

碩 士 學 位 論 文
指 導 教 授 金 洙 根

충북지역 중·소규모 사업장의
국소배기장치 설치 실태와 문제점 및
개선방안

Additional Improvement and Evaluation of Exhaust
Ventilation Systems at Small and Medium Sized
Enterprise in ChungCheongBuk-Do Province

2007年 6月 日

漢城大學校 安全保健經營大學院

産業保健工學科

産業衛生工學專攻

林 成 根

碩 士 學 位 論 文
指 導 教 授 金 洙 根

충북지역 중·소규모 사업장의
국소배기장치 설치 실태와 문제점 및
개선방안

Additional Improvement and Evaluation of Exhaust
Ventilation Systems at Small and Medium Sized
Enterprise in ChungCheongBuk-Do Province

위 論文을 産業衛生工學 碩士學位論文으로 提出함

2007年 6月 日

漢城大學校 安全保健經營大學院

産業保健工學科

産業衛生工學專攻

林 成 根

林成根의 産業衛生工學碩士學位論文을 認准함

2007年 6月

심사위원장

박두용 (인)

심사위원

김치배 (인)

심사위원

김수근 (인)

- 목 차 -

표 목차	iii
그림 목차	iv
 I. 서 론	 1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구목적	2
 II. 연구 방법	 4
1. 조사대상 및 조사기간	4
2. 용어의정의	4
3. 조사 방법	6
 III. 연구결과	 20
1. 사업장의 업종별 분포	20
2. 사업장의 규모별 분포	21
3. 국소배기장치의 공기정화방식 분포	22
4. 조사대상 유해인자의 성상별 분포	22
5. 후드별 유해인자의 발생속도	23
6. 조사대상 후드의 형태별 분포	23
7. 후드의 연기발생기(smoke tester)를 이용한 점검 결과	24
8. 후드형태별 제어풍속 측정결과	24
9. 발연관 평가와 열선풍속계 평가 결과의 비교	25
10. 후드부 실측 배풍량(Qah)과 필요 환기량(Qih)의 비	27
11. 후드 필요환기량(Qah)과 실측 배풍량(Qih)의 비가 1 이상이나 제어풍속이 기준 미만인 후드	28
12. 배기구 실측 배풍량(Qast)과 총 필요환기량(Qit) 비	29
13. 배기구 실측 배풍량(Qast)과 설치된 송풍기 풍량(Qfan)의 비 ..	29

14. 후드부 실측 총 배풍량(Qath)과 배기구 실측 배풍량(Qast) 비	30
15. 후드부 실측 총 배풍량(Qath)과 설치된 송풍기 풍량(Qfan) 비	31
16. 후드부 실측 총 배풍량(Qath)과 총 필요환기량(Qit) 비	31
17. 설치된 송풍기 풍량(Qfan)과 총 필요환기량(Qit)의 비	32
18. 국소배기장치의 종합평가	33
 IV. 고찰 및 결론	 34
 V. 요약	 40
 참고문헌	 42
 ABSTRACT	 44

표 목차

표 1. 국소배기장치의 설계 기본절차	7
표 2. 국내 국소배기장치 실태조사 연구 비교	8
표 3. 미국산업위생전문가협회에서 권고하는 제어풍속 범위	10
표 4. 분진작업장소에 설치하는 국소배기장치의 제어풍속	13
표 5. 관리대상 유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어풍속	15
표 6. 허가대상유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어풍속	16
표 7. 금지유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어풍속	16
표 8. 국소배기장치의 주요 후드형태별 필요 환기량(Q_{ih}) 계산식	17
표 9. 조사사업장 업종별 분포	21
표 10. 조사 사업장 규모별 분포	21
표 11. 조사대상 국소배기시스템의 공기정화 방식 분포	22
표 12. 조사대상 유해인자의 성상별 분포	22
표 13. 후드별 작업조건(유해인자의 발생속도) 분포	23
표 14. 후드형태별 분포	23
표 15. 연기발생기를 이용한 기류의 후드유입상태 점검결과	24
표 16. 후드형태별 제어풍속측정결과	25
표 17. 후드형태별 발연관 평가결과와 제어풍속 평가결과의 비교	26
표 18. 발연관 결과는 양호하나 제어풍속이 기준 이하인 후드의 형태 및 유해인자 성상별로 실측 제어풍속과 법적제어풍속의 비	27
표 19. 후드 필요환기량(Q_{ih})과 실측 배풍량(Q_{ah})의 비	28
표 20. Q_{ah}/Q_{ih} 가 1 이상이나 법적 제어풍속에 적합하지 못한 후드 분포	28
표 21. 배기구 실측풍량(Q_{ast})과 총 필요환기량(Q_{it}) 비	29
표 22. 배기구 실측배풍량(Q_{ast})과 설치된 송풍기 풍량(Q_{fan}) 비	30
표 23. 후드 실측총배풍량(Q_{ath})과 배기구의 실측풍량(Q_{ast}) 비	30
표 24. 후드 실측 총 배풍량(Q_{ath})과 설치된 송풍기 풍량(Q_{fan}) 비	31
표 25. 후드 실측 총 배풍량(Q_{ath})과 총 필요 환기량(Q_{it}) 비	32

표 26. 설치된 송풍기풍량(Q_{fan})과 총 필요 환기량(Q_{it}) 비	32
표 27. 국소배기장치의 종합평가지표 산출결과	33

그림 목차

그림 1. 연기발생형태에 따른 제어풍속.	11
그림 2. 원형 및 사각형 후드에서의 풍속측정 위치.	12

I. 서 론

1. 연구의 필요성

최근에도 Trichloroethylene(TCE), N,N-Dimethylformamide(DMF) 등과 같은 산업현장에서 제조, 사용되는 각종 화학물질로 인한 직업병, 중독으로 인한 사망사고가 발생되고 있으며, 이들 사례의 여러 원인중의 하나로 환기시설의 미흡이 지적되고 있다.

제조업체에서 제품을 생산하는 과정에서 여러 가지 다양한 유해물질이 발생되어 노출되는 데 이러한 유해물질로부터 근로자를 보호하기 위해서는 작업환경개선대책으로 유해인자의 대치, 격리(작업공정의 자동화), 노출시간의 단축, 환기시설의 설치, 보호구의 착용 등이 있다. 작업환경관리의 근본적인 문제해결을 위해서는 대치나 격리의 방법이 가장 좋은 방법이겠으나 이들 방법이 곤란하거나 적용이 불가능한 경우에 환기를 통하여 작업장의 유해환경을 제어할 수 있기 때문에 환기는 발생하는 각종 유해화학물질 및 고열을 제거하는 기술로서 산업위생분야의 가장 중요한 공학적인 기법의 하나라고 할 수 있다(한돈희, 2001). 환기는 크게 전체환기와 국소배기로 나눌 수 있으며, 특히 국소배기장치는 오염물질의 배출원 가까이에서 후드를 설치하고 후드에 덕트, 공기정화장치, 송풍기 등의 환기 시스템을 이용하여 환기시키는 방식으로 효율 면에서 전체환기 보다 앞서는 방식이다(한돈희, 2001). 그러나 경제적인 여건으로 설치하지 못한 사업장이 많이 있으며, 설치되었더라도 그 효율이 적정치 못하거나 관리소홀로 그 기능을 제대로 발휘하지 못하고 있는 실정이다(박성기, 1993).

산업안전보건법(산업보건에 기준에 관한 규칙)에는 국소배기장치의 설치대상 작업(인자) 및 그에 대한 법적제어풍속을 정하고 있으며, 정기적으로 자체검사를 실시하여, 성능이 유지되도록 관리하여야 하는 것으로 정하고 있다. 하지만 국소배기장치의 성능을 단적으로 볼 수 있는 제어풍속에 대한 한국산업안전공단(1991)의 조사에 의하면 54.2%가

“양호”, 45.8%가 “불량”이라고 보고하였고, 이필용(2001)의 연구에서는 제어풍속측정 결과 33.3%가 “양호”, 66.7%가 “불량”하다고 보고하였다. 박선근(2004)의 제어풍속조사에서도 제어풍속 평가결과 55.6%가 “양호” 44.4%가 “불량”으로 평가되었다.

이처럼 국소배기장치의 성능이 양호하지 못한 원인으로 한국산업 안전공단(1991년)의 평가보고서에서는 설계불량이 84.1%, 설치불량이 7.9%, 관리 불량이(5.4%), 기타 2.6%가 기술적인 문제점을 가지고 있다고 하였다(박선근, 2005). 이들 이필용(2001)과 박선근(2004)은 국소배기장치를 평가하는 데에 제어풍속과 더불어 국소배기장치의 각 요소별 적, 부를 파악하고, 국소배기장치의 시스템을 종합적인 평가도 하였는데 그 결과에서 각각 12.0%와 14.8%가 양호하다고 하였다. 한편 김태형 등(2005)은 송풍기의 효율을 조사하여 유량비 80% 이상으로 양호한 송풍기는 26%에 불과하다고 하였다.

근로자의 건강을 보호하고 직업병에 이환되지 않도록 쾌적한 작업환경을 조성하고 유지하는데 있어서 가장 먼저 제기되는 것 중의 하나가 국소배기장치라고 할 수 있다. 국소배기장치를 통하여 작업장의 유해인자를 제거하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 직업병을 예방하고 근로자의 건강을 유지 증진시킬 수 있다. 따라서 국소배기장치를 효율적이고 효과적으로 이용하는 것은 근로자 건강보호와 작업환경개선을 위한 필수적인 사항이라고 할 수 있다(윤영노 외, 2000).

그러나 앞에서 살펴본 바와 같이 우리나라 사업장에 설치되어 있는 국소배기장치의 성능이 양호한 경우가 60%이하로 문제가 심각하였으며, 국소배기장치의 설치와 관리 실태에 대한 조사도 부족하여 관련 연구를 시행할 필요가 있었다.

2. 연구목적

본 연구에서는 충북지역에 소재하는 중소규모 사업장에 설치되어 있는 국소배기장치를 점검하여 그 성능을 평가함으로써 제조업체의 국

소배기장치의 문제점을 도출하여 논의하고 개선방안을 제시하고자 하였다.

구체적인 목적은 다음과 같다.

1. 국소배기장치의 후두에서 발연관 검사, 제어풍속을 측정하여 법적 제어풍속 기준에 적합한가를 파악하고자 하였다.

2. 국소배기장치의 후두에서 실측 배풍량과 이론적 필요 환기량을 비교하여 후두에서 적정하게 환기를 하고 있는가를 파악하고자 하였다.

3. 국소배기장치의 배기구에서 실측 풍량과 이론적 총 필요 환기량, 설치된 송풍기 풍량, 각 후두에서 실측한 총 배풍량을 각각 비교하여 국소배기장치가 적정한지를 파악하고자 하였다.

4. 국소배기장치의 각 후두에서 실측한 총 배풍량과 설치된 송풍기 풍량, 이론적 총 필요 환기량을 각각 비교하여 국소배기장치가 적정한지를 파악하고자 하였다.

5. 국소배기장치의 이론적 총 필요 환기량과 설치된 송풍기 풍량을 비교하여 최초 설치 시에 적절하게 설치되었는가를 파악하였다.

6. 이상의 국소배기장치 성능평가를 위한 측정치와 이론치로 국소배기장치의 종합평가 지표를 가지고 국소배기장치에 대한 설계·설치, 성능 및 관리의 종합적인 평가를 하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 조사대상 및 조사기간

본 연구의 조사대상은 충청지역에 중·소규모 제조업체 중 국소배기장치가 설치된 사업장을 대상으로 2006년 3월부터 2007년 3월까지 직접 방문하여 최종 50개 사업장의 100개 국소배기장치를 대상으로 실시하였다.

조사 과정에서 연구목적을 얻을 수 없거나 접근이 어려운 형태(고열제거 목적의 레시바식(receiving) 케노피 후드, 도금조나 세척조 등에 설치된 개방조(open surface tank) 후드, Push-pull장치 등) 및 상황(설치된 송풍기의 풍량을 확인할 수 없는 등)의 국소배기장치는 조사에서 제외 하였다.

2. 용어의정의

주요 용어에 대하여 다음과 같이 정의하였다.

- 국소배기장치(local exhaust ventilation system) : 오염원에서 발생(배출)된 오염물질(유해물질)이 작업장 내로 확산되기 전에 포집해 적절하게 처리하여 배기하는 시설로, 이는 후드, 덕트, 공기정화장치, 송풍기, 배출구로 구성된다.

- 후드(hood) : 유해물질을 흡입하여 덕트로 들어가도록 유도하는 개구부이다.

- 제어풍속(제어속도 ; capture velocity) : 후드 앞 오염원에서의 기류로서, 오염공기를 후드로 흡입하는데 필요한 최소기류속도이다.

- 개구면속도(face velocity, 면속도) : 후드 개구부 면에서 측정된 기류의 속도이다.

- 송풍기(Fan 또는 Blower) : 회전차가 회전함으로써 발생하는 원심력 혹은 양력을 이용해 시스템 고유의 압력손실을 극복하여 필요한

풍량을 빨아내거나, 목적지까지 이동시키는 역할을 하는 장치이다. 즉, 국소배기시스템 내에 걸려있는 저항을 거슬러 필요한 양의 공기를 이송시키는(흐르게 하는) 동력원 역할을 하는 것이다. 통상 팬(Fan) 또는 블로어(Blower)등으로 불리며, 팬과 블로어에 대한 명확한 구분은 없지만 압력상승 한계가 1,000 mmH₂O 미만인 것은 팬이라 하고, 그 이상인 것을 블로어라고도 한다(박동욱 외, 2005).

- 송풍량(환기량) : 송풍기 가동으로 송풍기를 통과하는 시간당 공기의 양($\text{m}^3/\text{분}$, $\text{m}^3/\text{시간}$)을 의미 한다(박동욱 외, 2005).

- 사용 전 점검 : 설치한 국소배기장치를 처음으로 사용하는 때 또는 국소배기장치를 분해하여 개조 또는 수리를 한 후 처음으로 사용하는 때에 사용 전에 국소배기장치의 성능을 유지하기 위하여 필요한 사항을 점검하는 것이다(노동부, 2006).

- 국소배기장치 자체검사 : 설치한 국소배기장치의 성능유지를 위하여 정기적으로(1년에 1회 이상) 필요한 사항을 검사하는 것이다(노동부, 2006).

- 후드에서의 필요환기량(Q_{ih}) : 국소배기장치 설계에 있어 후드의 형태, 발생원과의 거리, 개구면 크기, 제어속도 등을 고려해 이론적으로 구하는(오염원을 적절히 제어하기 위해 후드로 유입시켜야 하는 공기량)공기유량($\text{m}^3/\text{분}$, $\text{m}^3/\text{시간}$)이다.

- 후드에서의 실측배풍량(Q_{ah}) : 설치된 국소배기장치의 후드로 실제 유입되어 흐르는 공기량($\text{m}^3/\text{분}$, $\text{m}^3/\text{시간}$)이다.

- 국소배기장치(시스템) 총 필요환기량(Q_{it}) : 국소배기장치 설계에 있어 연결된 모든 후드에서 계산한 필요환기량의 총 합으로 송풍기 선정 근거가 되는 공기유량($\text{m}^3/\text{분}$, $\text{m}^3/\text{시간}$)이다.

- 국소배기장치(시스템) 후드에서 측정한 총 배풍량(Q_{ath}) : 국소배기장치에 연결된 후드에서의 실측한 배풍량(Q_{ah})을 모두 합한 풍량($\text{m}^3/\text{분}$, $\text{m}^3/\text{시간}$)이다.

- 설치된 송풍기 송풍량(Q_{fan}) : 송풍기 제작회사가 송풍기 제작 후 일정 시험을 거쳐 부착(일반적으로 형식, 송풍량, 회전수, 정압, 축동력, 제작일 등을 표시함)한 것으로 사업장 현장조사 시 명패(name

plate) 등으로 파악된 송풍량($\text{m}^3/\text{분}$, $\text{m}^3/\text{시간}$)이다.

- 배기구(stack) 실측 배풍량(Q_{ast}) : 배기구를 통해 실제 배기되는 공기유량($\text{m}^3/\text{분}$, $\text{m}^3/\text{시간}$)이다.

3. 조사 방법

국소배기장치에 대한 설계에 관한 문헌, 기존 연구자료 및 법적 기준에 대하여 고찰을 통하여 조사표를 만들고 사업장을 직접 방문해 현장조사를 실시하였다.

국소배기장치는 그 구성상 후드, 덕트, 공기정화장치, 송풍기(모터 포함)등 다양한 구성 요소들의 상호작용으로 작동되므로 그 복잡함 만 큼이나 그 평가와 발생하는 문제점 파악 또한 어려운 일이다. 따라서 체계적인 접근과 조사를 위해 조사표를 만들기 위해 필요가 있고, 조사 항목의 충실을 위해 관련 문헌에서 국소배기장치의 설계절차와 고려되는 사항[표 1], 기존 주요 연구자료[표 2] 및 법적인 사항을 조사, 검토 하였다. 국소배기장치의 설계는 큰 흐름상 시스템에 필요한 총 환기량의 산출과 그에 걸리는(작용하는) 총 정압을 산출하는 것으로 볼 수 있다.

현장에 이미 설치된 후드의 경우 필요환기량은 후드 형식, 개구면 크기, 방향, 제어풍속, 발생원과의 거리, 발생물의 성상 등으로 인해 이미 정해져 있다고 볼 수 있다. 이 상태에서 후드를 통한 배풍량이나 실측제어풍속은 처음 설치할 때 송풍기가 어떤 것 이냐와 그 후 총체적으로 얼마나 잘 관리 되었느냐에 따라 달라진다. 우선 국소배기장치가 처음 설치될 때에 적절하게 되었는가를 파악하기 위하여 현재 설치된 후드에서 요구되는 총 필요환기량과 설치된 송풍량을 파악하여 비교하였다. 그리고 국소배기장치가 적절한지를 파악하기 위하여 후드에서 발연관 검사, 제어풍속을 측정하여 연기발생상태를 조사하고, 법적 제어풍속 기준과 비교하였고, 후드에서 실측 배풍량과 이론적 필요 환기량을 조사하여 비교하였고, 배기구에서 실측 풍량과 이론적 총 필요 환

기량, 설치된 송풍기 풍량, 각 후드에서 실측한 총 배풍량을 조사하여 각각을 비교하였으며, 국소배기장치의 각 후드에서 실측한 총 배풍량과 설치된 송풍기 풍량, 이론적 총 필요 환기량을 조사하여 각각 비교하였다. 마지막으로 국소배기장치의 적정성을 종합적으로 평가하기 위하여 앞에서 조사한 각각의 결과를 가지고 다음과 같은 산출식을 이용하였다.

$$\text{종합평가지표} = \frac{\left(\frac{Q_{fan}}{Q_{it}} + \frac{Q_{ast}}{Q_{it}} + \frac{Q_{ast}}{Q_{fan}} + \frac{Q_{ath}}{Q_{ast}} + \frac{Q_{ath}}{Q_{fan}} + \frac{Q_{ath}}{Q_{it}} \right)}{6}$$

산업안전보건법에서 정하고 있는 작업장 국소배기장치의 성능에 관한 조항은 산업보건기준에 관한 규칙을 2003년도에 전면 개정하여 시행하고 있다(노동부, 2006).

표 1. 국소배기장치의 설계 기본절차(한돈희, 2001)

Part	Task		Required Data
Total system	계통도 작성		현장도면, 공정자료, 작업조건 작업환경자료, MSDS, TLV 등
후드(hood)	선정	모양, 크기, 재질	작업조건/특성, 유해요인 특성
	계산	풍량(Q) 에너지	제어풍속, 거리 후드정압(SPh)계산
덕트(duct)	선정	재질	유해물질 특성/공정
	계산	크기(D) 에너지	최소반송속도(Vd) 덕트의 압력손실(길이, 모양)
공기정화장치	선정	종류, 용량 에너지	집진기 압력손실(제조사 제공)
송풍기(fan)	선정	종류 용량	송풍기의 특성 송풍량, 정압, 전기적 특성 고려
배기구(stack)	선정	재질	유해물질 특성/공정
	계산	크기(D) 에너지	최소반송속도(Vd) 덕트의 압력손실(길이, 모양)

표 2. 국내 국소배기장치 실태조사 연구 비교(박선근, 2005)

년도	연구자(기관)	연구 범위	조 사 부 분	조 사 방 법
1991	한국산업 안전공단	전국 784개소	- 후드부 제어풍속 - 후드 - 국소배기장치 설치 주체	산업안전 보건법
2001	이필용	울산지역 45개사업장 117개 공정	- 후드부 제어풍속 - 후드 - 덕트	미국산업위생전 문가협의회 (ACGIH) 권고사항
2004	박선근	서울, 경기, 인천 지역 54개소	- 후드부 제어풍속 - 덕트내 반송속도 - 후드, 덕트, 송풍기 및 모터, 공기정화장치	산업안전보건법 (한국산업안전공 단 국소배기장치자 체검사항식)
2005	김태형 외 (한국산업안전공단 산업안전보건연구원)	40여개소	- 송풍기 효율(유량비)	-

개정 전의 산업보건기준에 관한 규칙에는 제2편(분진), 제3편(연), 제4편(4알킬연 등), 제5편(유기용제), 제6편(특정화학물질) 등 각 편의 유해인자로 인한 건강장해예방을 위해 국소배기장을 설치, 관리하도록 하였다. 이에는 국소배기장치 설치대상(설치대상 작업), 설치형태(포위형 또는 부스형 권장, 외부형인 경우 발산원에 가장 가까운 위치에 설치), 성능(후드 외측에서 규정한 유해인자 환경농도 이하로 유지, 노동부장관이 정하는(노동부고시 90-45) 제어풍속을 낼 수 있는 성능을 갖출 것), 관리(사용 전 점검, 자체검사 및 안전담당자의 직무로 매월 1회 이상 점검) 및 결과조치(점검 및 검사결과 이상을 발견한 때에는 즉시 청소, 보수 기타 필요한 조치를 할 것) 내용이 있다.

2003. 7 .12 개정된 산업보건기준에 관한 규칙은 제2장(분진), 제8장(방사선), 제11장(관리대상유해물질), 제12장(허가대상유해물질), 제13장(금지유해물질)에서도 개정 전과 큰 차이 없이 정하고 있으나, 그 성능에 관한 제어풍속을 산업보건기준에 관한 규칙 조항에 추가하여 행

정명령 수준의 노동부 고시가 아닌 법규 명령으로 상향 개정하였다. 법적인 사항의 검토로 조사항목에 추가된 내용은 법적제어풍속의 선정 시 고려사항인 발생물질의 상태(성상), 후드형태, 유해물질 발산조건(회전체를 가지는 기계 전체를 포위하지 못해 발생하는 분진발생작업 에는 5 m/sec의 제어풍속 적용)을 조사표에 넣었다. 기타 사업장의 일반적인 사항으로 사업장 업종, 규모, 공기정화장치 형식에 대한 항목도 추가 하였다.

조사표에 의한 세부적인 조사항목은 다음과 같다.

1) 사업장의 일반적인 사항 : 사업장 근로자수, 업종 및 설치된 국소배기장치의 형식(공기정화장치)을 조사하였다.

2) 후드별 유해물질 성상(상태) : 후드별 발생하는 유해물질의 상태를 조사하여, 그 분류를 가스상(가스 및 증기)과 입자상(분진, 흄, 미스트 및 매연)로 구분 하였다.

3) 유해물질 발산조건 : 미국산업위생전문가협회(ACGIH, 2004)에서는 작업조건과 그에 대한 작업 사례를 들어 적정 제어풍속의 범위를 권고하고 있는 것[표 3]을 참고하여 유해물질의 발산조건을 조사하여, 저속발생(①②③ 단계)과 고속발생(④단계)으로 구분하여 보았다.

표 3. 미국산업위생전문가협회(ACGIH)에서 권고하는 제어풍속 범위

작업 조건	작업공정 사례	제어속도 범위 (Vc, m/s)
① 움직이지 않는 공기중으로 속도 없이 발생됨	탱크에서 증발, 탈지	0.25* ~ 0.5**
② 약간의 공기움직임이 있고 낮은 속도로 발생됨	스프레이 도장, 용접, 도금, 저속콘베이어 운반	0.5 ~ 1.0
③ 발생기류가 높고 유해물질이 활발하게 발생됨	스프레이 도장, 용기충진, 컨베이어 적재, 분쇄기	1.0 ~ 2.5
④ 고속기류 내로 높은 초기속도로 배출됨	회전연삭, 블라스팅	2.5 ~ 10

(주) 위 제어속도 범위는 다음과 같은 경우를 고려하여 사용한다.

범위의 낮은쪽(*):

- 1) 작업장 내 공기흐름이 비교적 고요함
- 2) 오염물질의 독성이 약할 때
- 3) 오염물질 발생이 간헐적이거나 배출량이 작을 때
- 4) 후드가 크고 배기량이 클 때

범위의 높은쪽():**

- 1) 작업장 내 공기흐름이 활발할 때
- 2) 오염물질의 독성이 강할 때
- 3) 오염물질 발생량이 많을 때
- 4) 후드가 작고 배기량이 작을 때

4) 후드형태 분류 : 설치된 후드의 형태 조사는 발생원이 후드 안에 있으면 포위형, 발생원과 후드가 일정거리(Xm) 떨어져 있으면 외부형 (또는 포집형)으로 구분하였다. 외부형은 개구면의 방향에 따라 상방형, 측방형, 하방형으로 구분했으며, 유해물질이 일정방향으로 비산하는 경우나 열상승기류가 있는 경우처럼 공정의 특성을 그대로 이용하여 오염물질을 수동적으로 제어하는 후드를 레시바형(receiving)으로 구분하였다(박동욱 외, 2005).

5) 연기발생기(smoke tester)를 이용한 점검 : 발연관을 이용한 기류흐름 확인 및 육안검사는 [그림 1]과 같이 ‘양호(a)’(연기의 퍼짐이 적은 형태에서 후드 개구부로 바로 유입되는 경우), ‘불량(c)’(후드 개구 방향으로 기류 흐름이 형성되지 않거나, 미약하여 연기 모양이 넓게 퍼지는 경우) 및 그 중간 형태인 ‘보통(b)’(후드 개구방향으로 기류가 형

성되나, 연기의 모양이 다소 퍼지는 형태)로 구분하여 조사 하였다(한돈희, 2001).

포위식 또는 레시바식 후드(케노피형은 제외하였으며, 회전체 있는 경우 회전체를 정지한 상태에서 점검)의 경우 개구면에서 가장 저조한 기류흐름을 형성하는 위치에서 점검결과를, 포집형 후드의 경우 오염물질이 발생하는 오염원에서 가장 멀리 떨어져 있는 위치에서 가장 저조한 기류흐름을 형성하는 점검결과를 평가결과로 하였다. 인위적으로 외부기류를 형성한 경우(선풍기 가동 등)는 이를 제거하고 점검하였다.

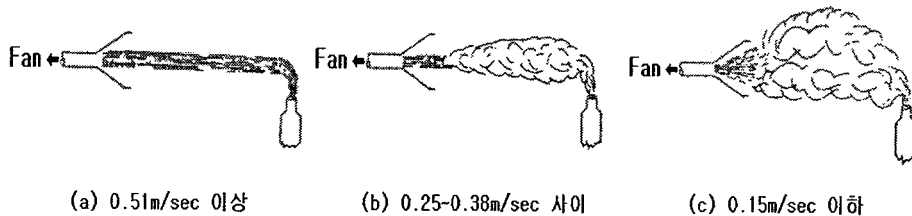


그림 1. 연기발생형태에 따른 제어풍속(한돈희, 2001).

6) 제어풍속의 측정 : 열선풍속계를 이용한 제어풍속측정은 발연관 기류흐름조사로 파악된 기류방향을 고려해(지향성 센서의 풍상마크가 흡인기류와 수직이 되도록) 열선풍속계(thermal anemometer ; 열선풍속계: Air velocity Meter 8385A. TSI. USA)로 측정하였다.

포위식 또는 레시바식 후드(케노피형은 제외)의 경우 개구면을 한 변이 0.15 m이하가 되도록 16개 이상(개구면이 현저히 작은 경우 둘 이상) 등면적으로 분할하여(덕트 횡단측정법에 준함) [그림 2] 각 부분의 중심에서 흡인하는 기류의 속도를 열선풍속계로 측정해 가장 낮은 결과를, 포집형 후드의 경우 오염물질이 발생하는 오염원에서의 속도가 중요하므로 후드에서 가장 멀리 떨어져 있는 오염원에서 발생한 오염물질이 후드로 흡인하는 속도(가장 낮은 속도)를 제어풍속으로 하였다(한돈희, 2001).

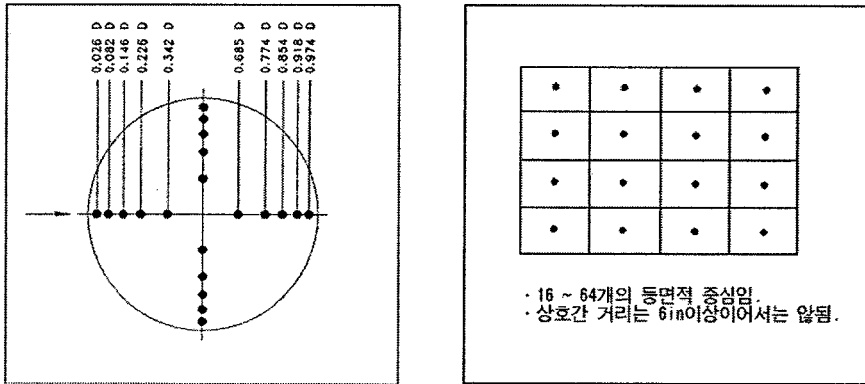


그림 2. 원형 및 사각형 후드에서의 풍속측정 위치.

7) 후드의 실제 배풍량(Qat) 측정 : 환기량(배풍량)은 어떤 지점의 속도를 대표할 수 있는 값과 그 지점의 면적을 곱해주어 구할 수 있으므로(한돈희, 2001) 모든 형태의 후드에서 후드의 개구면 또는 후드와 연결된 분지 덕트에서의 평균 풍속과 풍속 측정면의 단면적을 곱해 실제 후드로 유입되는 환기량을 구할 수 있다. 대부분의 경우 후드 개구면의 평균속도를 결정하는 가장 정확한 방법은 피토폴(pitot tube)을 이용하여 그 후드와 연결된 분지 덕트의 횡단 공기유량을 측정하고(피토폴로 측정된 속도압을 속도로 환산하고 여기에 측정지점의 덕트 단면적을 곱하여 공기유량 계산) 이것을 후드 개구면의 면적으로 나누어 주는 것이다. 하지만 실제 측정공이 없는 덕트의 경우 접근이 어렵고, 덕트의 속도가 너무 낮아(7.6 m/sec) 피토폴 측정에 의한 속도압이 정확하지 않아 열선풍속계를 이용해 후드에서 직접 속도를 측정하였다(한돈희, 2001). 측정 지점은 덕트 내 유속을 측정하는 횡단측정법에 준하여(그림 2), 후드 단면에서의 풍속측정은 포위식 또는 레시바식 후드(케노피형은 제외)의 경우 개구면을 한번이 0.15m이하가 되도록 16개 이상(개구면이 현저히 작은 경우 둘 이상) 등면적으로 분할하여 각 부분의 중심에서 흡인하는 기류의 속도를 열선풍속계를 사용하여 측정하고, 산술평균을 하여 구하였다.

8) 후드(Qih) 및 국소배기장치의 총 필요환기량(Qit) 계산 : 조사된 후드별 유해물질의 상태, 유해물질 발산조건, 후드크기, 방향, 발생원과의 거리(X m), 설치위치(자유공간, 작업대 위 등), 플랜지 부착여부, 법적제어풍속[표 4,5,6,7] 등 필요 환기량 계산에 필요한 사항을 체크하여 [표 8]에 제시한 계산공식에 따라서 계산하였다.

국소배기장치의 총 필요환기량(Qit)은 각 후드에서 계산한 필요환기량(Qih)을 모두 합하여 구하였다.

표 4. 분진작업장소에 설치하는 국소배기장치의 제어풍속

(산업보건기준에 관한 규칙 제7조 관련 [별표 2])(노동부, 2006)

1. 제5조 및 제15조 제1항 단서의 규정에 의하여 설치하는 국소배기장치 (연삭기·드럼샌더 등의 회전체를 가지는 기계에 관련되어 분진작업을 행하는 장소에 설치하는 것을 제외한다)의 제어풍속.

분진 작업 장소	제어풍속(미터/초)			
	포위식 후드의 경우	외부식 후드의 경우		
		측 방 흡인형	하 방 흡인형	상 방 흡인형
암석등 탄소원료 또는 알루미늄 박을 채질하는 장소	0.7	-	-	-
주물모래를 재생하는 장소	0.7	-	-	-
주형을 부수고 모래를 터는 장소	0.7	1.3	1.3	-
그 밖의 분진작업장소	0.7	1.0	1.0	1.2

비 고

- 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어풍속을 말한다.
- 이 표에서 제어풍속은 후드형식에 대하여 각각 다음에 정한 위치에서의 풍속을 말한다.
 - 포위식 후드에서는 후드 개구면에서의 풍속.
 - 외부식 후드에서는 당해 후드에 의하여 분진을 빨아들이고자 하는 범위 안에서 당해 후드 개구면으로부터 가장 먼 거리의 작업위치에서의 풍속.

2. 제5조 및 제15조 제1항 단서의 규정에 의하여 설치하는 국소배기장치 중 연삭기·드럼샌더 등의 회전체를 가지는 기계에 관련되어 분진작업을 행하는 장소에 설치된 국소배기장치의 후드 설치방법에 따른 제어풍속.

후드의 설치 방법	제어풍속(미터/초)
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

비 고

1. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어풍속을 말한다.
2. 이 표에서 제어풍속은 회전체를 정지한 상태에서 후드의 개구면에서의 최소풍속을 말한다.

표 5. 관리대상 유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어풍속
(산업보건기준에 관한 규칙 제175조 관련 [별표 8])

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

주)

1. 물질의 상태에서 “가스상”이라 함은 관리대상유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 가스 또는 증기인 경우를 말한다.
2. 물질의 상태에서 “입자상”이라 함은 관리대상유해물질이 후드로 흡인될 때의 상태가 흙, 분진 또는 미스트인 경우를 말한다.
3. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우 제어풍속을 말한다.
4. 이 표에서의 제어풍속은 후드형식에 대하여 각각 다음에 정한 위치에서의 풍속을 말한다.
 - 가. 포위식후드에서는 후드 개구면에서의 풍속.
 - 나. 외부식후드에서는 당해 후드에 의하여 관리대상유해물질을 흡인하고자 하는 범위 내에서 당해 후드 개구면으로부터 가장 먼 거리의 작업 위치에서의 풍속.

표 6. 허가대상유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어풍속
(산업보건기준에 관한 규칙 제202조 관련)

물질의 상태	제어풍속(미터/초)
가 스 상	0.5
입 자 상	1.0

비고

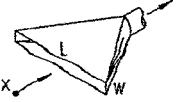
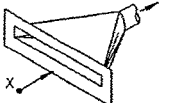
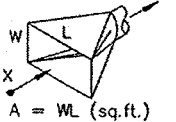
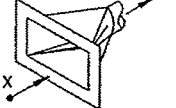
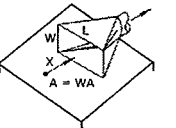
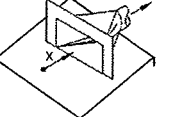
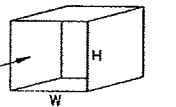
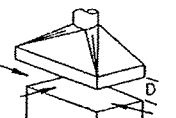
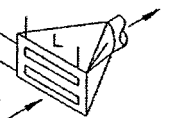
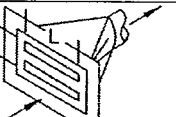
1. 이 표에서 제어풍속이란 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어 풍속을 말한다.
2. 이 표에서 제어풍속은 후드의 형식에 따라 다음에서 정한 위치에서의 풍속을 말한다.
 - 가. 포위식 또는 부스식에서는 후드의 개구면에서의 풍속.
 - 나. 외부식 또는 레시버식 후드에서는 유해물질의 가스·증기 또는 분진이 빨려 들어가는 범위 안에서 당해 개구면으로 부터 가장 먼 작업 위치에서의 풍속.

표 7. 금지유해물질관련 국소배기장치 후드의 제어풍속
(산업보건기준에 관한 규칙 제244조 관련)

물질의 상태	제어풍속(미터/초)
가 스 상	0.5
입 자 상	1.0

비고: 이 표에서 제어풍속이란 모든 부스식 후드의 개구면을 완전 개방했을 때의 풍속을 말한다.

표 8. 국소배기장치의 주요 후드형태별 필요 환기량(Qih) 계산식
(ACGIH, 2004)

후드그림	후드형태	중횡비(W/L)	유 량
	슬롯형(Slot)	0.2 이하	$Q=3.7LV_cX$
	플랜지형 슬롯 (Flanged Slot)	0.2 이하	$Q=2.6LV_cX$
	편평형 (Plain Opening)	0.2 이상 또는 원형	$Q=V_c(10X^2+A)$
	플랜지형 (Flanged Opening)	0.2 이상 또는 원형	$Q=0.75V_c(10X^2+A)$
	바닥에 놓인 편평형 (Plain Opening On Bench or Floor)	0.2 이상	$Q=V_c(5X^2+A)$
	바닥에 놓인 플랜지형 (Flanged Opening On Bench or Floor)	0.2 이상	$Q=V_c0.75(10X^2+A)$
	부스형 (Booth)	작업에 맞게	$Q=V_cA=V_cWH$
	캐노피형 (Canopy)	작업에 맞게	$Q=1.4PV_cD$ P : 작업(물체) 둘레의 길이
	편평형 다중 슬롯 (Plain Multiple Slot Opening)	0.2 이상	$Q=V_c(10X^2+A)$
	플랜지형 다중 슬롯 (Flanged Multiple Slot Opening)	0.2 이상	$Q=0.75V_c(10X^2+A)$

9) 설치된 송풍기 송풍량(Qfan) 파악 : 현장에 설치된 송풍기 송풍량은 송풍기의 외관에 부착된 명패(name plate)나, 대기오염물질배출시설 인허가 관련 서류를 확인하여 파악했다.

10) 배기구(stack) 배풍량(Qast) 측정 : 배기구를 통해서 배출되는 실제 풍량은 후드의 환기량 측정과 같은 방식으로 배기 덕트 점검구에서 풍속을 측정하여 산술평균하여 평균 풍속을 구하고, 여기에 측정 단면적을 곱하여 배기구 실측 배풍량을 산출하였다.

11) 평가방법

이상에서 조사 및 측정한 결과를 다음과 같이 비교하여 국소배기장치의 설치와 관리상태의 적정여부를 평가하였다.

(1) 국소배기장치의 후두에서 실측 배풍량(Qah)과 이론적 필요환기량(Qih)을 비교하여 비를 구하였다.

(2) 국소배기장치의 배기구에서 실측 풍량(Qast)과 이론적 총 필요환기량(Qit), 설치된 송풍기 풍량(Qfan), 각 후두에서 실측한 총 배풍량(Qath)을 각각 비교하여 비를 구하였다.

(3) 국소배기장치의 각 후두에서 실측한 총 배풍량(Qath)과 설치된 송풍기 풍량(Qfan), 이론적 총 필요환기량(Qit)을 각각 비교하여 비를 구하였다.

(4) 국소배기장치의 이론적 총 필요환기량(Qit)과 설치된 송풍기 풍량(Qfan)을 비교하여 비를 구하였다.

(5) 이상의 국소배기장치에 대하여 조사한 결과 값들을 가지고 국소배기장치의 종합평가를 하기 위하여 다음과 같은 산출식을 이용하였다.

$$\text{종합평가지표} = \frac{\left(\frac{Q_{fan}}{Q_{it}} + \frac{Q_{ast}}{Q_{it}} + \frac{Q_{ast}}{Q_{fan}} + \frac{Q_{ath}}{Q_{ast}} + \frac{Q_{ath}}{Q_{fan}} + \frac{Q_{ath}}{Q_{it}} \right)}{6}$$

※ 6개의 비를 이용해 종합평가지표를 산출하는 과정에서 각각의 값(비) 중에 1을 초과하는 일부 항목으로 인해 최종지표가 크게 영향을

받는 경우가 발생하여 1초과하는 경우 1을 최고 수치로 적용 함.

이상에서 계산된 값들은 그 의미에 조금씩 차이를 두면서 국소배기장치의 설계, 설치 및 관리의 상태를 다양한 형태로 보여주고, 각 지표 값들이 1에 근접 할수록 이론적으로 완벽한 국소배기장치라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 지표가 0.8이상이면 그 국소배기장치가 적정한 것으로 평가하기로 하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 사업장의 업종별 분포

조사된 50개 사업장의 업종별 분포는 한국표준산업분류의 중분류로 플라스틱제품 제조업이 8개(16.0%)로 가장 많았고, 기타화학제품 제조업 6개(12.0%), 자동차부품 제조업 5개(10.0%), 고무제품 제조업 4개(8.0%) 순이었다. 조사된 100개의 국소배기장치 중에 플라스틱제품 제조업에 13개(13.0%), 기타화학제품 제조업에 12개(12.0%), 도자기 및 기타 요업제품 제조업과 자동차 부품제조업에 각각 10개(10.0%)의 장치가 설치되어 있었고, 평균 1개 사업장당 2개의 국소배기장치가 설치되어 있었으며, 국소배기장치 당 5.94개의 후두가 연결되어 있었다[표 9].

2. 사업장의 규모별 분포

조사된 사업장의 규모는 50인 미만인 사업장이 25개로 50.0%를 차지하며, 50~99인 16개(32.0%), 100~299인 7개소(14.0%), 300인 이상인 사업장은 2개(4.0%)의 순이었다.

사업장규모에 따라서 조사된 국소배기장치는 50인 미만의 25개 사업장에 33개가 설치되어 사업장당 1.3개가 설치되어있었고, 50~99인 규모의 16개 사업장에 33개가 설치되어 사업장당 2.1개가 설치되어 있었고, 100~299명 규모의 7개 사업장에 23개가 설치되어 사업장 당 3.2개가 설치되어 있었으며, 300인 이상 규모의 2개 사업장에서 11개가 설치되어 사업장당 5.5개였다. 후드 조사는 50 미만 사업장은 1개의 국소배기장치당 6.4개의 후두가 설치되어 있었고, 50~99인 규모의 사업장에는 8.1개의 후두가 설치되어 있었고, 100~299인 규모의 사업장에는 3.7개, 300인 이상 사업장에는 2.7개였다[표 10].

표 9. 조사사업장 업종별 분포

업 종	사업장수	%	장치수	%	후드수	%
가공공작기계 제조업	1	2.0	1	1.0	1	0.2
가구 제조업	1	2.0	2	2.0	4	0.7
고무제품 제조업	4	8.0	8	8.0	53	8.9
폴판지,종이용기 및 기타 종이제품 제조업	1	2.0	2	2.0	9	1.5
구조용 금속제품,탱크 및 증기발생기 제조업	1	2.0	2	2.0	18	3.0
금속 주조업	1	2.0	1	1.0	2	0.3
기초 화합물 제조업	2	4.0	6	6.0	78	13.1
기타 비금속 광물제품 제조업	3	6.0	9	9.0	40	6.7
기타 식품 제조업	1	2.0	2	2.0	2	0.3
기타 제품 제조업	1	2.0	1	1.0	6	1.0
기타 조립금속제품 제조 및 금속처리업	3	6.0	4	4.0	100	16.8
기타 화학제품 제조업	6	12.0	12	12.0	63	10.6
나무, 코르크 및 조물제품 제조업	1	2.0	1	1.0	9	1.5
농업용 기계 제조업	1	2.0	1	1.0	4	0.7
도자기 및 기타 요업제품 제조업	1	2.0	10	10.0	28	4.7
반도체 및 기타 전자부품 제조업	3	6.0	9	9.0	49	8.2
석유정제품 제조업	2	4.0	2	2.0	14	2.4
의약품 제조업	2	4.0	2	2.0	20	3.4
자동차부품 제조업	5	10.0	10	10.0	32	5.4
컴퓨터 및 사무용 기기 제조업	1	2.0	1	1.0	2	0.3
펄프, 종이 및 판지 제조업	1	2.0	1	1.0	4	0.7
플라스틱제품 제조업	8	16.0	13	13.0	56	9.4
합 계	50	100.0	100	100.0	594	100.0

표 10. 조사 사업장 규모별 분포

구 분	사업장 수(%)	국소배기장치 수	후드 수
50 미만	25 (50.0%)	33 (33.0%)	210 (35.4%)
50 ~ 99	16 (32.0%)	33 (33.0%)	268 (45.1%)
100 ~ 299	7 (14.0%)	23 (23.0%)	86 (14.5%)
300 이상	2 (4.0%)	11 (11.0%)	30 (5.1%)
합 계	50 (100.0%)	100 (100.0%)	594 (100.0%)

3. 국소배기장치의 공기정화방식 분포

조사된 국소배기장치 100개 중 여과식이 47개(47.0%)로 가장 많았고, 흡착식이 23개(23.0%), 두 가지 이상의 혼합식이 10개(10.0%), 흡수식이 6개(6%)의 순이었다. 국소배기장치에 공기정화장치가 설치되지 않은 것은 11개(11.0)%였다[표 11].

표 11. 조사대상 국소배기장치의 공기정화 방식 분포

구 분	국소배기장치 수	후드 수
여과식	47 (47.0%)	288 (48.5%)
싸이크론	3 (3.0%)	40 (6.7%)
흡착식	23 (23.0%)	137 (23.1%)
흡수식	6 (6.0%)	19 (3.2%)
혼합식 - 여과식 +싸이크론	3 (3.0%)	20 (3.4%)
- 여과식 +흡착식	1 (1.0%)	6 (1.0%)
- 흡착식 +흡수식	6 (6.0%)	23 (3.9%)
없음	11 (11.0%)	61 (10.3%)
합 계	100 (100.0%)	594 (100.0%)

4. 조사대상 유해인자의 성상별 분포

후드별 발생하는 유해물질의 물리적성상별 분포는 가스상(가스 및 증기)이 194개로 32.7%와 입자상(분진, 흙, 미스트 및 매연(smokes))이 400개(67.3%)였다[표 12].

표 12. 조사대상 유해인자의 성상별 분포

구 분	후드 수	퍼센트
가스상	194	32.7
입자상	400	67.3
합 계	594	100.0

5. 후드별 유해인자의 발생속도

조사된 후드별 유해인자의 발생속도를 2 단계로 나누어 조사한 결과 저속발생이 539개(90.7%) 고속으로 발생하는 후드는 55개소(9.3%)이었다[표 13].

표 13. 후드별 작업조건(유해인자의 발생속도) 분포

작업조건 구분	후드개소	퍼센트
저속발생	539	90.7
고속발생	55	9.3
합 계	594	100.0

6. 조사대상 후드의 형태별 분포

조사후드의 형태별 분포는 외부식 상방형이 245개(41.2%), 포위형이 184개(31.0), 외부식 측방형이 106개(17.8%), 레시바형이 40개(6.7%), 외부식 하방형이 19개(3.2%)순으로 외부식 후드 중 상방형이 가장 많았다[표 14].

표 14. 후드형태별 분포

구 분	후드 수
포위형(enclosing)	184 (31.0%)
외부형(exterior) - 상방	245 (41.2%)
- 측방	106 (17.8%)
- 하방	19 (3.2%)
레시바형(receiving)	40 (6.7%)
합 계	594 (100.0%)

7. 후드의 연기발생기(smoke tester)를 이용한 점검 결과

연기발생기의 연기 흐름을 이용한 후드 부 유입기류를 육안으로 확인하여 후드 형태별로 평가한 결과, 전체 후드의 54.2%인 322개소에서 양호하였다. 후드 형태별로는 레시바식이 100% 양호하였고, 다음으로 외부식 하방형 78.9%, 포위형 76.1%, 외부식 측방형 42.5%, 외부식 상방형이 33.5% 이었다[표 15].

표 15. 연기발생기를 이용한 기류의 후드유입상태 점검결과

구 분	후드 수	발연관을 이용한 기류흐름 점검결과		
		양 호	보 통	불 량
포위형(enclosing)	184 (100.0%)	140(76.1%)	30(16.3%)	14(7.6%)
외부형(exterior)-상방	245 (100.0%)	82(33.5%)	35(14.3%)	128(52.2%)
-측방	106 (100.0%)	45(42.5%)	13(12.3%)	48(45.3%)
-하방	19 (100.0%)	15(78.9%)	3(15.8%)	1(5.3%)
레시바형(receiving)	40 (100.0%)	40(100.0%)	-	-
합 계	594 (100.0%)	322(54.2%)	81(13.6%)	191(32.2%)

8. 후드형태별 제어풍속 측정결과

후드별로 제어풍속을 측정한 결과는 법적인 제어풍속 기준에 적합한 경우는 594개의 후드 중 156개(26.3%)가 양호하였고, 438개소(73.7%)는 미흡하였다. 후드 형태별로는 포위형이 184개 중 105개(57.1%), 외부식 상방형이 245개 중 29개(11.8%), 외부식 측방향이 106개중 12개(11.3%), 외부식 하방형이 19개중 8개(42.1%), 레시바형이 40개중 2개(5.0%)가 양호하여, 포위형의 제어 풍속이 가장 양호하였다[표 16].

표 16. 후드형태별 제어풍속측정결과

구 분	후드 수	법적 제어풍속 적정 여부	
		양 호	미 흡
포위형(enclosing)	184 (100.0%)	105 (57.1%)	79 (42.9%)
외부형(exterior)-상방	245 (100.0%)	29 (11.8%)	216 (88.2%)
-측방	106 (100.0%)	12 (11.3%)	94 (88.7%)
-하방	19 (100.0%)	8 (42.1%)	11 (57.9%)
레시바형(receiving)	40 (100.0%)	2 (5.0%)	38 (95.0%)
합 계	594 (100.0%)	156 (26.3%)	438 (73.7%)

9. 발연관 평가와 열선풍속계 평가 결과의 비교

발연관을 이용한 평가 결과와 제어풍속 결과를 후드 형태별로 비교한 결과 발연관 및 제어풍속을 모두 만족하는 경우는 포위형 후드 184개중 105개(57.1%)이었고, 외부식 상방형은 245개중 29개(11.8%), 외부식 측방형은 10개중 12개(11.3%), 외부식 하방형은 19개중 8개(42.1%), 레시바형은 40개중 2개(5.0%)로, 제어풍속이 양호한 경우는 모두 발연관 평가에서 양호하였다. 그리고 발연관 점검결과 양호하나 법적인 제어풍속 기준에 미치지 못해 미흡으로 평가된 후드는 포위형에서는 184개중 35개(19.0%), 외부식상방형은 245개중 53개(21.6%), 외부식 측방형은 106개중 33개(31.1%), 외부식 하방형은 19개중 7개(36.8%), 레시바형은 40개중 38개(95.0%) 이었다[표 17].

표 17. 후드형태별 발연관 평가결과와 제어풍속 평가 결과의 비교

구 분	후드 수	(발연관결과 / 제어풍속결과)			
		양/양	양/불	불/불	불/양
포위형(enclosing)	184 (100.0%)	105 (57.1%)	35 (19.0%)	44 (23.9%)	0 (0%)
외부형(exterior)-상방	245 (100.0%)	29 (11.8%)	53 (21.6%)	216 (66.5%)	0 (0%)
-측방	106 (100.0%)	12 (11.3%)	33 (31.1%)	94 (57.5%)	0 (0%)
-하방	19 (100.0%)	8 (42.1%)	7 (36.8%)	11 (21.1%)	0 (0%)
레시바형(receiving)	40 (100.0%)	2 (5.0%)	38 (95.0%)	0 (0%)	0 (0%)
합 계	594 (100.0%)	156 (26.3%)	166 (27.9%)	272 (45.8%)	0 (0%)

발연관 점검에서 양호하였으나 제어풍속이 미흡한 후드에 대하여 실측 제어풍속과 법적제어풍속의 비를 본 결과는 [표 18]과 같이 가스상 물질을 제어하는 포위형 후드의 경우 0.88~0.93이었고, 입자상 물질을 제어하는 포위형 후드의 경우 0.28~0.94이었고, 가스상 물질을 제어하는 외부식 상방형 후드의 경우 0.42~0.89이었고, 입자상 물질을 제어하는 외부식 상방형 후드의 경우 0.33~0.98이었고, 가스상 물질을 제어하는 외부식 측방형 후드의 경우 0.82~0.82이었고, 입자상 물질을 제어하는 외부식 측방형 후드의 경우 0.19~0.97이었고, 입자상 물질을 제어하는 외부식 하방형 후드의 경우 0.42~0.95이었고, 입자상 물질을 제어하는 레시바형 후드의 경우 0.10~0.82로, 가스상 물질을 제어하는 포위형 후드와 외부식 측방형 후드의 경우에는 발연관을 이용한 점검결과 양호하면, 제어풍속이 법적 기준의 80%이상을 충족하였다.

표 18. 발연관 결과는 양호하나 제어풍속이 기준 이하인 후드의 형태
및 유해인자 성상별로 실측 제어풍속과 법적제어풍속의 비

구 분		후드 수	제어풍속비 범위
포위형(enclosing)	가스상	2	0.88 ~ 0.93
	입자상	33	0.28 ~ 0.94
외부형(exterior)-상방	가스상	23	0.42 ~ 0.89
	입자상	30	0.33 ~ 0.98
	-측방 가스상	1	0.82 ~ 0.82
	입자상	32	0.19 ~ 0.97
	-하방 가스상	0	-
	입자상	7	0.42 ~ 0.95
레시바형(receiving)	입자상	38	0.10 ~ 0.82
합 계		166	-

10. 후드부 실측배풍량(Qah)과 이론에 의한 필요환기량(Qih)의 비

조사한 594개 후드에 대하여 계산한 필요환기량(Qih)과 그 후드에
서 측정된 실측 배풍량(Qah)의 비(Qah/Qih)를 계산한 결과 1 이상이
174개(29.3%)이었고, 후드형태별로는 외부식 하방형이 19개중에 11개
(57.9%), 포위형이 184개중에 104개(56.5%), 외부식 측방형이 106개중
에 21개(19.8%), 외부식 상방형이 245개중에 36개(14.7%), 레시바형이
40개중에 2개(5%) 이었다[표 19].

표 19. 후드 필요환기량(Qih)과 실측 배풍량(Qah)의 비

			후드형태					전 체
			레시바형	외부식 상방형	외부식 측방형	외부식 하방형	포위형	
Qah/Qih	0.4 미만	빈도	33 (82.5%)	152 (62.0%)	62 (58.5%)	1 (5.3%)	23 (12.5%)	271 (45.6%)
	0.4~0.6	빈도	1 (2.5%)	33 (13.5%)	12 (11.3%)	5 (26.3%)	19 (10.3%)	70 (11.8%)
	0.6~0.8	빈도	1 (2.5%)	11 (4.5%)	4 (3.8%)	2 (10.5%)	23 (12.5%)	41 (6.9%)
	0.8~1.0	빈도	3 (7.5%)	13 (5.3%)	7 (6.6%)	0 (0.0%)	15 (8.2%)	38 (6.4%)
	1.0 이상	빈도	2 (5.0%)	36 (14.7%)	21 (19.8%)	11 (57.9%)	104 (56.5%)	174 (29.3%)
전 체		빈도	40 (100.0%)	245 (100.0%)	106 (100.0%)	19 (100.0%)	184 (100.0%)	594 (100.0%)

11. 후드 필요환기량(Qih)과 실측 배풍량(Qah)의 비가 1 이상 이나 제어풍속이 기준 미만인 후드

Qah/Qih가 1이상인 174개소 후드 중 제어풍속에 기준미만인 후드는 20개(11.5%)이었다[표 20].

표 20. Qah/Qih가 1이상이나 법적제어풍속에 적합하지 못한 후드분포

			후드형태			전 체
			외부식 상방형	외부식 측방형	외부식 하방형	
실측제어풍속/ 법적제어풍속	0.4 미만	빈도	2 (25.0%)			2 (10.0%)
	0.4~0.6	빈도	1 (12.5%)			1 (5.0%)
	0.6~0.8	빈도	2 (25.0%)	2 (22.2%)		4 (20.0%)
	0.8~1.0	빈도	3 (37.5%)	7 (77.8%)	3 (100.0%)	13 (65.0%)
전 체		빈도	8 (100.0%)	9 (100.0%)	3 (100.0%)	20 (100.0%)

12. 배기구의 실측 풍량(Qast)과 국소배기장치의 총 필요 환기량(Qit) 비

국소배기장치 배기구에서 실측한 풍량(Qast)과 국소배기시스템 전체의 필요환기량(Qit) 비[Qast / Qit]를 계산한 결과 1이상인 국소배기장치는 조사한 100개 후드 중에 29개(29.0%), 0.8 이상~1.0 미만은 6개(6.0%)이었다[표 21].

표 21. 배기구의 실측 풍량(Qast)과 시스템 전체 필요환기량(Qit) 비

$\left(\frac{\text{배기구 실측 배풍량(Qast)}}{\text{국소배기장치 총필요환기량(Qit)}} \right)$	국소배기장치 수	퍼센트
1 이상*	29	29.0%
0.8 이상 ~ 1.0 미만	6	6.0%
0.6 이상 ~ 0.8 미만	11	11.0%
0.4 이상 ~ 0.6 미만	13	13.0%
0.4 미만	41	41.0%
합 계	100	100.0%

13. 배기구에서 실측한 풍량(Qast)과 설치된 송풍기풍량(Qfan)의 비

배기구를 통해서 배출되는 실측 배풍량(Qast)과 설치된 송풍기의 송풍량(Qfan)의 비(Qast/Qfan)를 계산한 결과 조사된 100개의 국소배기장치 중에 1 이상인 시스템은 5개로 전체 시스템의 5%며, 0.8~1.0미만이 26개(26.0%), 0.6~0.8미만이 39개(39.0%), 0.4~0.6미만이 20개(20.0%), 0.4 미만이 10개(10.0%)이었다[표 22].

표 22. 배기구에서 실측 배풍량(Qast)과 설치된 송풍기 풍량(Qfan) 비

$\left(\frac{\text{배기구 실측풍량(Qast)}}{\text{설치된 송풍기 풍량(Qfan)}} \right)$	국소배기장치 수	퍼센트
1 이상	5	5.0%
0.8 이상 ~ 1.0 미만	26	26.0%
0.6 이상 ~ 0.8 미만	39	39.0%
0.4 이상 ~ 0.6 미만	20	20.0%
0.4 미만	10	10.0%
합 계	100	100.0%

15. 후드 실측 총배풍량(Qath)과 배기구 실측배풍량(Qast) 비

후드 실측 총 배풍량(Qath)과 배기구 실측 배풍량(Qast) 비를 계산한 결과 조사된 100개의 국소배기장치 중 0.8 이상이 74개(74.0%), 0.6 ~ 0.8미만이 17개(17.0%), 0.4~0.6미만이 5개(5.0%), 0.4 미만이 4개(4.0%)이었다[표 23].

표 23. 후드 실측 총 배풍량(Qath)과 배기구 실측 배풍량(Qast) 비

$\left(\frac{\text{후드 실측 총 배풍량(Qath)}}{\text{배기구 실측 배풍량(Qast)}} \right)$	국소배기장치 수	퍼센트
1 이상	-	0.0%
0.8 이상 ~ 1.0 미만	74	74.0%
0.6 이상 ~ 0.8 미만	17	17.0%
0.4 이상 ~ 0.6 미만	5	5.0%
0.4 미만	4	4.0%
합 계	100	100.0%

16. 후드 실측 총 배풍량(Qath)과 설치된 송풍기풍량(Qfan) 비

후드 실측 총 배풍량(Qath)과 설치된 송풍기 풍량(Qfan) 비를 계산한 결과 조사된 100개의 국소배기장치 중에 1 이상인 경우는 4개(4.0%)이었고, 0.8~1.0미만이 15개(15.0%), 0.6~0.8미만이 29개(29.0%), 0.4~0.6미만이 31개(31.0%), 0.4 미만인 21개(21.0%)이었다[표 24].

표 24. 후드 실측 총 배풍량(Qath)과 설치된 송풍기풍량(Qfan) 비

$\left(\frac{\text{후드 실측 총 배풍량(Qath)}}{\text{설치된 송풍기 풍량(Qfan)}} \right)$	국소배기장치 수	퍼센트
1 이상	4	4.0%
0.8 이상 ~ 1.0 미만	15	15.0%
0.6 이상 ~ 0.8 미만	29	29.0%
0.4 이상 ~ 0.6 미만	31	31.0%
0.4 미만	21	21.0%
합 계	100	100.0%

17. 후드 실측 총 배풍량(Qath)과 총 필요 환기량(Qit) 비

후드 실측 총 배풍량(Qath)과 총 필요 환기량(Qit) 비를 계산한 결과 조사된 100개의 국소배기장치 중에 1 이상인 경우는 26개(26.0%)이었고, 0.8~1.0미만이 5개(5.0%), 0.6~0.8미만이 10개(10.0%), 0.4~0.6미만이 12개(12.0%), 0.4 미만인 47개(47.0%)이었다[표 25].

표 25. 후드 실측 총 배풍량(Qath)과 총 필요 환기량(Qit) 비

$\left(\frac{\text{후드 실측 총 배풍량(Qath)}}{\text{총 필요 환기량(Qit)}} \right)$	국소배기장치 수	퍼센트
1 이상	26	26.0%
0.8 이상 ~ 1.0 미만	5	5.0%
0.6 이상 ~ 0.8 미만	10	10.0%
0.4 이상 ~ 0.6 미만	12	12.0%
0.4 미만	47	47.0%
합 계	100	100.0%

12. 설치된 송풍기 풍량(Qfan)과 총 필요환기량(Qit) 의 비

국소배기장치의 각각의 후드에서 제어풍속에 기준에 적합하기 위해서 이론적으로 요구되는 필요 환기량(Qih)을 모두 더한 총 필요환기량(Qit)과 설치된 송풍기 송풍량(Qfan)의 비[Qfan / Qit]를 계산한 결과 1 이상인 국소배기장치는 조사한 100개 후드 중에 41개(41.0%)이었다[표 26]. 이 비가 0.8이상인 경우는 총 53개(53.0%) 이었다.

표 26. 설치된 송풍기풍량(Qfan)과 시스템 총 필요환기량(Qit) 의 비

$\left(\frac{\text{설치된 송풍기 풍량(Qfan)}}{\text{전체 필요 환기량(Qit)}} \right)$	국소배기장치 수	퍼센트
1 이상	41	41.0%
0.8 이상 ~ 1.0 미만	12	12.0%
0.6 이상 ~ 0.8 미만	5	5.0%
0.4 이상 ~ 0.6 미만	15	15.0%
0.4 미만	27	27.0%
합 계	100	100.0%

18. 국소배기장치의 종합평가

본 연구에서 고안한 국소배기장치의 종합평가지표를 계산한 결과 조사된 100개의 국소배기장치 중에 0.8이상 29개(29.0%), 0.6~0.8미만이 25개(25.0%), 0.4~0.6미만이 35개(35.0%), 0.4 미만이 11개(11.0%)이었다[표 27].

표 27. 국소배기장치의 종합평가지표 산출결과

종합 평가지표	국소배기장치 수	퍼센트
0.8 이상 ~ 1.0 미만	29	29.0%
0.6 이상 ~ 0.8 미만	25	25.0%
0.4 이상 ~ 0.6 미만	35	35.0%
0.4 미만	11	11.0%
합 계	100	100.0%

IV. 고찰 및 결론

근로자의 건강을 보호하고 직업병에 이환되지 않도록 쾌적한 작업 환경을 조성하고 유지하는데 있어서 가장 먼저 제기되는 것 중의 하나가 국소배기장치라고 할 수 있다. 국소배기장치를 통하여 작업장의 유해인자를 제거하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 직업병을 예방하고 근로자의 건강을 유지 증진시킬 수 있다. 그러므로 국소배기장치를 효율적이고 효과적으로 이용하는 것은 근로자 건강보호와 작업환경개선을 위한 필수적인 사항이라고 할 수 있다. 따라서 유해한 화학물질을 사용하는 작업장에서 설치하고 있는 국소배기장치는 원천적으로 최초에 발생하고 있는 유해가스, 증기, 미스트, 분진등을 발생원으로부터 억제하고 제거하여 소량의 유해물질이라도 유출되지 않도록 설계단계에서부터 최종설치 사용과정까지 면밀하게 검토되어야 한다. 또 설치한 장치가 유해물질의 배출, 흡입이 원활한지 그 기능을 정기적으로 검사를 자격이 있는 검사원이 시행하여야 한다. 유해화학물질을 장기가 사용하다 보면 사용하는 유해물질의 화학반응으로 국소배기장치의 후드, 덕트의 마모, 부식, 느슨함, 댐퍼의 기능저하와 배풍기의 배기능력 저하로 인해 설치된 국소배기장치가 그 기능을 상실할 수 있다. 따라서 산업안전보건법에서 사업주는 국소배기장치를 노동부령에서 정하는 자격자로 하여금 정기적으로 실시도록 하고 있다.

국소배기장치가 적정하게 설치되어 운영되고 있는 지를 평가하기 위해서는 각 부위(후드, 덕트, 송풍기 및 모터, 공기정화장치 등)별로 육안 및 점검장비를 이용한 계측으로 외관검사와 성능검사를 해 양호와 불량률 판단하는 것이 일반적이며, 노동부 고시(기계·기구등 자체검사규정)에도 이러한 틀로 자체검사와 평가를 하도록 되어 있다. 그러나 본 연구에서는 육안보다는 성능검사를 위주로 조사 하였다.

후드의 발연관 검사와 제어풍속을 측정하여 연기의 형태와 산업안전보건법의 법적 기준 이상인 경우를 ‘양호’, 그 이하인 것은 ‘불량’으로 평가한 결과 발연관 검사에서는 후드외부로의 누출 없이 적절한 유입

이 67.8%로 양호하였고, 제어풍속 측정에서는 법적기준 이상의 양호한 것이 26.3%였다. 이는 박선근(2004년)의 연구에서 발연관 검사에서 ‘양호’한 경우가 63.0%인 것에 비하여 다소 양호한 편이었으나, 제어풍속 평가 결과는 한국산업안전공단(1991) 보고서의 54.2%, 이필용(2001)의 33.3%, 박선근(2004)의 55.6%에 비하여 양호한 경우가 매우 저조하였다. 이는 이필용(2001)와 박선근(2004)의 연구에서는 제어속도 측정값을 각 지점에서의 최소치와 최대치의 평균을 합하여 측정지점수로 다시 나누는 산술평균 수치를 적용한 반면, 본 연구에서는 후드 형태와 관계없이 가장 낮은 측정치(제어해야할 가장 먼 위치의 측정치)를 제어풍속으로 하였기 때문이라고 생각한다. 후드 개구부의 발생원에서 가장 먼 곳 최소풍속을 제어풍속으로 적용하여 평가할 경우 난기류발생 또는 균일류가 형성되지 않는 1~2지점에서 권고치(현재는 법적기준) 이하로 측정되어 판정이 ‘불량’으로 되는 경우 사업장에서 불이익을 받을 수 있어 평균치를 제어풍속으로 적용하도록 규정을 개정 하는게 바람직하다는 의견도 있다(최우호, 2000). 하지만 난기류 발생이나 균일류가 형성되지 못해 유해인자의 작업자 노출이 증가한다면 이는 처음 설계(설계 때 ACGIH 제어풍속 권고치 상한을 적용하거나) 및 설치(플레넘 등을 적용해 균일류가 형성 되도록)시 충분히 고려하지 못한 설계, 설치의 문제점이므로 평균 풍속을 제어풍속으로 적용하는 것은 바람직하지 않다. 한편, 후드 형태별로 발연관 검사에서는 양호하였으나 제어풍속에서 불량인 경우에 가스상 발생 물질에 대한 포위식과 외부식 측방형의 경우에는 제어풍속이 법적 제어풍속 기준에 80%이상 유지하고 있으므로 발연관 검사에서 기류가 완전히 후드내부로 흡입되고 후드 밖으로의 유출이 없는 것을 확인할 수 있는 경우에는 발연관의 간단한 검사 기구를 통한 후드의 일상적인 관리 가능성을 확인 할 수 있었다. 그러나 법적제어풍속 판정 특히 그 외 형태의 후드에서는 후드의 형식, 방향 및 물질의 성상에 따라 기준이 다양하고 빠른 제어속도를 요구하는 경우에는 연기형태만으로 판정하는 것은 무리가 있다.

국소배기장치의 후두에서 실측 배풍량과 이론적 필요 환기량을 비

교한 비가 1 이상이면 실제 측정된 제어풍속도 법적인 수준에 적합할 것으로 예상할 수 있다. 본 연구에서는 실측 배풍량이 필요환기량 이상인 후두는 29.3%로 제어속도 측정된 결과보다는 양호한 편이었다. 후드형태별로 본 결과는 외부식 하방형이 57.9%, 포위형이 56.5%, 외부식 측방형이 19.8%, 외부식 상방형이 14.7% , 레시바식이 5%이었다. 이 값이 양호한 경우가 포위형에서 외부식 상방형 보다 높은 것은 필요환기량을 계산할 때 더 낮은 제어풍속을 적용할 수 있고, 역으로 동일한 시스템이라면(팬에 걸리는 정압이 같다면), 외부식 상방형으로 유해인자를 제어하려면 그만큼 많은 필요환기량이 요구되는 이론과 부합되는 결과이다. 따라서 가능한 포위형 후드가 권장된다는 결과를 얻을 수 있다.

국소배기장치의 배기구에서 실측 배풍량과 이론적 총 필요환기량 비(Q_{ast}/Q_{it})가 1 이상인 경우 최초설계 및 설치가 적정했을 것이고, 설비에 문제(후드와 Fan사이에 공기누입 등)가 없다면 실제 가동되는 상태도 적정하다 예상할 수 있다. 조사결과 1 이상인 국소배기장치는 29.0%이었다. 박선근(2004)은 배풍량이 필요 환기량 이상인 경우가 57.4%에 비하면 본 연구결과에서 저조하였다. 나머지 71.0%는 처음 설계 때 필요 환기량을 적게 계산해 용량이 부족한 송풍기를 설치 하여 이로 인해 설치 처음부터 적정 제어풍속을 내지 못했을 것으로 예측할 수 있고, 또는 처음 설치는 필요환기량 이상으로적정 하였다면 관리에 문제(덕트부 막힘이나, 회전수 저하 등)가 발생한 것 등을 예상할 수 있다.

배기구에서 실측 풍량과 설치된 송풍기 풍량이 비(Q_{ast}/Q_{fan})가 1 이하인 것은 최초 설계 때 정확히 압력손실을 예측(계산)하지 못했거나(또는 정압이 맞지 않은 송풍기 설치) 설치 이후 관리가 잘 이루어졌는지를 간접적으로 볼 수 있는 지표가 될 수 있다. 실제 조사에서 1 이상인 시스템은 5.0%이었고, 0.8~1.0미만이 26.0%로 송풍기 효율(유량비)이 0.8(80%)이상인 경우는 31.0%로, 김태형(2005)의 연구에서 유량비 80%이상인 경우가 26%이었던 것에 비하여 다소 양호한 편이었다. 이 값이 1 이상인 경우는 여러 가지 상황에서 나타날 수 있는 것으

로 설치 후 폴리 사이즈 조정 또는 모터의 회전수 조정 등으로 배풍량을 향상시켰거나(바람직한 방향의 변화), 덕트 시스템에 손상(덕트가 빠졌거나, 집진기 여과포가 크게 손상 되는 등)에 의한(바람직하지 않은 변화) 시스템에 걸리는 저항이 덜 걸릴 경우도 예상할 수 있으므로 해석에 주의가 필요하다.

배기구에서 실측 풍량과 각 후두에서 실측한 총 배풍량의 비(Q_{ath}/Q_{ast})는 배기구로 실제 배출되는 총 공기가 모두 후드를 통해 유입되었는지를 보여주는 것으로 덕트 중간에 문제(구멍 등)가 발생하면 이 값은 낮아지게 되어, 간접적으로 국소배기장치의 관리 상태를 보여줄 수 있다. 조사결과 이 값이 0.8~1.0인 것이 74.0%로 나타났다. 이는 조사된 국소배기장치 모두에서 정도의 차이는 있지만 라인 중(덕트, 공기정화장치, 점검구 등)에 공기 누입 문제 있으므로 꼼꼼한 외관 점사의 중요성을 보여주고 있다.

국소배기장치의 각 후두에서 실측한 총 배풍량과 설치된 송풍기 풍량의 비(Q_{ath}/Q_{fan})가 1 미만인 경우는 처음 설계시 시스템의 압력 손실을 과소평가 했거나(또는 정압이 맞지 않은 송풍기 설치), 관리의 소홀로 시스템 내부에 압력손실이 증가하는 등의 원인이 있을 때 그 값이 1 미만으로 내려간다. 실제 조사에서 0.8 이상인 국소배기장치는 19.0%이었으며, 0.4 이하도 21%였다. 이 값이 1 이상인 경우도 4개소 나타났는데 이는 송풍기 회전수 상향조정 또는 시스템 내부 압력손실 저하(공기정화장치의 큰 손상 등)로 인한 것으로 예상할 수 있다.

각 후두에서 실측한 총 배풍량과 이론적 총 필요 환기량의 비(Q_{ath}/Q_{it})는 설계, 설치 및 관리 잘못 등이 작용하여 1이하로 낮아질 수 있다. 조사결과 1이상의 시스템이 26.0%로 이는 후드마다 풍량과 정압 분배만 적절하면, 적정 제어풍속과 환기량을 얻을 수 있을 것이다.

마지막으로 이상의 국소배기장치 성능평가를 위한 측정치와 이론치로 국소배기장치의 종합평가하기 위한 산출식을 적용한 결과 0.8이상으로 양호한 경우가 29.0%이었다. 따라서 국소배기장치의 설치와 관리상태가 양호하다고 할 수 있는 것은 30%이하로 매우 저조하다고 할

수 있겠다.

국소배기장치의 이론적 총 필요 환기량과 설치된 송풍기 풍량을 비교한 값은 송풍기는 필요환기량 이상의 용량을 낼 수 있는 것을 설치하였는가를 평가할 수 있다. 그러나 실제 현장에서는 필요환기량 이하의 송풍기를 설치해 회전수를 높게 조절하거나, 필요환기량 이하의 송풍기 이지만 시스템에서 요구하는 것보다 더 높은 정압을 낼 수 있는 송풍기를 설치하여 보완(원하는 송풍량을 얻는)이 가능하다. 반대의 상황으로 송풍기풍량(Q_{fan})은 필요환기량(Q_{it}) 이상이나 국소배기시스템에서 요구하는 정압을 내지 못하는 송풍기를 설치(시스템 설계시 압력손실을 과소평가) 하였다면, 설치된 송풍기의 풍량 보다 적은 양을 배기하게 된다. 하지만, 본 연구에서는 위와 같은 다양한 요인들을 제외하고, 단지 정상적으로 국소배기장치를 설계(계산)하고 이것을 근거로 하는 풍량 및 정압을 내는 송풍기를 설치하여야 한다는 입장에서 설치된 국소배기장치를 이 지표를 이용하여 평가하였으며, 그 결과 이 값이 1 이상인 시스템은 41.0%로 나머지 59.0%는 적절한 설계 및 설치가 되지 않은 상태라고 할 수 있다. 또한, 만약 폴리 사이즈를 조절해 회전수를 20%가량 높게 조정하였다 할 경우에도(이때 송풍기 상사법칙에 의해 배풍량은 20%, 송풍기정압은 44%, 축동력은 73% 높아질 것으로 예상) 이 값이 1 이상인 시스템은 53.0%에 불과하여 중소규모 사업장에 국소배기장치가 설계 및 설치 단계에서부터 불량한 경우가 대부분임을 확인할 수 있었다. 또한 법적 제어풍속의 만족여부를 직, 간접적으로 확인할 수 있는 값들(후드부 제어풍속 만족 비율, 후드부 필요 환기량 만족비율, 국소배기장치 전체의 필요환기량 만족 비율)이 각각 26.3%, 29.3%, 26.0%로 매우 낮은 수준임을 확인할 수 있었다.

본 연구는 국소배기장치에 대한 조사에서는 육안검사와 에너지 관계(정압)를 병행 조사, 평가를 하지 못하였다는 점은 큰 아쉬움으로 남는다.

국소배기장치의 설치 및 운영 실태에 대한 조사가 매우 부족한 우리나라 실정에서 양호한 국소배기장치가 일부 지역이기는 하지만 매우 저조하였으며, 설계 및 설치 단계에서도 불량한 것이 대부분임을 확인

하였다는 데에 의의가 있다고 할 수 있다.

따라서 향후 국소배기장치가 필요한 사업장에 대해서는 관련 분야에 전문적인 능력을 갖춘 업체로 하여금 설치할 수 있도록 제도를 마련하여야 할 필요가 있으며, 자체검사를 통하여 불량한 국소배기장치로 판단되는 경우에 개선할 수 있는 기술지도가 필요하겠다.

V. 요약

중소규모 사업장의 국소배기장치의 실태를 파악하고 문제점과 개선방안을 제시하기 위하여 충북지역에 있는 50개 사업장에 대하여 발연관 검사와 제어풍속 외에 본 연구에서 고안한 성능평가를 위한 여러 가지 지표를 이용하여 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 후드의 발연관 검사와 제어풍속을 측정하여 연기의 형태와 산업안전보건법의 법적 기준 이상인 경우를 ‘양호’, 그 이하인 것은 ‘불량’으로 평가한 결과 발연관 검사에서는 67.8%가 양호하였고, 제어풍속 측정에서는 26.3%만이 양호하였다.

2. 후두에서 실측 배풍량(Q_{ah})과 이론적 필요 환기량(Q_{ih})의 비가 1 이상으로 양호한 후드는 29.3%이었다.

3. 배기구에서 실측 배풍량과(Q_{ast}) 이론적 총 필요환기량(Q_{it})의 비가 1 이상인 경우는 29.0%이었다.

4. 배기구에서 실측 풍량(Q_{ast})과 설치된 송풍기 풍량(Q_{fan})의 비가 1 이상인 시스템은 5개로 전체 시스템의 5%며, 0.8~1.0미만이 26.0%이었다.

6. 배기구에서 실측한 풍량(Q_{ast})과 각 후두에서 실측한 총 배풍량(Q_{ath})의 비가 0.8~1.0 미만인 경우가 74.0%이었다.

7. 각 후두에서 실측한 총 배풍량(Q_{ath})과 설치된 송풍기 풍량(Q_{fan})의 비가 0.8 이상인 것은 19.0%이었다.

8. 각 후두에서 실측한 총 배풍량(Q_{ath})과 이론적 총 필요 환기량(Q_{it})의 비가 1이상인 경우는 26.0%이었다.

9. 국소배기장치의 성능을 종합적으로 평가하기 위하여 본연구에서 사용한 종합지표에서 0.8이상으로 양호한 경우가 29.0%이었다.

본 연구는 육안점사와 병행하지 못한 점과 국소배기장치에 걸리는 에너지 관계(정압)를 평가하지 못하여 종합적인 평가를 하지 못한 문제는 있으나, 국소배기장치의 실태에 대한 연구가 매우 부족한 상황에서 중소기업 사업장에 설치된 국소배기장치 중에 양호한 것으로 판단

되는 것이 매우 적었다는 점과 특히, 설계 및 설치 단계에서도 불량한 것이 많다는 점을 정량적으로 확인하였다는 데에 의의가 있다.

따라서 향후 국소배기장치가 필요한 사업장에 대해서는 관련 분야에 전문적인 능력을 갖춘 업체로 하여금 설치할 수 있도록 우선적으로 제도를 마련하여야 할 필요가 있으며, 능력 있는 검사원의 자체검사를 통하여 불량한 국소배기장치로 판단되는 경우에 개선할 수 있는 기술 지도가 필요하다 하겠다.

참고문헌

김태형, 하현철, 사업장 국소배기장치 관리 및 성능향상을 위한 제도개선 연구. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 2005

노동부. 산업보건기준에 관한 규칙. 2006.

박동욱, 김태형, 김현욱. 작업환경관리 한국방송통신대학교출판부. 2005.

박선근, 사업장내 국소배기설비의 점검과 개선방안에 관한 연구. 인천대학교, 2005.

박성기, 정경동, 김두희. 국소배기장치 유무에 따른 용접흡 폭로량. 대한산업의학회지 1993; 5(1); 163-169

서은홍. 한국산업안전공단 안전공학연구실. 자체검사 항목, 검사방법 및 평가기준의 개선 연구. 2005. 12.

윤영노, 이경용, 사업장의 국소배기 설비와 관련된 정보수집 연락망에 대한 연구, 한국산업위생학회지 2000; 10(2); 1-17

이필용. 울산지역 소규모 사업장에 대한 공정별 국소배기장치의 점검과 개선방안. 인제대학교, 2001.

최우호. 국소배기장치의 제어속도 측정시 오차. 2000.

한국산업안전공단. 국소배기자체검사 교육원 교재(2002-39-95)

한국산업안전공단. 국소배기설계 교육원 교재(전문과정 2-306-B2-221)

한국산업안전공단, 국소배기장치 실태조사 보고서, 1991, 황성숙, 작업
환경시설 전문업체 육성 방안, 1993년에서 재인용함.

한돈희. 산업환기공학, 신광출판사, 2001.

ACGIH. INDUSTRIAL VENTILATION A Manual of
Recommended Practice, 25th Edition, 2004

ABSTRACT

Additional Improvement and Evaluation of Exhaust Ventilation Systems at Small and Medium Sized Enterprise in ChungCheongBuk-Do Province

Lim, seong keun

Major in Industrial Hygiene Engineering

Department of Industry and Health Engineering

Graduate School of Occupational Safety and Health

Hansung University

The purposes of this study were to evaluate exhaust ventilation systems at small and medium-sized enterprises, and to suggest problems and improvements.

For 50 small and medium-sized enterprises located in ChungCheongBuk-Do, we carried out evaluation of exhaust ventilation systems(100 systems, 594 hoods in 50 factories) from March, 2006 to March, 2007. We evaluated hoods with smoke tester and measurement of capture velocity. In addition, we used several indicators for performance evaluation designed in this study. The rating and level of evaluation were based on the criteria of occupational health and safety act in Korea.

The results were as follows;

1. Based on the smoke flow pattern and the criteria of occupational health and safety act, 67.8% of hoods were rated 'good' level at smoke test whereas 26.3% were rated 'good' level at measurement of capture velocity.

2. 29.3% of hoods, of which ratio of measured actual air flow at hood(Q_{ah}) to required ideal exhaust air flow at hood(Q_{ih}) was 1 or more, were rated 'good' level.

3. The percentage of exhaust ventilation system, of which ratio of measured actual air flow at stack(Q_{ast}) to total required ideal exhaust air flow at hood(Q_{it}) was 1 or more, was 29.0%.

4. For the ratio of measured actual air flow at stack(Q_{ast}) to existing air flow at fan(Q_{fan}), only 5% of exhaust ventilation systems were 1 or more and 26.0% were 0.8 or more but less than 1.0.

6. For the ratio of measured actual air flow at stack(Q_{ast}) to total measured actual exhaust air flow at hood(Q_{ath}), 74.0% were 0.8 or more but less than 1.0.

7. The percentage of exhaust ventilation system, of which ratio of total measured actual exhaust air flow at hood(Q_{ath}) to existing air flow at fan(Q_{fan}) was 0.8 or more, was 19.0%.

8. The percentage of exhaust ventilation system, of which ratio of total measured actual exhaust air flow at hood(Q_{ath}) to total

required ideal exhaust air flow at hood(Q_{it}) was 1 or more, was 26.0%.

9. For the comprehensive evaluation indicators designed in this study, 29.0% were 0.8 or more.

We did not carry out this study with visual inspection. Moreover, we could not evaluate the static pressure in exhaust local ventilation system. However, we found that few exhaust local ventilations at small and medium-sized enterprises were rated 'good' level and that most exhaust local ventilations had 'poor' design and installation.

Therefore, relevant professional manpower and enterprises have to construct exhaust local ventilation where it is needed, and technical guidance and economic support are needed to improve 'poor' exhaust local ventilation after self-evaluation.

Key words : Exhaust ventilation system, Performance evaluation, Small and medium-sized enterprises, Constructor of exhaust ventilation system

감사의 글

본 논문이 나오기까지 많은 충고와 도움을 주신 김수근 교수님과, 산업위생을 지속적으로 학습할 수 있도록 기회와, 가르침을 주신 박두용 교수님께 진심으로 감사드립니다.

항상 그 자리에서 든든한 반려자로 저를 이끌어주는 아내 정수진에게 이 논문을 바칩니다.

2007년 6월

임 성근