

Filter Performance Test of Filtering

Facepieces

이규원, 김유찬

광주과학기술원 환경공학과

I. 서론

에어필터는 산업에서 아주 중요하다. 왜냐하면 많은 산업 공정에서 나오는 해로운 분진을 제거하므로 공기의 질을 향상시킬 수 있기 때문이다. 쉽고 효율적인 분리의 관점에서 보면 필터를 사용하여 최고의 효과를 낼 수 있는 것은 개인 보호장비인 마스크이다. 왜냐하면 마스크를 착용했을 때 상대적으로 적은 먼지의 양을 갖는 소량의 공기가 여과되어지기 때문이다.

방진 마스크는 분리식(cartridge)과 면체여과식(filtering facepiece) 마스크로 구분할 수 있다. 면체여과식 마스크는 기존의 마스크가 가지고 있던 마스크의 단점을 보완하기 위해서 만들어진 사용하기 간편한 마스크이다. 기존의 마스크는 착용시 불편한 점이 많아 사용자들이 착용을 꺼려하였다. 그래서 보다 많은 사용자가 마스크를 착용하게 하기 위하여 사용이 간편하고, 더불어 성능이 우수한 마스크가 필요하게 되었다. 그래서 일회용 마스크인 면체여과식 마스크가 나타나게 되었다.

면체여과식 마스크는 여러 가지 필터를 사용하여 필터마다의 고유특성을 이용하여 방진효과를 가지게 한다. 실용적인 관점에서 좋은 필터는 필터를 통과하는 흡입공기에서 제거해야하는 먼지에 대해 높은 포집효율을 갖고, 필터를 통과하는 흡입공기에 대해 낮은 역학적 저항을 갖는 필터이다. 그리고 이런 성질이 필터를 사용하는 기간동안 잘 보존되어야 한다.

한국공업규격에서 정한 면체여과식 마스크의 성능을 시험하는 방법은 $2\mu\text{m}$ 의 석영분진을 함유한 공기를 이용하고 30 l/min의 유량으로 통과시켰을 때 포집율이 90%이상이고, 압력강하는 $5\text{mmH}_2\text{O}$ 이면 합격판정을 받았다[4]. 하지만 $2\mu\text{m}$ 크기의 입자는 대부분의 면체여과식 마스크에서 90% 이상이 제거되어 시험입자의 크기로는 적당하지 않은 것으로 보인다. 그래서 본 연구의 목적은 적당한 시험 입자의 크기를 밝혀내고, 면체여과식 마스크의 성능을 올바르게 평가해 보는데 있다.

II. 입자 포집 기작 (aerosol collection mechanism)

작은 입자들은 일반적으로 유선(streamline)을 따라 움직이지 않고 가스분자와 끊임없이 무작위(random)충돌을 해 브라운 운동이라 불리는 불규칙한 모양으로 확산된다. 브라운 운동은 일반적으로 입자의 크기가 감소함에 따라 증가하기 때문에 입자의 확산 침전 또한 입자의 크기가 감소될 때 증가한다. 차단으로도 입자는 포집될 수 있는데, 입자의 경로가 유선으로부터 벗어나지 않을지라도 입자의 중심이 유선을 따라 섬유표면에서부터 입자의 반지름정도 사이로 움직인다면 입자는 여전히 포집된다. 섬유 주위에서 유체의 유선은 곡선을 그린다. 어느 정도의 질량을 가진 입자가 유체의 흐름을 따라 움직일 때 입자의 관성 때문에 유선을 따라 움직이지 못한다. 유선의 곡선이 충분히 크고 입자의 질량이 충분히 크다면 입자는 유선에서 벗어나 섬유와 충돌하게 된다.

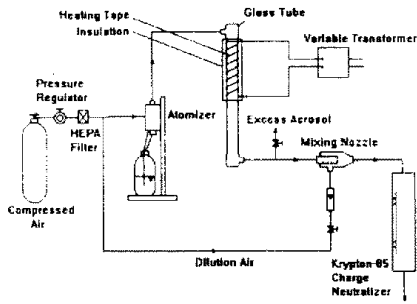
입자와 섬유가 전기적으로 전하를 띠 때 그들 사이의 인력인 정전기력에 의한 효과(섬유와 입자 모두가 하전된 경우의 쿨롱력에 의한 효과와 섬유만 하전된 경우의 유전 영동력에 의한 효과)는 여과 효율을 높인다

III. 실험방법

에어로졸 입자를 안정하고 반복적으로 발생시킬 수 있는 미립화기(constant output atomizer)를 이용한 응축화 입자 발생기(condensation aerosol generator)의 대략도이며 실험에 사용한 시험입자는 DOP(Diethyl phthalate, 99%)와 PSL(Polystyrene latex, 10% solids)이다.

발생된 입자는 어느정도 시간이 흘러 농도가 안정되었을때, 입자크기와 갯수를 측정하는

SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer)와 LAS-X(Laser Aerosol Spectrometer)를 이용했다. 실험은 먼저 내경 47mm, 유효 내경 32mm인 필터 홀더의 스테인레스 스크린 위에 면체여과식 마스크(더스트/미스트용:4개, 더스트/미스트/흄용:2개)를 홀더의 크기에 맞게 자른후 설치했다. 입자발생기를 통하여 입자를 발생시킨후 농도가 안정되었을 때 SMPS와 LAS-X로 필터홀더 상류측의 입자농도를 먼저 측정하고 바로 필터홀더 하류측의 입자농도를 측정했다. 이 때 필터 통



과시 발생하는 압력강하도 압력계(Magnehelic 또는 inclined manometer)를 통해 동시에 측정했다.

Figure 8. Filtration Efficiency (DM-A)

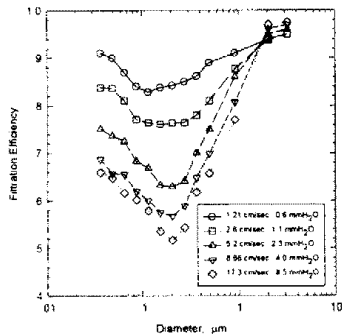


Figure 9. Filter Quality (DM-A)

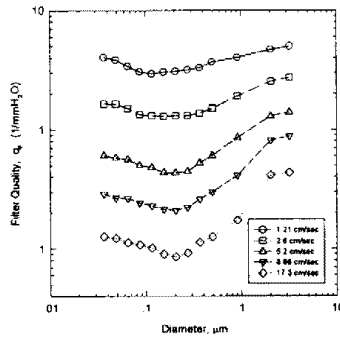
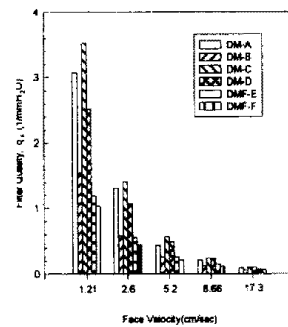


Figure 20. Filter Quality(q_1) of six respirators at different face velocity (0.2µm aerosol)



IV. 결론

실험 결과는 필터 효율이 입자 크기와 면속도(face velocity)에 의존하며 고정된 속도에서 주어진 필터에 대해 필터 효율이 최소이고 입자 투과율이 최대인 입자 크기가 있음을 보여주고 있다.

dust-mist-fume용 마스크는 dust-mist용 마스크에 비해 아주 낮은 입자 투과율을 갖지만 반면에 높은 압력강하 때문에 필터 성능 지표가 작음을 볼 수 있다. 하지만 마스크 착용장소의 입자농도 및 입자 크기분포에 따라 각각의 용도가 결정되어야 하며, 성격이 다른 두 종류를 비교하는 것 보다는 같은 성격의 마스크이지만 제조자와 종류가 다른 것을 비교하는 것이 더 바람직하다고 본다. 본 연구의 단위 두께당 포집효율 (γ)과 단위두께당 압력강하($\Delta p/t$)를 통해 나타낸 필터 성능 지표(filter quality factor)는 마스크의 필터 성능을 평가하는데 적절한 것으로 판단된다.

그리고 기존의 한국공업규격에서 마스크를 시험할때는 $2\mu\text{m}$ 의 석영분진을 이용하는데 $2\mu\text{m}$ 라 하면 supermicrometer크기로 어떤 마스크의 경우라도 좋은 효율을 낼 수 있을 것으로 본다. 그러므로 마스크의 여과 성능을 측정하고 평가하기 위해서는 적어도 submicrometer크기의 입자와 supermicrometer크기의 입자 두 개를 사용해야 하고, 면속도도 두 개 이상을 고려해 봐야 할 것이다.