

분진의 인체내 유입을 차단하기 위한 송기 마스크의 개발 및 성능평가

김민철, 김현태, 이규원
광주과학기술원 환경공학과

(1998년 3월 12일 접수, 1998년 9월 31일 채택)

Development and Performance Evaluation of Air-Supplied Mask

Min Cheol Kim, Hyun Tae Kim and Kyoo Won Lee

Department of Environmental Science and Engineering
Kwangju Institute of Science and Technology

요 약

환경문제에 대한 사회적 관심이 높아지면서 작업환경의 개선에 대한 필요성이 증가하고 있으며, 특히 부유분진으로부터 작업자들을 보호하는 것은 중요하다. 현재 산업체에서 가장 많이 사용되고 있는 분진 제거 방법은 면체 마스크이다. 면체 마스크는 1회용이어서 비용이 많이 들고 그 편리성에 비해 인체에 유해한 입자에 대해서는 낮은 여과 효율을 가지고 있다. 본 연구에서는 기존 면체 마스크를 대체 할 수 있는 새로운 형태의 흡·배기판을 가진 반면형 송기 마스크를 개발하였다. 마스크는 HEPA 필터가 장착된 송풍기를 통과한 깨끗한 공기를 안면에 공급하게 된다. 개발된 송기 마스크는 성능 테스트와 현장 테스트를 실시하였고, 매우 양호한 결과를 얻었다.

ABSTRACT: As workers' health and welfare are becoming increasingly important, there are needs for protecting workers from being exposed to dust particles in workplace. One of the simplest ways to protect workers is to wear a one-time-use mask of the 3M type. Although conventional masks are convenient to use, they provide low filtration efficiency simply because of air leaks through interface between the face and the mask. In this study, a new type of mask is developed and tested. The air which is filtered first using high efficiency particulate air(HEPA) filter is supplied to the nose area of workers' face. The developed mask was tested for filtration efficiency and for workers' acceptance. Very good results were obtained for both accounts.

1. 서 론

10 μ m 이하의 미세 입자, 즉 PM₁₀(Particulate Matter less than 10 μ m)에 대한 중요성 인식과 인간에게 어떠한 영향을 미칠 수 있는가 하는 위해도 규명은 과거에도 그래 왔고, 현재에도 활발히 진행중이다. 지금까지 밝혀진 바에 따르면 미세 입자를 장시간 흡입하였을 경우 인간은 만성천식 등 호흡기

계통의 질환은 물론, 심장 질환, 심한 경우 폐암과 관련된 각종 질병에 걸릴 수 있다. 이러한 미세 입자에 대한 기준 설정은 1952년 영국의 의료연구회(British Medical Research Council)에 의해 호흡성 분진기준(Respirable Dust Standard)이 처음으로 채택된 이후, 1997년 미국 EPA의 PM_{2.5}(Particulate Matter less than 2.5 μ m)기준 설정 및 PM₁₀ 기준 수정 설정까지 이르고 있다. Lippmann(1977)의 연구 결과에

의하면 인간의 호흡량이 30 l/min 일 때, 입과 코를 통하여 흡입된 입자중 폐포에 침착하는 입경 범위는 10 μ m 이하이다. 특히 2~3 μ m에서 최대 침착률을 보이는데, 이는 우리에게 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

시멘트 공장, 도금 공장, 주물 공장 등은 분진이 다량으로 발생하는 사업장이다. 특히 우리나라의 주물 공장은 철강 산업의 주력 산업으로 사회적, 문화적 발전에 따라 그 수요는 급격히 증가하고 있는 추세이다. 이러한 주물 공장에서 발생하는 대기 오염 물질은 그 크기가 1~3 μ m 정도인 입자와 매연, 혼연(fume) 등이다. 주물 공장은 생산 과정의 특성상 작업장 내는 공기가 항상 오염되어 있다는 것이다. 더욱이 현재 우리 나라 주물 공장의 대부분은 영세성과 환경에 대한 무관심으로 인하여 작업 환경은 극도로 악화되어 있으며, 작업자는 부유분진에 노출되어 폐포염, 폐부종, 천식 등 각종 직업병 위험이 상존 하고 있다.

이러한 작업 환경의 오염은 비단 주물 공장뿐만 아니라 대부분의 사업장에서는 많은 공기오염 물질이 발생되고 있으며, 작업자는 보호를 받지 못하고 있는 실정이다. 현재 분진이 인체내 유입되는 것을 막을 수 있는 방법은 작업장 환경개선과 마스크의 사용이다. 그 중 작업자를 보호하기 위해 현재 가장 많이 사용되는 것은 면체식 방진 마스크이나 이는 1회용이므로 비용이 많이 들고 분진 포집효율이 낮다. 낮은 분진 포집효율은 마스크 필터 재질의 분진 포집효율이 낮거나 또는 호흡시 마스크와 얼굴 피부사이에 틈이 생겨 분진이 호흡시 인체로 유입되기 때문이다. 이에 본 논문에서는 새로운 형태인 송기 마스크를 개발하고, 개발된 마스크의 성능을 평가하며, 현장 테스트를 통해 유효성을 기술하려 한다.

2. 송기 마스크

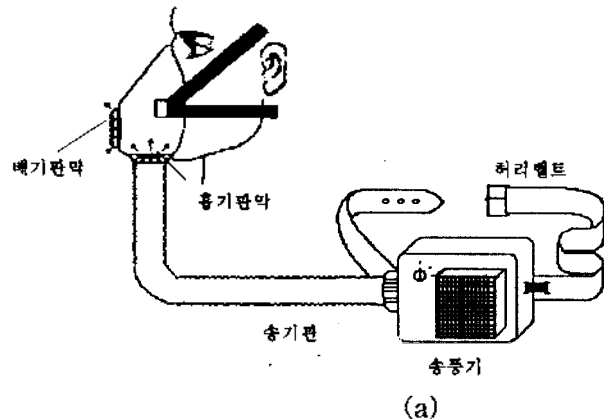
송기 마스크는 유해환경으로부터 인간을 보호하기 위해 마스크 내부로 맑은 공기를 공급해 주는 마스크를 말하며 크게 송풍장치와 마스크로 구성되어 있다.

2. 1 기존의 송기 마스크의 특징

기존의 송기 마스크는 가스상 오염물질을 차단하기 위한 것이어서 얼굴 전체를 가리는 전면형 송기 마스크가 대부분이다. 그리고 고정된 송풍장치를 이용하여 한 명 또는 여러 명에게 일괄적으로 공기를 공급하는 형태를 취하고 있다. 그러한 전면형 송기 마스크는 지하의 하수도 시스템 혹은 화학공장 등 악취 및 유해가스의 인체 유입을 방지하기 위한 마스크로서 사용이 불편하고 고가로서 일반 작업장 내의 분진 여과를 위해서는 적합하지 않다. 그러므로 분진이 많이 발생하는 사업장의 경우 가스상 물질 차단용 송기 마스크의 사용은 불필요하다. 또한 기존의 전면형 송기 마스크는 고정된 송풍장치를 이용하기 때문에 긴 송기관에 의한 작업 방해 및 시야를 가리게 되어 작업 능률을 떨어뜨리게 된다. 경우에 따라 작업자는 과잉 송기 및 결핍 송기로 인하여 호흡에 곤란을 겪게 되는 경우도 있다.

2. 2 새로운 형태의 송기 마스크

분진이 다량 발생하는 사업장에서는 면체식 방진 마스크가 사용되고 있으나 이런 형태의 마스크는 작업자의 호흡력에의한 흡입형태이므로 장시간 사용할 때 호흡이 곤란하고 마스크와 안면 사이가 밀착되지 못해서 분진이 인체 내로 유입되는 단점이 있다. 그리고 작업자들은 하루에 많게는 3~4개씩 사용하므로 비경제적일 뿐 아니라 현재 국내에서 사용되고 있는 방진 마스크의 전량은 외국에서 수입하고 있어서 새로운 형태의 송기 마스크 개발이 필요하다.



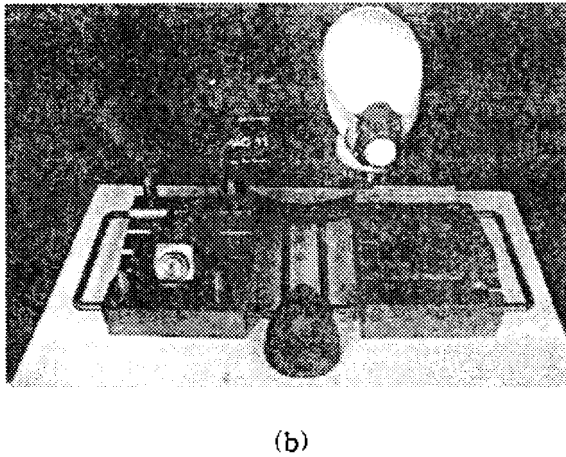


Fig. 1. (a) Schematic diagram of the new type mask.
(b) Developed mask and the mold used for forming the mask.

그림 1(a)은 본 연구진에 의해 설계 및 제작된 새로운 형태의 마스크 개략도를 보여주고 있다. 송풍기에는 고효율 필터가 장착되어 있어서 여과된 공기가 송기관을 통하여 마스크 내부로 송기되며, 마스크 내부의 배기관막과 흡기관막의 교차 작용으로 호흡이 용이하도록 하였다. 그림 1(b)은 반면형 송기 마스크 제품과 제품 몰드 그리고 송풍기 등의 실물 사진이다. 본 연구진이 개발한 송기 마스크의 주 특징은 분진을 효과적으로 차단함과 동시에 착용자의 호흡을 용이하게 하며, 시야 감소 및 작업 방해로 최대한 감소시키기 위해 개발되었다. 개발된 송기 마스크는 작업자의 시야 감소 현상을 줄이기 위해 입과 코 부분만 덮는 반면형으로 제작되었다. 반면형으로 제작시 마스크와 안면부 사이가 밀착되어야 하는데 송기 마스크의 경우 마스크 내부에 항상 정압이 발생하기 때문에 마스크가 밀착되지 못해서 발생할 수 있는 문제점, 즉 마스크 외부의 분진이 마스크 내부로의 유입은 거의 불가능하다. 송풍기는 휴대용으로 제작하여 각 작업자의 허리에 착용할 수 있도록 개발하였다. 이는 긴 송기관으로 인하여 발생하는 작업 방해 및 활동 제한을 없애기 위한 노력이며 각 작업자는 휴대용 송풍기에 있는 송풍량을 조절 할 수가 있어서 필요한 만큼 송풍량을 이용할 수 있다. 분진은 송풍기 내부에 장착된 필터에 의해 제거되고, 깨끗한 공기만이 송풍기의 추진력으로 송기관을 통해 마스크 내부로 유입되어

작업자는 분진으로부터 보호받을 수 있게 된다.

3. 입자의 여과 기작(mechanism)

사업장내에 부유하는 입자는 송풍기에 장착된 필터를 통해 제거되는데 여러 가지 여과 기작에 의해 필터에 포집 제거된다. 대표적인 여과 기작은 확산(diffusion), 관성 충돌(inertial impaction), 직접 차단(interception), 중력 침강(gravitational settling) 등이다 (Lee and Ramamurthi, 1993).

확산에 의한 입자 포집을 살펴보면, 정상 조건 하에서 아주 작은 입자는 브라운(Brownian) 운동을 한다. 이러한 입자들은 일반적으로 유선(streamline)을 따라 움직이지 않고 유선에서 벗어나서 계속해서 확산된다. 일단 입자가 섬유 위에 포집 되면 반데르 발스 힘(van der Waals force)에 의해 그 위에 부착된다. 섬유 표면에 형성되는 농도 구배는 입자의 확산에 대한 추진력으로 고려되어질 수 있다. 브라운 운동은 일반적으로 입자의 크기가 감소함에 따라 증가하기 때문에 입자의 확산 모집 또한 입자의 크기가 감소될 때 증가한다. 어느 정도의 질량을 가진 입자가 유체의 흐름을 따라 움직일 때 입자의 관성 때문에 유선을 따라 움직이지 못하는 경우가 있다. 유선의 곡선이 완만하지 않고 입자의 질량이 크다면 입자는 유선에서 벗어나 섬유와 충돌하게 된다. 그러나 이런 관성 충돌에서 유체의 흐름이 빨라짐으로 인한 입자의 포집은 확산 침전에 의한 포집을 감소시키게 된다.

차단으로도 입자는 필터 섬유에 포집될 수 있는데, 입자의 경로가 유선으로부터 벗어나지 않을지라도 입자의 중심이 유선을 따라 섬유 표면에서부터 입자의 반지름정도 사이로 움직인다면 입자는 여전히 포집 된다. 직접 차단은 주어진 필터에서 흐르는 속도에 상대적으로 의존하지 않으며, 이런 특징은 확산과 관성 충돌이 흐름에 의존하는 것과 비교된다.

중력장 안에서 입자는 그 크기에 따라 어느 정도의 속도로 침강한다. 침강 속도가 충분히 클 때 입자는 유선으로부터 벗어난다. 이로 인해 중력에 의한 포집이 증가된다. 이 과정은 입자의 크기가 수 μm 이상이고 흐르는 속도가 낮을 때 중요하다. 입자와 필터 섬유가 전기적으로 전하를 나타낼 때 그들

사이의 인력은 입자의 포집을 높인다. 반데르 발스 힘과 같은 분자힘도 입자의 전체적인 포집에 영향을 줄 수 있다. 이런 기작은 일반적으로 특수한 환경에서 만 중요하다.

4. 실험장치 및 방법

4.1 입자 발생

실험용 입자는 입자의 형태 및 크기에 따라 발생 방법을 달리한다. 대표적인 방법으로는 분무기(nebulizer, atomizer), 회전원판법(spinning disc atomizer), 진동 오리피스 입자 발생기(vibrating orifice aerosol generator), 용축화 발생기(evaporation and condensation aerosol generator), 유동층 발생기(fluidized bed aerosol generator) 등이 있다. 본 실험에서는 입자 발생을 위해서 분무기(atomizer, TSI Model 9302)를 사용하였다. 이 방법은 필터를 통과한 압축된 공기가 작은 오리피스(직경:0.5mm)를 통과할 때 빠른 유속에 의하여 액체가 분무하는 형태로 공기를 압축하는 정도에 따라 발생하는 입자의 발생량과 입자의 균일성이 다르게 된다. 입자는 알코올과 3차 증류수를 같은 비율로 하여 용액을 만들고 여기에 Polystyrene latex(PSL, Duke Scientific Corp.) 입자를 수 방울 가하여 발생시켰다. 발생한

입자의 기하학적 표준편차(geometric standard deviation)는 1.2이하로 균일한 크기의 입자가 발생되었고, 발생한 입자의 평균 크기는 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 1 μm 였다.

분무기에 유입된 입자를 포함한 공기는 액체상으로 존재하기 때문에 120-140℃의 가열관을 통과시켜 알코올 성분과 3차증류수를 증발시켰다. 발생한 입자는 경우에 따라서 전기적인 특성을 띠는 경우도 있다. 이러한 영향을 없애기 위해서 입자를 전기적으로 중화시킬 수 있는 Kr-85 neutralizer를 사용하여 그 영향을 최소화 하였다.

현재 면체 마스크를 비롯하여, 산업용 보호구의 필터 효율은 2 μm 에서 95%이상의 제거 효율을 가지고 있으나 인체에 더 유해한 작은 입자에 대한 규제기준은 아직 설정하지 않고 있는 실정이다. 그래서 본 실험에서는 한국 공업규격 기준인 2 μm 입자 크기뿐만 아니라 그 이하의 입자에서도 실험을 병행하여 좀 더 인체에 안전한 마스크 성능 개발 실험을 하였다.

4.2 실험장치의 set-up

인체의 조건과 유사한 환경을 유지하기 위해서 본 실험에서는 자체 제작한 test chamber를 이용하였다.

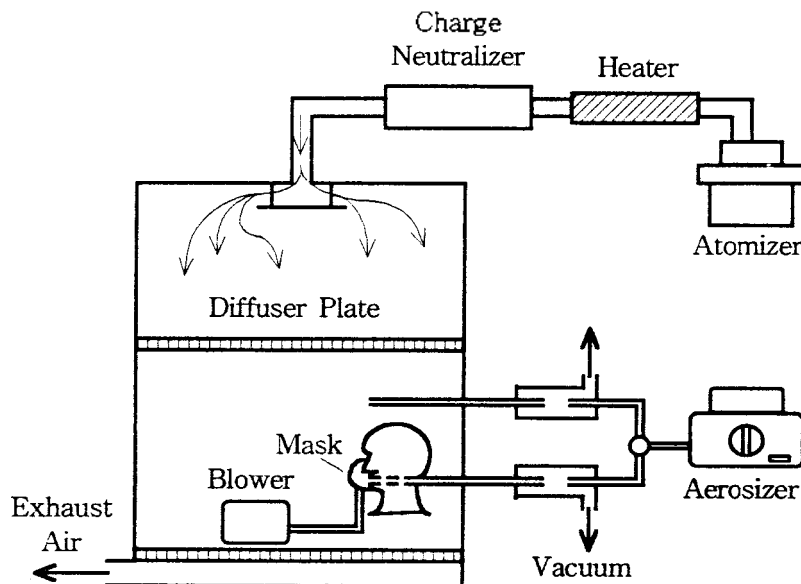


Figure 2. Cross-sectional diagram of manikin and sampling system.

그림 2는 test chamber(50cmW×50cmL×120cmH)에 장착된 마네킹 및 송기 마스크를 보여주고 있다. 마네킹과 송기 마스크는 최대한 밀폐를 유지하였으며, 입자는 상층에서 하층으로 흐르게 하였다. 흐르는 동안 입자의 손실을 줄이기 위해 Hinds and Kraske(1987)의 모델을 적용하였다. 미국 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)에서 권장하는 마스크의 호흡량은 32 l/min이며(Weber et al., 1993), 본 연구에서는 권장하는 유량과 유사하도록 하여 10, 20, 30, 40 l/min 4 단계를 적용하였다. 수면시 필요한 최소 호흡량은 약 10 l/min 이하이며 인체의 활동의 정도가 증가함에 그 양은 증가하게 된다. 최대 호흡량의 선정은 송기 마스크에 사용되는 송풍기의 압력손실과 인체의 보행 속도가 8km/hr에서도 가능한 양을 기준으로 하였다. 사용된 송풍기는 현재 상용화된 제품을 사용하였다.

입자의 크기 및 농도의 측정은 Aerosizer(API, Inc., Model Mach II)를 이용하여 측정하였다. Aerosizer는 입자가 측정 지역을 통과할 때 음속 이상의 속도를 가지게 되는데 입자 크기가 작을 경우에는 빠른 속도로 지나며, 입자 크기가 큰 경우에는 입자의 관성력 때문에 측정 지역에 체류하는 시간이 길게되며, 이 비행시간(Time-of-Flight)을 레이저 빔을 이용하여 0.2~200 μ m 범위의 입자를 측정한다(Cheng et al., 1993).

5. 실험 결과 및 토론

5.1 압력저항(pressure drop)

마스크에 사용되는 필터의 압력 저항은 입자를 포함한 공기가 필터를 통과할 때 생기는 압력차로 그 결과를 나타내었다. 작업자의 활동 정도가 작은 경우에는 적은 공기의 공급으로도 압력손실의 영향이 적으나 대부분 면체 마스크를 비롯하여 송기 마스크 착용 시는 많은 호흡을 필요로 하게 된다. 문헌에 의하면 대부분의 산업체에서 작업자가 필요로 하는 호흡량은 15~30 l/min 정도이며 이에 호흡의 저항을 최대한 줄이기 위한 공급량은 50 l/min 이상이어야 한다. 본 실험에서는 공기의 주입량을 5~55 l/min으로 변화시켜서 그 압력저항을 측정하였다.

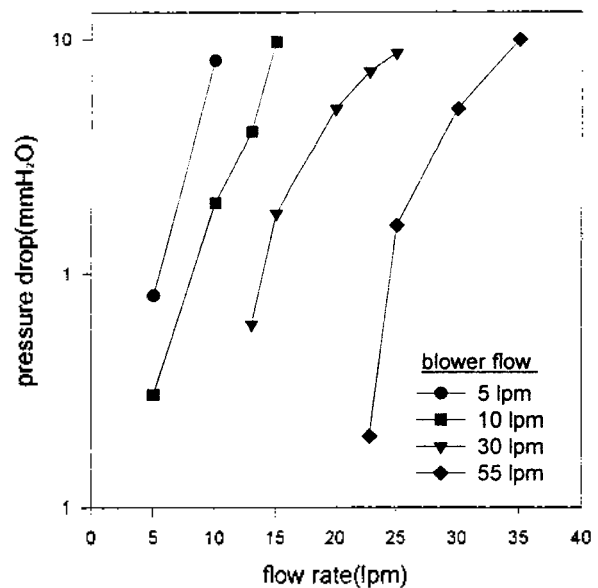


fig. 3. Change of pressure drop with breathing flow

그림 3은 송기 마스크 내에 생기는 저항의 정도를 나타내었다. 그림에서와 같이 주입하는 송풍량과 호흡량에 따른 압력 저항은 호흡량이 증가함에 따라 증가하고 있다. 호흡량이 일정할 때 공기를 공급하는 양이 증가할수록 압력 저항은 낮게 측정되었다. 공기의 공급량이 많고 호흡량이 적다면 호흡에 사용되지 않은 공기는 대부분 배기관으로 빠져나가게 된다. 이때 외부의 공기가 유입할 수 있으므로 마네킹과 마스크의 밀폐는 중요하다. 하지만 유체역학적인 관점에서 보면 공기의 공급량이 호흡량보다 많다면 외부의 오염된 공기는 인체에 유입할 가능성은 적다. 실제실험에서도 공기의 공급량을 증가시키고 호흡량을 일정하게 하였을 경우 외부의 공기의 유입은 무시할 정도로 작았다.

5.2 송기 마스크내의 분진 제거율

송기 마스크내의 분진 제거율은 송풍기에 사용된 필터의 여과 효율과 얼굴을 보호하는 마스크내의 밀착의 정도에 따라 영향을 받는다. 본 연구에서는 현재 상용화되어있는 송풍기의 여과 필터 효율을 측정하였다. 면체 마스크와 다르게 송기 마스크는 필터에 공기를 포집후 보내거나 산소통을 이용하여 인체에 공급하게 되는데 이때 필터의 포집효율은 중요하다. 필터의 효율(E)은 단분산(monodisperse) 입자를 발생시켜 필터를 통과하기전

과 통과한 후의 농도차를 측정하여 효율을 측정하며, 이때 P를 통과율이라하면 필터의 효율(E)은 1-P가 된다(Lee and Liu, 1982). 기존의 면체 마스크 필터의 효율을 높이기 위해서는 필터 공극 크기(pore size)를 작게 하면 쉽게 입자의 포집율을 증가시킬 수 있지만 압력 저항이 증가하여 착용자의 호흡은 힘들어지게 된다. 또한 필터의 면적을 증가시키게 되면 착용자의 안면 움직임이 어렵게 되고 시야를 가리게 되는 문제가 발생된다. 이러한 연유로 대부분의 마스크 제조 회사는 KS규격에만 적당한 마스크를 제조하게 되고 인체에 더 해로운 입자에 대해서는 포집효율이 떨어지게 된다. 본 연구진이 개발한 송기 마스크는 기존의 형태에서 벗어난 새로운 형태를 취하였다. 유독가스를 발생시키는 특수한 곳을 제외하고는 분진을 다량 발생시키는 대부분의 작업장은 호흡단이 주 보호대상이 된다. 그러므로 기존의 송기 마스크가 얼굴 전면을 보호하기 위해서 하였는데, 본 연구의 개발품은 앞서 서술한바와 같이 호흡의 주된 부분만을 보호할 수 있는 반면형 송기 마스크이다.

본 연구에서는 반면형 송기 마스크 개발이 주목적이므로 공기를 공급하기 위해 필요한 송풍기에 대해서는 상용화된 형태를 사용하였다.

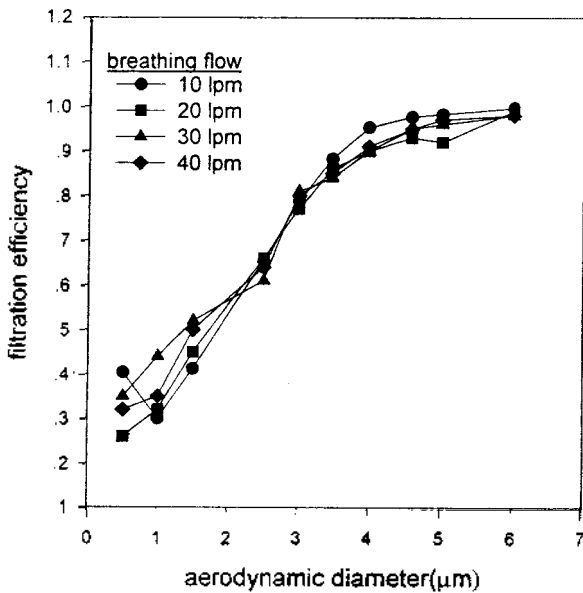


Fig. 4. Filtration efficiency of developed mask using a low efficiency filter

그림 4는 가장 많이 사용되고 있는 K사의 송풍기 필터의 효율을 측정한 자료를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 호흡량이 10~40 l/min으로 변할 때 송풍기의 필터의 효율 변화는 크지 않았다. 면체 마스크에 사용되는 필터의 분진 포집 효율은 2μm 입자에 대해서 95%이상의 포집효율을 갖도록 한국공업규격협회가 그 기준을 정하고 있지만 송풍기에 사용되는 필터의 효율에 대해서는 아직까지 그 기준이 없기 때문에 필터의 여과 효율은 좋지 않았다. 측정 결과를 보면, 3.5μm이상의 입자는 대부분 제거되었으나(90%이상) 2μm이하의 입자에서는 50%이하의 분진 포집 효율을 보였다.

송풍기의 주목적은 깨끗한 공기를 인체내 호흡기관에 공급하는 것이다. 기존의 송풍기는 해로운 입자에 대해서는 오히려 입자의 포집효율이 떨어지는 경향이 있고, 또한 전체적으로 효율이 낮은 편이다. 그래서 본 실험에서는 상업화되어있는 필터 중 손쉽게 사용할 수 있는 HEPA(High Efficiency Particulate Air) 필터를 이용하였다. 이 필터는 이미 그 효율이 입증되어 있으며, 그 효율은 99.99%이상이다.

그림 5는 HEPA 필터를 사용하여 송기 마스크의 입자 포집효율을 보여주고 있다.

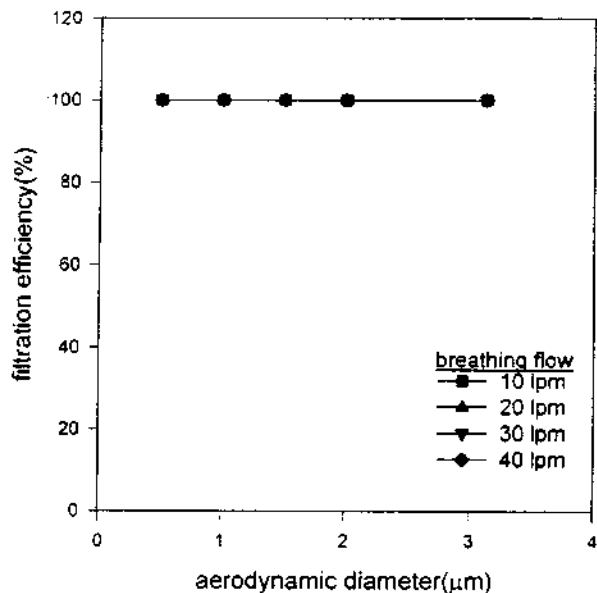


Fig. 5. Filtration efficiency of developed mask using HEPA filter.

그림에서와 같이 모든 입자 크기에서 포집효율이 99.9%이상의 효율을 나타냈다. 또한 호흡량과는 무관하게 입자의 모든 크기에서 똑같은 효율을 보였다. 가장 많이 사용되고 있는 면체 마스크는 한국 공업규격이 정하는 입자보다 작은 입자에서는 효율이 급격히 떨어지는 경향이 있는데 본 연구진이 개발한 마스크는 모든 입자에서도 높은 포집 효율을 보였다. 이는 외부에서 오염된 공기 속의 분진이 거의 다 차단된다고 할 수 있으며 호흡을 하는 순간에 외부의 오염된 분진이 예상한대로 마스크 내부에 침투하지 않았음을 나타낸다.

5. 3 개발된 송기 마스크의 현장 실험

개발된 송기 마스크로 S사의 작업자 30명을 대상으로 현장실험을 하였다. S사는 인천에 소재하고, 주물을 만드는 회사로 대부분의 작업자가 마스크를 착용하고 있다.

그림 6~9는 본 연구진이 실시한 현장 설문 결과이다. 실시 결과 주물공장 작업자의 3/4이상이 분진이 다량 발생하는 곳에서 작업을 하고 있었으며 마스크의 착용시간도 작업시간의 1/2이하였다. 마스크의 착용을 꺼리는 이유는 착용시 불편하여서 습관상 원인이 가장 많았으며, 그밖에 필요성을 못 느끼거나 착용감이 떨어져 착용하지 않은 경우가 많았다. 작업자가 느끼는 마스크의 제거효율에 대한 질문에 대해서는 1/2정도가 "보통"이라는 답변을 하였으며 "좋다"는 의견도 2/5정도로 나왔다. 개발된 송기 마스크를 20분 이상 착용시켜 작업을 실시한 결과 "기존 면체 마스크와 광주과학기술원의 송기 마스크중 어떤 것을 선택하겠는가?" 라는 질문에 90%이상이 광주과학기술원의 송기 마스크를 선택하였다. 또한 호흡의 편리성과 착용감에 대한 질문에 대한 답변은 80%이상이 광주과학기술원의 송기 마스크를 선택하였다. 이밖에도 입자상 오염물질로 오염되어 있는 작업장에 관한 기초적인 설문조사를 실시하였다.

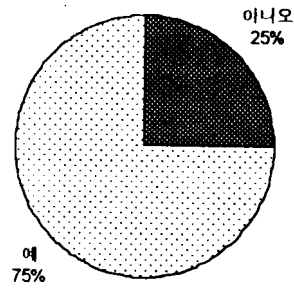


Fig. 6. 귀하가 작업하는 곳은 분진이 다량 발생하는가?

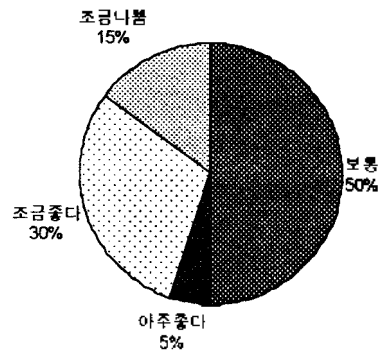


Fig. 7. 면체 마스크 착용 후 포집효율은 어느 정도로 보는가?

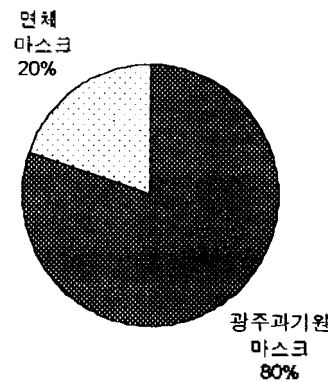


Fig. 8. 면체 마스크와 광주과학기술원 마스크 중 어느 쪽이 호흡이 편리하고 착용감이 좋은가?

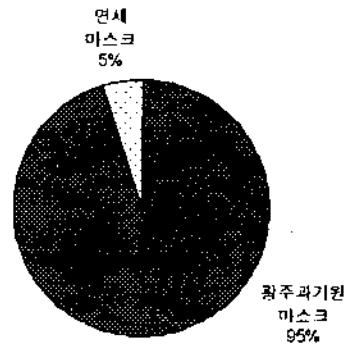


Fig. 9. 고온의 조건에서 작업을 하게 된다면 어느 쪽을 선택하겠는가?

6. 결 론

현재 산업체에서 가장 많이 사용되고 있는 인체 보호용 도구는 면체 마스크이다. 면체 마스크는 사용이 간편하기 때문에 사업자를 비롯하여 작업자들이 선호하는 편이다. 하지만 면체 마스크의 대부분은 미국 등에서 전량 수입하고 있으며, 1회용이어서 많은 수량이 소모되어 이로 인한 외화손실도 막대하다. 또한 마스크 착용시 마스크와 얼굴면 사이에 생기는 틈으로 인하여 실험치 보다 포집효율이 훨씬 낮을 수가 있다.

현재 개발된 면체 마스크는 한국공업규격이 정하는 2 μ m 이상의 입자 제거효율과 압력손실에 그 기준을 두고 있다. 하지만 인체에 유해한 입자는 2 μ m 이하의 미세한 입자로 이미 수많은 과학자들에 의해 연구결과가 발표되고 있다. 그러한 연유로 면체 마스크의 효율을 높이기 위해 여러 각도로 연구가 진행되고 있지만, 신 소재의 필터가 개발되지 않는 한 면체 마스크의 한계성은 계속되리라 본다. 그러므로 면체 마스크의 대안은 압력저항을 최소로 하여 호흡을 쉽게 할 수 있는 송기 마스크의 사용이다. 하지만 현재 판매되고 있는 유해가스 차단용을 위한 송기 마스크는 얼굴 전면을 감싸게 되어 작업자의 시야 및 활동의 정도를 떨어뜨리며, 무거워서 특별한 경우를 제외하고는 작업자는 착용을 꺼리게 된다.

본 연구진은 이러한 점을 염두 하여 산업체에서 쉽게 사용할 수 있는 새로운 형태의 송기 마스크를 개발하였다. 개발된 송기 마스크의 주 특징은 반면형의 마스크 형태를 취하였다. 이러한 시도는 기존의 전면형 송기 마스크와 다르게 작업자의 시야 및 활동의 폭을 최대한으로 늘릴 수 있었다. 송풍기를 사용하여 공기를 공급하게 되면 작업자는 호흡곤란에 영향을 받지 않는다. 하지만 호흡량에 따라 공기를 외부로 배출할 수 있는 부수적인 장치가 필요하다. 개발된 송기 마스크는 배기판 및 흡기판을 설치하여 작업자의 호흡을 용이하게 하였다. 또한 면체 마스크를 비롯하여 기존의 마스크는 얼굴면의 접촉의 정도에 따라 외부의 오염된 공기가 필터를 거치지 않고 직접 들어오는 경우가 있는데, 개발된 송기 마스크는 송풍량을 호흡량보다 높게 조정하여 오염된 공기속의 오염물질 전량을 포

집할 수 있었다. HEPA 필터를 사용할 때 0.5 μ m에서 3.0 μ m사의 모든 입자에 대해서 차단율은 99.99% 이상으로 HEPA 필터의 제거효율과 거의 동일한 결과를 나타내었다.

본 연구진에 의해 개발된 송기 마스크의 효용성을 실험하기 위하여 현장 실험을 실시한 결과 작업자의 90% 이상이 본 연구진 개발한 반면형 송기 마스크를 선호하였다.

감사의 글

본 연구는 한국생산기술연구원의 청정생산기술 개발사업(관리번호: 95-2-04)의 일환으로 수행되었으며, 실용신안 출원(출원번호 96-56108)중입니다. 이에 도움을 주신 모든 분들께 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Lee, K. W. and Ramamurthi, M. : Chap. 10 Filter Collection, in Aerosol Measurement - Principles, Techniques, and Applications, Edited by Klaus Willeke and Paul A. Baron, pp179-205(1993).
2. Lee, K. W. and Liu, B. Y. H. : "Experimental study of aerosol filtration by fibrous filters", Aerosol Sci. Technol., 1, pp35-46(1982).
3. Lippmann, M. : "Regional deposition of particles in the human respiratory track", In Handbook of Physiology, Reaction to Environmental Agents, D. H. K. Lee et al. American Physiological Society, Bethesda, MD(1977).
4. Cheng, Y. S., Barr, E. B., Marshall, I. A. and Mitchell, J. P. : "Calibration and performance of an API Aerosizer", J. Aerosol Sci., 24, pp501-514(1993).
5. Hinds, W. C. and Kraske, G. : "Performance of dust respirators with facial seal Leaks", Am. Ind. Assoc. J., 48, pp830-841(1987).
6. Weber, A., Willeke, K., Marthioni, R., Myojo, T., McKay, R., Donnelly, J. and Liebhaber, F. : "Aerosol penetration and leakage characteristics of masks used in the health care industry", Am J. of Infection Control, 21, pp167-173(1993).