

대형공장환기에 관하여

Ventilation Systems for Large Factories

정 시 영

S. Y. Jeong

한국과학기술연구원 열유체공학연구실



- 1959년생
- 환기시스템과 냉난방장치에 관심이 있다.

1. 서 론

최근 작업환경에 대한 관심이 높아지면서 공장에 있어서 냉난방 및 환기시스템의 중요성이 새롭게 인식되고 있다. 현재 우리나라에서의 공장 냉난방 및 환기시스템은 생산 설비분야에서의 발전과는 대조적으로 상당히 낙후되어 있는 실정이다. 국내의 많은 공장들이 특별한 시설이 없이 자연환기에 의존하고, 겨울철 난방은 국소 난방등을 실시하는 경우가 많다. 과거에는 공장 환기의 일반적인 목적은 생산제품을 위한 온습도를 조절하고 작업자에게 신선한 공기를 공급하며 경우에 따라 겨울철에 난방을 수행하는 것으로 제한되어 있었으나 최근에는 공장환기에 있어서 이러한 기본적인 사항외에 아래와 같은 문제를 해결할 수 있는 방안이 요구되고 있다.

- 실내 환경에 대한 요구사항의 증가
- 새로운 물질이나 새로운 생산방법의 출현과 효율적인 생산방법에 의하여 단위면적당 생산량이 증가되는 것에 따른 열 및 오염물질 부하의 증가
- 환경보존을 위한 엄격한 배출 기준치
- 정밀제품생산 및. 품질향상을 위한 공기 질과 온도 조절에 대한 조건

- 합리적인 에너지 및 자원이용

본고에서는 공장환기에서 가장 일반적으로 요구되는, 작업자를 오염물질로부터 보호하고 생산과정에서 발생하는 열로부터 보호할 수 있는 방법에 중점을 두어 새로운 공장환기법을 소개하겠다.

2. 공장환기의 방식

공장내에서 발생하는 오염물질은 가능한한 오염원으로부터 직접 흡입하여 배출하는 것이 바람직하다. 그러나 대부분의 경우에 직접 흡입에는 한계가 있기 때문에, 직접 흡입되어 빠져나가는 공기를 보충하고 공간 내의 오염물질 농도를 낮추며 열부하를 제거하기 위한 환기가 필요하게 된다.

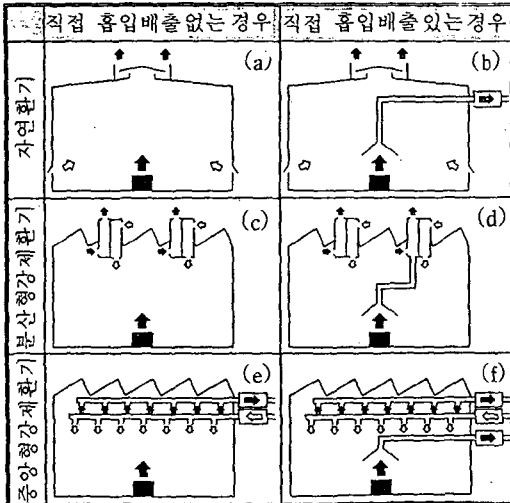
그림 1에 일반적인 공장환기의 세가지 방식이 각각 직접 흡입배출이 있는 경우와 없는 경우에 대하여 표시되어 있다. 자연환기방식(그림 1(a), (b))은 다음과 같은 경우에만 적용될 수 있다.

- 열부하에 의하여 실내와 실외의 충분한 온도차가 발생되어 공기의 순환이 보장될 때
- 오염물질 농도가 충분히 낮아 건물 밖으로

빠져 나가는 공기가 주변에 해를 미치지 않을 때

- 공장의 구조가 벽으로부터 공기의 공급이 가능할 때
- 공장내로 흘러 들어오는 공기가 신선 외 기일때
- 공장 외벽에 충분히 많은 개구부가 있어 작업구역에서의 공기유속이 과도하지 않을 때

그러나 위와 같은 조건이 만족되어도, 자연환기에서는 실내의 조절불가능한 기류가 직접 흡입배출을 방해할 위험이 항상 존재하게 된다. 분산형 강제환기(그림 1(c), (d))에서는 급기와 배기를 조절할 수 있다. 그러나 이 방식은 개별 공조기에 덕트를 연결하여 사용하는 것은 곤란하고 공기를 직접 외부에서 흡입하여야 하기 때문에 다층의 공장에서는 적용이 불가능하다. 직접 흡입배출장치를 갖춘 중앙 집중형 강제환기방식(그림 1(f))은 서론에서 언급한 요구조건을 만족시킬 수 있는 가장 적합한 방식이라 할 수 있다. 본고에서는 중앙집중형 강제환기방식



- (a) 자연환기
- (b) 자연환기+직접흡입배출
- (c) 분산형 강제환기
- (d) 분산형 강제환기+직접흡입배출
- (e) 중앙집중형 강제환기
- (f) 중앙집중형 강제환기+직접흡입배출

그림 1 공장환기방식

(그림 1(e), (f))만을 다루도록 하겠다.

그림 2에는 중앙집중형 강제 환기방식의 기본적인 세가지 유동유형이 표시되어 있다. 그림 2(a)는 압출형 유동을 나타내고 있다. 압출형 유동이란 생산에서 발생하는 열 및 오염물질이 급기에 밀려서 배출되는 유동형태를 말한다. 이 경우에는 실내 공기의 거의 대부분을 급기가

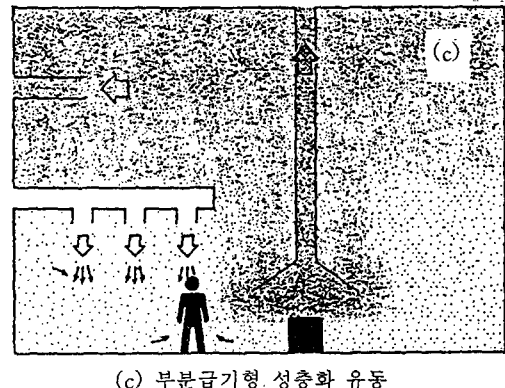
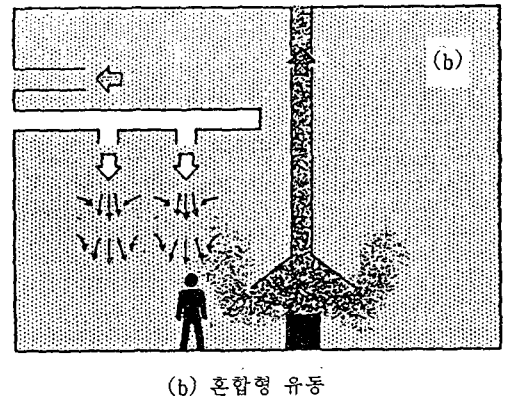
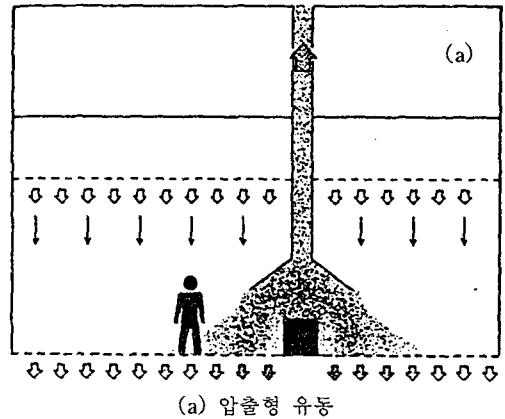


그림 2 공장환기의 유동 형태

차지한다. 이러한 방식에서는 천정으로부터 바닥까지 안정된 유동을 얻기 위해서는 공기의 평균 유속이 최소한 0.2m/s가 되어야 하며 일반적으로 0.5m/s, 또는 그 이상이 필요하게 된다. 이러한 값을 소요 풍량으로 환산하면 최소 720m³/hm², 일반적으로 1,800m³/hm², 또는 그 이상이 되어 일반적인 공장에서 요구되는 값의 수배내지 수십배가 된다. 그러므로 이러한 유동방식은 전자제품 또는 약품 등을 생산하는 클린룸이나 도장 공장 등의 특수한 경우에 제한되어 사용되고 일반적으로는 사용되지 않는다.

그림 2(b)는 혼합형 환기를 나타내고 있다. 혼합형 환기는 확산형 또는 회석형 환기라고도 하는데 실내의 열과 오염물질이 급기에 의하여 혼합, 회석되어 실내에서의 온도와 오염물질 농도가 거의 균일한 상태로 원하는 값으로 유지된다. 이 방식에서는 급기의 강한 관성력에 의하여 혼합이 활발히 일어나게 된다. 작업 구역에서 과도한 유속이 나타나지 않도록 하기 위해서는 혼합은 공간 상부의 비거주 구역에서 일어나야 된다. 혼합형 환기방식은 현재 가장 널리 사용되는 일반적인 공장환기 방법이다.

그림 2(c)은 발열원으로부터의 부력을 이용한 부분환기시의 유동을 나타낸다. 이 방식에서는 원하는 구역에 부분적으로 제한되게 급기를 수행하여 부력에 의한 유동이 급기에 의하여 방해받지 않고 배기에 이용될 수 있게 한다. 이 방식에서는 작업 구역에서의 온도와 오염물질 농도를 공간의 비사용 구역(작업구역의 윗부분)에 비하여 상당히 낮게 유지할 수 있다.

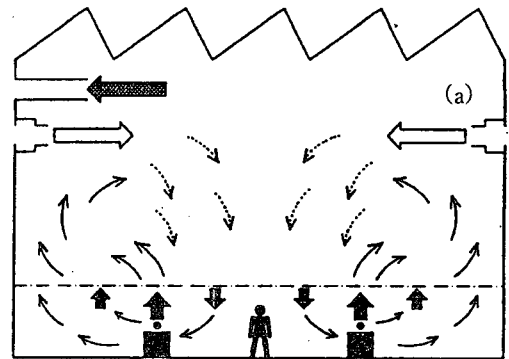
2.1 혼합형 환기 실시방식

혼합형 환기의 구체적인 실시 방식이 그림 3에 나타나 있다. 실제 공장에서는 생산시설때문에 덕트의 배열이 자유롭지 못한 경우가 많기 때문에 덕트를 천정바로 아래, 크레인 윗부분에 설치할 수 있는 이 방식은 현재 가장 널리 쓰이고 있다.

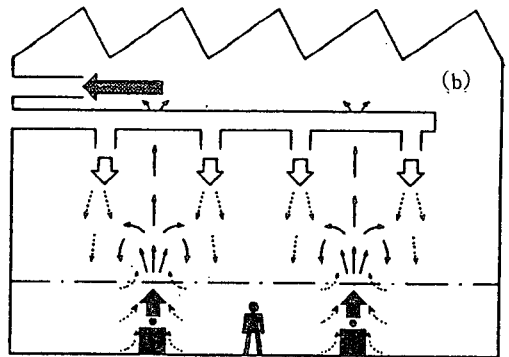
그림 3(a)는 천정 아래에서 수평방향으로 급기가 되는 경우를 나타내고 있다. 이 경우에 발열원에 의한 부력유동은 급기와 섞여 작업구역

으로 들어가게 되며 직접 흡입배출되는 유동도 급기에 의하여 방해를 받게 된다. 장점으로서는 공기분배를 위한 덕트가 간단해지는 것을 들 수 있으며, 여러 형태의 취출구를 사용할 수 있는데 취출구의 배열때문에 이 방식은 공장폭이 30m 이하인 경우에 적합하다.

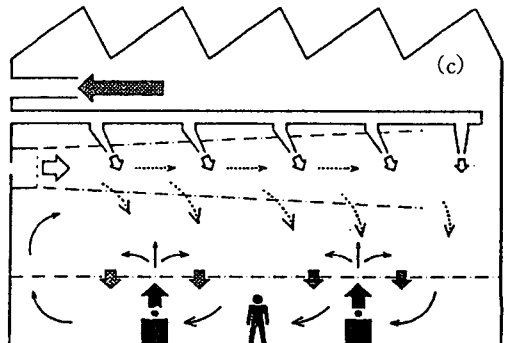
그림 3(b)는 천정 바로 아래로 지나가는 덕



(a) 수평 급기



(b) 다수 취출구에서의 수직급기



(c) 고속제트 이용급기

그림 3 혼합형 유동의 실시방식

트에 연결된 여러개의 취출구에서 급기가 이루어지는 방식을 나타낸다. 취출구 하나 하나마다 급기가 혼합되며 내려오는 유동구역과 역류 유동구역이 상당히 안정되게 존재한다. 취출구로부터의 급기 유동은 작업구역까지 딱 맞게 도달하게 하여야 하고 취출구를 생산 기계사이에 적절히 배치하면 부력 유동에 대한 간섭을 피할 수 있다. 이 방식에 사용되는 취출구로서는 단순 제트형, 선회 제트형 등이 있으며, 급기의 도달 거리를 고려할 때 취출구는 바닥에서 10m이내에 설치되는 것이 좋다.

혼합형 환기의 세번째 방식으로서 그림 3(c)의 고속 제트에 의한 방식을 들 수 있다. 이 방식에서는 급기는 크레인 윗부분에 위치한 취출구로부터 공급되며 이 공기는 고속의 제트에 의하여 유동이 계속되게 된다. 이 방식의 장점은 공장내에 설치되는 덕트의 크기를 줄일 수

다는 것이지만 급기유동이 부력에 의한 유동을 크게 방해하므로 오염물질의 배출 측면에서 볼 때 우수한 시스템이라고 할 수 없다. 또한 급기가 오염물질을 휩쓸며 지나가기 때문에 취출구로부터 멀어질수록 오염물질 농도가 증가하는 경향이 나타나게 된다.

2.2 발열원으로부터의 부력을 이용한 부분급기의 실시방식

열 및 오염물질 제거에 부력유동을 이용하기 위해서는 급기는 가능한한 작업구역 가까이에 공급되어야 한다. 이 방식들에 있어서는 사용되는 취출구가 같은 경우라 하더라도 그 설치 방법에 의해 환기 효율이 크게 좌우된다. 즉, 효율적인 환기를 위해서는 급기는 부력 유동을 방해하지 않도록 알맞은 양이 조심스럽게 작업 구역내에 공급되어야 한다. 이 방식들에 있어서

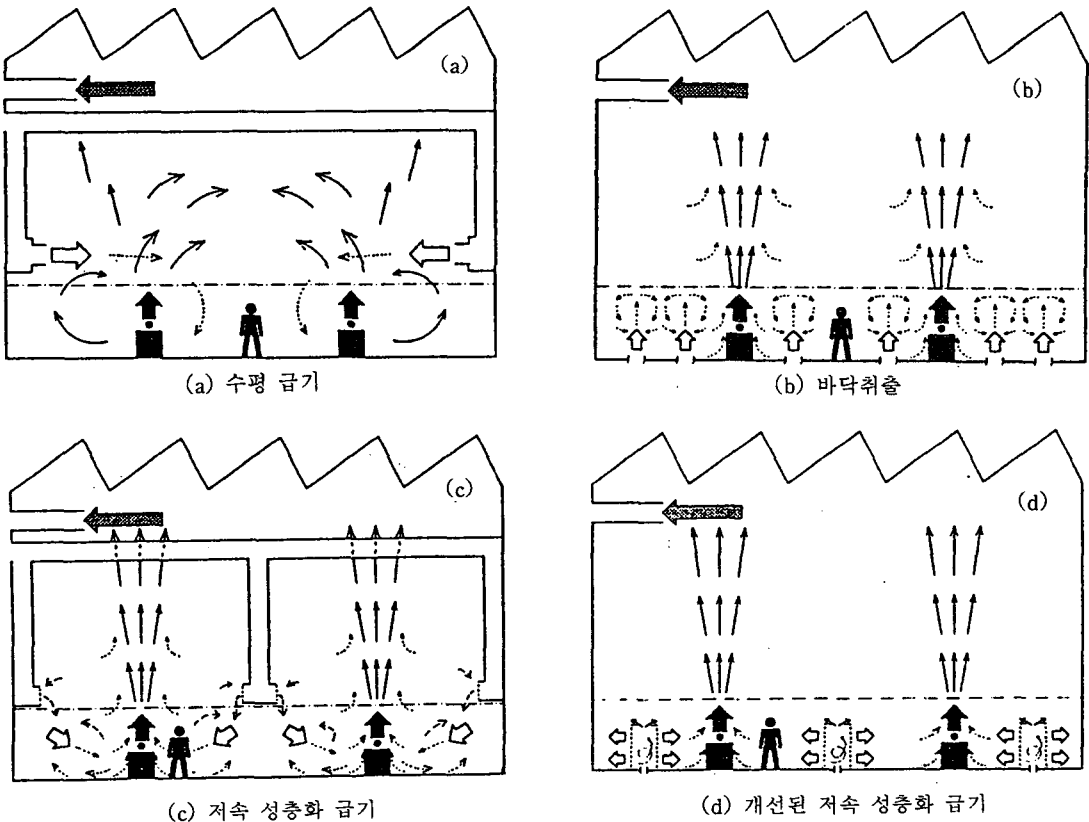


그림 4 부분 급기형 성층화환기의 실시방식

는 취출구 또는 덕트의 일부분이 작업 구역 근처에까지 설치되어야 되는 단점이 있다.

이미 십여년 전에 그림 4(a)와 같은 방식, 즉 작업구역 바로 윗부분에서 수평방향으로 급기가 되는 방식이 사용된 적이 있다. 그러나 열원에 의한 부력은 급기가 그것을 방해하지 않는 경우에만 이용될 수 있기 때문에 그림 4(a)의 경우에는 부력 유동은 관성력이 큰 급기에 의해 크게 방해받게되며 오염물질 제거도 효과적으로 이루어지지 않는다. 이 방식에서는 취출구 출구에 냉방과 난방의 경우에 따라 공기 취출 방향을 조절할 수 있는 것이 부착된 경우가 많으며 취출구로부터 도달거리는 15m이내 정도이다.

그림 4(b)는 부분급기의 또다른 한가지 방식으로서 바닥에서 공기가 취출되는 경우를 나타낸다. 이 방식에서는 이중 바닥사이로 공급된 공기는 부력 유동을 방해하지 않고 작업구역에 효율적으로 공급될 수 있다. 또한 이 방식에서는 취출구의 배치와 풍량을 조절함으로써 환기대상구역을 조절할 수 있다. 그러나 이 방식은 이중 바닥이 설치되어야 하는 등의 제약이 있고 바닥의 오염이 심한 곳에서는 사용할 수 없는 단점이 있다.

그림 4(c)는 작업 구역 바로 상부(바닥으로부터 2~4m)에서 저속으로 급기가 되는 방식을 나타내고 있다. 이 방식에서는 공기가 저속으로 공급되기 때문에 그림 4(a)의 방식보다 많은 취출구가 필요하며 급기와 실내온도차가 2~3K만 되어도 급기는 혼합되며 낙하하여 공장바닥으로 흐르는데 이때의 유속이 취출구 출구 속도의 2~3배에 달하며 이에 의하여 부력 유동이 방해받게된다.

이러한 단점들을 개선한 형태가 그림 4(d)에 표시되어 있다. 이 방식에서는 원통형의 다공판으로부터 저속의 공기가 취출되며 급기의 일부는 선회하며 원통상부로부터 상당한 관성력을 가지고 취출된다. 이 상부로부터 취출되는 유동에 의하여 원통측면으로부터 취출되는 공기는 온도차에 의한 낙하가 방지되고 수평 유동을 유지할 수 있다(그림 5 참조).

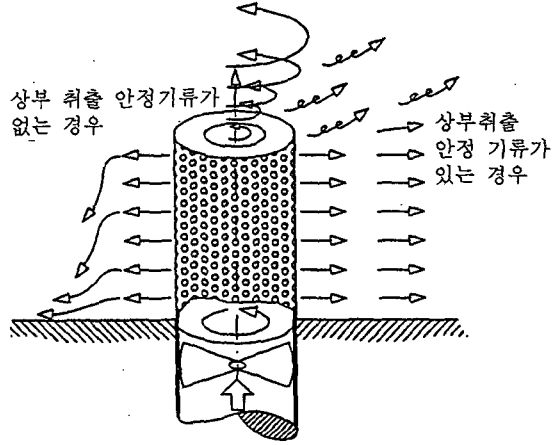


그림 5 개선된 저속 성층화 급기용 취출구

3. 열 및 오염물질 부하에 따른 공장환기 시스템의 해석

공장환기 시스템의 해석에 있어서 가장 중요한 설계치는 소요급기량이다. 소요 급기량은 작업구역에서의 오염물질 농도와 열환경 규제치를 만족시킬 수 있도록 정해져야 한다. 현재 널리 사용되고 있는 경험적인 환기 회수나 단위면적당 필요 급기량은 초기 설계단계에서 공조기시설의 필요면적을 추정하는 정도에만 사용하고, 소요 급기량은 좀더 자세한 계산에 의하여 결정하는 것이 바람직하다. 부력 유동을 이용한 부분 급기방식에 있어서는 부력 유동이 설계의 중요한 factor로 작용하므로 이를 고려한 설계가 필요하다. 공장환기에서 급기는 주로 외기를 사용하는데 경우에 따라서는 에너지 절약을 위하여 배기의 일부분을 필터를 통하여 재순환시키는 경우도 있다. 그러나 오염물질부하가 높은 주물공장, 단조공장, 기계가공공장 등에서는 오염물질을 급기에 적합할 정도로 제거하는 것은 상당히 힘든 일이므로 재순환은 거의 사용되지 않는다.

3.1 열부하와 오염물질부하

공장환기 시스템의 설계초기단계에서는 급기량을 열부하에 의하여 결정할 것인지 또는 오염물질부하에 의하여 결정할 것인지를 모르기

때문에 이에 대한 계산이 필요하다. 전체 열부하는 아래와 같이 각각의 부하의 합으로 표시된다.

$$Q_{Tot} = Q_P + Q_{Tr} + Q_S + Q_L + Q_M$$

여기에서 Tot 는 전체량, P 는 생산시설로부터의 열부하의 합, Tr 은 공장벽면과 바닥 그리고 천정을 통한 열전도량, S 는 일사에 의한 열전달량, L 은 조명에 의한 열부하, 그리고 M 은 작업자로부터의 발열량을 나타내는 첨자이다.

그림 6에는 생산작업 내용과 건물구조에 따른 열부하의 각 구성요소들의 연간 변화가 표시되어 있다. 그림 6(a)처럼 생산과정에서의 열방출을 무시할 수 있는 경우에는 일사에 의한 부하와 열전도에 의한 열부하가 부하형태를 결정한다. 그림 6(b)의 경우는 생산 과정에서의 발열부하가 증가함에 따라 최대 냉방부하가 증가함을 나타내고 그림 6(c)는 생산과정에서의 발열부하가 아주 크게 되는 경우 심지어 겨울에도 냉방이 필요하게 되는 경우를 나타낸다.

일사에 의한 열전달량과 벽면을 통한 열전도량은 기상 데이터를 이용하여 비교적 손쉽게 계산할 수 있으나 생산과정에서 발생하는 열부하의 계산은 간단하지가 않다. 생산과정에서 발생하는 열부하는 아래와 같이 각각의 합으로 생각할 수 있다.

$$Q_P = Q_{EI} + Q_{Th} + Q_{Fu} + Q_C + Q_{Su} + Q_{Mat}$$

여기에서 EI 은 생산기계에서의 발열량, Th 와 Fu 는 가열매체나 연료투입에 의한 열전달량, C 는 냉각매체에 의하여 제거되는 열량, Su 는 직접배기에 의하여 배출되는 열량, 그리고 Mat 는 생산소재의 반입과 반출에 의한 열량출입을 나타내는 첨자이다.

윗식의 각각의 항목은 계산이 간단하지가 않고 많은 경우에 경험에 의하여 값을 택한다. 오염물질 부하의 계산도 생산과정에서 발생하는 열부하와 마찬가지로 계산이 쉽지는 않다. 오염물질 방출량은 생산공정 종류에 따른 참고할

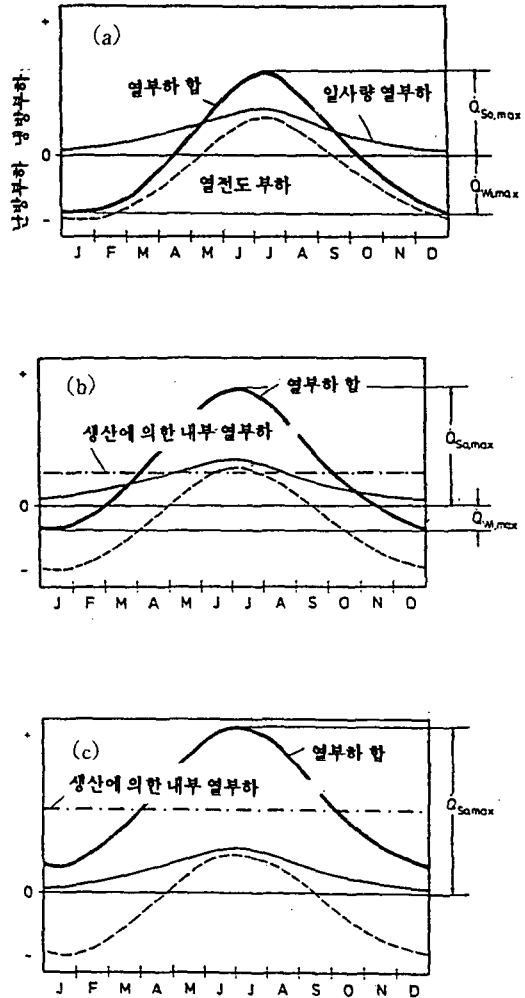


그림 6 열 부하 형태

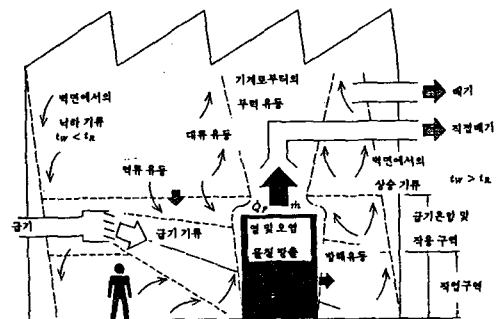


그림 7 공장에서의 기류 형태

만한 몇몇 값이 있으나 앞으로 이의 계산에 대한 연구가 필요할 것이다.

성층화를 이루는 부분급기에서는 작업구역에서의 열 및 오염물질 부하를 구하기 위해서는 공장내에서의 실내 유동을 알아야 하는데 그림 7에는 공장내에서 기류가 일반적으로 어떠한 형태로 나타나는가를 보여주고 있다. 각각의 유동은 상호간에 영향을 미치며 작업구역내의 열 및 오염물질 부하상태를 결정하게 된다. 유동에 대한 모델과 상세한 계산법은 여기서는 다루지 않겠다.

3.2 작업환경 조건

작업환경은 오염물질 농도 규제치를 준수하고 열환경(실내온도, 습도, 벽면온도, 실내공기유속 등)이 작업자에 적합하도록 유지되어야 한다. 각종 규제치와 열환경에 대하여서는 여러 문헌을 참고하기 바람에 본고에서는 다루지 않겠다.

3.3 공장환기 효율

공장환기 시설의 열 및 오염물질 환기에 대한 효율은 여러가지로 표시할 수 있으나 여기에서는 다음과 같은 값을 정의하여 사용하겠다(그림 8).

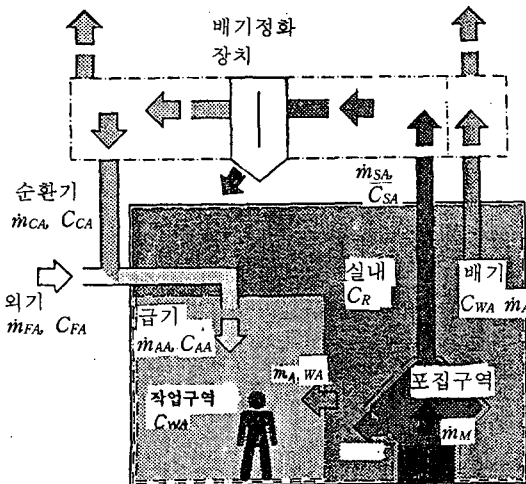


그림 8 공장환기에서의 부하계산

직접흡입 배출과정에서의 포집효율 η 는 생산 기계로부터 직접 포집되는 양에 대한 기계로부터 발생하는 전체 부하량으로서 정의된다. 작업 구역에서의 농도와 엔탈피를 기준으로하면 η 는 오염물질과 열부하에 대하여 각각 아래식으로 표시할 수 있다.

$$\eta_M = \frac{m_{SA} \cdot (C_{SA} - C_{WA})}{m_M}$$

$$\eta_H = \frac{m_{SA} \cdot (h_{SA} - h_{WA})}{Q_P}$$

위에서 C 는 농도, h 는 엔탈피, 첨자 M 은 오염물질, H 는 열을 나타내며, SA 는 포집되는 오염공기, WA 는 작업구역을 나타낸다.

또하나의 다른 효율 μ 는 직접 배기에 의하여 포집되지 않은 양이 작업구역에 도달하게 되는 정도를 나타내는 량이며 아래와 같이 계산된다.

$$\mu = \frac{Q_{Tot, WA}}{Q_{Tot, R}}$$

$$\mu_M = \frac{1}{1 + \frac{m_{OA}}{m_{AA}} \cdot \frac{(C_R - C_{WA})}{(C_{WA} - C_{AA})}}$$

$$= \frac{C_{WA} - C_{AA}}{(C_R - C_{AA}) - (C_R - C_{WA}) \cdot \frac{m_{SA}}{m_{AA}}}$$

여기서 첨자 R 은 공장전체 공간, AA 는 급기, OA 는 배기를 나타낸다.

위의 두 효율로부터 시스템 전체의 효율 K 는 각각 오염물질과 열부하에 대하여 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$K_M = \frac{m_{A, WA}}{m_M} = \mu_M \cdot (1 - \eta_M)$$

$$K_H = \frac{Q_{Tot, WA}}{Q_{Tot}}$$

전체 공간에 대한 공기 풍량 평형식은

$$m_{AA} = m_{FA} + m_{CA} = m_{SA} + m_{OA}$$

이며 여기에서 첨자 FA 는 외기, CA 는 순환공기를 나타낸다.

오염물질 농도 평형식은 위에 정의된 효율로서 가지고 아래와 같이 표시된다.

$$\dot{m}_{AA} \cdot C_{AA} + \mu_M \cdot (1 - \eta_M) \cdot \dot{m}_M = \dot{m}_{AA} \cdot C_{WA}$$

급기는 외기와 순환기로서 구성되므로

$$\dot{m}_{AA} \cdot C_{AA} = \dot{m}_{CA} \cdot C_{CA} + \dot{m}_{FA} \cdot C_{FA}$$

으로 나타나며 많은 경우 외기의 오염물질 농도는 무시할 수 있으므로 우변의 두번째항 C_{FA} 는 영으로 생각할 수 있다. 열부하에 대하여서도 위와 비슷하게 아래와 같은 평형식을 쓸 수 있다.

$$\dot{m}_{AA} \cdot h_{AA} + K_{II} \cdot Q_{Tot} = \dot{m}_{AA} \cdot h_{WA}$$

윗식들로부터 순환기가 있는 경우와 없는 경우에 대하여 오염물질을 기준으로한 소요급기량은 아래와 같이 표시되며

$$\dot{m}_{AA} = \frac{\mu_M \cdot (1 - \eta_M) \cdot \dot{m}_M + \dot{m}_{CA} \cdot C_{CA}}{C_{WA}}$$

$$\dot{m}_{AA} = \frac{\mu_M \cdot (1 - \eta_M) \cdot \dot{m}_M}{C_{WA}}$$

열부하를 기준한 소요급기량은 다음과 같이 구해진다.

$$\dot{m}_{AA} = K_{II} \cdot \frac{Q_{Tot}}{h_{WA} - h_{AA}}$$

4. 각종 환기시스템에 대한 효율비교

여기에서는 한 프레스 공장의 모델에 여러 환기방식을 적용하여 실험한 결과를 소개하도록 하겠다. 대상 프레스 공장의 사양은 표 1과 같다.

환기실험을 모델로서 수행하기 위해서는 실제 공장과 모델 사이에 기하학적 상사성 뿐만 아

표 1 실험대상 공장 사양

바닥면적	25m×30m
공장높이	천정상부 18.65m 천정하부 15.40m
프레스기	갯수 6대 크기 9.8m×5.8m×4.05m 소비전력 163W/m ²
급기량	20m ³ /hm ²

표 2 프레스공장 모형에 대한 상사 factor 값

상사 factor	$f_x = x\text{-model}/x\text{-actual}$
길이(l)	$f_l = 0.2$
실내온도(T)	$f_T = 1.0$
중력가속도(g)	$f_g = 1.0$
온도차(ΔT)	$f_{\Delta T} = 1.6$
공기속도(w)	$f_w = 0.57$
발열량(Q)	$f_Q = 0.036$
급기량(V)	$f_v = 0.023$

니라 유동현상에 대한 동적 상사성이 존재하여야 한다. 부력이 존재하는 환기실험에서 가장 중요한 무차원수는 부력과 관성력의 비를 나타내는 아르키메데스수 Ar 이라 할 수 있다.

$$Ar = \frac{g \cdot l \cdot (T - T_{\infty})}{w^2 \cdot T_{\infty}}$$

그렇기 때문에 실험에서는 아르키메데스 수를 맞추기 위해 표 2와 같은 상사 factor를 택하였다.

그림 9는 시험된 여러 취출구의 형태를 보여주고 있으며, 표 3에는 이들의 실험조건이 나타나 있다. 기본적으로 각각의 성능을 비교하기 위하여 공급풍량은 20m³/hm²으로 유지하였으며 발열량도 163W/m²로 같은 값을 유지하였다.

그림 10(a)와 (b)는 각각 μ_M 와 μ_I 를 나타내는데 이를 보면 환기방식에 따라 환기효율이 크게 차이가 나는 것을 알 수 있다. 예를 들면 개선된 온도 성층화 유동 취출구를 사용한 경우, 완전 혼합의 경우보다 오염물질부하는 87%, 열부하는

표 3 취출구 실험조건

사용 취출구	실험조건	$\dot{V}[\text{m}^3/\text{hm}^2]$	실험번호
P1	바닥으로부터 3.5m에 설치	20	P1-01
P2(a)	바닥설치	10	P2-04
		20	P2-01
		30	P2-02
		40	P2-03
P2(b)	바닥으로부터 3.0m에 설치	20	P2-06
P3	기류도달거리		
	3.0m	10	P3-03
	3.0m	20	P3-01
	3.0m	30	P3-04
	4.0m	20	P3-02
P4	취출구240개	20	P4-03
	취출구348개	30	P4-01
P5(높이 0.95m)	바닥에 8개 설치		
	상부취출기류 유	20	P5-01
	상부취출기류 무	20	P5-04
P5(높이 1.8m)	바닥에 4개 설치	20	P5-06
	상부취출기류 유		

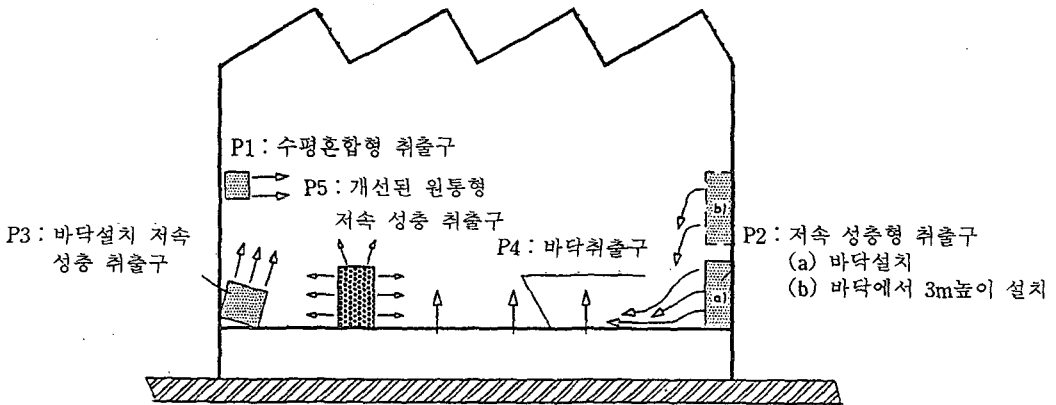
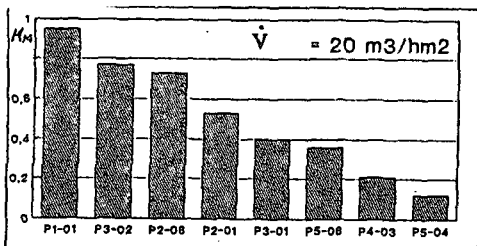
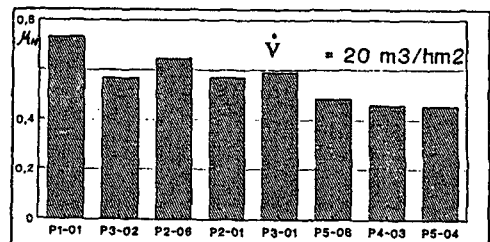


그림 9 모델시험에 사용된 취출구의 형태



(a) 오염물질 제거 효율 μ_M



(b) 열 무하 제거효율 μ_H

그림 10 각 취출구의 μ_M 와 μ_H

38%가량이 감소하는 것을 알 수 있다.

5. 결 언

이상에서 연구된바에 의하면 새로운 공장환기시스템을 적용하면 열 및 오염물질부하에 대한 환기효율을 크게 향상시킬 수 있는 것을 알 수 있다. 이론적인 연구와 실험으로부터 나타난 공장환기에 있어서 고려하여야 할 중요한 사항은 다음과 같다.

- 비거주구역에 대한 급기를 피할 것
- 부력 유동과 직접 배기가 방해받지 않도록 적절한 급기를 할 것
- 부력 유동과 직접 배기로부터 급기량을 정할 것

- 관성력이 약한 급기에서 온도차에 의한 낙하 기류를 방지할 것
- 공장의 난방은 중앙급기 장치보다는 벽면 방열판이 적합, 벽면에서의 냉각에 의한 낙하기류를 방지할 것, 단열을 향상시킬 것

참 고 문 헌

- Bach, H. et al., "Gezielte Bulüftung der Arbeitsbereiche in Produktionshallen zum Abbau der Schadstoffbelastung," ISSN : 0943-013X, Stuttgart, 1992.