

사업장내 국소배기장치의 사용실태 조사 및 개선방안에 관한 연구

김윤선 · 박선근

인천대학교 안전공학과

1. 서 론

작업환경개선의 일반적인 4대 원칙은 대치(substitution), 격리(isolation), 환기(ventilation), 그리고 교육(education)이다. 그중 작업자를 유해인자로부터 보호하는 방법으로는 원재료의 대체, 공정의 변경, 격리, 밀폐 및 국소배기등 기본적인 수단이 있으며, 이중 국소배기장치(local exhaust ventilation system)는 작업장의 유해물질이나 고열을 자연적인 혹은 기계적인 방식에 의해 작업장 밖으로 제거하는 공학적인 기법으로서 대치나 격리로서는 불가능한 고농도의 유해물질을 발생원에서 직접 제거함과 동시에 기준치 이하의 낮은 농도로 유지시킬 수 있고 쾌적한 작업환경을 유지하기 위해선 반드시 필요한 공학적 개선 대책의 일환으로 가장 널리 사용된다.

따라서 국소배기설비를 효율적이고 효과적으로 이용하는 것은 근로자 건강보호와 작업환경개선을 위한 필수적인 사항이라고 할 수 있다. 이를 위하여 사업장에 설치되어 운영하고 있는 국소배기설비와 관련된 현황과 그 문제점을 파악하는 것은 매우 필요한 일이다.

각 사업장내 국소배기장의 사용 실태를 조사하여 향후 국소배기설비의 효율적인 관리방법을 제시하여 쾌적한 작업장의 조성하고자 본 연구를 실시하였다.

2. 연구방법

본 연구의 대상은 사업장을 기본 단위로 총 54개의 국소배기장치를 점검하였으며, 각 사업장내에서의 국소배기장치의 성능을 산업보건 기준에 관한 규칙에 의거하여 실시하고, 국소배기장치를 후드, 덕트, 송풍기, 집진기의 4부분으로 구분하여 성능을 조사하였다. 성능조사항목은 한국산업안전공단의 국소배기장치 자체검사점검표를 기준으로 하였다.

검사전 현장 도면 및 국소배기 도면의 확보를 통하여 국소배기시스템 및 작업장의 공정과약을 우선 실시하여 작업특성과약, 현장설치와 도면위치의 대조, 국소배기가동여부들 기초조사를 실시하고자 하였으나, 도면 미 보유 사업체가 대부분이어서 확인이 어려운 상태였다.

(1) 후드검사

검사항목	검사방법 및 판정기준
1) 일반검사	1. 유해물질 발산원마다 설치되고 발산원과 가까운 위치에 설치되어 있을 것 2. 유해물질을 흡입하기에 적합한 형식과 크기를 갖출 것
2) 마모, 부식, 기타의 손상 상태	3. 마모, 부식, 기타의 손상 유무
3) 흡입기류의 상태 및 기류를 방해하는 장애물이 있는지 여부	4. 후드의 개구면 부근에 흡입기류를 방해하는 기둥, 벽 등 구조물 등이 없을 것 5. 기류가 완전히 후드내부로 흡입되고 후드 밖으로의 유출이 없을 것
4) 레스버식시후드	6. 정상작업이 행해질 때 유해물이 후드 밖으로 비산하지 않고 완전히 후드내로 흡입될 것
5) 도장용 부스등의 필터 등의 상태	7. 도장용 부스등의 필터 등의 상태

(2) 덕트검사

검사항목	검사방법 및 판정기준
1) 일반검사	1. 길이는 될 수 있는 한 짧아야하고 굴곡부분의 수가 적고 접속부 내면에는 돌기물이 없을 것 2. 청소구가 있거나 청소하기에 용이한 구조일 것
2) 외면의 마모, 부식, 변형 등의 상태	3. 공기 누출의 원인이 되는 마모, 부식, 흠집, 기타 손상이 없고 부식의 원인이 되는 도장 등의 손상 및 통기저항의 증가 또는 분진 등의 퇴적원인이 되는 변형 등이 없을 것
3) 내면의 마모, 부식, 변형 등의 퇴적상태	4. 공기 누출의 원인이 되는 마모, 부식이 없고 부식의 원인이 되는 도장 등의 손상 및 분진 등의 퇴적이 없을 것 5. 분진 등의 퇴적으로 인한 이상음이 없을 것 6. 강판 3mm이상의 두꺼운 덕트는 전측정점에 있어서 판의 두께가 설계시 두께의 1/4이상일 것 7. 덕트의 분진이 퇴적하기 쉬운 곳의 전후에 설치되어 있는 측정구에서 정압을 측정하여 초기정압(Ps)의 ±10% 이내일 것
4) 댐퍼의 상태	8. 유량조절용 댐퍼에 있어서는 규정된 위치에 고정되어 있을 것 9. 유로변경용 및 폐쇄형 댐퍼는 가벼운 힘으로 작동하고 유로의 변경 및 폐쇄가 완전하게 행해질 것
5) 접속부의 이완유무	10. 플랜지 고정볼트, 너트, 패킹 등의 풀림, 탈락, 손상이 없을 것 11. 접속부에는 공기의 유입 또는 누출이 없고 공기의 유입 또는 누출에 의한 소음이 없을 것 12. 덕트에 설치된 측정구에서 정압을 측정하여 초기정압(Ps)의 ±10% 이내일 것
6) 점검부의 상태	13. 점검구의 개폐가 원활하고 밀폐가 확실할 것

(3) 배풍기 및 모터

검사항목	검사방법 및 판정기준
1) 케이징의 표면상태	1. 배풍기의 기능을 저하시키는 마모, 부식, 파손 또는 부식의 원인이 되는 도장 등의 손상, 분진 등의 퇴적이 없을 것
2) 케이스의 내면, 임펠러 및 가이드 벨브 상태	2. 배풍기의 기능을 저하시키는 분진 등의 부착이 없을 것
3) 벨트 등의 상태	3. 벨트의 손상, 벨트와 풀리의 구성 형태의 불일치, 당기는 방향의 불균형, 풀리의 손상, 편심 또는 부착위치, 엇갈림, 키의 이완 등이 없을 것 4. 벨트의 휘는 양(X)은 $0.01 \ell < x < 0.02 \ell$ 의 조건에 만족할 것

	5. 벨트의 미끄러짐 및 진동이 없을 것 6. 배풍기의 회전수가 규정된 회전수를 밑돌지 않을 것
4) 배풍기의 회전 방향	7. 배풍기의 회전방향이 규정된 회전 방향일 것
5) 축수부의 상태	8. 축수부는 이상이 없을 것 9. 표면온도는 손으로 만질 수 있을 것(축수부의 표면온도가 70℃ 이하이고 주위온도와의 차이가 40℃ 이하일 것) 10. 오일 또는 그리스캡의 뚜껑을 열어 기름의 양이 규정량이고 변색, 금속가루의 혼입이 없을 것
6) 모터의 상태	11. 모터는 이상이 없고 절연저항은 규정치 이상일 것
7) 안전덮개 및 그 설치부의 상태	12. 모터와 배풍기를 연결하는 벨트 등의 안전덮개 및 그 설치부는 부식, 마모, 파손, 변형, 이완 등이 없을 것
8) 제어반의 상태	13. 제어반의 표시등, 표시등 덮개, 각 각의 이륨판 파손, 계측장비의 이상이 없을 것 14. 제어반은 본진의 퇴적이 없고 개폐기동 각 부 이상없고 설정치 등이 적합할 것 15. 제어반내 단자 및 케이블의 이완, 변색 등의 이상이 없을 것
9) 배풍기의 배풍량	16. 배풍량은 필요 배풍량 이상일 것

(4) 집진기

검사항목	검사방법 및 판정기준
1) 제진형식	1. 제진형식
2) 공동 점검사항	2. 본체부의 마모,부식,파손,분진등 퇴적상태 3. 점검구의 개폐가 원활하고 밀폐가 확실하게 될 것 4. 제어반의 상태 5. 배관계통의 상태 6. 접속부의 볼트, 너트, 패킹 등의 파손, 배관 연결부의 고정상태 및 누출이 없을 것 7. 구동장치 8. 배출장치 (호버, 배출용 덤퍼, 로타리 밸브, 콘베이어등의 상태) 9. 펌프 10. 안전장치 11. 공기압축기
3) 여과식 집진장치	12. 여재의 상태 13. 여재 설치 상태 14. 탈진장치의 상태 15. 압축공기 분사기의 상태
4) 세정식 집진장치	16. 벤츄리관의 상태 17. 충전담식 및 분무식 세정기의 충전물, 탑단 등의 상태 18. 충전담식 및 분무식 세정기의 분무노즐 또는 액분포기의 상태 19. 기액혼합부의 상태 20. 기액분리부의 상태 21. 수봉부의 작동상태
5) 싸이클론	22. 흡입식 싸이클론의 분진등 배출부의 공기 유입상태 23. 집진구의 마모, 부식, 파손 및 분진등의 퇴적상태

(5) 후드에서의 제어풍속

(6) 덕트내에서의 제어풍속

(7) 종합평가

3. 조사결과 및 고찰

본 연구는 각 사업장에서 사용되고 있는 국소배기장치 자체검사기록표의 내용을 기초로 하여 현재 국소배기설비의 주요문제점이 무엇인가에 대한 연구를 진행 하였으며, 조사를 토대로 현재 사업장에서 사용되는 국소배기장치의 성능저하의 문제점을 파악하여 국소배기설비 전체와의 상관관계를 파악하고 국소배기설비의 대안제시와 올바른 사후관리의 주안점을 제시하고자 하였다. 이때 기초 조사된 내용들은 통계분석 프로그램 (SPSS)을 통하여 분석·확인하였다.

(1) 후드

후드의 평가는 7가지 항목으로 정했으며, 7가지 항목을 모두 만족시키면 “양호”, 한 가지라도 불량하면 “불량”으로 평가하였다. 후드의 상태는 54개소 공정 중에서 양호한 공정은 30개소인 55.6% 밖에 되지 않았으며 불량인 공정은 44.4%인 24개소나 되었다.

주요 불량항목은 ‘기류가 완전히 후드내부로 흡입되고 후드 밖으로의 유출이 없을 것’ 으로 전체후드 불량내용 중 83.3%로 대부분을 차지하였다. 이에 대한 대책으로는 후드형식의 교체 또는 플랜지의 설치가 알맞은 대안이라고 판단된다.

(2) 덕트

13가지 항목의 기준을 모두 만족하는 “양호”시설은 44개소인 81.5%, 하나의 기준이라도 만족스럽지 못하여 “불량”으로 분류한 시설은 18.5%인 10개소였다.

주요 불량항목은 ‘청소구가 있거나 청소하기에 용이한 구조일 것’이 전체 덕트불량내용중 40%로 덕트에 청소구가 없는 경우가 많았으며, ‘유량조절용 댐퍼에 있어서는 규정된 위치에 고정되어 있을 것’과 ‘유로변경용 및 폐쇄형 댐퍼는 가벼운 힘으로 작동하고 유로의 변경 및 폐쇄가 완전하게 행해질 것’과 같이 댐퍼에 의한 불량이 전체 덕트 불량내용 중 50%이었다.

(3) 송풍기

16가지 항목의 기준을 모두 만족하는 “양호”시설은 10개소인 18.5%밖에 되지 않았으며, 하나의 기준이라도 만족스럽지 못하여 “불량”으로 분류한 시설은 81.5%인 44개소였다.

주요 불량항목은 배풍기의 벨트등의 상태불량과 제어반의 상태불량으로 이중 벨트등의 상태불량은 ‘벨트의 손상, 벨트와 풀리의 구성 형태의 불일치, 당기는 방향의 불균형, 풀리의 손상, 편심 또는 부착위치, 엇갈림, 키의 이완 등이 없을 것’이 20개소, ‘벨트

의 휘는 양(X)은 $0.01 \ell < x < 0.02 \ell$ 의 조건에 만족할 것'이 23개소, '벨트의 미끄러짐 및 진동이 없을 것'이 24개소, '배풍기의 회전수가 규정된 회전수를 밑돌지 않을 것'이 22개소 이었으며, 제어반의 상태불량은 '제어반의 표시등, 표시등 덮개, 각 각의 이름판 파손, 계측장비의 이상이 없을 것'이 23개소, '제어반은 분진의 퇴적이 없고 개폐기등 각 부 이상없고 설정치 등이 적합할 것'이 24개소, '제어반내 단자 및 케이블의 이완, 변색 등의 이상이 없을 것'이 24개소로, 배풍기 불량상태의 절반정도를 차지하였다. 이는 관리의 부재가 국소배기장치의 성능저하에 얼마나 큰 영향을 미치는가를 알 수 있는 좋은 예라 할 수 있다.

배풍량이 부족한 배풍기를 사용한 경우도 10개소나 있었다.

(4) 집진기

집진기의 평가는 집진기 형식에 대한 항목 1가지, 공통점검항목 10가지, 여과식 집진장치 항목 4가지, 세정식 집진장치 항목 6가지, 싸이클론 2가지 항목으로 전체 23가지 항목으로 정하였다.

집진기 형식은 여과식이 25개소로 가장 많았으며, 세정식이 9개소, 싸이클론이 2개소, 여과식&세정식 1개소, 여과식&싸이클론 1개소 이었으며, 집진기가 설치되어 있지 않은 경우가 16개소나 되었다.

주요 불량항목은 주로 여과식의 '여재의 상태'의 불량인 11개소, '압축공기 분사기의 상태'의 불량인 6개소 이었으며, 공통점검항목 중 '본체부의 마모, 부식, 파손, 분진등 퇴적상태' 불량인 4개소, '배출장치'불량인 4개소, '펌프'불량인 7개소로 나타났다

(5) 후드에서의 제어풍속

후드에서의 제어풍속의 상태는 54개소 공정 중에서 양호한 공정은 30개소인 55.6% 밖에 되지 않았으며 불량인 공정은 44.4%인 24개소나 되었다.

(6) 덕트에서의 제어풍속

덕트의 제어풍속을 측정정하기 위한 측정공이 없는 사업장이 대부분이었으며, 조사 대상 사업장의 양해를 구하기 어려워 성능검사를 수행하기 어려웠다. 전체 54개소 사업장중 36개소 사업장의 결측값이 발생되었으며, 나머지 18개소 공정 중에서 양호한 공정은 17개소인 31.5%, 불량인 공정은 1.9%인 1개소였다.

4. 결 론

(1) 국소배기 설비의 종합평가

후드, 덕트, 송풍기, 집진기, 후드·덕트에서의 제어풍속 평가항목을 종합한 결과 전반적으로 양호한 곳은 8개소로 14.8%에 지나지 않았고, 이에 반해 불량으로 평가된 공정은 46개소로 전체 공정의 85.2%를 차지하고 있었다.

(2) 국소배기 자체검사기록표를 이용한 항목별 연관성 파악 (SPSS 분석)

‘기류가 완전히 후드내부로 흡입되고 후드 밖으로의 유출이 없을 것’과 ‘제어풍속’의 결합도 람다는 0.750, Somers의 d는 0.803로 강한 양의 결합도를 보였다.

‘기류가 완전히 후드내부로 흡입되고 후드 밖으로의 유출이 없을 것’, ‘유해물질을 흡인하기에 적합한 크기를 갖출 것’, ‘후드의 개구면 부근에 흡입기류를 방해하는 기둥, 벽등 구조물 등이 없을 것’의 3항목은 ‘제어풍속’과 양의 결합도를 나타냈다. 결국 후드의 형식과 유입구의 각도, 발생원과의 거리, 유해 물질을 제어하는 후드의 방향등을 고려하여야만 충분한 제어풍속이 나올 수 있을 것이라 판단된다.

위 3항목은 ‘배풍량은 필요 배풍량 이상일 것’의 항목과도 양의 결합도를 나타내 충분한 배풍량이 있어야만 충분한 제어풍속이 나올 수 있다는 상식을 증명하였다.

배풍량에 영향을 미치는 항목으로는 배풍기와 모터를 연결하는 벨트의 고장이 주된 영향으로 나타났다.

주목할 점은 송풍기 점검항목중 ‘제어반의 표시등, 표시등 덮개, 각 각의 이름판 파손, 계측장비의 이상이 없을 것’, ‘제어반은 분진의 퇴적이 없고 개폐기등 각 부 이상없고 설정치 등이 적합할 것’, ‘제어반내 단자 및 케이블의 이완, 변색 등의 이상이 없을 것’의 3항목과 벨트 불량항목이 강한 양의 결합도를 나타내고 있어 전체적인 송풍기 관리의 부재가 결국은 국소배기 장치의 제어풍속 불량으로 나타나고 국소배기 불량으로 결론되어 진다는 것을 알 수 있었다.

전문 인력의 활용을 통한 국소배기장치의 유지·관리가 중요하며, 관련제도의 보완이 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 勞動部國立勞動科學研究所편, 局所排氣裝置 후드設置, 勞動部國立勞動科學研究所, 1983
- 2) 신은상...[등]편저, 산업환기기술, 東和技術, 1998
- 3) 李泌龍, 한돈희, "蔚山地域 小規模 事業場에 對한 工程別 局所排氣裝置의 點檢과 改善方案", 仁濟大學校, 2002