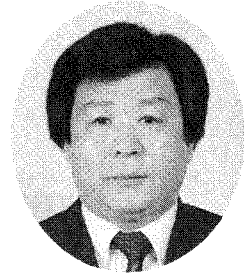


호흡기계질환의 예방을 위한 작업환경관리



한국산업안전공단 작업환경지도국장

이 은 영

1. 작업환경관리의 필요성

현재 지구상에는 약 1000만종의 화학물질이 존재하고 있고 이중에서 7만 내지 10만종류가 상업적으로 생산, 판매되고 있으며 또한 매년 1000여종의 새로운 화학물질이 합성되고 있다고 한다. 한편 우리나라의 경우에도 1993년말 현재 환경처에 등록되어 있는 화학물질의 종류가 30,740종에 이르고 있는 것으로 발표된 바 있다.

이와같이 많은 수의 화학물질이 근대산업사회의 발전과 형성에 크게 이바지한 것은 사실이지만 화학물질의 사용증가에 따른 문제점이 환경오염, 인체에 대한 장해 등 다방면으로 나타나고 있으며, 특히 일반적으로 호흡기계질환의 발생이 증가하는 겨울철에는 이러한 화학물질을 매일 작업장에서 제조하거나 사용하는 근로자들에 있어서 광물성분진에 의한 규폐증, 탄폐증, 석면폐증이나 면폐증에 의한 면폐증, 경금속 분진(hard metal)에 의한 직업성 천식, 염료나 TDI, MDI 등의 화학물질에 의한 직업성 천식, 유기항원(특히 호열성 미생물과 진균류)이나 동물성 단백질을 포함한 분진에 의한 외인성 알레르기 폐염 등의 호흡기계질환에 대해 특별한 주의를 요하게 하고 있다.

근로자의 호흡기계질환을 사전에 예방하고 질병자를 조기에 발견함으로써 치료를 통해 사회에 복귀시키고 작업조건을 근로자에게 적합하도록 하게 하기

위한 산업보건업무는 작업환경관리, 작업관리, 건강관리, 산업보건교육, 산업보건관리체제의 운영 등으로 대별할 수 있으나 열악한 작업환경개선을 통한 직업성 호흡기계질환의 근원적인 사전예방이라는 측면에서 볼 때 이 다섯가지 대책 중에서 가장 먼저 선행되어야 할 관리대책이 바로 작업환경 관리대책인 것이다.

선진제국에서는 각각의 작업공정특성에 따른 작업환경 개선기법들이 거의 완벽하게 연구, 개발되어 산업현장에서 사용되고 있으며, 우리의 경우 이들 개선기법을 많은 산업현장에서 응용하고 있다. 그러나 나라마다 각기 사회·경제적 배경과 국민의 사고방식에 의한 가치관이 다르므로 외국의 성공사례를 그대로 우리나라에 도입하는 것은 필연적으로 문제점이 따르게 된다. 그러므로 선진기술을 모델로 하여 문제점을 해결하기 위한 적절한 접근방법을 택하는 것은 매우 신중한 검토와 연구가 병행되어야 하다.

흔히 작업환경개선을 강조하면 기업주는 손비투자라는 잘못된 인식을 가지고 있어 작업환경개선의 실행을 주저하거나 기피하려 한다. 그러나 경제노동인력과 경영면에서 볼 때 작업환경 개선투자는 기업경영에 있어서 숙련된 노동력을 보존하는 중요한 임무를 띠고 있으며, 근로자에게 적합한 작업환경은 근로자의 건강보호 뿐만 아니라 생산능률과도 직결되어 생산성을 향상시키므로써 오히려 기업의 경쟁력을 높

인다는 사실을 확실히 인식하지 않으면 안된다. 또한 산업사회의 주변여건과 근로자의 의식변화로 인해 날로 증대되고 있는 쾌적한 작업환경의 확보 및 근로자의 건강보호에 대한 욕구를 충족시키기 위해서도 장기적인 안목을 가지고 작업환경개선이 이루어 지도록 노력하여야 할 것이다.

2. 작업환경 중 유해요인

1) 작업환경 중 유해물질의 분포

산업현장의 작업환경 중에서 호흡기계질환을 유발하는 유해물질은 일반적으로 기체물질과 입자상물질로 나누어 볼 수 있으며, 이들 물질은 다시 발생기전에 의해 기체물질은 가스(gas)와 증기(vaper), 입자상물질은 미스트(mist), 분진(dust), 흠(fume)으로 분류할 수 있다.

기체물질은 물론 입자상물질도 기껏해야 그 직경이 100 μm 이하인 극히 미세한 것이며, 화학설비 등에서의 가스의 분출이나 혼합, 분쇄, 연마작업 등에서의 발진 등의 예를 들 수 있다. 이들 유해물질은 자체의 관성에 의하여 발생원에서 주위로 확산되어 거의가 공기와 혼합되어 희석되기 때문에 공기의 움직임에 따라서 운반된다. 작업환경분야에서는 이 과정을 확산이라 하는데, 그 의미는 물리화학에서 말하는 분자운동에 의한 기체의 확산과는 본질적으로 다른 것이다.

기체는 일단 공기와 혼합되어 희석되면 다시 농축되지 않고 발생원에서의 배출증가에 따라서 기중농도는 일반적으로 높아지는 경향이 있다. 입자상물질의 경우에는 공기의 움직임에 의해 운반되는 사이에도 중력에 의해 침강되는데, 침강속도는 입자의 밀도와 입경에 비례한다. 따라서 발산된 후 입자가 큰 것이 빨리 침강되고 바닥과 기계설비 등에 퇴적된다. 부유하는 동안 입자와 입자간에 충돌, 부착되어 입자가 크게 되는 것도 있다. 이것을 입자의 응집이라 하며, 응집하여 커진 입자는 침강하여 작업장 바닥이나 기계·설비 등에 쌓이게 되고 이들 퇴적된 입자 가운데

분진, 흠은 바람 또는 사람이나 물체의 움직임에 의해 다시 공기 중으로 비산하는 것도 있는데, 이것을 2차 발진이라고 한다. 어떤 분진작업장에서는 2차발진 때문에 발진작업장소 보다도 다른 장소의 기중 분진농도가 높게 되는 때도 있다. 때문에 분진작업장소에서는 발진작업에서의 발진과 함께 2차발진도 작업환경관리상 무시할 수 없는 중요한 요인으로 인식되고 있다.

앞에서 이야기한 것처럼 작업환경 중의 유해물질은 발산된 후 혼합, 희석, 응집, 침강, 퇴적, 2차발진 등을 반복하기 때문에 공기의 움직임에 의해 확산된다. 이 때문에 한정된 작업장 중에서도 각각의 측정지점에서의 공기 중 유해물질의 농도는 같지가 않다. 유해물질의 발산과 공기의 유동상태는 시시각각으로 변화하며, 같은 지점에서도 작업환경 중 농도는 일반적으로 시간과 함께 변동한다. 작업환경관리가 충분히 이루어지지 않는 작업장에서 유해물질의 평균농도가 높은 것은 당연하나 상술한 바와같이 변동이 있는 환경상태를 정확히 표현하는 데는 평균농도 뿐만 아니라 변동의 크기를 고려할 필요가 있다. 다시 말해서 비록 평균농도는 낮아도 변동이 크다면 농도가 높은 장소, 농도가 높은 때가 존재하는 경우가 있으므로 작업환경관리가 잘 되고 있다고 말하기는 어렵다.

2) 유해물질의 인체 침입경로

산업장의 공기를 오염시키고 있는 유해물질에 의한 유해작용은 그 물질의 인체내 침입경로에 따라서 크게 다르며 또한 작용부위에 도달한 유해물질의 농도와 밀접한 관계가 있다. 산업현장의 유해물질은 적어도 세 가지 경로를 통하여 인체내에 침입되는데, 침입되는 정도는 호흡기를 통한 흡수가 80% 정도로 가장 높고, 다음이 피부 및 소화기의 순서이다.

가. 호흡기를 통한 흡수

대부분의 호흡기계질환을 유발하는 유해물질은 호흡기계통을 통하여 체내에 들어가 장애를 일으키는데 호흡에 의하여 흡입된 유해물질이 불용성인지 수용성

인지에 따라 그 유해작용은 현저히 다르게 나타난다. 불용성물질 중 5 μm 이상의 입자가 큰 분진은 흡입과정에서 대부분 상기도에 침착하나 기관지와 소기관지에는 섬모가 있어서 주기적인 섬모운동에 의하여 점액과 함께 밖으로 가래로 배출되고, 기관지를 통과한 나머지 미세분지만이 폐포에 침착한다. 수용성 물질은 코나 상기도 점막 및 총표면적 140 m²나 되는 폐포내의 모세혈관으로부터 급속하게 흡수되어 전신으로 확산된다.

나. 피부를 통한 흡수

화학물질이 흡수될 수 있는 피부면적은 폐포의 표면적 보다 훨씬 좁아서 약 1.6 m²에 지나지 않으나 피부에서도 항상 호흡작용이 이루어지고 있으며 전 호흡량의 1.5%에 해당한다고 한다. 따라서 기체인 유해물질은 피부를 통해 흡수되기도 한다. 또한 기체 이외의 물질이라도 수용성 물질이나 지용성 물질은 땀이나 피부지방에 녹아서 국소적인 피부장해를 일으키거나, 한선 및 피지선에 있는 수많은 모세혈관으로부터 흡수되어 전신적인 장해를 일으킨다. 또한 표피층에 있는 임파관의 개구부를 통하여 화학물질이 체내에 들어가기도 한다.

다. 소화기를 통한 침입

입으로 들어가는 유해물질의 양은 실제로는 그리 많이 않고 손가락에 묻었던 유해물질이 간접적으로 음식물이나 담배와 함께 입으로 들어간다. 호흡기로 침입된 유해물질이 가래에 섞여 섬모운동에 의하여 목까지 올라오면 이를 삼켜 소화기로 들어가게 된다. 그러나 우발적으로 잘못하여 유독물질을 먹거나, 또는 자살목적으로 고의로 먹는 경우가 있다.

입으로 들어간 유해물질은 침이나 그 밖의 소화액에 녹아서 주로 장관에서 흡수되는데 장관에서 흡수되는 속도는 유해물질의 종류에 따라 다르다. 소화기로 들어간 유해물질은 위장관에서 산과 알칼리에 의해 중화되고, 소화액에 의해 분해되며, 또한 간에서 해독되기 때문에 그 독성은 호흡기나 피부로부터 흡수되는 경우보다 훨씬 낮다.

3. 작업환경 개선의 기본원칙

작업환경은 일반적으로 자연적인 환경 혹은 인간이 생활을 영위하는데 알맞는 환경과는 달리 정도의 차이는 있어도 모두 오염된 환경이라고 볼 수 있다. 우리는 이러한 오염된 환경이 인체에 어떠한 영향을 주는가에 대하여 알아야 하며 이에 대하여 어떠한 대책을 세워야 할 것인가에 대하여 연구하여야 한다.

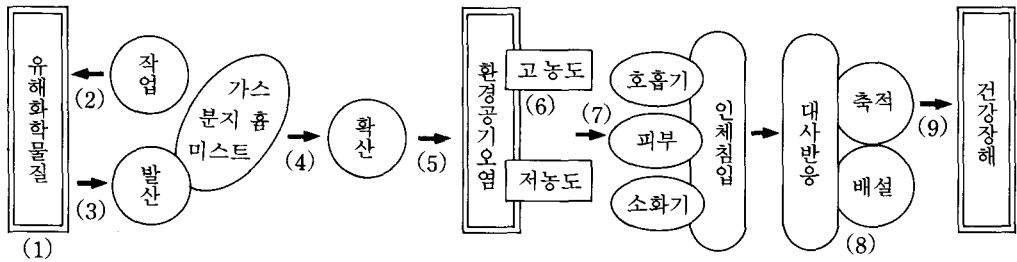
작업환경에서 작업자가 직면하는 호흡기계질환을 일으키는 유해요인은 그 종류가 다양하여 호흡기와 소화기 또는 피부를 통하여 체내에 흡수되어 건강장해를 일으키거나, 비점막이나 상기도 점막에 접촉하여 자극을 주는 물질에 의한 것들이 있다. 따라서 이에 대한 대책을 수립하여 관리하여야 하는데, 이것이 바로 작업환경관리이다.

그러므로 어떤 작업환경에 위험요소가 있다고 판정되면 어떤 종류의 방호대책을 어떠한 수준까지 세워야 하는가를 결정하고 이어서 훈련된 인원과 비용을 투입하여 실천에 옮겨야 한다.

그림 1은 호흡기계질환 뿐만 아니라 모든 유해물질에 의한 건강장해 발생의 경과와 방지대책을 나타낸 것인데 작업장에서 제조, 사용도는 유해물질들은 작업과정에서 가스, 증기, 미스트, 분진, 흙 등의 상태로 발산된다. 또 작업대상이 되는 원재료와 제품이 그대로 발산되는 것도 있으며, 발산된 후에 공기 중에서 산화 등의 화학반응에 의한 다른 화합물로 되는 것도 있다.

그림 1에서 주어진 번호와 그것에 대응하는 대책은 유해물질 발산원에서 건강장해에 이르는 관계를 도중에서 차단하여 건강장해를 방지하는 방법으로 그 중 (1)~(5)가 작업환경관리에 해당되며, 번호의 숫자가 작을 수록 근본적으로 유효한 대책이다.

이와같이 유해물질에 의한 건강장해를 방지하는 데는 먼저 생산기술적인 측면에서 유해물질을 발산시키지 않도록 하고 다음에 환경관리적인 측면으로 환경 공기 중의 유해물질 농도를 낮게 하는 것이 중요하다. 보호구를 사용하도록 하는 것은 작업환경의 개선이 불가능하거나 현실적으로 어려운 경우 또는 임시작업



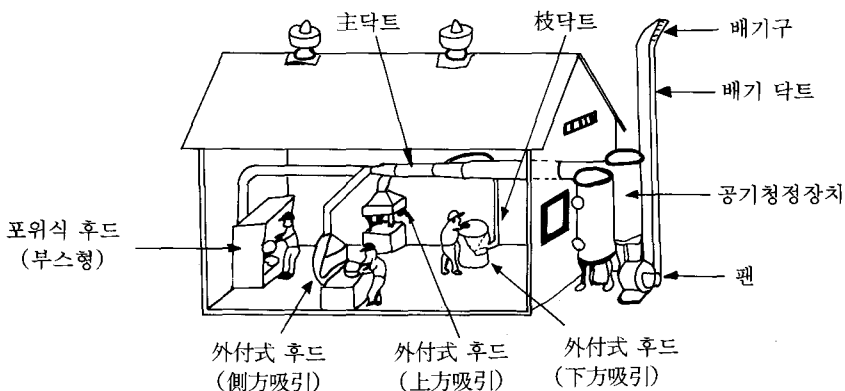
- (1) 유해화학물질의 제조, 사용의 중지, 유해성이 작은 물질로의 전환
 - (2) 생산공정, 작업방법의 개량에 의한 유해물질의 발산 방지
 - (3) 설비의 밀폐화, 자동화, 원격조작, 유해공정의 격리
 - (4) 국소배기, push-pull 환기에 의한 오염물질의 확산 방지
 - (5) 전체환기에 의한 오염물질의 희석 배출
 - (6) 작업환경 측정에 의한 관리 상태의 점검
 - (7) 시간제한 등의 작업방법의 개선, 보호구의 사용에 의한 인체 침입의 방지 — 개별적 작업 관리
 - (8) 채용시의 특수건강진단에 의한 적정배치의 확보
 - (9) 정기특수건강진단에 의한 이상의 조기 발견과 사후조치
- } 생산기술적인 대응
 } 환경관리적인 대응
 } 공학적 환경관리
 } 의학적 건강관리

〈그림 1〉 유해물질에 의한 건강장해의 발생경로와 방지대책

등에서 제한적으로 사용될 수 있는 유효한 대책이며 작업환경개선에 대한 연구, 검토 없이 단순히 보호구를 사용하도록 해서는 안된다.

또 이들 원칙적인 작업환경관리대책 가운데 (1)은 그것만으로도 충분한 효과가 기대될 수 있는 데, 일반적으로는 한 가지 대책에만 의존하는 것보다는 복수 대책을 병용한 방법이 경제적으로 유효한 경우가 많

다. 예를 들면 분체원료의 입경을 크게 해서 확산을 적게하는 것과 동시에 발산원에 국소배기장치를 한다든가 도장로봇을 사용함으로써 도장작업을 자동화하여 작업자를 격리함과 동시에 국소배기를 하여 발산원에서 작업장 주위로의 확산을 억제하고 확산된 분진은 전체환기로 희석하여 농도를 낮추는 등의 조합이 일반적으로 이루어지고 있다.



〈그림 2〉 국소배기장치의 예

4. 유해물질에 대한 공학적 대책

(1) 유해물질 발산의 억제

가. 원료대치와 사용의 억제

건강에 극히 유해한 물질이 있고 또한 그것에 대신 하여 똑같은 사용목적에 달성할 수 있는 유해성이 작은 물질이 있을 때에는 그 유해성이 큰 물질의 사용을 금지시키는 것이 가장 좋은 대책이다. 그것에 해당하는 화학물질로서 산업안전보건법(이하 산안법이라 함)에서는 황린성염, 벤지딘과 그 염, 4-아미노 디페닐과 그 염, 벤젠을 5% 이상 함유한 고무풀 등 7종의 제조, 사용 등을 금지(산안법 제37조, 시행규칙 제29조)하고 있고, 디클로로 벤지딘과 그 염, 알파-나프틸 아민과 그 염, 벤지딘 염산염 등 9종의 화학물질을 제조 또는 사용하는 경우에는 미리 허가(산안법 제38조, 시행규칙 제30조)를 받도록 하고 있다.

또 화학물질의 유해성을 사전에 파악하여 적절한 예방조치를 취할 목적으로 벤젠, 노말렉산, 니트로글리콜, 1,4-디옥산 등의 107종 유해물질을 함유하는 제제 등의 용기 또는 포장에 명칭, 성분, 함유량, 인체에 미치는 영향, 저장·취급상의 주의사항 및 긴급방재요령 등을 표시(산안법 제39조, 시행규칙 제31조)함과 동시에 신규 화학물질이나 신규 화학물질의 제제 등으로서 근로자의 건강장해를 일으킬 염려가 있는 화학물질에 대해서는 유해성을 조사하여 적절하여 적절한 조치를 하여야 한다고 사업자에게 의무를 부여(산안법 제40조)하고 있다.

그 밖의 유해한 화학물질에 대해서는 비록 법으로 금지되어 있지 않더라도 자주적으로 그들의 물리·화학적 성질, 유해성, 함유율, 사용목적 등을 조사하여 기술자와 협력해서 유해성이 작은 물질로의 대치 가능성을 충분히 검토하여 가능하면 대치시키도록 한다. 이 경우 비록 재료로서의 성능이 떨어지더라도 생산기술면에서의 대응방법을 연구하여 목적을 달성할 수 있도록 하는 것이 중요하고, 원재료의 대치가 제조원가를 높이게 되는 경우도 있으나 직업병이 발생했을 경우의 인적, 경제적 손실과 비교한다면 문제가 되지 않는다.

대치의 예를 몇 가지 살펴보면 다음과 같다.

- ① 아조(azo) 염료의 합성에서 원료로 벤지딘을 사용하던 것을 디클로로벤지딘으로 대치
- ② 단열재로서 석면을 사용하던 것을 암면, 유리섬유, 발포폴리에틸렌 등으로 대치
- ③ 금속제품의 탈지에 트리클로로에틸렌을 사용하던 것을 계면활성제로 대치
- ④ 분체의 원료를 입자가 큰 것으로 대치
- ⑤ 드라이 크리닝시 벤젠을 사용하던 것을 퍼크로로에틸렌으로 대치
- ⑥ 금속제품 도장용의 유성도료를 수성도료로 대치
- ⑦ 주물의 후처리 작업 등에서 규산 함유율이 높은 규사를 사용하던 샌드브라스트 작업을 steel shot를 사용하는 shot blast 작업으로 대치

그러나 시행되고 있는 대치방법 중에서 간혹 볼 수 있는 잘못된 원가절감 또는 가공시간의 감소 등의 생산목적하에서 유해한 대치가 이루어지는 것이다. 예를 들면 인쇄물의 건조시간을 감소하기 위해서나, 접착제의 접착효과를 향상시키기 위하여 종래 사용하던 원재료와 다른 것을 사용하므로써 호흡기계질환을 일으키는 예가 있다. 이와 같이 새롭게 사용하는 원재료에 대해서는 그 유해성 및 예상되는 건강장해에 관한 충분한 배려가 필요하다.

나. 생산공정의 작업방법 개량

생산공정이나 작업방법을 일부 변경하든지, 작업순서를 교체함으로써 유해물을 사용하지 않고 끝내든지, 유해물의 발산을 중지시키든지, 감소시킬 수가 있다. 그 예를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 습식공법의 채용은 작업방법 변경의 대표적인 것으로서 분진작업을 습식으로 하든지 또는 습윤화하는 것이 그 작업의 본질상 지장이 없을 때에는 극히 유효하다. 습식공법에는 물, 기름 등 적당한 액체를 사용하면 좋다. 때로는 계면활성제를 병용하여 효과를 올리기도 한다. 광산에서의 흡식착암기의 사용, 광물의 절단, 파쇄, 연마 작업에서의 주수 또는 살수 등의 예를 들 수 있

다.

- ② 도자기의 제조공정에서 건조 후에 하고 있던 점토의 조합을 건조 전에 한다.
- ③ 유기용제를 사용하는 분무도장을 에어레스스프레이, 분체도장, 정전도장 등으로 대체
- ④ 시멘트의 배합작업, 도료의 원료배합작업 또는 마찰재의 성형원료로서 석면을 포함한 분체원료 혼합작업에서 건식으로 혼합한 후에 용제를 가하던 것을 먼저 용제를 가한 후에 분체원료를 넣어 습윤화하여 배합, 혼련한다.

다. 적정 조업의 확보

기계설비 등에서의 유해물질 발생을 억제하는 또 하나의 중요한 대책을 작업부하의 제한이다. 일반적으로는 기계는 그 설계능력 이상의 부하를 받음으로써 유해물질의 발생량이 많아진다. 가장 알기 쉬운 예는 벨트콘베어에 분체상물질을 운반할 때 설계시에 미리 고려된 운반량 이상의 물질을 운반하면 운반 중에 벨트 밖으로 원재료가 떨어져 생기는 발진과 분체가 떨어져 쌓인 부분에서 발생하는 발진량은 뚜렷하게 증대한다. 또한 유기용제의 경우에 있어서 유기용제의 증발속도는 온도의 상승과 함께 급격히 커지므로 유기용제 취급시의 온도는 환경농도에 큰 영향을 미친다. 그리고 일반적으로 액체의 증발량은 공기와의 접촉면적에 비례하여 많아지므로 공기와의 접촉면적을 제한하는 것은 유해물질의 발생량을 감소시키는 데 효과적이다.

(2) 유해물질의 비산 및 확산의 억제

이미 발생된 유해물질에 의한 공기오염은 가능한 발생원내에서 처리하도록 고려하여야 한다. 예를 들면 분말을 체로 쳐서 거르는 작업과 광석의 파쇄기, 믹서 등을 운전하는 작업의 경우 분진의 발생원은 기계 자체라든가 또는 그 주위의 극히 한정된 공간의 경우가 많다. 이와 같은 발생원에서의 분진의 발산은 방지하여 두면 작업장 전체에 확산되고 분진발생과는 관계 없는 다른 공간의 공기를 오염시켜 심할 때는 다

른 작업장의 공기까지도 오염시키게 된다.

가. 발산원의 밀폐와 포위

발산원이 작은 구역에 제한되어 있을 때에는 이것을 다른 곳에 격리시키든가 밀폐한 부스(booth) 중에 넣고, 또한 이것을 적당한 것으로 둘러싸서 외부로 유해물질이 새지 않도록 하는 것이 좋다.

유해물질을 취급하는 많은 생산공정은 유해물질의 발산, 비산, 확산을 방지하기 위하여 설비의 전부 또는 일부를 완전히 밀폐할 수 있다.

도금작업의 개방조처럼 유해물질을 증발시키는 작업도 밀폐가 가능한 경우가 있으며, 이 경우에 밀폐를 하는 데는 동, 아연 및 철판, 알루미늄 등의 금속제 재료 또는 비닐판 등을 사용하여 빈틈이 없도록 하는 것이 좋다.

가공할 원료의 공급 및 꺼내는 작업은 가능한 한 기계화 또는 자동화하여 밀폐하고 밀폐한 설비의 내부에는 필요에 따라 조명용 전등을 설치한다든가, 내부의 점검·청소를 할 사람의 출입이 가능한 문을 설치하든가, 밀폐부를 떼어낼 수 있는 구조로 하여야 한다.

그 예를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 도금조, 세정조, 혼합기, 분쇄기, 체로 쳐서 분리시키는 기계, 여과기, 텀블러(tumbler), 드라이크리닝기계, 벨트콘베어, 버겔콘베어 등은 쉽게 밀폐시킬 수 있도록 한다.
- ② 화학반응용의 용기는 밀폐시켜 교반 기계의 축관통부에는 grand packing을 붙이고 원료 공급이나 생성물을 꺼내는 배관을 만들든가 밀폐식의 콘베어, 스크류피더(screw feeder), 공기수송 등의 방법을 사용한다.

밀폐나 포위를 할 때 주의해야 할 것은 어떤 방법을 이용해도 완전한 밀폐와 포위는 어려울기 때문에 뚜껑이나 울타리로 유해물질이 외부로 새어 나오는 경우가 있다. 따라서 밀폐, 포위시에는 반드시 그 내부의 공기를 흡인하여 항시 밀폐, 포위된 내부의 압력이 외압보다 낮아 공기가 외부 작업장에서 밀폐, 포위된 설비의 내부를 향하여 움직이도록 하여야 한다. 공기가

충분히 흡인된다면 간단한 밀폐, 포위 방법으로도 유해물질의 비산을 충분히 방지할 수가 있다.

나. 발산원과 작업자의 격리

작업장에 유해한 생산공정이 있다면 직접 그 작업에 종사 하지 않는 근로자에게 까지 장애를 일으키는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 유해한 생산 공정을 따로 독립시킨 건물 내에 설계하는 것이 바람직한데 이것이 가능하지 않다면 적당한 칸막이, 벽 등으로 격리한다. 또한 격벽에 의해 시야가 방해되어 좋지 않을 경우에는 강화유리, 합성수지판 등의 투명한 재료를 사용하면 좋다.

또 일련의 작업 중 유해한 생산공정을 격리하는 경우에는 가능한 한 공정의 흐름을 방해하지 않도록 하는 배려가 필요하다. 그러나 격리를 한다 해도 격리된 공정의 유해성의 유무를 알 수 없으므로 이와 같은 장소의 작업은 가능한 한 밖으로부터 원격조정하여 근로자가 안으로 들어가지 않도록 한다. 작업 때문에 안으로 들어갈 필요가 있는 경우에는 이 구획내에 철저한 방호시설을 하여 관계자 이외에는 들어가지 못하도록 하고 동시에 이 구획내 작업자에게는 필요에 따라 방진마스크, 방독마스크, 송기마스크, 보호의 등 보호구를 착용시켜 개인폭로의 경감에 노력하도록 한다.

다. 국소배기와 푸쉬풀(push pull) 환기

유해물질 취급설비를 완전 밀폐하는 것이 불가능한 경우에는 발산된 유해물질이 작업자의 호흡범위에까지 확산되지 않도록 하는 대책이 필요하며 이를 위해서는 국소배기 또는 푸쉬풀환기가 적절하다. 질삭, 연마, 용접, 도장, 세정, 분체의 투입, 평량, 용기에 넣기, 주물의 모래털기, 화학분석 그 밖의 유해물질을 발산하는 공정중 작업자의 수동작업을 요구하는 모든 공정에 있어서 가장 현실적인 대책으로 널리 쓰이고 있다.

◇국소배기

국소배기를 정의하면 유해물의 발산원 가까운 곳에 흡인구를 설치하여 국부적으로 정상적인 흡인기류를

만들어 그 기류에 실려 유해물질이 확산되기 전에 가능한 한 발산시의 농도를 흡인시켜 작업자가 오염기류에 폭로되지 않도록 하는 것이다.

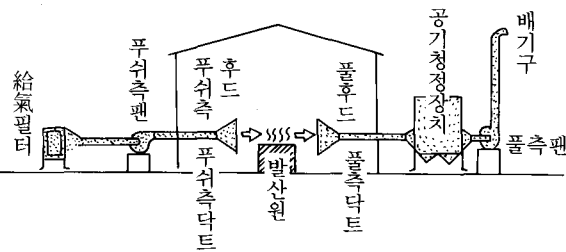
국소배기는 그림 2와 같은 장치에 의하여 행하여진다. 이 장치는 송풍기(fan)를 운전하여 흡인덕트(duct)에 흡인기류를 일으켜 발산원을 가능한 한 둘러싸든가, 그것이 불가능하면 발산원에 가능한 한 가깝게 설계한 후드(hood)에 발산원에서 발생된 가스, 증기, 미스트, 분진, 흙 등을 전부 흡인시킨 후에 오염공기를 닥트로 운반하고 공기정화장치(배기처리장치 또는 제진장치)로 공기 중의 오염물질을 제거하여 정화시킨 공기를 대기 중에 방출하는 구조로 되어 있다. 따라서 국소배기가 유효하게 작동하는지, 아닌지는 발산원에서 발생된 오염물질이 작업자의 호흡범위에 접근하지 않고 후드에 전부 흡인되는가의 여부에 달려 있으며, 장치 설치상의 기본 유의사항은 다음과 같다.

- ① 발산원의 상태에 맞는 형식과 크기일 것
- ② 발산원에서 어떤 속도를 가지고 비산하는 오염물을 강제적으로 후드로 흡인시키기 위한 최소 제어풍속을 만족하는 정상적인 기류를 만들 것
- ③ 작업자가 후드로 흡인되는 오염기류 내에 들어가거나 폭로되지 않도록 배치할 것
- ④ 후드, 닥트 등은 과도한 공기저항이 있어도 분진이 관내에 축적되지 않도록 유체역학상 무리가 없도록 할 것
- ⑤ 후드, 닥트, 공기정화장치 내에서 발생하는 기류의 운동, 마찰에 의한 공기저항에 견딜 수 있는 정압과 제어풍속을 얻는데 필요한 배풍량을 낼 수 있는 송풍기를 사용할 것
- ⑥ 배기에 의한 환경오염을 일으키지 않는 농도까지 오염물질을 충분히 포집, 흡인할 수 있도록 오염물질의 성질, 농도 등에 맞는 방식의 공기정화장치를 사용할 것

◇푸쉬풀 환기

유해가스, 증기 또는 분진의 발산원에 근접하여 국소배기장치를 설계하는 것이 곤란한 경우나 발산면이 넓기 때문에 그 설치가 곤란한 경우에는 푸쉬풀

(push-pull) 환기가 유효한 경우가 있다. 푸쉬풀 환기는 그림 3에서 보는 바와 같이 통상 국소배기장치의 후드(풀 후드, 흡인측 후드)에 대하여 또 한개의 배출하는 쪽의 후드(푸쉬후드)를 설치하여 완만한 배출기류(푸쉬기류)를 만들어 줌으로서, 풀 후드측에서도 가능한 한 완만하게 같은 속도로 흡인기류가 형성되도록 하여 발산되는 유해물질의 비산, 확산을 방지하는 방법이다.



〈그림 3〉 푸쉬풀 환기장치

이 방법은 단순한 국소배기의 효과 뿐만 아니라 근로자의 호흡위치에 깨끗한 공기를 보내줄 수가 있고 실내의 기류의 난류현상을 차단하는 등 다양한 기능을 갖는 장점이 있는 반면 푸쉬측의 설비비용, 운전비용 등이 더 들고 설계를 잘못하면 푸쉬 후드의 배출기류가 유해물질을 실내로 비산시킬 위험도 배제할 수 없으므로 설계시 주의를 요한다.

(3) 유해물질의 희석과 제거에 의한 농도의 저감

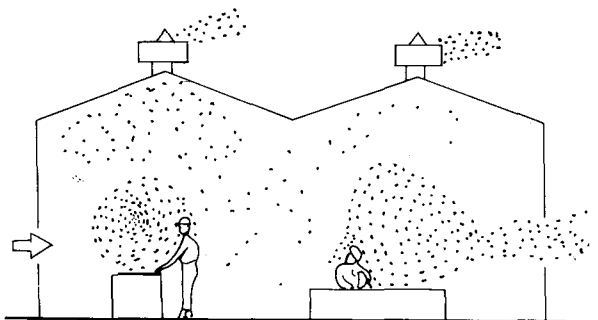
국소배기, 푸쉬풀 환기는 유해물질의 확산을 방지하는 데는 유효하고 응용범위가 넓은 장치이나, 작업공정 중에서 발생된 유해물질이 장치설계시보다 이상을 상회하는 실내기류의 난류나 사용하는 기계설비의 과부하 등의 원인에 의해 일단 흡인기류의 포착범위에서 벗어나면 그 유해물질을 다시 포착하여 배출할 수는 없다. 이와 같은 경우에 그대로 방치하면 결과적으로는 환경 중의 유해물질농도가 유해한 정도로 높아져 분진의 경우에는 바닥 등에 퇴적되어 2차 발진의 원인이 된다. 이런 경우에 외부에서 신선한 공기를 넣

어 작업실내의 오염농도를 낮추기 위한 방법으로서 전체환기가 이용되고 있다.

전체환기는 희석환기라고도 하며, 그림 4처럼 발생원에서 발산한 유해물질은 창으로 들어온 오염되지 않은 신선한 공기와 희석, 확산되어 천정의 모니터 우측 창으로 배출된다. 이때에 필요한 환기량의 계산에 대해서는 사전에 정확한 작업환경측정을 통해 각각의 경우의 공기 중 오염물질의 평균농도를 예상하여 쾌적한 작업환경을 유지하기 위해서는 어느 정도의 환기가 필요한가를 검토하여 결정하여야 한다.

전체환기의 필요 환기량계산을 위해서는 예상되는 정상적 평균오염농도 $K(\text{mg}/\text{m}^3)$ 를 상정함과 동시에 가스, 분진 등의 발생량 $W(\text{g}/\text{h})$ 를 추정하지 않으면 안된다. 필요 환기량을 $Q(\text{m}^3/\text{min})$ 라고 하면 Q 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$Q(\text{m}^3/\text{min}) = \frac{1,000 W}{60 K} = \frac{50 W}{3}$$



〈그림 4〉 전체환기장치에 의한 오염물질의 희석배출

5. 작업관리

가. 작업계획 수립 및 표준작업 수행

유해물질취급 작업에 근로자를 종사하도록 하는 경우에는 당해 작업계획 수립시 유해물질에 의한 근로자의 노출여부를 우선적으로 고려하여, 유해물질이 발생되는 작업공정에 대하여는 표준작업 관리지침을

마련하고 당해 근로자가 이에 따라 작업하도록 한다.
이 경우 표준작업관리지침에는 다음 내용을 포함한다.

- 1) 유해물질의 발생억제 조치
- 2) 해당시설 및 설비 등에 설치된 국소배기장치의 적절한 가동과 비정상작동시 조치요령등에 관한 사항
- 3) 개인보호구의 착용시기, 요령 및 관리방법
- 4) 유해물질의 이상 유출시의 조치
- 2) 기타 유해물질 증기에의 근로자 노출방지를 위한 사항 등

나. 교 육

작업 근로자에게 다음과 같은 내용의 특별 안전보건교육을 실시한다.

- 1) 당해작업장에서 사용되는 유해물질의 물리·화학적 특성
- 2) 유해물질의 침입 경로 및 대사 작용
- 3) 중독증상과 징후
- 4) 유해물질에 의한 직업병 예방을 위해 취해진 현 조치사항
- 5) 현 조치사항의 유지·관리요령
- 6) 공정별 표준작업 요령
- 7) 작업환경, 개인위생 등 작업전·후의 건강장해 예방대책
- 8) 응급조치 방법
- 9) 보호구의 사용법, 제한조건 및 개인보호구 청결 유지방법
- 10) 기타 안전보건상의 조치 등

다. 계 시

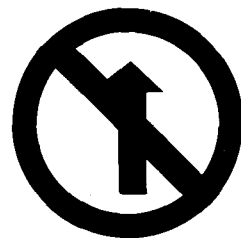
유해물질 제조, 사용 작업장에는 다음 각 목의 사항을 보기 쉬운 장소에 게시하여야 한다.

- 1) 명칭
- 2) 인체에 미치는 영향
- 3) 취급상 주의사항

- 4) 착용하여야 할 보호구
- 5) 근로자가 오염된 경우 긴급방재 요령

라. 저장 및 용기의 처리

- 1) 유해물질은 그 형상 또는 명칭으로 인해 내용물이 식품과 혼동될 수 있는 용기에 보관하거나 저장하지 않도록 하고 잘 알아 볼 수 있도록 정리·보관해야 하며 약품, 식품, 사료 등의 첨가제와 근접한 곳에 보관하지 않도록 한다.
- 2) 유해물질을 옥내에 저장하는 때에는 누출, 방출 또는 비산되지 않도록 마개가 있는 견고한 용기를 사용하여야 하며, 용기를 개방하여 사용하는 경우에도 개방부위의 면적을 최소화할 수 있는 용기를 사용한다. 또한 전용의 저장장소 및 보관장소를 로프, 체인 등으로 구획하고 그 저장장소에는 다음사항의 설비를 한다.
 - 가) 관계 근로자 외의 출입을 금지시키는 설비
 - 나) 유해물질의 증기 등을 옥외로 배출시키는 설비
- 3) 유해물질을 보관한 불박이장, 선반 등은 경사, 전도 또는 낙하되지 않도록 고정한다.
- 4) 유해물질은 지하실, 핏트 등에 저장하지 않도록 한다. 또한 저장장소의 통풍이 충분하지 않는 경우에는 배기구등을 설치하여 증기가 체류하지 않도록 한다.
- 5) 유해물질을 저장하는 장소에는 관계자외의 출입금지, 인화성물질 경고 등 안전보건표지를 부착한다(그림 5, 6 참조)



〈그림 5〉 출입금지 표지의 예



〈그림 6〉 인화성물질 경고의 예

마. 관리감독자의 직무

- 1) 작업량, 작업속도, 온도 등을 필요이상으로 올리 지 않도록 한다.
- 2) 유해물질이 스며든 스펀지나 심지 등이 들어 있는 용기에서는 표면으로부터 증발이 일어나므로 뚜껑을 설치하는 등 오염의 확산방지 및 화재방지를 위한 조치를 수립한다.
- 3) 수작업의 경우에는 작업자세에 주의하고 증기나 분진 등의 발생부위에 필요이상으로 얼굴을 접근하여 증기나 분진 등을 흡입하는 일이 없도록 지도한다.
- 4) 통, 병 등에 들어 있는 유해물질을 운반하는 경우에는 떨어뜨리지 않도록 지도한다.
- 5) 피부나 의복에 유해물질이 묻지 않도록 하고 유해물질이 묻어 있는 물건을 취급하는 경우에는 가급적 불침투성 보호장갑등을 사용하도록 지도한다.
- 6) 당일 작업에 직접 필요한 양 이외의 유해물질을 작업장내에 들여오지 못하도록 한다.
- 7) 가급적 통풍이 충분한 장소에서 작업을 하도록 하는 등 유해물질의 흡입이 최소화되도록 작업 장소와 작업방법을 정해준다.

6. 위생관리

가. 근로자 개인위생관리

유해물질을 취급하는 근로자는 유해물질에

의한 호흡기계질환 등의 직업병을 예방하기 위하여 다음 사항을 준수하도록 한다.

- 1) 작업장 내에서 흡연을 하지 않는다.
- 2) 작업장 내에서 음식을 취식하지 않는다.
- 3) 작업중 식사를 하는 경우에는 손이나 얼굴을 깨끗이 씻고, 별도의 방에서 식사한다.
- 4) 작업장에서는 필요시 보호구를 착용한 후 작업에 임하도록 하고 사용한 보호구는 불순물 및 오염물을 제거한 후 청결한 장소에 보관한다.
- 5) 비상시 사용한 호흡용 보호구는 매 사용후마다 소독하여 보관한다.
- 6) 작업을 종료한 경우에는 샤워시설 등을 이용하여 손, 얼굴 등을 씻거나 목욕을 실시한다.
- 7) 퇴근시에는 작업복을 벗고 평상복으로 갈아입는다.

나. 폐기물의 보관 및 처리

유해물질이 함유된 폐기물은 지정된 장소에 저장 또는 보관하고 안전하게 처리한다. 이 경우 유해물질이 발산되지 않도록 뚜껑이 있는 밀폐된 용기를 사용하여 보관한다.

다. 청 소

- 1) 유해물질취급 업무중 바닥에 쏟아진 유해물질은 즉시 세척 또는 제거하여 근로자가 노출되지 않도록 하고, 작업장소를 항상 청결하게 유지·관리한다.
- 2) 작업장의 바닥은 가능한 한 건조상태로 유지하며 물 또는 기타의 액체를 다량으로 사용하여 습윤의 우려가 있는 작업장의 바닥이나 벽은 불침투성 재료로 도장하고 배수에 편리한 구조를 갖춘다.
- 3) 작업장의 청소에 종사하는 근로자는 필요시 적절한 보호구를 착용한다.
- 4) 청소시 폐기물은 위의 나)항에 의거 안전하게 처리한다.