

연구보고서

국소배기장치의 체계적 관리를 위한 설치·관리기준 연구

하 현 철

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “국소배기장치의 체계적 관리를 위한 설치·관리기준 연구”의 최종 보고서로 제출합니다.

2023년 11월

연구진

연구기관 : 주식회사 벤틱
연구책임자 : 하현철 (대표이사, (주)벤틱)
연구원 : 김대운 (팀장, (주)벤틱)
연구보조원 : 김현주 (직원, (주)벤틱)
연구보조원 : 진상윤 (직원, (주)벤틱)
보조원 : 김태훈 (직원, (주)벤틱)
보조원 : 김미애 (주임, (주)벤틱)

요약문

- 연구기간 2023년 04월 ~ 2023년 11월
- 핵심단어 국소배기장치 설계, 국소배기장치 관리체계, 국소배기장치 성능 평가
- 연구과제명 국소배기장치의 체계적 관리를 위한 설치·관리 기준 연구

1. 연구 배경

산업안전보건기준에 관한 규칙에 따르면 국소배기장치의 설계 및 성능 평가에 있어 유일한 기준은 후드 제어유속이 적용되고 있다. 작업공정별과 오염물질 발생 특성이 다양화되면서 적절한 후드 형태와 환기량 산정 기준이 필요하지만, 현재 제어유속만으로 성능 평가함으로써 인해 많은 문제점이 발생하고 있다.

본 연구를 통해 국소배기장치의 문제점으로 제기되는 제어유속 기준의 국소배기장치 설계 및 평가 방법 그리고 관리체계에 대한 대안을 제시하고자 한다.

2. 주요 연구내용

1) 국소배기장치 관리 제도의 문제점

(1) 보건기준에 관한 규칙

물질별로 국소배기장치 설치 대상 및 설비 기준과 특례 및 적용 제외 등이 복잡하게 구성되어 현장 사용자의 어려움이 많다. 특히, 국소배기장치의 효율적인 설치를 위한 설계의 적정성 평가는 유해위험장지계획서제출 대상만 적용되고, 주기적인 평가는 안전검사 대상 물질만 적용되는 등 제도가 복잡한 문제가 있다.

또, 국소배기장치 점검은 사용 전 점검과 주기적인 점검으로 구분하고 사용 전 점검은 육안검사만 실시하고 주기적인 점검은 “국소배기장치 자체검사 제도” 폐지로 인해 실질적인 국소배기장치의 점검은 부재한 실정이다.

국소배기장치 관리에 가장 효율적인 방법은 설치 위치에 대한 명확한 규정이 필요하고, 적절한 설계에 대한 평가와 설치 후 환기 효율을 평가할 수 있는 합리적인 사용 전 점검 제도가 시행되어야 한다. 그리고 가장 중요한 주기적인 평가가 도입될 필요가 있다.

즉, 국소배기장치의 효율적인 운영을 위해서는 설치 대상 선정- 설치 전 효율적인 설계 검토 - 설치 후 효율 평가 - 사용 중 주기적인 점검 등이 체계적으로 이루어져야 한다.

(2) 국소배기장치 설치 및 평가 방법의 문제점

가) 국소배기장치 설치 기준

관리대상 유해물질, 허가 대상 유해물질, 금지 유해물질 및 분진 작업과 보건기준에 관한 규칙 제72조와 제83조(발산억제)에 해당 유해물질을 취급할 경우 국소배기장치 후드를 설치하도록 하고 있다. 또, 국소배기장치 미설치

및 전체환기 설치 가능 여부 등 적용 제외에 관한 내용도 각각 물질별로 서술되어 있어 현장에서 보건규칙의 국소배기장치에 관한 내용을 이해하는 데 많은 어려움이 있다.

본 연구에서는 보건기준에 관한 규칙을 개정하여 국소배기장치 후드의 설치 위치와 적용 제외 대상을 화학물질 위험성 평가제도와 연계하여 설치 여부를 결정하도록 하였다.

나) 제어유속 평가 방법의 문제점

국소배기장치 성능 평가 기준을 제어유속으로만 평가함으로 인해 많은 문제가 발생한다. 후드 형태별 물질별로 구분된 제어유속을 적정성에 대한 문제뿐만 아니라, 제어유속 측정 불가능 공정의 평가 방법 부재, 그리고 제어유속만 측정하면 작업자 호흡영역에 대한 보호 여부를 확인할 수 없는 문제가 있다.

국외 사례를 검토하여 제어유속뿐만 아니라 작업자 호흡영역을 보호할 수 있는 국소배기장치 성능 평가 방법을 제시하였다.

(3) 안전검사 제도 문제점

2020년도부터 2022년도까지 안전검사 대상 물질 49종을 취급하는 공정의 작업환경 측정 개수와 노출기준 대비 노출 농도를 정리하였다.

2020년도 안전검사 대상 물질을 취급하는 818,904개 중 5,270개에서 물질별 노출 기준 50%를 초과하여 안전검사 대상은 사용 개소 대비 0.64%에 불과하였다. 2021년과 2022년도 안전검사 대상이 0.6%로 측정되어 실제 안전검사 대상이 매우 적었다. 또, 안전검사 대상 중 50% 이상이 용접 흡으로 국소배기장치 미설치공정이 많아 실질적인 안전검사 대상은 0.3% 이하인 것으로 파악되었다.

또, 2022년과 2023년 트리클로로메탄에 의한 중독사고 3건에서도 안전검사 대상 물질을 취급하지만, 국소배기장치 미설치 및 안전검사 미실시 등 안

전검사 제도에 대한 실효성이 부족한 것으로 파악되었다. 그리고 가장 중요한 내용은 안전검사 결과 제어유속이 불량할 경우 법 제95조에 의해 국소배기장치를 사용할 수 없다는 문제가 발생한다. 효율적인 국소배기장치 관리를 위해서는 국소배기장치를 안전검사 대상에서 제외하는 것이 바람직하다.

2) 국외 국소배기장치 관리체계 분석

(1) 미국의 국소배기장치 관리제도

미국은 국소배기장치는 법적 규제를 갖는 것이 아닌 직무별 또는 업무별 근로자 보호를 위해 관련 단체와 협의하여 최적의 환기 방안을 제시하고 그 내용을 OSHA에서 매뉴얼로 제작하여 현장에서 참고하도록 하고 있다.

OSHA 규정에 따르면 국소배기장치에 대한 조사는 노출 기준을 초과할 가능성이 있거나 화재폭발 위험이 있는 경우, 실내 공기질 문제가 있는 경우에 실시한다.

국소배기장치 검사 방법은 일일검사, 주간검사 및 월별 검사로 구분하여 점검항목을 제안하고 있다. 제어유속은 국소배기장치 효율 평가 도구가 아니라 설계를 위한 참고 자료로 활용하도록 하고 있다.

(2) 영국의 국소배기장치 관리제도

영국 안전보건청(HSE)에서 발행하는 안전보건지침(HSG 258)에는 작업장의 공기 중 오염물질 제어를 위한 국소배기장치 가이드(Controlling airborne contaminants at work; A guide to local exhaust ventilation (LEV))가 포함되어 있다.

영국 제도가 우리나라 제도와 유사하고 개선을 위한 참고가 가능할 것으로 판단된다.

국소배기장치 설치의 위험성 평가를 시행하여 설치 유무를 평가하고, 근로

자는 작업 지시대로 작업을 실시하여 유해물질의 노출을 최소화해야 한다.

그리고 설치 후 시운전을 반드시 실시하여야 하고, 최소 14개월 이내에 주기적인 국소배기장치 테스트를 수행해야 하며, 5년간 기록을 보관해야 한다. 또, 유해물질 발생량을 고려하여 후드 형태를 선정하고, 후드 형태별 설계 방법을 제시하고 있다. 부스형 후드는 제어유속을 적용하지만, 다른 후드는 제어유속뿐만 아니라 공정 특성을 고려하여 설계하도록 제안하고 있다.

3) 제어유속 범위 적정성 검토

ACGIH의 산업 환기 매뉴얼의 Specific operations에 공정별로 후드 환기량 설계 방법에 제시되어 있는데 대부분 면적별 환기량 산정 방법을 제시하고 있다. 유량 설계기준이 $m^3/min/m^2$ 로 제시되므로 제어유속(m/s)으로 환산할 수 있다. 물질별 후드 형태별로 제시된 보건규칙의 제어유속과 비교해보면, ACGIH의 Specific operations의 제어유속이 보건규칙의 제어유속보다 1.5배 정도 높은 것으로 파악되었다. 또, 업종이 구분되지 않는 기타 공정에는 후드 형태 및 오염물질 독성도에 따라 매우 넓은 제어유속 범위를 제시하고 있고, 제어유속은 설계시 참고 자료로 활용하고 후드 평가 지표로 사용하지 않는 미국의 국소배기장치 관리제도를 참고한다면, 제어유속으로 국소배기장치를 평가하는 현재의 제도는 개선이 필요하다.

4) 국소배기장치 성능 평가 및 설계시 문제점

(1) 공단 국소배기장치 성능 평가 보고서 분석

안전보건공단에서 실시하고 이는 국소배기장치 성능 평가 사업에서 성능 평가 완료된 67개 후드에 대한 국소배기 성능 평가 결과와 노출 농도를 비교하였다.

국소배기장치 성능 평가 결과와 작업환경 측정 결과를 거의 비례하지 않은 것으로 평가되었다.

국소배기장치 성능 평가 결과 효율이 미흡한 공정에서 노출 농도도 매우 낮으면 후드 설치 및 효율 평가 필요성에 대한 의문이 제기된다. 국소배기장치를 설치하기 전, 위험성 평가를 실시한 후 설치 여부를 결정하는 등 제도 개선 필요성이 대두된다.

(2) 공정별 후드 설계 및 평가 방법

10개 공정에 대한 환기 설계 및 성능 평가를 실시하였다. 밀폐형 후드 및 고열 발생공정, 작업자가 부스 내부에서 작업하는 work in 후드 등에 대한 설계시 문제점 및 제어유속 이외의 평가 방법을 제안하였다. 현장 실태 조사 결과는 후드 유량 설계 및 평가 방법 개선안 수립할 때 활용하였다.

5) 국소배기장치 관리제도 개정(안)

(1) 국소배기장치 설치 위치

유해물질을 취급하는 모든 공정에 국소배기장치를 설치하고, 허용소비량 이하인 경우와 임시 및 단시간 작업이라도 위험성 평가 후 전체환기장치 또는 설치하지 않을 수 있도록 하였다.

(2) 국소배기장치 평가 방법

제어유속만으로 평가하는 현재의 방법에서 정량, 정성 및 공기질 증가 등으로 다양화하였다.

- (정성 평가) 작업자가 작업하는 상황과 같은 조건에 연기 발생기를 이용한 기류 평가를 실시하고 연기가 작업자 호흡영역으로 향하지 않고 외부로 비산되지 않는 상태에서 후드로 배출되

어야 함

- (정량 평가) 후드의 배기 유량 및 후드 정압을 측정하여야 함
측정된 배기 유량은 설계유량보다 많아야 함
 - (공기질 측정) 위험성 평가 결과 근로자 건강에 영향을 줄 수 있거나 특별 관리 물질을 배출하면 후드 주변 공기질 측정
- (3) 국소배기장치 평가 주기
- (사용 전 점검) 사업주는 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 경우 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리한 후 처음으로 사용할 때는 사용 전에 점검하여야 함
 - (주기적인 점검) 특별관리 물질을 취급하는 공정에 설치된 후드는 연 1회 이상 주기적인 점검을 하여야 함
 - (수시 점검) 작업환경 측정 결과 노출기준 50%를 초과하는 공정에 설치된 후드에 대해서는 작업환경 측정 결과를 인지한 지 30일 이내에 해당 후드에 대한 수시 점검하여야 함

6) 체계적 국소배기장치 평가 및 관리를 위한 사업자용 가이드 개발

본 연구에서 제안된 후드 형태별 유량 설계 및 평가 방법에 관한 내용은 산업환기설비에 관한 기술 지침(w-1-2019)에 수록하였다. 사업장에서는 기술 지침에 내용으로 국소배기장치를 설치하기 때문에 기술지침을 개정하면 가장 효과적인 방안으로 판단된다.

단, 관리제도가 개정되어 설계 및 평가 방법의 개정이 선행되어야 가이드의 내용이 현장 적용할 수 있다.

3. 연구 활용방안

본 연구에는 효율적인 국소배기장치 관리를 위한 기준을 제시하고, 그 결과를 정리하여 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 산업환기설비에 관한 기술 지침(w-1-2019) 개정에 활용할 수 있다. 또, 국소배기장치의 효율적인 관리를 위한 사업장의 기술 지침서로 활용할 수 있다.

4. 연락처

- 연구책임자 : (주)벤틱 대표이사 하현철
- 연구상대역 : 직업환경연구실 박현희 선임연구위원
 - ☎ 052)703-0881
 - E-mail bioaerosol@kosha.or.kr

목 차

I. 서론	1
1. 연구 목적 및 필요성	1
2. 연구 내용 및 방법	2
1) 국소배기장치 관리제도의 문제점	2
2) 국외 국소배기장치 관리제도	3
3) 제어유속 범위 적정성 검토	5
4) 국소배기장치 성능 평가 결과 및 설계시 문제점 분석	5
5) 국소배기장치 적정 평가를 위한 제도 개선 방안 수립	6
6) 국소배기장치 설계 및 성능 평가 매뉴얼 작성	7
3. 연구 추진체계	8
II. 연구 결과	9
1. 국소배기장치 관리제도의 문제점	9
1) 산업안전 보건기준에 관한 규칙의 관리체계 분석	9
2) 산업안전 보건기준에 관한 규칙의 문제점	12
3) 안전검사 제도 폐지 필요성	29

목 차

2. 국외 국소배기장치 관리 제도	41
1) 미국의 국소배기장치 관리 제도	41
2) 영국의 제도	50
3) 일본의 제도	68
3. 제어유속 범위 적정성 검토	75
1) Industrial ventilation manual (ACGIH), Specific operations의 제어유속 비교	75
2) 제어유속 관련 연구 결과	85
4. 국소배기장치 성능 평가 결과 및 설계시 문제점 분석	95
1) 공단 국소배기장치 성능 평가 보고서 분석	95
2) 현장 실태 조사 결과 분석	103
5. 국소배기장치 적정 성능 평가를 위한 제도 개선 방안	142
1) 국소배기장치 관리체계 비교	142
2) 국소배기장치 관리체계 개정 방안	147
3) 국소배기장치 관리체계 세부 내용	150
6. 의견 수렴	163
1) 한국산업보건학회 하계 학술대회	163

2) 의견 수렴	163
Ⅲ. 결론	67
1. 국소배기장치 제도 개선 방안	167
1) 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정 내용	67
2) 보건기준에 관한 규칙 총칙 내용 개정(안)	171
3) 세부 항목 개정 및 삭제	174
2. 국소배기장치 설계 및 평가 매뉴얼 작성	178
1) 국소배기장치 후드 분류 및 설계 방법	178
2) 전체환기장치 유량 설계	183
3) 산업환기 장치 설비 기준	185
4) 산업환기 장치 점검	186
5) 산업환기 장치 점검	188
참고 문헌	193
Abstract	195

목 차

부 록	199
1. 보건규칙과 IV Manual 제어유속 비교	199

〈표 II-1〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 환기 관련 내용	11
〈표 II-2〉 산업안전보건기준에 관한 규칙의 문제점 및 검토 내용	12
〈표 II-3〉 산업안전보건법상의 유해물질 구분 및 후드 형태	17
〈표 II-4〉 분진작업장소에 설치하는 국소배기장치의 제어유속(별표 2)	18
〈표 II-5〉 관리대상유해물질 관련 국소배기장치 후드의 제어유속(별표 8)	19
〈표 II-6〉 허가대상유해물질 국소배기장치의 설치 성능 - 보건규칙 제202조	20
〈표 II-7〉 금지유해물질 국소배기장치의 설치성능 - 보건규칙 제 244조	20
〈표 II-8〉 안전검사 제도 정리	29
〈표 II-9〉 2020년도 안전검사 대상 물질별 노출기준 50% 초과 개소 및 안전검사 대상 비율	31
〈표 II-10〉 2021년도 안전검사 대상 물질별 노출기준 50% 초과 개소 및 안전검사 대상 비율	33
〈표 II-11〉 2022년도 안전검사 대상 물질별 노출기준 50% 초과 개소 및 안전검사 대상 비율	35
〈표 II-12〉 ANSI Z9.5 실험실 흡후드 환기관련 내용 요약	43
〈표 II-13〉 밀폐형 후드 설치 및 환기량 산정 방법	55
〈표 II-14〉 룸 밀폐형 후드 설치 및 환기량 산정 방법	56
〈표 II-15〉 부분 밀폐형 후드 설치 및 환기량 산정 방법	57
〈표 II-16〉 리시버형 후드 설치 및 환기량 산정 방법	58

표 목차

〈표 II-17〉	푸쉬풀 후드 설치 및 환기량 산정 방법	59
〈표 II-18〉	외부식 후드 설치 및 환기량 산정 방법	60
〈표 II-19〉	설치 후 시험 운전 확인 내용	61
〈표 II-20〉	관리 구분 판정 방법	72
〈표 II-21〉	관리구분에 따른 작업환경 관리 상태	73
〈표 II-22〉	제어유속 비교 결과(IV Manual Vs. 보건규칙)	76
〈표 II-23〉	ACGIH, 곡물 이송, 사료공장, 제분소 제어유속	81
〈표 II-24〉	ACGIH, 기타공정 제어유속	83
〈표 II-25〉	제어유속 개선 방안 - 관리대상 유해물질	92
〈표 II-26〉	제어유속 개선 방안 - 허가대상 유해물질	93
〈표 II-27〉	분진작업장소에 설치하는 국소배기장치의 제어유속(기존유지)	94
〈표 II-28〉	국소배기장치 성능 평가 결과와 노출 농도 비교	101
〈표 II-29〉	국소배기장치 성능 평가 대상 공정 정리	104
〈표 II-30〉	밀폐형 후드 현장 모습	107
〈표 II-31〉	밀폐형 후드 효율 평가 모습	108
〈표 II-32〉	밀폐형 후드 환기 개선 방안	109
〈표 II-33〉	부스형 후드 현장 모습	111
〈표 II-34〉	부스형 후드 효율 평가 모습	112
〈표 II-35〉	부스형 후드 환기 개선 방안	113
〈표 II-36〉	인화성 물질 취급공정의 부스형 후드 현장 모습	115
〈표 II-37〉	인화성 물질 취급공정의 환기 현황	116

〈표 II-37〉 인화성 물질 취급공정의 환기 개선 방안	117
〈표 II-39〉 밀폐형 도금라인 후드 현장 모습	119
〈표 II-40〉 밀폐형 도금라인 환기효율 평가	120
〈표 II-41〉 밀폐형 도금라인 환기 개선 방안	121
〈표 II-42〉 열발생 부스형 후드 현장 모습	123
〈표 II-43〉 열발생 부스형 후드 환기 효율 평가	124
〈표 II-44〉 열발생 부스형 후드 환기 개선 방안	125
〈표 II-45〉 열발생 부스형 후드 환기 개선 방안-모델링 결과	126
〈표 II-46〉 고열 발생 공정 후드 현장 모습	128
〈표 II-47〉 고열 발생 공정 오염물질 발생 실태	129
〈표 II-48〉 고열 발생 공정 환기 개선 방안	130
〈표 II-49〉 도장 부스 현장 모습	132
〈표 II-50〉 도장 부스 환기 효율 평가	133
〈표 II-51〉 도장 부스 환기 개선 방안	134
〈표 II-52〉 강제 급배기 부스 현장 모습	136
〈표 II-53〉 강제 급·배기 부스 환기효율 평가	137
〈표 II-54〉 강제 급·배기 부스 환기 개선 방안	138
〈표 II-55〉 국소 배기장치 평가 방법	139
〈표 II-56〉 후드 정압 관리 방안	140
〈표 II-57〉 후드 정압관리시 유의할 점	141
〈표 II-58〉 미국 및 영국 국소배기장치 설치 및 성능 기준 비교	142

표 목차

〈표 II-59〉 국소배기장치관련 제도 및 개선 방향	147
〈표 II-60〉 국소배기장치관련 제도 및 개선 방향	149
〈표 II-61〉 후드 설치 대상 및 설비 기준	150
〈표 II-62〉 작업자를 고려한 후드 분류 방법	152
〈표 II-63〉 후드 형태별 설계 방법 및 평가 방법	155
〈표 II-64〉 국소배기장치 점검 주기	158
〈표 II-65〉 설문 결과	165
〈표 III-1〉 산업안전보건기준 환기 기준(현재)	169
〈표 III-2〉 산업안전보건기준 환기 기준 개정 요약	170
〈표 III-3〉 산업안전보건 기준 환기기준 개정 내용(개정안)	172
〈표 III-4〉 관리대상 물질 기준 개정 내용	175
〈표 III-5〉 허가대상 유해물질 기준 개정 내용	176
〈표 III-6〉 금지 유해물질 기준 개정 내용	177
〈표 III-7〉 후드 분류 및 설계 방법	182
〈표 III-8〉 전체환기 장치 유량 설계	184
〈표 III-9〉 환기장치 설비 기준	185
〈표 III-10〉 환기장치 점검 방법	187
〈표 III-11〉 가스상 물질 가시화 방법	188
〈표 III-12〉 입자상 물질 가시화 방법	189

[[그림 II-1] 후드 미설치된 세척대	16
[그림 II-2] 외부식 상방형 후드의 개념	22
[그림 II-3] ACGIH, 산업 환기 매뉴얼의 캐노피 후드	23
[그림 II-4] HSG, Controlling airborne contaminants at work A guide to local exhaust ventilation (LEV)	23
[그림 II-5] HSG, Controlling airborne contaminants at work Type of hood (LEV)	24
[그림 II-6] 후드 입구 등속도선 (ACGIH,2019)	26
[그림 II-7] 후드 입구 기류 흐름 (ACGIH,2019)	26
[그림 II-8] 작업자 호흡영역 주변의 wake zone (ACGIH,2019)	27
[그림 II-9] 푸쉬풀 후드 기류 평가 방법	28
[그림 II-10] 2020년도 물질별 안전검사 대상 현황	37
[그림 II-11] 2021년도 물질별 안전검사 대상 현황	37
[그림 II-12] 2022년도 물질별 안전검사 대상 현황	38
[그림 II-13] 첫 번째 사업장 - 환풍기에 의한 환기(국소배기장치 미설치 판정)	39
[그림 II-14] 두 번째 사업장 - 푸쉬풀 후드를 제어유속으로 판단	40
[그림 II-15] 세 번째 사업장 - 국소배기후드 불량과 미설치	40
[그림 II-16] ANSI Z9.5 실험실 후후드 환기 표지	43
[그림 II-17] 복잡한 시스템을 위한 효과적인 LEV 개발	52
[그림 II-18] 노출 기준 대비 발생량을 고려한 후드 선택	54

그림목차

[그림 II-19] 후드 형태별 분류	54
[그림 II-20] 지역 시료 측정 모습	69
[그림 II-21] 일본의 작업환경 관리 체계	70
[그림 II-22] 제 1, 2평 가치 구분 방법	71
[그림 II-23] 원료 투입공정 환기 문제점	79
[그림 II-24] ACGIH, 제어유속 범위	80
[그림 II-25] 국소배기장치 성능 평가 보고서	97
[그림 II-26] 도장 공정 세부 평가 결과	98
[그림 II-27] 피막 공정 세부 평가 결과	99
[그림 II-28] 산업환기설비에 관한 기술지침(W-1-2019)의 후드 효율 평가 결과지	160
[그림 II-29] 연기 발생기를 이용한 기류 흐름 평가-틴들 조명 활용	161
[그림 II-30] 분진 램프 적용 방법	162
[그림 III-1] 후드 효율 평가 표	191

I. 서론



I. 서론

1. 연구 목적 및 필요성

산업안전보건기준에 관한 규칙에 따르면 국소배기장치의 설계 및 성능 평가에 있어 유일한 기준은 후드 제어유속이 적용되고 있다. 작업 공정 및 오염물질 발생 특성이 다양화되면서 그에 따른 적절한 후드 형태와 환기량 산정 기준이 필요하지만, 현재 제어유속만으로 성능 평가함으로써 많은 문제점이 발생하고 있다.

또, 제어유속을 만족하지만, 작업자 호흡영역을 보호하지 못하는 비효율적인 기류 흐름에 의한 오염물질 노출로 인해 건강장해가 발생할 우려가 있어 제어유속을 보완할 수 있는 후드 평가 방법을 적용할 필요성이 제기되고 있다.

또, 유해위험방지계획서나 PSM 제출 사업장에서는 외부식 후드나 포위식 후드를 제외하고 밀폐형이거나 전체환기, 특히 일반적인 형태의 후드가 아닌 특수한 형태의 후드에 대한 환기 설계 및 평가 방법이 없어 제출 의무가 있는 사업장이나 평가해야 하는 기관에서도 어려움이 있다.

미국이나 영국의 경우에는 작업공정별 적절한 후드 형태를 구분하고, 그에 따른 환기량 산정 방법 및 후드 성능 평가 방법을 제시하고 있다.

본 연구를 통해 제어유속 기준의 국소배기장치 설계 및 평가 방법을 보완할 방법을 제시하고자 한다. 국소배기장치 설계부터 유지, 관리까지 통합하여 관리할 수 있는 매뉴얼을 마련하여 적정 성능을 갖는 국소배기장치 설치 및 운영으로 직업병 예방에 기여하고자 한다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구는 작업 공정 및 후드 형태별로 환기량 산정 및 효율 평가 방법을 제시하고, 체계적인 국소배기장치 관리를 위한 사업장용 가이드 개발을 목적으로 한다.

효율적인 연구를 위해 다음과 같이 연구를 진행하였다.

1) 국소배기장치 관리제도의 문제점

산업안전보건기준에 관한 규칙의 문제점을 파악하고 국외 제도와 비교하여 개선 방안 수립하고자 한다.

(1) 산업안전 보건기준에 관한 규칙의 관리체계 분석

산업안전보건기준에 관한 규칙의 제72조~제78조, 제83조 등 총칙의 환기 관련 제도를 분석하고, 물질별 환기에 관련 내용을 정리하였다.

국소배기장치 설치 및 설비 특례, 그리고 점검 주기 등이 물질별로 정리되어 관리제도가 매우 복잡하게 되어 있다. 국소배기장치 관리체계를 정리하여 개선점을 도출하였다.

(2) 산업안전보건기준에 관한 규칙의 문제점

산업안전보건기준에 관한 규칙에 제시된 국소배기장치 설치 위치 및 제어 유속 평가 방법의 문제점을 정리하였다.

특히 물질별 후드 형태별 제어유속 범위의 적정성 및 제어유속 평가가 불가능한 공정에 대한 문제점. 또, 제어유속만 측정하면 작업자 호흡영역 보호 여부를 평가할 수 없는 문제점 등에 대해 검토하였다.

그리고, 2020년~2022년도 안전검사 대상 물질 49종을 취급하는 공정의 작업환경 측정 개수와 노출 기준 대비 노출 농도를 비교하였다.

(3) 안전검사 제도 폐지 필요성

2020년~2023년 안전검사 대상물질 취급공정 작업환경 측정결과를 분석하여 안전검사 필요성을 검토하였다.

2020년도 안전검사 대상 물질을 취급하는 818,904개소에서 작업환경 측정하였고, 그중 5,270개소에 물질별 노출 기준 50%를 초과하는 것으로 조사되어, 안전검사 대상은 0.64%에 불과하였다.

2022년도와 2023년도 세척 공정에서 발생한 3건의 중독사고의 경우 안전검사 대상 물질인 트리클로로메탄을 취급하는 공정이었다. 안전검사 대상 물질을 취급하지만, 화학물질 중독사고가 발생한 원인을 파악하고 안전검사 제도의 효율성을 평가하였다.

2) 국외 국소배기장치 관리체계

(1) 미국의 관리체계

미국은 OSHA Technical Manual (OTM) - section III: Chapter 3에 환기 관련 기본적인 내용이 정리되어 있는데, 부록 III:3-3은 OSHA 및 관련 업계가 합의한 표준의 모음집으로 명칭에서 알 수 있듯이 참고를 위한 매뉴얼이다.

현재까지 ANSI는 페인트 스프레이 부스용 환기, 연삭 배기 후드 및 개방형 탱크 배기장치를 포함하여 환기에 대한 몇 가지 중요한 표준을 만들었다.

미국의 경우 국소배기장치는 법적 규제를 갖는 것이 아닌 직무별 또는 업무별 근로자 보호를 위해 관련 단체와 협의하여 최적의 환기 방안을 제시하고 그 내용을 OSHA에서 매뉴얼로 제작하여 현장에서 참고하도록 하고 있다.

본 연구에서는 NSI Z-9.5 Laboratory ventilation 관련 내용 요약하였고, 그 내용을 국내 산업안전보건기준에 관한 규칙과 비교하여 제도 개선을 위한 기초 자료로 활용하였다.

(2) 영국의 관리체계

영국 안전보건청(HSE)에서 발행하는 안전보건지침(HSG 258)에는 작업장의 공기 중 오염물질 제어를 위한 국소배기장치 가이드(Controlling airborne contaminants at work; A guide to local exhaust ventilation (LEV))가 포함되어 있다.

영국의 The Health and Safety at Work etc Act (1974, the HSW Act)에 따라 모든 사업주는 업무에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 직원의 건강 및 안전을 도모하기 위해 국소배기장치를 설치해야 한다. 또, 국소배기장치를 공급, 설치, 시험하는 사람은 국소배기장치를 사용하는 사람에 대한 보건의 안전 의무를 지녀야 한다.

즉, 국소배기장치를 설치하는 사업주뿐만 아니라 설치하는 사람과 검사하는 사람에게도 근로자 건강 보호를 위한 책임과 의무를 지도록 하고 있다.

본 연구에서는 안전보건지침(HSG 258)의 A guide to local exhaust ventilation (LEV)에 관련된 내용을 정리하였다.

특히, 영국의 경우 후드 형태 구분 및 형태별 환기량 산정, 그리고 효율 평가 방법 등을 세분화하여 제시하고 있다. 국소배기장치 관리제도 개선시 가장 많이 참고할 수 있도록 우리나라와 유사한 법체계를 구성하고 있다.

(3) 일본의 관리체계

일본의 경우 우리나라 산업안전보건법과 매우 유사하고 거의 동일한 체계로 구성되어 있다. 환기장치에 대해서는 제어유속을 만족하도록 하고 있지만, 제어유속을 만족하지 못하는 경우에도 작업환경 측정 결과와 비교하여 제어

유속 이하로 유지할 수 있는 특례제도를 활용하고 있다.

특례제도는 작업환경 측정 결과와 연계해야 하는데 일본의 경우 지역 시료를 활용하고 있어 국소배기장치 관리제도에 직접 적용하는 것은 문제가 있다. 하지만, 특례제도의 적용 가능성을 검토하고 향후 개선 방안 수립에 활용하고자 하였다.

3) 제어유속 범위 적정성 검토

(1) ACGIH 산업 환기 매뉴얼의 Specific operation의 공정별 제어유속과 산업안전보건법 제어유속 비교

Industrial ventilation, A manual of recommended practice for design, 30th edition, ACGIH의 Chapter 13에 정리된 Specific operations에 정리된 22개 group의 제어유속을 정리한 후 산업안전보건기준에 관한 규칙의 물질별 후드 형태별 제어유속과 비교하였다. 제어 유속 비가 “1” 이상이면 미국 산업 환기 매뉴얼의 제어유속이 높다는 의미이고, “1” 이하면 보건규칙의 제어유속이 높다는 것을 의미한다. 제어유속을 비교하여 보건규칙의 제어유속 범위가 적정한지 검토하였다.

(2) 제어유속 관련 연구 결과 정리

2010년도에 수행된 국소배기장치 후드의 제어유속 적합성 연구(한국산업안전보건공단, 2010)의 결과를 정리하여 제어유속 범위의 적정성을 평가하였다.

4) 국소배기장치 성능 평가 결과 및 설계시 문제점 분석

(1) 2023년 공단 국소배기장치 성능 평가 결과 분석

2023년도 공단에서 진행한 국소배기장치 성능 평가 사업 중 평가가 완료

된 67개 후드에 대한 국소배기장치 성능 평가와 노출 기준을 비교하여 국소배기장치의 성능과 작업환경 개선 관련성을 평가하였다.

(2) 10개 공정 국소배기장치 설계 및 평가 방법 문제점 파악

현장에 설치된 8개 국소배기장치에 대한 설계 및 설치 시 문제점을 평가한 후 후드 형태 및 작업 조건별 설계 및 평가 방법에 대한 개선 방안을 제시하였다. 또, 2가지 후드 평가 방법에 대한 현장 적용 사례를 제시하고 제도 개선시 활용할 수 있는 부분을 정리하였다.

8가지 공정은 부스형 후드 및 밀폐형 후드를 대상으로 선정하였다. 부스형 후드의 경우 작업자 호흡영역 보호 여부를 확인해야 하고, 작업자가 부스 내부에서 작업하면 환기 방법, 그리고 완전 밀폐형 및 인화성 가스 취급공정을 설계하는 방법도 검토하였다. 또, 고열 발생공정 및 강제 급·배기를 하는 곳의 환기 설계 방법과 관리 방법에 관한 내용도 검토하였다.

5) 국소배기장치 적정 평가를 위한 제도 개선 방안 수립

(1) 보건기준에 관한 규칙 개정(안)

보건규칙 제72조~제78조에 국소배기장치 설치 및 특례 등 기본적인 내용을 정리하였다.

제72조에는 국소배기장치 설치 위치, 제73조에는 국소배기장치 설치 특례, 제74조에는 전체환기 적용, 제75조에는 국소배기장치 설치 방법, 제76조에는 국소배기장치의 점검, 제77조에는 환기장치 평가 방법, 그리고 제78조에는 환기장치의 가동으로 구분하여 전반적인 내용을 정리하였다.

그리고 항목별 상세한 내용은 고시 또는 KOSHA Guide에 상세하게 정리하여 사용자가 내용을 충분히 파악할 수 있도록 하였다

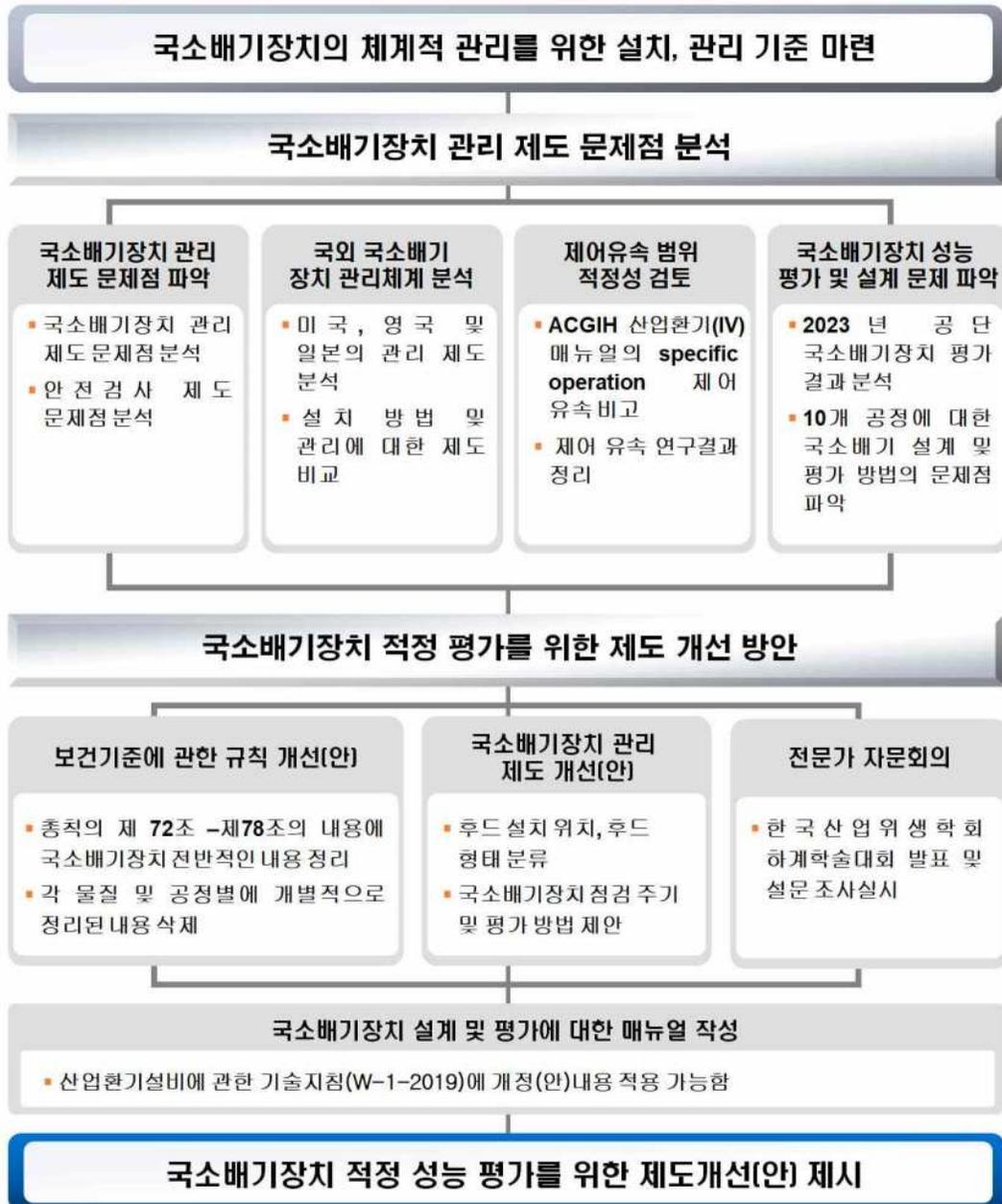
(2) 전문가 자문회의

2023년 한국산업보건학회 하계학술대회에서 개정 내용에 대한 의견을 수렴하였다. 작업환경측정기관, 노사 및 학계 전문가에게는 개정 내용을 설명하고 그에 대한 의견을 수렴하였다.

6) 국소배기장치 설계 및 성능 평가 매뉴얼 작성

개선 방안 수립에 제시된 후드 설계 및 평가 방법 등에 대해서는 산업환기 설비에 관한 기술지침(W-1-2013)의 내용을 개정할 수 있도록 내용을 정리하였다.

3. 연구 추진체계



II. 연구 결과



II. 연구 결과

1. 국소배기장치 관리제도의 문제점

1) 산업안전 보건기준에 관한 규칙의 관리체계 분석

〈표 II-1〉은 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 환기에 관련된 내용을 정리한 것이다. 〈표 II-1〉에 따르면 후드 설치 대상은 관리대상 물질, 허가대상 물질 등 물질별로 구분하고, 후드 설치 방법 및 제어풍속을 만족하도록 하고 있다.

국소배기장치는 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 자체검사 제도가 폐지되면서 안전검사제도가 도입되었다. 하지만 안전검사 대상은 49종에 불과하고 특히 노출 기준 50% 이상인 경우에만 해당하여 실제 안전검사 대상이 매우 적고 실질적인 효과가 없었다. 또, 국소배기장치의 안전검사 기준은 제어유속만으로 판정하는데 제어유속이 불만족할 경우 산업안전보건법 제95조의 2항에 따라 사용이 금지된다.

국소배기장치는 제어유속을 불만족한데도 계속 가동하는 것이 작업자 안전을 위해 더 바람직하지만, 제어유속 불만족으로 가동 중지시키는 것은 불합리하다. 따라서, 국소배기장치는 안전검사 대상 기계에서 삭제하고 별도의 관리제도를 수립할 필요가 있다.

국소배기장치의 효율적인 설계와 설치를 위해 안전검사 대상 물질 ($60\text{m}^3/\text{min}$ 이상, 송풍기 용량), 기타 관리 대상 유해물질 및 분진 작업 관련 설비 ($150\text{m}^3/\text{min}$ 이상, 송풍기 용량)에 대해서 유해위험방지계획서를 제출하도록 하고 있다.

유해위험방지계획서는 설계 및 설치할 때 국소배기장치의 적정성을 평가하

지만, 주기적인 평가는 실시하지 않는다.

하지만, 안전검사 대상 물질은 유해위험방지계획서 제출 대상이면서, 노출 기준이 50% 이상일 때 주기적인 점검인 안전검사를 받게 된다.

앞서 언급한 것과 같이 안전검사는 제어유속을 불만족할 경우 국소배기장치를 가동 중지해야 하는 제도적인 문제가 있어 안전검사 대상 기계 장비에서 국소배기장치를 제외하면 국소배기장치에 대한 주기적인 평가제도가 없어지는 문제가 발생한다.

〈표 II-1〉과 같이 물질별로 국소배기장치 설치 대상 및 설비 기준과 특례 및 적용 제외 등이 복잡하게 구성되어 현장 사용자의 어려움이 많다. 특히, 국소배기장치의 효율적인 설치를 위한 설계의 적정성 평가는 유해위험장지계획서제출 대상만 적용되고, 주기적인 평가는 안전검사 대상 물질만 적용되는 등 제도가 복잡한 문제가 있다.

또, 국소배기장치 점검은 사용 전 점검과 주기적인 점검으로 구분하는 데 사용 전 점검은 육안검사만 실시하고 주기적인 점검은 “국소배기장치 자체검사 제도” 폐지로 인해 실질적인 국소배기장치의 점검은 부재한 실정이다.

국소배기장치 관리에 가장 효율적인 방법은 설치 위치에 대한 명확한 규정이 필요하고, 적절한 설계에 대한 평가와 설치 후 환기 효율을 평가할 수 있는 합리적인 사용 전 점검 제도가 시행되어야 한다. 그리고 가장 중요한 주기적인 평가가 도입될 필요가 있다.

즉, 국소배기장치의 효율적인 운영을 위해서는 설치 대상 선정- 설치 전 효율적인 설계 검토 - 설치 후 효율 평가 - 사용 중 주기적인 점검 등이 체계적으로 이루어져야 한다.

이 체계가 바로 국소배기장치 관리제도의 기본 틀이 될 것으로 판단된다.

〈표 II-1〉 산업안전보건기준에 관한 규칙 중 환기 관련 내용

구분	산업안전보건 기준에 관한 규칙				안전검사	유해위험방지 계획서
국소배기장치 설치 대상	관리대상 유해물질	허가대상 유해물질 고용노동부 장관의 허가가 필요한 물질 (영제 88 조) (베릴륨 및 석면)	금지 유해 물질	분진	1.제조 등 허가 대상물질 13 종 2.허용기준물질 13 종 중 12 종 (석면제외) 3.직업병 발병 물질 (24 종) 다만, 최근 2년 동안 작업환경측정 결과가 노출기준 50% 미만인 경우에는 적용 제외	1.안전검사대상 물질 (60 m³/min 이상, 송풍기용량) 2.기타 관리대상 유해물질 및 분진 작업관련 설비 (150 m³/min 이상, 송풍기용량) 3.이동식 제외 *이동식은 덕트가 본체와 같이 움직이는 것
설비 기준	밀폐 또는 국소배기장치 설치	포위식 후드 상방향 제외한 외부식 후드	부스식 후드	밀폐 또는 국소배기장치 설치		
특례 및 적용 제외	421 조 허용소비량이하 422 조 습기있는 분말 임시작업 및 단시간 작업 (특별관리물질 제외) 전체환기 또는 격리			전체 환기 설치 가능 (환기 기준 없음)	제어풍속 및 기류 흡인 성능 기타 점검항목	제어풍속 및 기타 점검항목 안전관련 항목 많음
국소배기장치 성능	제어풍속					
설계의 적정성 평가	절차 없음 (점검, 감독 중심)				유해위험방지계획서 대상 (현장 검사 중심)	계획서 심사 및 현장확인 심사
사용 전 점검	절차 있음 (기록 보존)	없음	절차 있음	절차 있음	절차 있음	현장 확인 평가
주기적인 점검	자체검사 제도 폐지 (산업안전보건법 시행령 제 22조 보건관리자의 업무 등) 8. 작업장 내에서 사용되는 전체환기장치 및 국소배기장치 등에 관한 설비의 점검과 작업방법의 공학적이 개선에 관한 보좌 및 지도·조언				최초 : 설치 후 3년 그 후 2년 주기 실시	주기 없음 변경시 재심사
공통	72 조 - 78 조 (공기정화기 설치 의무)					

2) 산업안전 보건기준에 관한 규칙의 문제점

〈표 II-2〉는 보건규칙에 정리된 설치 위치, 설비 기준 및 국소배기장치 성능 평가와 관리 방법에 대한 문제점 및 검토 내용을 정리한 것이다. 설치 위치 및 제어유속의 적정성, 평가 방법의 합리성 등에 대한 문제점을 정리하였다.

〈표 II-2〉 산업안전보건기준에 관한 규칙의 문제점 및 검토 내용

구분	보건규칙 내용	문제점	검토 내용
설치 위치	관리대상물질, 허가대상물질, 금지유해물질 취급 공정 및 분진 작업공정에 후드 설치	<ul style="list-style-type: none"> 대상물질 이외의 유해화학물질을 취급하는 공정에 후드 미설치 우려있음 화학물질 관리법과 산업안전보건법의 물질 분류 체계 불일치 - 잔재물 등의 조치기준 제83조(가스 등의 발산 억제 조치)사업주는 가스·증기·미스트·흙 또는 분진 등(이하 “가스등”이라 한다)이 발산되는 실내 작업장에 대하여 근로자의 건강장해가 발생하지 않도록 해당 가스등의 공기 중 발산을 억제하는 설비나 발산원을 밀폐하는 설비 또는 국소배기장치나 전체환기장치를 설치하는 등 필요한 조치를 하여야 한다.〈개정 2012. 3. 5.〉 	- 모든 유해화학물질 취급공정에 후드 설치 필요성
설비 기준	밀폐 또는 외부식 후드 설치	다양한 후드 형태 반영 못 함	- 후드 형태 분류 참조하여 세분화 필요함
제어 유속 측정 방법의 문제점	평가 불가 공정	<ul style="list-style-type: none"> 리시버형 후드 : 열원 캐노피 및 푸쉬풀 후드 밀폐형 후드: 완전 밀폐 또는 Work in 후드(전체환기와 동일) 고유속 저유량 후드 제어유속 만족시 제품 불량(미세분말 취급공정 또는 용접 흙) 	<ul style="list-style-type: none"> 제어유속 이외의 설계 및 평가 방법 제시 필요함 미국과 영국: 후드 배기 유량 및 정압 측정 또는 기류 가시화

구분	보건규칙 내용		문제점	검토 내용
	제어유속 범위의 적정성		<ul style="list-style-type: none"> 오염물질 온도 및 발생 속도 등을 고려하여 제어유속을 정해야 함 현재 동일 기준으로 적용 시 모든 공정 	<ul style="list-style-type: none"> ACGIH의 공정별 제어유속과 비교하면 보건규칙의 제어유속이 낮음 환기 효율 보증 못 함
	상방흡입형 (상방형) 후드 제어풍속		<ul style="list-style-type: none"> 가스상 측방형은 0.5m/s인데 상방형은 1.0m/s로 두 배 빠름 입자상 측방형은 1.0m/s인데 상방형은 1.2m/s로 20% 빠름 	<ul style="list-style-type: none"> 상방형 제어유속 범위의 적정성 검토 필요 호흡영역 보고 가능 여부 평가 필요함
환기량 설계	후드 형태		<ul style="list-style-type: none"> 외부식 측방형, 하방형, 상방형과 포위식으로 구분 작업자가 들어가는 Work in 후드에 대한 기준 없음 실제 자동차 도장 부스 등 Work in 후드가 많이 적용되어 설계기준 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> 미국과 영국 <ul style="list-style-type: none"> 포위식 : 부스형, 밀폐형, Work in 후드로 구분 외부식 : 열원이 없고 오염물질이 속도를 가지고 발생하지 않는 곳에 설치된 후드 <ul style="list-style-type: none"> 상방형은 열원이 있는 곳에만 사용 또는 작업자 위로 작업자 호흡영역이 들어가지 못하도록 규정 리시버형 후드 : 캐노피 후드 고유속 저유량 후드, 회전체 및 푸쉬폴 후드
	성상 분류		<ul style="list-style-type: none"> 가스상과 입자상으로 구분 입자상에는 흡과 미스트 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 흡과 미스트는 입경이 작업 분진으로 판단하지 않음 제어유속 낮게 적용함
	설계		<ul style="list-style-type: none"> 제어유속 기준을 설계 다양한 공정 특성을 고려하지 못함 설계시 작업자 호흡영역 고려 안 됨 	<ul style="list-style-type: none"> 미국과 영국 : ACGIH의 Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice 등 최신의 참고 자료 활용 또는 타법 설계기준 참조 작업자 호흡영역 보호를 위한 설계 참고 자료 없는 경우 : 설치 후 추적자 가스 등 평가 방법을 적용하여 검증
관리	평가	평가 방법	<ul style="list-style-type: none"> 제어유속만 측정 측정 불가 공정에 대한 기준 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 실제 환기 효율 평가 지표 아님 주변 영향을 많이 받아 정확도 확보 어려움 기류 가시화는 기본 추적자 및 입자 추적 방법 등 다양한 방법 적용 작업자 호흡영역 보호가 최우선

구분	보건규칙 내용		문제점	검토 내용
		평가 장비	<ul style="list-style-type: none"> 열선풍속계 	<ul style="list-style-type: none"> 측정 장비 오차 심함(간이 풍속 측정계로 표준 장비 아님) 주기적인 교정 미시행할 때 오차 심함 측정 조건(습도 높은 곳, 온도 높은 곳 사용 불가)
		사용 전 점검	<ul style="list-style-type: none"> 유해위험방지계획서 현장 확인 평가 국소배기장치를 처음 사용하는 경우와 분해하여 개조 및 수리 후 처음 사용 	<ul style="list-style-type: none"> 유방계 제출 미대상인 경우 사용 전 점검 미시행 물질별 평가 항목이 다름 육안 검사가 아닌 실질적인 검사가 이루어지도록 해야 함
		주기적인 점검	<ul style="list-style-type: none"> 없음 	<ul style="list-style-type: none"> 영국 : 항목별 평가 주기를 정해 자율 점검(직원 또는 외부 전문가) 미국 : 주기적인 평가 필요성 언급
		안전검사	<ul style="list-style-type: none"> 안전검사 대상 물질 사용 공정 중 안전검사 대상이 노출기준 50% 초과 공정은 0.6% 미만임 실질적인 검사 미시행 	<ul style="list-style-type: none"> 안전 검사 폐지 주기적인(특별관리 물질 취급공정) 평가 및 수시 평가(노출 기준 50% 이상 취급공정) 도입 평가 방법 및 기록 방법 통일

(1) 국소배기장치 설치 위치

보건규칙 제72조(후드) 후드 설치 위치와 방법은 다음과 같이 정의되어 있다.

“사업주는 인체에 해로운 분진, 흠(fume, 열이나 화학반응에 의하여 형성된 고체 증기가 응축되어 생긴 미세입자), 미스트(mist, 공기 중에 떠다니는 작은 액체 방울), 증기 또는 가스 상태의 물질(이하 “분진 등”이라 한다)을 배출하기 위하여 설치하는 국소배기장치의 후드가 다음 각호의 기준에 맞도록 하여야 한다. <개정 2019. 10. 15.>

1. 유해물질이 발생하는 곳마다 설치할 것
2. 유해인자의 발생형태와 비중, 작업 방법 등을 고려하여 해당 분진 등의 발산원(發散源)을 제어할 수 있는 구조로 설치할 것

3. 후드(hood) 형식은 가능하면 포위식 또는 부스식 후드를 설치할 것
4. 외부식 또는 리시버식 후드는 해당 분진 등의 발산원에 가장 가까운 위치에 설치할 것”

유해물질이 발생하는 곳마다 설치할 것으로 되어 있지만, 실질적으로 관리 대상물질(별표 12), 허가대상유해물질(영 제88조), 금지 유해물질(영 제87조)을 취급하는 공정과 분진 작업(별표 16)만 적용받고, 기타 물질에 대해서는 제83조(가스 등의 발산 억제 조치)를 적용하여 국소배기장치 설치 의무를 부여하고 있다.

하지만, 제어유속 적용 대상은 관리 대상 물질, 허가대상물질, 금지 유해물질 및 분진 작업에만 적용되기 때문에 “후드 설치 대상 ≠ 제어유속 적용 대상”이 아니어서 많은 현장에서 오해가 발생하고 있다.

후드 설치 대상에 대한 명확한 규정이 필요하고 설치 기준을 단일화할 필요가 있을 것으로 판단된다.

[그림 II-1]은 2023년 트리클로로메탄 중독사고가 발생한 현장의 모습인데, 트리클로로메탄을 세척제로 사용하는 세척대임에도 불구하고 후드가 미설치되어있고, 결과적으로 환기 미실시로 인한 중독사고가 발생하였다.

만약, 유해화학물질을 취급하는 모든 공정에 후드를 설치하였다면(설령, 제어유속을 만족하지 못하더라도) 세척대에서 발생하는 가스를 포집하였을 것이고, 작업자 노출 농도를 크게 감소시켰을 것이다.

후드 설치 위치를 물질별로 제한하고 임시 및 단시간 작업 그리고 허용소비량등 예외 규정을 적용함으로 인해서 효율적인 국소배기장치 관리가 어려운 실정이다.



[그림 II-1] 후드 미설치된 세척대

(2) 제어유속 평가 문제점

가) 물질별, 후드 형태별 제어 유속

보건규칙에는 분진 작업 장소(별표 2), 관리대상 유해물질(별표 8), 허가대상유해물질(제202조), 금지 유해물질(제244조)로 분류하여 각각의 후드 형태에 대한 제어유속이 정해져 있다. 각 사용 물질별로 적용할 수 있는 후드 형태는 <표 II-3>에 정리하였다.

현장에서 흔히 접하는 관리 대상 유해물질은 외부식 또는 포위식 국소 배기 후드 설치가 모두 가능하다. 반면 보다 엄격하게 관리되어야 하는 허가대상 유해물질의 경우에는 외부식 상방 흡인형 후드는 작업자의 호흡영역을 보호하기 어렵기 때문에 사용하지 못하도록 규정되어 있다.

〈표 II-3〉 산업안전보건법상의 유해물질 구분 및 후드 형태

구분	유해물질 종류	국소배기 후드 형태
분진 작업장소	토석, 광물, 암석 등을 파는 장소에서 의 작업 등 25종	<ul style="list-style-type: none"> • 포위식 또는 부스식 • 외부식 후드(상방, 측방, 하방흡인형)
관리대상 유해물질	<ol style="list-style-type: none"> 1. 유기화합물 113종 2. 금속류 23종 3. 산, 알칼리류 17종 4. 가스상 물질 15종 	<ul style="list-style-type: none"> • 포위식 또는 부스식 • 외부식 후드(상방, 측방, 하방흡인형)
허가대상 유해물질	디클로로벤지딘과 그 염 등 13종	<ul style="list-style-type: none"> • 밀폐식 공정구조 • 포위식 또는 부스식 후드 • 외부식 후드(상방흡인형 제외)
금지 유해물질	<ol style="list-style-type: none"> 1. 황린 성냥, 벤젠을 함유한 고무풀 등 8종 2. 유해화학물질 관리법 제32조에 따라 제조, 수입, 판매, 보관, 저장, 운반 또는 사용이 금지되는 물질 55종 	<ul style="list-style-type: none"> • 밀폐식 공정구조 • 부스식 후드

산업안전보건법상의 유해물질별 국소배기장치 후드 형식에 따른 제어유속 기준은 아래 〈표 II-4〉~〈표 II-7〉에서 정한 성능 이상이 되도록 해야 한다.

이를 살펴보면, 유해물질별 발생 성상에 따라 가스상과 입자상으로 구분되며, 관리대상 유해물질에 있어서 가스상일 경우 포위식 후드로는 0.4m/s 이상, 외부식 후드는 0.5m/s 이상으로 유지해야 하고, 입자상일 경우는 각각 0.7m/s, 1.0m/s 이상을 유지하도록 규정되어 있다. 이는 허가대상 유해물질, 금지유해물질로 갈수록 제어유속이 강화되는 경향을 보인다.

〈표 II-4〉 분진작업장소에 설치하는 국소배기장치의 제어유속(별표 2)

구 분	분진 작업 장소	제어유속(m/s)				비 고	
		포위식 후드	외부식 후드				
			측방	하방	상방		
분진 작업 장소	암석 등 탄소원료 또는 알루미늄박을 체질하는 장소	0.7	-	-	-	1. 이 표에서 제어유속은 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어유속을 말한다. 2. 이 표에서 제어유속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다. 가. 포위식 후드에서는 후드 개구면에서의 풍속 나. 외부식 후드에서는 당해 후드에 의하여 분진을 빨아들이고자 하는 범위 안에서 당해 후드 개구면으로부터 가장 먼 거리의 작업 위치에서의 풍속 3. 이 표에서 제어유속은 회전체를 정지한 상태에서 후드의 개구면에서의 최소풍속을 말한다.	
	주물모래를 재생하는 장소	0.7					
	주형을 부수고 모래를 터는 장소	0.7	1.3	1.3	-		
	그 밖의 분진 작업 장소	0.7	1.0	1.0	1.2		
	후드의 설치 방법		제어유속(m/s)				
	회전체	회전체를 가지는 기계 전체를 포위하는 방법	0.5				
		회전체의 회전에 의하여 발생하는 분진의 흠날림방향을 후드의 개구면으로 덮는 방법	5.0				
회전체만을 포위하는 방법		5.0					

〈표 II-5〉 관리대상유해물질 관련 국소배기장치 후드의 제어유속(별표 8)

구 분	물질의 상태	후드 형식	제어유속 (m/s)	주의 사항
관리대상 유해물질	가스상	포위식 포위형	0.4	1. 물질의 상태에서 “가스상”이라 함은 관리대상 유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 가스 또는 증기인 경우를 말한다. 2. 물질의 상태에서 “입자상”이라 함은 관리대상 유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 흙, 분진 또는 미스트인 경우를 말한다. 3. 이 표에서 제어유속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우 제어풍속을 말한다. 4. 이 표에서의 제어유속은 후드 형식에 대하여 각각 다음에 정한 위치에서의 풍속을 말한다. 가. 포위식후드에서는 후드 개구면에서의 풍속 나. 외부식후드에서는 당해 후드에 의하여 관리 대상유해물질을 흡인하고자 하는 범위내에서 당해 후드 개구면으로부터 가장 먼거리의 작업위치에서의 풍속
		외부식 측방흡인형	0.5	
		외부식 하방흡인형	0.5	
		외부식 상방흡인형	1.0	
	입자상	포위식 포위형	0.7	
		외부식 측방흡인형	1.0	
		외부식 하방흡인형	1.0	
		외부식 상방흡인형	1.2	

〈표 II-6〉 허가대상유해물질 국소배기장치의 설치 성능 - 보건규칙 제202조

구 분	물질의 상태	후드 형식	제어유속 (m/s)	비 고
허가대상 유해물질 (석면, 베릴륨 제외)	가스상	포위식 또는 부스식 외부식 또는 레시버식 후드(상방흡입형 제외)	0.5	1. 이 표에서 제어유속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어유속을 말한다. 2. 이 표에서 제어유속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다. 가. 포위식 또는 부스식에서는 후드의 개구면에서의 풍속 나. 외부식 또는 레시버식 후드에서는 유해물질의 가스, 증기 또는 분진이 빨려 들어가는 범위안에서 당해 개구면으로부터 가장 먼 작업위치에서의 풍속
	입자상	포위식 또는 부스식 외부식 또는 레시버식 후드(상방흡입형 제외)	1.0	

〈표 II-7〉 금지유해물질 국소배기장치의 설치성능 - 보건규칙 제 244조

구 분	물질의 상태	후드 형식	제어유속 (m/s)	비 고
금지 물질	가스상	부스식 후드	0.5	1. 이 표에서 제어유속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어유속을 말한다.
	입자상	부스식 후드	1.0	

나) 상방 흡입형 후드의 제어유속

관리대상물질의 경우 가스상 외부식은 0.5m/s인데 상방흡입형은 1.0m/s로 외부식과 상방흡입형 유속 차이는 두 배인데, 입자상 측방형은 1.0m/s인데 반해 상방형은 1.2m/s로 0.2배가 빠르게 설정되어 있다.

일반적으로 판단할 때 입자상물질이 관성을 가지고 움직이기 때문에 후드

로 유입하기 위해서는 더 빠른 유속이 필요할 것으로 판단되는데 오히려 제어 유속이 낮게 책정되어 있다.

또, [그림 II-2]와 같이 동일한 구조의 후드가 각도만 다르게 설치되어 있을 때 측방형과 상방형으로 구분하는 것이 타당한지에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

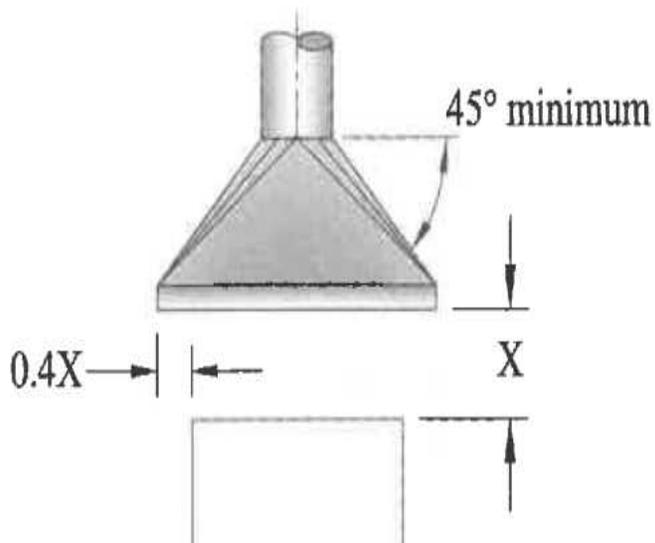
미국의 경우 “OVER HEAD CANOPY” 라고 표현하고 [그림 II-3]과 같은 후드를 상방형 캐노피 후드라고 표현한다. 즉, 머리 위에 설치된 후드를 캐노피로 표현하고 열원이 없는 경우에 설치할 경우에는 작업대 위로 작업자 호흡영역이 진입하지 못하도록 하고 있다. 열원이 있는 경우는 Capture hood가 아니라 Receiver hood로 구분하고 국소배기보다는 희석에 의한 전체환기로 판단하고 있다.

영국의 경우 [그림 II-4]와 같이 열원이 없는 경우에는 캐노피 후드 설치하는 가능한 금지 하고, 열원이 있는 경우에 설치하는 캐노피 후드의 높이도 작업자 호흡영역 이하로 설치할 것을 권장하고 있다. [그림 II-4] (B)는 열원 캐노피 후드 설치시 후드 하부 기류 흐름을 가시화한 것으로 캐노피 후드의 경우 작업자 호흡영역을 보호할 수 없는 구조적인 문제가 있어 (A)와 같이 작업자 호흡영역 하부에 설치하도록 하고 있다.

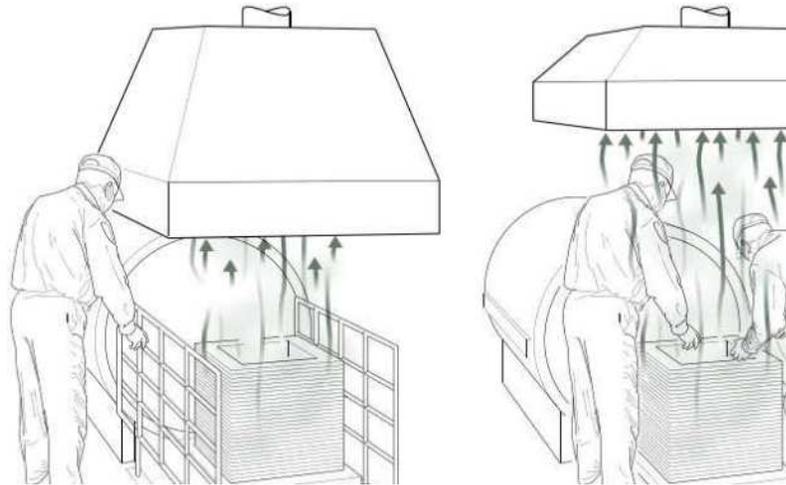
따라서, 작업자 호흡영역과 상관없이 설치된 [그림 II-2]와 같은 경우에는 측방형과 상방형 구분 없이 동일한 제어유속을 적용하는 것이 타당하다고 판단된다. 따라서, 후드 형태 분류를 세분화할 필요가 있고, 후드 형태별 설계 및 평가 방법을 구분할 필요가 있을 것으로 판단된다.



[그림 II-2] 외부식 상방형 후드의 개념



[그림 II-3] ACGIH, 산업 환기 매뉴얼의 캐노피 후드



(A) 캐노피 후드 설치 방법(호흡역 하부)



(B) 열원 캐노피 후드 기류 흐름

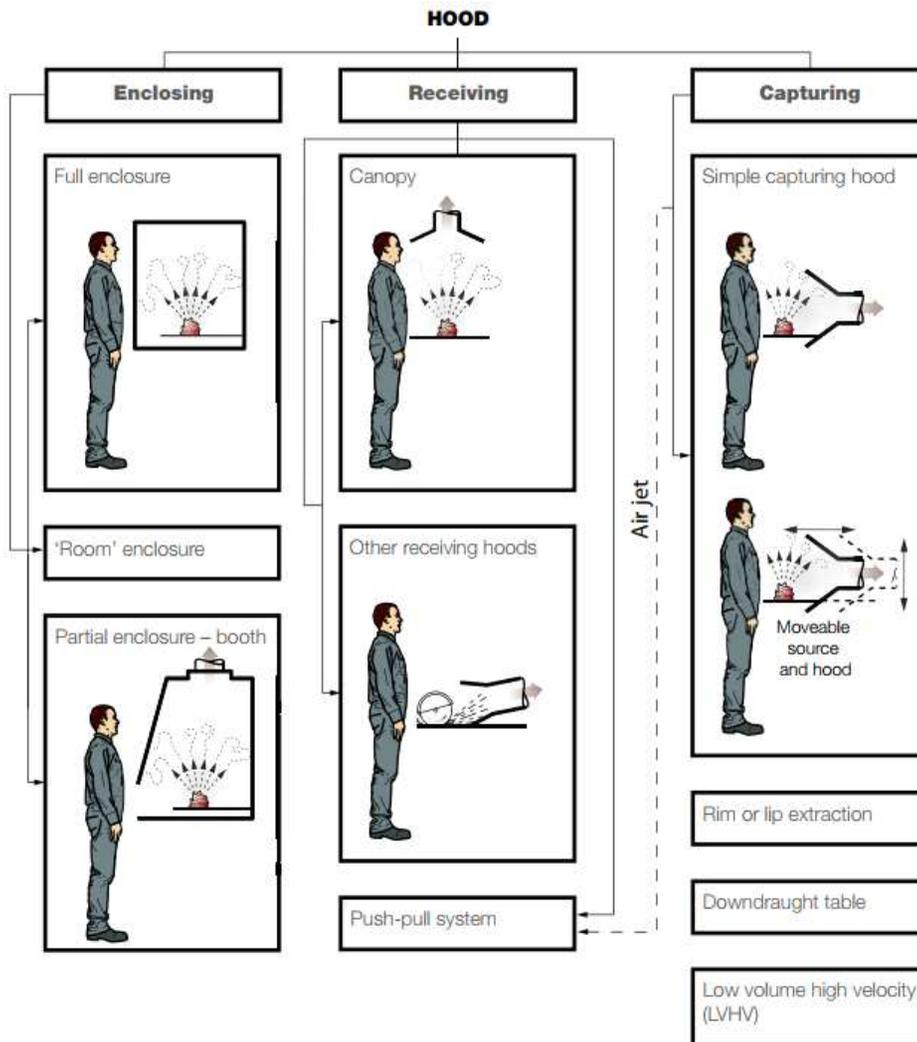
[그림 II-4] HSG, Controlling airborne contaminants at work A guide to local exhaust ventilation (LEV)

다) 제어유속 측정 불가능한 후드

보건기준에 관한 규칙에는 외부식 측방, 하방, 상방형 후드 및 부스형 후드 등 4가지 형태의 후드만 제시되어 있다. 하지만, 영국의 경우 후드 형태는 [그림 II-5]와 같이 부스형 후드의 경우 완전 밀폐형, 부스형 및 작업자가 부스 내부에서 작업하는 Room 형 등 3가지로 구분하고 있다. 리시버 후드의

경우 열원이 있는 캐노피 후드와 회전체에 적용하는 후드 및 푸쉬 풀 후드 등 3가지로 구분하고 있다. 외부식 후드의 경우 상방형 후드는 없고 측방과 하방형으로 구분하고, 고유속 저유량 후드 등을 포함하고 있다.

영국과 같이 후드 형태를 세분화하고 후드 형태에 따른 설계 및 평가 방법 도입이 필요할 것으로 판단된다.



[그림 II-5] HSG, Controlling airborne contaminants at work Type of hood (LEV)

라) 제어유속 측정 방법의 문제

(가) 열선풍속계 정확도

열선풍속계 보유 및 관리 실태 조사와 효율적 관리방안(하현철 등, 한국산업위생학회지, 1999)과 풍동장치를 이용한 열선풍속계의 보정 및 실태 평가(하현철 등, 한국산업위생학회지, 1999)를 보면 53대에 대한 열선풍속계 오차율을 측정한 결과 디지털 풍속계는 12% 이상의 오차율을 보였다.

또, 열선풍속계 측정 원리의 특성상 고온다습한 환경에는 사용할 수 없고, 도장작업에 사용하면 센스 코팅으로 감도가 많이 저하되기 때문에 주기적인 교정이 필수로 선행되어야 한다. 그리고 센스 위치와 방향에 따른 편차도 심하게 발생하기 때문에 측정자에 의한 오차도 매우 심하다.

열선풍속계는 풍속에 대한 표준 평가 방법이 아닌 간이 평가 방법인데, 국소배기장치의 성능을 평가하는 표준 도구로 활용하는 것에 대한 재검토가 반드시 필요할 것으로 판단된다.

(나) 제어유속 측정 위치의 불명확성

제어유속은 후드에서 가장 먼 위치에서 발생하는 오염물질이 후드로 유입될 때 속도를 측정한 것으로 측정 위치 및 방향에 따른 오차가 매우 심하게 발생한다. [그림 II-6]은 후드 입구 기류 등속도선을 정리한 것인데, 일반적으로 후드에서 후드 지름만큼 제어 거리가 떨어진 위치의 제어유속은 후드 면속도의 1/10로 간주하고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 후드에서 떨어진 거리가 조금만 떨어져도 제어유속에 큰 오차가 발생하게 된다.

ACGIH에서는 [그림 II-7]과 같이 후드 입구 유속은 주변 기류에 영향을 받기 때문에 등속도선처럼 균일한 속도 분포를 유지할 수 없어 제어 속도는 설계시 참조하는 속도로 간주하고 있다.

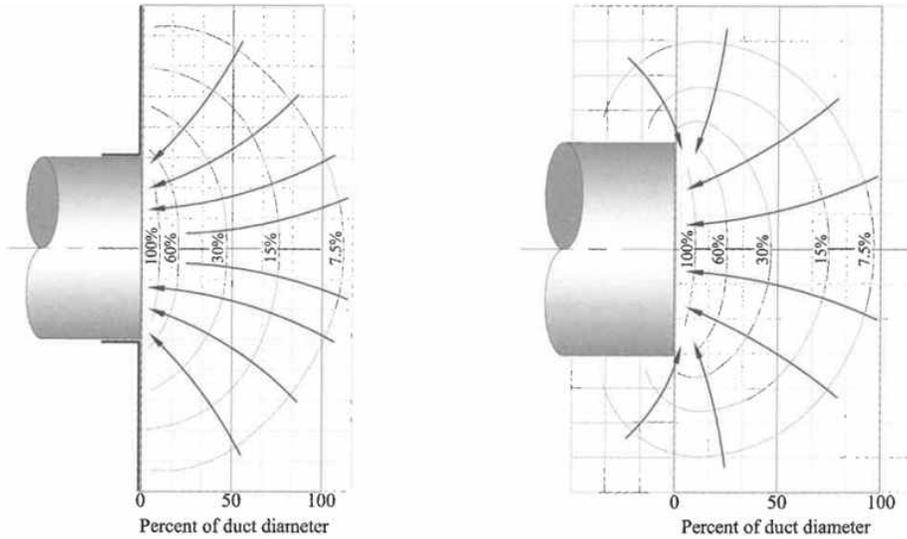


FIGURE 6-20. Velocity contours – flanged duct and plain duct end

[그림 II-6] 후드 입구 등속도선 (ACGIH,2019)

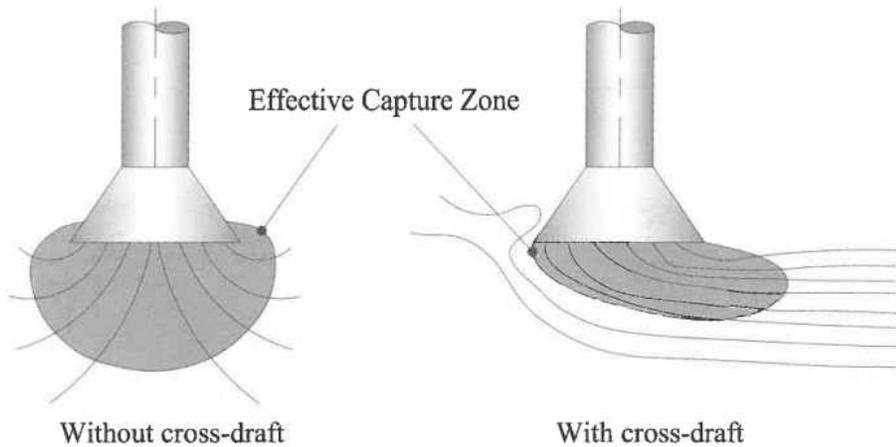


FIGURE 6-18. Effective capture zone

[그림 II-7] 후드 입구 기류 흐름 (ACGIH,2019)

(다) 후드 효율 평가 시 고려할 내용

후드를 설계할 때 [그림 II-8]과 같이 재순환영역이 발생하는 wake zone 을 이해하는 것이 매우 중요하다. 사람이나 물체에 의해 작업자 호흡영역에서

발생하는 wake zone에 의한 작업자 노출이 우려된다.

wake zone 발생 여부는 제어유속으로는 확인이 불가하고, 설계시 wake zone이 발생하지 않도록 고려하는 것이 중요하다. 특히, 포위형 후드에서 측면 방해기류가 빠르면 재순환 영역이 크게 발생하기 때문에 후드 설계시 방해기류에 의한 영향도 반드시 분석하여야 한다.

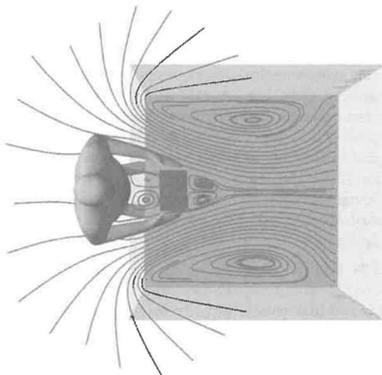


FIGURE 6-1. Flow with no cross draft

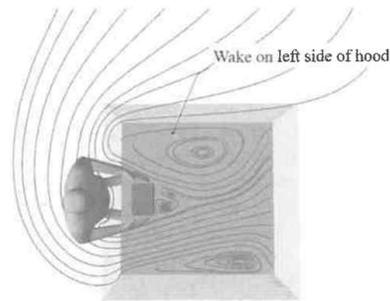


FIGURE 6-2. Flow with cross draft

[그림 II-8] 작업자 호흡영역 주변의 wake zone (ACGIH,2019)

(라) 방해물에 의한 영향

[그림 II-9]와 같은 푸쉬풀 후드의 경우 푸쉬 기류에 의한 유속이 제어유속으로 잘못 측정될 가능성이 매우 높고, 제어유속을 만족하더라도 개방조 내부에 제품이 있으면 푸쉬 기류가 제품에 부딪혀 오염물질이 확산하는 문제가 발생하게 된다.

푸쉬풀 후드와 같이 빠른 기류 흐름을 유지하는 국소배기장치의 경우 제어유속뿐만 아니라 기류 흐름 평가와 같은 환기 효율 평가 방법을 적용해야 한다.

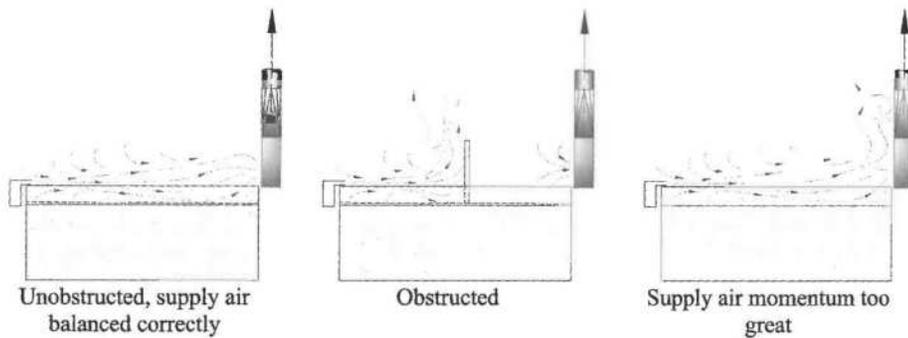


FIGURE 6-26. Push-pull ventilation for dip tanks

[그림 II-9] 푸쉬풀 후드 기류 평가 방법

(마) 호흡영역 보호 평가 불가

[그림 II-4]와 같은 캐노피 후드의 경우 제어유속을 만족하지만, 작업자 호흡영역을 보호하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 특히, 후드가 작업자 호흡영역 상부에 위치하면 하부에서 상승하는 기류가 작업자 호흡영역을 지나기 때문에 오염물질에 노출될 가능성이 매우 커진다.

작업자 호흡영역 보호에 대한 평가는 제어유속만으로 판단하기 어렵기 때문에 제어유속을 보완할 수 있는 기류 흐름 평가와 같은 평가 방법이 반드시 필요하다.

(바) 제어유속 측정 불가 공정

완전 밀폐형 후드와 같이 제어유속 측정 불가한 공정을 평가하는 방법이 없는 실정이다.

본 연구를 통해 제어유속 측정 불가 공정에 대한 평가 방법을 제시하고 제도에 포함해야 한다.

3) 안전검사 제도 폐지 필요성

(1) 안전검사 제도 개요

〈표 II-8〉은 안전검사 제도를 정리한 것으로 법 제95조(안전검사 대상 기계 등의 사용 금지)에 따라 사업주는 안전검사에 불합격한 안전검사 대상 기계 등을 사용해서는 아니 된다.

국소배기장치의 경우 제어유속 불만족 여부와 상관없이 가동하지 않는 것보다 가동하는 것이 효과적이기 때문에 국소배기장치를 안전검사 제도에 포함하는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

〈표 II-8〉 안전검사 제도 정리

산업안전보건법	시행령	시행칙
제93조(안전검사) ① 유해하거나 위험한 기계·기구·설비로서 대통령령으로 정하는 것(이하 “안전검사대상기계등”이라 한다)을 사용하는 사업주(근로자를 사용하지 아니하고 사업을 하는 자를 포함한다. 이하 이 조, 제94조, 제95조 및 제98조에서 같다)는 안전검사대상기계등의 안전에 관한 성능이 고용노동부장관이 정하여 고시하는 검사기준에 맞는지에 대하여 고용노동부장관이 실시하는 검사(이하 “안전검사”라 한다)를 받아야 한다. 이 경우 안전검사대상기계등을 사용하는 사업주와 소유자가 다른 경우에는 안전검사대상기계등의 소유자가 안전검사를 받아야 한다.	제78조(안전검사대상기계등) ① 법 제93조제1항 전단에서 “대통령령으로 정하는 것”이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다. 7. 국소 배기장치(이동식은 제외한다) ② 법 제93조제1항에 따른 안전검사대상기계등의 세부적인 종류, 규격 및 형식은 고용노동부장관이 정하여 고시한다.	제126조(안전검사의 주기와 합격표시 및 표시방법) ① 법 제93조 제3항에 따른 안전검사대상기계등의 안전검사 주기는 다음 각호와 같다. 3. 프레스, 전단기, 압력용기, 국소 배기장치, 원심기, 롤러기, 사출성형기, 컨베이어 및 산업용 로봇: 사업장에 설치가 끝난 날부터 3년 이내에 최초 안전검사를 실시하되, 그 이후부터 2년마다(공정안전보고서를 제출하여 확인받은 압력용기는 4년마다) ② 법 제93조 제3항에 따른 안전검사의 합격표시 및 표시방법은 별표 16과 같다

산업안전보건법	시행령	시행칙
제95조(안전검사대상기계등의 사용 금지) 사업주는 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 안전검사대상기계등을 사용해서는 아니 된다. 1. 안전검사를 받지 아니한 안전검사대상기계등(제93조제2항에 따라 안전검사가 면제되는 경우는 제외한다) 2. 안전검사에 불합격한 안전검사대상기계등		

(2) 안전검사 시행 실태

가) 2020~2022년도 안전검사 대상 분석

〈표 II-9〉~〈표 II-11〉은 2020년도부터 2022년도까지 안전검사 대상 물질 49종을 취급하는 공정의 작업환경 측정 개수와 노출기준 대비 노출 농도를 정리한 것이다.

〈표 II-9〉에서 보면 2020년도 안전검사 대상 물질을 취급하는 818,904개소에서 작업환경 측정하였고, 그중 5,270개소에 물질별 노출 기준 50%를 초과하는 것으로 조사되었다.

안전검사 대상 물질 사용 개소 대비 안전검사 대상은 0.64%에 불과하였고, 실제 안전검사 실행 여부에 대해서는 파악이 불가하였다. 또, 안전검사 실시 대상의 54%는 용접 흡으로 분석되는데 용접 흡의 경우 국소배기장치가 미설치된 곳이 많으므로 실제 안전검사 대상은 0.64%보다 훨씬 낮을 것으로 예상된다.

[그림 II-10]~[그림 II-12]는 해당 연도 물질별 안전검사 대상 현황을 그래프로 정리한 것인데 용접 흡이 절대적인 다수를 차지하고 있다.

하지만 용접 흠은 국소배기 미설치 및 전체환기가 많아 안전검사 대상에서 제외될 가능성이 높을 것으로 판단된다.

〈표 II-9〉 2020년도 안전검사 대상 물질별 노출기준 50% 초과 개소 및 안전검사 대상 비율

안전검사 대상 물질	노출기준 50% 초과 개수	안전검사 대상 비율(%)	비고
곡물분진	52	1.0	
곡물분진(흡입성)	373	7.1	
규산염(활석)	31	0.6	
납 및 그 무기화합물	120	2.3	
니켈(불용성무기화합물)	73	1.4	
니켈(불용성무기화합물)물질을 중량비율 1%이상함유한제재	1	0.0	
디메틸포름아미드	25	0.5	
디클로로메탄	130	2.5	
망간 및 그 무기화합물	85	1.6	
벤젠	36	0.7	
비소 및 그 무기화합물	5	0.1	
산화아연(분진)	62	1.2	
산화아연(흠)	27	0.5	
석면(모든 형태)	3	0.1	
스티렌	123	2.3	
시클로헥사논	12	0.2	
아세트니트릴	25	0.5	
아크릴로니트릴	4	0.1	
아크릴아미드	1	0.0	

안전검사 대상 물질	노출기준 50% 초과 개수	안전검사 대상 비율(%)	비고
알루미늄 및 그 화합물(흙)	3	0.1	
염화비닐 및 함유물질	5	0.1	
용접흙	2,854	54.2	후드 미설치 많음
카드뮴 및 그 화합물	6	0.1	
코발트 및 그 무기 화합물	70	1.3	
크롬과 그 무기화합물(금속과크롬3가화합물)	4	0.1	
크롬과 그 무기화합물(불용성 6가크롬 화합물)	19	0.4	
크롬과 그 무기화합물(불용성 6가크롬 화합물)물질을 중량비율1%이상함유한제한재	1	0.0	
크롬과 그 무기화합물(수용성 6가크롬 화합물)	5	0.1	
톨루엔	602	11.4	
톨루엔-2,4-디이소시아네이트	6	0.1	
트리클로로에틸렌	258	4.9	
포름알데히드	94	1.8	
헥산(n-헥산)	13	0.2	
활석(석면불포함)	136	2.6	
황화수소	2	0.0	
휘발성콜타르피치 및 함유물질	4	0.1	
안전검사 대상 합계	5,270	100.0	
총 측정 대상 수(개)	818,904		<ul style="list-style-type: none"> • 매년 0.5% 내외임 • 그중 용접 관련이 50% 이상
안전검사 대상 비율(%) 안전검사 실시 여부는 알 수 없음	0.6435		

〈표 II-10〉 2021년도 안전검사 대상 물질별 노출기준 50% 초과 개소 및 안전검사 대상 비율

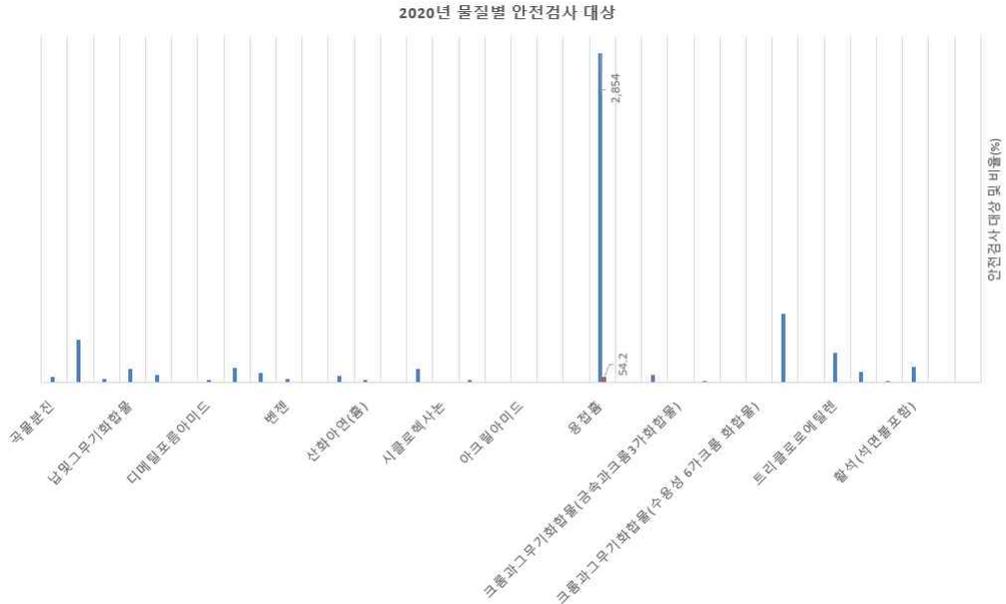
안전검사 대상 물질	노출기준 50% 초과 개수	안전검사 대상 비율(%)	비고
곡물분진	59	1.2	
곡물분진(흡입성)	355	7.0	
규산염(활석)	11	0.2	
납 및 그 무기화합물	138	2.7	
니켈(불용성무기화합물)	0	0.8	
디메틸포름아미드	37	0.7	
디클로로메탄	187	3.7	
망간 및 그 무기화합물	526	10.4	
메틸렌디(비스)페닐 디이소시아네이트	2	0.0	
벤젠	19	0.4	
비소 및 그 무기화합물	5	0.1	
산화아연(분진)	46	0.9	
산화아연(흙)	15	0.3	
석면(모든 형태)	11	0.2	
스티렌	141	2.8	
시클로헥사논	15	0.3	
아세트니트릴	46	0.9	
아크릴로니트릴	4	0.1	
아크릴아미드	2	0.0	
알루미늄 및 그 화합물(가용성염)	3	0.1	
알루미늄 및 그 화합물(금속분진)	6	0.1	
염화비닐 및 함유물질	4	0.1	후드 미설치 많음
용접흄	2,159	42.7	

안전검사 대상 물질	노출기준 50% 초과 개수	안전검사 대상 비율(%)	비고
카드뮴 및 그 화합물	4	0.1	
코발트 및 그 무기화합물	73	1.4	
크롬과 그 무기화합물 (금속과크롬3가화합물)	4	0.1	
크롬과 그 무기화합물(금속과크롬3가화합물)물질을 중량비율1%이상함유한제재	1	0.0	
크롬과 그 무기화합물 (불용성 6가크롬 화합물)	41	0.8	
크롬과 그 무기화합물 (수용성 6가크롬 화합물)	6	0.1	
톨루엔	542	10.7	
톨루엔-2,4-디이소시아네이트	4	0.1	
트리클로로에틸렌	263	5.2	
포름알데히드	89	1.8	
헥산(n-헥산)	22	0.4	
활석(석면불포함)	170	3.4	
황화수소	4	0.1	
휘발성콜타르피치 및 함유물질	3	0.1	
안전검사 대상 합계	5,057	100.0	
총 측정 대상 개수(개)	820,229	전년도와 동일한 경향을 보임	
안전검사 대상 비율(%)	0.6165		

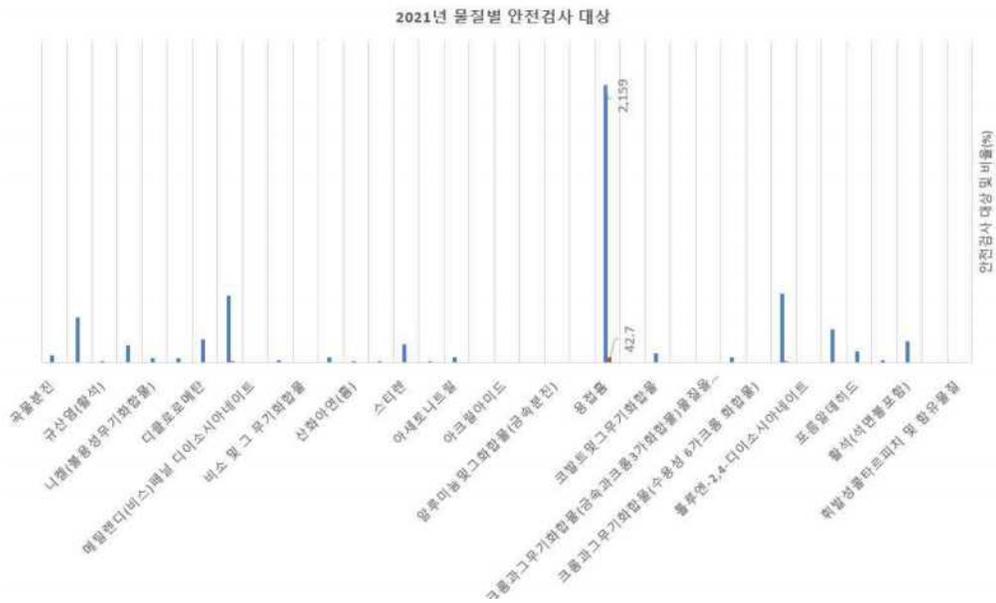
〈표 II-11〉 2022년도 안전검사 대상 물질별 노출기준 50% 초과 개소 및 안전검사 대상 비율

안전검사 대상 물질	노출기준 50% 초과 개수	안전검사 대상 비율(%)	비고
곡물분진	55	0.9	
곡물분진(흡입성)	343	5.9	
규산염(활석)	11	0.2	
납 및 그 무기화합물	171	2.9	
니켈(불용성무기화합물)	76	1.3	
디메틸포름아미드	49	0.8	
디클로로메탄	238	4.1	
망간 및 그 무기화합물	708	12.1	
메틸렌디(비스)페닐 디이소시아네이트	4	0.1	
벤젠	36	0.6	
비소 및 그 무기화합물	3	0.1	
산화아연(분진)	48	0.8	
산화아연(흙)	17	0.3	
석면(모든 형태)	2	0.0	
스티렌	128	2.2	
시클로헥사논	12	0.2	
아세트니트릴	48	0.8	
아크릴아미드	3	0.1	
알루미늄 및 그 화합물(금속분진)	2	0.0	
용접흄	2,694	46.0	후드 미설치 많음
유리규산(SiO ₂)30% 미만의 광물성분진	3	0.1	
이황화탄소	3	0.1	
카드뮴 및 그 화합물	2	0.0	

안전검사 대상 물질	노출기준 50% 초과 개수	안전검사 대상 비율(%)	비고
코발트 및 그 무기화합물	57	1.0	
크롬과 그 무기화합물(금속과크롬3가화합물)	5	0.1	
크롬과 그 무기화합물(금속과크롬3가화합물)물질을 중량비율1%이상함유한제재	2	0.0	
크롬과 그 무기화합물(불용성 6가크롬 화합물)	48	0.8	
크롬과 그 무기화합물(불용성 6가크롬 화합물)물질을 중량비율1%이상함유한제재	1	0.0	
크롬과 그 무기화합물(수용성 6가크롬 화합물)	7	0.1	
크롬산 아연 및 함유제재	1	0.0	
톨루엔	470	8.0	
톨루엔-2,4-디이소시아네이트	20	0.3	
트리클로로에틸렌	228	3.9	
포름알데히드	115	2.0	
헥산(n-헥산)	14	0.2	
활석(석면불포함)	217	3.7	
활석(석면포함)	2	0.0	
황화수소	4	0.1	
휘발성콜타르피치 및 함유물질	4	0.1	
안전검사 대상 합계	5,851	100.0	
총 측정 대상 개수(개)	935,914	전년도와 동일한 경향을 보임	
안전검사 대상 비율	0.6252		



[그림 II-10] 2020년도 물질별 안전검사 대상 현황



[그림 II-11] 2021년도 물질별 안전검사 대상 현황

국소배기장치 관리에 있어 가장 엄격한 관리 방법인 안전검사가 제대로 이루어지지 않는 현실을 고려할 때 현재 국소배기장치에 대한 관리 수준은 매우 낮은 것으로 판단된다.



[그림 II-13] 첫 번째 사업장 - 환풍기에 의한 환기(국소배기장치 미설치 판정)

공정	세척작업 현황	사진
1000kg 세척조	<ul style="list-style-type: none"> - 제품에 묻은 금속가공유 등 이물질 제거를 위해 수동 세척조 (1,000kg)에서 전용 버킷을 활용하여 세척조에 넣고 꺼내는 방식의 세척작업 - 세척조에 설치된 푸쉬-풀 후드의 제어풍속은 0.5m/s로서 가스상물질 기준치 0.3m/s 이상으로 적합 - 방독마스크 착용상태 불량 - 근무형태는 주간(07:50~19:50), 야간(19:50~07:50) <p>※ 수요일~금요일, 주간근부 16:50까지</p>	 <p style="text-align: center;">< 수동 세척조 ></p>

[그림 II-14] 두 번째 사업장 - 푸쉬풀 후드를 제어유속으로 판단



[그림 II-15] 세 번째 사업장 - 국소배기후드 불량과 미설치

2. 국외 국소배기장치 관리 제도

1) 미국의 국소배기장치 관리 제도

(1) OSHA Technical Manual (OTM) section III: Chapter 3

미국의 경우 OSHA Technical Manual (OTM) section III: Chapter 3에 환기 관련 기본적인 내용이 정리되어 있는데, 부록 III:3-3은 OSHA 및 관련 업계가 합의한 표준의 모음집으로 명칭에서 알 수 있듯이 참고를 위한 매뉴얼이다.

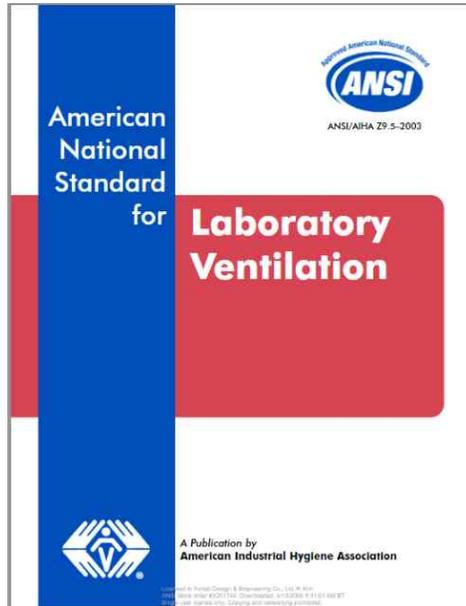
관련 업계는 공기 이동 및 제어 협회(AMCA), 미국 난방, 냉장 및 공조 기술자 협회(ASHRAE), 미국 국립 표준 협회(ANSI), 판금 및 공조 계약자 협회(SMACNA), 미국 화재 보호 협회(NFPA) 및 미국 정부 산업 위생사 회의(ACGIH)가 포함된다.

ANSI는 페인트 스프레이 부스용 환기, 연삭 배기 후드 및 개방형 탱크 배기 장치를 포함하여 환기에 대한 몇 가지 중요한 표준을 만들었다.

위에 언급된 3가지 ANSI 표준은 1971년 OSHA에 의해 채택되었으며 29 CFR 1910.94로 성문화되어 있고, 최근 실험실 환기에 대한 새로운 표준(ANSI Z9.5)을 만들었다. OSHA의 건설 표준(29 CFR 1926)에는 용접에 대한 환기 기준이 포함되어 있다.

즉, 미국의 경우 국소배기장치는 법적 규제를 갖는 것이 아닌 직무별 또는 업무별 근로자 보호를 위해 관련 단체와 협의하여 최적의 환기 방안을 제시하고 그 내용을 OSHA에서 매뉴얼로 제작하여 현장에서 참고하도록 하고 있다.

OSHA 규정에 따르면 국소배기장치에 대한 조사는 노출 기준을 초과할 가능성이 있거나 화재폭발 위험이 있는 경우, 실내 공기질 문제가 있는 경우에 실시한다.



[그림 II-16] ANSI Z9.5 실험실 흡후드 환기 표지

<표 II-12> ANSI Z9.5 실험실 흡후드 환기관련 내용 요약

REQUIREMENTS OF THE STANDARD	CLARIFICATION AND EXPLANATION OF THE REQUIREMENTS
<p>3. Laboratory Chemical Hoods</p> <p>3.1 Design and Construction</p> <p>The design and construction of laboratory chemical hoods shall conform to the applicable guidelines presented in the latest edition of ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice, and the most current codes, guidelines, and standards and any other applicable regulations and recommendations (see Appendix 2)</p>	
<p>3.3 Hood Design (Performance Specifications) Criteria</p>	<p>According to the Scientific Equipment and Furniture Association (SEFA), "Face</p>

REQUIREMENTS OF THE STANDARD	CLARIFICATION AND EXPLANATION OF THE REQUIREMENTS
<p>3.3.1 Face Velocity</p> <p>The average face velocity of the hood shall produce sufficient capture and containment of hazardous chemicals generated under as-used conditions. An adequate face velocity is necessary but is not the only criterion to achieve acceptable performance and shall not be used as the only performance indicator. (적절한 후드 면속도(제어유속)가 필요하지만, 후드 면속도를 후드 성능 지표로 사용하면 안 됨)</p> <p>The mechanism that controls the exhaust fan speed or damper position to regulate the hood exhaust volume shall be designed to ensure a minimum exhaust volume in constant volume systems equal to the larger of 50 cfm/ft of hood width, or 25 cfm/ft² of hood work surface area, except where a written hazard characterization indicates otherwise, or if the hood is not in use</p>	<p>velocity shall be adequate to provide containment. Face velocity is not a measure of safety.” (SEFA 1-2002).Face velocity has been used as the primary indicator of laboratory hood performance for several decades. Recently, however, studies involving large populations of laboratory chemical hoods tested using a containment-based test like the ANSI/ASHRAE Standard 110,“Method of Testing the Performance of Laboratory Fume Hoods,”reveal that face velocity is actually an inadequate indicator of hood performance. In one published study, approximately 17% of the hoods tested using the method had “acceptable” face velocities in the range of 80-120 fpm, but “failed” the tracer gas containment test with control levels exceeding the ACGIH recommended control level of 0.1 ppm.(Smith and Crooks, 1996). (제어유속을 만족하는 후드에 대한 추적자 가스 실험결과 약 17%에서 불량 측정됨)</p> <p>Design face velocities for laboratory chemical hoods in the range of 80(100 fpm (0.41(0.51m/s) will provide adequate face velocity for a majority of chemical hoods. (실험실 후드 제어유속은 0.4-0.5m/s가 적절하다고 제시됨)</p> <p>Factors including the design of the hood, the laboratory layout, and cross drafts created by supply air and traffic all influence hood performance as much as or more than the face velocity. (하지만, 실험실 lay-out 및 급기에의한 방해기</p>

REQUIREMENTS OF THE STANDARD	CLARIFICATION AND EXPLANATION OF THE REQUIREMENTS
	<p>류, 사람 손 동작 등 이동물에 의한 영향이 제어 유속보다 후드 효율에 더 큰 영향을 줌)</p> <p>However, containment must be verified for all hoods using visual methods such as smoke (minimum) or quantitative methods such as tracer gas containment testing (recommended).</p> <p>후드 효율 평가를 위해서는 최소 기류 가시화를 해야 하고, 추적자 가스를 이용한 실험을 권장함</p> <p>Operating a hood below 60 fpm (0.30 m/s) is not recommended since containment cannot be reliably quantified at low velocities and significant risk of exposure may be present. (후드 면속도 0.3m/s 이하는 바람직하지 않음)</p> <p>60–80 fpm (0.30–0.41 m/s): Hoods with excellent containment characteristics operating under relatively ideal environmental conditions (i.e., room design characteristics) and with prudent operating practices can provide adequate containment in this velocity range although at an increased level of risk. Containment must be verified quantitatively in this range and effective administrative controls should be in place and compliance must be enforced.</p> <p>80–100 fpm (0.41–0.51 m/s): Most hoods can be operated effectively with relatively low risk in this velocity range although containment should still be quantitatively verified. Proper operator training and enforcement of administrative controls are still highly recommended.</p>

REQUIREMENTS OF THE STANDARD	CLARIFICATION AND EXPLANATION OF THE REQUIREMENTS
	<p>This is the range recommended for a majority of laboratory chemical hoods.</p> <p>100–120 fpm (0.51–0.61 m/s): This velocity range has similar characteristics as 80–100 fpm (0.41–0.51 m/s) but at significantly higher operating costs. (0.5m/s 이상은 효율 향상 없고 운전비가 증가 됨)</p> <p>Containment may be slightly enhanced in this range and hoods that do not contain adequately in the 80–100 fpm(0.41–0.51 m/s) range may be improved by operating in this range. (0.4–0.5 m/s가 최적임)</p> <p>>150 fpm (>0.76 m/s): Most laboratory experts agree that velocities above 150 fpm (0.76 m/s) at the design sash position are excessive at operating sash height and may cause turbulent flow creating more potential for leakage (0.75m/s 이상은 wake zone이 발생하기 때문에 적절하지 않음)</p>
<p>3.3.2 Periodic Face Velocity Measurement</p> <p>Once adequate performance (see 2.1.1) has been established for a particular hood at a given benchmark face velocity using the methods described above, that benchmark face velocity shall be used as a periodic check for continued performance as long as no substantive changes have occurred to the hood.</p>	<p>Substantive changes include: changes in hood setup; hood face velocity control type, set point, range, and response time; exhaust system static pressure, control range and response time; the hood operating environment including lab/furniture geometry, supply air distribution patterns, and volume; and room pressure control range and response time.</p> <p>It is important to use the same sash position for successive periodic performance measurements. (동일 조건에서 주기적인 평가 필요함)</p>
<p>3.3.3 Flow-Measuring Device for</p>	<p>The purpose of the flow-measuring</p>

REQUIREMENTS OF THE STANDARD	CLARIFICATION AND EXPLANATION OF THE REQUIREMENTS
<p>Laboratory Chemical Hoods</p> <p>All hoods shall be equipped with a flow indicator, flow alarm, or face velocity alarm indicator to alert users to improper exhaust flow. ANSI/AIHA Z9.5-2003 203.3.3 Flow-Measuring Device for Laboratory Chemical Hoods All hoods shall be equipped with a flow indicator, flow alarm, or face velocity alarm indicator to alert users to improper exhaust flow. The flow-measuring device shall be capable of indicating air flows at the design flow and $\pm 20\%$ of the design flow. The device shall be calibrated at least annually and whenever damaged</p> <p>(유량 표시계, 후드면속도 알람 또는 다른 방법으로 후드 유량 변화 감지 필요. $\pm 20\%$ 유량 변화시 조정 필요함. 최소 1년 주기)</p>	<p>device is to provide the hood user with continuous information about the hood's airflow. One method is to measure the total volume flow through the hood. Another method is to measure the face velocity. One popular method for measuring total volume flow is the Hood Static Pressure measuring device (see ACGIH's Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practices), which can be related to flow.</p> <p>(후드 유량 측정 방법, 후드 면속도 측정 방법이 있음. 후드 유량을 측정하는 가장 일반적인 방법은 후드 정압측정 방법임)</p>
<p>4.1.6 Exhaust Ventilation Containment glove boxes shall be provided with exhaust ventilation to result in a negative pressure inside the box that is capable of containing the hazard at acceptable levels.</p>	<p>See Sections 4.1.11 through 4.1.14 for ventilation recommendations for specific glove box types</p>
<p>4.1.9 Monitoring and Alarms (밀폐 후드에 적용 가능)</p> <p>A glove box pressure monitoring device with a means to locally indicate adequate pressure relationships to the user shall be provided on all glove boxes. If audible alarms are not provided, documented training for users in determining safe</p>	<p>Ergonomics principles indicate that the total number and types of alarms should be minimized. Alarms should also be clearly distinguished from each other.</p>

REQUIREMENTS OF THE STANDARD	CLARIFICATION AND EXPLANATION OF THE REQUIREMENTS
<p>pressure differentials shall be required. Pressure monitoring devices shall be adjustable (i.e., able to be calibrated if not a primary standard) and subject to periodic calibration</p>	
<p>4.1.11 High Containment Glove box.</p> <p>A high containment glove box shall conform to all the mandatory requirements of Sections 4.1.1 through 4.1.11, and</p> <ul style="list-style-type: none"> • Shall be provided with one or more air lock pass-through ports for inserting or removing objects or sealed containers without breaching the physical barrier between the inside and outside of the glove box; • Shall maintain negative operating static pressure within the range of -0.5 to -1.5 in.wg (-125 Pa to -374 Pa) such that contaminant escape due to "pinhole type" leaks is minimized. • Shall maintain dilution of any flammable vapor-air mixtures to <10% of the applicable lower explosive limit. • Shall prevent transport of contaminants out of the glove box 	<p>Examples include glove boxes used for controlling exposures to acutely hazardous and highly volatile materials where any exposure may be harmful. Care should be exercised when placing certain hazardous liquids in an evacuated airlock or interior of a glove box when a decrease in pressure could affect the boiling point of the liquid causing it to go to a gaseous state. Meeting the above requirements will depend on whether the glovebox is continuous flow or is sealed. The minimum exhaust flow rate is usually based on a glove being breached or an access door being intentionally opened. The air velocity into the open glove-port or door should be 125 ± 25 linear fpm (0.635 ± 0.13 m/s)</p>
<p>4.1.12 Medium Containment Glove box.</p> <p>A medium containment glove box shall conform to all the mandatory requirements of Sections 4.1.1 through 4.1.10, is not provided with pass-through air-locks, and shall be provided with sufficient</p>	<p>Examples include glove boxes designed to prevent over exposure to acutely hazardous materials that are not highly volatile and/or where allowable exposure levels have been established and personnel exposure can be verified to be below the established allowable levels</p>

REQUIREMENTS OF THE STANDARD	CLARIFICATION AND EXPLANATION OF THE REQUIREMENTS
exhaust ventilation to maintain an inward air velocity of at least 100 fpm (0.51 m/s) through the open access ports, and create a negative pressure of at least 0.1 in.wg (25 Pa) when access ports are closed	

나) 실험실 흡후드 제어유속 및 효율 평가 방법

- 적절한 후드 면속도(제어유속)가 필요하지만, 후드 면속도를 후드 성능 지표로 사용하면 안 된다고 서술하고 있음
- 제어유속을 만족하는 후드에 대한 추적자 가스실험 결과 약 17%에서 불량 측정됨
- 실험실 후드 제어유속은 0.4-0.5m/s가 적절하고, 0.7m/s 이상일 경우 wake zone이 발생하기 때문에 적절하지 않음
- 후드 효율 평가를 위해서는 최소 기류 가시화를 해야 하고, 추적자 가스를 이용한 실험을 권장함

다) 평가 주기 및 방법

- 흡 후드 문 등을 같은 조건에서 운전하면서 주기적인 평가가 반드시 필요함
- 최소 1년 주기로 실시하고, 유량 표 시계 및 후드 면 속도와 유량 측정
- 후드 정압 측정
- 유량이 $\pm 20\%$ 정도 변화 시 조정 필요함

(라) 밀폐형 후드(Glove box 등)

- 독성이 높은 물질을 취급하는 Glove box
 - : 문 닫힌 조건 (-125 Pa to -374 Pa음압)
 - : 문 개방 조건에서 0.635 ±0.13 m/s 제어유속 유지
 - : LEL 10% 이하 유지
- 중간 독성인 경우 문이 닫힌 조건에서 0.5m/s (-25 Pa음압) 유지

2) 영국의 제도

(1) 영국 안전보건청(HSE)의 안전보건지침(HSG 258)

영국 안전보건청(HSE)에서 발행하는 안전보건지침(HSG 258)에는 작업장의 공기 중 오염물질 제어를 위한 국소배기장치 가이드(Controlling airborne contaminants at work; A guide to local exhaust ventilation (LEV))가 포함되어 있다.

국소배기장치에 대한 법적인 내용은 다음과 같다.

영국의 The Health and Safety at Work etc Act (1974, the HSW Act)에 따라 모든 사업주는 업무에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 직원의 건강 및 안전을 도모하기 위해 국소배기장치를 설치해야 한다. 또, 국소배기장치를 공급, 설치, 시험하는 사람은 국소배기장치를 사용하는 사람에 대한 보건적인 안전 의무를 지녀야 한다.

즉, 국소배기장치를 설치하는 사업주뿐만 아니라 설치하는 사람과 검사하는 사람에게도 근로자 건강 보호를 위한 책임과 의무를 지도록 하고 있다.

보건 규제 2002(COSHH)(개정)⁴는 HSW법의 일반성에 특정 요건을 추가하고 있다.

- 사업주는 근로자의 노출 정도와 위험성을 평가하고 적절한 제어(통제) 조치해야 한다.
- 근로자는 제어 조치를 지시받은 대로 사용해야 한다.
- 사업주는 제어에 필요한 장비가 효율적인 상태, 효율적인 작업 순서, 양호한 수리 및 깨끗한 상태로 유지되도록 해야 한다.
- 사업주는 최소 14개월마다 국소배기장치에 대한 철저한 검사 및 테스트를 수행해야 하며(별다른 규정이 없는 한), 기타 엔지니어링 제어는 '적절한 간격'으로 수행해야 하며, 제어가 효과적으로 사용될 수 있도록 작업 방식을 '검토 및 수정'해야 합니다.

: 현장 조사 결과 문제가 있으면 주기를 적절하게 조정해야 한다.

- 검사시 발견된 문제점은 가능한 한 빨리 검사를 수행한 사람이 지정한 시간 내에 수정해야 한다.
- 검사 또는 평가자는 내용을 기록하여야 하고, 그 기록은 사업주가 최소 5년 이상 보관해야 한다.

나) A guide to local exhaust ventilation (LEV)의 법적 책임 가이드에 포함된 내용은 다음과 같다.

- 국소배기장치 설치, 유지보수, 검사에 대한 사업주 및 서비스 제공자의 역할 및 법적 책임
- 국소배기장치의 효과적인 설계 및 설치를 위한 인력 수준 및 교육
- 설치 후 시험 운전 및 사용자 알아야 하는 설명서 그리고 평가 방법 포함
- 영국의 경우 국소배기장치에 대한 법적인 의무는 사업주뿐만 아니라 시공 업체에도 책임을 주고 있음
- 사업주

: 사업주는 1974년 직장 안전 보건법(HSW Act), 2002년 건강 유해물

질 통제(개정)(COSHH) 및 1999년 직장 안전 보건 관리(MHSWR)에 따른 법적 책임

: REACH에 따른 안전 데이터 시트에 사업주를 위한 특별 조항 있음(82-86항 참조)

- 국소배기장치 시공업체 및 설계업체

: 시공업체는 '필수적인 건강 및 안전 요구사항'을 포함한 HSW법 및 SMSR(Supply of Machine (Safety) Regulations 2008, 7에 따라 법적 책임이 있음

: 설계업체는 HSW법 및 건설(설계 및 관리) 규정 2015(CDM 2015)에 따라 법적 책임이 있음

(2) 국소배기장치 설치 절차

가) 후드 형태 선택

적절한 후드 형태는 발생 오염물질의 성상과 농도를 파악하여 국소배기장치를 설치하도록 하고 있다.

국소배기장치를 설치할 때 <그림 II-17>과 같이 오염물질 발생 특성, 작업 공정 및 작업자 요구사항을 모두 고려하여 후드를 설치하도록 하고 있다.

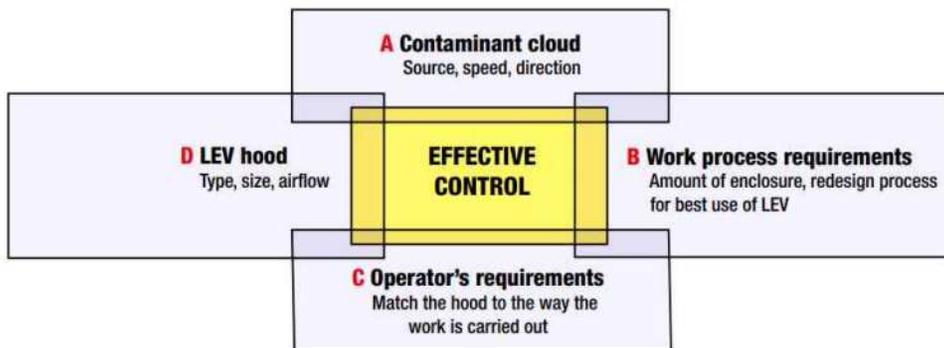


Figure 8 Developing effective LEV for more complex systems

[그림 II-17] 복잡한 시스템을 위한 효과적인 LEV 개발

나) 국소배기장치 설치 시 고려사항

(가) 노출 기준이 있는 경우

: 물질에 대해서는 노출 기준 범위 내에서 적절한 목표 농도 기준을 정하고 국소배기장치를 설치해야 한다.

(나) 혼합물 등 노출 기준이 없는 경우

: 중소기업 사업주를 위해 온라인으로 운영 중인 COSHH Essentials 14을 활용하여 물질의 독성 및 사용량과 시간 등을 입력하면 국소배기장치의 제어 수준을 제공

: 제어 수준을 활용하여 국소배기장치 설계

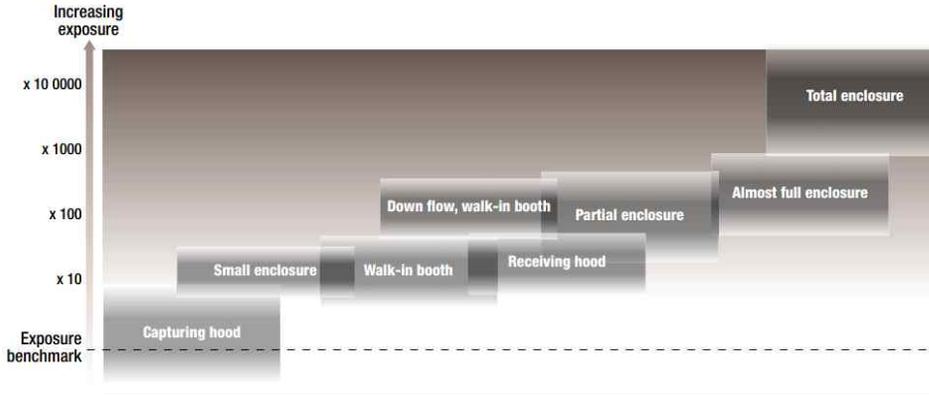
다) 노출 기준 대비 발생량에 따른 후드 선택

[그림 II-18]과 [그림 II-19]는 노출 기준 대비하여 오염물질 발생 농도에 따른 후드 선택 방법을 제시하고 있다.

[그림 II-18]과 같이 노출 기준 10배 이하로 오염물질이 발생할 때 외부식 후드를 설치할 수 있도록 제시하고 있다. 즉, 외부식 후드의 제거효율이 90% 정도 이상이면 노출 기준의 10배가 발생하여도 노출 기준 이하로 유지가 가능하다는 의미로 해석된다.

오염물질 발생 농도가 높아질수록 밀폐도를 높여야 하고, 1,000배 정도로 발생할 때 완전 밀폐형을 제안하고 있다.

후드 형태는 [그림 II-19]에 제시하고 있다.



[그림 II-18] 노출 기준 대비 발생량을 고려한 후드 선택

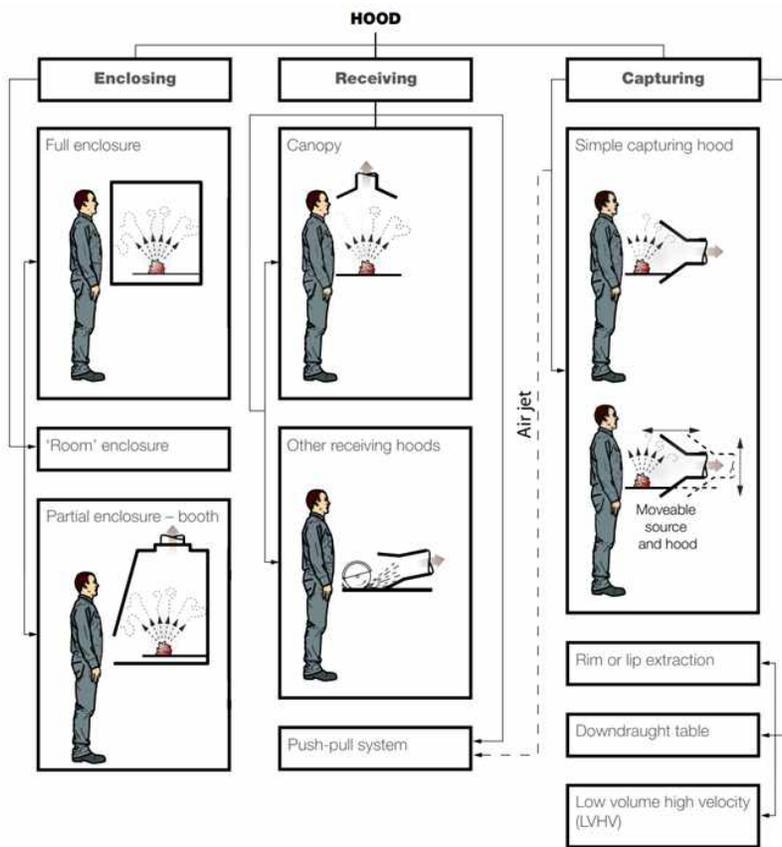


Figure 10 Classification: Types of LEV hood

[그림 II-19] 후드 형태별 분류

라) 후드 형태별 설계 원칙(Design principals)

6가지 형태로 후드를 구분하고 각 후드 형태별 설치 방법 및 환기량 산정 방법을 정리하고 있다. <표 II-13> ~ <표 II-18>은 각 후드 형태별로 후드 설치 시 고려할 내용 및 환기량 산정 시 고려할 내용을 정리하고 있다.

보건규칙과 같은 제어유속은 부분 밀폐형(부스형)후드에 대해서 0.4m/s를 적용할 뿐 다른 5가지 형태의 후드는 “제어유속”의 개념은 적용하지 않고 있다.

특히, 외부식 후드에 대해서 <표 II-18>에 정리되어 있지만, 후드 설치할 때 발생원을 고려하여 충분히 크게 설치하고, 제어 거리는 후드 지름보다 크지 않아야 하고, 기타 참고 자료를 활용하여 설계하도록 제안하고 있다.

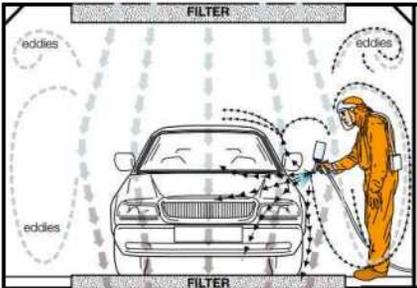
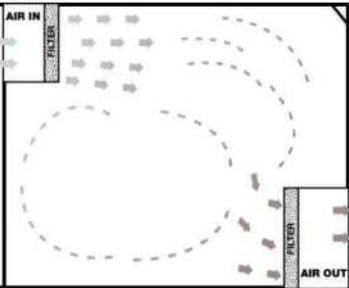
(가) 밀폐형 후드(Enclosure)

<표 II-13> 밀폐형 후드 설치 및 환기량 산정 방법

<p>밀폐형(Full Enclosure)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 최대 소스 크기를 예측하고 부스를 충분히 크게 제작 ▪ 속도를 가지고 발생하는 경우 직접 부스 벽면에 기류가 도달하지 못하도록 부스 크기 확대 ▪ 개구부 및 필터 크기 설계 ▪ 과압시 알람 설치
<p>환기량(Airflow)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 발생원에서 발생하는 최대 유량 보다 많게 설계해야 함 ▪ 밀폐 부스의 음압은 틈새나 개구부를 통해 유입될 수 있게 충분히 크게 유지해야 함
<p>유용성(Usability)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가시적인 모니터링 계기 디스플레이 및 조정 기능 제공

(나) 룸 밀폐(Room enclosure)

〈표 II-14〉 룸 밀폐형 후드 설치 및 환기량 산정 방법

<p>밀폐형 (Enclosure)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 내부 공기 누출을 보장하기 위해 음압을 유지합니다. ▪ 적절한 견고한 재료(예: 힌지, 씰 및 고정 장치)를 사용하여 특정 프로세스에 적합하도록 설계합니다. ▪ 실내의 공기 유입, 출력 및 흐름을 계획하여 에디와 간극 시간을 최소화합니다. ▪ 에어 제트와 같은 대규모 에디를 방해합니다. ▪ 간격 시간이 경과할 때까지 환기를 실행하도록 설계합니다(제거 시간). ▪ 인클로저 내 압력이 외부 압력(과압)을 초과할 경우 경보를 제공합니다. ▪ 실행 가능한 경우 과도한 압력이 발생할 경우 분사와 같은 프로세스를 중단할 수 있도록 인터락을 장착합니다
<p>환기량(Airflow)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 원활한 기류 유입 및 배출을 위한 설계 및 성능 저하 예상(예: 출구 필터 막힘) ▪ 공기량 규격에 맞게 설계 ▪ 정상적인 사용을 위해 일반적인 장애물을 고려
<p>유용성(Usability)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RPE를 착용한 작업자가 사용할 수 있는 설계 ▪ 일정한 흐름의 항공기 호흡 장치가 필요한 플러그인 지점 제공 ▪ 실내 압력 및 청각 경보의 가시적인 계기 표시를 포함 ▪ 최소 실내 압력을 나타내는 압력계를 포함 ▪ 인클로저 외부에 있는 계측기 위치 확인 ▪ 양호한 인체공학적 원리와 안전한 사용(예: 접근, 높이 작업, 재료 취급)을 기반으로 인클로저 및 작업 방법 설계 ▪ 인클로저 내부에 뷰 패널 및 조명 제공
<p>기류 흐름</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Figure 16 Spray booth or room enclosure</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Figure 17 Cross-flow room</p> </div> </div>

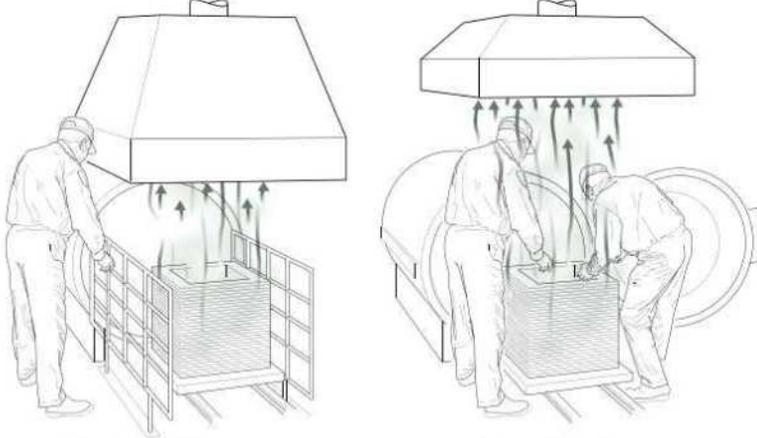
(다) 부분 밀폐(Partial enclosure)

〈표 II-15〉 부분 밀폐형 후드 설치 및 환기량 산정 방법

<p>밀폐형(Partial enclosure)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소스 특성화 - 소스 크기, 오염물질 구름 부피 유량 및 속도 ▪ 발생원과 오염공기를 고려하여 크게 설치 ▪ 작업자 노출을 최소화하는 설계 ▪ 후드 개구면 균일류 형성 ▪ 작업자 호흡영 보호를 위한 wake zone 저감 방안 적용 : 다운드래프트 사용, 사이드드래프트 사용, 공기 흐름에 대한 측면 작업 등 : 발생원과 작업자 거리 조정 및 발생원과 작업자 사이 격벽 설치 ▪ 후드 내부, 특히 입구 근처의 장애물 최소화 ▪ 방해기류 최소화 방안 ▪ 가능한 개구부 밀폐
<p>환기량(Airflow)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 표면 속도는 오염물질을 충분히 포집하도록 설계 ▪ : 개구면 유속 최소 0.4 m/s ▪ 개구면과 후드 내부 균일류 형성
<p>유용성(Usability)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 후드 덕트에 적절한 공기량(예: 압력계)을 표시하여 정적 압력 측정 ▪ 운영자가 필요한 경우 RPE 사용을 위한 설계 ▪ 인클로저 내부에 조명 제공

(라) 리시버 후드(Receiving hood)

〈표 II-16〉 리시버형 후드 설치 및 환기량 산정 방법

<p>Location</p>	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질 구름이 후드 쪽으로 흐르도록 공정 배치 설계 특히 고온에서 상대적으로 느리게 움직이는 플룸의 경우 외풍을 피하거나 통제해야 함 후드를 소스에 최대한 가깝게 설치 후드를 기계 가드(예: 부분 인클로저)에 통합할 수 있습니까?
<p>Hood</p>	<ul style="list-style-type: none"> 오염공기의 최대 체적을 고려하여 충분한 면적과 후드 형상 설계 포집 여부를 확인하기 위해 틴달 빔 또는 기류 가시화 실험을 통해 형상 설계 리시버 후드는 오염물질이 방향성을 가지지 않거나 열 부력이 없는 경우에는 부적절함 작업자가 오염물질에 노출되면 다른 LEV 후드 설계(예: 부분 인클로저)를 선택하거나 보충 RPE 사용(호흡기 보호구 필요함)
<p>환기량(Airflow)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질 발생량을 고려하여 설계
<p>유용성(Usability)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 후드 정압 측정 작업에 편리하도록 후드 설계 및 작업 방법 결정
<p>후드 형태</p>	 <p>Good control design – operator kept away from fume</p> <p>Poor control design – the operators are not kept away from fume</p> <p>Figure 27 Canopy hoods over a hot process</p>

(마) 푸쉬풀 후드(Push Pull hood)

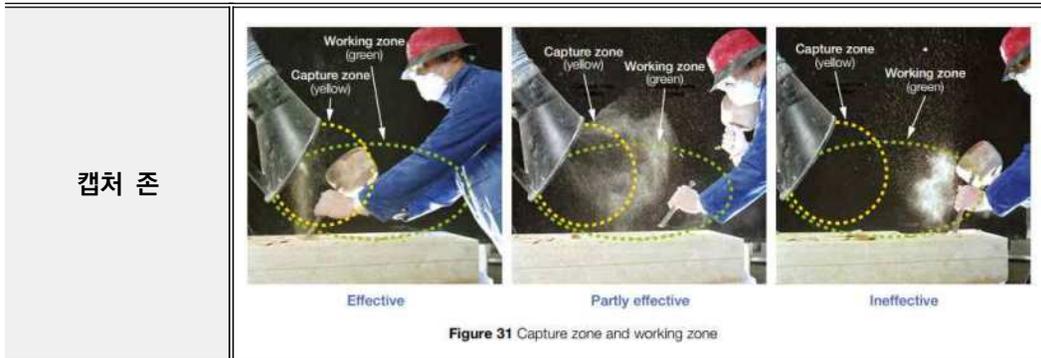
〈표 II-17〉 푸쉬풀 후드 설치 및 환기량 산정 방법

<p>Location</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 오염물질이 후드 쪽으로 흐르도록 작업 방법 및 급기 제트 설계 - 외부 방해기류 최소화 - 제품 건조 작업대에 대한 후드 설계 고려
<p>Inlet Jet</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 오염물질을 풀 후드에 전달하도록 설계 - 기류 가시화를 이용하여 푸쉬 제트의 크기, 방향 및 유량의 적정성 확인 - 제품이 푸쉬 기류를 방해하는 경우 푸쉬 노즐을 달아야 함
<p>Receiving hood</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 발생원과 푸쉬 노즐에 가능한 한 가까이 설치하고, 푸쉬 노즐에서 유인된 공기를 포집할 수 있도록 충분하게 크게 설치 - 발생원 최대한 밀폐
<p>환기량(Airflow)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 배기량은 푸쉬 노즐 유량과 오염물질 합한 유량보다 많아야 함
<p>유용성 (Usability)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 푸쉬 노즐에 정압계 설치하여 공기량 확인 - 배기 후드에는 정압 및 유량 측정계 설치

(바) 외부식 후드(Capture hood)

〈표 II-18〉 외부식 후드 설치 및 환기량 산정 방법

Location	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가능한 한 소스에 가깝게 위치 ▪ 제어거리는 보통 후드 1m 지름 미만 ▪ 캡처 영역은 작업 영역을 포함할 수 있을 정도로 커야 함 ▪ 캡처 영역을 정의하고 작업대에 표시하며 후드 라벨에 표시 ▪ 외풍 방지 또는 억제 ▪ 사전 시제품 제작하여 효율 평가(작업 방해 등) 																		
Hood	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 후드의 모양은 발생원 및 오염공기와 크기/모양이 유사 ▪ 플랜지 사용 또는 가능한 밀폐 																		
환기량(Airflow)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 충분한 캡처존을 만들기엔 충분히 커야 함 ▪ 제어유속 기준 없음 																		
유용성(Usability)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 캡처 구역 표시 ▪ 작업 구역을 캡처 구역 내에서 이동할 수 있고 조정 가능하게 설치 ▪ 후드 캡처 구역으로 이동할 수 있는 작업대 설계 ▪ 실용적이지 않으면 다른 LEV 후드를 설계 ▪ 후드와 덕트에 압력계를 사용하여 적절한 공기 흐름을 가시적으로 표시 ▪ 인체공학적 원리를 바탕으로 후드 및 작업 방법 설계 																		
외기(Draughts)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 후드와 소스를 함께 가까이 이동합니다(예: 더 밀폐된 후드 사용) ▪ 볼륨 유량 증가, 외풍 억제 																		
제어유속	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #2c5e8c; color: white;"> <th style="text-align: left; padding: 5px;">Contaminant cloud release</th> <th style="text-align: left; padding: 5px;">Example of process</th> <th style="text-align: left; padding: 5px;">Capture velocity range, m/s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Into still air with little or no energy</td> <td style="padding: 5px;">Evaporation, mist from electroplating tanks</td> <td style="padding: 5px;">0.25 to 0.5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Into fairly still air with low energy</td> <td style="padding: 5px;">Welding, soldering, liquid transfer</td> <td style="padding: 5px;">0.5 to 1.0</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Into moving air with moderate energy</td> <td style="padding: 5px;">Crushing, spraying</td> <td style="padding: 5px;">1.0 to 2.5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Into turbulent air with high energy*</td> <td style="padding: 5px;">Cutting, abrasive blasting, grinding</td> <td style="padding: 5px;">2.5 to >10</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px; font-size: small;">*These types of cloud are difficult to control using capturing hoods.</td> </tr> </tbody> </table>	Contaminant cloud release	Example of process	Capture velocity range, m/s	Into still air with little or no energy	Evaporation, mist from electroplating tanks	0.25 to 0.5	Into fairly still air with low energy	Welding, soldering, liquid transfer	0.5 to 1.0	Into moving air with moderate energy	Crushing, spraying	1.0 to 2.5	Into turbulent air with high energy*	Cutting, abrasive blasting, grinding	2.5 to >10	*These types of cloud are difficult to control using capturing hoods.		
Contaminant cloud release	Example of process	Capture velocity range, m/s																	
Into still air with little or no energy	Evaporation, mist from electroplating tanks	0.25 to 0.5																	
Into fairly still air with low energy	Welding, soldering, liquid transfer	0.5 to 1.0																	
Into moving air with moderate energy	Crushing, spraying	1.0 to 2.5																	
Into turbulent air with high energy*	Cutting, abrasive blasting, grinding	2.5 to >10																	
*These types of cloud are difficult to control using capturing hoods.																			



마) 설치 및 시험 운전(평가) 범위

시험 운전은 설치 후 성능검사, 효율 평가 및 보고서 작성으로 구분하고 있고, 효율 평가가 매우 중요하다. 국소배기장치의 효율적인 평가는 정성 평가와 정량 평가가 동시에 이루어져야 한다.

〈표 II-19〉 설치 후 시험 운전 확인 내용

설치	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설계 사양에 따라 설치 확인 ▪ 배치 및 구성 요소 일치 확인 ▪ 설치 중 변경 사항 확인 ▪ 가지 덕트의 유량 균형 확인(대략) ▪ 변경 사항 기록 ▪ 청소 및 점검구 확보
안전 작업 절차 (Safe working procedures)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사업주와 안전작업절차 및 책임 협의 ▪ COSHH 와 같은 현장 평가 및 허가
Technical performance	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설계 계획에 따라 설치가 올바른지 점검 ▪ 후드, 덕트, 에어 클리너, 에어 무버 및 배출 장치의 성능이 모두 정확해야 함 ▪ 정성적 및 정량적 점검 ▪ 후드 유량 밸런스
Control effectiveness	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 효과적인 제어 확인 ▪ 설치 일치성 및 기술 성능 점검 ▪ 작업 방법이 올바른지 확인 ▪ 정성적 및 정량적 점검을 통해 환기 효율 평가

<p>Commissioning report</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시험 운전 보고서 작성 ▪ 내용은 기술적인 검토와 환기 효율 등을 포함해야 함
<p>Transfer relevant data to the user manual and logbook</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업자를 위한 운전 매뉴얼을 반드시 확보

바) 국소배기장치 평가 시험 운전 구분

설치된 환기시스템의 효율을 평가할 때는 3가지로 경우로 구분하여 실시한다.

첫째, 후드 포집효율이 확실하게 입증된 국소배기장치

둘째, 후드 포집효율이 있을 것으로 판단되는 국소배기장치

셋째, 국소배기장치 설계는 적절해 보이지만, 제어 효과가 불확실한 국소배기장치

(가) 후드 포집효율이 확실하게 입증된 국소배기장치

작업자 노출을 적절하게 제어하는 것으로 확실하게 입증된 국소배기장치는 효과가 입증된 표준 방법에 따라 설계되었는지, 제품 제조공정이 표준에 일치하는지, 설계에 따라 설치되었는지만 확인한다.

작업 방법에 따라 효율 변화가 있을 수 있으므로, 작업 방법에 대해 평가도 하여야 한다.

(나) 후드 포집효율이 있을 것으로 판단되는 국소배기장치

명확한 효과가 검증되지 않은 국소배기장치의 경우 후드의 포집효율을 평가하여야 한다. 연기 발생기 또는 먼지 램프를 활용하여 가시화하고, 다양한 방법으로 시험 운전 평가가 필요하다.

- 작업자 호흡 영역으로 기류가 이동하는지 여부
- 연기 및 먼지 램프를 활용한 오염물질 거동 평가
- 작업절차가 표준에 따르는지 확인 및 제어시스템의 유용성 확인

- 후드 정압 측정 및 기록

(다) 국소배기장치 설계는 적절해 보이지만, 제어 효과가 불확실한 국소 배기장치

이러한 경우는 독성물질 등 엄격하게 관리해야 하는 국소배기장치에 적용한다. 시험 운전하는 동안 국소배기장치가 효과적으로 작동하지 않는다면 다른 대안을 마련하여야 한다.

(라) 후드 포집효율이 있을 것으로 판단되는 국소배기장치에서 평가한 항목을 포함해서 공기 샘플링을 통해 노출 농도 평가가 반드시 수행되어야 한다.

- 사) 국소배기장치 평가 방법

설치된 환기시스템의 효율을 평가할 때는 3가지로 경우로 구분하여 실시한다.

(가) 정성평가

- 육안 검사
 - : 후드 및 설치 구성품 육안 검사. 덕트 내부 확인을 위한 내시경 카메라 필요
- 기류 가시화
 - : 연기 발생기 및 빛의 광산란 효과인 틴들 효과를 이용한 먼지 램프 등

(나) 정량 평가

정량 평가 자료만으로 후드 포집효율에 대한 증거로 활용할 수 없지만, 향후 관리를 위한 참고 자료로 활용할 수 있다.

- 후드 및 덕트 유량 측정
- 후드 및 덕트 정압 측정, 공기정화장치 등 차압 측정
- 송풍기 유량, 회전수, 전력 소비량 측정

(다) 공기 샘플링(노출량 평가)

국소배기장치 효율을 확인하는 실질적인 평가 방법이다. 노출량 평가 방법에 따라 정상적인 작업 공정 조건에서 평가를 시행한다. 모든 국소배기장치에 대해서 노출 평가하지 않고 유해성이 높은 물질을 취급할 때 공기 샘플링을 실시한다. 지역 시료와 개인 시료를 적절하게 조합하여 평가한다.

아) 국소배기장치 설계시 참고 자료

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) www.acgih.org

American member-based organization for occupational and environmental health, with many publications

American National Standards Institute (ANSI) www.ansi.org

Actionable information on national, regional, international standards and conformity assessment issues

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) www.ashrae.org

International technical society of heating, ventilation, air-conditioning and refrigeration. British Standards Institution www.bsi-global.com

A leading global provider of management systems assessment and certification solutions

Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)

222 Balham High Road, London SW12 9BS Tel: 020 8675 5211 www.cibse.org

For engineers designing heating, ventilation and air-conditioning

services: also provides a path towards professional qualifications

Chemical Industries Association (CIA), Kings Buildings, Smith Square, London SW1P 3JJ, Tel: 020 7834 3399 www.cia.org.uk

The UK trade association for the chemical industries Confederation of British Industry (CBI) www.cbi.org.uk

Regionally organised, the CBI represents British industry

EEF – The Manufacturers’ Organisation

Broadway House, Tothill Street, London SW1H 9NQ

Tel: 020 7222 7777 www.eef.org.uk

Provides a range of health and safety services to members

Fan Manufacturers’ Association (FMA) www.feta.co.uk/fma

Principles and practice of air extract/supply system design; offers guidance on fan selection to ensure that such systems perform their intended function efficiently

The Federation of Environmental Trade Associations (FETA)

www.feta.co.uk

UK body representing the interests of manufacturers, suppliers, installers and contractors within the heating, ventilation, building controls, refrigeration and air- conditioning industry

Heating and Ventilating Contractors’ Association (HVCA)

Esca House, 34 Palace Court, London W2 4JG

Tel: 020 7313 4900 www.hvca.org.uk

Represents the interest of firms active in design, installation,

commissioning and maintenance of heating, ventilating, air-conditioning and refrigeration products and equipment

Independent National Inspection and Testing Association (INITA)

www.inita.org.uk

Represents independent companies that conduct inspection and certification of equipment, including LEV systems

Institute of Diagnostic Engineers (IDE)

www.diagnosticengineers.org

Professional institute for people who are concerned with servicing and maintenance of machines and structures and effectiveness of engineering plant

Institution of Local Exhaust Ventilation Engineers (ILEVE)

www.ileve.org

Formed to promote the science, understanding, education, art and practice of local exhaust ventilation engineering

Institution of Occupational Safety and Health (IOSH)

The Grange, Highfield Drive, Wigston, Leicestershire LE18 1NN

Tel: 0116 257 3100 www.iosh.co.uk

Leading body for health and safety professionals. Gives advice on choice of LEV systems

Safety Assessment Federation (SAFED)

Unit 4, First floor, 70 South Lambeth Road, Vauxhall, London SW8 1RL Tel: 020 7582 3208 www.safed.co.uk

Trade association which represents the independent inspection

and certification industry

Solids Handling and Processing Association (SHAPA)
www.shapa.co.uk

Represents manufacturers, suppliers and installers for solids handling and processing industry

Trades Union Congress (TUC) Congress House, Great Russell Street, London WC1B 3LS Tel: 020 7637 4030 www.tuc.org.uk

Gives health and safety advice to members. (See also individual unions, eg UNITE www.unitetheunion.org)

UK Accreditation Service (UKAS) 2 Pine Trees, Chertsey Lane, Staines-upon-Thames TW18 3HR Tel: 01784 429000
www.ukas.com]

3) 일본의 제도

한국 산업안전보건법이 일본의 산업안전보건법을 근거로 하여 제정된 것이기 때문에, 일본의 법체계는 한국의 법체계와 매우 유사하다. 일본의 산업안전보건법에서도 국소배기장치의 효율에 있어 “제어유속”의 개념을 적용하고 있다. 또, 국소배기장치 관리를 위해서는 정기적 자주검사(우리나라의 안전검사)와 사용 전 점검을 하도록 하고 있다.

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 서술하였다.

- (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 필요한 조치를 강구해야 함을 정하고(제23조), 그 구체적 내용은 노동성령(労働省令)으로 정하고 있다(제27조).
- (4) 환기장치 등은 사업자가 정기적으로 자주검사(自主検査)해야 하며(제45조), 국소환기장치 및 제진장치에 대해서는 정기적 자주검사지침(自主検査指針)이 정해져 있다(1983. 2. 23부 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(労働基準監督署長)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(労働基準局長), 노동기준감독서장은 사업자의 환기 등 필요 조치에 관한 법률위반의 사실이 있는 경우 작업정지명령, 건축물·설비 등의 사용정지, 변경명령 등의 필요사항을 명령할 수가 있다(제98조). 등이 정해져 있다.

(1) 일본의 작업환경관리 제도

일본의 작업환경 측정제도는 우리나라에서 측정하는 개인시료 포집법과 달리 [그림 II-20]과 같이 지역 시료 포집에 의한 작업환경 평가를 시행하고 있다.

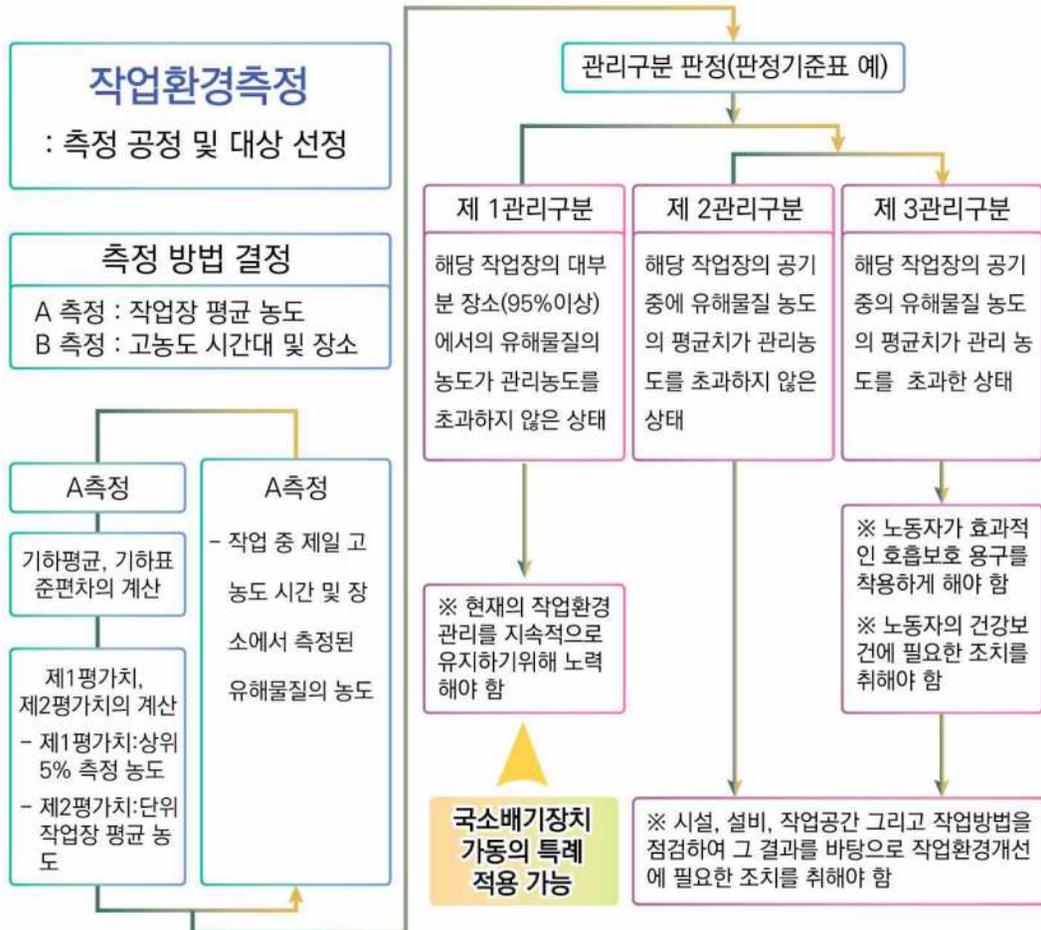
지역 시료는 포집하는 데 있어 측정 위치 및 방법은 A 측정과 B 측정 2가지 경우로 구분하여 나누고 있다. A 측정은 단위 작업장의 공기 중의 유해물질 평균 농도이고, B 측정치는 유해물질의 농도가 제일 높다고 판단되는 시간대나 장소에서 측정한 유해물질 농도를 나타내는 것이다.

작업환경기준은 작업장에서의 작업환경관리의 양호와 불량을 판단하기 위한 기준으로서 관리농도를 설정하고 측정된 A 측정치와 B 측정치를 계산식에 의해 계산된 결과를 분석하여 제1, 제2, 제3 관리 구분으로 나누어 관리하고 있다.

[그림 II-20]은 일본에서 시행 중인 작업환경관리제도를 그림으로 정리한 것인데, 제1관리 구분으로 판정되면 국소배기장치 특레 가동이 가능하게 되어 있다.



[그림 II-20] 지역 시료 측정 모습



[그림 II-21] 일본의 작업환경 관리 체계

가) 작업환경 측정 평가

노동안전위생법에서는 사업자에 한하여 작업장에서 노출되고 노동자의 건강장애를 발생시키는 여러 가지 물질에서 유해성이 높고 법정 관리 조치가 필요한 물질 그리고 법적인 제조 허가가 필요한 물질에 대하여 작업환경 측정할 의무를 부여하고 있다(노동안전위생법 제65조(노동안전위생법 시행령 제21조)). 현재 92종 물질을 대상으로 작업환경 평가를 진행하고 있다.

작업환경 측정은 작업환경 상태를 확실히 파악하고 그 결과를 바탕으로 설

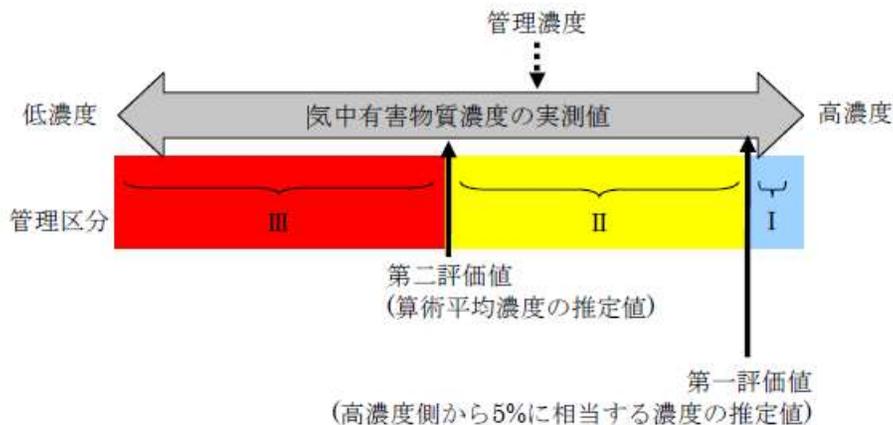
비개선 등의 조치를 취하기 위해 진행되기 때문에 측정 결과를 평가할 때는 작업장의 환경 상태를 확실히 나타낼 수 있도록 해야 한다.

작업환경 측정은 객관성이 있어야 할 뿐만 아니라 정확도가 높아야 하므로 노동안전위생법(제65조)에서는 작업환경 측정을 후생 노동 대신이 작업환경 측정기준을 정하고, 작업환경 측정 결과는 작업환경 평가 기준에 따라 진행하도록 하고 있다.

작업환경 기준은 작업장의 작업환경관리상태의 양·불량을 판단하기 위한 기준으로서 “관리농도”라는 용어를 사용하는데, A 측정치와 B 측정치를 계산식에 도입하여 제1, 제2, 제3 관리 구분으로 나누어 관리하고 있다.

A 측정치는 단위 작업장의 공기 중의 유해물질 평균 농도이고 B 측정치는 유해물질의 농도가 제일 높다고 판정된 시간대나 장소에서 측정한 유해물질 농도로 구분하여 측정을 시행하고 있다.

[그림 II-22]는 제1평 가치와 제2평 가치를 구분하는 방법을 그림으로 표현한 것이다. 제1평 가치는 A 측정 방법으로 측정된 작업장 내부 농도 중에서 상위 5%의 최저농도를 의미하며(시료가 100개가 있으면 상위 5번째 농도를 의미함), 제2평 가치는 모든 측정값의 산술평균 농도를 의미하는 것이다.



[그림 II-22] 제 1, 2평 가치 구분 방법

〈표 II-20〉은 관리 구분 판정하는 방법을 설명한 자료로써, A 측정치와 B 측정치 결괏값을 이용하여 제1관리 구분부터 제3 관리 구분까지 분류하게 된다. 제1관리 구분되는 경우는 A 측정 결과 값 중 상위 5%에 해당하는 농도가 관리기준보다 낮고, B 측정 방법으로 측정된 농도도 관리기준보다 낮은 경우를 말한다. 즉, 작업장 내의 오염물질 농도가 관리기준보다 낮은 상태로 유지되고 있다는 것을 의미하게 된다.

제1 관리 구분으로 분류되면 자율적인 관리가 가능하고 국소배기장치 특례 제도 적용이 가능하게 된다.

〈표 II-21〉은 각 관리 구분 단계가 의미하는 작업환경 상태를 정리한 것이다.

〈표 II-20〉 관리 구분 판정 방법

관리 구분 판정 방법		A 측정치		
		제1평가치< 관리농도	제2평가치 ≤ 관리농도 ≤ 제1평가치	제2평가치> 관리농도
B 측정치	B측정치< 관리농도	제1 관리구분	제2 관리구분	제3 관리구분
	관리농도 ≤ B측정치 ≤ 관리농도 × 1.5	제2 관리구분	제2 관리구분	제3 관리구분
	B측정치> 관리농도 × 1.5	제3 관리구분	제3 관리구분	제3 관리구분

〈표 II-21〉 관리구분에 따른 작업환경 관리 상태

관리구분	내 용
제 1 관리구분	단위작업장의 거의 90%이상 장소의 공기 중 유해물질 농도의 평균치가 관리농도를 초과하지 않다고 추정되고 작업환경관리가 적절하게 이루어졌다고 판단되는 상태
제 2 관리구분	단위작업장의 공기 중의 유해물질 농도의 평균치가 관리농도를 초과하지 않았다고 추정되지만 제1 관리구분과 비교하면 작업환경관리 개선의 여지가 있다고 판단되는 상태
제 3 관리구분	단위작업장의 공기 중의 유해물질 농도의 평균치가 관리농도를 초과한다고 추정되고 작업환경 관리가 적절하지 않다고 판단되는 상태

나) 관리농도 기준

관리농도는 작업환경 관리를 진행하기 위한 과정에서 작업환경 측정결과로부터 해당 작업장소의 작업환경 관리의 양호함과 불량함을 판단할 때 관리구분을 결정하기 위한 기준으로서 물질에 따라 기준치가 정해져 있다.

현재 작업환경 측 정대상에는 92종 물질(유기용제(제1종, 제2종) 47종, 납, 특수화합물(제1유형, 제2유형) 44종)이 있는데 그중에서 81종 물질(유기용제 47종, 납, 특수화합물 33종)은 관리농도가 정해져 있다. 그 외 토석, 암석, 광물 등과 탄소 분진에 대해서도 관리농도가 설정되어 있다.

관리농도는 노동자 개개인의 노출 농도 비교를 전제로 한 노출한계(일본산업위생학회의 허용농도나 미국산업위생전문가회의(ACGIH)에서 제안한 노출한계 TLV등)와는 차이가 있는데 작업환경관리를 추진할 때 필요한 작업환경 개선 조치를 시행하기 위하여 행정적인 수단으로 학회 등에서 제시한 노출한계나 여러 나라의 대기 중의 유해물질에 대한 규제 동향 작업환경측정 기술의 진보 등을 참조하여 설정된 수치이다.

(2) 국소배기장치 가동의 특례

일본은 1997년에 “국소배기 장치 가동의 특례”를 제정하여 작업환경이 양호한 작업장의 국소배기 장치에 대해서는 측정된 제어유속이 기존에 규정된 제어유속을 만족시키지 못하여도 노동기준감독서장의 허가받은 후 측정 제어 유속을 “특례제어유속”으로 적용할 수 있도록 법 개정을 단행하였다

그 주요 내용은 다음과 같다.

□ 특례를 신청한 사업주는 국소배기 장치 특례 가동 허가신청서를 기본양식에 맞게 작성한 후 다음의 서류를 첨부하여 노동기준감독서장에게 제출해야 한다.

- 작업장의 조감도
- 신청 전 1년 6개월 동안 실시한 해당 작업장에 관련된 기존 규정에 따른 측정 결과 및 평가보고서를 서면으로 제출
- 특례 제어유속으로 해당 국소배기 장치를 가동한 후의 해당 작업장의 유기용제의 농도 측정 결과 및 측정 결과에 대한 평가보고서를 서면으로 제출
- 신청확인 서면자료
- 신청 전 2년 동안의 자체검사 결과 보고서

□ 관할 노동기준감독서장은 위의 신청서류가 제출되면 허가 여부가 결정되는 즉시 차질 없이 결과를 문서로 해당 사업주에게 통지하여야 함

□ 허가받은 사업주는 해당 작업장의 상응한 측정 결과를 노동기준감독서장에게 제출해야 함

□ 해당 사업주는 신청서 및 서류에 기재된 사항이 변경되었을 때 바로 문서로 그 변경 사항을 노동기준감독서장에게 보고해야 함

□ 관할 노동기준감독서장은 제3항의 평가 결과가 제1관리 구분을 유지할 수 없다고 판정될 때는 바로 해당 허가를 취소함

3. 제어유속 범위 적정성 검토

1) Industrial ventilation manual (ACGIH), Specific operations의 제어유속 비교

(1) 제어유속 비교 방법

물질의 상태와 후드 형태로 제어유속을 구분하여 관리하면 오염물질 발생 속도 및 농도, 온도 등 다양한 인자에 대한 고려가 생략되어 실제 현장 적용할 때 많은 어려움이 있다.

보건규칙의 제어유속에 따라 후드를 설치했음에도 오염물질 발생 속도가 빨라 충분한 포집 효과를 거두지 못하거나, 제어유속을 만족하더라도 제품생산 불량률이 발생하는 경우도 있다.

〈표 II-22〉는 ACGIH의 산업 환기 매뉴얼의 제어유속과 산업안전보건기준에 관한 규칙의 제어유속을 비교한 것이다. 산업환기매뉴얼의 Specific operations에는 후드 유량 산정 방법이 제어유속과 환기량 설계로 구분되어 있다. 〈표 II-22〉에 제어유속으로 제시된 공정을 따로 분리하여 보건규칙에 제시된 물질의 상태와 후드 형태에 따른 제어유속을 적용하였고, 미국 기준과 보건규칙의 제어유속을 비교하여 제어유속비를 산정하였다. 제어유속비가 “1” 이상이면 미국 산업 환기 매뉴얼의 제어유속이 높다는 의미이고, “1” 이하면 보건규칙의 제어유속이 높다는 것을 의미한다.

〈표 II-22〉에서 보면, Filling operation의 경우 제어유속비가 1.5로 계산되었다. 즉, 미국 산업 환기 매뉴얼의 제어유속이 보건규칙에 제시된 제어유속보다 1.5배 높지만, 제어유속 범위가 0.25~2.5로 10배 정도 넓은 범위를 제시하고 있다. 그 이유는 제품에 의해 공기가 비산될 경우 배기량 증가가 필요하지만, 과도한 배기량은 제품 손실이 발생하여 적절한 제어유속을 유지하도록 하고 있다. 특히 분진의 경우 폭발 위험성으로 인해 인화성이나 폭발성 물질 취급 시에는 NEPA Code 77을 따르도록 하고 있다.

[그림 II-23]과 같이 국내에서도 2차 전지 사업이나 화학제품 생산 현장에서 분말 형태의 원료를 취급하는 공정에서 제어유속을 만족하면 원료 손실이 심해지고 제품 불량 발생 문제가 있는데, 이러한 경우 제어유속 범위를 좀 더 다양화할 필요가 있을 것으로 판단된다.

전반적인 제어유속 범위는 미국 산업 환기 매뉴얼이 높게 제시되고 있지만, 대부분 제어유속 범위를 넓게 두어 설계자가 적절하게 선택할 수 있도록 하고 있다. 제어유속비를 계산할 때 상한 범위의 값으로 계산했기 때문에 미국산업 환기 매뉴얼에서 제시된 제어유속이 높게 계산되었지만, 하한 범위에서 계산할 때 보건규칙의 제어유속이 높게 평가되고 있다.

상한 범위에서 계산한 결과에서도 타이어 공정, 페인팅 공정 및 용접 흠 관련 공정에서는 보건규칙 제어유속이 높게 계산되었는데, 그 이유는 흠이나 페인트 입자는 분진으로 판단하지 않고 분진보다 가볍게 판단하여 제어유속이 낮게 책정되어 있다.

보건규칙에서 분진에 흠, 미스트를 포함하는 것에 대한 재검토가 필요할 것으로 판단된다.

고유속 저유량 후드인 그라인드 등 회전체에 대해서는 분진 작업의 제어유속은 5m/s로 고정되어 있는데 실제 그라인드 휠 크기 등을 고려하여 환기량을 산정하고 있어 그에 대한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

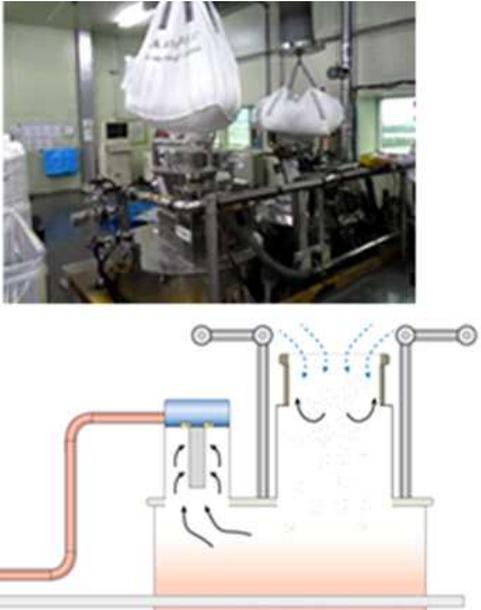
〈표 II-22〉 제어유속 비교 결과(IV Manual Vs. 보건규칙)

업종	후드 형태 특징	설계 방법	IV매뉴얼 제어유속 (m/s) 범위	제어유속 비 (IV/보건규칙)	비고
Filling operation	제품에 의해 공기가 비산될 경우 배기량 증가 필요함 과도한 배기량은 제품 손실이 발생함 인화성이나 폭발성물질취급 시에는 NEPA Code 77을 따라야 함	제어유속과 단면적당 유량 계산법 혼용	0.25~2.5	1.5	

업종	후드 형태 특징	설계 방법	IV매뉴얼 제어유속 (m/s) 범위	제어유속 비 (IV/보건규칙)	비고
Foundry operation	포위식 선호 모래 처리 공정대상		1~2.5	1.7	
Gas treatment	포위식 선호	제어유속 시간당 공기 교환률(20회 이상)	0.5~1	2.1	
Hot process	상방형 캐노피	열부력 이용한 계산			규칙 개정할 때 후드 형태 포함
Laboratory ventilation	포위식 후드면 속도 균일도 10% 이내	최대 개방을 기준으로 설계	0.5	1.1	
low volume, high velocity	외부식 또는 포위식 리시버형	속도 및 크기에 따라 환기량 산정			규칙 개정 때 후드 형태 포함
Machining	포위식	고속으로 발생하는 특성 고려	1.13~3.75	1.97	
Material transport	포위식	벨트 이동 속도 등 고려	0.35~7.5	3.4	분진 작업으로 고려
Metal melting furnace	포위식 및 캐노피 후드		건 옥 또는 캐노피 후드 0.76 포위식 1~2	1.6	
Mixing-타이어 공정	포위식 후드	타이어 제조 공정에서 발생하는 고무 흡은 분진이 아닌 것으로 고려하여 제어유속이 낮음 대부분 온도만 고려	0.5~1.5	0.9	흡을 분진에 포함할지 판단

업종	후드 형태 특징	설계 방법	IV매뉴얼 제어유속 (m/s) 범위	제어유속 비 (IV/보건규칙)	비고
Movable exhaust hoods	암 후드 등	환기량으로 계산			
open surface tank and push-pull hood	측방형 또는 푸쉬풀 후드	계산식 따로 있음			효율 평가 방법 제시 필요함
Painting operation	포위식 및 work in hood)	에어리스와 에어스프레이 구분	0.25~1	0.8	속도가 빠를 경우 제품 불량 페인트 입자를 분진으로 포함할지 판단
Mechanical surface cleaning]	블라스팅 및 그라인딩 포위식과 리시버식	포위식 제어 유속 그라인딩은 휠 속도에 따라 계산	0.75~2	1.1	고유속 저유량 후드에 대한 고려 필요
Welding and cutting	부스형과 외부식 적용	용접흡은 0.75m/s이하 절단 공정과 자동용접은 1m/s 이상	0.5~2.5	1.3	용접흡을 분진에 포함할지 판단
Wood working	제어유속 없고 공정에 따라 유량 산정	제품마다 유량 산정법있음			규칙 개정할 때 후드 형태 포함
low volume-high velocity exhaust system	핸드 그라인드 등	제품마다 유량 산정법있음			규칙 개정할 때 후드 형태 포함

* 상세 비교 내용은 부록 1) 참조

공정	후드 형태 특징	설계 방법
원료 투입공정		<p>미세한 분말(양극재 등) 취급공정에 제어유속을 만족하면 원료 손실로 작업 불가함</p>

[그림 II-23] 원료 투입공정 환기 문제점

(2) 업종 구분되지 않은 기타 공정에 대한 제어유속

ACGIH에서는 Specific operations에 공정별 후드 형태 및 환기량 산정(제어유속) 기준을 제시하고 있다. 하지만, 모든 공정에 대해서 제시할 수 없으므로 기타 공정에 대한 제어유속 또는 환기량 설계기준을 제시하고 있다.

[그림 II-24]는 일반적으로 오염물질 발생 속도 및 독성도 등 성상을 고려한 제어유속 범위를 제시한 것이다.

TABLE 6-2. Recommended Capture Velocities*

<u>Energy of dispersion</u>	<u>Examples</u>	<u>V_c fpm [m/s]</u>
Little motion	Evaporation from tanks, degreasing	75-100 [0.38-0.51]
Average motion	Intermittent container filling; low speed conveyor transfers; welding; plating; pickling	100-200 [0.51-1.02]
High	Barrel filling; conveyor loading; crushers	200-500 [1.02-2.54]
Very high	Grinding; abrasive blasting; tumbling	500-2,000 [2.54-10.2]
<u>Factors affecting choices within ranges</u>		
Strength of crossdrafts due to makeup air, traffic, etc.		
Need for effectiveness in collection:		
	<ul style="list-style-type: none"> • toxicity of contaminants produced by the source, • exposures from other sources that reduce acceptable exposure from this source, quantity of air contaminants generated – i.e., production rate, volatility, time generated 	
*see also ANSI Z9.2-1979		

[그림 II-24] ACGIH, 제어유속 범위

그리고 현장 조건을 고려할 때 최소 0.38m/s의 제어 유속을 유지하면 오염물질을 포집할 수 있지만, 일반적인 조건(중간 독성, 교차 드래프트 등)을 고려할 때 0.5 m/s의 제어유속이 현실적인 최소값으로 제시하고 있다. 너무 빠른 제어속도는 분체물질의 과도한 포집과 같은 문제가 있다는 것을 유의해야 한다.

The capture velocity should be at least 0.38 m/s except under ideal conditions. A velocity of 100 fpm [0.51 m/s] may be a more realistic minimum for typical conditions (moderate toxicity, cross drafts, etc.). It should be noted that a capture velocity can also be excessive for some conditions. In particular, very high capture velocities near dusty materials can cause “product pickup.”

<표 II-23>과 <표 II-24>는 Specific operations에 제시되지 않은 공정에 대한 기준을 제시한 것이다. 제어속도와 유량으로 설계하고 있는 것을 알 수 있다. 국내에서 ACGIH 설계를 참고하기 위해서는 제어유속만으로 설계하도록 하는 보건규칙의 개정이 필요할 것으로 판단된다.

〈표 II-23〉 ACGIH, 곡물 이송, 사료공장, 제분소 제어유속

Operation	Hood Design	capture velocity (m/s)	Air Volume				
Bag Loading	VS-15-02, VS-15-03 Booth VS-15-01	0.5	As Shown 0.5 am ³ /s/m ²				
Belt Discharge	To belt-VS-50-02 To bin-VS-50-10 T o elevator-VS-50-1, VS-50-20		0.5 am ³ /s/m belt width up to 1 m/s belt speed 0.8 am ³ /s/m of belt width over 1 m/s belt speed Increase 1/3 if material drop is over 3 meters				
Bins	Direct Exhaust. Use Taper		0.25 am ³ /s/bin				
Bucket elevator	VS-50-01	0.5	0.5 am ³ /s/m ² cross section				
Cleaning machines	Consult Manufacturer						
Distributors	Enclose discharge. 1m/s in-draft through enclosure openings	1	No of Spouts	Diameter of Spouts, mm			
				15	18	20	22.5
			0-6 6-12 12-24	Exhaust am ³ /s	0.25 0.48 0.75	0.34 0.62 0.95	0.48 0.75 1.1
Feed Grinders	Consult Manufacturer						
Floor Dump	Booth		m ³ /s/m ² open face area				
Floor Sweep		0.5	0.5 am ³ /s in 100 mm x 200 mm opening				
Garner Bin	Direct Exhaust. Use Taper		0.0015 am ³ /s per m ³ /s				
Mixers	Ventilated Cover		Mixer Capacity Exhaust am ³ /s				
			up to 0.05 metric ton		0.15		
			0.05 to 1.5 metric tons		0.35		
		over 1.5 metric tons		0.5			
Percentage Feeders	Enclosed Conveyor		1 am ³ /s at each feeder				

Operation	Hood Design	capture velocity (m/s)	Air Volume
Purifiers	Enclosure	0.2	0.15-0.20 am ³ /s/m ² screen area
Roll Stands	Enclosure		0.1 am ³ /s/linear meter
Scales	Enclosure		Scale Capacity, liters Exhaust, am ³ /s
			Upto 175 0.13
			175 to 350 0.2
Over 350 0.3			
Scale Hopper	Direct Exhaust. Use Taper		5.9 × 10 ⁻⁴ am ³ /s per liter per second
Screw Conveyor	Direct Exhaust. Use Taper		1 am ³ /s — ducts on 6 meter centers
Sifters	Enclosure		1 am ³ /s compartment
Track Sink	Direct exhaust from hopper. Use Taper	0.05	0.05 am ³ /s/m ² grate area
Tipper Car	Belt Discharge. VS-50-1, VS-50-20 Spout Ends-Tapered Connection. Spillage exhaust under head pulley		See "Belt Discharge" above. 1 am ³ /m ² spout cross-section. 0.15 am ³ /m belt width.

〈표 II-24〉 ACGIH, 기타공정 제어유속

Minimum Design Operation or Industry	Ventilation		
	Type of Hood	Capture Velocity	Airflow
Abrasive Wheel Manufacturing Grading Screen Barrels	Enclosure-booth Close canopy	0.25 m/s at face 2.0 m/s at face	
Grinding Wheel Dressing	Enclosure-booth	2.0 m/s at face	
Aluminum Furnaces	Enclosure	0.75-1 m/s through opening	
Asbestos			
Bagging	Enclosure-booth	0.13 m/s through all openings	
Carding	Enclosure	0.8 m/s per card	
Crushing	Enclosure	0.75 m/s through all openings	
Drilling of panels containing asbestos	Movable hood	2.0 m/s capture velocity	
Dumping	Booth	0.13 m/s through all openings	
Grinding of brake shoes	Enclosure	2.0 m/s minimum capture velocity at tool rest	
Hot press for brake shoes	Enclosure	0.13 m/s through all openings	
Mixing	Booth	0.13 m/s face velocity	
Preform press	Enclosure	0.13 m/s through all openings	
Screening	Enclosure	0.10 m/s through all openings but not less than .13 am ³ /s/m ² screen areas	

Minimum Design Operation or Industry	Ventilation		
	Type of Hood	Capture Velocity	Airflow
Spool winding	Local hoods		0.025 am ³ /s/spool
Spinning and twisting	Partial		0.025 am ³ /s/spool
Weaving	Canopy with baffles	0.25 m/s through openings	
Auto parking garage	2-level		0.25 am ³ /s/parking space
Ceramic	Enclosure	1.0 m/s through all openings	
Dry Pan	Local at die		0.25 am ³ /s
Dry Press	Local at die		0.25 am ³ /s
Aerographing	At supply bin Booth	0.5 m/s face velocity	0.25 am ³ /s
Spraying (lead glaze)	Booth	2.0 m/s face velocity	
Coating Pans (pharmaceutical)	Airflow into opening of pan	0.25-0.75 m/s through opening	
Cooling Tunnels (foundry)	Enclosure		0.38-0.5 am ³ /s/running meter of enclosure
Core Knockout (manual)	Large side-draft or semi-booth -exhaust near floor		1.0-1.3 am ³ /s/m ² dust producing area
Core Sanding (on lathe)	Downdraft under work	0.5 am/s at source	
Crushers and Grinders	Enclosure	1.0 am/s through openings	
Drilling (rocks)	Special trap (see References)		0.03 am ³ /s - vertical (downward) work 0.10 am ³ /s - horizontal work

Minimum Design Operation or Industry	Ventilation		
	Type of Hood	Capture Velocity	Airflow
Forge (hand)	Booth	1.0 m/s face velocity	8
Outboard Test Tank	Side draft		1.0 am ³ /s per m ² tank opening
Packaging Machines	Booth	0.25-0.5 m/s face velocity	15
	Downdraft Complete enclosure	0.5-0.75 m/s 0.5-2.0 m/s/opening	to 20
Paper Machine	Canopy	1.0-1.5 m/s face velocity	8
		0.75-1.0 m/s face velocity	
Quartz Fusing Rotary Blasting Table	Booth on bench Enclosure	2.5 m/s through openings when in operation	15
		0.5 m/s at source	10
Silver Soldering	Free hanging	0.5 m/s at source	10
Steam Kettles	Canopy Canopy	0.75 m/s face velocity	8
Varnish Kettles Wire Impregnating	Covered tanks	1.0-1.3 m/s face velocity 1.0 am ³ /s/m ² of opening	

2) 제어유속 관련 연구 결과

2010년도에 수행된 국소배기장치 후드의 제어유속 적합성 연구(한국산업 안전보건공단, 2010)에서는 다음과 같은 결론을 제시하였다.

다음은 연구 결론을 정리한 것이다.

(1) 가스상 물질의 제어유속 기준

보건규칙에서 보면 관리대상 유해물질은 포위식 후드는 0.4m/s이고, 측방 흡인형과 하방 흡인형은 0.5m/s 그리고 상방흡인형은 1.0m/s의 제어유속 범위가 선정되어 있다. 허가대상물질의 경우 가스상은 포위식(부스식)과 외부식(레시버식 포함)해서 모두 0.5m/s로 제어유속이 규정되어 있다.

현장 실험과 실험실 실험 결과로 볼 때, 현재 가스상 물질의 제어유속이 0.5m/s(상방형과 포위식 제외)로 되어 있는데, 오염물질 발생량에 따라 다소 차이가 있을 수 있지만 가스상 물질을 후드로 포집하기 위한 최저 제어유속은 0.3m/s 정도가 타당한 것으로 판단된다.

포위식 후드의 경우에는 현장 테스트 결과 보충 공기만 충분하게 유입된다면 0.25m/s에서도 충분한 후드 포집 효과를 거둘 수 있었고, 실험실 실험 결과에서도 0.2m/s와 0.3m/s 사이에서 포집효율이 급격하게 증가한 것으로 보면 0.25m/s 정도만 유지해도 오염물질을 충분히 포집할 수 있을 것으로 판단된다.

상방형 후드의 경우 열원과 비열원으로 구분하지 않았기 때문에 열원과 비열원으로 구분하는 것이 타당하다고 생각한다.

비열원인 경우에 실험실 실험 결과 방해기류가 0.5m/s가 존재할 때 제어유속을 0.5m/s로 유지하여도 80%의 오염물질 제어 효과를 거두지 못하고 있다. 또, 0.2m/s의 낮은 방해기류 아래에서도 오염물질 포집효율을 80% 이상 유지하기 위해서는 0.5m/s 정도의 제어유속이 필요한 것으로 측정되었다.

비열원 상방형 후드의 경우 효율이 매우 낮아서 측방형이나 부스형 후드가 설치 불가능할 때 주로 사용하고 있고, 실험실 실험 결과 방해기류가 0.5m/s가 있어도 제어유속을 0.5m/s를 유지하면 75% 정도 오염물질 저감이 가능하므로 현재 1m/s의 방해기류를 0.5m/s로 조정하여도 작업환경에 큰 문제를 유발하지 않을 것으로 판단된다.

열 발생 캐노피 후드의 경우 후드 배기 유량 설계시 제어유속 개념이 없고, 열원 때문에 발생한 공기량을 후드가 포집하기 위해 열원에서 발생한 공기량을 계산하여 배기 유량으로 적용하는 방법을 취하고 있다.

이러한 이유로 열 발생공정에 설치된 캐노피 후드에 대한 성능 평가를 제어유속으로 실시하면 심각한 오류를 범하게 되고, 불필요한 배기 유량 증가를 가져오게 된다.

열 발생공정에 설치된 캐노피 후드의 효율 평가를 위해서는 열 발생공정 특성을 파악하고 배기 유량을 설계한 후 현재 후드 배기 유량이 설계유량을 만족하는지 검토해 볼 수 있고, 또 하나의 방법은 연기 발생기를 이용하여 후드 유입 성능을 평가하는 방법을 제안하고자 한다.

하지만, 열 발생공정에 대한 온도 범위 등에 대한 구분을 필요할 것으로 판단된다.

(2) 입자상물질 제어유속 기준

보건규칙에서 보면 관리 대상 유해물질은 포위식 후드는 0.7m/s이고, 측방 흡인형과 하방 흡인형은 1.0m/s 그리고 상방흡인형은 1.2m/s의 제어유속 범위가 선정되어 있다. 허가대상물질의 경우 가스상은 포위식(부스식)과 외부식(테시버식 포함)해서 모두 1.05m/s로 제어유속이 규정되어 있다.

현장 테스트 결과에서 알 수 있듯이 분진 발생 특성을 고려하여 후드 형태를 적절하게 설계하면 제어유속을 0.7m/s 만 유지해도 발생하는 오염물질을 80% 이상 저감할 수 있었고, 그라인딩 작업에 대한 제어유속에 다른 분진 포집효율 실험을 시행한 일본의 연구 결과에서도 제어유속 규정치 0.7m/s가 아닌 0.5m/s에서도 충분히 분진농도 기준을 만족시킬 수 있는 것으로 조사되었다.

하지만, 모 자동차 공장의 그라인딩 작업장의 작업환경 측정 결과를 보면 후드 제어유속은 0.7m/s 이상이지만, 작업 형태나 분진 발생 특성에 따라 노출 기준을 초과할 수도 있는 것으로 조사되었다. 분진의 경우 분진 발생 특성에 따라 제어유속 범위가 달라질 수 있는데, 미국 산업환기 매뉴얼에서도 분진 발생공정의 경우 제어유속을 2.5m/s 이상 유지하도록 제안하는 공정도 있을 정도이다.

이 때문에 분진의 경우 현재 제어유속 범위에 대한 적절성 여부는 간단하게 판단하기 어렵다. 하지만, 보건규칙에서 입자상물질의 범위를 분진, 흙 그리고 미스트까지 포함하여 제어유속을 동일시하고 있는데, 이 부분은 적절하

지 못한 것으로 판단된다.

분진의 경우 발생 입자의 비중, 크기, 발생 속도 및 발생 온도 등 발생분진 자체의 특성에 따른 거동에 차이가 크게 발생할 수 있다. Hinds(1982)의 연구에 따르면 10 μ m 입경을 가지는 분진이 10m/s 속도로 분사될 때 분진이 가지는 관성을 고려하여도 주변 공기 기류보다 0.23cm 정도 더 이동하고 정지하는 것으로 조사되어 호흡성 분진인 입경 10 μ m 정도의 분진은 거의 가스와 동일하게 움직이는 것을 알 수 있다. 그리고 입경 100 μ m 정도로 큰 입자도 12.7cm의 정지거리가 계산되었다. 또 다른 자료(산업환기이론과 실천, 1998년, 윤명조 譯)에서는 입자상 물질이 처음 속도를 가지고 일정하게 공기 중 비산되는 경우라 하더라도 인체에 영향을 미치는 10 μ m 정도 크기의 입자인 경우의 비산거리는 무시할 정도이고, 입자 지름이 50 μ m로 큰 경우라 하더라도 처음 발생 속도가 5m/s 이하면 비산거리는 10cm 정도에 불과하다고 정리하고 있다.

이처럼 입자에 대한 정지거리를 살펴보면, 호흡성 분진에 속하는 흙과 미스트의 경우 입자 비중에 의한 관성보다는 기류 흐름과 같이 흐르는 것을 알 수 있다. 또, 미국 산업환기 매뉴얼에서도 고열에 의해 발생한 흙의 경우 제어유속을 분진에 비해 매우 낮게 제시하고 있다. 본 연구팀의 연구 결과 용접 흙과 같이 미세한 입자를 가스와 동일한 형태로 이동하기 때문에 가스와 동일하게 취급해도 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

따라서, 입경이 작은 흙과 미스트의 경우에는 일반적인 공기 흐름과 동일하게 흐르기 때문에 가스상 물질과 동일하게 취급하여도 큰 문제가 없다고 판단된다. 보건규칙에서 입자상 물질의 범주에 포함된 흙과 미스트를 가스상 범주에 포함하는 것이 타당하다고 판단하고, 제어유속 범위도 가스상과 동일하게 취급하는 것이 적절할 것으로 생각한다.

(3) 밀폐공정에 대한 제어유속 기준 및 측정 방법

보건규칙 제어유속의 후드 형식에는 밀폐형 후드는 없다. 밀폐형 후드는 최

근 전자 공장이나 자동 도금라인 등에 많이 설치되고 있다. 밀폐형 후드의 장점은 적은 유량으로도 발생원에서 오염물질을 효율적으로 배기시킬 수 있으므로 작업자 노출을 최소화할 수 있다는 것이다.

밀폐공정에 대한 국소배기 후드 유량 설계 방법이 제시된 책자와 자료는 거의 없고, 대부분 공장의 설비부서(utility part)에서 경험적으로 설계를 하는데, 일반적으로 덕트 지름으로 유량을 조절하거나 후드 말단 정압 관리를 하고 있다.

보건규칙에 밀폐형 후드에 대한 측정 방법이 제시되지 않았기 때문에 측정자에 따라서 밀폐형 후드 출입구에서 제어유속을 측정하거나 유지 관리를 위해 설치해 둔 문을 열고 제어유속을 측정하는 등 여러 가지 오류가 발생하고 있다.

설비가 자동 라인이라는 가정을 하면 정 상가동 중일 때는 문을 열지 않기 때문에 문을 닫고 라인 출입구에서 유속을 측정하는 것이 타당할 것으로 판단되고, 수동라인이라면 제품을 넣고 뺄 때 오염물질 노출 가능성이 있으므로 문을 열어둔 상태에서 제어유속을 측정하는 것이 타당할 것이다.

따라서, 밀폐형 후드에 대해서는 제어유속 측정 전, 자동 라인인지 수동라인인지를 구분하고, 자동 라인이라면 정상 작업 중에는 밀폐된 공정이므로 공정 출입구에서 제어유속을 측정하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

또, 수동라인은 제품 입출시 작업자 노출이 우려되므로 문을 열어둔 상태에서 일반 외부식 후드와 동일한 조건에서 제어유속을 측정하는 것이 타당하다고 판단된다.

(4) 푸쉬풀 후드에 대한 제어유속 기준 및 측정 방법

푸쉬풀 후드를 제어유속만으로 판단하면 푸쉬기류에 의한 영향으로 정확한 평가가 어렵다. 개방조에 적용된 푸쉬풀 후드와 전체환기용 푸쉬풀 후드에 대한 평가 방법을 확립할 필요가 있을 것으로 판단되는데, 개방조에 적용된 푸쉬풀 후드의 경우에는 기류 가시화 장치를 이용하여 개방조에 분산된 연기가

플 후드로 유입되는지, 아니면 주변으로 확산하는지를 평가하는 방법이 타당할 것으로 판단된다.

또, 전체환기용 푸쉬플 후드의 경우 일본의 노동성 고시 33-36에 제시된 방법을 적용하면 효율적인 관리가 가능할 것으로 판단된다.

가) 개방조 후드의 제어유속 기준 및 측정 방법

개방조 후드의 경우 제어유속은 측정하지 않고, 개방조 중간에 연기발생기를 이용하여 연기를 분사한 후 개방조 내부의 기류 흐름 및 플 후드 포집효율을 평가한다.

연기가 플 후드로 유입되지 않을 경우는 후드 성능이 불량한 것으로 간주한다.

나) 전체환기용 푸쉬플 후드의 제어유속 기준 및 측정 방법

전체환기용 푸쉬플 후드의 경우 일본 노동성 고시 33-36의 방법에 준하여 제어유속을 측정하여 후드 효율을 평가한다.

(5) 국소배기 제어유속 특례제도 도입 타당성 검토

일본에서 시행 중인 국소배기장치 특례제도는 제1관리 구분을 유지하는 단위 작업장에 대해서 법정 제어유속보다 낮은 제어유속으로 관리할 수 있도록 한 제도이다. 즉, 오염물질 발생량이 적거나 후드를 효율적으로 설치하여 오염물질의 환기가 잘될 때는 법정 제어유속을 유지하기 위해 배기 유량을 증가시킬 필요가 없다는 것을 의미한다.

국내 작업환경 측정 결과를 분석한 “2008년도 작업환경측정현황”을 살펴보면, 전체 측정 사업장 중에 약 2% 정도에서 노출 기준을 초과하고 있는 것으로 조사되었다. 이처럼 노출 초과 공정이 낮은 수준으로 유지됨에도 불구하고, 제어유속 불량으로 사업장이 제재받는 현실에서 일본의 제어유속 특례제도를 도입하는 것이 불필요한 배기 유량 증가 등의 낭비를 막는데 필요하다고 생각된다.

일본의 작업환경 측정 방법과 우리나라의 측정 방법은 "지역 시료와 개인 시료 포집법"으로 차이가 있는데, 국소배기 특례제도를 도입하기 위해서는 개인 시료보다는 후드 주변으로 오염물질의 비산농도를 측정하여 비산농도가 작업환경 측정기준보다 적다면 특례제어유속을 적용하는 방법을 검토해 볼 필요가 있다.

후드 주변의 오염물질 비산농도는 일본의 후드 제어농도 측정에 제시된 방법과 동일하게 시행하면 무난할 것으로 판단된다.

후드 주변 농도는 현재 적용하는 물질별 노출 기준보다 낮은 수준에서 결정해야 할 것으로 판단된다. 후드에서 비산되는 농도를 "후드 제어농도"라는 명칭으로 부르고, 적절한 후드 제어농도에 관해서는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결정된 후드 제어농도가 기준을 만족한다면, 해당 국소배기장치는 현재와 동일한 유량으로 가동만 되는 것을 확인하고 제어유속 적용 대상에서 제외하는 방법이 가장 현실적으로 적용할 수 있는 관리 방법으로 판단된다.

(6) 제어유속 제도 개선(안)

관리 대상 유해물질과 허가대상 유해물질 제어유속은 다음과 같은 개선안으로 다음 표와 같이 제안하고자 한다. 개선안에 있어 상방흡인형과 열원에 대한 구분은 발생하는 기류 온도가 실온과 차이가 많은 경우라고 되어 있어, 정확한 구분은 어렵다. 상방흡인형과 열원 캐노피 후드의 구분에 대해서는 향후 자세한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

〈표 II-25〉 제어유속 개선 방안 - 관리대상 유해물질

구분	현행 법규			개선(안)			비고
	물질의 상태	후드 형식	제어 유속 (m/s)	물질의 상태	후드 형식	제어 유속 (m/s)	
현재 기준	가스상	포위식 포위형	0.4	가스상	포위식 포위형	0.25	
		외부식 측방흡인형	0.5		외부식 측방흡인형	0.3	
		외부식 하방흡인형	0.5		외부식 하방흡인형	0.3	
		외부식 상방흡인형	1.0		외부식 상방흡인형	0.5	
	외부식 상방흡인형	1.0	밀폐형		0.25		
	입자상	포위식 포위형	0.7	입자상	포위식 포위형	0.7	
		외부식 측방흡인형	1.0		외부식 측방흡인형	1.0	
		외부식 하방흡인형	1.0		외부식 하방흡인형	1.0	
		외부식 상방흡인형	1.2		외부식 상방흡인형	1.2	
		외부식 상방흡인형	1.2		밀폐형	0.7	
			푸쉬풀후드 (가스 및 입자)	개방조 환기용	-	기류 흐름 평가	
				전체환기용	0.2		
			열원 (가스 및 입자)	상방 캐노피 후드	-	기류 흐름 평가	
비고	1. 물질의 상태에서 “가스상”이라 함은 관리 대상 유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 가스 또는 증기인 경우를 말한다.			1. 물질의 상태에서 “가스상”이라 함은 관리대상 유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 가스, 증기, 흠 또는 미스트인 경우를 말한다. 2. 물질의 상태에서 “입자상”이라 함은 관리대상 유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 분진인 경우를 말한다. 5. 실험실 후드의 경우 문을 100% 열지 않고 실제 작업에 사용되는 문 높이로 조정 후 제어유속을 측정한다. 6. 밀폐형 후드는 제품 입출구에서 측정된 유속을 말한다.			
	2. 물질의 상태에서 “입자상”이라 함은 관리 대상 유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 흠, 분진 또는 미스트인 경우를 말한다. 3. 이 표에서 제어유속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우 제어유속을 말한다. 4. 이 표에서의 제어유속은 후드 형식에 대하여 각각 다음에 정한 위치에서의 풍속을 말한다. 가. 포위식 후드에서는 후드 개구면에서의 풍속 나. 외부식 후드에서는 당해 후드에 의하여 관리 대상유해물질을 흡인하고자 하는 범위내에서 당해 후드 개구면으로부터 가장 먼거리의 작업위치에서의 풍속						

〈표 II-26〉 제어유속 개선 방안 - 허가대상 유해물질

현행 법규				개선(안)			
구분	물질의 상태	후드 형식	제어 유속 (m/s)	물질의 상태	후드 형식	제어 유속 (m/s)	비고
현재 기준	가스상	포위식 또는 부스식 외부식 또는 레시버식 후드 (상방흡인형 제외)	0.5	가스상	포위식 또는 부스식 외부식 또는 레시버식 후드 (상방 흡인한 제외) 밀폐형	0.3	
	입자상	포위식 또는 부스식 외부식 또는 레시버식 후드 (상방 흡인한 제외)	1.0	입자상	포위식 또는 부스식 외부식 또는 레시버식 후드 (상방 흡인한 제외) 밀폐형	1.0	
비고	<p>1. 이 표에서 제어유속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어유속을 말한다.</p> <p>2. 이 표에서 제어유속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다.</p> <p>가. 포위식 또는 부스식에서는 후드의 개구면에서의 풍속</p> <p>나. 외부식 또는 레시버식 후드에서는 유해물질의 가스, 증기 또는 분진이 빨려 들어가는 범위안에서 당해 개구면으로부터 가장 먼 작업위치에서의 풍속</p>			<p>1. 이 표에서 제어유속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어유속을 말한다. 단, 실험실 후드와 같이 문이 있는 경우 실제 작업 조건대로 문을 열어 둔다</p> <p>2. 이 표에서 제어유속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다.</p> <p>가. 포위식 또는 부스식에서는 후드의 개구면에서의 풍속</p> <p>나. 외부식 또는 레시버식 후드에서는 유해물질의 가스, 증기 또는 분진이 빨려 들어가는 범위안에서 당해 개구면으로부터 가장 먼 작업위치에서의 풍속</p> <p>3. 흡과 미스트는 가스상물질의 제어유속을 적용한다.</p> <p>4. 밀폐형 후드는 제품 입출구에서 측정한 유속을 말한다.</p>			

〈표 II-27〉 분진작업장소에 설치하는 국소배기장치의 제어유속(기준유지)

구 분	분진 작업 장소	제어유속(m/s)				비 고	
		포위식 후드	외부식 후드				
			측방	하방	상방		
분진 작업 장소	회전체 제외	암석 등 탄소원료 또는 알루미늄박을 체질하는 장소	0.7	-	-	-	1. 이 표에서 제어유속은 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어유속을 말한다. 2. 이 표에서 제어유속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다.
		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	
	회전체	후드의 설치 방법		제어유속(m/s)			가. 포위식 후드에서는 후드 개구면에서의 풍속 나. 외부식 후드에서는 당해 후드에 의하여 분진을 빨아들이고자 하는 범위안에서 당해 후드 개구면으로부터 가장 먼 거리의 작업 위치에서의 풍속 3. 이 표에서 제어유속은 회전체를 정지한 상태에서 후드의 개구면에서의 최소풍속을 말한다.
		회전체를 가지는 기계 전체를 포위하는 방법		0.5			
		회전체의 회전에 의하여 발생하는 분진의 흩날림 방향을 후드의 개구면으로 덮는 방법		5.0			
	회전체만을 포위하는 방법		5.0				

4. 국소배기장치 성능 평가 결과 및 설계시 문제점 분석

1) 공단 국소배기장치 성능 평가 보고서 분석

2023년도 공단에서 진행한 국소배기장치 성능 평가 사업 중 일부를 제공받아 국소배기장치 성능 평가와 노출 기준을 비교하여 국소배기장치의 성능과 작업환경 개선 관련성을 평가하였다. 또, 결과를 분석하여 국소배기장치 성능과 노출 농도를 비교하였다.

(1) 국소배기장치 성능 평가 보고서

[그림 II-25]의 국소배기장치 성능 평가 보고서를 보면, 후드 외관 상태 및 기류 평가를 통해 후드의 효율을 평가하고, 세부 내용은 [그림 II-27]과 [그림 II-28]과 같이 기록하였다.

[그림 II-26]에서 보면 도금 및 도장 부스에 설치된 국소배기장치 성능을 연기발생기 등으로 평가한 결과 양호한 것으로 판단된다고 기록하고 있다.

하지만 [그림 II-26]에서는 도장공정 세부 평가 결과에서는 후드 개구면 위치 불량으로 인해 배기 효율이 저하되어있어 후드 위치 변경을 개선 방안으로 제시하고 있다. 즉, 연기발생기를 이용한 기류 가시화 실험 결과와 실제 현장 조건에서 오염물질 포집효율에 차이가 있을 수 있다는 것을 의미한다.

향후 환기 효율 평가에 있어 기류 가시화 실험을 할 때 현장 조건별 기류 가시화 방법에 대한 표준방안 수립이 필요할 것으로 판단된다.

[그림 II-27]은 피막 공정에 대한 세부 검토 내용으로 푸쉬풀 후드와 전체 환기가 동일한 덕트에 연결되어 정압 손실이 많은 푸쉬풀 후드에 유량이 부족한 것으로 판단하여 전체환기덕트 라인을 차단하는 방안을 제시하고 있다. 하지만, 실제 현장에서는 푸쉬풀 후드가 설치되어 있음에도 불구하고 제품 이송

등으로 인해 피막액이 공장 전체로 확산할 우려가 있어 전체환기를 실시하는 것이 효과적이다. 이러한 경우에는 댐퍼 조정을 통해 전체환기와 푸쉬풀 후드 유량을 조정하는 것이 최적의 개선 방안으로 판단된다.

현장 실험에서 푸쉬풀 후드 기류 가시화 및 환기량 평가를 시행했다면 유량 부족에 의한 효율 저하인지, 급기량 조정 불량에 따른 확산인지도 평가 가능할 것으로 판단된다.

향후 기류 가시화뿐만 아니라 배기량 측정을 통해 종합적인 평가가 이루어지도록 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

해당 작업장의 작업환경 측정 결과를 보면, 피막 공정의 푸쉬풀 후드 효율은 미흡하지만, 황산은 불검출되었고, 도장공정의 외부식 측방 후드의 제어유속은 0.7 m/s로 낮게 측정되었지만, 기류 흡입 성능은 양호하고 산화철 분진 농도도 0.034mg/m³(노출 기준 5mg/m³)으로 매우 낮게 측정되었다.

작업환경 측정할 때 노출 농도는 후드 성능뿐만 아니라 작업강도 등 다양한 인자에 의해 영향을 받기 때문에 후드 성능과 노출 농도의 직접적인 상관관계를 평가하는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

작업 조건에 변경되어 작업강도 및 오염물질 사용량이 증가하면 노출 농도도 증가할 가능성이 높으므로 국소배기장치는 항상 정상적으로 가동하는 것이 바람직하다.

국소배기장치 성능평가 보고서

■ 사업장 현황

사업장명	
산재관리번호	
소재지	
평가자	

■ 성능 평가

1. 현 황

공정	주요 물질(성상)
피막, 도장 등	황산, 폐단을 등 (☑가스☑인자성)

2. 성 능

후드 (외관상태 등)	<input type="checkbox"/> 양호 <input checked="" type="checkbox"/> 미흡	부적정 후드 위치 피막, 도장(연마)
기류평가 (스모크테스트 등)	<input type="checkbox"/> 양호 <input checked="" type="checkbox"/> 미흡	부적정 후드 위치 피막, 도장(연마)
• 흡인 속도: 연기가 후드로 흡인되는 속도가 매우 빠르거나 빠른 <input type="checkbox"/> • 흡인 상태: 연기가 퍼져나가거나 확산되지 않고 후드로 모두 흡인 <input type="checkbox"/>		
총평	◦ 도장(상도, 하도) 및 도장수정에 설치된 국소배기장치 성능을 연기발생기 등을 평가한 결과 양호한 것으로 판단됩니다. ◦ 피막 공정에 설치된 국소배기장치(폭사-플) 및 도장(연마) 공정에 설치된 국소배기장치(외부식 특방형) 성능평가 결과 마흡크나 [별첨]을 참고하시어 개선 바랍니다.	
[별첨] 국소배기장치 정밀 점검표(성능저하 원인 규명을 위한 세부 평가결과)		

안전보건공단

경남지역본부

[그림 II-25] 국소배기장치 성능 평가 보고서

2. 도장(연마) 공정

- 현재 설치되어 있는 국소배기장치는 작업영역과의 거리가 멀어 오염물질을 제어하지 못하는 구조입니다. 또한, 개구면의 위치가 제품보다 낮게 위치하여 배기효율이 저하되고 있습니다. 따라서, **오염원을 제어할 수 있는 적절한 위치에 후드를 설치하여** 주시기 바랍니다.

- 1) 제품과 후드와의 거리를 최대한 가깝게 설치
- 2) 후드의 개구면을 제품 높이와 일치하도록 설치



[도장(연마) 공정 현황]

■ 후드

후드 위치	형식	외관점검 (위치, 상태, 호흡기 보호)	제어풍속 (기준제어풍속)
피막	<input type="checkbox"/> 포위식 <input type="checkbox"/> 외부식 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(푸시돌)	<input type="checkbox"/> 양호 <input checked="" type="checkbox"/> 미흡	0 m/s (- m/s)
도장(연마)	<input type="checkbox"/> 포위식 <input checked="" type="checkbox"/> 외부식(측방향) <input type="checkbox"/> 기타()	<input type="checkbox"/> 양호 <input checked="" type="checkbox"/> 미흡	0.7 m/s (1.0 m/s)

■ 덕트·배기구

재질	외관점검 (파손여부 등)	접속부 상태 (공기유입여부 등)	배기구 (재유입 여부 등)
<input checked="" type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 미흡			

[그림 II-26] 도장 공정 세부 평가 결과

[별첨] 국소배기장치 정밀 점검표

※ 문제점

1. 피막 공정

- 현재 피막조에는 푸시-풀 국소배기장치와 상부에 상방향 국소배기장치가 설치되어 있으며, 해당 공정의 모든 국소배기장치가 하나의 스크러버에 연결되어 있습니다. 푸시-풀 국소배기장치의 성능평가 결과 성능이 미흡하여 유해증기 대부분 공정 전체로 확산되고 있는 실정입니다.

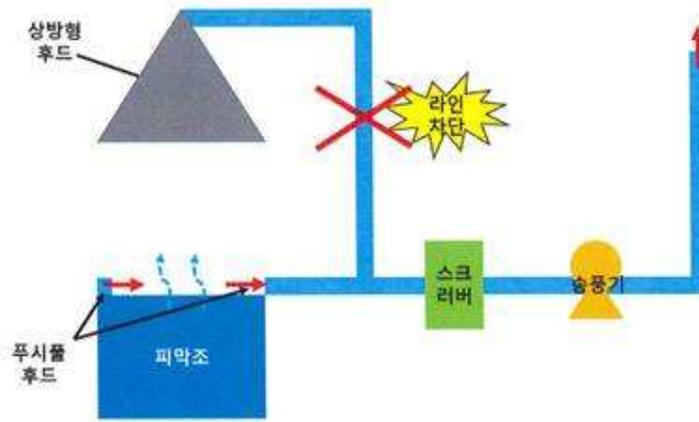


[피막공정에 설치된 푸시-풀 국소배기장치]



[피막공정 상부에 설치된 배기장치]

- 피막조 상부에 설치된 배기장치는 푸시-풀 국소배기장치와 같이 연결되어 있어 푸시-풀 국소배기장치의 배기성능을 저하시키고, 조 상부에 위치해있어 오히려 유해물질의 확산을 일으킬 것으로 판단됩니다. 따라서, 댐퍼조절을 통해 피막공정 상부에 설치된 배기장치를 닫고 푸시-풀 국소배기장치의 성능을 향상시켜주시기 바랍니다.



[피막공정 개선방법 모식도]

[그림 II-27] 피막 공정 세부 평가 결과

(2) 국소배기장치 성능 평가 및 노출 농도 비교

〈표 II-28〉에는 국소배기장치 성능 평가가 완료된 67개 후드에 대한 작업 환경 측정 결과를 정리한 것이다.

후드는 미흡하여도 모든 공정에서 노출 농도 미만으로 측정되었다. 하지만, 12번 배합공정과 67번 배합공정은 후드 성능 평가는 양호로 판정되었지만, 노출 농도는 노출 기준 대비 매우 높게 측정되었다.

후드 성능 평가와 노출 기준을 비교한 결과 앞에서 언급하였듯이 작업환경 측정 시 노출 농도는 후드 성능뿐만 아니라 작업강도 등 다양한 인자에 의해 영향을 받기 때문에 후드 성능과 노출 농도의 직접적인 상관관계를 평가하는 것은 바람직하지 않은 것으로 판단된다.

작업 조건에 변경되어 작업강도 및 오염물질 사용량이 증가하면 노출 농도도 증가할 가능성이 높아서 국소배기 시스템은 항상 정상적으로 가동하는 것이 바람직하다.

하지만, 현재 제어유속보다는 환기 효율을 효과적으로 평가하는 방법으로 판단된다.

향후 보고서에 기류 흐름 사진 또는 동영상을 첨부하면 더 효과적인 분석이 가능할 것으로 판단된다.공단 국소배기장치 성능 평가 결과를 종합하여 후드 효율 평가 방법을 수립할 예정이다.

〈표 II-28〉 국소배기장치 성능 평가 결과와 노출 농도 비교

순번	성능평가				후드성능 평가				작업환경측정결과(22년 기준)				
	공정	주요물질 성상	후드	기류 평가	형식	외관 점검	측정제 어풍속	기준제 어풍속	인자 (대표 인자)	측정 결과	노출 기준	단위	평가 결과
1	연구실 (압출실)	가스, 입자상	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.1	1	메탄올	불검출	200	ppm	미만
2	블록성형실 (인쇄실)	가스, 입자상	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.3	1	n-헥산	불검출	50	ppm	미만
3	PBA제로 (셀렉티브)	가스, 입자상	미흡	양호	외부식 측방	미흡	0.04	1	주석	불검출	2	mg/m ³	미만
4	PBA제로 (셀렉티브)	가스, 입자상	미흡	양호	외부식 측방	양호	0.4	0.5	디클로로 메탄	불검출	50	ppm	미만
5	PBA제로 (셀렉티브)	가스, 입자상	미흡	양호	외부식 측방	양호	0.2	0.5	디클로로 메탄	불검출	50	ppm	미만
6	압출	입자상	양호	양호									
7	납땜/세척	가스	양호	양호					디클로로 메탄	0.8622	50	ppm	미만
8	세탁	가스	양호	양호									
9	실험실 (분석)	가스	양호	미흡	외부식 상방	미흡	0.25~0 .35	1	트리클로로 메탄	불검출	10	ppm	미만
10	CRM공정	가스	양호	양호					아세톤	8.58	500	PPM	미만
11	옵셋인쇄	가스	미흡	미흡					IPA	35.3	192	ppm	미만
12	배합공정	가스	양호	양호					스티렌	19.65	20	ppm	미만
13	옵셋인쇄	가스	미흡	미흡	외부식 상방	양호	0.5	1	톨루엔	4.6	50	ppm	미만
14	도금	가스	양호	양호					6가크롬	0.0026	0.05	mg/m ³	미만
15	분체도장	입자상	양호	미흡	외부식 측방	미흡	0.25	1	이산화 티타늄	불검출	0.7169	mg/m ³	미만
16	도금, 전처리	가스	양호	양호					황산	0.016	0.2	mg/m ³	미만
17	세척	가스, 입자상	미흡	미흡	외부식 측방	미흡	0.6	1	디클로로 메탄	11.68	50	ppm	미만
18	용해, 사상	입자상	미흡	미흡					산화철분진	2	4	mg/m ³	미만
19	피막, 도장	가스, 입자상	미흡	미흡	푸쉬풀	미흡	-		황산	불검출	0.2	mg/m ³	미만
20	피막, 도장	가스, 입자상	미흡	미흡	외부식 측방	미흡	0.7	1	산화철분진	0.0344	5	mg/m ³	미만
21	세척, 가공 등	가스, 입자상	양호	미흡	포위식	양호	0.7	0.4	트리클로로 에틸렌	0.0946	8.3	ppm	미만
22	탭핑 (세척)	가스	양호	양호									
23	세척, 사상, 피막 등	가스, 입자상	양호	양호					트리클로로 에틸렌	5.06	8	ppm	미만
24	세척	입자상	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.1	1.2					

순번	성능평가				후드성능 평가				작업환경측정결과(22년 기준)				
	공정	주요물질 성상	후드	기류 평가	형식	외관 점검	측정제 어풍속	기준제 어풍속	인자 (대표 인자)	측정 결과	노출 기준	단위	평가 결과
25	배합	입자상	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.26	1.2	삼산화 안티몬	0.0023	0.5	mg/m ³	미만
26	도장	가스	양호	양호									
27	도장	가스	양호	양호					톨루엔	불검출	50	ppm	미만
28	바니쉬 도포	가스	양호	양호					톨루엔	0.5678	38	ppm	미만
29	마그네피티	입자상	양호	양호									
30	배합실	가스	미흡	미흡	포위식	미흡	0.1	0.4	디클로로 메탄	5.7	50	ppm	미만
31	투입, 분석실	가스	양호	양호					트리클로로 에틸렌	불검출	10	ppm	미만
32	도장	가스	미흡	양호	포위식	미흡	0.4	0.7					
33	탈지, 중화, 산처리	가스, 입자상	양호	미흡	푸쉬풀	미흡	-	-					
34	분체도장	입자상	양호	양호									
35	연마, 플로킹, 면취	입자상	양호	양호					산화철분진	0.0354	3.8	mg/m ³	미만
36	접착-G/R 공정	가스	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.3	1	톨루엔	3.1	50	ppm	미만
37	TCE세척	가스	양호	미흡	외부식 측방	양호	0.1	0.4	트리클로로 에틸렌	2.5	10	ppm	미만
38	납땀 및 세척	가스, 입자상	양호	양호					메틸 클로로포름	4.6	350	ppm	미만
39	본딩	가스	양호	미흡	포위식	미흡	0.15	0.4	톨루엔	불검출	50	ppm	미만
40	세척	가스	양호	미흡	외부식 상방	미흡	-	1	톨루엔	불검출	50	ppm	미만
41	SMC프레스	가스, 입자상	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.3	1.2	스티렌	8.7	14.5	ppm	미만
42	실험실	가스	양호	양호					황산	0.0022	0.2	mg/m ³	미만
43	스프레이 도장	가스	양호	양호									
44	세척	가스	양호	양호					트리클로로 에틸렌	4.7	10	ppm	미만
45	도금(세척기)	가스	미흡	미흡	푸쉬풀	양호	-	-	디클로로 메탄	19.3	50	ppm	미만
46	세척	가스	양호	미흡	외부식 측방	미흡	0.3	0.5	디클로로 메탄	4.1	50	ppm	미만
47	분체도장	가스, 입자상	양호	양호					이산화 티타늄	0.001	8	mg/m ³	미만
48	원액생물 배양실	가스	양호	양호					트리클로로 메탄	불검출	10	ppm	미만
49	함침	가스	양호	양호					퍼클로로 에틸렌	불검출	25	ppm	미만
50	전처리, 시약조제	입자상	양호	미흡	포위식	미흡	0.3	0.7	수산화 나트륨	불검출	C2	mg/m ³	미만

순번	성능평가				후드성능 평가				작업환경측정결과(22년 기준)				
	공정	주요물질 성상	후드	기류 평가	형식	외관 점검	측정제 어풍속	기준제 어풍속	인자 (대표 인자)	측정 결과	노출 기준	단위	평가 결과
51	진단검사 의학과, 중앙공급실	가스	미흡	미흡	포위식	양호	0.36	0.4	포름 알데히드	0.0078	0.3	ppm	미만
52	진단검사 의학과, 중앙공급실	가스	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.6	1	산화에틸렌	0.05	1	ppm	미만
53	분석실	가스	양호	미흡	포위식	양호	0.3	0.4	톨루엔	불검출	50	ppm	미만
54	실험실	가스	양호	양호					톨루엔	불검출	50	ppm	미만
55	실험실	가스	양호	양호					톨루엔	불검출	50	ppm	미만
56	실험실	가스	미흡	미흡	포위식	미흡	0.24	0.4	톨루엔	불검출	50	ppm	미만
57	실험실	가스	미흡	미흡	포위식	미흡	0.19	0.4	톨루엔	불검출	50	ppm	미만
58	실험실	가스	미흡	미흡	포위식	미흡	0.24	0.4	톨루엔	불검출	50	ppm	미만
59	실험실	가스	미흡	미흡	외부식 상방	미흡	0.39	1	톨루엔	불검출	50	ppm	미만
60	발포	가스	양호	미흡	외부식 상방	양호	측정불 가		디클로로 메탄	20	50	ppm	미만
61	실험실	가스, 입자상	양호	미흡	외부식 상방	양호	0.6	1	황산	불검출	0.019	ppm	미만
62	PCB기판	입자상	양호	양호						불검출	0.05	mg/m ³	미만
63	실험실	가스, 입자상	양호	양호						불검출	10	ppm	미만
64	바니쉬 코팅 공정	가스	미흡	미흡	포위식	미흡	0.15	0.4	메틸 에틸케톤	불검출	160	ppm	미만
65	발포	가스	양호	미흡	포위식	양호	0.57	0.4	디클로로 메탄	1.16	50	ppm	미만
66	혼합	입자상	양호	양호					탄산칼슘	0.11	10	mg/m ³	미만
67	배합	가스	양호	양호					스티렌	37.78	40	ppm	미만

2) 현장 실태 조사 결과 분석

(1) 현장 조사 대상 공정 현황

〈표 II-29〉는 국소배기장치 성능 평가를 실시한 대상 공정 8개에 대한 개략적인 내용과 측정 및 평가 방법을 정리한 것이다. 각 공정별 작업방법 설명 및 환기에 대한 문제점을 정리하였다. 그리고 개선 방안을 제시하고 그 내용을 정리하여 개선 방안 수립에 참고하였다.

〈표 II-29〉 국소배기장치 성능 평가 대상 공정 정리

공정	환기 특성		
	작업 방법	환기 문제점	개선 방안
작업자가 출입하는 밀폐형 후드 환기 설계	부스 설치 후 국소배기 후드 설치 또는 전체환기	급기구 미설치시 내부 정체된 공기가 되어 개방 때 확산함	1안) 화재발생 우려가 있는 경우 : 폭발 하한계 이상 환기량 유지 2안) 화재발생 우려가 없는 경우 : 오염물질 발생량을 고려한 전체환기 설계 : 개구면 유속으로 설계하는 것은 부적절함 기타) 작업자가 부스 내부에 작업할 때 급·배기구 위치를 적절하게 선정하여 노출 최소화 필요함
부스형 후드 작업자 호흡영역 보호 불량	약품 계량실에 상부 캐노피형(부스형) 후드 설치	부스형 또는 캐노피 후드의 경우 작업자 머리 위에 후드 설치 시 호흡영역 보호 안 됨	기류 흐름을 고려하여 덕트 위치 변경 필요함
인화성 가스 취급 부스형 후드 유량 설계	인화성 가스를 취급하는 공정에 부스 설치 부스 개구면적으로 환기량 산정 작업자 내부 접근 안 함	환기량 산정 결과 환기횟수 15회 이상이고 제어 유속 만족함 하지만, 내부 독성 감지기 알람 울림	- 폭발성 가스 취급 때에는 제어유속과 폭발 하한계 유지할 수 있는 환기량을 산정하여 환기 유량 확보 부스 내부에 기류 정체하지 않도록 기류 흐름 개선 방안 수립
밀폐형 동도 금라인 후드 유량 설계	작업 중에는 밀폐되어 있지만, 주기적으로 PM을 실시함	평상시 : 배기량 확보를 위해 덕트 지름을 작게 할 때 액이 흡입되어 덕트 막힘이 발생함 PM시 : 환기량 부족으로 기류 확산함	PM시 환기 방안 수립 필요함
부스형 열 발생 공정 환기량 산정	주물 중자를 제작하는 공정으로 열경화성 수지를 사용 고열을 이용하여 모래 중자를 제작 금형에 이형제 분사할 때 고열에 의한 기류 확산함	제품 공정 시 : 문을 닫아 두기 때문에 환기 문제없음 이형제 분사할 때 : 문을 개방함	- 기류 흐름을 고려하여 작업자 호흡영역 보호 필요함

공정	환기 특성		
	작업 방법	환기 문제점	개선 방안
고열 발생공정 환기 방안	알루미늄 용해 공정으로 작업 중에는 문을 닫아 흠 발생 없음 슬래그 포집함도 문을 설치하고 1m/s의 제어 유속을 만족함 작업 중 반사로 문을 가끔 개방함	제품 공정시 : 정상 용해 시에는 흠 발생 없음 슬래그 제거할 때 : 문을 개방하여 다량의 흠이 발생함	작업 형태를 고려한 환기량 산정 필요함
도장부스내 기류 흐름	top down 형태의 도장 부스가 설치됨 단면유속 0.4m/s 이상으로 설계됨	급기된 공기가 작업자 발판에 부딪힌 후 와류를 형성하여 재순환됨 작업자가 유기용제에 노출됨	- 도장 부스는 환기량뿐만 아니라 균일 기류 흐름 형성이 매우 중요함
강제 급·배기 부스를 내 작업자 상주할 때 환기 방안	필름 코팅 공정으로 top down 기류 흐름 형성됨 작업자가 부스 내부에 상주하고 있음	급기에 의해 바닥 기류 상승함 작업자 주변 1,000ppm이상 고농도 정체됨	- 설치 후 기류 평가를 통해 재순환이 발생하지 않도록 해야 함
평가 방법 : 분진 취급공정 환기 효율 평가 방법	분진 취급공정 환기 효율 평가는 제어유속 측정, 연기발생기를 이용한 기류 실험, 레이저 광원을 이용한 분진 확산 평가 및 분진 농도 측정으로 평가할 수 있음		
관리 방안 : 밀폐공정 정압 측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> 후드 정압은 덕트 반송속도를 유지하는 힘을 의미함 유량은 덕트 지름의 제곱에 비례하므로 정압 관리 시에는 필요 환기량을 먼저 설계하고, 그 유량을 유지할 수 있는 덕트 반송속도를 결정해야 함 덕트 반송속도를 유지할 수 있는 후드 정압을 결정하고 그 값을 관리해야 함 동일 유량으로 환기할 때 덕트 지름이 작으면 후드 정압이 높아짐 		

(2) 각 공정별 후드 설계 및 평가방법

가) 작업자가 출입하는 밀폐형 후드 환기 설계

〈표 II-30〉은 작업자가 출입하는 밀폐형 후드에 대한 현장 효율 평가 및 국소배기장치 설계와 설치 시 문제점을 정리한 것이다.

〈표 II-30〉과 같이 밀폐형 부스 내부에서 작업자가 작업을 할 때 전체환기와 국소배기장치로 구분할 수 있다. 전체환기의 경우 덕트 반송속도로 설계는 경우가 많고, 국소배기의 경우에는 제어유속으로 유량을 설계하였다.

〈표 II-31〉과 같이 밀폐형 후드의 경우 급기구가 없으면 내부에 정체된 오염물질이 출입문을 개방할 때 문 개방 기류를 따라 확산하게 된다. 밀폐형 부스인 경우 배기에 따른 급기구 확보가 매우 중요한데, 급기구가 누락된 경우가 많은 실정이다.

〈표 II-32〉는 밀폐형 후드 환기 방안을 제시한 것인데, 전체환기의 경우 개구면 유속으로 설계할 때 급기구 작으면 환기량이 부족하게 되고, 시간당 공기교환률로 설계할 때 오염물질 농도와 상관없이 부스 체적에 따라 환기량이 결정되는 문제가 있다. 또, 오염물질 발생량으로 환기량을 설계할 때도, 발생량 알 수 없어 환기량 산정 어려움이 있다.

국소배기의 경우 외부식 후드 기준으로 설계는 가능하지만, 작업할 때 작업 방해로 인해 국소배기후드 사용이 불가능한 경우가 많다.

작업자가 부스 내부에서 작업할 때 세 가지 방법으로 환기량 설계가 가능할 것으로 판단된다.

첫째, 화재 발생 우려가 있는 경우에는 폭발 하한계 이상 환기량을 산정해야 한다.

둘째, 화재 발생 우려가 없는 경우에는 오염물질 발생량을 고려한 전체환기 설계해야 하고, 개구면 유속으로 설계하는 것은 부적절한 것으로 판단된다.

셋째, 작업자가 부스 내부에서 작업할 때 급, 배기구 위치를 적절하게 선정하여 노출 최소화를 해야 한다.

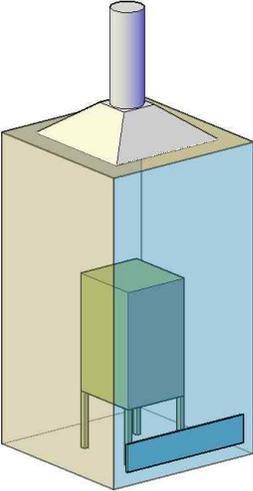
〈표 II-30〉 밀폐형 후드 현장 모습

구분	공정 설명	
	전체환기	국소배기
작업 조건	<ul style="list-style-type: none"> 전해액 공급 tank를 보관하는 장소이고 내부에서 전해액이 발생하고 있음 부스는 급기구 없이 밀폐되어 있음 작업자 상주하지 않음 	
공정 사진		
		
설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> 덕트 반송속도(10m/s)를 기준으로 설계 덕트 지름에 따라 환기량 변함 급기구 부재 	<ul style="list-style-type: none"> 외부식 후드 설치되어 환기량 산정 가능함 급기구 부재

〈표 II-31〉 밀폐형 후드 효율 평가 모습

구분	환기 효율 평가	
	전체환기	국소배기
기류 흐름		
환기 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 급기구가 없어 내부에 오염물질 정체됨 ▪ 문 개방할 때 상부 쪽으로 기류가 유출됨 	
환기 설계 및 관리할 때 고려할 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업자 상주하지 않지만, 작업자가 부스 내부에서 작업할 때 환기량 산정 방법 	

〈표 II-32〉 밀폐형 후드 환기 개선 방안

구분		개선 방안	
		전체환기	국소배기
설계시 고려할 점	급기구 설치		
	환기량 산정 방법	1) 개구면 유속으로 설계 : 급기구 작으면 환기량 부족 2) 시간당 공기교환률 : 부스 체적에 따라 환기량 결정 3) 오염물질 발생량 : 발생량 알 수 없는 경우 환기량 산정 어려움	1) 외부식 후드를 기준으로 설계 : 작업할 때 작업 방해로 인해 국소배기후드 사용 불가함
개선 방안		1안) 화재발생 우려가 있는 경우 : 폭발 하한계 이상 환기량 유지 2안) 화재발생 우려가 없는 경우 : 오염물질 발생량을 고려한 전체환기 설계 : 개구면 유속으로 설계하는 것은 부적절함 기타) 작업자가 부스 내부에 작업할 때 급·배기구 위치를 적절하게 선정하여 노출 최소화 필요함	

나) 부스형 후드 작업자 호흡영역 보호 불량

〈표 II-33〉은 약품 계량을 위해 설치된 후드 형태인데, 커튼을 이용하여 일부 밀폐하였고, 작업자 상부에 캐노피 후드가 설치되어 있다.

개구면 유속은 밀폐형을 계산하여 환기량은 양호하였지만, 〈표 II-34〉와 같이 기류 실험 결과 작업자 호흡영역을 보호하지 못하는 것으로 평가되었다.

제어유속 만족함에도 기류 실험 결과 작업자 호흡영역에서 와류 형성되기 때문에 후드 설치시 기류 흐름을 고려하여 후드 형태와 덕트 설치에 대한 개선이 필요할 것으로 판단된다.

〈표 II-35〉는 부스형 후드에 대한 개선 방안을 정리한 것이다. 부스형 후드 설계 시 배기량도 중요하지만, 작업자 호흡영역을 보호할 수 있는 기류 흐름을 만드는 것이 필요하다.

후드의 밀폐가 중요한 것이 아니라 기류 흐름이 작업자 호흡영역으로 상승하지 못하도록 하는 것이 가장 중요하고, 입자상물질의 경우 측방형 슬롯 후드가 효과적이다.

열원이 없는 경우에 상부형 캐노피 후드는 작업자 호흡영역을 보호하지 못하기 때문에 설치하지 않는 것이 가장 효과적인 것으로 판단된다.

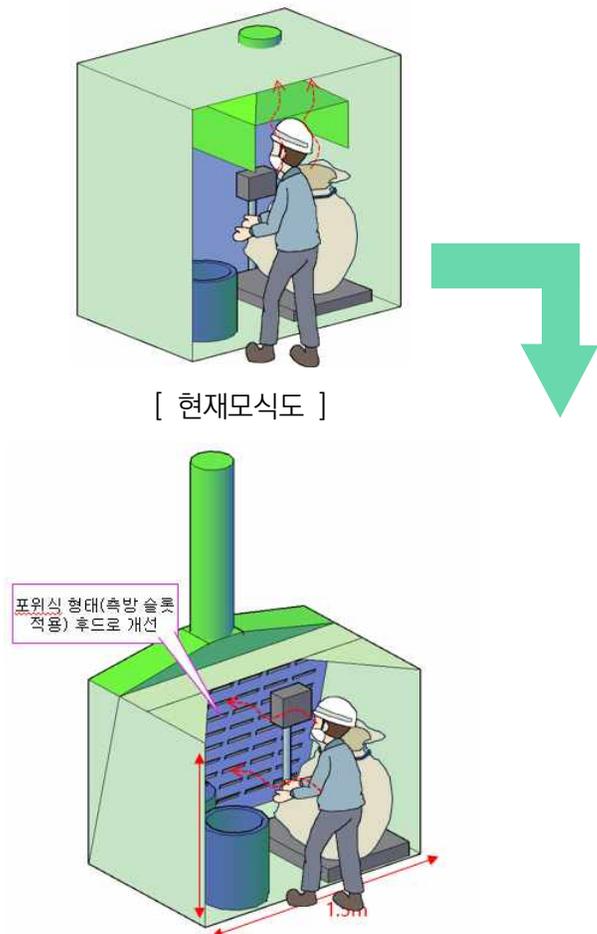
〈표 II-33〉 부스형 후드 현장 모습

구분	공정 설명
작업 조건	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 약품 계량실에 상부 캐노피형(부스형) 후드 설치
공정 사진	
설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 후드 개구면 유속 0.7m/s로 설계 ▪ 환기량 양호함

〈표 II-34〉 부스형 후드 효율 평가 모습

구분	환기 효율 평가
기류 흐름	
환기 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업자가 부스 내부의 호흡기 영역에 위치됨 ▪ 제어유속 만족함에도 기류 실험 결과 작업자 호흡영역에서 와류 형성됨
환기 설계 및 관리시 고려할 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기류 흐름을 고려하여 덕트 위치 변경 필요함

〈표 II-35〉 부스형 후드 환기 개선 방안

구분	개선 방안	
	전체환기	국소배기
설계 시 고려할 점	 <p>[현재모식도]</p> <p>[후드 개선 방안 모식도]</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업자 호흡영역을 고려하여 기류 흐름 개선 필요함 	
개선 방안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부스형 후드 설계시 배기량도 중요하지만, 작업자 호흡영역을 보호할 수 있는 기류 흐름 필요함 ▪ 측방형 슬롯 후드가 효과적임 	

다) 인화성 가스 취급 부스형 후드 유량 설계

〈표 II-36〉은 인화성 물질을 취급하는 공정에 설치된 부스형 후드의 모습이고, 환기량은 부스 하부 개구면에서 약 0.4m/s 이상의 제어유속을 확보하도록 설계하였다.

〈표 II-37〉은 동일한 공정 3개에서 측정한 유량을 정리하고 환기횟수로 환산한 것인데, 환기횟수가 15회/h~21회/h로 다양하다. 하지만, 부스 개구면 유속을 만족하고 있기 때문에 현재 기준인 제어유속은 만족하고 있다.

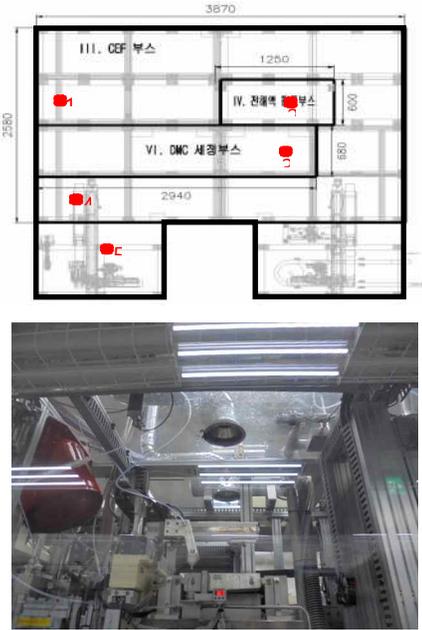
하지만, 내부에 설치된 인화성(독성)가스 검지기가 한 번씩 작동되어 작업이 중지되는 경우가 발생하고 있다.

〈표 II-38〉과 같이 부스 내부 기류 흐름을 예측해 본 결과 덕트 배치가 부적절하여 부스 일부 구간에 고농도 정체 영역이 발생하고 있다. 특히 인화성 가스의 경우 가스가 정체하지 않도록 부스 내부 기류 흐름 유지가 매우 중요하다. 폭발성 가스 취급 시에는 제어유속과 폭발 하한계 이하로 유지할 수 있는 환기량 확보가 필요하고, 부스 내부에 기류가 정체하지 않도록 기류 흐름 개선 방안을 수립해야 한다.

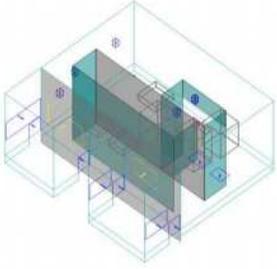
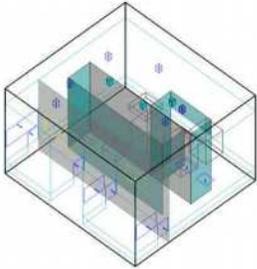
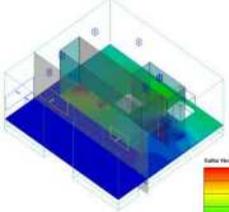
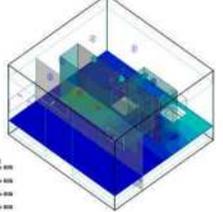
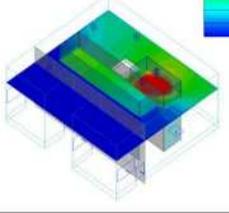
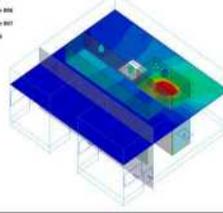
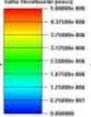
〈표 II-36〉 인화성 물질 취급공정의 부스형 후드 현장 모습

구분	공정 설명
작업 조건	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인화성 가스를 취급하는 공정에 부스 설치 ▪ 부스 개구면적으로 환기량 산정 ▪ 작업자 내부 접근 안 함
공정 사진	
설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 후드 개구면 유속 0.4m/s로 설계 ▪ 환기량 양호함

〈표 II-37〉 인화성 물질 취급공정의 환기 현황

구분	환기효율 평가																
환기 현황	<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="535 1119 1158 1322" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>호기</th> <th>#9</th> <th>#10</th> <th>Pilot</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>유량(m³/min)</td> <td>39.8</td> <td>35.4</td> <td>7.1</td> </tr> <tr> <td>체적m³</td> <td>110</td> <td>110</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>환기횟수CMH</td> <td>21</td> <td>19</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	호기	#9	#10	Pilot	유량(m ³ /min)	39.8	35.4	7.1	체적m ³	110	110	27	환기횟수CMH	21	19	15
호기	#9	#10	Pilot														
유량(m ³ /min)	39.8	35.4	7.1														
체적m ³	110	110	27														
환기횟수CMH	21	19	15														
환기 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환기량 산정 결과 환기횟수 15회 이상이고 제어유속 만족함 ▪ 하지만, 내부 독성 감지기 알람 울림 																
환기 설계 및 관리시 고려할 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 화재폭발 방지에 대한 대책 필요함 																

〈표 II-37〉 인화성 물질 취급공정의 환기 개선 방안

구분	환기 개선 방안			
설계시 고려할 점	구분	격벽 설치 및 배기량 30m ³ /min	격벽 설치 및 가연성 부스 배기량 증가 45m ³ /min	
	모델			
설계시 고려할 점	비교	<ul style="list-style-type: none"> • 총 후드 개수 : 5개 • 총 배기량 30m³/min 	<ul style="list-style-type: none"> • 총 후드 개수 : 9개 • 총 배기량 45m³/min 	
	구분	격벽 설치 및 배기량 30m ³ /min	격벽 설치 및 가연성 부스 배기량 증가 45m ³ /min	결과
	0.5M			<ul style="list-style-type: none"> • 현재 설치된 후드 기준으로 격벽을 설치할 경우 전해역 주입공정에서는 고농도 확산 우려되고, DMC 세정 공정에서도 고농도가 정체될 • 하지만, 배기량을 증가할 경우 고농도 정체 및 유출 현상이 크게 감소됨 • 갑자기 설치 위치는 전해역 주입 부스 전면만 제외하고 설치 가능함
	1.5M			
				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 폭발성 가스가 정체하지 않도록 기류 흐름 유지 ▪ 폭발하한계 이하 유지 가능하도록 환기량 산정 				
개선 방안	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 폭발성 가스 취급시에는 제어유속과 폭발하한계 유지할 수 있는 환기량은 산정하여 환기유량 확보 ▪ 부스 내부에 기류 정체하지 않도록 기류 흐름 개선 방안 수립 			

라) 밀폐형 도금라인 후드 유량 설계

〈표 II-39〉는 밀폐형 도금라인의 환기 모습인데, 공정 중에는 덮개를 덮고 음압을 유지하여 도금 공정 중 발생하는 유해물질이 작업장 외부로 비산되지 않아 큰 문제가 발생하지 않는다.

하지만, 〈표 II-40〉 같이 청소를 위해 덮개를 열 때 내부에 있는 유해물질이 작업장 외부로 배출된다. 물론 덮개를 개방하기 전 물을 이용하여 충분히 세척함에도 불구하고 내부에 남아있던 유해물질이 작업장으로 확산한다.

밀폐형 후드의 경우 환기량 산정 방법이 없어 덕트 반송속도로 설계하는데 보통 10~15m/s로 설계하는 경우가 많다. 덕트 지름을 작게 설치하고 덕트 반송속도를 빠르게 하면 도금라인 내부의 도금액이 덕트를 통해 배출되어 덕트 막힘 현상이 발생하게 된다.

보통 퇴적을 막기 위해 덕트 반송속도를 높이도록 하지만, 밀폐형 도금라인의 경우 덕트 반송속도를 빠르게 하면 배출된 액에 의한 덕트 막힘이 더 자주 막히게 된다. 또, PM시에는 덮개를 열 때 환기 불량에 의한 오염물질 확산 문제를 해결하지 못하게 된다.

밀폐형이면 주기적으로 PM을 할 때 PM에 대비한 환기 방안도 수립해야 한다.

〈표 II-41〉은 PM시 사용할 수 있는 부스를 설치한 모습인데, 부스 설치 또는 전체환기 등 개방할 때 대한 대비가 필요하다.

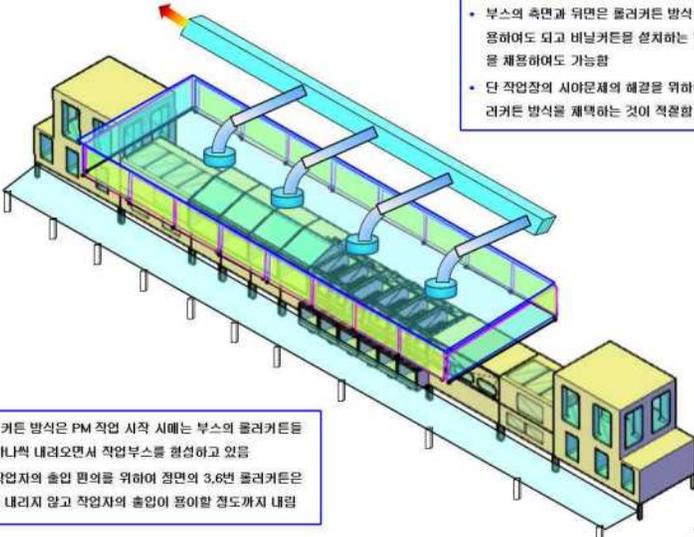
〈표 II-39〉 밀폐형 도금라인 후드 현장 모습

구분	공정 설명
작업 조건	<ul style="list-style-type: none"> 작업 중에는 밀폐되어 있지만, 주기적으로 PM을 실시함
공정 사진	
설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> 평상시: 제품 입출구를 기준으로 제어유속으로 유량 산정 PM시 : 환기량 산정 기준 없음

〈표 II-40〉 밀폐형 도금라인 환기효율 평가

구분	환기효율 평가
환기 현황	
환기 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 평상시 : 배기량 확보를 위해 덕트 지름을 작게 하면 액이 흡입되어 덕트 막힘이 발생됨 ▪ PM시 : 환기량 부족으로 기류 확산됨
환기 설계 및 관리시 고려할 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 환기량 산정 및 덕트 막힘 해소 방안 수립

〈표 II-41〉 밀폐형 도금라인 환기 개선 방안

구분	환기 개선 방안									
<p style="text-align: center;">설계시 고려할 점</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">무스형태</th> <th style="width: 45%;">사시형 무스</th> <th style="width: 45%;">롤러커튼형 무스</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">모식도</td> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">내용</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 기본적으로 사시형 무스 설치공간이 가능한 경우 원전 밀폐가 가능한 사시형 무스를 설치함 • 단 양쪽 단면은 비닐커튼을 설치하는 것이 바람직함 </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • 사시형 무스 설치 시 통로가 좁아지는 등 설치가 곤란할 경우에는 롤러커튼형 무스를 설치함 • 평상시에는 롤러커튼을 전부 올려서 통로 개방률을 확보하고 PM작업시에만 내려서 밀폐할 수 있도록 함 </td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> • 부스의 측면과 뒤면은 롤러커튼 방식을 채용하여도 되고 비닐커튼을 설치하는 방식을 채용하여도 가능함 • 단 작업장의 시야문제의 해결을 위하여 롤러커튼 방식을 채택하는 것이 적절함 </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> • 롤러커튼 방식은 PM 작업 시작 시에는 부스의 롤러커튼들이 하나씩 내려오면서 작업부스를 형성하고 있음 • 단 작업자의 출입 편의를 위하여 점면의 3.6번 롤러커튼은 전부 내리지 않고 작업자의 출입이 용이할 정도까지 내림 </div>	무스형태	사시형 무스	롤러커튼형 무스	모식도			내용	<ul style="list-style-type: none"> • 기본적으로 사시형 무스 설치공간이 가능한 경우 원전 밀폐가 가능한 사시형 무스를 설치함 • 단 양쪽 단면은 비닐커튼을 설치하는 것이 바람직함 	<ul style="list-style-type: none"> • 사시형 무스 설치 시 통로가 좁아지는 등 설치가 곤란할 경우에는 롤러커튼형 무스를 설치함 • 평상시에는 롤러커튼을 전부 올려서 통로 개방률을 확보하고 PM작업시에만 내려서 밀폐할 수 있도록 함
	무스형태	사시형 무스	롤러커튼형 무스							
모식도										
내용	<ul style="list-style-type: none"> • 기본적으로 사시형 무스 설치공간이 가능한 경우 원전 밀폐가 가능한 사시형 무스를 설치함 • 단 양쪽 단면은 비닐커튼을 설치하는 것이 바람직함 	<ul style="list-style-type: none"> • 사시형 무스 설치 시 통로가 좁아지는 등 설치가 곤란할 경우에는 롤러커튼형 무스를 설치함 • 평상시에는 롤러커튼을 전부 올려서 통로 개방률을 확보하고 PM작업시에만 내려서 밀폐할 수 있도록 함 								
<p style="text-align: center;">개선 방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 평상시와 PM시 구분하여 환기량 산정 ▪ - PM시 환기방안 수립 필요함 									

마) 열 발생 부스형 후드 환기량 산정

〈표 II-42〉는 열이 발생하는 조형 공정에 설치된 부스형 후드 모습인데, 문을 닫고 조형 작업을 할 경우에는 오염물질 비산이 거의 없다. 하지만, 문 개방 후 이형체를 도포하는 과정에서 다량의 오염물질이 부스 상부를 통해 배출된다.

〈표 II-43〉은 연기 실험을 통한 환기 효율 평가 결과인데 상부로 배출되고 부스 하부로 유입되고 있다.

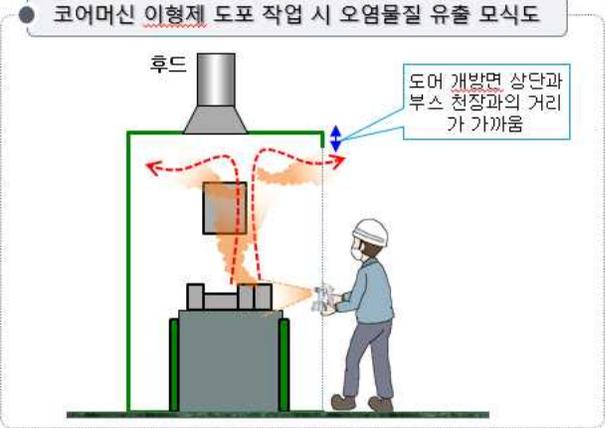
그림과 같이 부스 상부에 열기가 체류할 수 있는 공간을 확보하지 못하면 환기량을 충분히 확보하여도 〈표 II-45〉와 같은 기류 흐름을 막을 수 없다.

열원이 발생하는 부스형 후드의 경우 〈표 II-44〉와 같이 출입문 상부에 높이를 높인 2중 후드를 설치거나 부스 상부에 기류가 정체할 수 있도록 부스 높이를 높이는 것이 효과적이다.

〈표 II-42〉 열발생 부스형 후드 현장 모습

구분	공정 설명
작업 조건	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 주물 중자를 제작하는 공정으로 열경화성 수지를 사용 ▪ 고열을 이용하여 모래 중자를 제작 ▪ 금형에 이형제 분사할 때 고열에 의한 기류 확산함
공정 사진	
설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 개구면 기준으로 환기량 산정함 ▪ 환기량 약간 부족함

〈표 II-43〉 열발생 부스형 후드 환기 효율 평가

구분	환기 효율 평가
환기 현황	 <p>코어머신 이형제 도포 작업 시 오염물질 유출 모식도</p> 
환기 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제품 공정시 : 문을 닫아두기 때문에 환기 문제없음 ▪ 이형제 분사시 : 문을 개방함
환기 설계 및 관리시 고려할 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고열에 의한 상승기류 발생할 때 상부로 배출되고 하부로 유입됨 ▪ 환기량을 만족하여도 작업자 호흡영역을 보호하지 못함

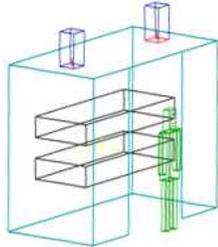
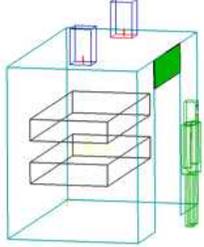
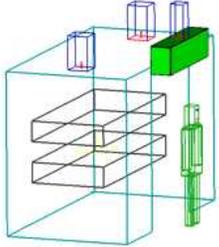
<표 II-44> 열발생 부스형 후드 환기 개선 방안

구분	환기 개선 방안
<p>설계시 고려할 점</p>	<div style="text-align: center;"> <p>< 코어머신 개선방안 모식도 ></p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 환기량뿐만 아니라 작업자 호흡 영역으로 기류 확산하지 않도록 방해판 설치 필요함
<p>개선 방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ - 기류 흐름을 고려하여 작업자 호흡 영역 보호 필요함

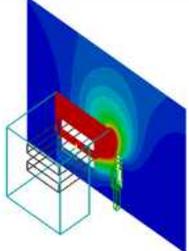
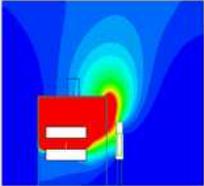
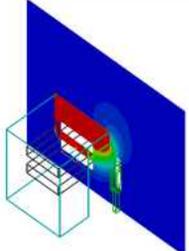
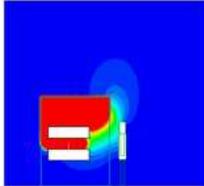
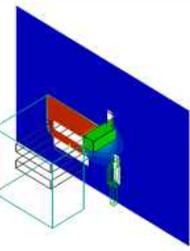
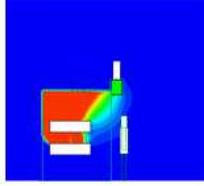
〈표 II-45〉 열발생 부스형 후드 환기 개선 방안-모델링 결과

개선
방안
효율
검토

① 모델링 조건

구분	현재 상태	전면부 판 설치	전면부 후드 설치
모델			
배기량	<ul style="list-style-type: none"> • 54m³/min × 2개 • 총 108m³/min 	<ul style="list-style-type: none"> • 54m³/min × 2개 • 총 108m³/min 	<ul style="list-style-type: none"> • 43m³/min × 2개 • 24m³/min × 1개 • 총 110m³/min

② 코어 머신 환기 효율 개선을 위한 모델링 결과

구분	현재 상태	전면부 판 설치	전면부 후드 설치
모델	 	 	 
배기량	<ul style="list-style-type: none"> • 전면부를 통해 오염물질 유출됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 유출은 크게 감소됨 • 작업자 주변으로 일부 확산 	<ul style="list-style-type: none"> • 작업자 주변 환경 개선됨

- 환기량뿐만 아니라 작업자 호흡 영역으로 기류 확산하지 않도록 방해판 설치 필요함

바) 고열 발생공정 환기 방안

〈표 II-46〉은 비철금속 용해로의 모습인데 평상시에는 용해로 내부 환기로 인해 오염물질이 배출되지 않는다. 하지만, 〈표 II-47〉과 같이 문 개방 후 작업하면 다량의 오염물질이 외부로 배출되고 있다.

환기 설계 시 정상 용해 작업만 고려하면 환기량 부족으로 슬래그 제거 시에는 다량의 흡이 비산하게 된다.

〈표 II-48〉과 같이 고열이 발생하는 공정은 강한 열 부력에 의해 발생하므로 제어 유속만으로는 충분한 환기 효과를 거두기 어렵다. 따라서, 문을 개방하고 작업자가 접근하므로 문 개방 시를 기준으로 환기량을 산정해야 한다. 또, 부력에 의한 유출 저감을 위한 개선 방안 필요하다.

〈표 II-46〉 고열 발생 공정 후드 현장 모습

구분	공정 설명
작업 조건	<ul style="list-style-type: none"> 알루미늄 용해 공정으로 작업 중에는 문을 닫아 흠 발생 없음 슬래그 포집함도 문을 설치하고 1m/s의 제어유속을 만족함 작업 중 반사로 문을 가끔 개방함
공정 사진	
설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> 개구면 기준으로 환기량 산정함 환기량 약간 부족함

〈표 II-47〉 고열 발생 공정 오염물질 발생 실태

구분	환기 효율 평가
환기 현황	
환기 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제품 공정시 : 정상 용해시에는 흠 발생 없음 ▪ 슬래그 제거시 : 문을 개방하여 다량의 흠이 발생됨
환기 설계 및 관리시 고려할 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 정상작업을 기준으로 설계시 문제없음 ▪ 하지만 문 개방 후 실제 작업자가 접근했을 때 환기 불량 및 흠에 노출됨 ▪ 환기량 산정 기준은 문 개방 시로 해야 함

〈표 II-48〉 고열 발생 공정 환기 개선 방안

구분	환기 개선 방안
<p>설계 시 고려할 점</p>	<div data-bbox="481 640 1182 1168" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 문을 개방하고 작업자가 접근하므로 문 개방 시를 기준으로 환기량 산정 ▪ 부력에 의한 유출 저감을 위한 개선 방안 필요함
<p>개선 방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업 형태를 고려한 환기량 산정 필요함

사) 도장 부스 내 기류 흐름

〈표 II-49〉는 도장 부스의 모습인데 상부에서 급기하고 측면(하부)로 배출되는 전형적인 도장 부스의 모습이다.

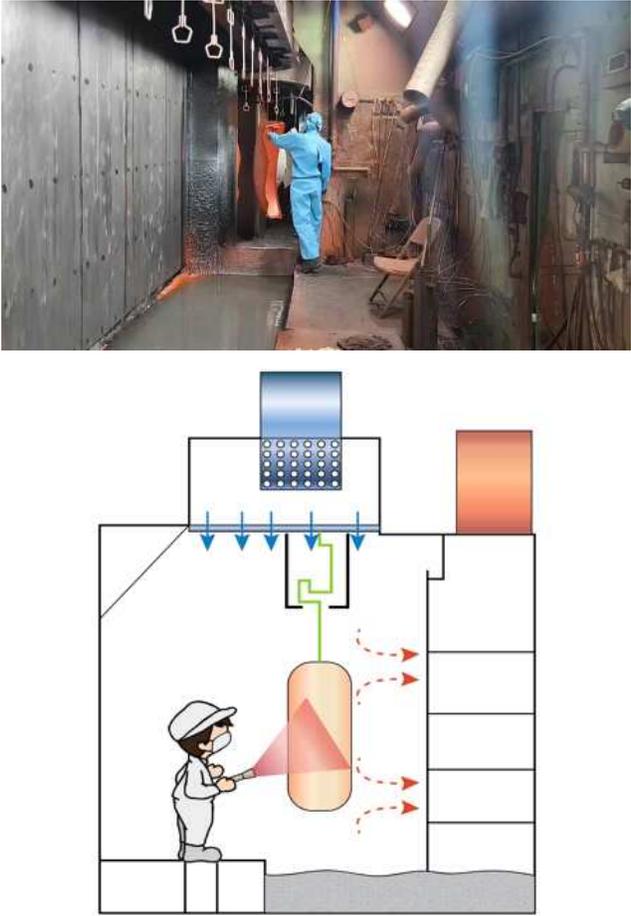
설계유량은 단면 유속 0.4m/s 이상으로 양호한데도 작업자가 페인트 냄새에 의한 불편을 호소하고 있다.

일반적으로 도장 부스의 경우 외부 이물이 유입되는 것을 막기 위해 급기를 배기보다 많이 설치한다.

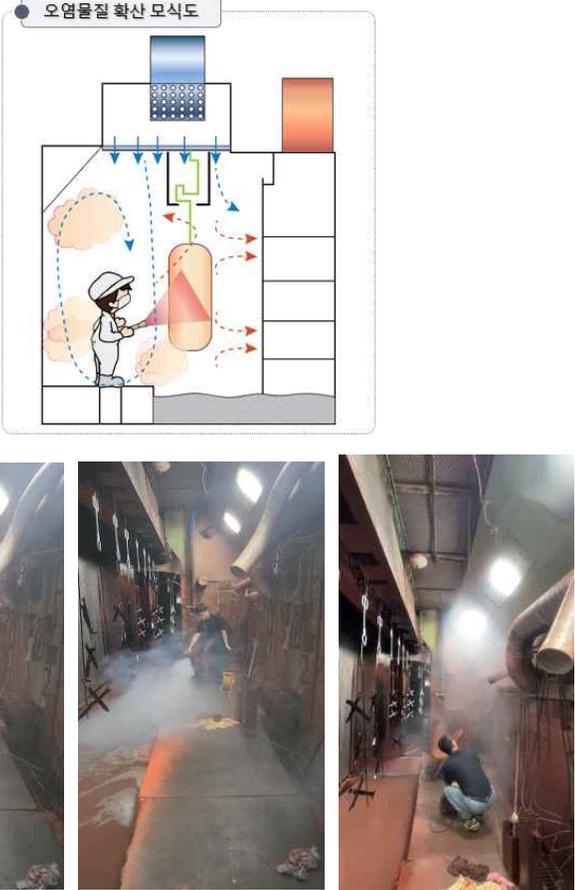
그 결과 〈표 II-50〉과 같이 도장 부스 내 기류 흐름은 급기된 공기가 작업자 발판에 부딪힌 후 와류를 형성하여 재순환된 후 작업자가 유기용제에 노출되는 것으로 평가되었다. 도장 부스를 기류 속도도 중요하지만, 재순환에 의한 노출을 최소화해야 한다.

특히 〈표 II-49〉와 같이 작업자 발판을 완전히 밀폐하면 재순환 영역이 더 크게 발생하기 때문에 〈표 II-51〉과 같이 바닥 면은 기류가 통할 수 있는 구조로 설치해야 한다.

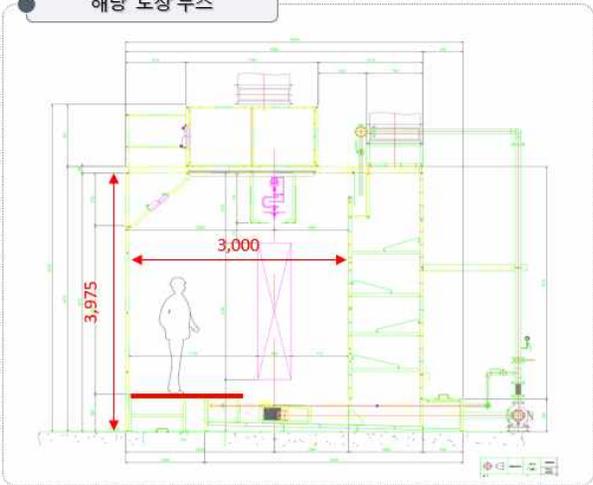
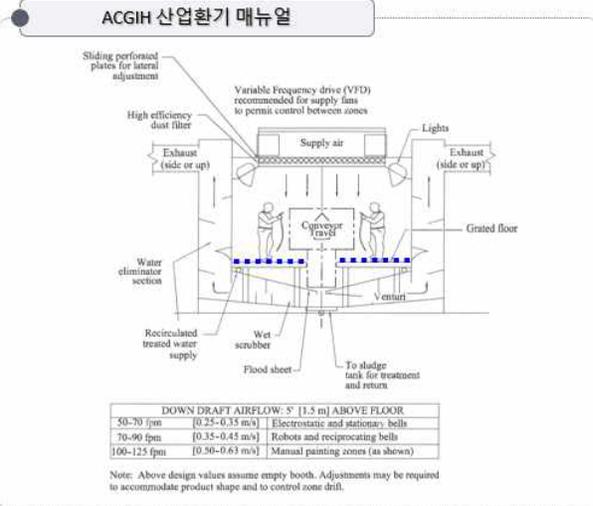
〈표 II-49〉 도장 부스 현장 모습

구분	공정 설명
작업 조건	<ul style="list-style-type: none"> ▪ top down 형태의 도장 부스가 설치됨 ▪ 단면유속 0.4m/s 이상으로 설계됨
공정 사진	<div style="text-align: center;">  <p>The photograph shows a worker in a blue protective suit standing in a paint booth, working on a large orange object. The booth has a dark, metallic interior. The schematic diagram below illustrates the top-down airflow system. It shows a worker on the left, a central cylindrical object being painted, and a duct system on the right. Blue arrows indicate air entering from the top, and red arrows show air being drawn into the duct system and then exhausted out of the building.</p> </div>
설계 방법	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단면 기준으로 유량을 설계 ▪ 배기보다 급기를 많게 설계함

〈표 II-50〉 도장 부스 환기 효율 평가

구분	환기 효율 평가
환기 현황	
환기 문제점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 급기된 공기가 작업자 발판에 부딪힌 후 와류를 형성하여 재순환됨 ▪ 작업자가 유기용제에 노출됨
환기 설계 및 관리시 고려할 점	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도장 부스를 기류 속도도 중요하지만 재순환에 의한 노출을 최소화해야 함

〈표 II-51〉 도장 부스 환기 개선 방안

구분	환기 개선 방안												
<p>설계 시 고려할 점</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>해당 도장 부스</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>ACGIH 산업환기 매뉴얼</p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="3">DOWN DRAFT AIRFLOW: 5' (1.5 m) ABOVE FLOOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50-70 fpm</td> <td>(0.25-0.35 m/s)</td> <td>Electrostatic and stationary bells</td> </tr> <tr> <td>70-90 fpm</td> <td>(0.35-0.45 m/s)</td> <td>Robots and reciprocating bells</td> </tr> <tr> <td>100-125 fpm</td> <td>(0.50-0.63 m/s)</td> <td>Manual painting zones (as shown)</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>Note: Above design values assume empty booth. Adjustments may be required to accommodate product shape and to control zone drift.</small></p> </div>	DOWN DRAFT AIRFLOW: 5' (1.5 m) ABOVE FLOOR			50-70 fpm	(0.25-0.35 m/s)	Electrostatic and stationary bells	70-90 fpm	(0.35-0.45 m/s)	Robots and reciprocating bells	100-125 fpm	(0.50-0.63 m/s)	Manual painting zones (as shown)
	DOWN DRAFT AIRFLOW: 5' (1.5 m) ABOVE FLOOR												
50-70 fpm	(0.25-0.35 m/s)	Electrostatic and stationary bells											
70-90 fpm	(0.35-0.45 m/s)	Robots and reciprocating bells											
100-125 fpm	(0.50-0.63 m/s)	Manual painting zones (as shown)											
<p>개선 방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업자 발판을 다공판으로 설치하여 기류 재순환을 최소화해야 함 ▪ 도장 부스는 환기량 뿐만 아니라 균일 기류 흐름 형성이 매우 중요함 												

아) 강제 급·배기 부스 내 작업자 상주할 때 환기 방안

〈표 II-52〉는 〈표 II-49〉의 도장 부스와 같이 작업자가 상주하고 상부에서 급기하고 측면(하부)로 배출되는 코팅 공정의 모습이다.

배기보다 급기가 많으므로 급기에 의한 상승기류가 발생하고, 작업자 주변 유기용제 농도를 측정한 결과 1,000ppm 이상 높게 측정되었다.

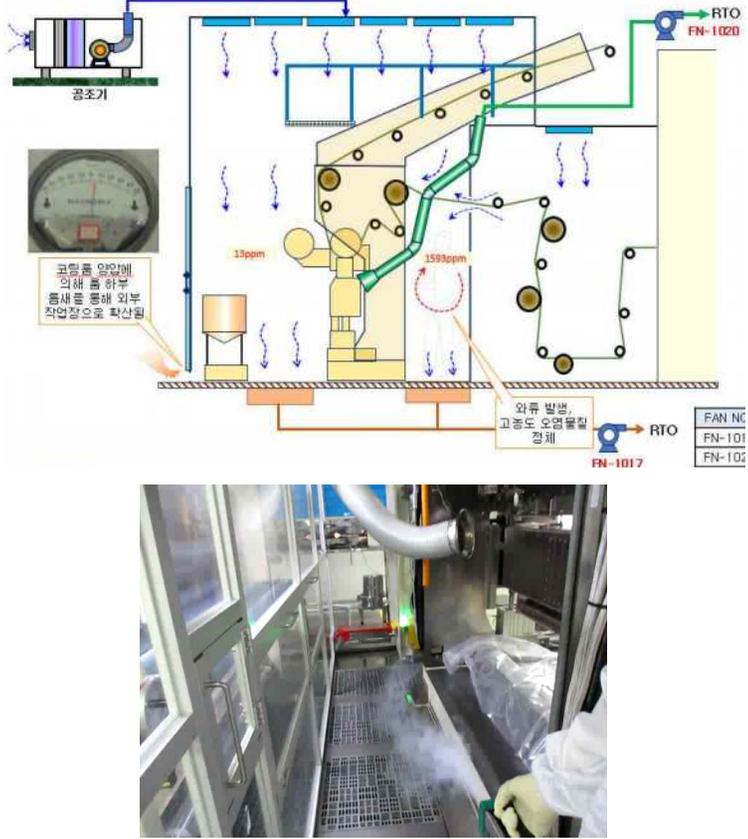
강제 급·배기이고 작업자가 부스 내부에서 작업할 경우(work in hood)에는 재순환이 발생하지 않도록 설계하는 것이 중요하다.

이러한 환기 형태를 전체환기로 가정할 수 있지만, 기류 흐름이 재순환하지 않도록 설치하여 작업자 노출을 최소화할 필요가 있다.

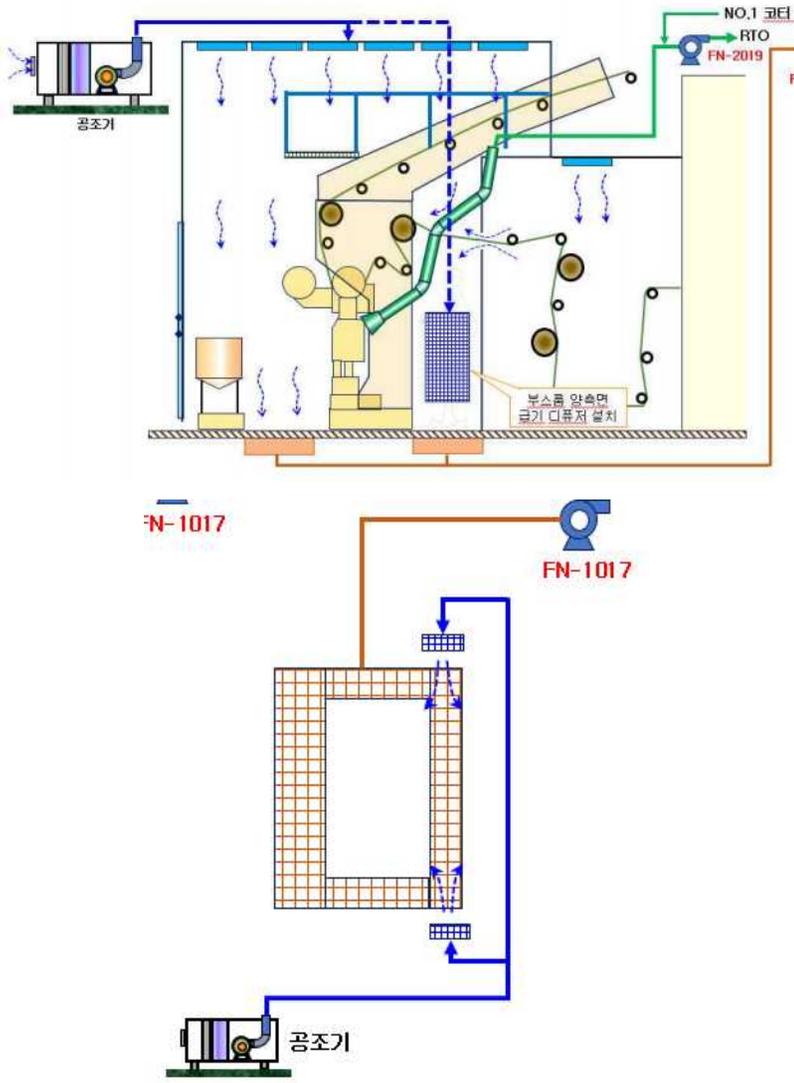
〈표 II-52〉 강제 급배기 부스 현장 모습

구분	공정 설명
<p>작업 조건</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 필름 코팅공정으로 top down기류흐름 형성됨 ▪ 작업자가 부스 내부에 상주하고 있음
<p>공정 사진</p>	
<p>설계 방법</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단면 기준 기류 흐름 형성됨 ▪ 0.25m/s

〈표 II-53〉 강제 급·배기 부스 환기효율 평가

구분	환기 효율 평가
<p>환기 현황</p>	 <p>공조기</p> <p>외류 발생, 고농도 오염물질 경계</p> <p>RTO FN-1020</p> <p>RTO FN-1017</p> <p>FAN NC FN-101 FN-102</p> <p>13ppm</p> <p>1593ppm</p> <p>모니터 앞쪽에 의해 흡 하부 흡재를 통해 외부 적입장으로 확산됨</p>
<p>환기 문제점</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 급기에 의해 바닥기류 상승함 ▪ 작업자 주변 1,000ppm 이상 고농도 정체됨
<p>환기 설계 및 관리시 고려할 점</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 강제 급·배기이고 work in hood인 경우에는 재순환이 발생하지 않도록 설계하는 것이 중요함

〈표 II-54〉 강제 급·배기 부스 환기 개선 방안

구분	환기 개선 방안
<p>설계 시 고려할 점</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 재순환이 발생하지 않도록 배기 덕트 위치가 중요함
<p>개선 방안</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 설치 후 기류 평가를 통해 재순환이 발생하지 않도록 해야 함

자) 평가 방법 : 분진 취급공정 환기 효율 평가 방법

〈표 II-55〉 국소 배기장치 평가 방법

구분	측정 모습	측정 방법
유속		제어 유속 및 유량
기류가 시화		연기발생기를 이용한 기류 평가
평가 방법 레이저 기류 가시화	 <p style="font-size: small; text-align: center;">Figure 45 Soldering with and without Tyndall illumination</p>	레이저 광원이 이용한 분진 확산
분진 농도 측정		측정기를 이용한 분진농도

차) 관리 방안 : 밀폐공정 정압 측정 방법

〈표 II-56〉 후드 정압 관리 방안

구분	측정 모습
측정 방법	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀폐공정 정압관리
설치 사진	 <p data-bbox="987 1009 1234 1037">< 밀폐형 후드 정압계 설치 모식도 ></p>
관리 방법	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 밀폐공정에 정압계를 설치하여 정압관리

〈표 II-57〉 후드 정압관리시 유의할 점

구분	공정 설명																																				
<p>유량 측정 결과</p>	<div style="text-align: center;"> <p>라인 별 배기량 및 배기횟수</p> <table border="1"> <caption>라인 별 배기량 및 배기횟수 (추정값)</caption> <thead> <tr> <th>라인</th> <th>배기량 (m³/min)</th> <th>배기횟수 (회/h)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4호기</td><td>~15</td><td>~5</td></tr> <tr><td>5호기</td><td>~25</td><td>~10</td></tr> <tr><td>7호기</td><td>~25</td><td>~15</td></tr> <tr><td>8호기</td><td>~25</td><td>~5</td></tr> <tr><td>10호기</td><td>~35</td><td>~15</td></tr> <tr><td>13호기</td><td>~55</td><td>~25</td></tr> <tr><td>14호기</td><td>~40</td><td>~10</td></tr> <tr><td>15호기</td><td>~35</td><td>~15</td></tr> <tr><td>라인 3</td><td>~25</td><td>0</td></tr> <tr><td>라인 4</td><td>~40</td><td>0</td></tr> <tr><td>합산</td><td>33.1</td><td>6.13</td></tr> </tbody> </table> </div> <p>– 동일한 정압으로 관리하였지만, 덕트 지름이 달라 유량 편차가 크게 발생함</p>	라인	배기량 (m³/min)	배기횟수 (회/h)	4호기	~15	~5	5호기	~25	~10	7호기	~25	~15	8호기	~25	~5	10호기	~35	~15	13호기	~55	~25	14호기	~40	~10	15호기	~35	~15	라인 3	~25	0	라인 4	~40	0	합산	33.1	6.13
라인	배기량 (m³/min)	배기횟수 (회/h)																																			
4호기	~15	~5																																			
5호기	~25	~10																																			
7호기	~25	~15																																			
8호기	~25	~5																																			
10호기	~35	~15																																			
13호기	~55	~25																																			
14호기	~40	~10																																			
15호기	~35	~15																																			
라인 3	~25	0																																			
라인 4	~40	0																																			
합산	33.1	6.13																																			
<p>관리 방법</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 후드 정압은 덕트 반송속도를 유지하는 힘을 의미함 ▪ 유량은 덕트 지름의 제곱에 비례하므로 정압관리시에는 필요환기량을 먼저 설계하고, 그 유량을 유지할 수 있는 덕트 반송속도를 결정해야 함 ▪ 덕트 반송속도를 유지할 수 있는 후드 정압을 결정하고 그 값을 관리해야 함 ▪ 동일 유량으로 환기할 때 덕트 지름이 작으면 후드 정압이 높아짐 																																				

〈표 II-56〉과 같이 후드 정압을 관리하는 것은 매우 중요하기만, 후드 정압은 덕트 반송속도를 유지하는 힘을 의미한다. 유량은 덕트 지름의 제곱에 비례하므로 정압관리시에는 필요 환기량을 먼저 설계하고, 그 유량을 유지할 수 있는 덕트 반송속도를 결정해야 한다. 덕트 반송속도를 유지할 수 있는 후드 정압을 결정하고 그 값을 관리해야 한다. 동일 유량으로 환기할 때 덕트 지름이 작으면 후드 정압이 높아지기 때문에 후드 정압을 일정 범위로 유지하도록 제시하는 것은 환기량에 대한 고려를 하지 못하기 때문에 신중한 접근이 필요하다.

5. 국소배기장치 적정 성능 평가를 위한 제도 개선 방안

1) 국소배기장치 관리체계 비교

〈표 II-58〉은 산업안전보건기준과 미국 및 영국의 국소배기장치 설치 규정 및 설계 성능 기준을 정리하였다.

〈표 II-58〉 미국 및 영국 국소배기장치 설치 및 성능 기준 비교

구분	한국	미국	영국
설치 규정	<ul style="list-style-type: none"> 보건 기준에 관한 규칙 	<ul style="list-style-type: none"> OSHA Technical Manual (OTM) Section III: Chapter 3의 V. Prevention and Control 법 기준 :29 CFR 1910.94 ANSI Z9.5로 업종 및 공정별 표준화 	<ul style="list-style-type: none"> HSE, HSG 258 Controlling airborne contaminants at work; A guide to local exhaust ventilation (LEV))
국소배기장치설치	<ul style="list-style-type: none"> 유해물질이 발생하는 곳마다 설치 제어유속은 관리 대상, 허가대상, 금지 및 분진 작업장 등에만 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 국소배기장치는 법적 규제를 갖는 것이 아닌 직무별 또는 업무별 근로자 보호를 위해 관련 단체와 협의하여 최적의 환기 방안을 제시 OSHA에서 매뉴얼로 제작하여 현장에서 참고 	<ul style="list-style-type: none"> 노출 정도와 위험성 평가 실시 후 국소배기장치 적용 검토
성능 기준	<ul style="list-style-type: none"> 제어유속 	<ul style="list-style-type: none"> 없음 제어유속은 후드 성능 자료로 활용할 수 없음을 강조 (오염물질 발생 특성 및 발생량, 작업 방법, 주변 기류에 의해 복합적으로 영향 받음) 기류 가시화 또는 노출량 평가(작업환경 측정 및 추적이 가스 활용) 	<ul style="list-style-type: none"> 없음
후드 형태 분류	<ul style="list-style-type: none"> 외부식(측방, 하방, 상방)과 포위식으로 구분 	<ul style="list-style-type: none"> 후드 형태 분류 없음 IV 매뉴얼에는 포위형을 권장함 	<ul style="list-style-type: none"> 6가지 후드 형태로 분류 부스식 3개, 리시버형, 외부식

구분	한국	미국	영국
국소배기 장치 설계	<ul style="list-style-type: none"> 후드 형태별 물질별 제어유속 기준으로 유량 산정 	<ul style="list-style-type: none"> 업종별 공정별 표준 환기 모델 개발(ANSI) OSHA에서 ANSI 표준 채택 (스프레이부스, 연삭, 개방조 후드 및 실험실 후드) 기타 공정은 ACGIH 산업환기 매뉴얼 등 최신 환기 자료 참조 	<ul style="list-style-type: none"> 환기에 관련된 자료 활용하여 설계 10가지 후드 형태에 대한 설치 기준 및 설계방법 제시 부스형 후드 제어유속 0.4m/s를 제외하면 환기량 산정 기준 없음 ACGIH 산업환기 매뉴얼 등 최신 환기 자료 참조
국소배기 장치 관리	<ul style="list-style-type: none"> 사용 전 점검(육안검사 위주) : 기록 3년간 보관 안전검사(실효성 없음) 주기적 평가(없음) 	<ul style="list-style-type: none"> OSHA 규정 : 국소배기장치에 대한 조사는 노출기준 가능성, 화재폭발 위험성 및 실내 공기질 문제가능성 있는 경우에 해당 자율 점검 방법 제시 일일 점검 : 육안 검사 또는 작업자에서 질문(오늘 후드 상태 어떻나요?) : 후드, 덕트, 댐퍼, 공기정화기 차압 등 주간 점검 : 송풍기 용량, 팬하우징, 풀리 등. 월별 점검 : 공기정화기 구성요소 등 	<ul style="list-style-type: none"> 시험 운전 보고서 제출 정량 정성 평가 : 기류 가시화 및 육안 검사 : 유량 및 정압 측정 공기질 농도 측정 등 포함 : 독성물질 취급공정 주기적인 평가 : 사업주는 최소 14개월이내에 국소배기장치에 대한 검사 실시 기록 5년간 보관

(1) 국소배기장치 설치 의무

설치 기준에서 가장 큰 차이는 산업안전보건법에서는 유해물질(관리대상물질, 허가대상물질, 분진작업 등)을 사용하는 공정에는 후드를 설치하도록 하고 있다.

미국의 경우 공정별로 후드 형태 및 환기 방법을 결정하고 있고 공정이 분류되지 않을 때는 참고 자료를 활용하여 국소배기장치를 설치하고 있다. 하지만, 의무 사항이 아닌 회사에서 작업자 건강 보호를 위해 설치하고 관리하도록 하고 있다.

영국의 경우 노출 정도와 위험성 평가를 시행한 후 국소배기장치 설치를 검토하고 있다. 동일한 물질을 사용하면 한국은 허용소비량 이상일 경우 무조건 국소배기 후드를 설치하도록 하고 있지만, 영국의 경우 사용량, 위해도 및 노출 가능성 등을 종합한 위험성 평가를 시행한 후 설치 여부를 결정하고 있는 것이 가장 큰 차이점이다.

즉, 한국의 사용 물질에 따라 사용량에 상관없이 의무적으로 국소배기장치를 설치하는 데 반해, 영국의 경우는 위험성 평가 실시 후 설치 여부를 결정한다. 미국의 경우 작업자 보호를 위해 사업주가 자율적으로 국소배기장치 설치 여부를 결정하게 된다.

(2) 국소배기장치 성능 기준

한국의 경우 후드 형태 및 물질 별로 정해진 제어 유속을 후드 성능을 기준으로 제시하고 있다. 미국이나 영국의 경우 딱히 정해진 성능 기준에 제시되어 있지 않고, 오히려 후드 제어 유속을 후드 성능을 기준으로 판단하지 못하도록 하고 있다.

후드의 효율은 오염물질 발생 특성 및 발생량, 작업 방법, 주변 기류에 의해 복합적으로 영향 받게 된다. 따라서, 기류 가시화 또는 노출량 평가(작업환경 측정 및 추적자 가스 활용) 등을 종합적으로 활용하여 후드 환기 효율을 평가하도록 하고 있다.

(3) 후드 형태

한국의 외부식 상방형, 측방형, 하방형 및 부스식으로 4가지로 구분하고 있다. 미국의 경우 후드 형태를 구분하지 않고 공정별 후드 설치 방법 및 유량 설계 방법을 제시하고 있다. 특히, 열원이 없는 경우 작업자 호흡 영역을 보호하지 못하는 외부식 상방형 후드는 가능한 한 설치하지 않는 것을 권장하고 있다. 또, 설치 가능하다면 부스식 후드를 설치하도록 권장하고 있다.

영국의 경우 부스식은 부분 부스형, 완전 부스형, 작업자가 부스 내부에서 작업하는 Work in 후드 등 3가지로 구분하고, 외부식 후드는 측방형, 하방형, 상방형으로 3가지, 리시버형 후드는 열원 캐노피, 고유속 저유량 후드, 그라운드 후드 및 푸쉬풀 후드 등 4가지로 구분하여 총 10가지 형태로 세분화한 후 환기량 산정 방법을 제시하고 있다. 영국의 경우에도 열원이 없는 경우에는 상방형 캐노피 후드 설치를 가능한 한 하지 않도록 제시하고 있다.

(4) 국소배기장치 유량 설계

한국의 경우 후드 형태별 물질별 제어 유속을 적용하여 환기량을 설계하도록 하고 있다. 제어 유속만으로 설계한 결과 제어 유속을 만족한데도 오염물질 포집을 충분히 하지 못하거나 제어 유속을 만족함에도 작업자 호흡 영역을 보호하지 못하는 문제가 있다. 또, 제어 유속을 만족할 때 제품생산 불량으로 인해 제어 유속을 만족하지 못하는 때도 있다. 그리고 가장 문제는 제어 유속을 적용할 수 없는 후드에 대한 설계기준이 없다는 것이다.

미국의 경우 업종별 공정별 표준환기 모델 개발(ANSI)하여 제시하고 있는데, OSHA에서 ANSI의 표준을 채택하고 있다. 현재 스프레이부스, 연삭, 개방조 후드 및 실험실 흡 후드에 대한 기준이 제정되어 있다. 기타 공정은 ACGIH 산업환기 매뉴얼 등 최신 환기 자료 참조하도록 하고 있다.

영국의 경우 환기에 관련된 자료 활용하여 설계하는데, 6가지 후드 형태에 대한 설치 기준 및 설계 방법 제시되어 있다. 특히, 부스형 후드 제어유속 0.4m/s를 제외하면 환기량 산정 기준 없다. 또, 영국 자료뿐만 아니라 ACGIH 산업환기 매뉴얼 등 최신 환기 자료 참조하도록 하고 있다.

영국의 경우 설계 및 설치하는 전문가(국소배기설치업체)와 협의하여 회사에서 책임지고 설치하고 설치 후 효율 평가를 하게 되어 있다. 설치 후 환기 효율이 낮아지면 회사 측뿐만 아니라 설치 업체와 연대 책임을 지도록 하고 있다.

(5) 국소배기장치 관리

한국의 경우 국소배기장치 자체검사는 시행되지 않고 국소배기장치 설치 및 점검 후 재가동 시 육안검사 위주의 사용 전 점검을 한 후 기록을 3년간 보관하도록 하고 있다. 자체검사 제도가 삭제되면서 안전검사 제도가 시행되었는데, 안전검사는 49종의 물질을 대상으로 작업환경 측정 결과 50%를 초과하는 공정을 대상으로 안전검사를 시행하도록 하고 있다. 하지만, 안전검사 대상 물질도 적고 실제 검사 대상 국소배기장치가 너무 적어 실효성이 없는 실정이다.

그리고 주기적인 평가가 없으므로 국소배기장치에 대한 효율적인 관리체계가 구축되지 못하는 문제가 있다.

미국의 경우 OSHA 규정에 따라 국소배기장치에 대한 조사는 노출 기준 가능성, 화재폭발 위험성 및 실내 공기질 문제 가능성 있는 경우에 해당한다. 대신 자율 점검 방법을 제시하고 있는데, 일일 점검, 주간 점검, 월간 점검을 구분하여 자율 점검 방법은 다음과 같다.

- 일일 점검 : 육안 검사 또는 작업자에서 질문(오늘 후드 상태 어떻나요?)
: 후드, 덕트, 댐퍼, 공기정화기 차압 등
- 주간 점검 : 송풍기 용량, 팬 하우징, 폴리 등.
- 월별 점검 : 공기정화기 구성 요소 등

영국의 경우 국소배기장치 효율 평가를 매우 중요시하고 있다. 시험 운전 보고 및 주기적인 평가를 시행하도록 하고 있다. 특히 한국의 사용 전 점검에 해당하는 시험 운전 보고서를 반드시 제출하도록 하여 국소배기장치 초기 성능을 매우 중요시하고 있다.

시험 운전 보고서는 정량 정성 평가가 포함되는데 평가 항목은 기류 가시화 및 육안 검사, 유량 및 정압 측정, 독성물질을 취급하는 공정에서는 공기질 농도측정 등을 포함한다.

주기적인 평가는 사업주는 최소 14개월 이내의 국소배기장치에 대한 검사를 시행하고, 측정 기록은 5년간 보관하도록 하고 있다.

2) 국소배기장치 관리체계 개정 방안

〈표 II-59〉에 산업안전보건법, 보건규칙 및 kosha guide에 제시된 국소배기장치에 대한 내용과 본 연구를 통한 개정 방향을 대략 정리한 것이다.

〈표 II-59〉 국소배기장치관련 제도 및 개선 방향

구분	산업안전보건법	보건규칙	고시	산업환기 설비에 관한 기술 지침(KOSHA GUIDE W-1-2019)
현재	제39조(보건조치)① 사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 건강장해를 예방하기 위하여 필요한 조치(이하 “보건조치”라 한다)를 하여야 한다. ② 제1항에 따라 사업주가 하여야 하는 보건조치에 관한 구체적인 사항은 고용노동부령으로 정한다	제72조 후드 제73조 덕트 제74조 배풍기 제75조 배기구 제76조 배기의 처리 제77장전체환기장치 제 78조 환기장치의 가동 기타 물질별 국소배기장치에 대한 내용 개별 서술	노동부 고시 제 2003 - 22호에 의해 폐지됨 (2003년 7월 12일) 국소배기장치에 관한 기준 <노동부고시 제90-45호>	국소배기장치 및 전체 환기 장치에 대한 설치 방법과 평가 방법 정리
개정 방안	동일	제72조 ~ 제 78조에 내용 정리 제 72조 국소배기장치 설치 위치	보건 규칙의 내용에 대한 상세 설명 자료 2003년 폐지된 “국소배기장치에	고시 개정에 따른 해설서 형태로 가이드 내용 수정

구분	산업안전보건법	보건규칙	고시	산업환기 설비에 관한 기술 지침(KOSHA GUIDE W-1-2019)
		제 73조 국소배기장치 설치 특례 제 74조 전체환기 적용 제 75조 국소배기장치 설치 방법 제 76조 국소배기장치의 점검 제 77조 국소배기장치의 평가 방법 제 78조 환기장치의 가동	관한 기준”과 동일 명칭으로 신설	

〈표 II-59〉에 보면 산업안전보건법 제39조의 보건 조치의 일환으로 국소배기장치를 설치하고 있다. 국소배기장치 설치 위치 및 설치 기준은 보건기준에 관한 규칙에 정리되어 있고, 안전검사 제도 등에도 포함되어 있다.

보건기준에 관한 규칙에서 각 물질별로 산재되어 있는 국소배기장치 관련 내용을 총칙의 제72조 ~제78조에 정리하여 획일적인 적용이 가능하도록 정리하고자 한다.

그리고 세부 적용 방법 및 내용은 고시와 kosha guide에 정리하여 사업장이나 국소배기장치를 설계 및 운용하는 인원이 쉽게 활용할 수 있도록 하고자 한다.

〈표 II-60〉에 국소배기장치 설치 위치 개정 내용을 정리하였다. 상세한 내용은 각 장에서 설명하고자 한다.

〈표 II-60〉 국소배기장치관련 제도 및 개선 방향

구분	관리대상물질		허가대상 물질	금지 유해물질	분진 작업		기타유해 물질	
	적용 대상	비고	적용 대상	적용 대상	적용 대상	비고	적용대상	
현재	설치 근거	제 422조		제 453조	제 499조	제 607조		제72조 (후드) 제83조 (발산억제)
	적용 제외	제421조(허 용소비량) 제423조(임 시) 제 424조(단 기)	특별관리 물 질 및 환기 불충분한 작 업장소는 적 용 제외	예외없음	예외없음	제 606조	습윤 작 업으로 분진 비 산 방지	예외 없음
		제 422조(습 기있는분말) 제 427조 (밀폐 또는 대체 설비)	국소배기 미설치가능					
		제 425 조, 426조, 제428조(국 소배기장치 특례)	전체환기 적용시			제 608조	분진 발 생원 이 경 우	
개정 방안	설치 근거	유해물질 사용하는 모든 공정에 국소배기장치 설치						
	적용 제외	위험성 평가를 시행하여 국소배기장치 미설치 및 전체환기 적용 등을 검토 - 화학물질 위험성 평가 후 위험성 결정 결과에 따름(자체평가)						
	비고	보건기준에 관한 규칙 제 72조 및 제 73조에 정리						

3) 국소배기장치 관리체계 세부 내용

(1) 후드 설치 위치

물질별로 구분된 국소배기장치 설치 대상 및 예외 규정으로 통합하여 가스, 증기, 미스트, 흠 또는 분진이 발생하는 공정 중 영 제87조, 영 제88조, 별표 16 및 별표 12에 해당하는 물질을 취급하거나, 작업자 건강장해가 발생할 우려가 있는 장소에는 국소배기장치를 설치하여야 하도록 규정하였다.

설비 기준은 밀폐 또는 외부식 후드를 설치하고, 상방형 후드를 설치할 때 작업자 호흡영역을 보호할 수 있는 조처해야 한다. 단, 현재와 동일하게 영 제 87조(금지유해물질)와 영 제 88조(허가대상유해물질)에 해당하는 물질의 취급공정에서는 상방향 후드와 작업자가 내부에 위치하는 Work in 후드를 설치할 수 없다.

〈표 II-61〉 후드 설치 대상 및 설비 기준

구분	설치대상		설비 기준	예외규정	비고
현재	관리 대상 유해물질	별표 12에 정한 물질	밀폐 또는 국소배기장치	- 421조 허용소비량이하 - 422조 습기있는 분말 - 임시작업 및 단시간 작업(특별관리물질제외) - 전체환기 또는 격리	
	허가 대상 유해물질	영 조 제88	포위식 및 외부식(상방향 제외)		
	금지 유해 물질	영 조 제87	부스식 후드		

구분	설치대상		설비 기준	예외규정	비고
	분진에 의한 건강장해'	별표 16	밀폐 또는 국소배기장치	전체환기장치 가능	
	83조(가스 등의 발산 억제조치)	가스, 증기, 미스트, 흡 또는 분진	국소배기장치 또는 전체환기장치(바닥 면적 1/20 자연환기 면적 확보)		
개정 내용	<p>사업주는 가스, 증기, 미스트, 흡 또는 분진(이하 : 가스 등"이라 한다)이 발생하는 공정 중 영 제87조, 영 제 88조, 별표 16 및 별표 12에 해당하는 물질을 취급하거나, 작업자 건강장해가 발생할 우려가 있는 장소에는 국소배기장치를 설치하여야 한다.</p>		<p>밀폐 또는 외부식 후드를 설치하고, 상방형 후드를 설치할 때 작업자 호흡영역을 보호할 수 있는 조처해야 한다. 단, 영 제 87조와 영 제 88조에 해당하는 물질의 취급공정에서는 상방형 후드를 설치할 수 없다.</p>	<p>위험성 평가를 시행하여 국소배기 설치가 어려우면 전체환기장치를 설치하고, 작업자 건강장해 발생 우려가 없는 경우에는 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다.</p>	<p>임시 및 단시간 작업과 허용 소비량 이하 사용인 경우에도 위험성 평가 실시 후 국소배기 설치 여부 결정</p>

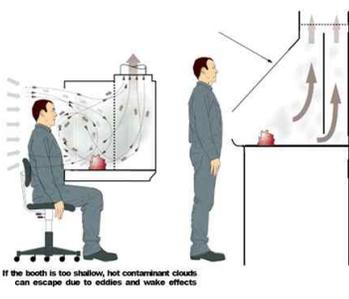
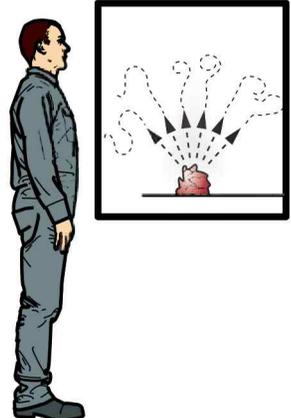
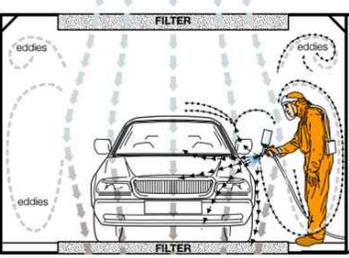
(2) 후드 형태 분류 및 유량 계산 방법

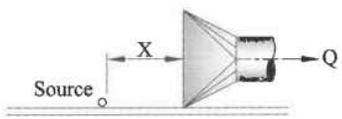
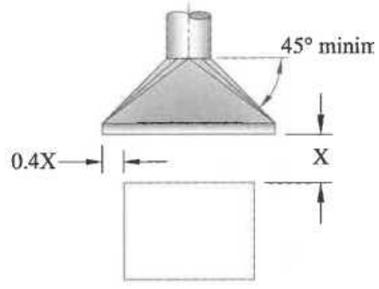
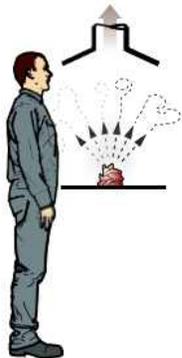
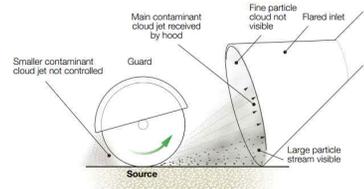
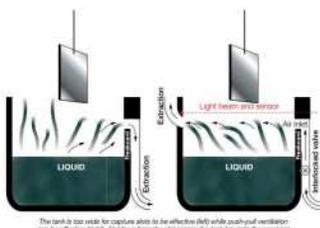
후드 형태는 현재 외부식 상방형, 측방형, 하방형 및 부스형으로 4단계로 구분하는 것을 포위식 3가지, 외부식 3가지, 리시버형 4가지 등 총 10개로 구분하였다.

후드 형태는 환기량 산정 및 후드 효율 평가 방법을 구분하기 위해 <표 II-62>와 같이 세분화하였다.

가) 후드 형태 분류 방법

〈표 II-62〉 작업자를 고려한 후드 분류 방법

구분	분류 방법		비고	
포위식	부스형	<p>작업 중 작업자 신체가 후드 내부로 출입하는 경우</p>		bench top 및 페인트 부스 등
	완전 밀폐형	<p>작업 중 작업자 신체가 후드 내부로 출입하지 않고, 제품 출입구 등 최소한의 개구면만 설치된 상태</p>		글러버 박스 및 공정 밀폐라인
	work in	<p>작업자가 후드 내부에서 작업하는 경우</p>		전체환기와 동일 금·배기 위치 중요

구분		분류 방법	비고
외부식	측방형		보건규칙의 후드
	하방형		
	상방형		
리시버형 후드	캐노피 후드	<p>고열 발생원에 설치하는 상부 후드로 국소배기 후드보다는 전체환기 성격이 강함</p> 	제철소나 주물 공장 건축 후드
	저유량 고유속 후드	<p>핸드 그라인드 등</p>  <p>Figure 28 Grinding wheel and receiving hood</p>	제어 유속 적용 불가 공정
	회전체	<p>그라인드 및 회전체</p>	
	푸쉬풀 후드	<p>개방조 푸쉬풀 후드</p>  <p>Figure 29 Push-pull applied to an open-surface tank</p>	

나) 후드 형태별 유량 설계 및 평가 방법

〈표 II-62〉와 같이 분류된 후드 형태별 환기량 설계 방법 및 효율 평가 방법은 〈표 II-63〉와 같이 정리할 수 있다. 후드면 속도(제어 유속)를 측정할 수 있는 경우는 유속 및 기류 흐름으로 효율을 평가하고, 유속 측정이 어려운 경우에는 정압 등 압력으로 평가하였다.

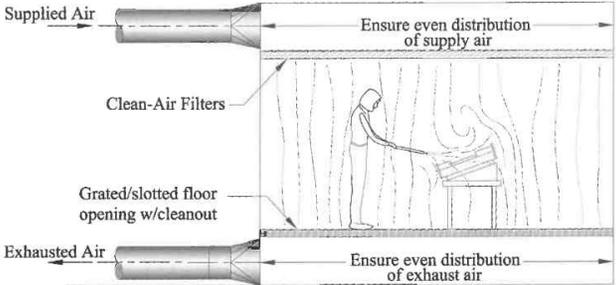
특히, 완전 밀폐형일 때 밀폐 시에는 음압을 유지하고 청소를 위한 개방 시에는 개방된 면적을 기준으로 유량을 산정하였다.

작업자가 부스 내부에서 작업하는 work in 후드의 경우 균일류 형성이 매우 중요하기 때문에 오염물질 발생 특성을 고려하여 환기량은 산정하고 균일류 형성 여부로 환기 효율을 평가할 수 있다.

외부식 후드는 제어 유속은 현재보다는 낮추어 설계할 수 있지만, 기류 흐름 가시화를 통해 충분한 포집 여부를 확인할 수 있도록 하였다.

특히, 리시버형 후드의 경우 설계기준이 없어 참고 자료를 활용할 수 있도록 하였다.

〈표 II-63〉 후드 형태별 설계 방법 및 평가 방법

구분	환기량 설계 방법	효율 평가 방법
포위식	<p>부스형</p> <ul style="list-style-type: none"> - 후드면 속도 0.3~0.75m/s - 0.75m/s 이상에서는 작업자에 의한 wake zone 발생 가능성 높음 - 후드 면속도가 0.6m/s 이상인데 후드 성능이 불량하다면 후드 형태 및 작업 방법 변경 필요함 	<p>제어 유속 및 기류 가시화</p>
	<p>완전 밀폐형</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 완전 밀폐형일 경우 배기량은 오염물질 발생량(온도 팽창 포함)보다 많아야 함 : 후드 정압 측정으로 판단 가능 2) 개구부가 있는 경우 제어 유속으로 조정(오염물질이 빠른 속도로 발생하면 면속도 증가), 단 후드 내부는 음압형성 3) 오염물질이 빠른 속도로 발생한다고 개구부 지름보다 4개 이상 떨어진 위치에 오염물질 발생원을 위치시켜야 함(즉, 부스를 크게 해야 함) 4) LEL 등 안전 기준 만족하도록 환기량 산정해야 함 5) 일반적인 조건의 완전 밀폐형 후드 설계 : 개구면 유속 0.75-1m/s 6) 기타 화재 예방(LEL 10% 이하) 	<p>후드 정압 측정 및 정압계 설치</p>
	<p>work in</p>  <ul style="list-style-type: none"> - 균일류 형성 및 오염물질 발생량 고려하여 환기량 산정 	<p>기류 가시화 및 추적자 가스 실험</p>

구분		환기량 설계 방법	효율 평가 방법
외부식	측방형	- 제어 속도는 이상적인 조건을 제외하고 최소 [0.38 m/s]	제어 유속 및 기류 가시화
	하방형	- [0.51 m/s]의 속도는 일반적인 조건(중간 독성, 교차 드래프트 등)에 대해 더 현실적인 최소값	
	상방형	- 일부 조건에서는 캡처 속도가 과도할 수도 있습니다. 특히 먼지가 많은 물질 근처에서 매우 높은 제어 속도는 "제품 픽업"을 유발	
리시버형 후드	캐노피 후드	- 활용 가능한 자료의 설계 참조 ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice, and the most current codes, guidelines, and standards and any other applicable regulations and recommendations	후드 배기량(환기량) 측정 및 기류 가시화
	저유량 고유속 후드		
	회전체		
	푸쉬플 후드		

(3) 국소배기장치 점검 주기 및 방법

가) 국소배기장치 점검 주기

현재 국소배기장치는 사용 전 점검만 시행하고 주기적인 점검은 안전검사 대상이면 실시하고 있다. 유해 위험 방지계획서의 경우 사용 전 점검과 동일한 현장 확인 평가를 시행하고 있다.

사용 전 점검의 경우 육안검사만 이루어져 실질적인 평가가 어렵고 안전검사의 경우 대상이 너무 적어 효율적인 관리가 어렵다. 또 유해위험방지계획서 제출 대상의 경우 현장 확인 평가로 사용 전 점검은 이루어지지만, 장기 사용에 의한 효율 저하를 판단할 수 있는 주기적인 평가가 없어 효율적인 국소배기장치 관리가 어려운 실정이다.

〈표 II-64〉과 같이 국소배기장치 관리 방법으로 사용 전 점검, 주기적인 점검 및 수시 점검으로 구분하고 효율 평가 방법도 정성, 정량 및 공기질 평가로 세분화하여 실시하고자 한다.

사용 전 점검은 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 경우 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리한 후 처음으로 사용할 때는 사용 전에 점검하여야 한다.

주기적인 점검은 특별관리 물질, 허가대상물질 및 허용기준 물질(석면제외) 직업병 발생 물질을 취급하는 공정에 설치된 후드는 연 1회 이상 주기적인 점검을 하여야 한다.

수시 점검은 작업환경 측정 결과 노출 기준 50%를 초과하거나 위험성 평가에서 필요하다고 판단되는 공정에 설치된 후드에 대해서는 인지한 지 30일 이내에 해당 후드에 대해 수시 점검하여야 한다.

〈표 II-64〉 국소배기장치 점검 주기

구분	설치대상	점검 방법			안전 검사	유해위 험방지 계획서
		사용 전 점검	주기적 점검	수시 점검		
현재	관리대상 유해물질	있음	없음	없음	최초 : 설치 후 3년 그 후 2 년 주기 실시	현장 확인 평가
	허가대상 유해물질					
	금지유해물질					
	분진에 의한 건강장해'					
평가 주기		사업주는 국 소 배 기 장 치 를 설치한 후 처음으로 사용하는 경 우 또는 국 소 배 기 장 치 를 분해하여 개 조 하 거 나 수리한 후 처음으로 사 용하는 경우 에는 사용 전에 점검을 하여야 한 다.	특별관리 물 질, 허가대 상물질 및 허용기준 물 질 (석 면 제 외) 직업병 발생 물질을 취급하는 공 정에 설치된 후드는 년 1 회 이상 주 기적인 점검 을 하여야 한다.	작업환경 측 정 결과 노 출기준 50% 를 초과하거 나 위험성 평가에서 필 요하다고 판 단되는 공정 에 설치된 후드에 대해 서는 인지한 지 30일 이 내에 해당 후드에 대한 수 시 점 검 을 실 시 하 여 야 한다.	폐지	현행 유지
평가 방법		정성 평가 정량 평가	정성 평가 정량 평가	정성 평가 정량 평가 공기질 평가		

나) 국소배기장치 후드 효율 평가 방법

제어 유속만으로 효율을 평가하는 현재 방법에서 <표 II-65>와 같이 정성, 정량, 공기질 평가 등 평가 방법을 다양화할 필요가 있다.

공기질 평가는 개인시료 포집 방법이 아닌 후드 주변 지역시료로 평가해야 하고, 향후 위험성 평가에도 동일하게 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

<그림 II-28>은 산업환기설비에 관한 기술지침(W-1-2019)의 후드 효율 평가 결과지를 정리한 것인데, 정성 평가 및 정량 평가에 대한 내용은 이미 정리되어 있다.

(첨부 1) 후드 효율 평가 결과

후드 번호	1-A				
후드 정보	설치공정/장비명	연결송풍기	취급물질	물질 생성 <input type="checkbox"/> 입자상 <input type="checkbox"/> 가스상	
				특이사항	
후드사진					
후드 현황	후드 제원		개구면적(m ²)	덤펠	개도율
	정방형	원형			
				<input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무	%
후드 흡입 성능 평가					
① 제어 유속 및 배기유량 평가			② 후드 흡입 성능 평가 (가시화테스트 결과 사진 첨부)		
구분	설계값	측정값			
제어거리(m)					
제어유속(m/s)					
배기유량(m ³ /min)					
후드정압(mmAq)					
판정	<input type="checkbox"/> 양호	<input type="checkbox"/> 불량	<input type="checkbox"/> 양호	<input type="checkbox"/> 불량	
최종 후드 흡입 성능 판정			<input type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 불량		
<input type="checkbox"/> 기타 점검 사항					

[그림 II-28] 산업환기설비에 관한 기술지침(W-1-2019)의 후드 효율 평가 결과지

(가) 정성 평가

작업자가 작업하는 상황과 동일한 조건에 연기발생기를 이용한 기류 평가를 실시하고 연기가 작업자 호흡영역으로 향하지 않고 외부로 비산되지 않는 상태에서 후드로 배출되어야 한다.

- : [그림 II-29]와 같은 연기 발생기를 이용한 기류 가시화
- : [그림 II-30]과 같이 분진 발생 공정에 대한 먼지 램프를 이용한 관찰
- : 기류가시화 및 먼지 램프를 이용한 흡입 효율 평가 및 호흡영역 보호 여부 판단

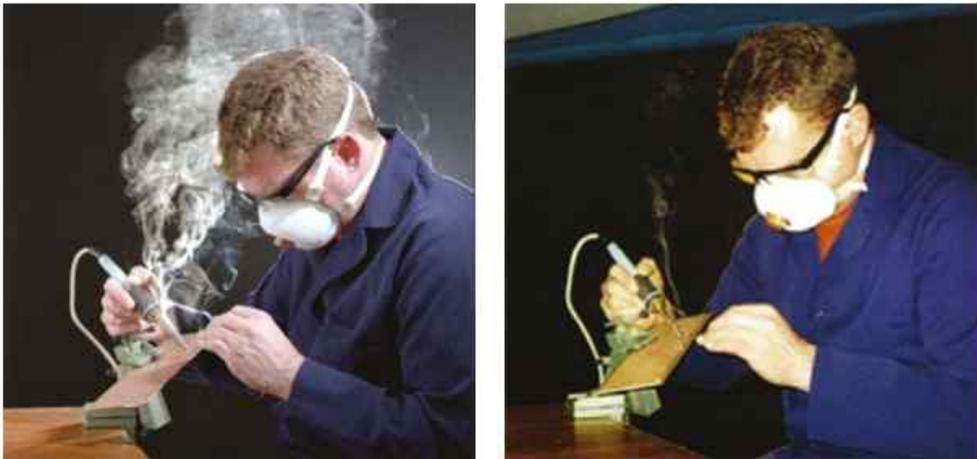


Figure 45 Soldering with and without Tyndall illumination

[그림 II-29] 연기 발생기를 이용한 기류 흐름 평가-틴들 조명 활용

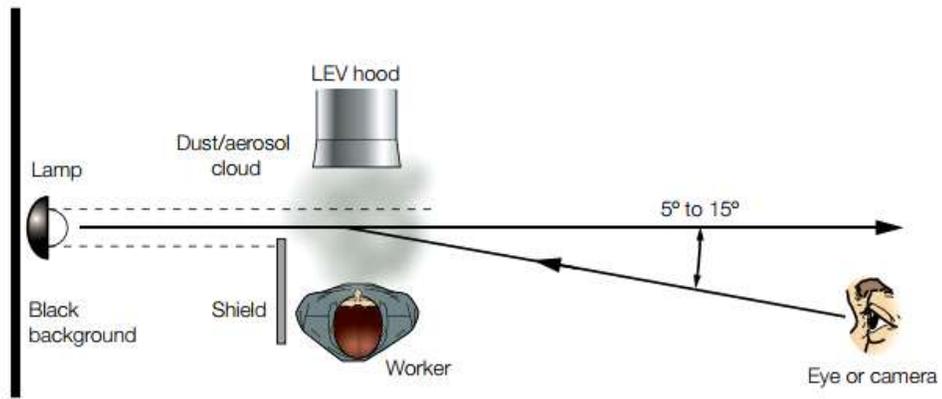


Figure 44 How to use a dust lamp

[그림 II-30] 분진 램프 적용 방법

(나) 정량 평가

후드의 배기유량 및 후드 정압을 측정하여야 한다. 측정된 배기유량은 설계 유량보다 많아야 한다. 배풍기의 배기 유량은 배풍기에 연결된 후드의 필요 환기량보다 많아야 한다.

- : 환기량 및 제어 유속 측정
- : 추적자 가스를 이용한 후드 효율 평가
- : 후드 정압 측정 및 송풍기 환기량 측정

(다) 공기질 평가

위험성 평가 결과 근로자 건강에 영향을 줄 수 있거나 특별관리 물질을 배출할 경우에는 후드 주변에 공기질 측정을 하여야 한다.

- : 후드 주변 지역시료를 샘플링 하여 유해물질 비산 정도 파악
- : 노출 기준 10% 미만일 경우 양호

6. 의견 수렴

1) 한국산업보건학회 하계 학술대회

□ 학회 기획 토론회 개최(2023. 8. 31)

15:00 - 15:30	휴식/교류						
	루비A(5F)	루비B(5F)	다이아몬드(6F)	에메랄드(5F)	사파이어(5F)	스파이드(6F)	하트(6F)
	Oral4	Oral5	학회기획 토론회	RT5	RT6	RT7	RT8
15:30 - 17:00	Case report (I) (김부욱 팀장, 대한산업보건협회연구원)	Case report (근로복지공단 직업환경연구원) (II) (좌장: 최상준 교수, 가톨릭대)	중대재해로blem 이행을 위한 산업보건제도개선 논의 1. 안전보건규칙 개정TF(보건분과) 주요 논의내용 2. 직업환경측정 제도 개선방안 3. 국소배기장치 등 산업환경 분야 제도 개선방안 (좌장: 김치년 교수, 연세대)	근로자 건강진단 생물학적 노출평가 의의와 발전방향 - 이미영 선임연구위원 - 산업안전 보건연구원 직업건강연구실 (좌장:송재철 교수,한양의대)	호흡보호구 선정을 위한 요소의 특징과 중요성 - 정수철 사무국장 - 한국호흡 보호구학회 (좌장: 박정근 부장, 안전보건공단)	국내 농업 분야의 안전보건 관리 현황과 향후 방향 - 정원근 연구사 - 국립농업과학원 (좌장: 김효철 교수, 한국농수산대)	산재예방 촉진을 위한 직업병 인정기준 개선방향 - 한국경영자총협회 (별제: 김수근 박사)

2) 의견 수렴

(1) 설문 조사

민주노총 경남 지역본부 및 작업환경 측정기관, 유해위험방지계획서 작성 업체 등에 설문 조사지를 발송하였고, 의견을 수렴하였다.

설문 내용은 다음과 같이 2개 항목으로 제시하였고, 의견을 수렴하였다. 본 연구 내용을 간략하게 정리하여 기준 개정에 관한 내용을 설명하여 설문조사에 답할 수 있도록 하였다.

1. 국소배기장치 관리 문제점과 개선 방향에 대한 의견을 적어 주십시오
2. 국소배기장치의 체계적 관리를 위한 설치·관리기준 개정에 대한 의견을 부탁드립니다.

(2) 설문 결과

설문조사 결과를 보면 현재 문제점은 제어 유속만으로 평가함으로 인해 발생하는 문제인 호흡 영역 보호에 대한 대책 수립이 필요하다고 의견을 제시하고 있다. 국소배기장치는 산업안전보건법과 대기환경법에 동시에 적용받음에도 불구하고 환경부와 노동부 정책 방향이 달라 현장에서 많은 어려움이 있다는 의견을 제시하고 있다. 또, 전문가 부재에 대한 대책 수립을 요구하고 있어 향후 전문가 양성을 위한 교육 제도 확대가 필요할 것으로 판단된다.

제도 개선에 대한 의견을 보면, 획일적으로 제어 유속만으로 국소배기를 설치하면 발생하는 문제점을 해소하기 위해 작업공정 특성 등 다양한 인자를 고려하여 국소배기장치를 설치할 수 있도록 의견을 제시하고 있다. 본 연구 결과에서도 국소배기장치 설치 시 위험성 평가 등을 통해 설치 여부를 결정하는 등 현재의 획일적인 설치 의무에 대해 보완 방안을 제시하고 있다.

〈표 II-65〉 설문 결과

소속	설문 항목	설문 결과
민주 노총 경남 본부	1	<p>첫째, 사업장 내 주기적 관리 의무가 없음. 안전검사 49종 의무가 있으나 사실상 사문화됨.</p> <p>둘째, 사업장 내 국소배기장치를 관리할 수 있는 인력이 없음. 보건관리자가 있으나 대다수가 간호사로 국소배기장치에 대해서는 잘 모르는 경향이 있음.</p> <p>셋째, 국소배기장치 기준이 제어 유속을 기준으로 되어 있어 호흡기 영역 보호보다는 유속만 중요하게 생각함.</p> <p>넷째, 보건 관리 전문기관 등에서도 국소배기장치에 대한 개념을 이해하지 못함. 과거 한 사업장에서 후드 유속을 확인 요청하였으나 유속 측정 위치를 제대로 모르는 경우도 있었음.</p> <p>다섯째, 대안</p> <p>안전검사 영역에서 국소배기장치에 대한 기준을 제외하고, 국소배기장치 주기적 관리기준을 만들고, 주기적 점검기준(1회/년 이상)을 만들어야 함. 위험관리 측면에서 관리해야 함. 위험성 평가의 상시 및 수시 기준을 준용하도록 하면 됨.</p> <p>국소배기장치 설치 기준을 만들어야 함. 설치 시 별도의 가이드를 준수하도록. 국소배기장치 점검 기관에 대한 고려가 요구됨. 현재의 보건관리기관이 아닌 별도의 기관이 필요할 수 있음. 작업환경측정 및 특검처럼 별도의 인력과 기준을 가진 집단이 필요함. 현재 제조업을 기준으로 하지만, 향후 급식 등 서비스 영역 등의 확장에 대한 고려가 필요함.</p> <p>국소배기장치 점검 인력을 배출하고, 주기적으로 관리할 수 있도록 해야 함. 현장에서 진짜 전문가가 나올 수 있도록 해야 함.</p>
	2	<p>후드 및 작업환경에 따른 설치에 대한 기본적인 기준이 필요함. 즉, 후드 형태와 작업 공간을 기준으로 후드 유량 및 송풍기 선정을 하도록 해야 함. 특히, 작업환경에 맞는 설계가 될 수 있도록 설계 단계에서 설계자와 작업환경전문가 그리고 사업장 관계자(노사)가 함께 논의하여 설계가 이루어질 수 있도록 해야 함.</p> <p>이를 위해서는 설계 및 시공 그리고 완료 단계에 대한 감독을 할 수 있는 조치가 필요하며, 이를 위해서 별도의 인력이 감리할 수 있도록 제도가 만들어져야 함.</p> <p>사업장에서는 월별 연기발생검사를 통해 기류를 확인토록 하고, 제어 유속의 측정기준에 대해서는 검토가 요구됨. 이는 국소배기장치의 전면적 평가 기준과 연동되어야 함. 제어 유속을 만족한다고 해서 노동자를 보호할 수 있는 것은 아님. 다만, 국소배기장치 제어 유속은 처벌 기준을 명확히 하는 것이기 때문에 이를 사업주가 법률 위반 사실을 명확히 인지할 수 있도록 구체적인 양적 기준이 필요하므로 이를 적절하게 만들어야 함.</p> <p>점검 주기는 위에서 의견을 제출했듯이 위험성 평가의 상시 및 수시 그리고 정기로 나누어 운영하도록 할 것.</p>

소속	설문 항목	설문 결과
작업 환경 측정 기관 대표	1	1. 사업장에 설치된 국소배기장치에 대한 법적 강제 기준이 모호 => 형식적으로 설치 운영 2. 환경부의 대기배출기준과 대치. => 집진기 적정 용량 산정 후 국소배기장치 추가할 때 부족한 용량 방지 및 공기정화장치 관리에 한계/외부로 배출시 민원 발생 3. 국소배기장치 설치 및 유지보수 비용에 부담 => 설치 시 비용만 일부 국고 지원 4. 사업장 관리 인력의 지식적 한계 5. 시공업체의 부실시공.
	2	1. 폭발 위험성 등 사용물질의 특성에 맞는 국소배기장치 시설 가이드 부족 => 관리대상물질 등 유해화학물질에 획일적으로 국소배기장치 설치를 의무화하고 있어 현실에 부합하지 못함.
안전 보건 공단	1	의견 : 산안법 기준에 의한 제어풍속으로 획일적인 설계와 성능 평가를 시행하는 것은 사업장 현장의 다양한 작업공정과 유해인자의 발생형태에 부적절함 - 따라서 iv매뉴얼, 타설계 사례 등 다양한 사례들을 우선적으로 적용하여 설계와 성능평가 기준으로 활용토록 개선 - 제어 속도 외에 기류 평가, 노출수준 등에 의한 제어 형태 등을 종합적으로 평가토록 개선 2. 국소배기장치의 체계적 관리를 위한 설치·관리기준 개정에 대한 의견을 부탁드립니다.
	2	의견 : 안전검사의 경우 시행율이 매우 낮고, 보건전문기관의 참여도가 낮음, 은 문제점 개선토록 필요 - 안전검사대상 화학물질 49종의 경우 작업환경측정결과 50% 미만인 경우 대상에서 제외에 따른 작업환경측정의 신뢰도 저하를 초래한다는 의견이 발생 - 환기장치는 합격 불합격 여부보다 성능의 유지와 정 상가동 여부가 중요하며, 성능이 다소 미흡하더라도 가동하는 것이 도움이 됨 - 검사 수가 등 이유로 보건전문기관의 참여가 낮고 따라서 안전검사 기관이 마지못해 참여하는 현실 문제 제기 등으로 안전검사 대상에서 제외하고 - 정기, 수시 등 자체검사 형식으로 추진하도록 제도 개선이 필요함 3. 개정하고자 하는 내용 중 포위식 work in 작업의 경우 국소배기보다는 전체환기로 구분하여 별도로 설계와 성능 평가 기준을 제시하여야 일관성이 있을 것임

Ⅲ. 결론



Ⅲ. 결론

1. 국소배기장치 제도 개선 방안

1) 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정 내용

〈표 Ⅲ-1〉은 산업안전보건기준에 관한 규칙의 환기장치에 관한 내용을 정리한 것이다. 국소배기장치 설치 대상 및 설비 기준과 특례제도에 대해서 물질별로 정리하였다. 그리고 제 83조의 가스 등의 발산 억제 조치의 환기장치에 관한 내용도 정리하였다.

성능 평가 및 점검 주기에 관한 내용도 정리하였다.

〈표 Ⅲ-1〉에 서 가장 문제가 되는 것이 국소배기장치 미설치 조건에 관한 것과 설계 및 평가 기준인 것으로 판단된다.

〈표 Ⅲ-2〉는 개정 내용을 정리한 것이다.

국소배기장치 설치 대상은 예외 없이 모든 화학물질(관리 대상, 허가 대상, 금지 유해물질 및 분진 작업과 제83조를 통합)에 대해서 적용하도록 하였다. 그리고 전체환기 및 적용 제외(국소배기장치 미설치) 대상은 허용소비량 이하, 습기있는 분말, 임시작업 및 단시간 작업에 상관없이 반드시 사전 “위험성 평가”를 실시하여 그 결과에 따라서 정하도록 하였다.

허가 대상 물질에 대해서는 상방향 외부식 후드를 설치하지 못하도록 하였고, 금지 유해물질에 대해서는 외부식 후드를 설치하지 못하도록 하였다.

후드 형태를 세분화하여 제시하였고, 각 후드 형태에 대한 자세한 설계 및 평가 방법은 보건기준에 관한 규칙이 아닌 고시 또는 KOSHA Guide에 제시하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

또, 성능 평가는 제어 유속을 포함한 정량 평가와 기류 흐름 등을 포함하는 정성평가 그리고 독성이 높은 물질을 취급하거나 작업자 건강장해가 우려될 때는 후드 주변의 공기질을 평가하는 공기질 평가로 세분하여 제시하였다.

정량 평가는 처음 설계유량 또는 후드 정압을 만족하는 여부를 측정하고, 정성 평가를 기류 가시화를 통해 실제 후드의 포집효율을 평가하는 방법이다. 기본적으로 모든 후드에 대해서는 정량 및 정성 평가를 하도록 제시하였다. 공기질 평가는 위험성 평가 등을 통해 필요시에만 실시하도록 하였다.

국소배기장치에 대해서는 주기적인 평가가 꼭 필요하다. 점검 주기는 사용 전 점검, 주기적 점검 치 수시 점검으로 구분하였다.

사용 전 점검은 최초 설치한 후 또는 백 필터를 교체하거나 송풍기 수리 등을 위해 공기정화장치와 송풍기를 분해한 후 재가동할 경우를 대상으로 한다.

주기적 점검은 특별관리 물질, 허가대상물질 및 허용기준 물질(석면제외) 직업병 발생 물질을 취급하는 공정에 설치된 후드를 대상으로 하는데, 현재 “안전검사” 대상에 해당한다.

수시 점검은 작업환경 측정 결과 노출 기준 50%를 초과하거나 위험성 평가 결과에 따라 필요성의 인정되는 경우에 해당한다.

국소배기장치 설계 및 성능 평가 방법에 대해서도 고시 또는 KOSHA Guide에 제시하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

〈표 Ⅲ-1〉 산업안전보건기준 환기 기준(현재)

구분		산업안전보건 기준에 관한 규칙				
국소배기장치 설치 대상		관리대상유해물질	허가대상 유해물질	금지 물질	분진	제 83 조 (가스 등의 발산 억 제 조치)
설비 기준	공통	가능한 밀폐(격리) 또는 국소배기장치 설치				
	기준		상방향 외부식 금지	외부식 금지		
특례 및 적용 제외	특례	전체환기 가능			전체환 기가능	전체환기 가능
	국소배기 미설치	<ul style="list-style-type: none"> 허용소비량이하 습기있는 분말 임시작업 및 단시간 작업 (특별관리물질 제외) 				예외 규정 없 음
설계기준		<ul style="list-style-type: none"> 물질별 후드 형태에 따른 제어풍속 적용 전체환기 기준 없음 				
성능		<ul style="list-style-type: none"> 국소배기장치 : 제어풍속 전체환기 장치 : 기준 없음 				
점검	사용 전 점검	절차 있음 (기록 보존)		없음	절차 있음	없음
	주기적인 점검	없음				

〈표 III-2〉 산업안전보건기준 환기 기준 개정 요약

구분		산업안전보건 기준에 관한 규칙					
국소배기장치 설치 대상		관리대상유해물질	허가대상 유해물질	금지 유해 물질	분진	제 83 조 (가 스 등의 발산 억제 조치)	
설비 기준	공통	가능한 밀폐(격리) 또는 국소배기장치 설치					
	기준		상방향 외부식 금지	외부식 금지			
특례 및 적용 제외	조건	※ 위험성 평가를 실시하여 특례 및 적용제외 가능 여부 확인					
	특례	전체환기 가능			전체 환기 가능	전체환기 가능	
	적용 제외 (국소배기 미설치)	<ul style="list-style-type: none"> 허용소비량 이하 습기있는 분말 임시작업 및 단시간 작업 (특별관리물질 제외) 					위험성 평가 결과에 따라 설치 여부 판단
설계 기준	환기후드 형태	국소배기후드 형식				전체환기	기타
		부스형	완전 밀폐형	work in	외부식		
	환기기준	오염물질 포집 및 작업자 호흡영역 보호					
	유량설계	<ul style="list-style-type: none"> 후드 형식별 환기량 산정 기준 참조 참고자료 및 유사공정 참조 					
성능	국소배기	정량, 정성 및 공기질 평가 (후드주변 지역시료)					
	전체환기	기류 흐름 및 공기질 평가 (공정내 지역시료)					
점검	사용 전 점검	처음 사용 또는 분해 및 수리 한 후 처음 사용					
	주기적인 점검	년 1회 : 특별관리 물질, 허가대상물질 및 허용기준 물질(석면제외) 직업병 발생 물질을 취급하는 공정에 설치된 후드					
	수시 검사	작업환경 측정 결과 노출기준 50%를 초과하거나 위험성 평가 결과					

2) 보건기준에 관한 규칙 총칙 내용 개정(안)

〈표 III-3〉은 보건기준에 관한 규칙 총칙 제8장의 환기장치의 제72조 ~ 제78조까지에 대한 내용을 개정하고 한다.

제8장에 환기장치에 관한 내용이 있고, 물질별로 세부 항목들이 개별로 정리되어 있어 국소배기장치에 관한 내용이 복잡하고 이해하기 어렵다는 의견이 많다.

따라서, 제8장에서 국소배기장치 설치 및 설계, 효율 평가 방법 및 평가 주기 등 국소배기장치에 대한 전반적인 내용을 종합적으로 정리하여 이해하기 쉽도록 개정하고 한다.

제72조는 국소배기장치 설치 위치를 정의하여 기존에 국소배기장치 설치 대상으로 포함된 관리 대상 물질, 허가 대상 유해물질, 금지 유해물질 및 분진 작업뿐만 아니라 위험성 평가 결과 작업자 건강장해가 발생할 우려가 있는 장소에서 유해물질을 취급하는 공정에 대해서는 국소배기장치를 설치하도록 규정하였다.

제73조는 제72조에 의해 국소배기장치 설치 의무가 있는 공정임에도 이동성이 강하거나 임시 및 단기간 작업, 또는 허용소비량 이하면 전체환기 또는 국소배기장치 미설치를 할 수 있지만, 반드시 사전에 위험성 평가를 시행하여 작업자 건강장해 우려가 없는 경우에만 해당하도록 하였다.

제74조는 현재 제425조, 제426조, 제428조 및 제608조에 있는 전체환기 적용 가능 조건에 관한 내용을 정리한 전체환기 적용에 대해 정리하였다. 현재는 작업 조건에 따라 전체환기를 설치할 수 있지만, 개정된 내용에서는 반드시 사전에 위험성 평가를 시행하여 전체환기 장치의 적용 가능 여부를 판단하도록 하였다.

제75조는 국소배기장치 설치 방법을 정리한 것으로 기존의 제72조부터 제78조에 정리된 내용 중 필요한 부분을 요약하여 정리하였다. 그리고 후드의

경우 모든 경우에 반드시 작업자 호흡 영역을 보호하여야 한다고 규정하여 상방향 외부식 후드의 적용은 제한하도록 하였다.

제76조는 국소배기장치의 점검에 관한 내용을 정리하여, 사용 전 점검, 주기적인 점검 및 수시 점검 대상을 구분하여 제시하였다.

제77조는 국소배기장치 평가 방법을 정리한 것인데 제어 유속 등 세부적인 내용보다는 정성평가, 정량 평가 및 공기질 평가 등으로 구분하여 제시하였다.

제78조는 기존 78조의 ①항의 내용을 정리하였다.

〈표 III-3〉 산업안전보건 기준 환기기준 개정 내용(개정안)

항목	현재	개정안	
		제목	내용
제 72 조	후드	국소배기장치 설치 위치	사업주는 실내작업장에 취급하는 유해물질로부터 발생하는 가스, 증기, 미스트, 흠 또는 분진(이하 "가스 등"이라 한다)의 건강장해가 발생할 우려가 있는 장소에는 국소배기 후드를 설치해야 한다 영 제87조, 영 제 88조, 별표 16 및 별표 12에 해당하는 물질을 취급하는 공정에서 가스 등이 발생하는 경우 1. 영 제87조, 영 제 88조, 별표 16 및 별표 12에 해당하는 물질을 취급하는 공정에서 가스 등이 발생하는 경우 2. 단, 제 72조의 1에 해당하지 아니하여도 위험성 평가 결과 작업자 건강장해가 발생할 우려가 있는 장소에서 유해물질을 취급하는 경우
제 73 조	덕트	국소배기장치 설비 특례	사업주는 다음 각호의 어느 하나에 해당할 때는 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다. 1. 유해물질을 취급하는 공정이 밀폐설비이거나 분말 상태의 유해화학물질을 습기가 있는 상태로 취급하는 경우 2. 임시 및 단기간 작업) 급·배기에 의한 전체환기를 설치한 경우 관리대상 유해물질과 분진 취급 업무를 임시로 하는 경우와 단시간 사용하는 경우. 단, 특별관리물질과 허가 및 금지물질을 취급하는 작업장은 제외 3. 허용소비량) 관리대상 유해물질의 양이 작업장 공기의 부피(세제곱미터)를 15로 나눈 양(이하 "허용소비량"이라 한다.) 이하로 사용한 경우 4. 다만, 2호와 3호에서 환기가 불충분한 실내 작업장이거나 위험성 평가에서 작업자 건강장해가 우려될 경우 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하여야 한다

항목	현재	개정안	
		제목	내용
제 74 조	배풍기	전체환기 적용	<p>사업주는 별표 16의 관리대상 물질과 별표 12의 분진 작업 중 다음 각호에 해당되는 경우 전체환기를 실시할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 유해물질의 발산 면적이 넓어 국소배기 설치가 곤란한 경우 2. 자동차 차체, 항공기의 기체, 선체 블록 등 유해물질 가스 등의 발산 면적이 넓어 국소배기설치가 곤란한 경우 3. 다만, 1호와 2호에서 위험성 평가결과 작업자 건강장해가 우려될 경우 국소배기장치를 설치하여야 한다.
제 75 조	배기구	국소배기 장치 설치 방법	<p>유해물질을 취급하는 종사자의 건강보호를 위해 설치하는 국소배기장치는 다음 각 호의 기준에 맞도록 하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 유해물질 환기를 위한 후드형식은 가능한 포위식 후드를 설치하고 외부식 후드는 가능한 발생원에 근접하게 설치한다 2. 열원이 없는 발생원에 상방향 후드를 설치할 경우 작업자 호흡영역을 보호할 수 있는 조치를 취해야 한다. 단, 영 제 87조와 영 제 88조에 해당하는 물질의 취급공정에는 상방향 후드를 설치할 수 없다. 3. 해당 공정에서 발생하는 유해물질이 충분히 후드로 유입될 수 있도록 충분한 유량을 확보해야 한다. 4. 후드 위치는 반드시 작업자 호흡영역을 보호할 수 있도록 설치하여야 한다. 5. 분진 등을 배출하기 위하여 설치하는 국소배기장치(공기정화장치가설치된 이동식 국소배기장치는 제외한다)의 배기구는 실외에 설치하여 작업장으로 재유입되지 않는 구조로 하여야 한다.
제 76 조	배기의 처리	국소배기 장치의 점검	<p>①사업주는 분진 등을 배출하기 위하여 설치하는 국소배기장치와 전체환기 장치의 효율적인 운영을 위하여 사용 전 점검, 주기적인 점검 또는 수시 점검을 실시하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (사용 전 점검) 사업주는 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 경우 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리한 후 처음으로 사용할 때는 사용 전에 점검을 하여야 한다. 2. (주기적인 점검) 특별관리 물질을 취급하는 공정에 설치된 후드는 연 1회 이상 주기적인 점검을 하여야 한다. 3. (수시 점검) 작업환경 측정 결과 노출기준 50%를 초과하는 공정에 설치된 후드에 대해서는 작업환경 측정 결과를 인지한 지 30일 이내에 해당 후드에 대한 수시점검을 하여야 한다. <p>② 사업주는 제1항에 따른 점검 결과 이상을 발견한 경우에 즉시 청소, 보수, 그 밖에 필요한 조치를 하여야 한다</p> <p>③ (기록의 보존) 제 1항부터 제 3항에 따른 점검을 실시한 후 그 기록의 보존에 관하여는 제555조를 준용한다.</p>

항목	현재	개정안	
		제목	내용
제 77 조	전체 환기 장치	환기 장치의 평가 방법	<p>사업주는 제74조에 의해 환기장치를 평가할 경우에는 다음 각 호에서 정하는 사항을 준수하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 정성 평가) 작업자가 작업하는 상황과 동일한 조건에 연기발생기를 이용한 기류 평가를 실시하고 연기가 작업자 호흡영역으로 향하지 않고 외부로 비산되지 않는 상태에서 후드로 배출되어야 한다. 2. 정량 평가) 후드의 배기유량 및 후드 정압을 측정하여야 한다. 측정된 배기유량은 설계유량보다 많아야 한다. 3. 공기질 측정) 위험성 평가 결과 근로자 건강에 영향을 줄 수 있거나 특별관리 물질을 배출할 경우에는 후드 주변에 공기질측정을 실시하여야 한다.
제 78 조	환기 장치의 가동	환기 장치의 가동	사업주는 분진 등을 배출하기 위하여 국소배기장치나 전체환기장치를 설치한 경우 그 분진 등에 관한 작업을 하는 동안 국소배기장치나 전체환기장치를 가동하여야 한다.

3) 세부 항목 개정 및 삭제

〈표 III-4〉~〈표 III-6〉에는 제72조~제78조 내용 개정에 따라 내용 중복을 피하기 위해 관리대상 물질, 허가대상유해물질, 금지유해물질 및 분진 작업의 각 항목 중 삭제 내용을 정리하였다.

보건기준에 관한 규칙에서 삭제된 내용은 고시 또는 KOSHA Guide에 상세하게 정리하여 사용자가 내용을 충분히 파악할 수 있도록 하였다.

〈표 Ⅲ-4〉 관리대상 물질 기준 개정 내용

현재	개정	내용 포함 조항						
<p>제453조(설비기준 등) ① 사업주는 허가대상 유해물질(베릴륨 및 석면은 제외한다)을 제조하거나 사용하는 경우에 다음 각 호의 사항을</p> <p>② 사업주는 근로자가 허가대상 유해물질(베릴륨 및 석면은 제외한다)을 제조하거나 사용하는 경우에 허가대상 유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발산원을 밀폐하는 설비나 포위식 후드 또는 부스식 후드의 국소배기장치를 설치하여야 한다. 다만, 작업의 성질상 밀폐설비나 포위식 후드 또는 부스식 후드를 설치하기 곤란한 경우에는 외부식 후드의 국소배기장치(상방 흡인형은 제외한다)를 설치할 수 있다.</p>	<p>유지</p>							
<p>제454조(국소배기장치의 설치·성능) 제453조제2항에 따라 설치하는 국소배기장치의 성능은 물질의 상태에 따라 아래 표에서 정하는 제어풍속 이상이 되도록 하여야 한다.</p> <table border="1" data-bbox="283 882 952 1115"> <thead> <tr> <th>물질의 상태</th> <th>제어풍속(미터/초)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>가스상태</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>입자상태</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>비 고</p> <p>1. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어 풍속을 말한다.</p> <p>2. 이 표에서 제어풍속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다.</p> <p>가. 포위식 또는 부스식 후드에서는 후드의 개구면에서의 풍속</p> <p>나. 외부식 또는 리시버식 후드에서는 유해물질의 가스·증기 또는 분진이 빨려 들어가는 법 위에서 해당 개구면으로부터 가장 먼 작업 위치에서의 풍속</p>	물질의 상태	제어풍속(미터/초)	가스상태	0.5	입자상태	1.0	<p>삭제</p>	
물질의 상태	제어풍속(미터/초)							
가스상태	0.5							
입자상태	1.0							
<p>제455조(배출액의 처리) 사업주는 허가대상 유해물질의 제조·사용 설비로부터 오염물이 배출되는 경우에 이로 인한 근로자의 건강장해를 예방할 수 있도록 배출액을 중화·침전·여과 또는 그 밖의 적절한 방식으로 처리하여야 한다.</p>	<p>삭제</p>	<p>고시</p>						
<p>제456조(사용 전 점검 등) ① 사업주는 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 경우 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리를 한 후 처음으로 사용하는 경우에 다음 각 호의 사항을 사용 전에 점검하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 덕트와 배풍기의 분진상태 2. 덕트 접속부가 헐거워졌는지 여부 3. 흡기 및 배기 능력 4. 그 밖에 국소배기장치의 성능을 유지하기 위하여 필요한 사항 <p>② 사업주는 제1항에 따른 점검 결과 이상이 발견되었을 경우에 즉시 청소·보수 또는 그 밖에 필요한 조치를 하여야 한다.</p> <p>③ 제1항에 따른 점검을 한 후 그 기록의 보존에 관하여는 제555조를 준용한다.</p>	<p>삭제</p>	<p>제76조</p>						

〈표 III-5〉 허가대상 유해물질 기준 개정 내용

현재	개정	내용 포함 조항						
<p>제453조(설비기준 등) ① 사업주는 허가대상 유해물질(베릴륨 및 석면은 제외한다)을 제조하거나 사용하는 경우에 다음 각 호의 사항</p> <p>② 사업주는 근로자가 허가대상 유해물질(베릴륨 및 석면은 제외한다)을 제조하거나 사용하는 경우에 허가대상 유해물질의 가스·증기 또는 분진의 발산원을 밀폐하는 설비나 포위식 후드 또는 부스식 후드의 국소배기장치를 설치하여야 한다. 다만, 작업의 성질상 밀폐설비나 포위식 후드 또는 부스식 후드를 설치하기 곤란한 경우에는 외부식 후드의 국소배기장치(상방 흡인형은 제외한다)를 설치할 수 있다.</p>	유지							
<p>제454조(국소배기장치의 설치·성능) 제453조제2항에 따라 설치하는 국소배기장치의 성능은 물질의 상태에 따라 아래 표에서 정하는 제어풍속 이상이 되도록 하여야 한다.</p> <table border="1" data-bbox="230 850 995 950"> <thead> <tr> <th>물질의 상태</th> <th>제어풍속(미터/초)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>가스상태</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>입자상태</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>비 고 1. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어 풍속을 말한다. 2. 이 표에서 제어풍속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다. 가. 포위식 또는 부스식 후드에서는 후드의 개구면에서의 풍속 나. 외부식 또는 리시버식 후드에서는 유해물질의 가스·증기 또는 분진이 빨려 들어가는 범위에서 해당 개구면으로부터 가장 먼 작업 위치에서의 풍속</p>	물질의 상태	제어풍속(미터/초)	가스상태	0.5	입자상태	1.0	삭제	제 75조
물질의 상태	제어풍속(미터/초)							
가스상태	0.5							
입자상태	1.0							
<p>제455조(배출액의 처리) 사업주는 허가대상 유해물질의 제조·사용 설비로부터 오염물이 배출되는 경우에 이로 인한 근로자의 건강장해를 예방할 수 있도록 배출액을 중화·침전·여과 또는 그 밖의 적절한 방식으로 처리하여야 한다.</p>	삭제	고시						
<p>제456조(사용 전 점검 등) ① 사업주는 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 경우 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리를 한 후 처음으로 사용하는 경우에 다음 각 호의 사항을 사용 전에 점검하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 덕트와 배풍기의 분진상태 덕트 접속부가 헐거워졌는지 여부 흡기 및 배기 능력 그 밖에 국소배기장치의 성능을 유지하기 위하여 필요한 사항 <p>② 사업주는 제1항에 따른 점검 결과 이상이 발견되었을 경우에 즉시 청소·보수 또는 그 밖에 필요한 조치를 하여야 한다.</p> <p>③ 제1항에 따른 점검을 한 후 그 기록의 보존에 관하여는 제555조를 준용한다.</p>	삭제	제76조						

〈표 Ⅲ-6〉 금지 유해물질 기준 개정 내용

현재	개정	내용 포함 조항						
<p>제499조(설비기준 등) ① 법 제117조제2항에 따라 금지유해물질을 시험·연구 또는 검사 목적으로 제조하거나 사용하는 자는 다음 각 호의 조치를 하여야 한다. <개정 2019. 12. 26.></p> <p>1. 제조·사용 설비는 밀폐식 구조로서 금지유해물질의 가스, 증기 또는 분진이 새지 않도록 할 것. 다만, 밀폐식 구조로 하는 것이 작업의 성질상 현저히 곤란하여 부스식 후드의 내부에 그 설비를 설치한 경우는 제외한다.</p> <p>6. 실험실등에서 가스·액체 또는 잔재물을 배출하는 경우에는 안전하게 처리할 수 있는 설비를 갖추어 것</p> <p>② 사업주는 제1항제1호에 따라 설치한 밀폐식 구조라도 금지유해물질을 넣거나 꺼내는 작업 등을 하는 경우에 해당 작업장소에 국소배기장치를 설치하여야 한다. 다만, 금지유해물질의 가스·증기 또는 분진이 새지 않는 방법으로 작업하는 경우에는 그러하지 아니하다.</p>	<p>유지</p>	<p>고시</p>						
<p>제500조(국소배기장치의 성능 등) 사업주는 제499조제1항제1호 단서에 따라 부스식 후드의 내부에 해당 설비를 설치하는 경우에 다음 각 호의 기준에 맞도록 하여야 한다.</p> <p>1. 부스식 후드의 개구면 외의 곳으로부터 금지유해물질의 가스·증기 또는 분진 등이 새지 않는 구조로 할 것</p> <p>2. 부스식 후드의 적절한 위치에 배풍기를 설치할 것</p> <p>3. 제2호에 따른 배풍기의 성능은 부스식 후드 개구면에서의 제어풍속이 아래 표에서 정한 성능 이상이 되도록 할 것</p> <table border="1" data-bbox="248 1367 987 1665"> <thead> <tr> <th>물질의 상태</th> <th>제어풍속(미터/초)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>가스상태</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>입자상태</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>비 고: 이 표에서 제어풍속이란 모든 부스식 후드의 개구면을 완전 개방했을 때의 풍속을 말한다.</p>	물질의 상태	제어풍속(미터/초)	가스상태	0.5	입자상태	1.0	<p>삭제</p>	<p>제 75조 고시</p>
물질의 상태	제어풍속(미터/초)							
가스상태	0.5							
입자상태	1.0							

2. 국소배기장치 설계 및 평가 매뉴얼 작성

1) 국소배기장치 후드 분류 및 설계 방법

〈표 III-7에 포위식, 외부식, 리시버형 후드 등으로 구분하고, 총 10개의 후드 형태로 나누었다. 그리고 후드 형태를 분류하는 방법은 작업 형태 및 공정 상황에 따라 구분하였다. 그리고 후드 형태별로 환기량 산정하는 방법을 제시하였다.

특히, 리시버형후드이 경우 고속으로 발생하거나 고열 발생 공정 그리고 푸쉬풀 후드 공정이 있는데 이러한 경우에는 환기량 산정 방법은 없고 기존 자료를 활용해야 하는데, 기존 자료가 없을 경우 최소 제어풍속을 제시하였다. 그리고 원료 손실이 우려될 경우에는 작업자 노출을 최소화하는 방법을 제시하였다.

(1) 포위식 후드

가) 부스형 후드

포위식 후드는 작업형태에 따라 부스형, 완전 밀폐형 및 작업자가 부스 내부에 들어가는 work in 후드로 구분하였다.

부스형은 작업 중 신체 일부가 후드 내부로 출입하는 경우로 실험실 흡 후드와 동일한 구조로 구분하였다. 후드 환기량 산정은 후드 면 속도로 제시하였고, 가스상 물질은 미스트 및 흡 포함하여 0.3m/s 이상으로 설정하였다.

분진인 경우 후드 면 속도를 0.7m/s 이상으로 규정하였다. 그리고 후드 면 속도가 0.75m/s 이상일 경우에는 작업자에 의한 wake zone 발생 가능성 높아지는 문제가 발생한다.

나) 완전 밀폐형 후드

완전 밀폐형은 작업 중 작업자 신체가 후드 내부로 출입하지 않고, 제품 출

입구 등 최소한의 개구면만 설치된 상태로 규정하였다. 환기량은 온도 팽창 등으로 고려하여 오염물질 발생량보다 많아야 한다.

특별관리 물질, 허가대상물질 및 허용기준 물질(석면제외), 직업병 발생 물질인 경우 부스가 밀폐된 부스의 경우 -10m mA q 이상 음압을 유지해야 하고, 청소를 위해 문을 개방할 경우 개구면 유속 0.7m/s 이상 유지하도록 해야 한다.

관리대상 물질인 경우 부스가 밀폐된 부스의 경우 -5m mA q 이상 음압을 유지해야 하고, 청소를 위해 문을 개방할 경우 개구면 유속 0.5m/s 이상 유지하도록 해야 한다.

완전 밀폐형인 경우에는 사용하는 물질이 화재폭발 가능성이 있으면 LEL 등을 고려하여 안전 기준을 만족하도록 환기량을 산정해야 한다.

다) Work in 후드

자동차 페인트 부스나 블라스팅 샌딩 룸 같이 작업자가 후드 내부에서 작업하는 경우는 국소배기라고 판단하기 보다는 전체환기로 판단하는 것이 타당하다. 하지만, ACGIH 산업환기 매뉴얼을 참조하면 단면 유속으로 설계하기도 하지만, 작업 조건 및 물질에 따라 유속 범위가 넓어 다양한 조건에 따라 설계 유량을 다르게 적용해야 한다.

Work in 후드의 경우 유량 설계도 중요하지만 부스 내부의 기류 흐름을 균일하게 유지하고, 작업자 호흡영역을 보호하는 것이 가장 효과적이다.

(2) 외부식 후드

열원이 없고, 오염물질이 속도를 가지고 발생하지 않는 곳에 설치된 후드를 외부식 후드로 규정하였다.

외부식 후드는 측방형, 하방형 및 상방형으로 구분하였고, 유량 설계는 작업 공정 및 오염물질 발생 특성을 고려하여 설계하도록 제안하고자 한다.

현재 제어유속만 적용하면 과도한 포집에 의한 제품생산 불량 또는 오염물질 발생 속도가 빨라 충분히 포집되지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 환기량 설계 방법은 아래와 같이 3가지로 구분하고자 한다.

① 기존 설계자료 활용 : ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice 등 최신의 참고자료 활용 또는 타법 설계기준 참조

② 기존 자료가 없는 경우의 제어풍속

- 가스상 물질(미스트 및 흠 포함)제어유속 0.5 m/s 이상
- 분진 1.0 m/s 이상

③ 과도한 제어유속으로 인해 원료 손실 등 제품 불량 우려가 있는 경우 작업자 노출을 최소화하는 방법으로 설계

(3) 리시버형 후드

가) 캐노피 후드

열 발생원에 설치하는 상부 후드로 국소배기장치의 후드보다는 전체환기 성격이 강한 후드로 구분하였다. 열 부력에 의해 발생하는 공기를 포집하기 위해서는 제어유속보다는 열 부력에 의해 상승하는 공기량보다 배기량이 더 많아야 하기 때문에 열 부력 속도 및 발생원과 후드 사이 거리 및 후드 크기 등 다양한 인자에 의해 영향을 받게 된다.

참고할 수 있는 자료는 ACGIH 산업환기 매뉴얼 Specific operations의 “HOT PROCESS VENTILATION”을 참고할 수 있다.

캐노피후드 위치가 높으면 건옥후드와 같이 전체환기로 구분할 수 있다.

열원 캐노피 후드는 발생한 오염물질이 후드 외부로 확산하지 않도록 환기량을 산정하는 것이 중요하다.

나) 저유량 고유속 후드 및 절단 공정

핸드 그라인드 및 절단 장비와 같이 유량은 많지 않지만 빠른 속도로 오염물질이 발생하는 공정에는 제어유속을 적용하기 어렵다.

회전체의 회전속도와 오염물질이 비중 등 다양한 설계 인자가 있지만, ACGIH 산업환기 매뉴얼 Specific operations의 “Low volume-High velocity exhaust systems”을 참고할 수 있다.

다) 푸쉬풀 후드

제어유속을 적용하기 어려운 대표적인 후드 형태가 푸쉬풀 후드로 볼 수 있다. 액 온도 및 제품의 크기 등 매우 다양한 고려 인자가 설계에 반영되어야 한다. ACGIH 산업환기 매뉴얼에서도 푸쉬풀 후드에 대해서는 설계 방법에 계속 개선되고 있을 정도로 설계가 어렵고 환기 효율을 유지하기 어려운 형태의 후드로 판단된다.

ACGIH 산업환기 매뉴얼 Specific operations의 “Open surface tank”을 참고할 수 있다.

하지만, 개방조 후드의 경우 국소배기뿐만 아니라 전체환기와 같이 설치하는 것이 가장 효과적인 방법이다.

〈표 III-7〉 후드 분류 및 설계 방법

구분	분류 방법	환기량 설계
포위식	부스형	1) 후드 변속도 - 가스상 물질(미스트 또는 흠 포함) 0.3 m/s 이상 - 분진 0.7 m/s 이상 2) 0.75m/s 이상에서는 작업자에 의한 wake zone 발생 가능성 높음
	완전 밀폐형	1) 완전 밀폐형일 경우 배기량은 오염물질 발생량(온도 팽창 포함)보다 많아야 함 - 특별관리 물질, 허가대상물질 및 허용기준 물질(석면제외) 직업병 발생 물질: 개구면 유속 0.7m/s 이상, -10 MMA 이상 음압 유지 - 관리대상 물질 등 : 개구면 유속 0.5m/s 이상 -5mmAq 이상 음압 유지 2) LEL 등 안전 기준 만족하도록 환기량 산정해야 함
	work in	1) 부스형 후드 또는 전체환기 기준으로 설계 2) 공정을 고려한 기타 설계자료 참조 2) 작업자 호흡영역 보호를 위해 균일류 형성되도록 급·배기구를 설치할 경우 후드 면속도를 조절할 수 있음 (*자동차 도장 부스 등 해당)
외부식	측방형	열원이 없고, 오염물질이 속도를 가지고 발생하지 않는 곳에 설치된 후드 1) 기존 설계자료 활용 : ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice 등 최신의 참고자료 활용 또는 타법 설계 기준 참조 2) 기존 자료가 없는 경우의 제어풍속 - 가스상 물질(미스트 및 흠 포함)제어유속 0.5 m/s 이상 - 분진 1.0 m/s 이상 3) 과도한 제어유속으로 인해 원료 손실 등 제품 불량 우려가 있는 경우 작업자 노출을 최소화 할 수 있는 방법으로 설계
	하방형	
	상방형	
리시버형 후드	캐노피 후드	고열 발생원에 설치하는 상부 후드로 국소배기 후드보다는 전체환기 성격이 강함
	저유량 고유속 후드	핸드 그라인드 등 (첨부 3 참조, 분진 공정 대부분 포함됨 제어유속 방법 없음)
	절단 후드	절단 등 회전체
	푸쉬풀 후드	개방조 푸쉬풀 후드

2) 전체환기장치 유량 설계

〈표 Ⅲ-8은 전체환기 환기량 산정 방법을 정리한 것이다.

가스상 물질의 경우 관리대상 물질 전체 환기량 산정 방법과 동일하게 적용하였다. 그리고 입자상물질 중 가장 대상이 많은 용접 흙의 경우 시간당 용접봉 1kg 사용시 50m³/min 이상의 환기량을 확보하도록 하였다.

기타 분진 발생 작업장의 전체환기 장치는 분진이 발생하는 작업장 체적에 대한 시간당 공기 교환율이 10회 이상 되도록 설치하여야 하였다.

전체환기의 경우 제어유속 적용이 불가하므로 환기량 설계 방법을 제시하기 어려운 문제가 있다.

따라서, 설계 및 설치 사례를 활용하는 것이 가장 효과적이다. 따라서 공통적으로 ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice 등 최신의 참고 자료 활용 또는 타법 설계기준 참조하는 것이 바람직하다.

〈표 Ⅲ-8〉 전체환기 장치 유량 설계

전체환기 장치 유량 설계	
가스상 물질	<p>사업주는 전체환기장치를 설치하려는 경우에는 다음 계산식에 따라 계산한 환기량(이하 이 조에서 “필요환기량”이라 한다) 이상으로 설치하여야 한다.</p> <p>단일 성분의 유기화합물이 발생하거나 또는 혼합물질의 유기화합물이 발생할 때는 다음 계산식을 따라 각각의 환기량을 계산한 후 모두 합한 값을 필요 환기량으로 적용한다. 다만, 상가작용(相加作用)이 없을 때는 필요 환기량이 가장 큰 물질의 값을 적용한다.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> $\text{작업시간 1시간당 필요환기량} = 24.1 \times \text{비중} \times \text{유해물질의 시간당 사용량} \times K / (\text{분자량} \times \text{유해물질의 노출기준}) \times 10^6$ <p>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</p> </div>
입자상 물질	<p>용접 흄이 발생하는 작업장에 설치하는 전체환기 장치의 필요환기량은 시간당 1kg 용접봉 사용시 50m³/min 이상의 환기량을 확보하여야 한다.</p> <p>기타 분진 발생 작업장의 전체환기 장치는 분진이 발생하는 작업장 체적에 대한 시간당 공기 교환율이 10회 이상 되도록 설치하여야 한다.</p>
공통	<p>기존 설계자료 활용 : ACGIH Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice 등 최신의 참고 자료 활용 또는 타법 설계기준 참조</p>

3) 산업환기 장치 설비 기준

국소배기장치의 설비 기준은 보건기준에 관한 규칙 제73조~제78조의 내용을 요약하였다. 기존 내용에서 불필요한 것은 삭제하고 필요한 부분만 정리하였다.

특히, 특별관리물질, 허가대상물질 12종 및 직업병 발생 물질 24종 등을 취급하는 공정에 설치된 국소배기장치 후드에는 후드 정압을 상시 관리할 수 있도록 정압계를 설치하도록 하였다.

〈표 Ⅲ-9〉 환기장치 설비 기준

환기장치 설비 기준	
설비기준	<p>1. 분진 등을 배출하기 위하여 설치하는 국소배기장치의 덕트(duct)는 다음 각 호의 기준에 맞도록 하여야 한다.</p> <p>가. 덕트 내부에 오염물질이 쌓이지 않도록 이송 속도를 유지할 것 단, 청소구를 설치한 경우는 제외한다.</p> <p>나. 청소구를 설치하는 등 청소하기 쉬운 구조로 할 것</p> <p>다. 후드와 연결된 가지 덕트에 정압 및 유속 측정이 가능한 측정구를 설할 것</p> <p>2. 배풍기 및 배기구</p> <p>가. 사업주는 국소배기장치에 공기정화장치를 설치하는 경우 정화 후의 공기가 통하는 위치에 배풍기(排風機)를 설치하여야 한다. 다만, 빨아들여진 물질로 인하여 폭발할 우려가 없고 배풍기의 날개가 부식될 우려가 없는 경우에는 정화 전의 공기가 통하는 위치에 배풍기를 설치할 수 있다.</p> <p>나. 사업주는 분진 등을 배출하기 위하여 설치하는 국소배기장치(공기정화장치가 설치된 이동식 국소배기장치는 제외한다)의 배기구를 직접 외부로 향하도록 개방하여 실외에 설치하는 등 배출되는 분진 등이 작업장으로 재유입되지 않는 구조로 하여야 한다.</p> <p>다. 사업주는 분진 등을 배출하는 국소배기장치의 공기정화장치는 타법에 따라 설치 유무를 결정한다. 다만, 분진 등을 실내에 배출하거나 재유입 우려가 있는 경우에는 공기정화장치를 설치하여야 한다.</p>
후드 정압계 설치	<p>사업주는 특별관리물질, 허가대상물질 12종 및 직업병 발생 물질 24종 등을 취급하는 공정에 설치된 국소배기장치 후드에는 후드 정압을 상시 관리할 수 있도록 정압계를 설치하여야 한다.</p>

4) 산업환기 장치 점검

국소배기장치의 효율적인 관리를 위해서는 정확한 설계와 설치 그리고 시운전을 통해 충분한 환기 효율이 확보 가능한지 확인하는 것이다.

그리고 효율이 검증된 환기장치는 주기적으로 관리하여 성능이 유지토록 하여야 한다.

국소배기장치가 <표 III-6>~<표 III-9>에 의해 정확하게 설계 및 설치되었다면 장치를 점검하여 효율적으로 관리하는 것이 필요하다.

국소배기장치 점검은 사용 전 점검과 주기적인 점검 그리고 수시 점검으로 구분하였다.

사용 전 점검은 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 경우 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리한 후 처음으로 사용하는 경우에 해당한다

주기적인 점검은 특별관리 물질, 허가대상물질 및 허용기준 물질(석면제외) 직업병 발생 물질을 취급하는 공정에 설치된 후드는 연 1회 이상 주기적인 점검을 해야 한다.

수시 점검은 작업환경 측정 결과 노출기준 50%를 초과하는 공정에 설치된 후드에 대해서는 작업환경 측정 결과를 인지한 지 30일 이내에 해당 후드에 대한 수시 점검하여야 한다.

모든 점검에서 점검 방법 및 결과 정리 방법은 산업환기 설비에 관한 기술 지침(W-1-2019)에 따르도록 한다.

〈표 Ⅲ-10〉 환기장치 점검 방법

환기장치 점검 방법	
환기장치의 점검	<p>①사업주는 분진 등을 배출하기 위하여 설치하는 국소배기장치와 전체환기 장치의 효율적인 운영을 위하여 사용 전 점검, 주기적인 점검 또는 수시 점검을 시행하여야 한다.</p> <p>1 (사용 전 점검) 사업주는 국소배기장치를 설치한 후 처음으로 사용하는 경우 또는 국소배기장치를 분해하여 개조하거나 수리한 후 처음으로 사용할 때는 사용 전에 점검하여야 한다.</p> <p>2 (주기적인 점검) 특별관리 물질, 허가대상물질 및 허용기준 물질(석면 제외) 직업병 발생 물질을 취급하는 공정에 설치된 후드는 연 1회 이상 주기적인 점검을 하여야 한다.</p> <p>3 (수시 점검) 작업환경 측정 결과 노출 기준 50%를 초과하는 공정에 설치된 후드에 대해서는 작업환경 측정 결과를 인지한 지 30일 이내에 해당 후드에 대한 수시 점검하여야 한다.</p> <p>② 사업주는 제1항에 따른 점검 결과 이상을 발견하면 즉시 청소, 보수, 그 밖에 필요한 조치를 하여야 한다.</p> <p>③ (기록의 보존) 제1항부터 제3항에 따른 점검을 실시한 후 그 기록의 보존에 관하여서는 제555조를 준용한다.</p>

5) 산업환기 장치 점검

국소배기장치의 평가는 정성, 정량, 공기질 평가 등으로 구분한다.

(1) 정성 평가

작업자가 작업하는 상황과 동일한 조건에 연기발생기를 이용한 기류 평가를 실시하고 연기가 작업자 호흡영역으로 향하지 않고 외부로 비산되지 않는 상태에서 후드로 배출되어야 한다. <표 II-11>은 가스상 물질을 위한 연기발생기를 이용한 기류가시화 모습이고, <표 II-12>는 입자상 물질 취급공정에 적용할 수 있는 레이저를 이용한 기류 가시화 모습을 정리한 것이다.

<표 III-11> 가스상 물질 가시화 방법

가스상 물질 가시화 방법		
환기 양호		기류 유입 양호함
환기 불량		후드로 유입되지 못하고 후드 주변으로 확산함

〈표 III-12〉 입자상 물질 가시화 방법

가스상 물질 가시화 방법

분진
비산
모습



레이저 광원을 이용
하여 포집효율 평가
할 수 있음

(2) 정량 평가

후드의 배기유량 및 후드 정압을 측정하여야 한다. 측정된 배기유량은 설계 유량보다 많아야 한다. 배풍기의 배기 유량은 배풍기에 연결된 후드의 필요 환기량보다 많아야 한다.

- : 환기량 및 제어 유속 측정
- : 추적자 가스를 이용한 후드 효율 평가
- : 후드 정압 측정 및 송풍기 환기량 측정

(3) 공기질 평가

위험성 평가 결과 근로자 건강에 영향을 줄 수 있거나 특별관리 물질을 배출할 경우에는 후드 주변에 공기질 측정을 하여야 한다.

- : 후드 주변 지역시료를 샘플링 하여 유해물질 비산 정도 파악
- : 노출 기준 10% 미만일 경우 양호

(4) 후드 효율 평가 결과표

〈그림 III-1〉은 정성, 정량 및 공기질 평가를 포함한 후드 효율 평가표를 제시한 것이다.

후드 효율 평가는 모두를 종합하여 결과를 도출하는 것이 중요하다. 〈그림 III-1〉을 산업환기 설비에 관한 기술 지침(W-1-2019)에 수록하여 적용하면서 평가 방법을 통일해야 한다.

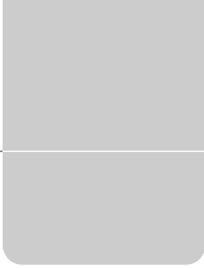
후드 번호	1-A				
후드 정보	설치공정/장비명	연결송풍기	취급물질	물질 성성	
				<input type="checkbox"/> 입자상	<input type="checkbox"/> 가스상
후드 사진				특이사항	
후드 현황	후드 제원		개구면적 (m ²)	댐퍼	개도율
	장방형	원형		<input type="checkbox"/> 유 <input type="checkbox"/> 무	%
	후드 흡입 성능 평가				
①제어 유속 및 배기유량 평가			②후드 흡인 성능 평가 (가시화테스트 결과 사진 첨부)		
구분	설계값	측정값			
제어거리(m)					
제어유속(m/s)					
배기유량 (m ³ /min)					
후드 정압 (mmAq)					
공기질 평가	측정 대상물질명		노출 기준(ppm)	측정 농도(ppm)	
판정	<input type="checkbox"/> 양호	<input type="checkbox"/> 불량	<input type="checkbox"/> 양호	<input type="checkbox"/> 불량	
최종 후드 흡입 성능 판정			<input type="checkbox"/> 양호 <input type="checkbox"/> 불량		
<input type="checkbox"/> 기타 점검 사항					

[그림 III-1] 후드 효율 평가 표

참고 문헌

- 1) 고용노동부. 산업안전보건법(시행령, 시행규칙, 산업안전보건 기준에 관한 규칙)
- 2) 고용노동부. 안전검사 고시. 고용노동부고시 제2013-15호, 2013
- 3) 김태형, 하현철, 김종철 등. 직업병 발생 화학물질 취급업종 표준산업환기 방안 연구(Ⅲ): 연구결과보고서. 산업안전보건연구원. 2009.
- 4) 김태형, 하현철, 김종철 등. 직업병 발생 화학물질 취급업종 표준산업환기 방안 연구(Ⅱ): 연구결과보고서. 산업안전보건연구원. 2008.
- 5) 김태형, 하현철 등. 사업장 국소배기장치 관리 및 성능향상을 위한 제도개선 연구: 연구결과보고서. 산업안전보건연구원. 2005.
- 6) 안전보건공단, 화학물질의 유해성·위험성 평가 지침(W-6-2021), 2021
- 7) 안전보건공단, 산업환기 설비에 관한 기술 지침(W-1-2019). 2019
- 8) 하현철 등. 국소배기장치 후드의 제어유속 적합성 연구; 안전보건공단 2014
- 9) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice. 2019; 30th ed.
- 10) Health and safety Executive, Ventilation
Available from :
URL: <http://www.hse.gov.uk/toolbox/harmful/ventilation.htm>

- 11) OSHA Technical Manual (OTM) Section III: Chapter 3
Available from : ANSI Z9
URL:<http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ANSI%2FAIHA%2FASSE+Z9.+Ventilation+Package>
- 12) 29CFR 1910.94 Believable from :
URL:<https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp>
- 13) 29CFR 1926.94 Believable from :
URL:<https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp>.



Abstract

A Study on the Installation and Management Standards for Systematic Management of Local Exhaust System

Objectives : For systematic management of local exhaust systems, a comprehensive review such as periodic inspections as well as efficient installation is required.

It is intended to identify the problems caused by designing and evaluating efficiency only with capture velocity, and to establish a comprehensive local exhaust system management system by organizing domestic and international research cases.

Method : After organizing the contents related to local exhaust systems in the rules on safety and health standards, problems with installation and inspection were analyzed. In addition, by comparing and analyzing the local exhaust system management systems of the United States and the United Kingdom with domestic laws, a systematic local exhaust system management system was organized, and installation and management standards were established.

Results : In the United States, installation of local exhaust systems do not have legal regulations, but to provide optimal ventilation to protect workers.

The inspection method of the local exhaust system is divided into daily inspection, weekly inspection, and monthly inspection, suggesting inspection items. The capture velocity is not a tool for evaluating the efficiency of local exhaust systems, but is used as a reference for design.

The UK should conduct a risk assessment before installing a local exhaust system to assess whether it is installed or not, and workers should minimize exposure to harmful substances by performing work according to work instructions.

In addition, commissioning must be carried out after installation, periodic local exhaust tests must be carried out within at least 14 months, and records must be kept for five years.

In addition, the hood type is selected in consideration of the amount of harmful substances generated, and design methods for each hood type are presented.

Booth-type hoods apply capture velocity, but other hoods are proposed to be designed in consideration of process characteristics as well as control flux.

The revision (draft) of the local exhaust system management system, which summarizes the results of this study, is as follows.

(1) Local exhaust installation location

Install local exhaust system hoods in all processes handling hazardous substances. However, general ventilation or installation may not be performed after risk assessment.

(2) Evaluation method of local exhaust system

In the current method of evaluating only capture velocity, it was subdivided into quantitative, qualitative, and air quality measurement.

- (Quality Assessment) Conduct an airflow assessment using a smoke generator and ensure that smoke is not directed to the operator's breathing area and is not scattered to the outside

- (Quantitative evaluation) The exhaust flow rate of the hood and the static pressure of the hood shall be measured. Measured exhaust flow rate must be greater than design flow rate

- (Air quality measurement) Measure the air quality around the hood if it may affect the health of workers or if special care substances are discharged after risk assessment

(3) Evaluation cycle of local exhaust system

- (Pre-use inspection) The employer shall inspect the local exhaust system before use, the first time after installing it, or for the first time after disassembling or repairing

- (Periodic inspection) Hoods installed in the process of handling special management materials should be inspected periodically at least once a year

- (Nonscheduled inspection) For hoods installed in a process exceeding 50% of the exposure limit as a result of work environment measurement, within 30 days of recognizing the work environment measurement result Frequent inspection of the hood is required

Conclusion : In order to solve the problem caused by design and inspection only with the control velocity, this study presented a method of designing and evaluating local exhaust systems in various ways.

For efficient local exhaust system management reflecting various site conditions, it is necessary to improve the local exhaust system management system. It is necessary to revise KOSHA GUIDE(Technical Guidelines for Industrial Ventilation Facilities (W-1-2019)) to reflect the features.

Key words : Design of Local Exhaust System, Management System of Local Exhaust System, Performance Evaluation of Local Exhaust System

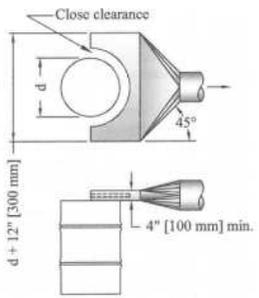
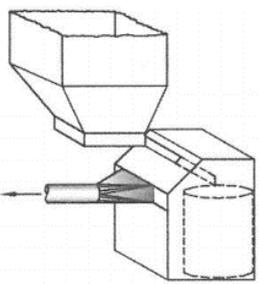


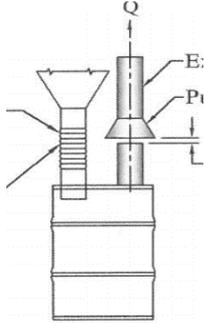
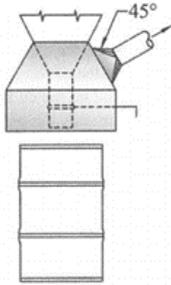
부 록

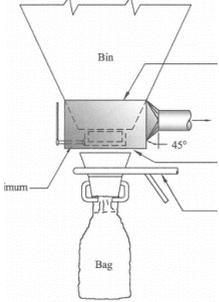
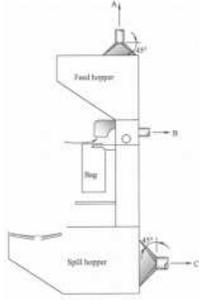
1. 보건규칙과 IV Manual 제어유속 비교

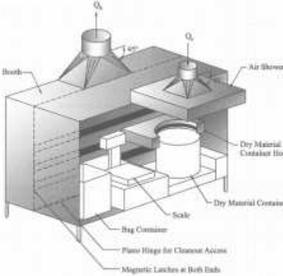
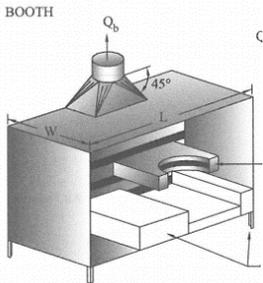


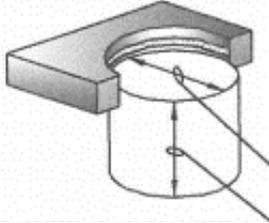
[15-Filling operation]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
Filing Operations	VS-15-01	Barrel Filing		0.5		베럴 윗면	외부식 측방형		0		1	0.5
	VS-15-01	Barrel Filing		0.75		개구면	포위식		0		0.7	1.1

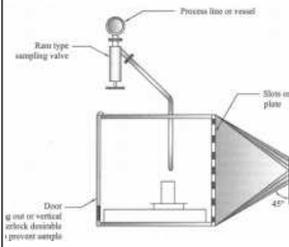
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 ($m^3/s/m^2$)	환기량 기준 (m^3/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
	VS-15-01	Barrel Filing		0.75		베럴 윗면	외부식 상방향		0		1.2	0.6
	VS-15-01	Barrel Filing		0.15		개구면	외부식 상방향		0		1.2	0.1

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
	VS-15-02	Bag Filing	 <p>-비독성 물질 0.2m³/s -독성0.5m³/s -유 량 이 과 도 활 경 우 비 싹 재 료 손 실 발 생 됨</p>	2.5	최대 후드 면속도		외부식 상방향		0		1.2	2.1
	VS-15-03	Bag Tube Packer			0.25m³/s Feed hopper 0.25m³ /sfillingt ube 0.48m³ /sspillho pper		외부식 상방향 또는 외부식 하 방향		0		1.2	
	VS-15-11	Weight Hood Assembly Dry										

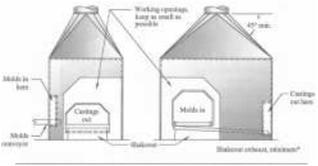
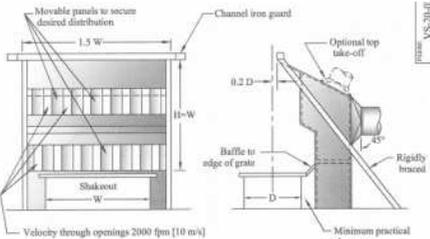
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 ($m^3/s/m^2$)	환기량 기준 (m^3/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
		Material										
		booth		0.25			포위식		0		0.7	0.4
		dry material container hood		0.5			외부식 축방형		0		1	0.5

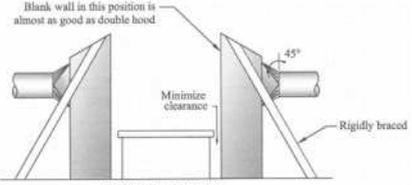
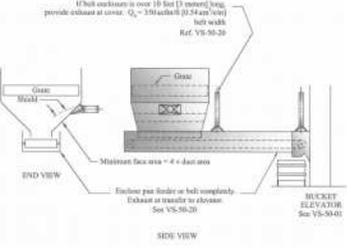
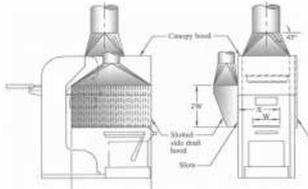
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
												
	VS-15-13(a)	Indirect Coupled Hood	<p>공기 인젝트에 의해 제품 이송 시, 비직결식 후드 설치시 적용</p>		제어 유속 없음. 환기량 산정 기준) 1. 에어 레이션 또는 퍼지 급기량, 2. 제품 낙하에 유도된 기류량, 3. 제품 체적에 들어온 공기 양. 3개 합으로 결정	외부식 상방형	0		1.2			

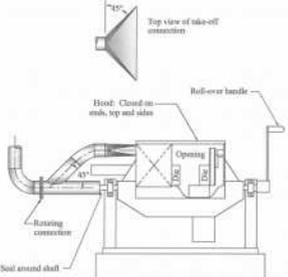
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)																																																																												
								가스	입자	흄 또는 미스트																																																																														
			<p>To calculate the induced airflow Q_{ind}, multiply the appropriate number from the square feet of open area at the top of the infed chute, A_s. $Q_{ind} =$ (table)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Height of fall: 3 feet</th> <th colspan="4">Average material lump size (in)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Material flow rate</th> <th>0.25</th> <th>0.5</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>tpb</td> <td>lb/min</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>100</td> <td>105.3</td> <td>83.6</td> <td>66.3</td> <td>52.6</td> <td>41.8</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>200</td> <td>132.7</td> <td>105.3</td> <td>83.6</td> <td>66.3</td> <td>52.6</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>400</td> <td>167.1</td> <td>132.7</td> <td>105.3</td> <td>83.6</td> <td>66.3</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>800</td> <td>219.6</td> <td>167.1</td> <td>132.7</td> <td>105.3</td> <td>83.6</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>1,600</td> <td>265.3</td> <td>219.6</td> <td>167.1</td> <td>132.7</td> <td>105.3</td> </tr> <tr> <td>108</td> <td>3,600</td> <td>347.7</td> <td>275.9</td> <td>219.6</td> <td>173.8</td> <td>138.0</td> </tr> <tr> <td>216</td> <td>7,200</td> <td>438.0</td> <td>347.7</td> <td>275.9</td> <td>219.6</td> <td>173.8</td> </tr> <tr> <td>432</td> <td>14,400</td> <td>551.9</td> <td>438.0</td> <td>347.7</td> <td>275.9</td> <td>219.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>유도 공기량 계산식, 높이에 따라 다름</p>	Height of fall: 3 feet		Average material lump size (in)				Material flow rate		0.25	0.5	1	2	4	tpb	lb/min						3	100	105.3	83.6	66.3	52.6	41.8	6	200	132.7	105.3	83.6	66.3	52.6	12	400	167.1	132.7	105.3	83.6	66.3	24	800	219.6	167.1	132.7	105.3	83.6	48	1,600	265.3	219.6	167.1	132.7	105.3	108	3,600	347.7	275.9	219.6	173.8	138.0	216	7,200	438.0	347.7	275.9	219.6	173.8	432	14,400	551.9	438.0	347.7	275.9	219.6									
Height of fall: 3 feet		Average material lump size (in)																																																																																						
Material flow rate		0.25	0.5	1	2	4																																																																																		
tpb	lb/min																																																																																							
3	100	105.3	83.6	66.3	52.6	41.8																																																																																		
6	200	132.7	105.3	83.6	66.3	52.6																																																																																		
12	400	167.1	132.7	105.3	83.6	66.3																																																																																		
24	800	219.6	167.1	132.7	105.3	83.6																																																																																		
48	1,600	265.3	219.6	167.1	132.7	105.3																																																																																		
108	3,600	347.7	275.9	219.6	173.8	138.0																																																																																		
216	7,200	438.0	347.7	275.9	219.6	173.8																																																																																		
432	14,400	551.9	438.0	347.7	275.9	219.6																																																																																		
VS-15-20	Toxic Material Bag Opening		부스 상부 후드	1.25			포위식	0			0.7	1.8																																																																												
VS-15-21	Shaft Seal Enclosure		폭발성 가스나 증기를 희석하기 위해 충분한 환기량 확보 필요함 LEL25%이하유지	2.5		개구면 유속	포위식	0			0.4	6.3																																																																												

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
	VS-15-30	Sampling Box	 <p>폭발성 가스나 증기를 희석하기 위해 충분한 환기량 확보 필요함 LEL25%이하유지</p>	0.63		문 개방 시	포위식	0			0.4	1.6
평균												1.5

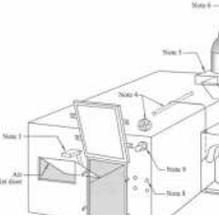
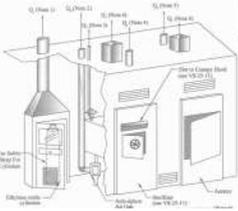
[20-Foundry operation]

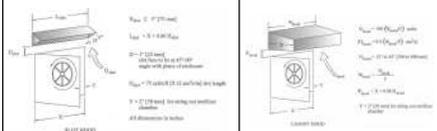
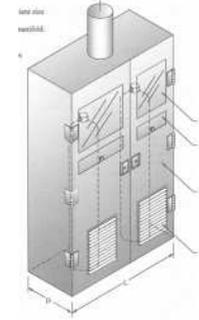
공정	Figure	세부 공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)																
								가스	입자	흄 또는 미스트																		
Foundry Operations	VS-20-01	Foundry Shakeout-Enclosure	 <p>*Choose higher values when (1) Castings are hot (2) Sand to metal ratio is low (3) Cross-drafts are high</p> <p>**Shakeout hoppers require an additional 10% exhaust.</p>	1		hot 기준 (밀폐)	포위식		0		0.7	1.4																
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type of hood</th> <th>Hot castings</th> <th>Cool castings</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enclosing** VS-20-01</td> <td>200 acfm/ft² [1.0 am³/s/m²] opening At least 200 acfm/ft² [1.0 am³/s/m²] grate area</td> <td>200 acfm/ft² [1.0 am³/s/m²] opening At least 150 acfm/ft² [0.75 am³/s/m²] grate area</td> </tr> <tr> <td>Two sides and 1/3 top area enclosed** VS-20-02</td> <td>300 acfm/ft² [1.50 am³/s/m²] grate area</td> <td>275 acfm/ft² [1.38 am³/s/m²] grate area</td> </tr> <tr> <td>Side hood (as shown or equivalent)** VS-20-02</td> <td>400-500 acfm/ft² [2.0-2.5 am³/s/m²] grate area</td> <td>350-400 acfm/ft² [1.75-2.00 am³/s/m²] grate area</td> </tr> <tr> <td>Double side hood** VS-20-02</td> <td>400 acfm/ft² [2.0 am³/s/m²] grate area</td> <td>300 acfm/ft² [1.50 am³/s/m²] grate area</td> </tr> </tbody> </table>	Type of hood	Hot castings	Cool castings	Enclosing** VS-20-01	200 acfm/ft ² [1.0 am ³ /s/m ²] opening At least 200 acfm/ft ² [1.0 am ³ /s/m ²] grate area	200 acfm/ft ² [1.0 am ³ /s/m ²] opening At least 150 acfm/ft ² [0.75 am ³ /s/m ²] grate area	Two sides and 1/3 top area enclosed** VS-20-02	300 acfm/ft ² [1.50 am ³ /s/m ²] grate area	275 acfm/ft ² [1.38 am ³ /s/m ²] grate area	Side hood (as shown or equivalent)** VS-20-02	400-500 acfm/ft ² [2.0-2.5 am ³ /s/m ²] grate area	350-400 acfm/ft ² [1.75-2.00 am ³ /s/m ²] grate area	Double side hood** VS-20-02	400 acfm/ft ² [2.0 am ³ /s/m ²] grate area	300 acfm/ft ² [1.50 am ³ /s/m ²] grate area										
Type of hood	Hot castings	Cool castings																										
Enclosing** VS-20-01	200 acfm/ft ² [1.0 am ³ /s/m ²] opening At least 200 acfm/ft ² [1.0 am ³ /s/m ²] grate area	200 acfm/ft ² [1.0 am ³ /s/m ²] opening At least 150 acfm/ft ² [0.75 am ³ /s/m ²] grate area																										
Two sides and 1/3 top area enclosed** VS-20-02	300 acfm/ft ² [1.50 am ³ /s/m ²] grate area	275 acfm/ft ² [1.38 am ³ /s/m ²] grate area																										
Side hood (as shown or equivalent)** VS-20-02	400-500 acfm/ft ² [2.0-2.5 am ³ /s/m ²] grate area	350-400 acfm/ft ² [1.75-2.00 am ³ /s/m ²] grate area																										
Double side hood** VS-20-02	400 acfm/ft ² [2.0 am ³ /s/m ²] grate area	300 acfm/ft ² [1.50 am ³ /s/m ²] grate area																										
	VS-20-02	Side-Draft Hood	 <p>Velocity through openings 2000 fpm [10 m/s]</p>	1.5		hot 기준 (높은값)	외부식 측방향		0		1	1.5																

공정	Figure	세부 공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
	VS-20-02	Double Side-Draft	 <p>Blank wall in this position is almost as good as double hood.</p> <p>Minimize clearance</p> <p>45°</p> <p>Rigidly braced</p> <p>DOUBLE SIDE-DRAFT</p> <p>Proportions same as single side-draft hood except for overhang</p>	2.5		hot 기준 (높은값)	외부식 촉방형	0		1	2.5	
	VS-20-03	Foundry Shakeout-Hopper Exhaust	 <p>If this enclosure is over 10 feet (3 meters) long, provide exhaust at center. $Q_c = 35 \text{ acfm/ft}$ (3.24 m³/s/m) belt width. Ref: VS-50-20</p> <p>Minimize face area = 4' x 4' max area</p> <p>END VIEW</p> <p>Enclose gas loader or belt completely. Exhaust at transfer to elevator. See VS-50-20</p> <p>BUCKET SLIPS VIEW. See VS-50-01</p> <p>SIDE VIEW</p>	VS-50-20 참조	0.54m³/s/m (벨트폭), 3m 간격		포위식	0		0.7		
	VS-20-10	Shell Core Making	 <p>Canopy hood: $Q = 250 \text{ acfm/ft}^2$ [1.25 am³/s/m²] canopy - single unit 150 acfm/ft^2 [0.75 am³/s/m²] canopy - double unit $F_h = 0.25$</p>	1.25		hot 기준 (높은값)	포위식	0		0.7	1.8	

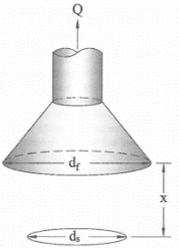
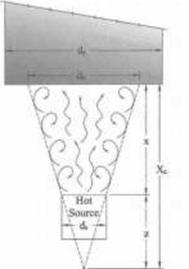
공정	Figure	세부 공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ² /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비 (IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
	VS-20-11	Co' Making Machine Small Roll Over Type		1		개구면 기준	포위식	0		0.7	1.4	
평균											1.7	

[25-Gas treatment]

공정	Figure	세부 공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)												
								가스	입자	흄 또는 미스트														
Gas Treatment	VS-25-01	Fumigation Booth	 <p>퍼지시간 60분 - 시간당환기량 20회이상</p>	0.5		문 개방시	포위식	0			0.4	1.3												
Gas Treatment	VS-25-10	Ethylene Oxide Sterilizers	 <table border="1" data-bbox="532 1026 924 1201"> <thead> <tr> <th>TYPE OF EQUIPMENT</th> <th>EXHAUST FLOW RATE (Q_e) ACFM [m³/s]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Electrically heated gas sterilizers (< 10 ft³ [0.3 m³])</td> <td>200 [0.10]</td> <td>See VS-25-11, 25-13 for notes. See VS-25-12 for details.</td> </tr> <tr> <td>Steam heated gas or steam sterilizers</td> <td>500 [0.25]</td> <td>See VS-25-12 for Cylinder Hood.</td> </tr> <tr> <td>Aerator and instrument washer units</td> <td>300 [0.15]</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Reference: 13.25.4</p>	TYPE OF EQUIPMENT	EXHAUST FLOW RATE (Q _e) ACFM [m³/s]		Electrically heated gas sterilizers (< 10 ft³ [0.3 m³])	200 [0.10]	See VS-25-11, 25-13 for notes. See VS-25-12 for details.	Steam heated gas or steam sterilizers	500 [0.25]	See VS-25-12 for Cylinder Hood.	Aerator and instrument washer units	300 [0.15]		1			포위식	0			0.4	2.5
TYPE OF EQUIPMENT	EXHAUST FLOW RATE (Q _e) ACFM [m³/s]																							
Electrically heated gas sterilizers (< 10 ft³ [0.3 m³])	200 [0.10]	See VS-25-11, 25-13 for notes. See VS-25-12 for details.																						
Steam heated gas or steam sterilizers	500 [0.25]	See VS-25-12 for Cylinder Hood.																						
Aerator and instrument washer units	300 [0.15]																							

공정	Figure	세부 공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
	VS-25-12	Ethylene Oxide Sterilizer hood details				계산식						
Gas Treatment	VS-25-15	Gas Cabinet Design		1			포위식	0			0.4	2.5
평균												2.1

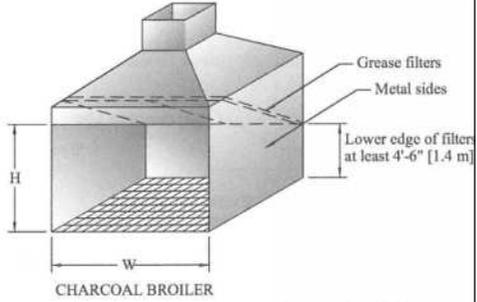
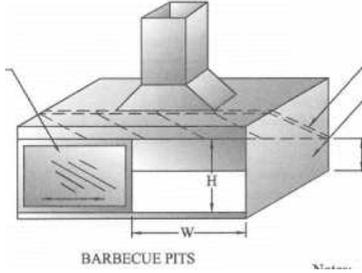
[27-Hot process]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)	
								가스	입자	흠 또는 미스트			
낮은 캐노피		$Q_t = 4.7 (d_f)^{2.33} (\Delta T)^{0.42}$ [ft ³] $[Q_t = 0.045 (d_f)^{2.33} (\Delta T)^{0.42}]$ [ft ³] where: Q_t = total hood airflow, acfm [am ³ /s] d_f = diameter of hood, ft [m] ΔT = difference between temperature of the hot source and the ambient, F [C] $Q_t = 6.2 (DW)^{1.33} \Delta T^{0.42}$ [ft ³] $[Q_t = 0.06 (DW)^{1.33} \Delta T^{0.42}]$ [ft ³] where: Q_t = total hood airflow, acfm [am ³ /s] D = depth of the rectangular hood, ft [m] W = width of the rectangular hood, ft [m] ΔT = difference between temperature of the hot source and the ambient, F [C]	 <p>FIGURE 13-27-1. Geometry and design of low canopy hoods</p>		계산식		상방형				1.2		
높은 캐노피		Total hood airflow rate is: $Q_t = V_f A_c + V_r (A_r - A_c)$ [ft ³] where: Q_t = total volume entering hood, acfm [am ³ /s] V_f = velocity of hot air column at the hood face, fpm [m/s] A_c = area of the hot air column at the hood face, ft ² [m ²] V_r = the required air velocity through the remaining hood area, fpm [m/s] A_r = total area of hood face, ft ² [m ²]	 <p>FIGURE 13-27-2. Dimensions used to design high-canopy hoods for hot sources</p>		계산식		상방형				1.2		
평균													

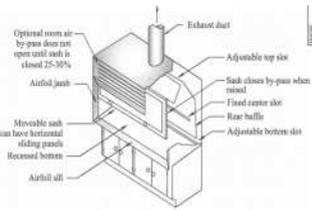
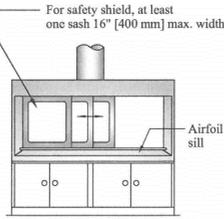
[30-Kitchen equipment]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)																																													
								가스	입자	흄 또는 미스트																																															
kitchen	VS-30-01	dishwasher		1.25		세척기 문	캐노피 후드		0		1	1.3																																													
				0.75		입출구	포위식		0		0.4	1.9																																													
	VS-30-05	kitchen hood exhaust flow rates	<table border="1"> <caption>Type of Kitchen Hood, acfm/linear ft [am³/linear meter] of Hood Length</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">Kitchen Appliance Duty</th> <th>Wall Mounted Canopy</th> <th>Island</th> <th>Canopy</th> <th colspan="2">Back Shelf</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Single</th> <th>Double Per Side</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Extra Heavy Duty</td> <td>550 [0.85]</td> <td>700 [1.09]</td> <td>550 [0.85]</td> <td>NA</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Heavy Duty</td> <td>400 [0.62]</td> <td>600 [0.93]</td> <td>400 [0.62]</td> <td>400 [0.62]</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Medium Duty</td> <td>300 [0.47]</td> <td>500 [0.78]</td> <td>300 [0.47]</td> <td>300 [0.47]</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Light Duty</td> <td>250 [0.31]</td> <td>400 [0.62]</td> <td>250 [0.39]</td> <td>250 [0.39]</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Type 2</td> <td>200 [0.31]</td> <td>400 [0.62]</td> <td>250 [0.39]</td> <td>250 [0.39]</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • Extra heavy duty - solid burning equipment up to 700 F [371 C]. • Heavy duty - upright broilers, char broilers and woks up to 600 F [316 C]. • Medium duty - large kettles, ranges, griddles and fryers up to 400 F [204 C]. • Light duty - ovens, steamers and small kettles up to 400 F [204 C]. 	Kitchen Appliance Duty	Wall Mounted Canopy	Island	Canopy	Back Shelf			Single	Double Per Side			Type 1						Extra Heavy Duty	550 [0.85]	700 [1.09]	550 [0.85]	NA	NA	Heavy Duty	400 [0.62]	600 [0.93]	400 [0.62]	400 [0.62]		Medium Duty	300 [0.47]	500 [0.78]	300 [0.47]	300 [0.47]		Light Duty	250 [0.31]	400 [0.62]	250 [0.39]	250 [0.39]		Type 2	200 [0.31]	400 [0.62]	250 [0.39]	250 [0.39]				형태 및 온도에 따라 다름				
Kitchen Appliance Duty	Wall Mounted Canopy	Island	Canopy		Back Shelf																																																				
		Single	Double Per Side																																																						
Type 1																																																									
Extra Heavy Duty	550 [0.85]	700 [1.09]	550 [0.85]	NA	NA																																																				
Heavy Duty	400 [0.62]	600 [0.93]	400 [0.62]	400 [0.62]																																																					
Medium Duty	300 [0.47]	500 [0.78]	300 [0.47]	300 [0.47]																																																					
Light Duty	250 [0.31]	400 [0.62]	250 [0.39]	250 [0.39]																																																					
Type 2	200 [0.31]	400 [0.62]	250 [0.39]	250 [0.39]																																																					

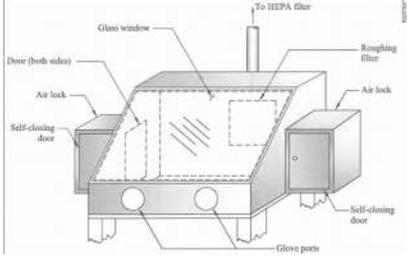
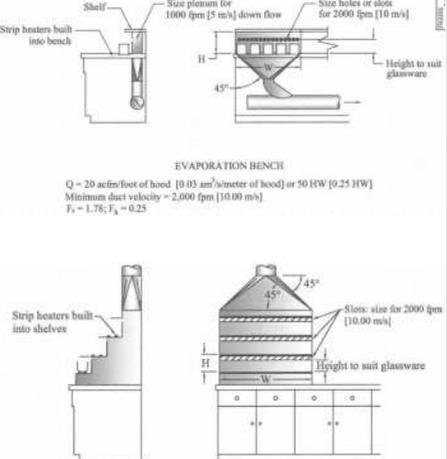
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
	VS-30-10	hood	<p>WALL MOUNTED CANOPY</p> <p>ISLAND TYPE HOOD</p> <p>$P = \text{perimeter of hood} = 2D + 2L$</p>									
			<p>BACK SHELF HOOD</p> <p>See VS-30-05 for Hood</p>									

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
				0.5			포위식		0		0.7	0.7
				0.5							0.7	0.7
평균												1.1

[35-Laboratory ventilation]

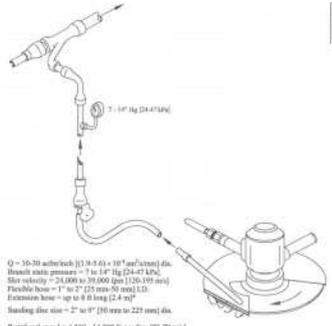
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)											
								가스	입자	흄 또는 미스트													
Laboratory Ventilation	VS-35-01	Typical Laboratory Hood	 <p>급기 및 방해 기류, 후드 기류 균일도에 따라 다름</p>	0.5		최대 개방 기준	포위식	0	0		0.4	1.3											
			 <p>후드 균일도 10% 이내로 조정</p>																				
			<p>TABLE 13-35-1. Laboratory Hood Ventilation Rates</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Condition</th> <th>airflow (per face)^a Open hood face</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Ceiling panels properly located with average panel face velocity < 40 fpm (1.02 m/s)⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ horizontal sliding sash hoods. No equipment in hood closer than 12 inches (300 mm) to face of hood. Hoods located away from doors and trafficways.*</td> <td>80 (0.30)</td> </tr> <tr> <td>2. Same as 1 above, some traffic sash hoods. No equipment in hoods closer than 6 inches to face of hood. Hoods located away from doors and trafficways.*</td> <td>80 (0.40)</td> </tr> <tr> <td>3. Ceiling panels properly located with average panel face velocity < 80 fpm (0.30 m/s)⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ or ceiling diffusers properly located, no airflow immediately in front of hoods, quadrant facing hood located, terminal flow velocity < 80 fpm (1.02 m/s). No equipment in hood closer than 6 inches (150 mm) to face of hood. Hoods located away from doors or trafficways.*</td> <td>80 (0.40)</td> </tr> <tr> <td>4. Same as 2 above, some traffic sash hood. No equipment in hood closer than 6 inches (150 mm) to face of hood.</td> <td>100 (0.50)</td> </tr> <tr> <td>5. Wall grilles are possible but not recommended for advance planning of new facilities.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*Hoods near doors are acceptable if: (1) there is a sound safe space from the door; (2) traffic past hood is slow; and (3) door is normally closed.</p>	Condition	airflow (per face) ^a Open hood face	1. Ceiling panels properly located with average panel face velocity < 40 fpm (1.02 m/s) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ horizontal sliding sash hoods. No equipment in hood closer than 12 inches (300 mm) to face of hood. Hoods located away from doors and trafficways.*	80 (0.30)	2. Same as 1 above, some traffic sash hoods. No equipment in hoods closer than 6 inches to face of hood. Hoods located away from doors and trafficways.*	80 (0.40)	3. Ceiling panels properly located with average panel face velocity < 80 fpm (0.30 m/s) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ or ceiling diffusers properly located, no airflow immediately in front of hoods, quadrant facing hood located, terminal flow velocity < 80 fpm (1.02 m/s). No equipment in hood closer than 6 inches (150 mm) to face of hood. Hoods located away from doors or trafficways.*	80 (0.40)	4. Same as 2 above, some traffic sash hood. No equipment in hood closer than 6 inches (150 mm) to face of hood.	100 (0.50)	5. Wall grilles are possible but not recommended for advance planning of new facilities.									
Condition	airflow (per face) ^a Open hood face																						
1. Ceiling panels properly located with average panel face velocity < 40 fpm (1.02 m/s) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ horizontal sliding sash hoods. No equipment in hood closer than 12 inches (300 mm) to face of hood. Hoods located away from doors and trafficways.*	80 (0.30)																						
2. Same as 1 above, some traffic sash hoods. No equipment in hoods closer than 6 inches to face of hood. Hoods located away from doors and trafficways.*	80 (0.40)																						
3. Ceiling panels properly located with average panel face velocity < 80 fpm (0.30 m/s) ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ or ceiling diffusers properly located, no airflow immediately in front of hoods, quadrant facing hood located, terminal flow velocity < 80 fpm (1.02 m/s). No equipment in hood closer than 6 inches (150 mm) to face of hood. Hoods located away from doors or trafficways.*	80 (0.40)																						
4. Same as 2 above, some traffic sash hood. No equipment in hood closer than 6 inches (150 mm) to face of hood.	100 (0.50)																						
5. Wall grilles are possible but not recommended for advance planning of new facilities.																							

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ² /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
Laboratory Ventilation	VS-35-10	Biological Safety Cabinet Class II, Type A		0.5			포위식	0	0		0.4	1.3
Laboratory Ventilation	VS-35-11	Biological Safety Cabinet Class II, Type B		0.5			포위식	0	0		0.4	1.3

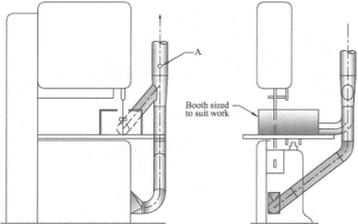
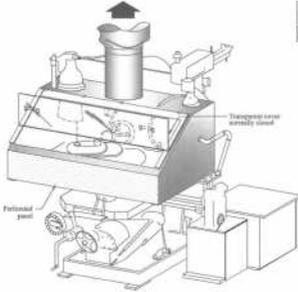
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ² /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
Laboratory Ventilation	VS-35-20	Dry Box or Glove Hood (High Toxicity And Radioactive Materials)		0.25			포위식	0	0		0.4	0.6
Laboratory Ventilation	VS-35-40	Specialized Laboratory Hood Designs	 <p>EVAPORATION BENCH $Q = 20 \text{ acfm/foot of hood (0.03 \text{ m}^3/\text{scmeter of hood}) \text{ or } 50 \text{ HW (0.25 \text{ HW})}$ Minimum duct velocity = 2,000 fpm (10.00 m/s) $F_v = 1.78; F_s = 0.25$</p>		0.03m ² /s/m(후드 길이)		외부식 측방형	0	0		0.4	

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m/s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
Laboratory Ventilation	VS-35-41	Small Laboratory Oven Exhaust			0.1-0.2		외부식 상방형	0			1	
평균												1.1

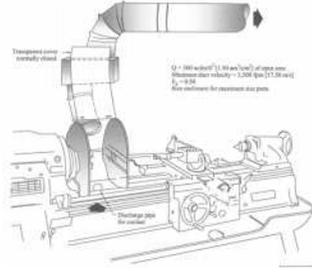
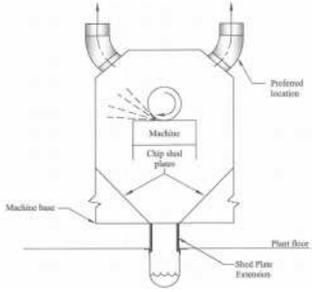
[40-low volume, high velocity]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
Low Volume High Velocity Exhaust Systems			 <p>Q = 10-30 m³/min (3.5-10 m³/min) (100-300 cfm) Overall static pressure = 7 to 14" Hg (24-47 LPa) Slot velocity = 24,000 to 39,000 fpm (1,200-1,950 m/s) Flexible hose = 1" to 2" (25 mm-50 mm) I.D. Extension hose = up to 8 ft long (2.4 m) Banding disc size = 2" to 9" (50 mm to 225 mm) dia. Polyurethyl speed = 4,500 - 14,000 fpm (225-700 m/s)</p> <p>*Hose lengths may be extended up to a maximum of 70 ft (21 m) by using longer hoses between the tool and the hood system.</p>	슬롯 속도 120-195m/s	속도 및 크기에 따라 환기량 산정							

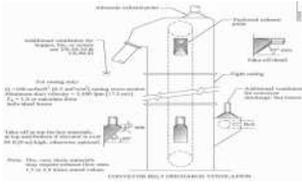
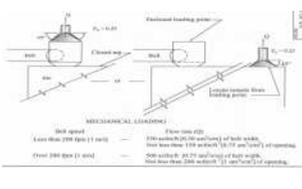
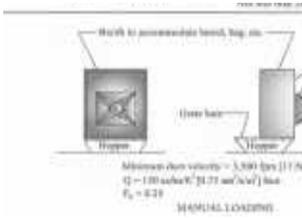
[45-Machining]

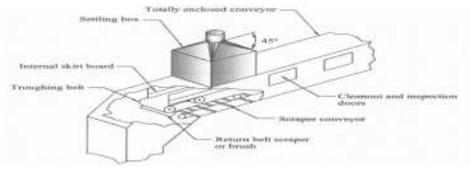
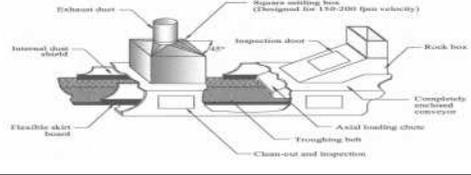
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m/s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
Machining	VS-45-01	Metal Cutting Band Saw		1.13			포위식		0		1	1.13
Machining	VS-45-02	High Toxicity Materials Milling Machine Hood		1.5			포위식		0		1	1.5

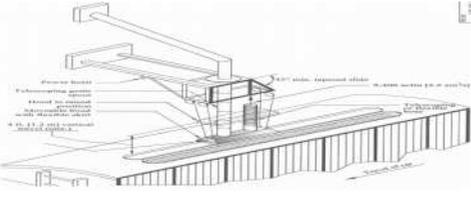
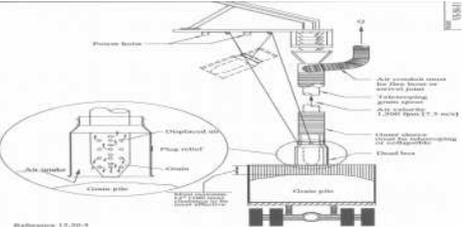
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
Machining	VS-45-03	Metal Shears High Toxicity Materials			0.7m³ /s/m(shear length)		포위식		0		1	
Machining	VS-45-04	Cold Heading Machine Ventilation		3.75		개구면	포위식		0		1	3.75
				0.16		후드면						

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속(m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
Machining	VS-45-05	Lathe Hood		1.5			포위식		0		1	1.5
Machining	VS-45-06	In-Line Transfer Machines			0.16m ³ /s/linear, 23m ³ /s/linear, 대형 소재) + 0.05m ³ /s(opening)		포위식		0		1	
평균												1.97

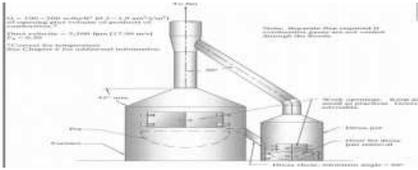
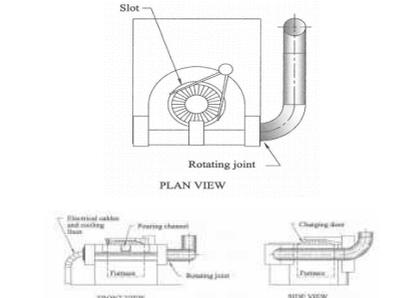
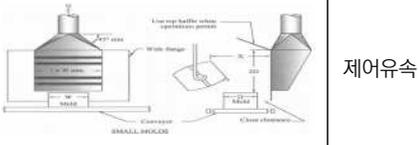
[50-Material transport]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-01	bucket ELEVATOR VENTILATION	 <p>벨트 속도 1m/s 이하는 개구면 유속 0.75m/s 이하, 벨트속도 1m/s 이상은 개구면유속 1m/s이하</p>		0.5 0.75	단면 유속	포위식		0		0.7	
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-10	BIN & HOPPER VENTILATION	 <p>벨트 속도 1m/s 이하는 개구면 유속 0.75m/s 이하, 벨트속도 1m/s 이상은 개구면유속 1m/s 이하</p>		0.5 0.75	벨트 폭	포위식		0		0.7	
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-10	BIN & HOPPER VENTILATION	 <p>Minimum flow velocity = 3,500 fpm [17.50 m/s] Q = 100 acfm [2.77 m³/s] flow F_s = 0.25 MANUAL LOADING</p>	0.75		호퍼 면	포위식		0		0.7	1.1

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m/s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-20	CONVEYOR BELT VENTILATION	 <p>3. Chute to belt transfer and conveyor transfer, greater than 3' (0.9 m) fall. Use additional exhaust at Q₂ for dusty material as follows: Belt width 12"-30" (300-900 mm), Q = 700 acfm (0.35 m³/s) [Belt width above 36" (900 mm), Q = 1,000 acfm (0.50 m³/s)] F_s = 0.25</p> <p>2" (50 mm) clearance for lead on belt</p> <p>DETAIL OF BELT OPENING</p> <p>DESIGN DATA</p>		0.35(벨트너비 300~900 기준) 0.5(벨트너비 900이상)	슈터	포위식		0		0.7	
				1		개구면 유속	포위식		0		0.7	1.4
			0.5m ³ /s/m(벨트길이, 속도 1m/s이상) 0.75m ³ /s/m(벨트길이, 속도 1m/s이하)		0.5m ³ /s/m(1m/s이하) 0.75m ³ /s/m(1m/s이상)	컨베이어벨트						
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-21	TOXIC MATERIAL BELT CONVEYING HEAD PULLEY	 <p>Totally enclosed conveyor</p> <p>Nesting box</p> <p>45°</p> <p>Internal skirt board</p> <p>Fronging belt</p> <p>Scraper conveyor</p> <p>Material belt scraper or brush</p> <p>Clean-out and inspection doors</p>	1.25			포위식		0		0.7	1.8
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-22	TOXIC MATERIAL CONVEYOR BELT LOADING	 <p>Exhaust door</p> <p>Rotating mixing box (Designed for 150-200 fpm velocity)</p> <p>45°</p> <p>Internal skirt board</p> <p>Flexible skirt board</p> <p>Inspection door</p> <p>Rock box</p> <p>Axial loading chute</p> <p>Fronging belt</p> <p>Clean-out and inspection</p> <p>Completely enclosed conveyor</p>	1.25			포위식		0		0.7	1.8

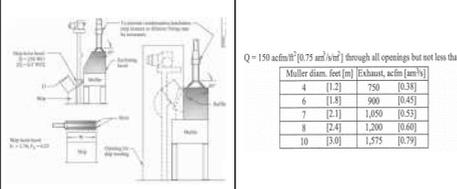
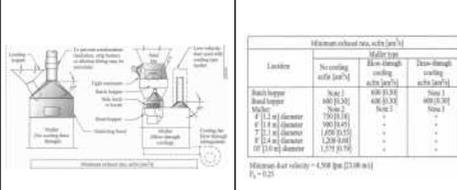
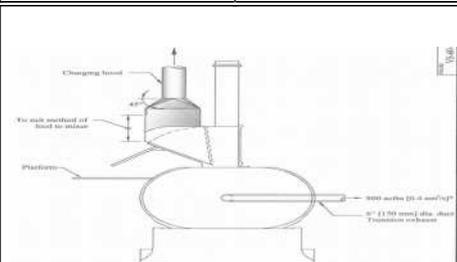
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 ($m^3/s/m^2$)	환기량 기준 (m^3/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-30	RAIL LOADING			4.2		포위식		0		0.7	
MATERIAL TRANSPORT	VS-50-31	TRUCK LOADING		7.5		후드 개구면 속도	포위식		0		0.7	10.7
평균												3.4

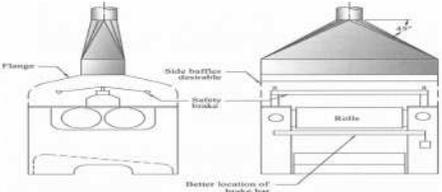
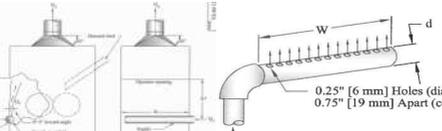
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
METAL MELTING FURNACE	VS-55-03(a)	MELTING FURNACE ELECTRIC, CLOSE CAPTURE HOOD			환기량 선택		포위식		0		0.7	
METAL MELTING FURNACE	VS-55-03(b)	MELTING FURNACE ELECTRIC, TOP ELECTRODE		0.76		상승속도	외부식 상방형		0		1.2	0.6
METAL MELTING FURNACE	VS-55-04	MELTING FURNACE ELECTRIC ROCKING		2			포위식		0		0.7	2.9

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
METAL MELTING FURNACE	VS-55-05	MELTING POT AND FURNACE		1			포위식		0		0.7	1.4
METAL MELTING FURNACE	VS-55-07	INDUCTION MELTING FURNACE TILTING		1.75			포위식		0		0.7	2.5
METAL MELTING FURNACE	VS-55-10	POURING STATION		제어유속 1	$Q=1(10X^2+3.2WD)$		외부식 측방형		0		1	1.0

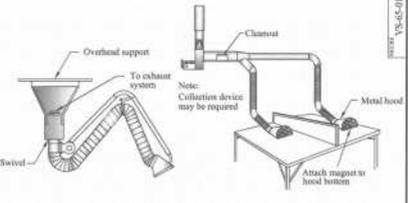
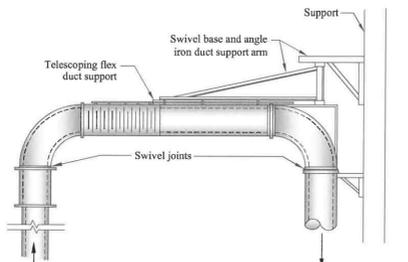
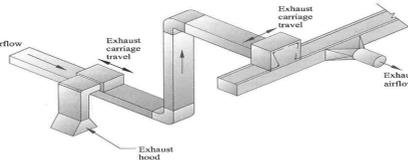
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
METAL MELTING FURNACE	VS-55-10	POURING STATION		2			외부식 상방형		0		1.2	1.7
METAL MELTING FURNACE	VS-55-20	FIXED POSITION DIE CASTING HOOD		1.5		후드 면 속도	외부식 측방형		0		1	1.5
METAL MELTING FURNACE	VS-55-21	MOBILE HOOD DIE CASTING		1.5		후드면속도	외부식 측방형		0		1	1.5
평균												1.6

[60-Mixing-타이어 공정]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m/s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)																												
								가스	입자	흄 또는 미스트																														
MIXING	VS-60-01	MIXER AND MULLER HOOD	 <p>Q = 150 acfm @ [0.75 m/s] through all openings but not less than:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muller diam. feet [m]</th> <th>Exhaust, acfm [m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4 [1.2]</td> <td>750 [0.38]</td> </tr> <tr> <td>6 [1.8]</td> <td>900 [0.45]</td> </tr> <tr> <td>7 [2.1]</td> <td>1,050 [0.53]</td> </tr> <tr> <td>8 [2.4]</td> <td>1,200 [0.60]</td> </tr> <tr> <td>10 [3.0]</td> <td>1,575 [0.79]</td> </tr> </tbody> </table>	Muller diam. feet [m]	Exhaust, acfm [m ³ /s]	4 [1.2]	750 [0.38]	6 [1.8]	900 [0.45]	7 [2.1]	1,050 [0.53]	8 [2.4]	1,200 [0.60]	10 [3.0]	1,575 [0.79]	0.75		개구면속도	포위식		0		0.7	1.1																
Muller diam. feet [m]	Exhaust, acfm [m ³ /s]																																							
4 [1.2]	750 [0.38]																																							
6 [1.8]	900 [0.45]																																							
7 [2.1]	1,050 [0.53]																																							
8 [2.4]	1,200 [0.60]																																							
10 [3.0]	1,575 [0.79]																																							
MIXING	VS-60-02	AIR COOLED MIXER AND MULLER	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Location</th> <th>Exhausting acfm [m³/s]</th> <th>Exhausting acfm [m³/s]</th> <th>Exhausting acfm [m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mixer hood</td> <td>750 (3.4)</td> <td>750 (3.4)</td> <td>750 (3.4)</td> </tr> <tr> <td>Muller hood</td> <td>1,050 (4.8)</td> <td>1,050 (4.8)</td> <td>1,050 (4.8)</td> </tr> <tr> <td>12" dia. diameter</td> <td>1,050 (4.8)</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>18" dia. diameter</td> <td>1,050 (4.8)</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>24" dia. diameter</td> <td>1,200 (5.4)</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>30" dia. diameter</td> <td>1,575 (7.1)</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>Minimum dust velocity = 4.500 fpm [2.100 m/s] V_g = 0.25</p>	Location	Exhausting acfm [m ³ /s]	Exhausting acfm [m ³ /s]	Exhausting acfm [m ³ /s]	Mixer hood	750 (3.4)	750 (3.4)	750 (3.4)	Muller hood	1,050 (4.8)	1,050 (4.8)	1,050 (4.8)	12" dia. diameter	1,050 (4.8)	-	-	18" dia. diameter	1,050 (4.8)	-	-	24" dia. diameter	1,200 (5.4)	-	-	30" dia. diameter	1,575 (7.1)	-	-	0.75		후드면속도	포위식		0		0.7	1.1
Location	Exhausting acfm [m ³ /s]	Exhausting acfm [m ³ /s]	Exhausting acfm [m ³ /s]																																					
Mixer hood	750 (3.4)	750 (3.4)	750 (3.4)																																					
Muller hood	1,050 (4.8)	1,050 (4.8)	1,050 (4.8)																																					
12" dia. diameter	1,050 (4.8)	-	-																																					
18" dia. diameter	1,050 (4.8)	-	-																																					
24" dia. diameter	1,200 (5.4)	-	-																																					
30" dia. diameter	1,575 (7.1)	-	-																																					
MIXING	VS-60-10	BANBURY MIXER	 <p>Minimum exhaust rate (m³/s):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Location</th> <th>Minimum exhaust rate (m³/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12" dia. diameter</td> <td>1,050 (4.8)</td> </tr> <tr> <td>18" dia. diameter</td> <td>1,050 (4.8)</td> </tr> <tr> <td>24" dia. diameter</td> <td>1,200 (5.4)</td> </tr> <tr> <td>30" dia. diameter</td> <td>1,575 (7.1)</td> </tr> </tbody> </table>	Location	Minimum exhaust rate (m ³ /s)	12" dia. diameter	1,050 (4.8)	18" dia. diameter	1,050 (4.8)	24" dia. diameter	1,200 (5.4)	30" dia. diameter	1,575 (7.1)	1.5			외부식상방형		0		1.2	1.3																		
Location	Minimum exhaust rate (m ³ /s)																																							
12" dia. diameter	1,050 (4.8)																																							
18" dia. diameter	1,050 (4.8)																																							
24" dia. diameter	1,200 (5.4)																																							
30" dia. diameter	1,575 (7.1)																																							

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)	환기량 기준 (m^3/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
MIXING	VS-60-11	RUBBER CALENDER ROLLER		0.63		개구면속도	외부식상방형	0		1.2	0.5	
MIXING	VS-60-12	ROLLER MILL VENTILATION		0.5			포위식	0		0.7	0.7	
평균			타이어 제조공정에서 발생하는 고무흠은 분진이 아닌 것으로 고려하여 제어유속이 낮음								0.9	

[65-Movable exhaust hoods]

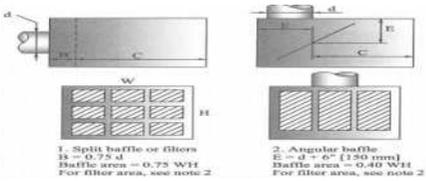
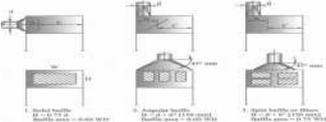
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
MOVABLE EXHAUST HOODS	VS-65-01	MOVABLE EXHAUST HOODS	 	-	-		암후드		0			
MOVABLE EXHAUST HOODS	VS-65-03	TRAV-L-VENT PERSPECTIVE LAYOUT			1.3-5		외부식 상방형		0		1.2	0.0

[70,72-open surface tank and push-pull hood]

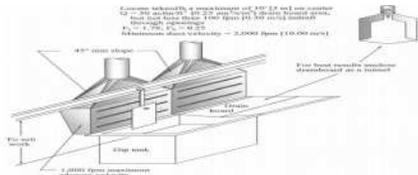
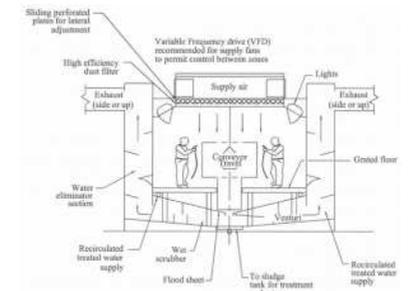
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(V/보건규칙)																																																																																
								가스	입자	흄 또는 미스트																																																																																		
OPEN SURFACE TANK			<p>TABLE 13-70-3. Minimum Control Velocity (fpm) for Undisturbed Locations</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Class (see Section 13.70.2)</th> <th colspan="2">Enclosing Hood</th> <th rowspan="2">Lateral Exhaust (see V5-79-01 and V5-79-02) (Note 1)</th> <th colspan="2">Canopy Hoods (see Chapter 6, Figure 6-11 and V5-69-02)</th> </tr> <tr> <th>One Open Side</th> <th>Two Open Sides</th> <th>Three Open Sides</th> <th>Four Open Sides</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A-1 and A-2 (Note 2)</td> <td>100 (0.50)</td> <td>150 (0.75)</td> <td>150 (0.75)</td> <td>Do not use</td> <td>Do not use</td> </tr> <tr> <td>A-3 (Note 2), B-1, B-2, and C-1</td> <td>75 (0.38)</td> <td>100 (0.50)</td> <td>100 (0.50)</td> <td>125 (0.63)</td> <td>175 (0.88)</td> </tr> <tr> <td>B-3, C-2, and D-1 (Note 3)</td> <td>65 (0.33)</td> <td>90 (0.45)</td> <td>75 (0.38)</td> <td>100 (0.50)</td> <td>150 (0.75)</td> </tr> <tr> <td>A-4 (Note 1), C-3, and D-2 (Note 3)</td> <td>50 (0.25)</td> <td>75 (0.38)</td> <td>50 (0.25)</td> <td>75 (0.38)</td> <td>125 (0.63)</td> </tr> </tbody> </table> <p>B-4, C-4, D-3 (Note 3), and D-4—Adequate General Room Ventilation Required (see Chapter 6)</p> <p>Notes: 1. Use aspect ratio to determine air volume; see Table 13-70-4. 2. Do not use canopy hood for Hazard Potential A processes. 3. Where complete control of hot water is desired, design on next highest class.</p>	Class (see Section 13.70.2)	Enclosing Hood		Lateral Exhaust (see V5-79-01 and V5-79-02) (Note 1)	Canopy Hoods (see Chapter 6, Figure 6-11 and V5-69-02)		One Open Side	Two Open Sides	Three Open Sides	Four Open Sides	A-1 and A-2 (Note 2)	100 (0.50)	150 (0.75)	150 (0.75)	Do not use	Do not use	A-3 (Note 2), B-1, B-2, and C-1	75 (0.38)	100 (0.50)	100 (0.50)	125 (0.63)	175 (0.88)	B-3, C-2, and D-1 (Note 3)	65 (0.33)	90 (0.45)	75 (0.38)	100 (0.50)	150 (0.75)	A-4 (Note 1), C-3, and D-2 (Note 3)	50 (0.25)	75 (0.38)	50 (0.25)	75 (0.38)	125 (0.63)	0.75	계산식																																																					
			Class (see Section 13.70.2)		Enclosing Hood			Lateral Exhaust (see V5-79-01 and V5-79-02) (Note 1)	Canopy Hoods (see Chapter 6, Figure 6-11 and V5-69-02)																																																																																			
One Open Side	Two Open Sides	Three Open Sides		Four Open Sides																																																																																								
A-1 and A-2 (Note 2)	100 (0.50)	150 (0.75)	150 (0.75)	Do not use	Do not use																																																																																							
A-3 (Note 2), B-1, B-2, and C-1	75 (0.38)	100 (0.50)	100 (0.50)	125 (0.63)	175 (0.88)																																																																																							
B-3, C-2, and D-1 (Note 3)	65 (0.33)	90 (0.45)	75 (0.38)	100 (0.50)	150 (0.75)																																																																																							
A-4 (Note 1), C-3, and D-2 (Note 3)	50 (0.25)	75 (0.38)	50 (0.25)	75 (0.38)	125 (0.63)																																																																																							
<p>TABLE 13-70-5. Typical Processes Minimum Control Velocity (fpm) for Undisturbed Locations</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Operation</th> <th rowspan="2">Contaminant</th> <th rowspan="2">Hazard See Section 13.70.2</th> <th rowspan="2">Contaminant Evolution See Section 13.70.2</th> <th rowspan="2">Lateral Exhaust Control Velocity (see V5-79-01 & V5-70-02)</th> <th rowspan="2">Collector Recommended</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anodizing-Aluminum</td> <td>Chromic-Sulfuric Acids</td> <td>A</td> <td>1</td> <td>150 (0.75)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Aluminum Bright Dip</td> <td rowspan="2">Nitric & Sulfuric Acids Nitric & Phosphoric Acids</td> <td>A</td> <td>1</td> <td>150 (0.75)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1</td> <td>150 (0.75)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Plating-Chromium</td> <td rowspan="2">Chromic Acid Cyanide Mist</td> <td>A</td> <td>1</td> <td>100 (0.75)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>2</td> <td>75 (0.38)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Metal Clearing (Boiling)</td> <td>Alkaline Mist</td> <td>C</td> <td>1</td> <td>100 (0.50)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Hot Water (if vent desired)</td> <td rowspan="2">Water Vapor</td> <td>D</td> <td>2</td> <td>50 (Note 1) (0.25)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>1</td> <td>75 (Note 1) (0.38)</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Stripping-Copper</td> <td rowspan="2">Alkaline-Cyanide Mists Nitrogen Oxide Gases</td> <td>C</td> <td>2</td> <td>75 (0.38)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1</td> <td>150 (0.75)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Pickling-Steel</td> <td rowspan="2">Hydrochloric Acid Sulfuric Acid</td> <td>A</td> <td>2</td> <td>150 (0.75)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1</td> <td>100 (0.50)</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Salt Solution Boiler/sterilizing & Pickling</td> <td rowspan="3">Water Vapor</td> <td>D</td> <td>2</td> <td>50* (0.25)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>2</td> <td>50* (0.25)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>1</td> <td>75* (0.38)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Salt Baths (Molten)</td> <td>Alkaline Mist</td> <td>C</td> <td>1</td> <td>100 (0.50)</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> <p>*Note 1: Where complete control of water vapor is desired, design on next highest class.</p>	Operation	Contaminant	Hazard See Section 13.70.2	Contaminant Evolution See Section 13.70.2	Lateral Exhaust Control Velocity (see V5-79-01 & V5-70-02)	Collector Recommended	Anodizing-Aluminum	Chromic-Sulfuric Acids	A	1	150 (0.75)	X	Aluminum Bright Dip	Nitric & Sulfuric Acids Nitric & Phosphoric Acids	A	1	150 (0.75)	X	A	1	150 (0.75)	X	Plating-Chromium	Chromic Acid Cyanide Mist	A	1	100 (0.75)	X	C	2	75 (0.38)	X	Metal Clearing (Boiling)	Alkaline Mist	C	1	100 (0.50)	X	Hot Water (if vent desired)	Water Vapor	D	2	50 (Note 1) (0.25)		D	1	75 (Note 1) (0.38)		Stripping-Copper	Alkaline-Cyanide Mists Nitrogen Oxide Gases	C	2	75 (0.38)	X	A	1	150 (0.75)	X	Pickling-Steel	Hydrochloric Acid Sulfuric Acid	A	2	150 (0.75)	X	B	1	100 (0.50)	X	Salt Solution Boiler/sterilizing & Pickling	Water Vapor	D	2	50* (0.25)		D	2	50* (0.25)		D	1	75* (0.38)		Salt Baths (Molten)	Alkaline Mist	C	1	100 (0.50)	X				
Operation							Contaminant	Hazard See Section 13.70.2	Contaminant Evolution See Section 13.70.2	Lateral Exhaust Control Velocity (see V5-79-01 & V5-70-02)	Collector Recommended																																																																																	
	Anodizing-Aluminum	Chromic-Sulfuric Acids	A	1	150 (0.75)	X																																																																																						
Aluminum Bright Dip	Nitric & Sulfuric Acids Nitric & Phosphoric Acids	A	1	150 (0.75)	X																																																																																							
		A	1	150 (0.75)	X																																																																																							
Plating-Chromium	Chromic Acid Cyanide Mist	A	1	100 (0.75)	X																																																																																							
		C	2	75 (0.38)	X																																																																																							
Metal Clearing (Boiling)	Alkaline Mist	C	1	100 (0.50)	X																																																																																							
Hot Water (if vent desired)	Water Vapor	D	2	50 (Note 1) (0.25)																																																																																								
		D	1	75 (Note 1) (0.38)																																																																																								
Stripping-Copper	Alkaline-Cyanide Mists Nitrogen Oxide Gases	C	2	75 (0.38)	X																																																																																							
		A	1	150 (0.75)	X																																																																																							
Pickling-Steel	Hydrochloric Acid Sulfuric Acid	A	2	150 (0.75)	X																																																																																							
		B	1	100 (0.50)	X																																																																																							
Salt Solution Boiler/sterilizing & Pickling	Water Vapor	D	2	50* (0.25)																																																																																								
		D	2	50* (0.25)																																																																																								
		D	1	75* (0.38)																																																																																								
Salt Baths (Molten)	Alkaline Mist	C	1	100 (0.50)	X																																																																																							

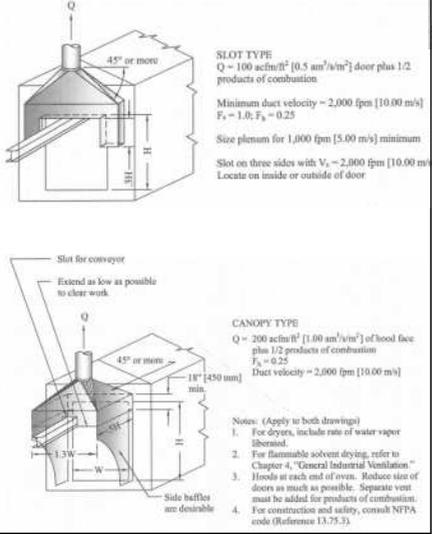
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
	VS-70-01	OPEN SURFACE TANKS	<p>A. UPWARD PLENUM B. DOWNWARD PLENUM C. CENTRAL SLOT</p>									
OPEN SURFACE TANK	VS-70-02	OPEN SURFACE TANKS	<p>D. PICKLING TANK E. LATERAL F. END TANK-OFF</p>		계산식							
OPEN SURFACE TANK	VS-70-20	SOLVENT DEGREASING TANKS	<p>Min. plenum velocity = 1/2 slot velocity 12" (300 mm) minimum Slot velocity 2,000 fpm (10 m/s) Sloped plenum desirable</p>	0.3			외부식 측방형	0		1	0.3	

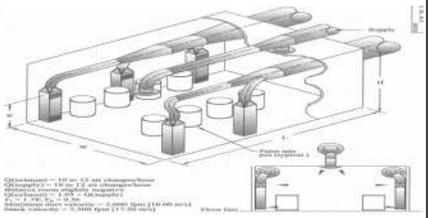
[75-Painting operation]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
MOVABLE EXHAUST HOODS	VS-65-01	MOVABLE EXHAUST HOODS		-	-		암후드		0			
PAINTING OPERATION	VS-75-01	LARGE PAINT BOOTH	 <p>1. Split baffle or filters E = 0.75 d Baffle area = 0.75 Wd For filter area, see note 2</p> <p>2. Angular baffle E = d + 6" (150 mm) Baffle area = 0.4d Wd For filter area, see note 2</p>	0.3		워크인, 부스단면	포위식		0		0.7	0.4
				0.5		에어리스 (개구면 유속, 작업자 외부 위치)	포위식		0		0.7	0.7
				0.75		에어스프레이 (개구면 유속, 작업자 외부 위치)	포위식		0		0.7	1.1
PAINTING OPERATION	VS-75-02	SMALL PAINT BOOTH	 <p>부스 면적 0.36m² 이하</p>	1		에어스프레이	포위식		0		0.7	1.4

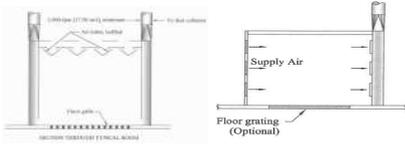
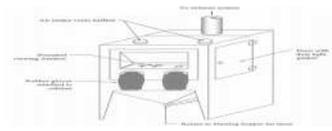
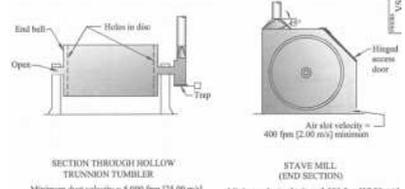
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 ($m^3/s/m^2$)	환기량 기준 (m^3/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건 규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
				0.75		에어스프레이	포위식		0		0.7	1.1
				0.63		에어리스	포위식		0		0.7	0.9
				0.5		에어리스	포위식		0		0.7	0.7
PAINTING OPERATION	VS-75-03	TRAILER INTERIOR SPRAY PAINTING		0.25			포위식		0		0.7	0.4
PAINTING OPERATION	VS-75-04	LARGE DRIVE THROUGH SPRAY PAINT BOOTH		0.5			포위식		0		0.7	0.7
			부스 단면 13.5 m^2 이상일 때	0.25			포위식		0		0.7	0.4

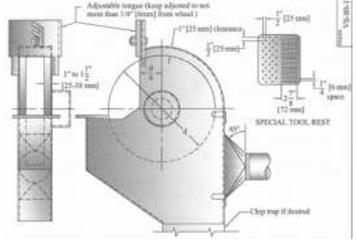
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)	
								가스	입자	흄 또는 미스트			
PAINTING OPERATION	VS-75-05	PAINT BOOTH VEHICLE SPRAY		0.5			포위식		0		0.7	0.7	
			에어리스 전착도장 또는 고효율 스프레이인 경우	0.3									
			부스 단면 13.5m² 이상일 때	0.25			포위식		0		0.7	0.4	
PAINTING OPERATION	VS-75-06	DIP TANK		0.63			외부식 촉방	0			0.5	1.3	
PAINTING OPERATION	VS-75-07	automated HIGH PROD WATER WASH DOWNDRAFT PAINT BOOTH		0.63		1.5m 높이	포위식		0		0.7	0.9	

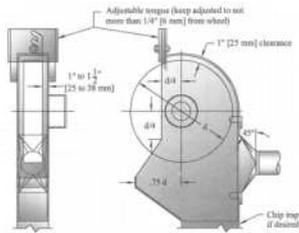
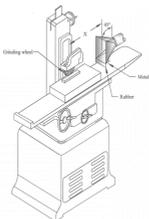
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건 규칙)									
								가스	입자	흠 또는 미스트											
			<p>DOWN DRAFT AIRFLOW: 5' [1.5 m] ABOVE FLOOR</p> <table border="1"> <tr> <td>50-70 fpm</td> <td>[0.25-0.35 m/s]</td> <td>Electrostatic and stationary bells</td> </tr> <tr> <td>70-90 fpm</td> <td>[0.35-0.45 m/s]</td> <td>Robots and reciprocating bells</td> </tr> <tr> <td>100-125 fpm</td> <td>[0.50-0.63 m/s]</td> <td>Manual painting zones (as shown)</td> </tr> </table>	50-70 fpm	[0.25-0.35 m/s]	Electrostatic and stationary bells	70-90 fpm	[0.35-0.45 m/s]	Robots and reciprocating bells	100-125 fpm	[0.50-0.63 m/s]	Manual painting zones (as shown)									
50-70 fpm	[0.25-0.35 m/s]	Electrostatic and stationary bells																			
70-90 fpm	[0.35-0.45 m/s]	Robots and reciprocating bells																			
100-125 fpm	[0.50-0.63 m/s]	Manual painting zones (as shown)																			
PAINTING OPERATION	VS-75-20	DRYING OVEN VENTILATION	 <p>SLOT TYPE $Q = 100 \text{ acfm}^2 [0.5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2]$ door plus 1/2 products of combustion Minimum duct velocity = 2,000 fpm [10.00 m/s] $F_v = 1.0; F_h = 0.25$ Size plenum for 1,000 fpm [5.00 m/s] minimum Slot on three sides with $V_v = 2,000 \text{ fpm} [10.00 \text{ m/s}]$ Locate on inside or outside of door</p> <p>CANOPY TYPE $Q = 200 \text{ acfm}^2 [1.00 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2]$ of hood face plus 1/2 products of combustion $F_v = 0.25$ Duct velocity = 2,000 fpm [10.00 m/s]</p> <p>Notes: (Apply to both drawings) 1. For dryers, include rate of water vapor liberated. 2. For flammable solvent dryers, refer to Chapter 4, "General Industrial Ventilation." 3. Hoods at each end of oven. Reduce size of doors as much as possible. Separate vent must be added for products of combustion. 4. For construction and safety, consult NFPA code (Reference 13.75.3).</p>	0.5		슬롯	외부식상방	0		1.2	0.4										
				1		캐노피	외부식상방	0		1.2	0.8										

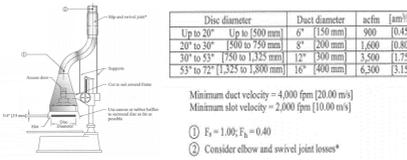
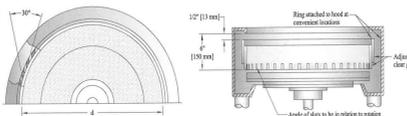
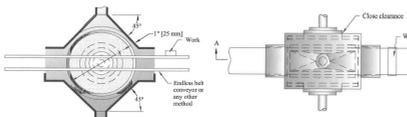
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건 규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
PAINTING OPERATION	VS-75-30	PAINT MIX STORAGE ROOM				ACH	포위식		0		0.4	
평균												0.8

[80-Mechanical surface cleaning]

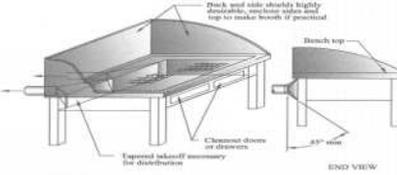
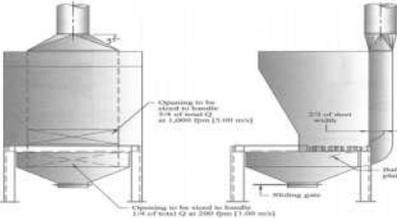
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-01	ABRASIVE BLASTING ROOM		0.5		하방기류형	포위식		0		0.7	
				0.5		중단면적						
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-02	ABRASIVE BLASTING CABINET		공기 교환률 20 회	2.5	문열때 개구면 유속	포위식		0		0.7	
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-03	TUMBLING MILLS			2		포위형		0		0.7	

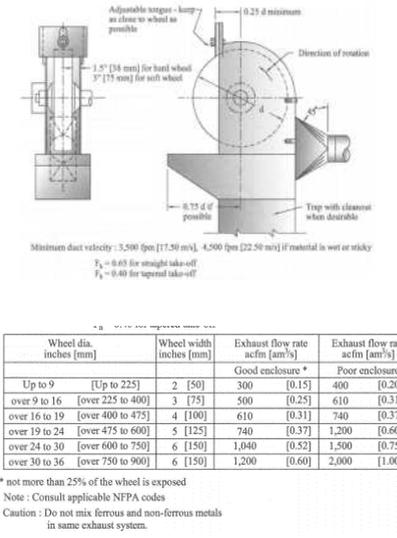
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)																																														
								가스	입자	흄 또는 미스트																																																
			<p style="text-align: center;">EXHAUST RATES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Square mill side dia. in inches [mm]</th> <th rowspan="2">Round mill I.D. in inches [mm]</th> <th colspan="2">Exhaust acfm³ [m³/s/m²]^{**}</th> </tr> <tr> <th>Trunnion</th> <th>Slave</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 24 incl. [600]</td> <td>Up to 24 incl. [600]</td> <td>430 [2.15]</td> <td>800 [4.00]</td> </tr> <tr> <td>25-30 [625-750]</td> <td>31-36 [775-900]</td> <td>680 [3.40]</td> <td>900 [4.50]</td> </tr> <tr> <td>31-36 [775-900]</td> <td>37-42 [925-1,050]</td> <td>980 [4.90]</td> <td>980 [4.90]</td> </tr> <tr> <td>37-42 [925-1,050]</td> <td>43-48 [1,075-1,200]</td> <td>1,330 [6.65]</td> <td>1,330 [6.65]</td> </tr> <tr> <td>43-48 [1,075-1,200]</td> <td>49-54 [1,225-1,350]</td> <td>1,750 [8.75]</td> <td>1,750 [8.75]</td> </tr> <tr> <td>49-54 [1,225-1,350]</td> <td>55-60 [1,375-1,500]</td> <td>2,200 [11.00]</td> <td>2,200 [11.00]</td> </tr> <tr> <td>55-60 [1,375-1,500]</td> <td>61-66 [1,525-1,650]</td> <td>2,730 [13.65]</td> <td>2,730 [13.65]</td> </tr> <tr> <td>61-66 [1,525-1,650]</td> <td>67-72 [1,675-1,800]</td> <td>3,300 [16.50]</td> <td>3,300 [16.50]</td> </tr> <tr> <td>67-72 [1,675-1,800]</td> <td></td> <td>3,920 [19.61]</td> <td>3,920 [19.61]</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>4,600 [23.00]</td> <td>4,600 [23.00]</td> </tr> </tbody> </table>	Square mill side dia. in inches [mm]	Round mill I.D. in inches [mm]	Exhaust acfm ³ [m ³ /s/m ²] ^{**}		Trunnion	Slave	Up to 24 incl. [600]	Up to 24 incl. [600]	430 [2.15]	800 [4.00]	25-30 [625-750]	31-36 [775-900]	680 [3.40]	900 [4.50]	31-36 [775-900]	37-42 [925-1,050]	980 [4.90]	980 [4.90]	37-42 [925-1,050]	43-48 [1,075-1,200]	1,330 [6.65]	1,330 [6.65]	43-48 [1,075-1,200]	49-54 [1,225-1,350]	1,750 [8.75]	1,750 [8.75]	49-54 [1,225-1,350]	55-60 [1,375-1,500]	2,200 [11.00]	2,200 [11.00]	55-60 [1,375-1,500]	61-66 [1,525-1,650]	2,730 [13.65]	2,730 [13.65]	61-66 [1,525-1,650]	67-72 [1,675-1,800]	3,300 [16.50]	3,300 [16.50]	67-72 [1,675-1,800]		3,920 [19.61]	3,920 [19.61]			4,600 [23.00]	4,600 [23.00]									
Square mill side dia. in inches [mm]	Round mill I.D. in inches [mm]	Exhaust acfm ³ [m ³ /s/m ²] ^{**}																																																								
		Trunnion	Slave																																																							
Up to 24 incl. [600]	Up to 24 incl. [600]	430 [2.15]	800 [4.00]																																																							
25-30 [625-750]	31-36 [775-900]	680 [3.40]	900 [4.50]																																																							
31-36 [775-900]	37-42 [925-1,050]	980 [4.90]	980 [4.90]																																																							
37-42 [925-1,050]	43-48 [1,075-1,200]	1,330 [6.65]	1,330 [6.65]																																																							
43-48 [1,075-1,200]	49-54 [1,225-1,350]	1,750 [8.75]	1,750 [8.75]																																																							
49-54 [1,225-1,350]	55-60 [1,375-1,500]	2,200 [11.00]	2,200 [11.00]																																																							
55-60 [1,375-1,500]	61-66 [1,525-1,650]	2,730 [13.65]	2,730 [13.65]																																																							
61-66 [1,525-1,650]	67-72 [1,675-1,800]	3,300 [16.50]	3,300 [16.50]																																																							
67-72 [1,675-1,800]		3,920 [19.61]	3,920 [19.61]																																																							
		4,600 [23.00]	4,600 [23.00]																																																							
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-10	GRINDING WHEEL HOOD SURFACE SPEEDS ABOVE 32.5m/s	 <p style="text-align: center;">EXHAUST FLOW RATES, acfm [m³/s]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Wheel dia. inches [mm]</th> <th>Wheel width inches [mm]</th> <th>Good enclosure* acfm [m³/s]</th> <th>Poor enclosure acfm [m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 5 [Up to 125]</td> <td>1 [25]</td> <td>220 [0.11]</td> <td>390 [0.20]</td> </tr> <tr> <td>5 to 10 [125 to 250]</td> <td>1.5 [38]</td> <td>390 [0.20]</td> <td>610 [0.31]</td> </tr> <tr> <td>10 to 14 [250 to 350]</td> <td>2 [50]</td> <td>500 [0.25]</td> <td>740 [0.37]</td> </tr> <tr> <td>14 to 18 [350 to 450]</td> <td>2 [50]</td> <td>610 [0.31]</td> <td>880 [0.44]</td> </tr> <tr> <td>18 to 20 [400 to 500]</td> <td>3 [75]</td> <td>740 [0.37]</td> <td>1,000 [0.50]</td> </tr> <tr> <td>20 to 24 [500 to 600]</td> <td>4 [100]</td> <td>880 [0.44]</td> <td>1,200 [0.60]</td> </tr> <tr> <td>24 to 30 [600 to 750]</td> <td>5 [125]</td> <td>1,200 [0.60]</td> <td>1,600 [0.80]</td> </tr> <tr> <td>30 to 36 [750 to 900]</td> <td>6 [150]</td> <td>1,600 [0.80]</td> <td>2,000 [1.00]</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>*Special hood and tool rest as shown, no more than 25% of the wheel exposed. Minimum duct velocity = 4,000 fpm [20.00 m/s] F_s = 0.65 for straight take-off F_s = 0.40 for tapered take-off</small></p>	Wheel dia. inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Good enclosure* acfm [m ³ /s]	Poor enclosure acfm [m ³ /s]	Up to 5 [Up to 125]	1 [25]	220 [0.11]	390 [0.20]	5 to 10 [125 to 250]	1.5 [38]	390 [0.20]	610 [0.31]	10 to 14 [250 to 350]	2 [50]	500 [0.25]	740 [0.37]	14 to 18 [350 to 450]	2 [50]	610 [0.31]	880 [0.44]	18 to 20 [400 to 500]	3 [75]	740 [0.37]	1,000 [0.50]	20 to 24 [500 to 600]	4 [100]	880 [0.44]	1,200 [0.60]	24 to 30 [600 to 750]	5 [125]	1,200 [0.60]	1,600 [0.80]	30 to 36 [750 to 900]	6 [150]	1,600 [0.80]	2,000 [1.00]	2	저유량 고유속과 동일	포위형	0	0.7														
Wheel dia. inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Good enclosure* acfm [m ³ /s]	Poor enclosure acfm [m ³ /s]																																																							
Up to 5 [Up to 125]	1 [25]	220 [0.11]	390 [0.20]																																																							
5 to 10 [125 to 250]	1.5 [38]	390 [0.20]	610 [0.31]																																																							
10 to 14 [250 to 350]	2 [50]	500 [0.25]	740 [0.37]																																																							
14 to 18 [350 to 450]	2 [50]	610 [0.31]	880 [0.44]																																																							
18 to 20 [400 to 500]	3 [75]	740 [0.37]	1,000 [0.50]																																																							
20 to 24 [500 to 600]	4 [100]	880 [0.44]	1,200 [0.60]																																																							
24 to 30 [600 to 750]	5 [125]	1,200 [0.60]	1,600 [0.80]																																																							
30 to 36 [750 to 900]	6 [150]	1,600 [0.80]	2,000 [1.00]																																																							

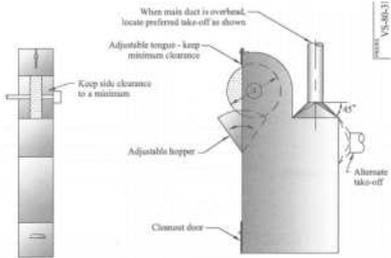
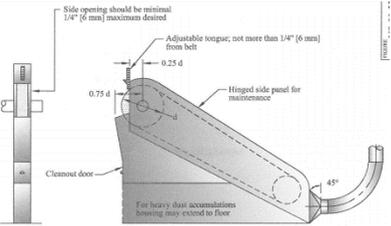
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)																																			
								가스	입자	흠 또는 미스트																																					
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-11	GRINDING WHEEL HOOD SURFACE SPEEDS BELOW 32.5m/s	 <p>Adjustable tongue (keep adjusted to suit more than 1/4" [6 mm] from wheel)</p> <p>1" to 1 1/2" [25 to 38 mm]</p> <p>1" [25 mm] clearance</p> <p>Chip trap if desired</p> <table border="1"> <caption>EXHAUST FLOW RATES, acfm [m³/s]</caption> <thead> <tr> <th>Wheel dia. inches [mm]</th> <th>Wheel width inches [mm]</th> <th>Good enclosure* acfm [m³/s]</th> <th>Poor enclosure acfm [m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 5 [Up to 125]</td> <td>1 [25]</td> <td>220 [0.11]</td> <td>220 [0.11]</td> </tr> <tr> <td>5 to 10 [125 to 250]</td> <td>1.5 [38]</td> <td>220 [0.11]</td> <td>300 [0.15]</td> </tr> <tr> <td>10 to 14 [250 to 350]</td> <td>2 [50]</td> <td>300 [0.15]</td> <td>500 [0.25]</td> </tr> <tr> <td>14 to 16 [350 to 400]</td> <td>2 [50]</td> <td>390 [0.20]</td> <td>610 [0.31]</td> </tr> <tr> <td>16 to 20 [400 to 500]</td> <td>3 [75]</td> <td>500 [0.25]</td> <td>740 [0.37]</td> </tr> <tr> <td>20 to 24 [500 to 600]</td> <td>4 [100]</td> <td>610 [0.31]</td> <td>880 [0.44]</td> </tr> <tr> <td>24 to 30 [600 to 750]</td> <td>5 [125]</td> <td>880 [0.44]</td> <td>1,200 [0.60]</td> </tr> <tr> <td>30 to 36 [750 to 900]</td> <td>6 [150]</td> <td>1,200 [0.60]</td> <td>1,600 [0.80]</td> </tr> </tbody> </table> <p>* No more than 25% of wheel exposed. Minimum duct velocity = 4,000 fpm [20.00 m/s] F_s = 0.65 for straight take-off F_s = 0.40 for tapered take-off</p>	Wheel dia. inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Good enclosure* acfm [m³/s]	Poor enclosure acfm [m³/s]	Up to 5 [Up to 125]	1 [25]	220 [0.11]	220 [0.11]	5 to 10 [125 to 250]	1.5 [38]	220 [0.11]	300 [0.15]	10 to 14 [250 to 350]	2 [50]	300 [0.15]	500 [0.25]	14 to 16 [350 to 400]	2 [50]	390 [0.20]	610 [0.31]	16 to 20 [400 to 500]	3 [75]	500 [0.25]	740 [0.37]	20 to 24 [500 to 600]	4 [100]	610 [0.31]	880 [0.44]	24 to 30 [600 to 750]	5 [125]	880 [0.44]	1,200 [0.60]	30 to 36 [750 to 900]	6 [150]	1,200 [0.60]	1,600 [0.80]			저유량 고속속과 동일	레시버식	0		1.2	
Wheel dia. inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Good enclosure* acfm [m³/s]	Poor enclosure acfm [m³/s]																																												
Up to 5 [Up to 125]	1 [25]	220 [0.11]	220 [0.11]																																												
5 to 10 [125 to 250]	1.5 [38]	220 [0.11]	300 [0.15]																																												
10 to 14 [250 to 350]	2 [50]	300 [0.15]	500 [0.25]																																												
14 to 16 [350 to 400]	2 [50]	390 [0.20]	610 [0.31]																																												
16 to 20 [400 to 500]	3 [75]	500 [0.25]	740 [0.37]																																												
20 to 24 [500 to 600]	4 [100]	610 [0.31]	880 [0.44]																																												
24 to 30 [600 to 750]	5 [125]	880 [0.44]	1,200 [0.60]																																												
30 to 36 [750 to 900]	6 [150]	1,200 [0.60]	1,600 [0.80]																																												
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-12	SURFACE GRINDER	 <p> $Q = 0.043 \sqrt{10X^2 + A}$ acfm [m³/s] Minimum duct velocity = 3,500 fpm [17.50 m/s] F_s = 0.25 X = distance from hood face to center of wheel, ft [m] A = hood face area, ft² [m²] V_s = Wheel Speed, surface feet per min. (SFM or SFPM) [m/s] = π(d/12) N [π (d/1,000) N] d = diameter in inches [mm] N = rpm of grinding wheel </p>			휠 속도 에 따라 다름	레시버식	0		1.2																																					

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)																													
								가스	입자	흄 또는 미스트																															
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-13	CORE GRINDER	 <table border="1" data-bbox="785 444 1023 516"> <thead> <tr> <th>Disc diameter</th> <th>Duct diameter</th> <th>acfm</th> <th>[m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 20" [Up to 500 mm]</td> <td>6" [150 mm]</td> <td>900</td> <td>(0.45)</td> </tr> <tr> <td>20" to 30" [500 to 750 mm]</td> <td>8" [200 mm]</td> <td>1,600</td> <td>(0.80)</td> </tr> <tr> <td>30" to 53" [750 to 1,325 mm]</td> <td>12" [300 mm]</td> <td>3,500</td> <td>(1.75)</td> </tr> <tr> <td>53" to 72" [1,325 to 1,800 mm]</td> <td>16" [400 mm]</td> <td>6,500</td> <td>(3.15)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Minimum duct velocity = 4,000 fpm [20.00 m/s] Minimum slot velocity = 2,000 fpm [10.00 m/s]</p> <p>① $E_1 = 1.00; E_2 = 0.40$ ② Consider elbow and swivel joint losses*</p>	Disc diameter	Duct diameter	acfm	[m ³ /s]	Up to 20" [Up to 500 mm]	6" [150 mm]	900	(0.45)	20" to 30" [500 to 750 mm]	8" [200 mm]	1,600	(0.80)	30" to 53" [750 to 1,325 mm]	12" [300 mm]	3,500	(1.75)	53" to 72" [1,325 to 1,800 mm]	16" [400 mm]	6,500	(3.15)			활 속도에 따라 다름	레시버식		0		1.2										
Disc diameter	Duct diameter	acfm	[m ³ /s]																																						
Up to 20" [Up to 500 mm]	6" [150 mm]	900	(0.45)																																						
20" to 30" [500 to 750 mm]	8" [200 mm]	1,600	(0.80)																																						
30" to 53" [750 to 1,325 mm]	12" [300 mm]	3,500	(1.75)																																						
53" to 72" [1,325 to 1,800 mm]	16" [400 mm]	6,500	(3.15)																																						
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-14	VERTICAL SPINDLE DISGRINDER	 <table border="1" data-bbox="626 764 1023 859"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Disc diameter inches [mm]</th> <th colspan="2">1/2 or more of disc covered</th> <th colspan="2">Disc not covered</th> </tr> <tr> <th>No.*</th> <th>Exhaust flow rate, acfm [m³/s]</th> <th>No.*</th> <th>Exhaust flow rate, acfm [m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 20" [Up to 500]</td> <td>1</td> <td>500 [0.25]</td> <td>2</td> <td>780 [0.39]</td> </tr> <tr> <td>20 to 30" [500 to 750]</td> <td>2</td> <td>780 [0.39]</td> <td>2</td> <td>1,500 [0.75]</td> </tr> <tr> <td>30 to 53" [750 to 1,325]</td> <td>2</td> <td>1,800 [0.90]</td> <td>4</td> <td>3,500 [1.75]</td> </tr> <tr> <td>53 to 72" [1,325 to 1,800]</td> <td>2</td> <td>3,100 [1.55]</td> <td>5</td> <td>6,000 [3.00]</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Number of exhaust outlets around periphery of hood or equal distribution provided by other means.</p>	Disc diameter inches [mm]	1/2 or more of disc covered		Disc not covered		No.*	Exhaust flow rate, acfm [m ³ /s]	No.*	Exhaust flow rate, acfm [m ³ /s]	Up to 20" [Up to 500]	1	500 [0.25]	2	780 [0.39]	20 to 30" [500 to 750]	2	780 [0.39]	2	1,500 [0.75]	30 to 53" [750 to 1,325]	2	1,800 [0.90]	4	3,500 [1.75]	53 to 72" [1,325 to 1,800]	2	3,100 [1.55]	5	6,000 [3.00]				레시버식		0		1	
Disc diameter inches [mm]	1/2 or more of disc covered		Disc not covered																																						
	No.*	Exhaust flow rate, acfm [m ³ /s]	No.*	Exhaust flow rate, acfm [m ³ /s]																																					
Up to 20" [Up to 500]	1	500 [0.25]	2	780 [0.39]																																					
20 to 30" [500 to 750]	2	780 [0.39]	2	1,500 [0.75]																																					
30 to 53" [750 to 1,325]	2	1,800 [0.90]	4	3,500 [1.75]																																					
53 to 72" [1,325 to 1,800]	2	3,100 [1.55]	5	6,000 [3.00]																																					
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-15	HORIZONTAL DOUBLE-SPINDLE DIS GRINDER					레시버식		0		1																														

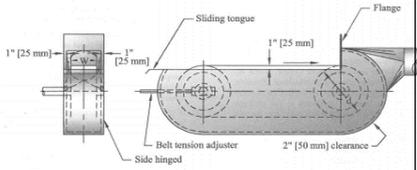
공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속비(IV/보건규칙)												
								가스	입자	흠 또는 미스트														
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Disc diameter (d) inches [mm]</th> <th>Exhaust flow rate acfm [am³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 19 [Up to 475]</td> <td>610 [0.31]</td> </tr> <tr> <td>19 to 25 [475 to 625]</td> <td>880 [0.44]</td> </tr> <tr> <td>25 to 30 [625 to 750]</td> <td>1,200 [0.60]</td> </tr> <tr> <td>30 to 53 [750 to 1,325]</td> <td>2,000 [1.00]</td> </tr> <tr> <td>53 to 72 [1,325 to 1,800]</td> <td>6,300 [3.15]</td> </tr> </tbody> </table>	Disc diameter (d) inches [mm]	Exhaust flow rate acfm [am³/s]	Up to 19 [Up to 475]	610 [0.31]	19 to 25 [475 to 625]	880 [0.44]	25 to 30 [625 to 750]	1,200 [0.60]	30 to 53 [750 to 1,325]	2,000 [1.00]	53 to 72 [1,325 to 1,800]	6,300 [3.15]									
Disc diameter (d) inches [mm]	Exhaust flow rate acfm [am³/s]																							
Up to 19 [Up to 475]	610 [0.31]																							
19 to 25 [475 to 625]	880 [0.44]																							
25 to 30 [625 to 750]	1,200 [0.60]																							
30 to 53 [750 to 1,325]	2,000 [1.00]																							
53 to 72 [1,325 to 1,800]	6,300 [3.15]																							
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-16	SWING GRINDER		개구면 1.2-1.8M	0.75		포위식	0		0.7	1.1													
			개구면 0.6-1.2M	1			포위식	0		0.7	1.4													
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-17	ABRASIVE CUT-OFF SAW			1.25		포위식	0		0.7	1.8													

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)
								가스	입자	흠 또는 미스트		
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-18	HAND GRINDER BENCH		1.25			외부식 하방향		0		1	
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-19	PORTABLE CHIPPING AND GRINDING TABLE		0.75			외부식 하방향		0		1	0.8

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속비(IV/보건규칙)																													
								가스	입자	흄 또는 미스트																															
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-30	MANUAL BUFFING AND POLISHING	 <p>Adjustable tongue - keep as close to wheel as possible</p> <p>0.25 ϕ minimum</p> <p>Direction of rotation</p> <p>1.5" (38 mm) for hand wheel 3" (75 mm) for soft wheel</p> <p>0.75 ϕ if possible</p> <p>Trap with cleanout when desirable</p> <p>Minimum dust velocity: 3,500 fpm (17.50 m/s), 4,500 fpm (22.50 m/s) if material is wet or sticky</p> <p>$V_a = 0.65$ for straight take-off $V_a = 0.40$ for tapered take-off</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Wheel dia. inches [mm]</th> <th rowspan="2">Wheel width inches [mm]</th> <th colspan="2">Exhaust flow rate acfm [m³/s]</th> </tr> <tr> <th>Good enclosure *</th> <th>Poor enclosure</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 9 [Up to 225]</td> <td>2 [50]</td> <td>300 [0.15]</td> <td>400 [0.20]</td> </tr> <tr> <td>over 9 to 16 [over 225 to 400]</td> <td>3 [75]</td> <td>500 [0.25]</td> <td>610 [0.31]</td> </tr> <tr> <td>over 16 to 19 [over 400 to 475]</td> <td>4 [100]</td> <td>610 [0.31]</td> <td>740 [0.37]</td> </tr> <tr> <td>over 19 to 24 [over 475 to 600]</td> <td>5 [125]</td> <td>740 [0.37]</td> <td>1,200 [0.60]</td> </tr> <tr> <td>over 24 to 30 [over 600 to 750]</td> <td>6 [150]</td> <td>1,040 [0.52]</td> <td>1,500 [0.75]</td> </tr> <tr> <td>over 30 to 36 [over 750 to 900]</td> <td>6 [150]</td> <td>1,200 [0.60]</td> <td>2,000 [1.00]</td> </tr> </tbody> </table> <p>* not more than 25% of the wheel is exposed Note : Consult applicable NFPA codes Caution : Do not mix ferrous and non-ferrous metals in same exhaust system.</p>	Wheel dia. inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Exhaust flow rate acfm [m ³ /s]		Good enclosure *	Poor enclosure	Up to 9 [Up to 225]	2 [50]	300 [0.15]	400 [0.20]	over 9 to 16 [over 225 to 400]	3 [75]	500 [0.25]	610 [0.31]	over 16 to 19 [over 400 to 475]	4 [100]	610 [0.31]	740 [0.37]	over 19 to 24 [over 475 to 600]	5 [125]	740 [0.37]	1,200 [0.60]	over 24 to 30 [over 600 to 750]	6 [150]	1,040 [0.52]	1,500 [0.75]	over 30 to 36 [over 750 to 900]	6 [150]	1,200 [0.60]	2,000 [1.00]			휠 속도에 따라 다름	레시버식	0	0	0.7	0.0
Wheel dia. inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Exhaust flow rate acfm [m ³ /s]																																							
		Good enclosure *	Poor enclosure																																						
Up to 9 [Up to 225]	2 [50]	300 [0.15]	400 [0.20]																																						
over 9 to 16 [over 225 to 400]	3 [75]	500 [0.25]	610 [0.31]																																						
over 16 to 19 [over 400 to 475]	4 [100]	610 [0.31]	740 [0.37]																																						
over 19 to 24 [over 475 to 600]	5 [125]	740 [0.37]	1,200 [0.60]																																						
over 24 to 30 [over 600 to 750]	6 [150]	1,040 [0.52]	1,500 [0.75]																																						
over 30 to 36 [over 750 to 900]	6 [150]	1,200 [0.60]	2,000 [1.00]																																						

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)																				
								가스	입자	흠 또는 미스트																						
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-31	BUFFING LATHE	 <table border="1" data-bbox="632 713 1003 844"> <thead> <tr> <th>Wheel diameter (d) inches [mm]</th> <th>Wheel width inches [mm]</th> <th>Exhaust flow rate acfm [m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 9 [Up to 225]</td> <td>2 [50]</td> <td>400 [0.20]</td> </tr> <tr> <td>9 to 16 [225 to 400]</td> <td>3 [75]</td> <td>610 [0.31]</td> </tr> <tr> <td>16 to 19 [400 to 475]</td> <td>4 [100]</td> <td>740 [0.37]</td> </tr> <tr> <td>19 to 24 [475 to 600]</td> <td>5 [125]</td> <td>1,200 [0.60]</td> </tr> <tr> <td>24 to 30 [600 to 750]</td> <td>6 [150]</td> <td>1,500 [0.75]</td> </tr> <tr> <td>30 to 36 [750 to 900]</td> <td>6 [150]</td> <td>1,900 [0.95]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Note: For wider wheels than listed, increase acfm [m³/s] with width Minimum duct velocity = 3,500 fpm [17.50 m/s] = 4,500 fpm [22.50 m/s] if material is wet or sticky $F_s = 0.40$</p> <p>Notes: 1. Consult applicable NFPA codes. 2. For titanium, aluminum, and magnesium, eliminate hopper use 5,000 fpm [25.00 m/s] through hood cross-section. 3. Caution: Do not mix ferrous and non-ferrous metals in same exhaust system.</p>	Wheel diameter (d) inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Exhaust flow rate acfm [m³/s]	Up to 9 [Up to 225]	2 [50]	400 [0.20]	9 to 16 [225 to 400]	3 [75]	610 [0.31]	16 to 19 [400 to 475]	4 [100]	740 [0.37]	19 to 24 [475 to 600]	5 [125]	1,200 [0.60]	24 to 30 [600 to 750]	6 [150]	1,500 [0.75]	30 to 36 [750 to 900]	6 [150]	1,900 [0.95]			휠 속도에 따라 다름	레시버식	0	0	0.7	
Wheel diameter (d) inches [mm]	Wheel width inches [mm]	Exhaust flow rate acfm [m³/s]																														
Up to 9 [Up to 225]	2 [50]	400 [0.20]																														
9 to 16 [225 to 400]	3 [75]	610 [0.31]																														
16 to 19 [400 to 475]	4 [100]	740 [0.37]																														
19 to 24 [475 to 600]	5 [125]	1,200 [0.60]																														
24 to 30 [600 to 750]	6 [150]	1,500 [0.75]																														
30 to 36 [750 to 900]	6 [150]	1,900 [0.95]																														
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-32	BACKSTAND IDLER POLISHING MACHINE				휠 속도에 따라 다름	레시버식	0	0	0.7																						

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)																							
								가스	입자	흠 또는 미스트																									
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Belt width inches (mm)</th> <th>Exhaust flow rate acfm (m³/s)</th> <th>Exhaust flow rate acfm (m³/s)</th> </tr> <tr> <td></td> <td>Gross enclosure *</td> <td>Enclosure</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 1/2 [38]</td> <td>220 [0.11]</td> <td>300 [0.15]</td> </tr> <tr> <td>2 [50]</td> <td>390 [0.20]</td> <td>610 [0.31]</td> </tr> <tr> <td>3 [75]</td> <td>500 [0.25]</td> <td>740 [0.37]</td> </tr> <tr> <td>4 [100]</td> <td>610 [0.31]</td> <td>880 [0.44]</td> </tr> <tr> <td>5 [125]</td> <td>880 [0.44]</td> <td>1,200 [0.60]</td> </tr> <tr> <td>6 [150]</td> <td>1,200 [0.60]</td> <td>1,570 [0.79]</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Hood as shown; no more than 25% of wheel exposed. $F_h = 0.40$ Minimum duct velocity = 3,500 fpm [17.50 m/s], 4,500 fpm [22.50 m/s] if wet or sticky. Notes: 1. Consult applicable NFPA Standards. 2. For titanium, aluminum and magnesium eliminate hopper and use 5,000 fpm [23.00 m/s] through hood cross section. 3. Caution: do not mix ferrous and non-ferrous metals in same exhaust system.</p>	Belt width inches (mm)	Exhaust flow rate acfm (m³/s)	Exhaust flow rate acfm (m³/s)		Gross enclosure *	Enclosure	1 1/2 [38]	220 [0.11]	300 [0.15]	2 [50]	390 [0.20]	610 [0.31]	3 [75]	500 [0.25]	740 [0.37]	4 [100]	610 [0.31]	880 [0.44]	5 [125]	880 [0.44]	1,200 [0.60]	6 [150]	1,200 [0.60]	1,570 [0.79]								
Belt width inches (mm)	Exhaust flow rate acfm (m³/s)	Exhaust flow rate acfm (m³/s)																																	
	Gross enclosure *	Enclosure																																	
1 1/2 [38]	220 [0.11]	300 [0.15]																																	
2 [50]	390 [0.20]	610 [0.31]																																	
3 [75]	500 [0.25]	740 [0.37]																																	
4 [100]	610 [0.31]	880 [0.44]																																	
5 [125]	880 [0.44]	1,200 [0.60]																																	
6 [150]	1,200 [0.60]	1,570 [0.79]																																	
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-33	straight line automatic buffing		1.25			레시버식		0		0.7	1.8																							
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-34	circular automatic buffing		1.25			포위식		0		0.7																								

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m ³ /s/m ²)	환기량 기준 (m ³ /s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보 건규칙)													
								가스	입자	흄 또는 미스트															
MECHANICAL SURFACE CLEANING AND FINISHING	VS-80-35	METAL POLISHING BELT	 <table border="1" data-bbox="665 637 930 783"> <thead> <tr> <th>Belt width, inches [mm]</th> <th>Exhaust flow rate, acfm [m³/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Up to 3 [Up to 75]</td> <td>220 [0.11]</td> </tr> <tr> <td>3 to 5 [75 to 125]</td> <td>300 [0.15]</td> </tr> <tr> <td>5 to 7 [125 to 175]</td> <td>390 [0.20]</td> </tr> <tr> <td>7 to 9 [175 to 225]</td> <td>500 [0.25]</td> </tr> <tr> <td>9 to 11 [225 to 275]</td> <td>610 [0.31]</td> </tr> <tr> <td>11 to 13 [275 to 325]</td> <td>740 [0.37]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Minimum duct velocity = 3,500 fpm [17.50 m/s], 4,500 fpm [22.50 m/s] if material is wet or sticky $F_v = 0.65$ for straight take-off $F_v = 0.45$ for tapered take-off</p> <p>Notes: 1. Consult applicable NFPA standards Reference 13.80.2 2. Caution: Do not mix ferrous and non-ferrous metals in same exhaust system.</p>	Belt width, inches [mm]	Exhaust flow rate, acfm [m ³ /s]	Up to 3 [Up to 75]	220 [0.11]	3 to 5 [75 to 125]	300 [0.15]	5 to 7 [125 to 175]	390 [0.20]	7 to 9 [175 to 225]	500 [0.25]	9 to 11 [225 to 275]	610 [0.31]	11 to 13 [275 to 325]	740 [0.37]			휠 속도에 따라 다름	레시버식	0	0	0.7	
Belt width, inches [mm]	Exhaust flow rate, acfm [m ³ /s]																								
Up to 3 [Up to 75]	220 [0.11]																								
3 to 5 [75 to 125]	300 [0.15]																								
5 to 7 [125 to 175]	390 [0.20]																								
7 to 9 [175 to 225]	500 [0.25]																								
9 to 11 [225 to 275]	610 [0.31]																								
11 to 13 [275 to 325]	740 [0.37]																								
평균												1.1													

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 (m³/s/m²)	환기량 기준 (m³/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
WELDING AND CUTTING	VS-90-30	METAL SPRAYING	<p>Blow velocity = 2,000 fpm [10 m/s]</p> <p>45° taper angle</p> <p>Face open</p> <p>METALLIZING BOOTH</p> <p>Gully top work bench</p> <p>Clean-out door</p> <p>Non-toxic: $Q = 150 \text{ acfm}^2 [0.75 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2]$ face area</p> <p>Toxic: Provide appropriate NIOSH certified respirator $Q = 200 \text{ acfm}^2 [1.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2]$ face area</p>	1		독성	포위식			0	0.7	1.4
				0.75		무독성	포위식			0	0.7	1.1
WELDING AND CUTTING			<p>12" [300 mm] min.</p> <p>8" [200 mm] min.</p> <p>LOCAL HOOD</p> <p>Flex duct to allow movement full length of work</p> <p>Hood extends as low as possible to close to the rod. Hood may be connected to move with rod rest.</p> <p>Note: Local hood may not be satisfactory for spraying toxic metals. $Q = 200 \text{ acfm}^2 [1.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2]$ face openings Minimum duct velocity = 3,500 fpm [17.80 m/s] $V_f = 0.25$</p>	1			포위식			0	0.7	1.4
평균												1.3

[95-Wood working]

공정	Figure	세부공정	후드 형태 및 추가 고려사항	제어 유속 기준 ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$)	환기량 기준 (m^3/s)	비고	후드 형태	성상			산업안전보건법 기준 제어 유속 (m/s)	제어유속 비(IV/보건 규칙)
								가스	입자	흄 또는 미스트		
			제어유속 없음									

연구진

연구기관 : 주식회사 벤틱

연구책임자 : 하현철 (대표이사, (주)벤틱)

연구원 : 김대윤 (팀장, (주)벤틱)

연구보조원 : 김현주 (직원, (주)벤틱)

연구보조원 : 진상윤 (직원, (주)벤틱)

보조원 : 김태윤 (직원, (주)벤틱)

보조원 : 김미애 (주임, (주)벤틱)

연구기간

2023. 04. 26. ~ 2023. 11. 30.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2023년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

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

산업안전보건연구원장

**국소배기장치의 체계적 관리를 위한 설치·관리기준 연구
(2023-산업안전보건연구원-718)**

발행일 : 2023년 11월 30일

발행인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 소속기관 직위 이름

발행처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전화 : 052-703-0000

팩스 : 052-703-0000

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

I S B N : 979-11-93642-02-3

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체