

대형공장의 환경개선을 위한 난방과 환기기술

Heating and Ventilating for Improving Large Factory's Indoor Condition

정 차 수*
Cha Su Jeong

1. 머리 말

경제발전으로 인한 생활수준의 향상으로 일반업무용공간의 환경은 눈에 띄게 개선되어 온 반면, 우리경제의 고도성장의 일익을 담당해온 각종 공업제품생산공장의 환경개선은 등한시되어 후진성을 면치 못하고 있는 실정이다. 이로 인하여 최근에 발생되고 있는 직업병은 심각한 사회문제로 부각되고 있다. 더구나 대량생산을 위한 공장자동화, 고가의 정밀도를 요구하는 장비 등의 사용으로 공장의 환경개선 필요성이 증가하고 있으며, 막대한 시설비와 연료비로 인하여 과거에는 감히 엄두도 내지 못했던 기존공장에도 작업자의 작업환경개선 요구에 의하여 난방설비 등의 작업환경개선을 서두르고 있는 추세이다.

따라서 지금까지 국내에서 심각하게 받아들여지지 않았던 공장건물에 있어서 효과적인 난방과 환기기술의 개발이 시급한 실정이다. 건물특성상 환경개선을 위해서는 대량의 에너지가 소모됨으로 적절한 시스템이 선정되어 에너지 소모량을 극소화시켜야 할것이다.

여기에서는 공장의 난방과 환기를 위한 구체적인 방법의 제시보다는 문제해결을 위한 방향제시라는 측면에서 공장의 난방과 환기기술에 대하여 기술하고자 한다.

2. 공장의 환경개선 필요성

공장건물은 원래부터 생산시설이 주가 되고 환경여건은 등한시되어 왔다. 그러나 최근에는 생산시설 못지않게 그 생산시설의 원활한 유지, 성능 발휘 및 작업자 보호라는 측면에서 환경조건이 점차 중요시되고 있으며, 여러가지 개선방안이 모색되고 있는 추세이다. 이러한 공장환경개선의 필요성을 요약하면 다음과 같다.

1) 종업원의 이직율을 감소시키고, 기능의 습득 및 성숙도를 향상시킨다.

2) 동절기 환경조건 악화로 인한 결근율을 줄일 수 있고, 추위와 더위에 의한 급격한 피로 증가를 방지할 수 있다.

3) 추위, 더위 및 분진(유해가스) 등에 의한 작업능률의 저하를 방지할 수 있다.

4) 추위, 더위 및 분진 등에 의한 노동장애(안전사고)의 증가를 방지할 수 있다.

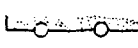
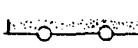
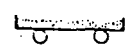
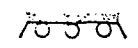
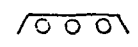
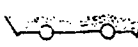
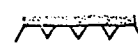

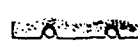
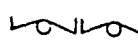
5) 신소재사용 및 생산능력 증가로 오염물질의 발생이 증가되고 있다.

6) 생산되는 제품의 품질향상 및 품질보증의 필요성이 증가되고 있으므로 적절한 청정도 및 온습도유지가 필요하다.

7) 직장의 원활한 노사관계 유지를 위해서도 필요하다. 최근에 작업자의 환경개선 요구

* 정회원, 한일기술연구소 설계부차장

표 1. 고온복사패널의 형식(복사열의 비율은 패널온도 177℃기준)

단면구조	주로사용하는 나라	기본적인 형상	복사열비율 (%)
① 	영국, 네덜란드 독일	1" 또는 1½" 파이프를 체결 또는 용접한 강판, 뒷면보온	60 - 70
② 	영국, 독일	1" 또는 1½"의 노출파이프를 강판 또는 알루미늄판에 홈을 만들어 체결한 것. 뒷면보온	60 - 70
③ 	영국	두꺼운 강판에 용접에 1½" 또는 2" 파이프 로 된 것. 뒷면보온	60 - 70
④ 	프랑스, 스위스 헝가리	강판에 1½" 또는 2" 파이프를 용접한 것. 뒷면보온	60
⑤ 	프랑스	1½ 또는 2" 파이프의 상부에 강판 또는 단열판의 집열기로 된 것.	50
⑥ 	독일	1" 파이프(5열까지)를 홈에 붙인 강판 유니트, 뒷면보온	60 - 70
⑦ 	프랑스	강판과 강판에 부착한 삼각형 파이프로 된 것. 뒷면보온	70 - 80
⑧ 	프랑스	곡선형의 집열기와 2" 파이프로 된 것. 보온없음	50 - 60
⑨ 	영국, 스위스, 이탈리아	½" 파이프를 홈에 부착한 알루미늄판, 뒷면보온	60 - 70
⑩ 	프랑스, 네덜란드	노출 2" 파이프를 체결한 알루미늄판	50 - 60

의 소리가 높아지고 있다.

상기의 여러가지 필요성에도 불구하고 공장 건물의 규모가 크고, 환기량도 많아서 요구되는 환경조건을 충족시키기 위해서는 막대한 추가 운전비가 소요됨으로 제품원가 등에 미치는 영향 등을 고려할 때, 쉽게 해결할 수 있는 문제는 아니라고 본다.

3. 공장건물의 특성

공장건물은 일반사무소건물과는 여러가지 측면에서 건물특성이 판이함으로 적절한 난방 및 환기시스템의 계획을 위해서는 건물특성을 면밀히 검토할 필요가 있다. 따라서, 몇가지 중요한 특성 및 문제점을 들면 다음과 같다.

1) 천정고가 6~30m로서 대단히 높은 반면, 작업구역은 통상 바닥위 2m 높이이다.

2) 지붕이나 외벽의 보온상태가 비교적 나쁘다(최근의 신축공장은 단열성능이 좋아지고 있다).

3) 건물의 기밀도가 나쁘고, 유해가스, 연기 등의 배출을 위한 강제환기, 대형출입문의 빈번한 개폐 등으로 환기량이 대단히 많다.

4) 바닥은 대개 단열없이 콘크리트로만 처리함으로써 바닥으로의 열손실이 크다.

5) 작업자는 생산라인따라 배치됨으로써, 작업구역이 편중되어 있다.

6) 바닥, 보, 기둥면에도 생산설비가 설치됨으로 난방 및 환기용 기구의 취부장소의 제약이 많이 받는다.

상기 건물특성 외에 생산시설로서 새로운 소재가 사용되어 이것으로부터 오염물질이 발생하는 경우가 많고 자동화에 따른 생산량 증가로 오염물질의 발생량도 많아지고 있다.

4. 공장의 난방기술

공장에 적용할 수 있는 난방방식은 복사난방과 대류난방으로 크게 나눌 수 있다. 복사난방은 고온수, 증기, 열매체 등에 의한 천정

패널(Panel)에 의한 방식과 가스 또는 전기 적외선 복사난방으로 대별할 수 있으며, 대류 난방은 천정이나 벽에 대형 유니트히터(Unit Heater)를 설치하는 방법과 공간내에 온풍기를 설치하는 방법, 덕트와 디퓨저에 의한 중앙공급식으로 하는 방법 등으로 구분될 수 있다. 다음에 각각의 방식에 대한 특징 및 적용 방법 등에 대해 살펴보기로 한다.

4.1 고온복사패널난방

(1) 고온복사패널난방의 개요

공장의 천정면에 설치하는 고온복사 패널은 다수의 강관으로 되어 있으며, 관의 상부측에는 위쪽 방향으로의 공기대류를 작게 하고, 가능한 한 아래방향으로의 복사를 강하게 하도록 반사판이 뒷면에 부착되어 있다. 이러한 반사판은 얇은 강판, 알루미늄판 또는 석면스레트 등으로서, 그 뒷면에 보온이 잘되어 있고 관표면과 반사판의 아랫면에는 복사작용을 크게 할 수 있도록 특수한 도료가 칠해져 있다. 관내에는 5~10kg/cm²의 포화증기 또는 150~200℃의 고온수를 흐르게 하고 있으며, 극히 추운지방 등과 같은 특수한 경우에는 특수열매체 또는 온풍기로부터의 열가스를 통하게 하는 경우도 있다.

표 1은 일반적으로 사용되고 있는 복사패널의 단면을 표시한다. 가장 많이 사용되고 있는 것은 흰(Fin) 달린 관형이다.

복사패널로부터 방열된 열의 일부는 복사에 의해 바닥·벽·기계 등에 도달하여 그 표면을 가열하여 주위공기를 따뜻하게 함으로써 사람에게는 직접복사열에 의한 것에 못지 않은 난방효과를 제공한다. 일부의 열은 대류전열에 의해 패널하부의 공기에 전달되면, 공기가 따뜻해져 상승하게 됨으로써 지붕으로부터의 차가운 공기가 작업구역으로 하강하는 것을 방지하여 준다.

패널로부터 복사된 열량은 전방열량의 약 60%정도이며, 이 열매 영역에서는 6~8μ의 원적외선이 가장 많다. 이러한 파장은 사람의 피부와 의복류에는 0.95~0.98 정도의 대단히

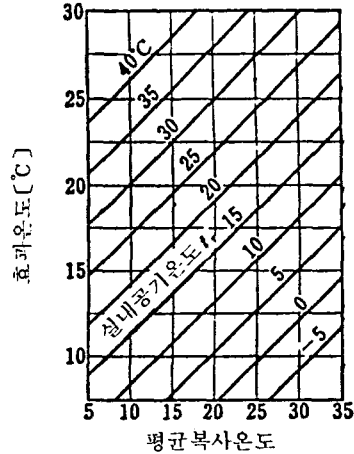


그림 1. 효과온도

높은 흡수율을 갖고 있기 때문에 복사된 열선은 거의 대부분 흡수된다. 또한, 공기에 대해서는 수증기와 먼지 이외에는 거의 흡수되지 않아서 도달거리가 길다.

대류식에 있어서 설계용 실내공기온도(tr)는 복사난방에서는 난방효과온도(te)에 상당하며, 이것은 실내공기온도, 기류속도 및 주위벽면의 평균복사온도 등으로써 결정되는 생리적 온도지표로서, 평균복사온도와 실내공기온도의 차가 비교적 크기 때문에 복사난방의 경우 온도지표로 사용되고 있다. 일반적으로 실내공기온도는 그로브온도와 차이가 있으며 그림 1은 기류속도 0.75m/s의 경우 효과온도 실내공기온도와 평균복사온도의 관계를 표시한다.

출입문이 거의 상시 개방되어 침입외기량이 큰 건물에 고온복사패널난방을 적용할 경우에는 바닥부근의 공기온도의 상승은 기대하기 힘들기 때문에 그 부분에는 복사패널을 증가시키고, 개방되어 있는 문에 에어커튼을 설치하여 침입외기량을 될 수 있는 한 줄이고, 허용하는 한 복사패널과 사람과의 거리를 가깝게 하여 난방효과를 증대시키는 방법 등을 강구하여야 한다.

고온복사패널은 상기에서 언급한 것처럼 공기중의 수증기, 가스, 먼지 등에 흡수되지 않고, 투과율이 우수한 파장(6~8μ)에 이르도록 패널의 표면온도(100~200℃정도)를 선

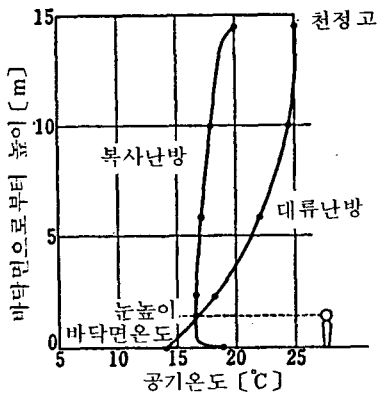


그림 2. 높이에 따른 온도분포

정하는 것이 바람직하다. 일반적으로 열매의 온도를 높이면 고온복사패널의 표면온도가 상승하여 패널표면의 열출력이 증가되지만, 에너지는 많이 소모된다. 따라서, 이러한 여러 가지 조건을 감안하여 가장 경제적인 열매의 온도를 선정하여야 한다.

고온복사패널방식은 제조공정상 효율향상을 위한 특수한 기술이 요망되고, 아직 국내에서 설치하여 운전한 예를 찾아 보기가 힘들다. 그러나, 보다 효과적인 공장난방을 위해서 제작 및 적용기술의 개발이 요망된다.

여기에서는 주로 외국에서 개발·사용되고 있는 고온복사패널에 대해서 기술하기로 한다.

(2) 고온복사패널의 장단점

고온복사패널난방의 장점 및 단점을 요약하면 다음과 같다.

장점으로는 아래 몇가지를 들 수 있다.

1) 수직온도분포가 비교적 작기 때문에 대류식과 같은 문제점은 없고, 바닥에 축열이 되어 발이 따뜻하다.

2) 대류식에 비해 송풍기 등의 구동부가 거의 없기 때문에 소음, 고장 등의 염려가 없다 (취급 및 보수가 간단).

3) 대류가 일어나지 않기 때문에 먼지가 잘 발생하지 않아 실내가 청결하다(품질관리, 보건위생에 유리).

4) 보통의 경우 작업자의 몸으로부터 열을 빼앗아 가는 기계·기물이 직접 따뜻해지기 때문에 작업능률이 향상되고, 벽이나 소장품 등

표 2. 천정높이에 따른 설계온도 보정

천정높이 (m)	천정복사난방의 경우	온수난방의 경우	증기유니트 히터난방의 경우
4.2	1.00	1.02	1.03
4.8	1.02	1.04	1.06
5.4	1.03	1.06	1.09
6.0	1.04	1.08	1.12
6.6	1.05	1.10	1.15
7.2	1.06	1.12	1.18
7.8	1.07	1.14	1.21
8.4	1.08	1.16	1.24
9.0	1.09	1.18	1.27
9.6	1.10	1.20	1.30
10.2		1.22	1.33
10.8		1.24	1.36

에 결로가 생기지 않는다.

5) 적외선복사에 의해서 시동과 동시에 효과가 있으므로 대류식과 같은 예열운전이 필요없으며, 정지후에도 효과가 지속한다.

6) 보온상태가 양호하지 못한 건물에 경제적이다.

7) 국소난방도 가능하다(복사의 직진성 이용).

8) 상하의 온도차가 작기 때문에 대류난방에 비해 불필요한 열손실이 작다(그림 2 및 표 2 참조).

단점으로는 아래 몇가지를 들 수 있다.

1) 난방효과가 열원온도의 4승에 비례하기 때문에 열원의 온도변화에 따라서 영향이 크다.

2) 열원과 사람 사이에 차단물체가 있을 경우 난방효과가 급격히 감소한다.

3) 그로브온도계에 의한 온도와 실내건구 온도와의 차가 크면 불쾌해진다.

4) 복사면을 청결하게 유지하여야 하므로 습기나 분진이 많은 공장에는 다소 적용이 곤란하다(표면의 도로효과를 유지하기가 곤란하다).

5) 환기역할을 할 수 없으므로 별도의 환

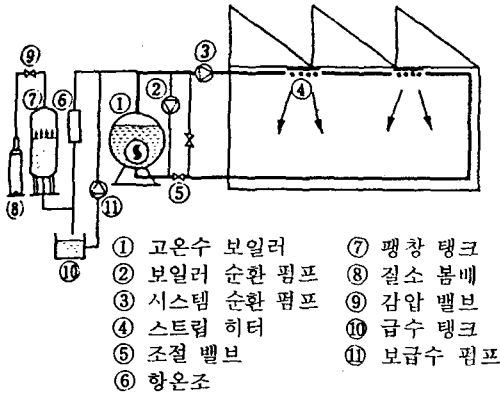


그림 3. 고온수복사난방시스템

기장치가 필요하다.

- 6) 바닥단열을 강화하여야 실전체의 난방 효과가 있다.
- 7) 실내기류의 풍속이 클 경우 불쾌해진다.
- 8) 열부하 예측이 어렵다.
- 9) 가연물질의 먼지나 증기가 발생하는 곳은 곤란하다.

(3) 가열열매에 따른 방식별특징

고온복사패널을 통하는 열매에 따라서 다음과 같은 방식들이 있다.

1) 고온수방식

고온수보일러를 이용하며, 통상 대규모의 고온복사패널난방에 이용되고 있다. 열용량이 커서 부하변동에 융통성이 있으며, 유량조절에 의한 제어가 가장 용이하고, 배관의 기울기에 대한 배려가 필요없으므로 패널한면당 길이도 대단히 길게 할 수 있다. 반면에 예열시간이 길고, 극한지에는 동파의 우려가 있으며, 고온수장치가 필요하기 때문에 대규모(2Gcal/h 이상)의 건물에 사용함이 바람직하다(그림 3 참조).

2) 증기방식

증기를 열매로 하는 방식으로서, 복사패널 입구에서 6~8kg/cm²G 정도의 포화증기를 사용한다. 증기방식은 난방이외의 용도로 증기가 사용되고 있는 건물이나 증기가 집중공급되고 있는 건물에 이용되고 있으며, 한냉지로서 간헐운전을 하는 경우 적합하다. 비교적

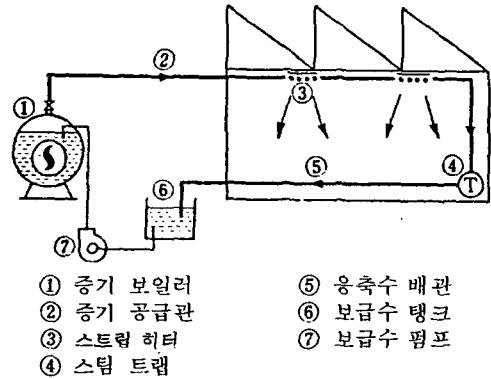


그림 4. 증기복사난방시스템

소규모(1,000 평이상)의 건물에 편리하지만 응축수의 배출을 용이하게 하기 위해서 배관의 기울기를 고려하여야 함으로 한 면당 길이를 길게 할 수 없고, 통상 20m 내외로 제한이 된다. 그러나, 기동시간이나 부하변동에 따른 응답성이 고온수방식이나 열매체방식에 비해 빠르다(그림 4 참조).

3) 특수열매방식

대기압하에서, 고온도(약 200~230℃)가 얻어지는 특수열매유(特殊熱媒油)를 고온복사패널에 통하게 하는 방식이다. 특수열매체보일러가 필요하며, 소규모(500~1,000 평)로서 천정고가 특히 높은 경우나, 패널의 고온출력이 요구되는 경우에 적용하면 효과를 발휘할 수 있다.

4) 온풍열매방식

극히 특수한 방식으로서 온풍로에 의한 고온의 온풍을 반사판에 급기하여 난방하는 방식이다. 국부난방에 이용한 예가 있지만 거의 사용되지 않는 방식이다.

(4) 복사패널의 방열특성

패널의 형태가 여러가지 있지만 공장난방용으로서 대표적으로 사용되고 있는것은 그림 5의 흰(Fin) 달린 관형패널으로서 나관에 비해 30~40%정도 높은 열출력을 낼 수 있다. 이것은 그림에서 알 수 있듯이 구경 25~40mm의 강제복사관에 강판제의 얇은 판이 용접되어 있다. 복사관과 흰표면에는 복사율이 큰 특수한 도료로 도장되어 있고, 뒷면에는 두께

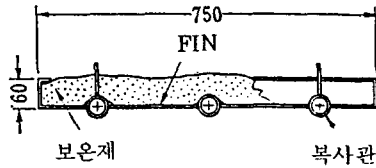


그림 5. FIN 달린 관형복사패널

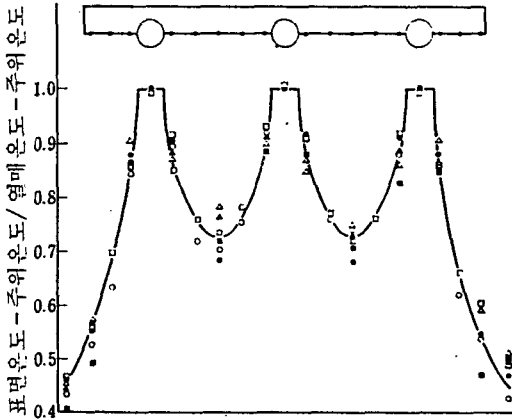


그림 6. FIN 달린 관형복사패널의 표면온도 분포

50 mm 정도의 보온재로 보온되어 있다. 복사패널의 관내부로 증기 또는 고온수가 흐르면 환은 복사관으로부터 복사열과 환효과에 의해 가열되어 방열면이 고온으로 되면 복사열을 아래방향으로 방사한다. 그림 6에 무차원(dimensionless) 화로 표시한 환달린 관형복사패널의 방열면의 온도분포를 표시한다. 방열면의 표면온도는 증기 또는 고온수온도의 80%에 이르게 된다.

4. 2 적외선복사난방(Infrared Radiant Heating)

(1) 적외선복사난방의 개요

가스를 연소시키거나 전기에 의해 적외선을 방출시켜 복사난방을 하는 방식으로서, 적외선난방기의 열원의 온도범위는 260~2760℃ 내외이다. 난방의 특성 및 장단점 등은 고온복사패널난방과 거의 유사하다고 볼 수 있으며, 특히 국소난방(Spot Heating)에 효과적이므로, 최근에 기밀도와 단열상태가 좋지 않고,

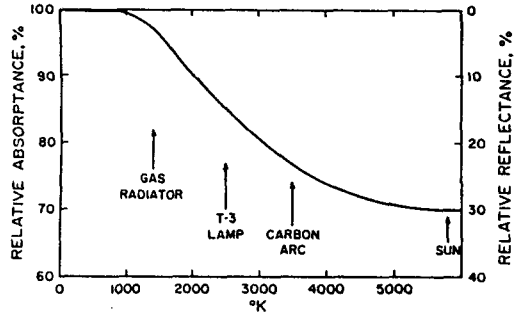


그림 7. 여러가지 색의 온도에서 피부와 대표적인 의복표면의 상대적인 흡수율과 반사율

환기량이 많은 기존공장의 난방에 적용되고 있다. 종래에는 타복사난방에 비해 연료비가 비쌌기 때문에, 적용에 어려움이 있었으나, 정부의 가스연료사용의 권장으로 채택의 부담이 많이 줄어들고 있으며, 타방식에 비해 설치및 유지관리가 용이함으로 사용이 증가될 전망이다.

적외선복사난방기로부터 방출된 적외선은 고온으로서, 강한 방향성을 갖고 있으며, 차폐물이 있으면 복사효과가 급격히 감소되고, 역시 대류난방방식에 비해 공기온도가 낮다. 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 고온복사패널 난방에 비해 사람의 피부나 의복에 대한 흡수율이 낮다. 따라서 바닥에 적외선이 강하게 복사됨으로 바닥의 단열상태가 좋지 않은 경우 바닥의 재복사효과가 떨어져 결국 난방효과가 감소된다.

적외선복사 난방기의 설치높이는 통상 3~5m범위로서 외벽 가까이 설치한다. 국소난방의 경우에는 적외선난방기의 설치방향이 중요하지만, 실전체를 난방할 경우에는 장비나 사람의 방향이 상대적으로 덜 중요하다. 설치 위치는 고온복사패널과 마찬가지로 외벽쪽에 집중설치하여 외부의 찬기류를 차단하는 것이 바람직하고, 피복사체에서 다시 재복사될 수 있도록 피복사체 특히 바닥의 단열은 중요하다. 타복사난방과 마찬가지로 건구온도가 대류난방에 비해 낮기 때문에 에너지소모량도 적다. 또한 조명기구처럼 불필요시 쉽게 끌 수 있고 다시 켤 경우에는 수분내 제용량을 발취

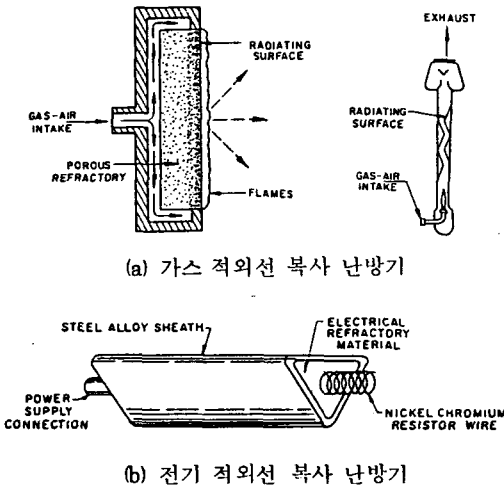


그림 8. 적외선복사난방기

할 수 있다. 어떤 전기적외선난방기는 상당한 양의 가시광선을 발산하기 때문에 난방과 조명 장치를 겸한 역할도 한다. 적외선난방기의 대표적인 형태는 그림 8과 같다.

(2) 적외선복사난방기 적용시 고려사항
적외선복사난방기를 적용하고자 할 경우에는 다음과 같은 사항에 주의를 하여야 한다.

1) 모든 적외선난방기는 운전중일 때 표면 온도가 고온이므로 주위 공기중에 인화성 가스, 먼지 또는 증기 등이 농도가 높은 상태로 포함되어 있는 장소에는 사용해서는 안된다.

2) 적외선난방기와 가연성물체와의 이격거리는 제작메이커의 추천거리에 따라야 한다. 만약 이격거리가 흑시라도 지켜지지 않을 가능성이 있는 가연성물체창고 등에 설치할 경우에는 이격거리 경고표지판을 기구 가까이에 영구적으로 설치하여야 한다.

3) 난방기와 사람과의 이격거리도 제작메이커의 지시에 따라야 한다.

4) 적외선난방기는 고온에서 분해되어 독성물질로 변하는 가스, 증기 또는 먼지 등을 함유하고 있는 분위기에는 사용하지 않아야 한다. 즉, 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene)을 사용하는 디그리싱(Degreasing) 공정에는 적절한 환기장치가 없을 경우에는 사용하지 않아야 한다. 상기 물질은 가열되면 유동성물질을 생성한다.

5) 연소가스를 직접 외부로 배기시키지 않는 적외선난방기를 사용할 경우에는 실내습도 제어가 필요하다. 연소시에 수증기가 발생하기 때문에 충분한 환기, 직접배기 또는 표면이 차가운 물체 등의 단열강화 등의 조치가 요망된다.

6) 가스 또는 오일연소적외선난방기를 사용할 경우에는 연소용공기만큼 보조공기를 공급해 주어야 한다.

7) 연소가스를 실내로 방출하는 난방기를 사용할 경우에는 연소폐가스의 농도가 허용치 이상이 되지 않도록 적절한 환기를 하여야 한다.

8) 적외선난방기에 의해 적절한 쾌적도를 사람에게 유지시켜 주기 위해서는 바람이나 드래프트를 가능한 한 제어해 주어야 한다.

9) 복사효과를 유지시키기 위해서는 정기적인 청소가 필요하다.

4.3 대류난방

(1) 대류난방의 개요

공기의 대류를 이용한 방식으로서, 난방기로 부터의 피가열체가 공기이므로 복사난방과는 달리 실내의 건구온도가 높다. 공장의 천정이나 벽 또는 기둥에 유니트히터를 설치하여 난방하는 방법과 가스나 기름을 연료로 하는 온풍기를 설치하여 난방하는 방법, 환기조화기를 설치하여 덕트로 필요한 장소에 급기하는 중앙공급식 등으로 대별할 수 있다.

비교적 설치가 용이하고, 공사비가 저렴한 유니트히터방식이 많이 채택되어 왔으나, 공장의 단열상태, 기밀도, 높은 천정과, 부적절한 설치높이 등의 문제로 거의 제기능을 발휘하지 못하고 있는 경우도 있다. 기존에 유니트히터가 설치되어 있는 공장도 가스적외선히터나, 중앙공급식 대류난방 등으로 개수하고 있다. 따라서, 유니트히터방식을 도입할 경우에는 좀더 면밀한 검토가 선행되어야 할 것으로 본다. 대류난방은 여러 분야에서 많이 사용되어 왔고, 또한 많이 알려져 있는 방식이므로 여기에서는 원리적인 설명은 지양하고, 공장에 있어서 보다 효과적인 난방효과를 얻

기 위한 설치방법상의 유의할 점을 살펴 보기로 한다.

(2) 대류난방의 장단점

복사난방과 비교하여 아래와 같은 몇가지 장단점을 생각해볼 수 있다.

장점으로는,

- 1) 중앙공급식인 경우 환기와 겸할 수 있다.
- 2) 작업자 주위에 설치할 경우 난방효과와 쾌적도가 증가한다.
- 3) 중앙공급식인 경우 냉방도 겸할 수 있으므로 추후 냉방설비가 요구될 때 융통성이 크다.
- 4) 단열이 잘되고, 기밀도가 좋은 건물의 전체난방에 적합하다.
- 5) 전체적인 공간이 난방이 되므로 고온복사난방 보다는 쾌적하다.
- 6) 고온복사 난방에 비해 안정이 높다.
- 7) 공장가동율이 높고, 인원밀도가 높은곳에 적합하다.

단점으로는,

- 1) 높이에 따른 온도차가 크기 때문에 불필요한 에너지손실이 크다.
- 2) 송풍기, 필터, 코일 등의 유지관리 개소가 많고, 송풍기 등의 구동부에 의한 소음, 진동발생대책이 필요하다.
- 3) 공장내 전체공기를 따뜻하게 하여야 함으로 예열시간이 길다.
- 4) 인원밀도가 낮고, 가동율이 낮은 공장의 전체난방이나, 국소난방에는 부적합하다.
- 5) 단열, 기밀성이 좋지 않은 건물에는 부적합하다.

(3) 유니트히터방식의 개선방안

유니트히터는 비교적 설치가 용이하고, 비용이 저렴하므로 쉽게 채택이 되어 왔지만, 반면에 제기능을 발휘하지 못하여 철거 또는 가동하지 않는 예도 적지 않다. 유니트히터는 설치방법, 설치위치 및 형식 등이 대단히 중요하며, 토출구위치, 흡입구위치, 기류방향 및 도달거리 등을 면밀히 검토하여 설치하여야 한다. 중앙식환기조화기(배기를 위한 외기공

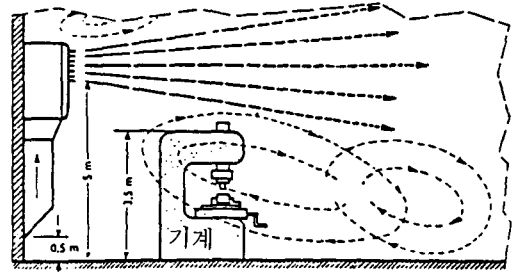


그림 9. 벽설치형 유니트히터의 설치높이

급용)와 병용하여 사용하는 방법도 바람직하다고 본다. 즉 유니트히터의 단점인 환기불가능의 문제점을 해결할 수 있으며, 침입외기에 의한 콜드드래프트(Cold Draft)도 방지할 수 있다. 외벽에 설치하는 경우에는 형식에 따라서 외기를 직접 받을 수 있는 유니트히터도 있다. 그림 9와 같이 공장내 장비높이, 작업공간 등에 따라서 설치높이가 조정되어야 하고 그 높이에 따라서 유니트히터의 형식도 달라져야 효과적인 난방이 될 수 있다.

특히, 천정에 설치할 경우에는 도달거리를 고려하여 설치하고, 필요시 후렉시블덕트로 작업공간까지 연결함이 바람직하다.

(4) 중앙공급식난방의 개선방안

공장전체를 난방하기 위한 방식으로서 환기와 경우에 따라서는 냉방도 겸할 수 있는 방식이므로 공장공조의 그레이드(Grade)가 가장 높은 방식이다. 열원은 주로 증기보일러를 사용하고, 환기조화기(공기조화기)와 덕트에 의해서 처리된 공기를 작업구역에 공급한다. 앞에서 언급한 공장건물의 특성상 덕트의 설치가 용이하지 않지만, 작업구역까지 덕트로 공급하지 않으면 쾌적한 난방효과를 기대하기가 힘들고, 에너지손실이 많이 발생하게 된다. 따라서, 에너지 효율적인 난방을 위해서는 부분난방, 국소난방이 되도록 덕트설계를 하여야 한다.

그림 10에서 알 수 있듯이 덕트길이를 짧게 하면 환기조화기(공기조화기)의 용량만 커지고 쾌적한 공간은 줄어 들어 바람직하지 못하다. 공기에 의한 중앙공급식 난방을 할 경우에는 다음과 같은 몇가지의 유의할 점이 있다.

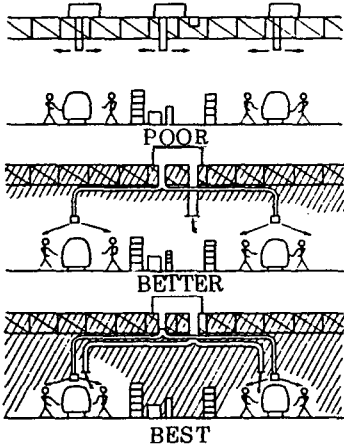


그림 10. 공조방식에 따른 작업자의 쾌적도

1) 실내로부터 열손실이 증가하면 콜드드래프트와 상하의 온도구배가 심하게 발생함으로 외부로의 열손실을 감소시키는 것이 중요하다. 따라서 건축적인 단열강화와 침입외기(Infiltration)를 방지하기 위한 건물의 기밀도를 강화시켜야 한다.

특히, 공장건물은 지붕의 면적이 대단히 크므로 지붕의 단열을 강화하면 효과적이다. 창문은 2중창으로 하고, 창면적을 가능한 한 줄여 창문으로부터의 열손실을 감소시키면 외벽으로부터의 Cold Draft 방지에 효과적이다. 또한 침입외기를 줄이기 위해서는 방풍실의 설치, 출입문과 창문둘레의 기밀화, 에어커튼 설치 등의 조치가 필요하다. 건물단열과 기밀도의 강화 없이는 대류난방에 의한 난방효과는 확실하게 보장될 수 없다고 본다.

2) 환기횟수가 적으면 실내기류가 정체하여, 상하의 온도구배가 촉진됨으로 환기회수의 결정시에는 주의를 요한다. 이것을 보완하기 위한 방법으로서 소량의 공기를 노즐에서 의해서 고속으로 취출하여 그 운동량을 이용, 실내공기를 순환시켜 불균일한 온도분포 및 환기불량을 해소시키는 방법이 최근에 채택되고 있는데, 복잡한 덕트의 설치없이도 경우에 따라서는 비교적 효과적인 방법이 될 수 있다. 뒤의 환기방식에서 언급하기로 한다.

3) 천정이 높은 경우 상하의 온도분포가 불균일하여, 특히 천정취출방식에서는 하부에

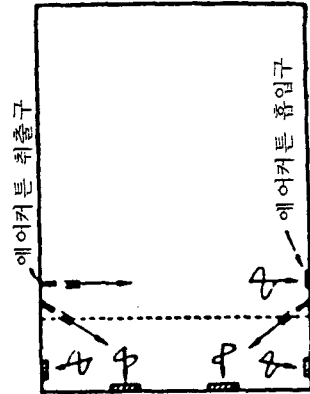


그림 11. 에어커튼을 이용한 부분난방

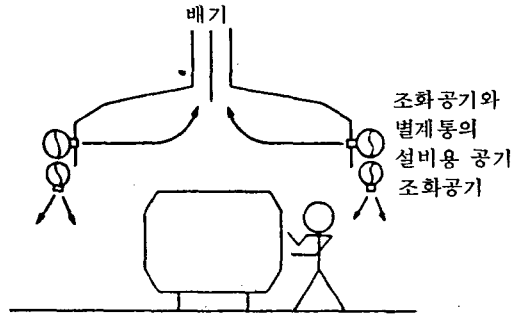


그림 12.

온도조절기를 설치하면 취출온도는 높게 되지만, 그 결과 상하온도 구배는 더욱 심해져 하부는 따뜻해지기 어렵고, 상부만 불필요하게 온도가 상승됨으로써, 상부로부터의 열손실도 증가하여 에너지이용 측면이나, 쾌적도 측면에서 바람직하지 못하다. 따라서 온도조절기 설치위치 선정시 주의를 요한다.

4) 반복되는 얘기지만, 대류난방의 큰 단점은 상하의 온도구배가 심하다는 것이다. 이러한 온도구배를 줄이기 위해서는 위에서 언급한것외에 적절한 취출구의 위치선정이 요망된다. 난방시 취출구와 흡입구는 가능한 한 작업구역 가까이, 낮게 설치하고, 토출된 온풍의 상승을 방지하기 위해서 취출구 상부에 수평으로 취출되는 에어커튼을 설치하는 방법이 채택될 수 있다(그림 11).

5) 실내배기를 위한 외기는 가능한 한 처리(가열 또는 Filtering)하지 않고, 배기후드 주위에 공급하도록 한다(그림 12).

필요한 외기는 별도 계통으로 공급하여 연간 에너지소비와 설비비를 감소시키도록 한다. 특히 냉난방 겸용시 효과적이다.

6) 취출구는 취출방향을 조절할 수 있는 구조의 것으로 하여, 취출위치 선정에 융통성을 주어야 한다.

7) 취출풍량은 경험상 0.3CMM/m² 내외로 하는 것이 바람직하고, 특히 배기량이 많은 경우에는 증가될 수 있으나, 에너지소비를 줄일 수 있는 방법이 검토되어야 한다.

8) 일반적으로 배기보다 급기를 많이 하여 공장내가 양압이 되도록 하는 것이 침입외기 방지를 위해서 바람직하다.

9) 개구부가 크고 많은 곳에는 동절기에 급기량을 줄여도 문제가 없으므로 송풍기회전수를 줄여 송풍기동력 절감을 도모하도록 한다.

5. 공장의 환기기술

환기는 크게 자연환기와 강제환기로 구분할 수 있으며, 공장에 있어서는 오염물질을 제거함으로써 오염의 정도를 경감시키는 방법과 급기하여 농도를 희석시키는 방법으로 구분할 수 있다.

오염물질을 후드 등에 의해 직접 제거하는 방법은, 오염물질이 실내로 확산되는 것을 방지하는 가장 효과적인 방법이지만, 오염물질배출시설, 작업방법 등에 따라서 실제로는 그 방법의 적용이 곤란한 경우가 많기 때문에, 급기에 의한 희석방법과, 오염물질배출시설에 의한 직접 배출방법이 병용되는 예가 많다. 또한 환기의 대상은 공장의 경우 작업환경과 생산환경을 대상으로 하고 있는 것으로 대별될 수 있으며, 표3에서와 같이 여러가지 목적으로 환기가 행해지고 있다.

급기에 의한 희석방법은 직접외기를 도입하여 급기할 경우 실내환경을 적절히 유지하기가 곤란함으로 적절한 처리가 필요해진다. 따라서 최근에 노동환경개선의 목소리가 커지고 있는 상황하에서의 공장환기는 공기조화 측면

표 3. 환기의 목적

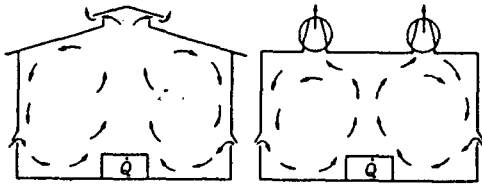
- | | |
|-------------------|--|
| A. 오염공기의 제거·희석 | |
| (1) | 화학적 불순물(각종 유해가스류) |
| (2) | 취 기 |
| (3) | 증기-수증기, 가솔린, 벤젠 등의 증기, 수은 등의 금속증기 (액체 또는 고체입자) |
| (4) | 분진-매연, 액체 또는 고체입자 |
| B. 온습도 조정 | |
| (1) | 온도조정 |
| (2) | 습도조정 |
| (3) | 온습도조정 |
| C. 기류에 의한 체감효과 조정 | |
| (1) | 기류의 감소화를 목표로 함(동절기) |
| (2) | 기류의 증가를 목표로 함(하절기) |

에서 보다 더 세밀한 계획이 요망된다고 볼 수 있다. 환절기 고온상태나 동절기 저온상태의 작업환경을 피하기 위해서 냉난방 설비가 필요하게 될 것이다. 그러나 대형의 공장전체를 쾌적한 환경으로 유지한다면 막대한 운전비가 소모될 것이므로, 작업구역 또는 작업자를 대상으로 한 부분공조 또는 국소공조의 기술개발이 요망된다. 여기에서는 공장의 환경개선을 위한 환기계획상의 유의할 점과 에너지 절약측면에서 보다 효과적인 환기계획에 대해서 살펴보기로 한다.

5.1 전체환기의 개선방향

공장환기는 종래에는 주로 자연환기이었지만 차차 개별방식에 의한 급배기송풍기가 사용되어 왔고, 최근에는 중앙식 환기장치가 사용되게 되었다. 그림 13은 생산공장에 적용될 수 있는 환기방식을 보여주고 있다.

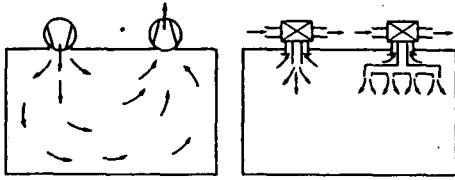
자연환기는 주로, 경제성측면에서 고온공장에 채택되어 왔다. 공장내의 공기 밀도차가 항상 존재하기 때문에 이것이 구동력이 된다. 그러나 공장내에 다량의 외기가 침입하여 콜드드래프트가 발생하기 쉽다. 즉, 외벽의 개구



급기: 외벽 급기구
배기: 지붕 배기구

급기: 외벽 급기구
배기: 벽 또는 지붕으로의 강제 배기

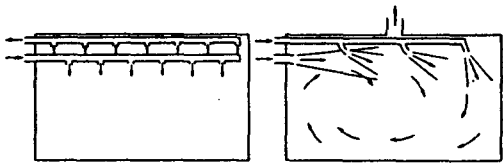
(a) 자연 환기



지붕 또는 벽으로부터의 강제 환기

열회수 장치부 분산식 환기장치 (천정 또는 구분된 덕트로부터 급기)

(b) 강제 급배기(분산식)



크레인 상부에 설치한 가변 또는 고정식 자유 분류, 회전분류 급기구

추진 JET 튜에 의한 급기의 분배 (노즐이용)

(c) 공장의 중앙식 강제 환기



공장의 기둥에 설치한 유량 조절이 가능한 급기구

넓은 취출 면적을 갖고 있는 기둥에 설치한 급기구

(d) 작업 구역의 집중 급기

그림 13. 생산공장의 급·배기시스템

부, 출입구 등으로부터 침입하는 외기를 예열할 수 없기 때문이다. 따라서 자연환기에 의해서는 공장내의 온열환경에 대한 종업원의 만족도를 얻기가 어렵다고 본다.

반면, 기계환기(강제환기)를 하면 온열환경 제어가 가능해진다. 그러나 많은 공장에서는 간단히 송풍만을 하고 있으며, 온습도 조절을

하지 않고 있다. 열회수장치가 없는 개별식 강제환기 장치는 많은 에너지 손실을 초래하게 된다. 중앙식환기장치에서도 작업자보호에 대한 배려는 만족스럽지 못한 경우가 많다. 급기구는 크레인레일(Crane Rail) 상부에 설치되는 경우가 많은데 이렇게 되면 공장전체는 환기가 되고 있지만 각작업공간의 환기는 효과적으로 될 수가 없으므로 장소에 따라서 심하게 발생하는 오염물질은 제거되지 않는다 (그림 13의 C참조).

방출된 오염물질과 열은 밀도차에 의해서 천정방향으로 이동하여 급기구에서 급기되는 신선공기와 혼합되어 다시 작업구역으로 역류된다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 작업자들이 활동하고 있는 장소에 가까이 급기구를 설치하여 작업구역에 집중적으로 급기하는 방식이 채택되고 있다. 열부하, 오염물질배출량, 송풍량, 급기의 성분, 배기된 오염물질의 농도가 동일할 경우에도 그림 14에서처럼 급·배기방법에 따라서 서로 상이한 오염물질농도 분포를 보여주고 있다. 오염물질의 농도가 가장 높은 것은 벽으로부터 급기하는 경우로서 자연환기와 유사한 상황이라고 볼 수 있다. 가장 농도가 낮은 것은 작업구역 가까이 집중적으로 급기하는 방법으로서 급기구는 제조설비의 종류, 작업장소의 배치상태, 열부하, 오염물질배출량, 오염물질포집장치의 배치와 구조 등 각각의 상황에 따라서 적절히 설치한다. 많은 경우 공장내부 시설로 인하여 덕트설치에 많은 제약을 받고 있기 때문에 최소한의 덕트설비로 효과적인 환기성능을 발휘할 수 있는 시스템의 개발이 요망된다.

공장내부조건에 따라서 여러가지 방법이 채택될 수 있겠지만 한가지 공통적인 사실은 많은 경우 기계식강제환기를 채택하게 될 것이라는 사실이다. 따라서, 환기동력은 냉난방설비에 의한 열에너지 소비량 증가와 함께 무시할 수 없을 정도로 전체 시설동력에서 차지하는 비율이 증대될 것이다. 따라서 앞으로의 공장환기계획시 보다 작은 동력으로 양호한 작업환경과 생산환경을 확보할 수 있는 시스

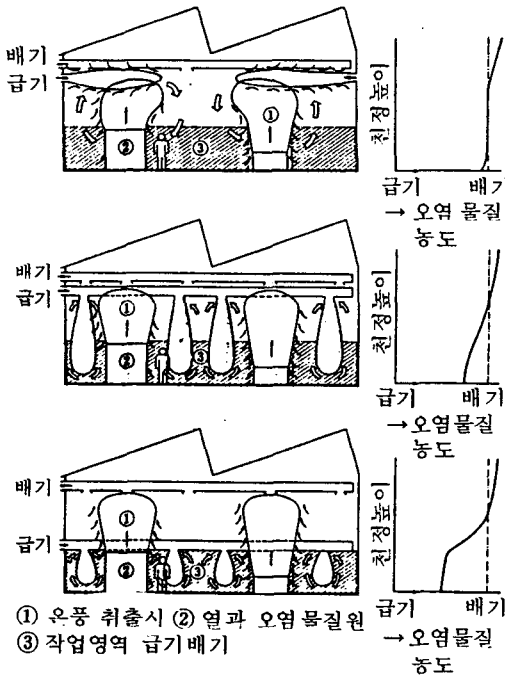


그림 14. 생산공장 있어서 급·배기방식에 따른 오염물질의 농도

템 도입과 냉난방이 적용되는 공장에서는 에너지절약이 가능한 시스템개발에 주력하여야 할 것으로 본다. 따라서, 최소한의 외기도입으로, 최소한의 급기로 최대한의 환기효과가 얻어질 수 있도록 급기구, 환기구(배기구) 위치 및 덕트설계가 되어야 하고, 그림 15 에서와 같은 국소배기, 국소환기방식을 적극 활용하여 오염원의 확산을 방지함으로써, 전체환기의 부담을 줄여 에너지소비를 가능한 한 줄일 수 있도록 한다.

5.2 고속노즐에 의한 공장환기기술

앞에서 언급한 바와 같이 대형공장에는 상부에 크레인 등이 설치되어 있으므로 작업구역까지의 덕트설치가 곤란한 경우가 많으며, 층고가 높기 때문에 대류난방을 할 경우 상하온도차가 크게 되어 비경제적으로 되고, 또한 오염물질의 배출도 원활하지 못한 경우가 많다. 이러한 문제점들을 해결하기 위한 한가지 방법으로서 4.3의(4)에서 언급한 고속노즐에 의한 환기방법이 개발되어 사용되고 있다. 이

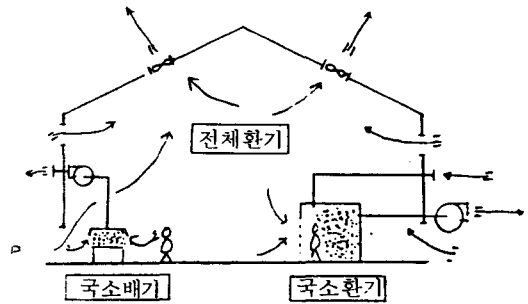


그림 15. 공장환기의 구성

방법은 소형 고정압송풍기, 소구경 원형덕트, 소구경노즐로 구성된 방식으로서 송풍기로 실내공기를 흡입하여 노즐에 의해 30~40m/s 정도로 토출하여, 그 운동에너지로 실내공기를 유인하여 순환시키는 방법이며, 최소한의 덕트사용으로 오염공기를 목적하는 방향으로 운반시키는 운동량보존의 법칙을 이용한 방식이다. 무거운 오염가스, 배기가스의 배출 및 대공간 상하온도차 해소를 위한 목적으로 사용되고 있으며, 이 방식의 특징을 살펴보면 아래와 같다(그림 16 참조).

- 1) 공장 등과 같은 대공간 난방에서 야기될 수 있는 상하온도차를 1.5~2.0 °C/m 에서 0.2~0.5 °C/m 정도로 개선할 수 있으므로 에너지 절약효과 및 난방효과를 개선할 수 있다.
- 2) 환기회수의 증가로 공장전체에 고른 공기분포가 이루어 짐으로 효과적인 환기가 가능하다.
- 3) 공장 등의 천정고가 높은 건물의 환기를 위한 대형덕트를 줄일 수 있다.

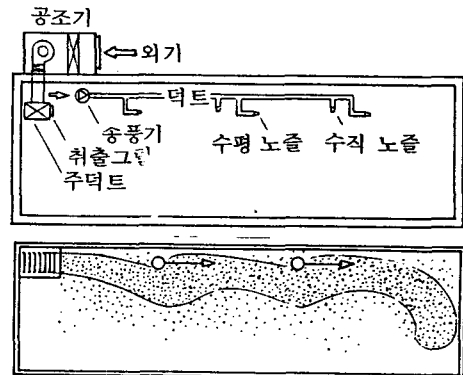


그림 16. 고속노즐에 의한 난방·환기시스템

- 4) 기존설비에 용이하게 적용할 수 있다.
- 5) 필요한 장소에 간단히 스포트공조 및 스포트환기를 할 수 있다.
- 6) 실내 구석진 곳도 비교적 용이하게 양호한 공기분포가 얻어짐으로 에어포켓(Air Pocket)을 방지할 수 있다.
- 7) 송풍기 용량이 작고 덕트의 구경이 작기 때문에 설치가 간단하고, 설치공간이 작다.
- 8) 고속취출이므로 소음발생이 다소 심하다.
- 9) 주로 크레인 상부에 설치하여야 함으로 냉난방 겸용인 경우 냉방시 성층효과를 파괴함으로 지붕의 단열성능이 좋지 않은 공장인 경우 냉방부하의 증가를 가져올 수 있다.
- 10) 송풍기 수량이 많기 때문에 유지보수개소가 많아진다.
- 11) 고속덕트이므로 덕트시공이 부실할 경우 공기누설량이 증대하여 노즐에서 원하는 속도를 얻기가 어렵다.

상기 방식은 유럽에서 개발된 것으로서 비교적 광범위한 분야에 난방 및 환기목적으로 채택되어 왔으나, 국내에서는 수입공급되고 있는 단계이므로, 설치기술에 대한 정확한 해석이 미진한 상태라고 볼 수 있다. 최근에 주차장 환기용으로 주차장층고를 줄이기 위해서 사용되고 있다. 냉난방이 요구되는 창원의 모중공업공장에 적용하여 상하온도 구배해소 및 용접가스의 효과적 배출 등 비교적 양호한 결과를 얻었으나, 역시 덕트에서의 누설이 많은 것으로 확인됐다. 상기 방식의 효과적인 활용을 위해서는 노즐배열, 분사각도, 스파이럴덕트 제작상의 기밀도제고에 관한 기술개발이 요망된다.

5.3 기존공장의 배기위주환기의 문제점

일반적으로 공장에서는 전체환기, 국소배기 및 국소환기를 조합하여 채택하는 경우가 많다. 그림 15와 같이 지붕에 루프팬(Roof Fan)을 설치하고 실내에는 국소환기장치 또는 국소배기장치를 설치하는 방법은 경제성, 시공의 용이성 측면에서 많이 적용되어 왔다. 그

리나 대부분의 기존공장들이 Roof Fan이나 모니터 또는 국소배기장치 등과 같은 배기계통만으로 환기설비를 구성해 왔는데, 이러한 경우 실제로는 초기에 예측한 환기량이 확보되지 않은 예가 많다. 즉, 급기계통의 개선없이 적절한 환기효과를 기대하기가 어렵다고 본다. 이러한 공장의 경우 하절기에는 창문이나 출입문을 개방하므로 급기용개구부가 확보되어 큰 문제점이 없으나, 동절기 근무자가 찬 기류를 막기 위하여 창문과 출입문 등과 같은 개구부를 차단함으로써, 급기량이 부족하여 환기량의 저하가 뚜렷해진다.

따라서 유해가스, 취기, 분진 등의 오염물 농도가 높아져 작업환경이 나빠지는 경우가 많다. 특히 지붕에 동력 Roof Fan과 무동력 모니터를 같이 설치한 경우에는 동절기 급기량이 부족하면 모니터가 급기구로서 작용하여 상부만 환기가 되고 하부작업구역의 환경이 악화되는 원인이 되므로 적절한 대책이 요망된다. 초기에는 자연환기를 하였다가 실내조건이 불량해져 환기량을 증가시키기 위해서 동력 Fan을 추가로 설치하는 경우에 상기와 같은 현상이 발생된다.

따라서 에너지소비량을 줄이면서 배기량에 준하는 외기를 공급할 수 있는 방식의 적용이 바람직하다. 이를 위해서 건축계획시 면밀히 검토하여 건축설계에 반영하여야 한다. 예를 들어 바닥급기방식은 대단히 효과적인 방식이 될 수 있지만 초기에 반영되지 않으면 채택이 불가능해진다. 환기의 목적, 환기대상, 건물구조, 향후환경개선방향, 에너지소비량, 유지관리 등의 측면을 종합적으로 검토하여 시스템을 선정하지 않으면 환기의 성능보장, 환경개선, 환기시스템의 기능적 수명을 보장하기가 어렵다고 본다.

6. 맺음말

앞에서 살펴본 바와 같이 대형공장에 있어서 효과적인 난방과 환기방식의 계획은 일반 건물과는 달리 간단하지가 않다. 작업환경개

선을 위한 공장공조는 대량의 에너지를 필요로 하지만 사회환경여건의 변화에 따라서 난방은 물론 냉방시설까지 하는 공장이 점차 증가될 것은 확실하다.

효과적인 공장난방과 환기방식을 한 가지로 지정할 수는 없으며, 공장의 작업내용, 요구되는 환경조건, 공장내부의 시설 등 여러가지 복합적인 요소에 따라서 각각의 경우에 적절한 방식이 강구되어야 한다. 공장난방과 환기는 대량의 에너지를 소모하게 됨으로 국소배기, 국소환기 방식 등을 충분히 활용하여 전체환기량을 감소시키고, 높은 천정고로 인한 성층화의 활용 등으로 열부하의 경감을 도모할 수 있는 방식이 채택되어야 하며, 배열을 가능한 한 회수할 수 있는 방법도 강구되어야 할 것으로 본다.

향후 공조업계로서는 일반건물을 위한 공조 방식 및 기기의 연구개발 못지 않게 상대적으로 낙후된 대형공장의 난방 및 환기를 위한 효과적인 시스템개발에도 관심을 기울여야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. 井上梅夫：實施例—工場のふく射暖房，空氣調和・衛生工學，第51卷，第11號，1977年11月
2. 松本保彦：ふく射暖房，空氣調和・衛生工學，第51卷，第11號，1977年11月
3. ASHRAE：Infrared Radiant Heating，1987 Hvac Handbook
4. ASHRAE：High-Intensity Infrared Heaters，1983. Equipment Handbook
5. 多田昭(譯)：工場空調の新設計法，空氣調和・衛生工學，第55卷，第11號，1981年11月
6. 田中俊博：工場における省エネルギー的換氣・空氣調和計劃，空氣調和と冷凍，1979年11月
7. 田中辰明(譯)：工場建築における空氣調和技術，空氣調和・衛生工學，第61卷，第8號，1987年8月
8. 湯木泰親：エアージェットシステムにおける暖房と換氣の實例について，空氣調和と冷凍，1979年11月