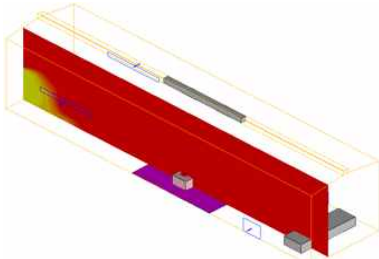
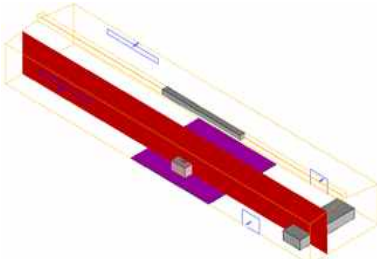
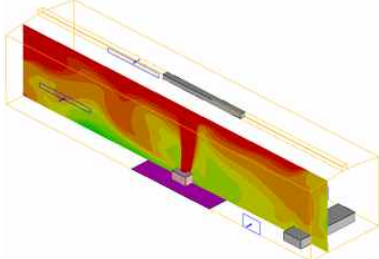
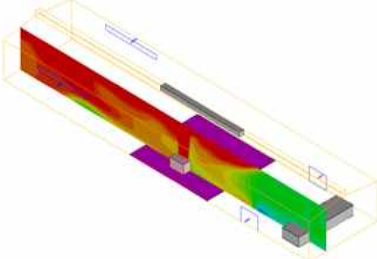
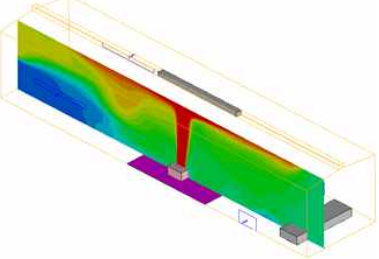
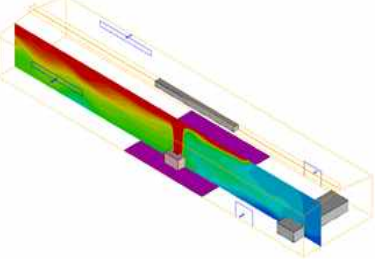
건축집진설비 배풍량 설계자료 (3)

2) 제어체적 및 Case 구분

지붕 높이 8 m	지붕 높이 16 m
	
	
배기유량 1000 CMM (흄 발생량 3배 배기)	배기유량 1000 CMM (흄 발생량 3배 배기)
배기유량 2000 CMM (흄 발생량 6배 배기)	배기유량 2000 CMM (흄 발생량 6배 배기)
배기유량 3000 CMM (흄 발생량 9배 배기)	배기유량 3000 CMM (흄 발생량 9배 배기)

건옥집진설비 배풍량 설계자료 (4)

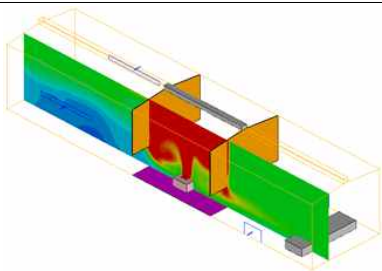
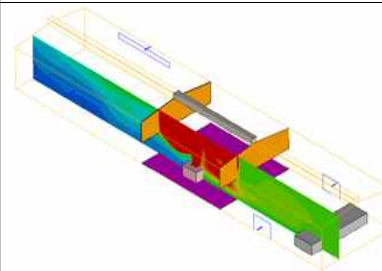
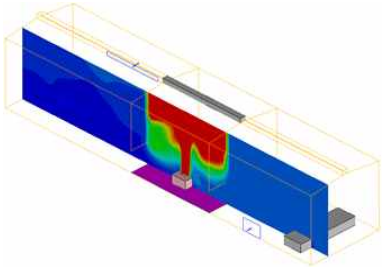
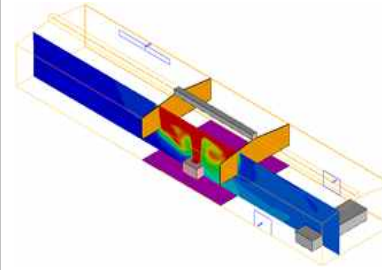
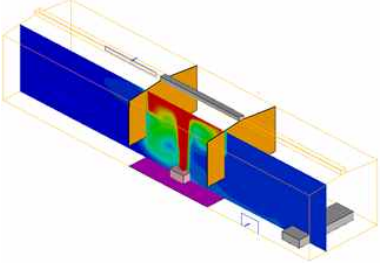
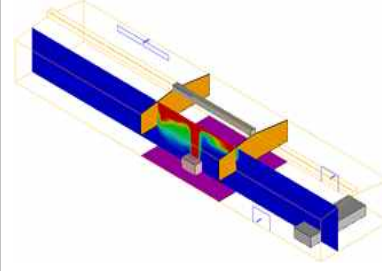
3) 시뮬레이션 결과 - 격벽 미설치시 필요 유량 예측

유량 구분	지붕 높이 8 m	지붕 높이 16 m
오염물질발생량 3배 (1000 CMM)	 하부 농도 304 ppm	 하부 농도 305 ppm
오염물질발생량 6배 (2000 CMM)	 하부 농도 133 ppm	 하부 농도 140 ppm
오염물질발생량 9배 (3000 CMM)	 하부 농도 66 ppm	 하부 농도 84 ppm

- 지붕이 높은 Case가 지붕이 낮은 Case에 비해 같은 조건하에서 작업장 하부(5m이하지역) 오염물질 농도가 상대적으로 낮음
- 지붕 높이와 상관없이 오염물질 배출량의 9배(3000 CMM) 정도의 유량으로 배기를 시켜야지만 75% 이상의 저감효과 있음
- 격벽을 설치하여 흡 확산 기류를 막지 못하면 흡 발생량 10배를 배기하여도 충분한 환기 효과를 거두기 어려울 것으로 판단됨

건축집진설비 배풍량 설계자료 (5)

4) 시뮬레이션 결과 - 모니터 집진시설 가동 및 격벽 설치

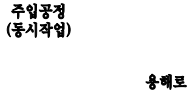
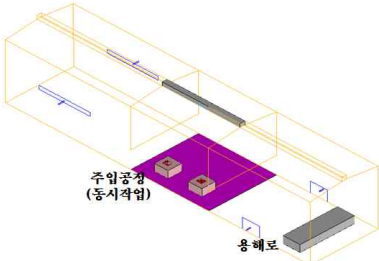
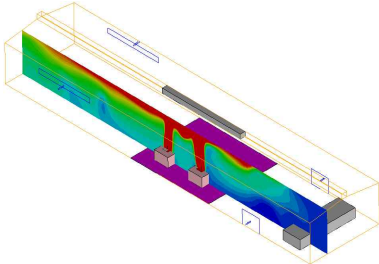
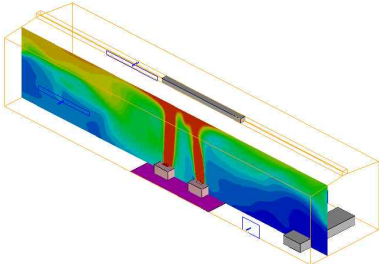
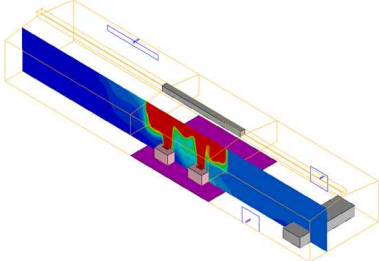
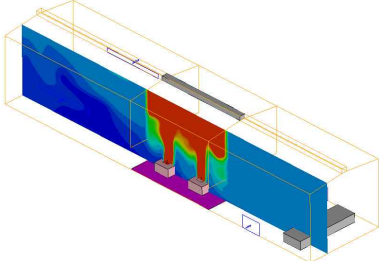
유량 구분	지붕 높이 8 m	지붕 높이 16 m
오염물질발 생량 3배 (1000 CMM)	 하부 농도 77 ppm	 하부 농도 96 ppm
오염물질발 생량 6배 (2000 CMM)	 하부 농도 23 ppm	 하부 농도 28 ppm
오염물질발 생량 9배 (3000 CMM)	 하부 농도 12 ppm	 하부 농도 13 ppm

- 격벽 설치만으로도 큰 효과를 가져오며, 오염물질 배출량의 6배(2000 CMM) 정도 배기하면 지붕 높이에 상관없이 95% 이상 저감효과 있음
- 격벽을 설치하는 등 환기에 유리한 기류흐름을 조성하면 적은 유량으로도 충분한 환기효과를 가져 올 수 있음
- 격벽 설치시 필요 환기유량은 배출량의 6배정도로 설계하는 것이 바람직함

건축집진설비 배풍량 설계자료 (6)

5) 시뮬레이션 결과 - 동시 작업 시 필요한 배기유량 예측

- 주입을 동시에 작업하는 공장에 대비하여, 필요유량을 예측하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 진행함
- 격벽 설치시와 미설치시로 구분되어 예측되었고 그 결과는 표에서와 같음
- 지붕 높이가 8m일때 격벽 설치시 배출량의 10배(3500 CMM), 격벽 미설치시 배출량의 15배(5250 CMM) 정도 유량이 필요함
- 지붕 높이가 16m일때도 격벽 설치시 10배(3500 CMM), 격벽 미설치시 15배(5250 CMM) 이상의 유량이 필요한 것으로 예측됨

구분	지붕 높이 8 m	지붕 높이 16 m
제어체적		
격벽 미설치 배기: 배출량의 15배		
격벽 설치 배기: 배출량의 10배		

건옥집진설비 배풍량 설계자료 (7)

3. 설계 인자 정리

- 배기량은 오염물질 배출량에 기준하여 산정하였으며 필요 유량은 표에서와 같음 (배출량 350 CMM 적용)
- 표로부터 격벽 설치에 따른 환기효과가 많이 차이나는 것을 알 수 있으며 작업에 방해되지 않는 전제하에서 격벽을 설치하는 것을 권장함
- 본 설계는 지붕 8m와 16m에 대한 참고용 설계치일뿐이고, 공장의 작업특성, 건물구조 등 기타 요소 때문에 필요한 유량이 증가 혹은 감소 할 수도 있음

<표> 설계 인자에 따른 필요유량

필요 유량 정리 (발생량의 50% 이상 배기효과 달성)			
구분		설계유량	
단일 작업	격벽 미설치	유량 설계 (배출량 대비)	7-9배
		배기 유량	2500 ~ 3000 CMM
	격벽 설치	유량 설계 (배출량 대비)	4-6배
		배기 유량	1400 ~ 2000 CMM
동시 작업	격벽 미설치	유량 설계 (배출량 대비)	15배
		배기 유량	5000 CMM
	격벽 설치	유량 설계 (배출량 대비)	10배
		배기 유량	3500 CMM

8. 원료저장·보관시설 환기장치 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

후드방식	전체환기장치	밀폐설비
적용작업장소	원료저장시설	약품 보관 캐비닛

2. 후드형태별 특성

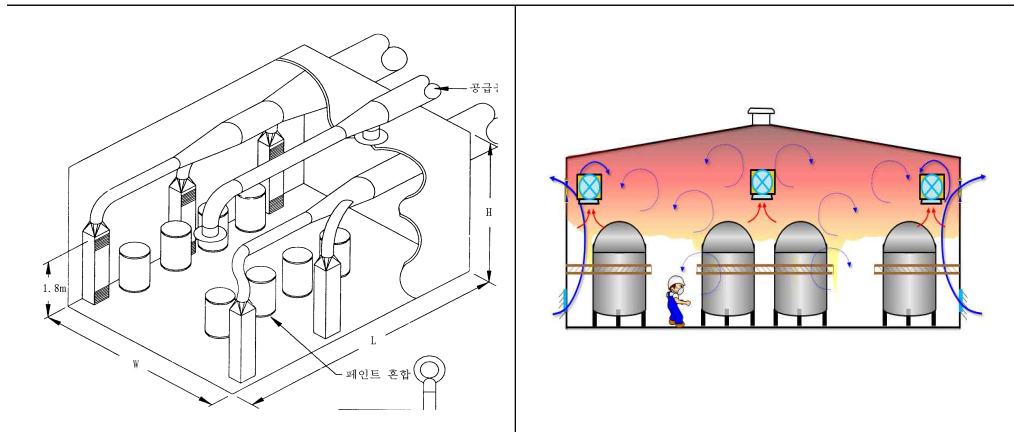
후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
전체환기장치	- 건물내부에 원료를 보관하는 장소에 적합 - 일반적으로 자연급기-강제배기 또는 강제급기-강제배기 방식 적용하되, 유해물질 누출우려가 있거나 독성이 높은 물질은 강제급기-강제배기방식이 적합 - 저독성물질의 경우 외부로 바로 배기(축류팬 등 이용) - 자연급기의 경우 건물외벽 등에서 공기가 유입될 수 있는 별도 급기구 마련이 필요 - 작업자가 저장소 내부 출입 시 별도 보호구 착용 필요
밀폐설비	- 약품보관실(캐비닛 등)의 환기방식에 적합 - 일반적으로 자연급기-강제배기 방식 적용 - 평상시 약품 보관실 내부 음압을 유지하는 상태에서, 약품 사용 시 보관실 문 개방으로 음압이 파괴되어 유해물질 누출가능성이 있음 (별도의 유량조정장치 필요)

8. 원료저장·보관시설 환기장치 (2)

3. 표준설계방안 및 설계기준

① 전체환기장치

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{저장소 체적}(\text{m}^3) \times \text{환기횟수} \times 60$ ※ 시간당 환기횟수(ACH : Air Change per Hour) = 10~12회 이상
급기량	강제급기의 경우 배기량의 95%(내부 음압유지)
급·배기 배치	급기구를 저장소 상부 또는 배기구에서 가장 먼지점에 배치 ※ 급기되는 공기가 오염원을 경유하여 배기토록 배치

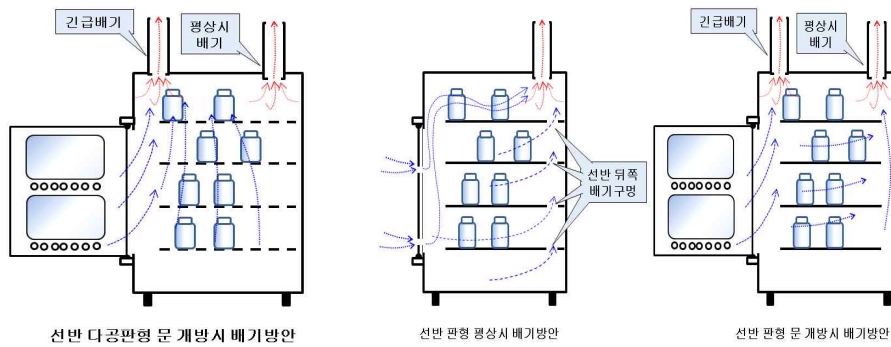
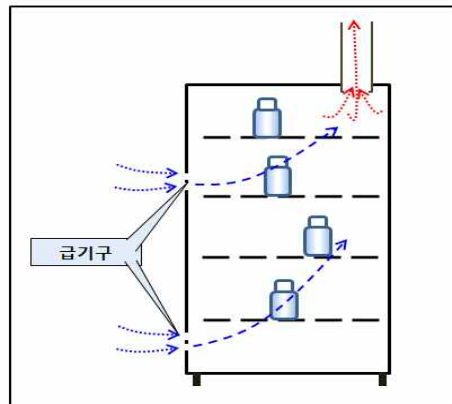
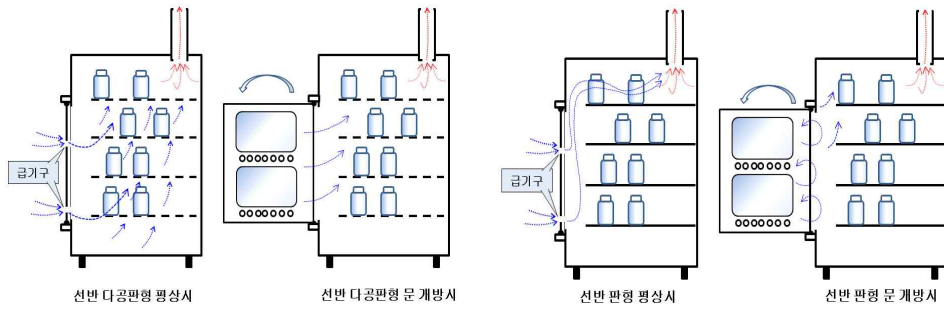
◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 급기구와 배기구의 배치방법에 따라 환기효율이 좌우됨
- 급기되는 공기는 외부 오염되지 않는 공기가 유입되도록 함

8. 원료저장·보관시설 환기장치 (3)

㉒ 밀폐설비

◎ 모식도



8. 원료저장·보관시설 환기장치 (4)

◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
평상시	배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{저장소 체적}(\text{m}^3) \times \text{환기횟수} \times 60$ ※ 시간당 환기횟수(ACH : Air Change per Hour) = 50회 이상
	급기슬롯 유속	0.4m/s 이상 유지
	보관실 내부음압	20mmH ₂ O 이상 유지
	차압계	내부음압 측정을 위해 후드(보관실) 후단에 설치
문 개방시	배풍량(Q)	평상시와 동일
	제어풍속	문 개구면에서 0.4m/s 이상 유지 (제어 풍속 만족을 위해 문 개방시에만 긴급 배기 가동)
인버터(Inverter)		밀폐시와 개방시 유량조절장치(반드시 압력조절식)

◎ 설계 시 유의사항

- ACGIH I.V. Manual에 게시된 설계자료는 해당 제어풍속 이상인 경우 적용 가능
- 평상시 배기풍량 대비 충분한 급기량이 유입될 수 있도록 급기구 적정 설계
- 평상시 음압 상태만 유지되는 상시 밀폐 상태이나 문을 개방하는 경우 순간적으로 음압이 깨져 작업자가 유해물질에 노출됨으로 주의
- 밀폐시와 개방시에는 인버터 등 유량조절장치(반드시 압력조절식)를 활용하여 운영하는 방안 제시가 필요

4. 유지관리 기준

- ◆ 기류 테스트를 이용한 제어성능 평가
- ◆ 보관실 내부음압 상태 확인을 위한 차압계 정상작동 유지관리
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 공기정화방식 : 세정흡착방식(스크러버), RTO, 흡착방식 등 유해물질에 따라 적용
- ◆ 송풍기는 공기정화장치 후단에 설치
- ◆ 저장소, 보관실 외부 등에 안전보건표지판 설치 : 방독마스크 착용, 보호복 착용 등
- ◆ 저장물질에 대한 MSDS 및 경고표지 게시·부착, 근로자 교육 실시
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

9. 투입공정 환기장치 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

가. 통·드럼 투입작업

후드방식	슬롯후드	포위형 후드	직결식 밀폐형 후드	외부식 상방형 후드
적용작업장소	드럼 투입작업	통, 드럼 투입작업	통 투입작업	통, 드럼, 자루 등 투입작업

나. 자동 투입작업

후드방식	포위형 후드 (A)	포위형 후드(B)	(완전)밀폐식 후드
적용작업장소	기계식 투입작업	벨트 컨베이어 투입작업	벨트 컨베이어 투입작업

2. 후드형태별 특성

가. 통·드럼 투입작업

후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
슬롯후드	- 드럼 상부면에 설치되는 반원형의 슬롯 후드 - 설치장소에 크게 제약을 받지 않으며, 작업에 방해가 적음 - 다량의 원료를 투입 시 분진을 흡인능력이 떨어질 수 있음
포위형 후드	- 통, 드럼을 전체 포위하는 구조물 내에 넣어 환기하는 형태 - 설치장소에 제약을 받을 수 있으며, 수동투입 작업 시 방해가 있음 - 분진발생원을 완전히 포위할 수 있어 노출을 최소화 할 수 있음 - 필요 배풍량을 최소화 할 수 있음
직결식 밀폐형 후드	- 별도 투입구가 설치된 통 뚜껑에 직결로 연결되는 후드 - 밀폐된 상태에서 분진을 효과적으로 제거할 수 있음 - 자동으로 투입되는 설비에 적합
외부식 상방형 후드	- 통, 드럼 등 상부에 호퍼 주위에 설치되어 환기하는 형태로 작업특성상 포위형 후드 설치가 곤란한 곳에 설치 - 호퍼에서 자동으로 통, 드럼 등에 투입되는 작업형태에 적합 - 후드에 흡인되는 원료 손실을 최소화 할 수 있음 - 창, 출입문 등 외부 방해기류가 있는 경우 제어성능이 저하될 수 있음 - 포위형보다 배풍량이 많이 요구됨

나. 자동 투입작업

후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
포위형 후드	- 원료 이송부, 낙하부를 제외한 모든 개구부 밀폐설비에 설치되는 후드 - 벨트 컨베이어 이송과정, 낙하과정의 발생 분진 제거에 효과적 - 이송부, 낙하부 등의 밀폐상태에 따라 환기효율이 좌우될 수 있음
밀폐식 후드	- 원료 투입부터 이송까지 완전 밀폐된 컨베이어 설비에 설치되는 후드 - 설비 내부 밀폐상태에 따라 환기효율 좌우

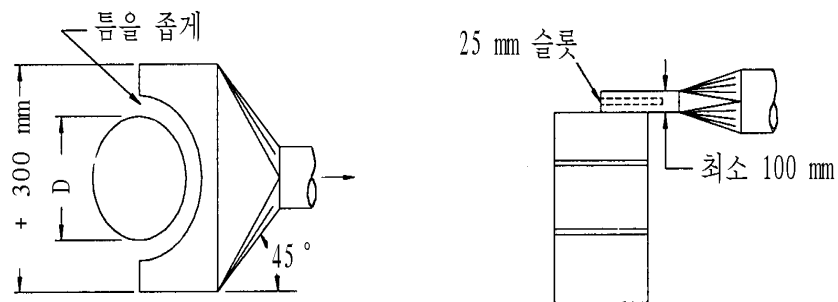
9. 투입공정 환기장치 (2)

3. 표준설계방안 및 설계기준

가. 수동·반자동 투입공정

① 슬롯후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
배풍량(Q)		$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{통 상부면적 당 } 0.51 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60$ ※ 통 상부면적 = $\pi D^2/4$
슬롯	크기	통 직경+300mm
	개구부 폭	25mm 내외
	오염원과 거리	통 테두리와 슬롯 개구면 간격은 가급적 좁게
플레넘 폭		최소 10mm 이상
Taper 각도		45도 이상
덕트이송속도		18m/s 이상
후드유입손실		$1.78 VP_s + 0.25 VP_d$

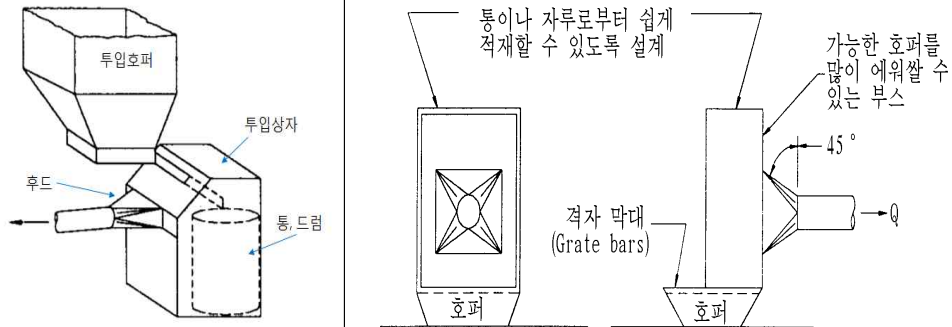
◎ 설계 시 유의사항

- 물질의 주입에 따라 내부의 공기가 밖으로 유출되기 때문에 배기량을 좀 더 늘여야 함.
- 과다하게 배기시키면 원료물질의 손실이 많아질 수 있음.

9. 투입공정 환기장치 (3)

㉒ 포위형 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{개구면적 당 } 0.7\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60$
Taper 각도	45도 이상
덕트이송속도	18m/s 이상
후드유입손실	0.25 VP _d (점감관)

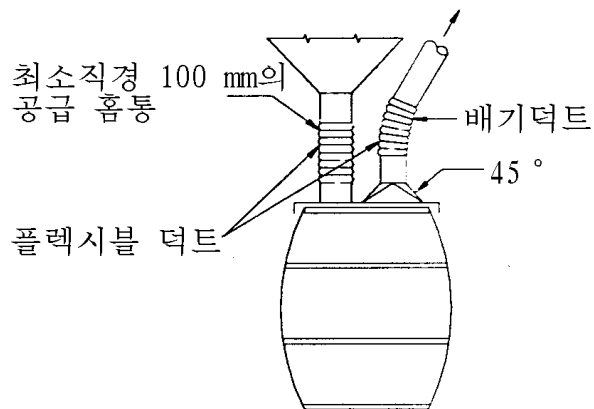
◎ 설계 시 유의사항

- 물질의 주입에 따라 내부의 공기가 밖으로 유출되기 때문에 배기량을 좀 더 늘여야 함.
- 과다하게 배기시키면 원료물질의 손실이 많아질 수 있음.

9. 투입공정 환기장치 (4)

③ 직결식 밀폐형 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 0.08 \text{ m}^3/\text{s/m} \times \text{드럼직경(m)} \times 60$
배기덕트	플렉시블 형태(몸통 직경 100mm이상)
Taper 각도	45도 이상
덕트이송속도	18m/s 이상
후드유입손실	0.25 VP_d

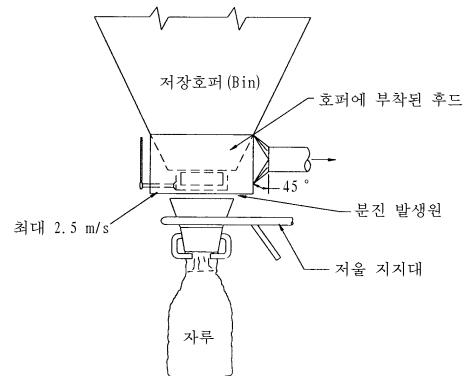
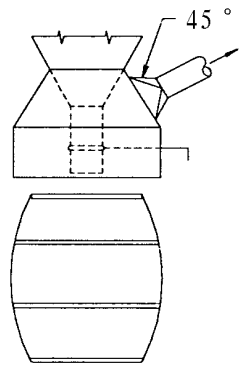
◎ 설계 시 유의사항

- 물질의 주입에 따라 내부의 공기가 밖으로 유출되기 때문에 배기량을 좀 더 늘여야 함.
- 과다하게 배기시키면 원료물질의 손실이 많아질 수 있음.

9. 투입공정 환기장치 (5)

4] 외부식 상방형 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 0.47 \text{ m}^3/\text{s} \times 60$ 이상
원료유실 방지를 위한 최대 개구부 풍속	2.5m/s 이하
Taper 각도	45도 이상
통, 자루 상부면과 후드 개구부와와의 거리	작업에 방해가 되지 않는 최소한의 거리 유지
덕트이송속도	18m/s 이상
후드유입손실	$0.25 VP_d$

◎ 설계 시 유의사항

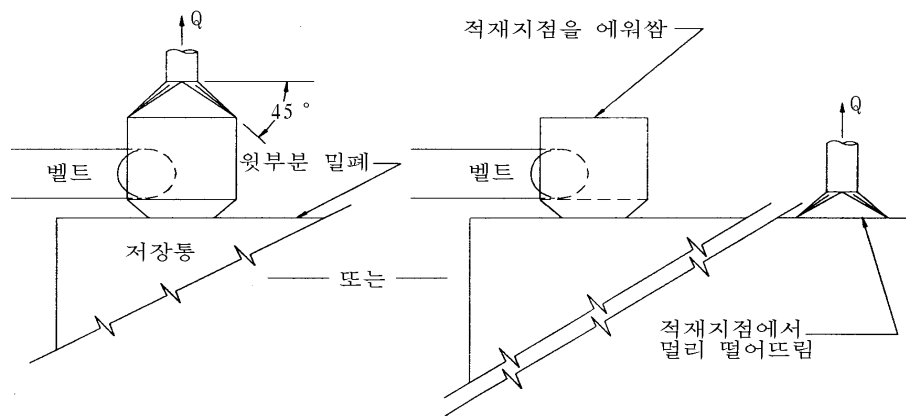
- 물질의 주입에 따라 내부의 공기가 밖으로 유출되기 때문에 배기량을 좀 더 늘여야 함.
- 과다하게 배기시키면 원료물질의 손실이 많아질 수 있음.

9. 투입공정 환기장치 (6)

나. 자동투입공정

① 포워형 후드 A(기계식 투입 컨베이어)

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{모든 개구면적당 } 0.7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60 \text{ 이상}$ ※ 다만, 벨트속도가 1m/s 이상인 경우 [모든 개구면적당 $1.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60$] 이상으로 증가 권장
후드설치 위치	적재(투입)지점으로부터 가급적 먼 지점에 설치
Taper 각도	45도 이상
덕트이송속도	18m/s 이상
후드유입손실	$0.25 VP_d$

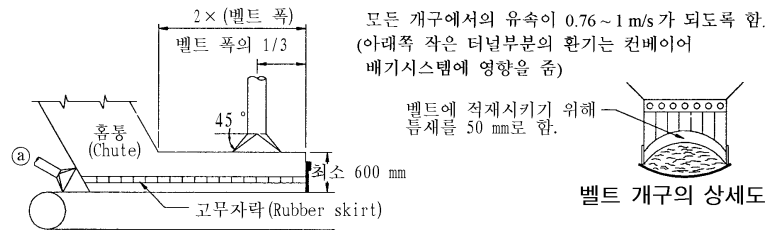
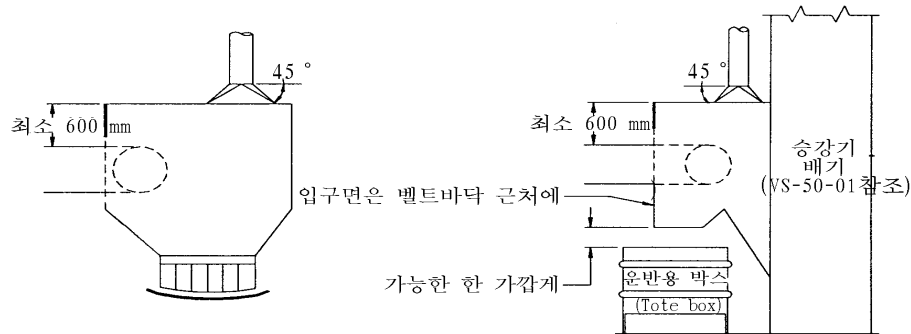
◎ 설계 시 유의사항

- 물질의 주입에 따라 내부의 공기가 밖으로 유출되기 때문에 배기량을 좀 더 늘여야 함.
- 과다하게 배기시키면 원료물질의 손실이 많아질 수 있음.

9. 투입공정 환기장치 (7)

② 포위형 후드 B(준밀폐형 후드)

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
배풍량(Q)	이송부	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{벨트폭당 } 0.54 \text{ m}^3/\text{s/m} \times 60 \text{ 이상}$ ※ 다만, 벨트속도가 1m/s 이상인 경우 [모든 개구면적당 $1.0 \text{ m}^3/\text{s/m}^2 \times 60$] 이상으로 증가 권장
	낙하부	- 벨트폭이 300~900mm이상인 경우 $Q(\text{m}^3/\text{min}) = 0.33 \text{ m}^3/\text{s} \times 60$ - 벨트폭이 900mm이상인 경우 $Q(\text{m}^3/\text{min}) = 0.47 \text{ m}^3/\text{s} \times 60$
Taper 각도		45도 이상
덕트이송속도		18m/s 이상
후드유입손실		0.25 VP _d

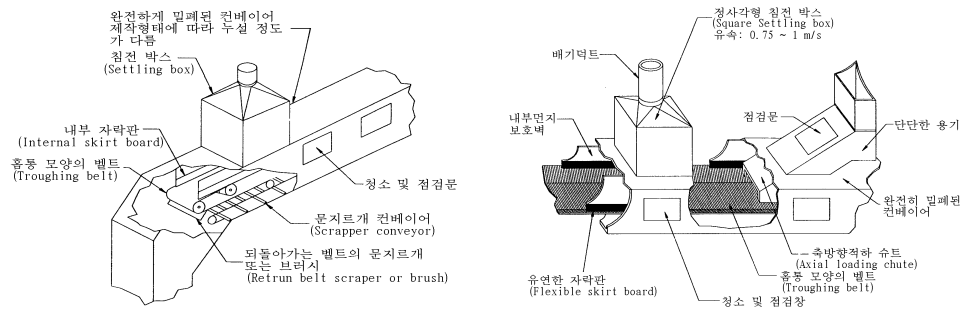
◎ 설계 시 유의사항

- 건조하고 먼지가 많이 나는 물질을 취급할 때는 위에서 제시한 설계치의 1.5 ~ 2배를 적용해야 함.
- 이송부 사이의 벨트는 커버를 하며, 이송부에서는 배기함
- 9m의 간격마다 벨트의 폭 당 $0.54 \text{ m}^3/\text{s/m}^2$ 가 되도록 추가로 배기

9. 투입공정 환기장치 (8)

㉓ (완전)밀폐식 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{개구면적당 } 2.25\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60 \text{ 이상}$
침전박스 유속	0.75~1.0m/s 권장
덕트이송속도	18m/s 이상
후드유입손실	0.25 VP_d

◎ 설계 시 유의사항

- 청소 및 점검창 설치하여 유지관리 용이성 확보

9. 투입공정 환기장치 (9)

4. 유지관리 기준

- ◆ 열선풍속계, 기류 테스트를 이용한 배풍기 효율 평가
- ◆ 공기정화장치의 필터 차압 측정 : 최초 설치 정압대비 30% 이내일 것
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 공기정화방식 : 여과집진방식 적용
- ◆ 송풍기는 공기정화장치 후단에 설치
- ◆ 작업장 주변, 출입구 등에 안전보건표지판 설치 : 방진마스크 착용 등
- ◆ 사용원료물질에 대한 MSDS 및 경고표지 게시·부착, 근로자 교육 실시
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

10. 연마공정 환기장치 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

후드방식	외부식 하방형 후드	포위형 후드	외부식 측방형 후드
작업장소	작업대 일체형 연마작업 (핸드그라인더 사용 등)	탁상연삭 작업 (회전숫돌 이용 등)	표면연마작업 (표면연삭기 이용 등)

2. 후드형태별 특성

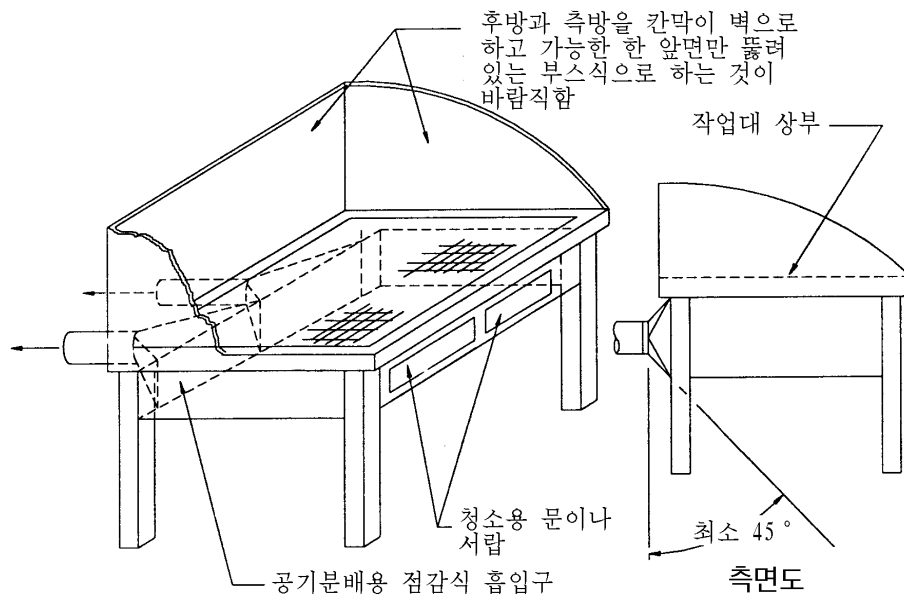
후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
외부식 하방형 후드	- 작업대(벤치)를 사용하는 작업의 작업대 일체형으로 설치하는 후드 - 설치공간 제약이 적으며, 작업에 방해가 적음 - 외부방해기류의 영향이 적어 발생분진을 효과적으로 제거 - 연마작업 방법에 따라 환기효율에 영향을 줄 수 있음
포위형 후드	- 숫돌 덮개에 일체형으로 설치하는 후드형태 - 설치공간이나 작업에 방해가 적음 - 작업자의 작업방법에 따라 환기효율에 영향을 줄 수 있음
외부식 측방형 후드	- 연마작업 시 비산되는 분진을 비산방향에서 포집하는 후드 형태 - 설치공간에 제약을 받을 수 있음 - 후드형태, 크기, 설치위치에 따라 작업에 방해를 줄 수 있음 - 외부 방해기류가 있는 경우 환기효율에 영향을 줄 수 있음

10. 연마공정 환기장치 (2)

3. 표준설계방안 및 설계기준

① 외부식 하방형 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{작업대 면적당 } 1.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60 \text{ 이상}$
플레넘 유속	후드 제어풍속의 50%(0.5m/s) 이하가 되도록 설계
Taper 각도	45도 이상
덕트이송속도	18m/s 이상
후드유입손실	$0.25 VP_d$

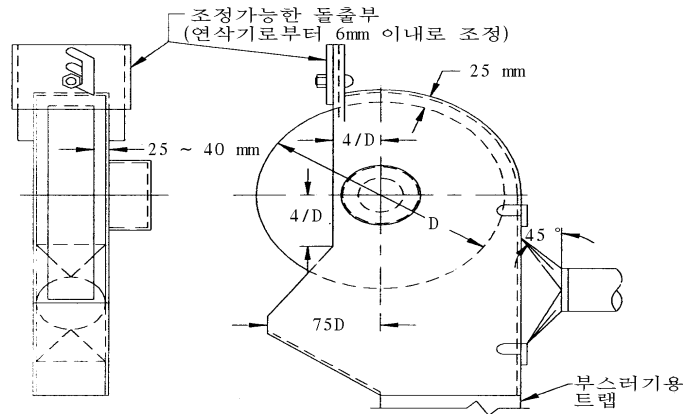
◎ 설계 시 유의사항

- 후드 측면, 뒷면은 가급적 칸막이를 설치하여 외부기류 차단
- 후드 흡입구는 점감식으로 하되, 작업대 크기에 따라 다중으로 설치
- 작업면에서 제어풍속이 균등하게 분배되어야 하며 청소에도 대비해야 함.

10. 연마공정 환기장치 (3)

② 포위형 후드

◎ 모식도



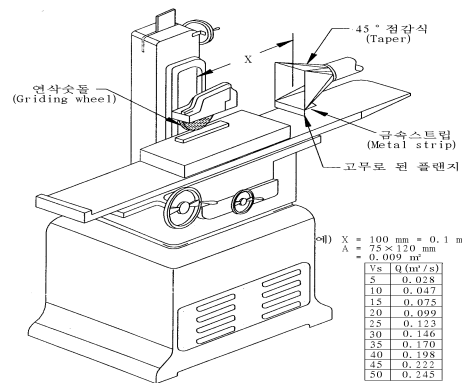
◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위					
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{작업대 면적당 } 1.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60 \text{ 이상}$					
	휠 직경(mm)	휠 폭(mm)	휠 표면속도 33 m/s이하 씩우개양호*	휠 표면속도 33 m/s이하 씩우개불량	휠 표면속도 33 m/s이상 씩우개양호*	휠 표면속도 33 m/s이상 씩우개불량
	~ 125	25	0.10	0.10	0.10	0.18
	125 ~ 250	40	0.10	0.14	0.18	0.29
	250 ~ 355	50	0.14	0.24	0.24	0.35
	355 ~ 405	50	0.18	0.29	0.29	0.41
	405 ~ 510	75	0.24	0.35	0.35	0.47
	510 ~ 610	100	0.29	0.41	0.41	0.57
	610 ~ 760	125	0.41	0.57	0.57	0.75
	760 ~ 915	150	0.57	0.75	0.75	0.94
* 휠의 25 % 이하만 외부에 노출되어 있을 때를 "씩우개 양호"로 분류						
덕트이송속도	20m/s 이상					
후드유입손실	0.40 VP_d (점감식), 0.65 VP_d (점감식)					

10. 연마공정 환기장치 (4)

③ 외부식 측방형 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위
배풍량(Q)	$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 0.043 \times V_s \times (10X^2 + A) \times 60$ 이상 X = 후드 개구면으로부터 휠 중심까지의 거리(m) A = 후드 개구 면적(m^2) V_s = 휠의 표면속도(m/s) = $\pi(3.14) \times R/60 \times D$ D = 휠의 직경(m) R = 휠의 회전수 (rpm)
후드크기	오염원과의 거리, 분진비산 특성을 고려하여 최소한으로 선정
Taper 각도	45도 이상
덕트이송속도	18m/s 이상
후드유입손실	0.25 VP_d

◎ 설계 시 유의사항

- 후드설치 위치는 작업특성, 분진비산 각도 등을 고려하되 최대한 가까이 설치

10. 연마공정 환기장치 (5)

4. 유지관리 기준

- ◆ 열선풍속계, 기류 테스트를 이용한 배풍기 효율 평가
- ◆ 공기정화장치의 필터 차압 측정 : 최초 설치 정압대비 30% 이내일 것
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 공기정화방식 : 여과집진방식 적용
- ◆ 배풍기는 공기정화장치 후단에 설치
- ◆ 작업장 주변, 출입구 등에 안전보건표지판 설치 : 방진마스크 착용 등
- ◆ 사용원료물질에 대한 MSDS 및 경고표지 게시·부착, 근로자 교육 실시
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

11. 용접공정 환기장치 (1)

1. 적용가능한 후드 형태

후드방식	작업대 위 슬롯후드	이동식 후드	하방형 슬롯 후드	전체환기
작업장소	일반용접 (고정작업)	일반용접 (이동작업)	도치절단 작업	조선, 철강공장 용접작업 등

2. 후드형태별 특성

후 드 형 태	특 성 (장·단점 등)
작업대 위 슬롯후드	- 작업대 위에서 용접작업을 하는 경우에 적용되는 후드형태 - 외부방해기류 영향이 적고, 작업 시 발생하는 용접흄을 효과적으로 제거할 수 있음 - 설치공간에 제약을 받을 수 있음
이동식 후드	- 주로 플렉시블 덕트에 연결하여 사용하는 후드형태 - 비교적 설치공간 및 작업특성에 제약을 받지 않고 설치할 수 있어 대부분의 용접작업에서 적용 - 외부방해기류 및 후드 위치, 작업방법 등에 따라 후드 제어성능이 좌우됨 - 후드를 용접면에 가까이 할 경우 흡인기류에 의해 용접불량이 발생되곤 함
하방형 슬롯후드	- 대형구조물 등을 작업장 바닥면에 둔 채로 절단(토치)하는 작업에 적용되는 후드 형태 - 설치공간에 제약을 받을 수 있음 - 구조물의 크기, 외부방해기류 등에 따라 후드제어성능에 영향을 줌
전체환기	- 희석환기방식으로서 국소배기시스템을 사용할 수 없는 경우 적용 - 급기구, 배기구 배치구조 등에 환기효율이 좌우될 수 있음

※ 용접작업 유해물질 특성

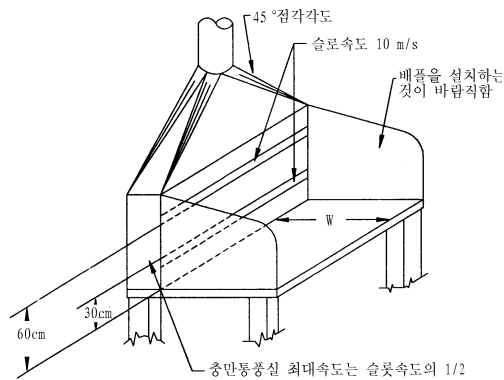
- 흄 및 가스의 발생율은 모재(base metal), 피복제(flux) 및 용가제(filler)의 종류와 용접 속도 및 용접깊이에 따라 다르다. 용접작업자의 오염물질 폭로정도는 유해물질의 발생율, 지속기간, 작업의 횟수, 작업습관(특히 호흡영역으로부터 연기(plume)까지의 거리), 그리고 환기의 효과에 따라 다르다.
- 용접과정에서 발생하는 유해물질은 다음과 같다.
 - ① 모재와 용가제, 또는 금속전극봉(electrode metal)으로부터 발생하는 흄
 - ② 피막으로부터 발생하는 흄(아연도강판으로부터의 아연산화물과 전극봉의 피막으로부터 발생하는 불소화합물 및 NO₂)
 - ③ 아크용접과정에서 발생한 자외선에 의해 산소가 이온화되어 생긴 오존
 - ④ 방호가스(shield gas)내의 이산화탄소가 자외선의 영향을 받아 발생된 일산화탄소
 - ⑤ 이산화탄소, 헬륨 그리고 아르곤과 같은 방호가스
 - ⑥ 피복제 및 전극봉 피막으로부터 발생된 불소화합물 및 기타 열분해산물
 - ⑦ 아세틸렌과 같은 가연성 가스
- 권장되는 후드 형태는 포위형 후드가 용접과정에서 발생된 유해물질을 제거하는 데는 가장 효과적이나, 용접 및 관련작업이 불편해지는 단점이 있어 포집형 후드가 주로 사용된다.

11. 용접공정 국소배기장치 (2)

3. 표준설계방안 및 설계기준

① 작업대 위 슬롯후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
배풍량(Q)		$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{후드의 길이당 } 0.54 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
		※ 후드의 길이는 필요한 작업공간과 같게 함. 단, 작업대의 폭이 권장치(600mm)보다 클 경우 배풍량 증가
작업대의 폭		최대 600mm 이하
슬롯	개구면속도	10m/s
	폭, 길이	슬롯기준속도가 유지될 수 있도록 폭, 길이 결정
	설치간격	작업면에서 위로 30cm, 각 슬롯간 30cm 유지
플레넘 속도		슬롯속도의 1/2 이하
Taper 각도		45도 이상
덕트이송속도		10m/s 이상
후드유입손실		$1.78 VP_s + 0.25 VP_d$

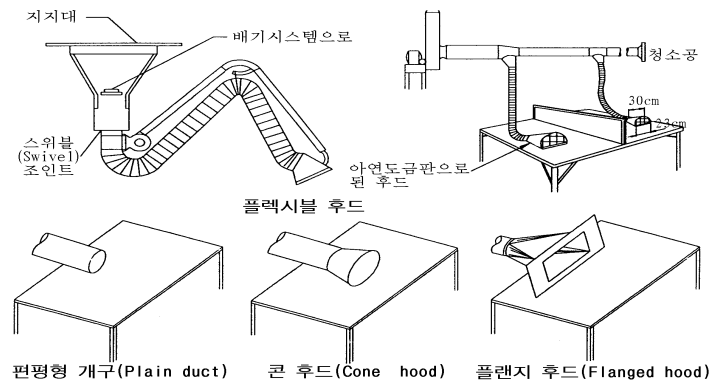
◎ 설계 시 유의사항

- 후드 양측면에 반드시 배플(baffle)을 설치하여 외부방해기류 차단

11. 용접공정 국소배기장치 (3)

㉒ 이동식 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자	설계 범위		
배풍량(Q)	후드개구면으로부터 발생원까지의 거리(mm)	편평형 개구 (m ³ /s)	플랜지 또는 콘 후드 (m ³ /s)
	~ 150	0.16	0.12
	150 ~ 225	0.35	0.26
	225 ~ 300	0.63	0.47
후드개구면 유속	7.5m/s 이상		
Taper 각도	45도 이상		
덕트이송속도	15m/s 이상		
후드유입손실	- 편평형 개구의 유입손실 = $0.93 VP_d$ - 플랜지 또는 콘 후드의 유입손실 = $0.25VP_d$		

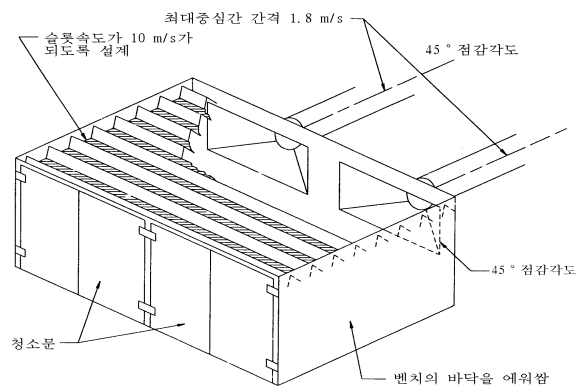
◎ 설계 시 유의사항

- 배풍량의 설계범위는 후드를 작업측면에 두었을 경우 적용하되, 후드를 작업상부에 배치하는 경우나 외부방해기류가 큰 경우에는 배풍량의 증가가 필요
 ※ 예: 상방향으로 설치하는 경우 제어풍속(V)을 1.2m/s 적용($Q=60 \cdot V \cdot (10 \cdot X^2+A)$)
- 가능한 한 작업물체를 후드에 근접시킴
- 후드의 흡인에 의하여 용접부위에 0.5 ~ 1.0 m/s 이상의 유속이 생성되면 방호가스층을 교란시켜 용접불량이 생길 수 있기 때문에 주의 요망

11. 용접공정 국소배기장치 (4)

③ 외부식 하방형 후드

◎ 모식도



◎ 설계인자

설계 인자		설계 범위
배풍량(Q)		$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \text{총 벤지면적당 } 0.75 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2 \times 60$
슬롯	개구면속도	10m/s
	폭, 길이	슬롯기준속도가 유지될 수 있도록 폭, 길이 결정
Taper 각도		45도 이상
덕트이송속도		20m/s 이상
후드유입손실		$1.78 VP_s + 0.25 VP_d$

◎ 설계 시 유의사항

- 후드는 벤치의 바닥을 에워싸도록 제작하되, 반드시 청소문을 설치할 것

11. 용접공정 환기장치 (4)

4 전체환기

◎ 설계인자

구 분	배풍량 설계범위	
용접봉의 직경과 용접기수에 따른 환기량	용접봉의 직경 (mm)	용접기 한 대당 환기량 (m ³ /s/대)
	4	0.47
	5	0.71
	6	1.65
	10	2.12
시간당 용접봉 사용량에 따른 환기량	가. 개방된 지역에서 용접흠이 호흡영역과 떨어져서 발생할 때 환기량 $Q(\text{m}^3/\text{s}) = 0.83 \times \text{시간당 용접봉 사용량}(\text{kg}/\text{hr})$ 나. 밀폐된 지역이나 용접흠이 호흡영역으로 들어올 때 환기량 $Q(\text{m}^3/\text{s}) = 1.66 \times \text{시간당용접봉 사용량}(\text{kg}/\text{hr})$	

◎ 설계 시 유의사항

- 전체환기방식(희석환기)는 국소배기시스템을 사용할 수 없는 경우 적용

11. 용접공정 환기장치 (5)

4. 유지관리 기준

- ◆ 열선풍속계, 기류 테스트를 이용한 배풍기 효율 평가
- ◆ 공기정화장치의 필터 차압 측정 : 최초 설치 정압대비 30% 이내일 것
- ◆ 후드와 덕트연결부 등 접속부는 누설이 없을 것 : 스모크테스트 기류 확인
- ◆ 공기정화장치, 배풍기 등은 「공통유지관리 기준」에 따름

5. 기타 안전보건기준

- ◆ 공기정화방식 : 여과집진방식 적용
- ◆ 배풍기는 공기정화장치 후단에 설치
- ◆ 작업장 주변, 출입구 등에 안전보건표지판 설치 : 방진마스크 착용 등
- ◆ 사용원료물질에 대한 MSDS 및 경고표지 게시·부착, 근로자 교육 실시
- ◆ 작업환경측정 실시(주기 6개월 1회), 배치전·특수건강진단 실시
- ◆ 기타 덕트, 공기정화장치, 배풍기(송풍기), 굴뚝 등은 「공통설계기준」에 따름

VI. 결론 및 향후 연구방향

유해위험방지계획서 심사제도가 효과적으로 이루어지기 위해서는 여러 가지 준비사항이 필요하지만, 가장 중요한 문제는 어떻게 심사를 해야만 현장에 설치되는 산업환기설비가 제대로 작동되게 할 수 있는가이다. 현재 시행되고 있는 유해위험방지계획서 심사제도에서 개선이 필요한 심사대상, 심사항목 등에 대한 개선방향이 제시되었고, 심사서류의 간편화를 위한 방안이 마련되었다. 이에 대한 충분한 논의를 거쳐 필요한 사항을 하루 빨리 제도에 접목시켜야 할 것으로 판단되며, 지속적인 논의가 이루어져야 이 제도가 성공적으로 진행될 것으로 확신한다.

심사에 필요한 설계자료의 대부분이 미국 산업환기매뉴얼에 의존하고 있는 실정이나, 이 매뉴얼에 나와 있지 않은 공정도 날이 갈수록 많아질 수밖에 없고, 뭔가 수정되어 할 부분이 있다고 짐작은 하고 있지만, 이에 대한 정확한 실증을 해보지 않아서 이에 따르는 산업보건 및 경제적 측면의 손실이 상당할 것으로 판단된다. 따라서 안전보건공단에서 수행한 바 있는 “표준환기방안연구”를 보다 활성화 시키고, 이에 대한 지속적인 연구를 수행하여 현장에서 일어나고 있는 산업보건활동의 기초자료를 제공하여야 할 뿐만 아니라, 산업공정의 변화에 신속히 대처해야 할 필요가 있다.

또한, 유해위험방지계획서 심사는 심사자의 기술수준이 높아야 된다는 것은 두말 할 필요가 없기 때문에 심사자에 대한 초기 교육과 정기적인 보수교육이 필요하다고 판단되므로 이에 대한 정책적인 뒷받침이 필요하다. 또한 공단 인트라넷을 통하여 심사자들끼리 의견 교환을 활발히 하고, 문제가 생기는 부분에 대해서는 Task Force Team을 구성하여 문제해결에 도움을 주거나, 향후 구체적인 검증이 필요한 부분에 대한 계획 수립이 필요하다고 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) 강석호. 분진폭발의 예방과 방재 1991
- 2) 김태형 외 3인, “산업환기”, 신광출판사, 1999.
- 3) 작업환경측정기술협의회, “작업환경 개선에 따른 산업환기 매뉴얼”, 작업환경측정기술협의회, 1995.
- 4) ACGIH, "Industrial Ventilation – A Manual of Recommended Practice for Design", 2010.
- 5) ACGIH, "Industrial Ventilation – A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance", 2007.
- 6) Howard Goodfellow and Esko Tahti, "Industrial Ventilation Design Guidebook", Academic Press, 2001

Abstract

In accordance with Article 48 of the Occupational Safety and Health Act, safety inspections (reviews) are required prior to installation, relocation, or alteration of key equipment used in the manufacturing industry. This is to secure the safety of the equipment while ensuring and enhancing workers' safety and health. This is called as "harm and hazard prevention plan(HHPP)".

This study was performed to help the HHPP reviewers about how to review the HHPP for general ventilation systems and enclosed process ventilation systems. First of all, the difficulties and problems in reviewing HHPPs were discussed in the workshops. The companies which submitted HHPPs were visited to know any difficulties and some other related problems. The performance of industrial ventilation systems already reviewed were evaluated. Too complicated documentation and some design parameters confliction with those of Ministry of Environment were the most significant difficulties in HHPP.

Definitions of general ventilation system and enclosed process ventilation system was redefined according to the principle of industrial ventilation. The documentation list was readjusted in a short form to accomplish the objective of HHPP. The design review guidelines were prepared to give "design standards" to the reviewers. 11 industrial ventilation systems were selected after some discussions about the significance of the processes. Some of them were prepared, based on American Industrial Ventilation Manual. Others were developed, based on the past experience and computation fluid dynamics simulations.

〈〈연 구 진〉〉

연 구 기 관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 김 태형 (교 수, 공학박사, 창원대학교)

연 구 원 : 하 현철 (공동연구원, 공학박사, 창원대학교)
Prueksakorn Kritana (보조연구원, 공학박사,
창원대학교)

최 재영 (보조연구원, 공학석사, 창원대학교)
이 승연 (보조연구원, 공학석사, 창원대학교)
송 보명 (보조연구원, 공학석사, 창원대학교)
김 태형 (보조연구원, 공학석사, 창원대학교)

〈〈연 구 기 간〉〉

2014. 3. ~ 2014. 10.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2014년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

전체환기 및 밀폐설비 설치의 적정성 평가 도구 개발

(2014-연구원-639)

발 행 일 : 2014년 10월 31일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 권 혁 먼

연구책임자 : 창원대학교 환경공학과 김 태 형

발 행 처 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (681-230) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : (052) 7030-910

F A X : (052) 7030-337

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
