

양질계수(Quality Factor)를 이용한 방진마스크 필터의 성능평가

인제대학교 산업안전시스템공학부¹⁾

한돈희^{1)†} · 정윤석¹⁾

-Abstract-

Performance of Respirator Filters Using Quality Factor (Q_F)

Don-Hee Han¹⁾ · Yoon-Sok Jeong¹⁾

Department of Industrial Safety & System Engineering, Inje University¹⁾

Most of manufacturers try to produce the most efficient filter for respirators with the lowest breathing resistance. Filter performance depends on low penetration, i.e., high efficiency (%), and low pressure drop (mmH_2O). This study was performed to evaluate performance of respirator filters by quality factor (q_F) and suggest the direction for improvement of respirator filters of good quality in Korea. Two mechanical filters, S and K made in Korea, three filtering facepieces, S made in China, C made in Korea and M made in USA, which were widely used in the workplace, were selected and tested efficiency and pressure drop in accordance with flow rate, using with Automated Filter Tester Model 8110 (TSI, USA). The best quality factor within the same respirator filter categories was $0.0672 \text{ cm}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ for mechanical filter S, 0.0698 cm^{-1}

H_2O for filtering facepiece M at flow rate of 32Lpm. Mechanical filter S would be the best suitable during heavy work since quality factors decrease less sharply than any others as increased flow rates. It was necessary for mechanical filter S to lower pressure drop without increasing efficiency, but mechanical filter K should be increased efficiency and decreased pressure drop. While filtering facepiece M had the best quality performance of three ones, S and C should get much higher efficiency and lower pressure for better performance.

Key Words : Filter performance, Quality factor, Penetration, Pressure drop, Respirator filter

접수일 : 2000년 2월 10일, 채택일 : 2000년 4월 4일

† 교신저자 : 경상남도 김해시 어방동 607 인제대학교 산업안전시스템공학부

Tel) 0525-320-3285, Fax) 0525-325-2471, E-mail) dooshhdh@bme.inje.ac.kr

I. 서 론

방진마스크 필터의 성능은 에어로졸에 대한 포집 효율(100-투과율, %)과 흡기저항 즉, 압력강하에 달려 있다. 포집효율을 높이기 위해서는 필터의 층(layer)을 여러 겹으로 포개든지 필터의 두께를 두껍게 한다든지 아니면 필터의 밀도를 높이면 된다. 그러나 이럴 경우 압력강하가 높아져 착용자에게 심한 호흡저항을 일으키게 된다. 따라서 포집효율을 높이면서 압력강하를 줄이는 것이 양질의 방진필터를 제작하는 기술이라고 할 수 있다(NIOSH, 1987).

최근에 많이 사용되는 방진마스크 필터는 보통 면체 여과식으로 사용되는 정전기 필터(electrostatic filter)로서 기계식 필터(mechanical filter)가 가지고 있는 에어로졸 포집기전인 관성충돌(inertial impaction), 차단(interception), 침강(sedimentation) 그리고 확산(diffusion) 이외에도 필터에 정전기력(electrostatic charge)을 가해 줘 압력강하를 낮추면서 포집효율을 높이는 것이 특징이다(Chen and Huang, 1998). 그러나 이 필터의 최대 단점은 오일 미스트나 습기에 정전기의 효과가 쉽게 저하되어 적용되는 작업장이 제한적이라는 점이다.

고전적인 형태의 방진마스크 필터는 기계식 필터로서 정전기력을 제외한 관성충돌, 차단, 침강 그리고 확산의 기계적인 기전에 의해서만 에어로졸을 포집하게 된다. 기계식 필터는 적용될 수 있는 작업장이 제한적이지 않다는 장점은 있으나 계속적인 사용으로 인한 흡기저항의 증가로 착용자로 하여금 신체적인 피로감을 유도할 수 있다는 단점을 안고 있다(NIOSH, 1987). 이러한 단점에도 불구하고 최근에는 미세한 섬유성분의 개발로 기계식 필터의 개발이 다시 각광받고 있다. 하지만 앞서 언급하였듯이 포집효율의 증가는 곧 흡기저항의 상승을 유발하기 때문에 양질의 필터를 개발하려면 이 양자간의 관계를 어떻게 유지할 것인가가 매우 중요하다고 할 수 있다.

기계식 필터는 원재료인 유리섬유(glass fiber), 미

니섬유(mini fiber), 활성탄소섬유(activated carbon fiber) 및 펄프를 적절한 비율로 물에 풀어서 배합한 후 탈수 및 건조과정을 거쳐 주름을 잡아 완제품의 필터를 생산하게 된다. 포집효율이 좋고 압력강하가 낮은 필터를 생산하기 위해서는 원재료의 배합비율과 또 탈수 및 건조과정에서 어떤 공정을 거치는가에 달려있으므로 각 제조업체마다 자신들만의 노하우를 가지고 있으며 이는 철저히 비밀로 하고 있다. 면체 여과식 필터는 자연 혹은 합성섬유 혹은 자연과 합성의 혼합섬유를 압착하고 제조과정에 수지(resin)를 가한 다음 기계적으로 친다든지 미세한 바늘로 바늘질(needling)하여 정전기를 일으키게 한 것이다. 면체 여과식은 정전기를 일으키는 것이 매우 중요한 기술이기 때문에 이에 대한 기술이 비밀로 지켜지고 있다.

양질의 방진 마스크 필터는 낮은 투과율과 낮은 압력강하의 특성을 지니고 있어야 한다. 따라서 검정규격을 통과하기 위해서는 정해진 투과율과 정해진 압력강하 즉, 흡기저항을 통과해야 한다(노동부, 1997). 양질계수(q_f)란 필터의 성능을 투과율과 압력강하로 표현한 것으로 다음과 같이 나타낸다(Chen et al., 1992; Chen et al., 1993).

$$q_f = \frac{\ln\left(\frac{1}{P}\right)}{\Delta p}$$

여기서, P : 에어로졸 투과율, %

Δp : 압력강하(흡기저항), mmH₂O 혹은 cmH₂O

같은 부류의 방진 마스크 필터인 경우 즉, 기계식이면 기계식 필터 간에, 면체 여과식이면 면체 여과식 필터 간에 양질계수가 높을수록 우수한 성능을 가지고 있다고 할 수 있기 때문에 최근 미국에서는 양질계수를 이미 개발된 필터의 성능을 점점하거나 새로운 필터를 개발하는 데 활용한다. 그러나 국내에서는 아직까지 양질계수로 방진마스크를 등급화하거나 평가한 연구가 전혀 없는 실정이다.

산업위생에 대한 인식이 미약하고 규모 자체가 영세한 대부분의 국내 방진마스크 필터 생산업체들은 검정규격을 통과하여 판매허가를 획득하려는 의도는 강한 반면 근로자들을 위한 우수한 성능의 제품개발을 등한시하는 경향이 많다. 따라서 현재 국내에서 많이 사용되고 있는 주요 방진마스크 필터의 성능을 검사하여 그 실태를 점검하고 앞으로 양질의 방진마스크 필터를 만드는데 필요한 개선의 방향을 제시하고자 본 연구를 실시하였다.

II. 재료 및 실험방법

1. 실험재료

연구에 사용된 기계식 방진마스크 필터는 S사의 S 필터와 K사의 K 필터로서 모두 원재료는 외국에서 수입하여 일정비율로 배합하고 탈수와 건조과정을 거쳐 주름을 잡은 후 플라스틱 마운팅을 하여 최종 완제품으로 생산되는 제품들이다. 면체 여과식 필터는 국내생산을 하지 않고 있으나 중국에서 생산하여 국내에 판매를 하고 있는 S사의 중국산 S 필터, 국내 Y사의 국산 C 필터, 그리고 다국적 기업인 미국 M사의 M 필터를 선정하였다. 이상의 제품들은 모두 현재 국내에서 상당히 많이 사용되는 제품들이며 각 필터들은 시중 및 S사에서 보관하고 있는 것들 중에서 무작위로 각각 5개씩을 선정하여 실험에 사용하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 기기는 Automated Filter Tester™ Model 8110 (TSI, USA)을 사용하였다. 챌린지 에어로졸(challenge aerosol)로는 NaCl을 사용하였다. 특급 NaCl 20g을 1l의 증류수에 녹여 에어로졸 발생 장치의 용액으로 사용하였으며 이럴 경우 발생장치에서 발생하는 에어로졸의 공기 중 농도는 약 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 이며 이때 입경의 기하평균치는 $0.10\mu\text{m}$ 이고 기하표준 편차는 1.9이하이기 때문에 입경의 95%

범위는 $0.028\sim 0.361\mu\text{m}$ 이다(TSI Manual, 1990).

공기의 유속은 작업자의 작업강도에 따른 호흡량과 같은 것으로 간주되기 때문에 측정 시 매우 중요하다. 유속은 현재 국내 호흡기보호구 검정실험에서는 30Lpm으로 되어 있으나 NIOSH에서는 경작업을 할 때 32Lpm으로 되어 있어서 본 연구에서는 32Lpm을 경작업으로 간주하였으며 또 1998년 7월부터 미국에서는 모든 방진필터의 검정을 가장 열악한 조건에서 실시하도록 하여 유속 85Lpm에서 실험하도록 규정하였기 때문에 (NIOSH, 1996) 본 연구에서는 10, 32, 64, 85Lpm의 네 가지 방법으로 나누어 실험하였다. 피검 필터를 필터 크기에 알맞게 제작된 판자 사이에 끼워 필터 홀더에 집어넣은 다음 모드를 loading test로 전환하여 유속을 조절하면서 투과율, 압력강하를 측정하였다.

각 필터의 통계치는 산술평균치를 이용하였으며 통계검증은 t-test와 ANOVA test를 이용하였다. ANOVA test에는 통계 프로그램 NogNorm2 (Vos and Christie, 1997)를 사용하였다.

III. 연구결과

1. 기계식 필터의 투과율과 압력강하

Table 1은 기계식 필터의 투과율과 압력강하를 유속에 따라 산술평균치와 표준편차로 나타낸 것이고 Fig. 1은 Table 1의 산술평균치를 그림으로 나타낸 것이다. Table 1과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 S 필터의 투과율은 K 필터보다 모든 유속에서 월등히 낮았으며 통계적으로도 유의하였다($P < 0.01$). 우리나라 검정규격인 유속 30 Lpm 부근인 32 Lpm에서 S 필터는 0.85%로 나타난 반면 K 필터는 5.11%로 기준치인 5.0%를 약간 벗어났다. 그러나 유속이 증가함에 따라 S 필터는 큰 변화가 없었으나 K 필터는 거의 직선적으로 증가하고 있었다.

압력강하에서는 S 필터가 유속 10, 32 Lpm에서 K 필터보다 약간 높게 나왔으나 유속 64, 85 Lpm에서

는 오히려 약간 낮게 나왔으며 통계적으로는 모든 유속에서 유의한 차이는 없었다. 국내 검정규격인 유속 30Lpm 부근인 32Lpm에서 S 필터, K 필터 모두 기준치는 4 mmH₂O를 초과하고 있었으며 S 필터나 K 필터 모두 유속의 증가에 의해 압력강하가 직선적으

로 증가하였다.

이상과 같은 성능비교에서 포집효율이 우수한 S 필터는 앞으로 압력강하만 낮추는 방향으로 품질을 개선해야 하며 K 필터는 포집효율과 압력강하 면에서 개선이 필요하였다.

Table 1. Penetration (%) and pressure drop (mmH₂O) with flow rate in mechanical filters

Manu- facturers	Penetration (%)				Pressure drop (mmH ₂ O)			
	Flow rate (Lpm)				Flow rate (Lpm)			
	10	32	64	85	10	32	64	85
S	0.34±0.04	0.85±0.07	1.30±0.11	1.68±0.13	2.51±0.34	7.10±1.82	13.65±4.42	18.35±3.56
K	2.28±0.31	5.11±0.43	7.42±0.64	8.87±0.93	2.50±0.42	6.85±1.06	14.25±6.57	19.40±4.50
P values	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

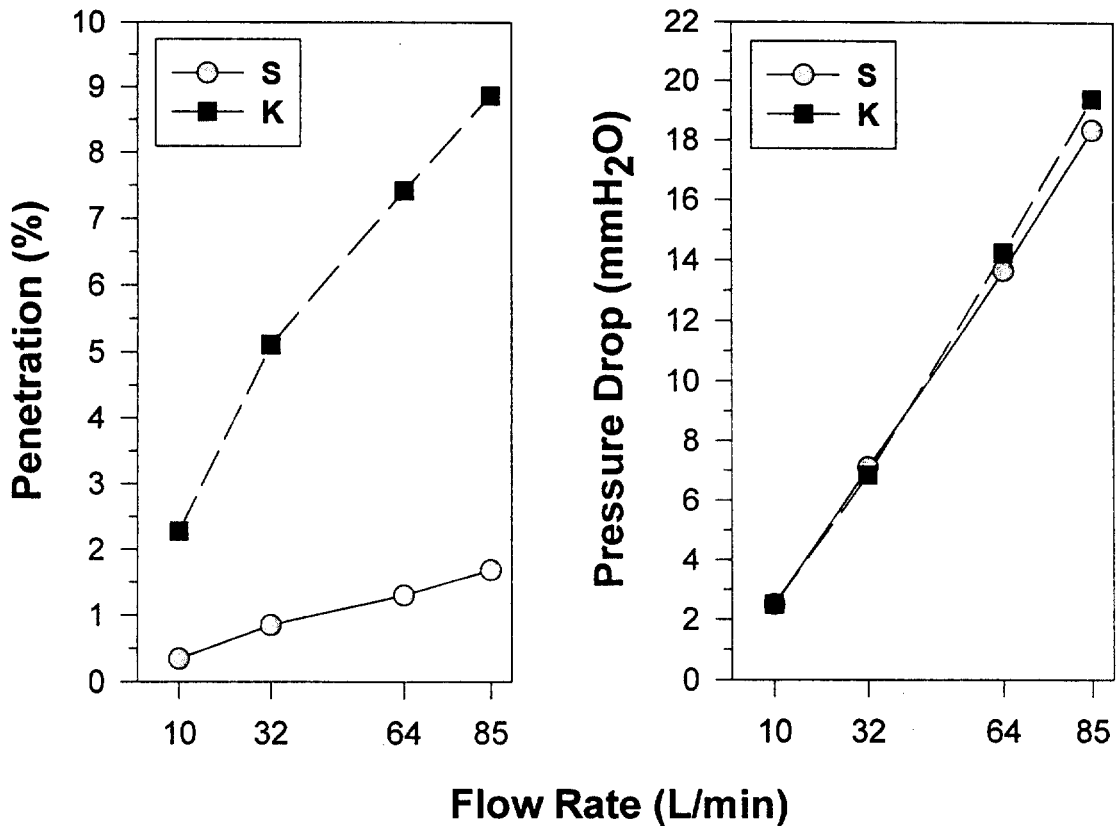


Fig. 1. Aerosol penetration(%) and pressure drop(mmH₂O) of mechanical filters with flow rate.

2. 면체 여과식 필터의 투과율과 압력강하

Table 2는 면체 여과식 필터에 대한 투과율과 압력강하를 유속에 따라 나타낸 것이고 Fig. 2는 이들 평균치를 그림으로 나타낸 것이다. 투과율의 경우 미국산인 M 필터가 중국산인 S 필터와 국산인 C 필터보다 모든 유속범위에서 훨씬 낮게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P < 0.01$). 유속 64 Lpm에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타난 것은 S 필터와 C 필터의 투과율이 같은 것으로 나타났기 때문이다. 특히, 유속 32 Lpm에서 S 필터와 C 필터는 5.0%

를 초과하고 있었다. 3개 필터 모두 유속이 증가함에 따라 투과율이 급격히 증가하는 양상을 보였다.

압력강하에서도 M 필터가 S 필터와 C 필터보다 모든 유속에서 낮게 나타났으며 모든 유속에서 통계적으로 유의하였다($P < 0.001$). 유속 32 Lpm에서 M 필터를 포함한 모든 필터가 기준치인 4 mmH₂O를 초과하였으며 3개 필터 모두 유속이 증가함에 따라 압력강하가 급격하게 증가하였다.

이상의 결과 M 필터는 압력강하 면에서 그리고 S 필터와 C 필터는 투과율과 압력강하 면에서 앞으로 많은 개선이 필요하였다.

Table 2. Penetration (%) and pressure drop (mmH₂O) with flow rate in filtering facepieces

Manu- facturers	Penetration (%)				Pressure drop (mmH ₂ O)			
	Flow rate (Lpm)				Flow rate (Lpm)			
	10	32	64	85	10	32	64	85
S	3.34±0.07	5.56±0.57	13.10±3.11	21.91±5.67	3.50±0.61	7.80±2.52	16.65±4.42	21.83±6.56
M	1.30±0.21	2.48±0.54	8.47±1.64	14.90±5.95	2.51±0.35	5.30±0.97	11.82±4.27	16.69±5.40
C	2.49±0.36	5.03±0.76	13.10±3.90	19.52±5.48	3.01±0.45	6.68±1.67	14.53±4.93	20.41±5.32
P values	<0.01	<0.01	>0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01

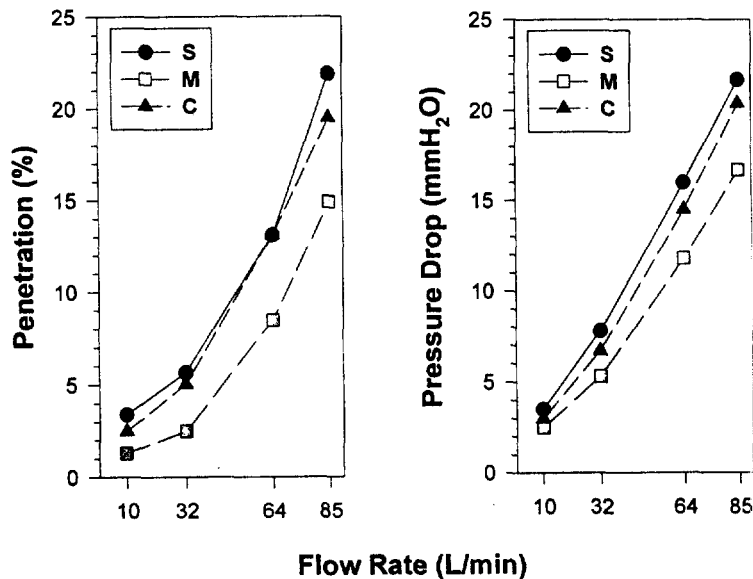


Fig. 2. Aerosol penetration(%) and pressure drop(mmH₂O) of filtering facepieces with flow rate.

3. 양질계수에 의한 평가

Table 3과 Fig 3은 양질계수를 유속에 따라서 나타낸 것이다. 다섯 개의 필터 중 기계식인 S 필터가 32 Lpm을 제외한 모든 유속에서 가장 우수한 성능을 지니고 있었으며 유속이 증가함에 따라 다른 필터들과 마찬가지로 양질계수가 현저하게 떨어지지만 다른 필터에 비하여 감소정도가 낮은 편이었다. 면체 여과식 중에서는 미국 제품인 M 필터가 다른 두 개 필터보다 우수한 성능을 지니고 있었다. 특히, 우리

나라의 검정 규격인 유속 30 Lpm 부근인 32 Lpm에서는 면체 여과식 M 필터의 양질계수는 가장 우수한 0.0698 $\text{cm}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ 이고 기계식 S 필터가 그 다음으로 M 필터와 비슷한 0.0672 $\text{cm}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ 로 나타났으며 그 외의 세 개 필터의 양질계수는 이들 보다 낮은 값을 지니고 있었다.

따라서 양질계수를 이용하여 등급을 판정할 때 호흡율이 약 32 Lpm이 요구되는 경작업 시에는 기계식 필터 S와 면체 여과식 필터 M이 나머지 3개 제품보다 우수하다고 할 수 있다.

Table 3. Performance of respirator filters using quality factor with flow rate

Type of filters	Manu-facturers	Flowrate (L/min)	Pressure drop (mmH ₂ O)	Penetration (%)	Quality factor (q _F , 1/cm H ₂ O)
Mechanical filters	S	10	2.51	0.34	0.2265
		32	7.10	0.85	0.0672
		64	13.65	1.30	0.0318
		85	18.35	1.68	0.0348
	K	10	2.50	2.28	0.1512
		32	6.85	5.11	0.0434
		64	14.25	7.42	0.0183
		85	19.40	8.87	0.0125
Filtering facepieces	S	10	3.50	3.34	0.0971
		32	7.80	5.56	0.0370
		64	16.65	13.10	0.0122
		85	21.83	21.91	0.0070
	M	10	2.51	1.30	0.1730
		32	5.30	2.48	0.0698
		64	11.82	8.47	0.0209
		85	16.69	14.90	0.0114
C	10	3.01	2.49	0.1227	
	32	6.68	5.03	0.0448	
	64	14.53	13.10	0.0140	
	85	20.41	19.52	0.0080	

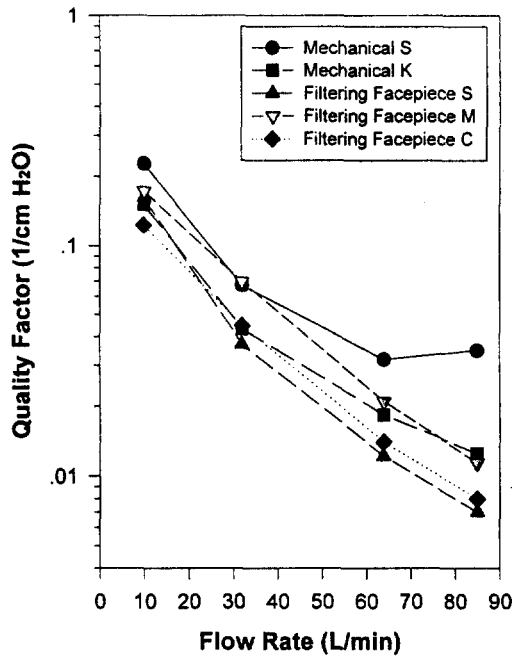


Fig. 3. Quality factors of filters with flow rate.

IV. 고 찰

필터에 의한 입자의 제거기전을 보면 공기역학적 입경(aerodynamic diameter)이 0.2~0.3 μm 인 입자의 경우 필터에 의한 포집효율이 가장 낮은 것으로 밝혀져 있다. 그 이유는 이보다 큰 입자는 차단과 충돌에 의하여 쉽게 제거되며 이보다 작은 입자인 경우에는 확산에 의해 쉽게 제거된다(Godish, 1989). 따라서 현재 미국의 검정규격은 최악의 조건하에서 실험을 통과하도록 엄격하게 적용하고 있어 공기역학적 질량 중간값(MMAD: mass median aerodynamic diameter)이 0.3 μm 인 입자를 가지고 유속 85 Lpm에서 실험하도록 되어 있다(NIOSH, 1996).

그러나 우리 나라의 경우 지금까지 시행되어 왔던 방진필터에 대한 검정규격은 일본의 산업안전보건법을 거의 그대로 준용하고 있기 때문에 많은 문제점을

안고 있다고 해도 과언이 아니다. 그것은 쉘린지 에어로졸의 입경 크기가 2 μm 이하인 석영분진을 유속 30 Lpm에서 실험하도록 되어 있어 입경의 크기가 너무 크기 때문에 쉽게 검정시험을 통과할 수 있다는 점이다(노동부, 1997). 따라서 국내의 검정규격을 통과한 방진필터라고 하더라도 대부분 입경의 크기가 0.001~1.0 μm 인 흠을 발생시키는 용접작업(AIHA, 1997) 등에는 어떤 방진 필터들은 부적합하다고 할 수 있다.

본 실험에서 사용한 쉘린지 에어로졸이 우리나라의 검정규격 실험 시 사용하는 2 μm 이하의 석영분진과 다른 NaCl을 사용하였지만 NaCl 입자의 입경 크기가 훨씬 작기 때문에 포집효율이 낮을 것이라는 점을 감안하면 S 필터가 모든 유속에서 2% 미만의 투과율 즉, 98% 이상의 포집효율을 보이고 있는 것은 기계식 S 필터의 포집 효율이 매우 우수하다는 것을 설명해 주고 있다. 면체 여과식 M 필터 역시 국내

검정규격인 유속 30 Lpm 부근인 32 Lpm에서 97.52%의 포집효율을 보인 것은 다른 면체 여과식 필터들보다 훨씬 우수한 제품이라고 할 수 있다. 그러나 기계식 K 필터를 비롯한 면체 여과식 S와 C 필터의 경우 32 Lpm에서 포집효율이 95%미만의 포집효율을 보이고 있고 특히, 유속의 증가와 더불어 급격하게 포집효율이 떨어지고 있어 흡이 발생하는 작업에서 착용자의 호흡량이 증가하는 중(重)작업을 할수록 흡의 심각한 투과가 있을 것으로 예상된다.

이처럼 이들의 포집효율이 낮게 나타났다고 해서 검정 상에 문제가 있다고는 할 수 없을 것이다. 앞에서 설명하였듯이 현재 우리 나라의 검정규격은 입경이 $2 \mu\text{m}$ 이하인 석영입자를 이용하여 포집효율 95%를 넘으면 합격할 수 있도록 되어 있기 때문에 국가 검정을 획득한 필터라도 본 연구에서처럼 입경 크기가 훨씬 작은 NaCl을 챌린지 에어로졸로 사용하면 포집효율이 현저하게 떨어질 수 있기 때문이다. 다행히 국내에서도 앞으로 방진마스크에 대한 검정규격을 입경이 $0.04 \sim 1.0 \mu\text{m}$ NaCl을 챌린지 에어로졸로 사용하려고 개정 중에 있기 때문에(이상기, 1998) 개정 후에는 검정규격을 통과한 방진필터의 성능은 상당히 향상될 것으로 기대된다.

압력강하에서는 면체 여과식 M 필터의 경우 유속 32 Lpm에서 $5.30 \text{ mmH}_2\text{O}$ 으로 가장 낮게 나타났으나 검정규격인 $4 \text{ mmH}_2\text{O}$ (노동부, 1997)에 훨씬 못 미친다. 또 모든 제품에서 압력강하가 유속의 증가와 더불어 현저하게 증가하기 때문에 착용자가 중(重)작업을 할수록 심한 호흡저항을 일으킬 수 있음을 보여 주고 있다. 따라서 앞으로 모든 필터는 압력강하를 줄이는 방향으로 개선하여야 할 것이다.

성능이 좋은 필터란 포집효율이 높으면서 압력강하는 낮은 필터를 의미한다. 필터의 포집효율은 유속, 입자의 크기, 필터 섬유유 크기, 패킹(packings) 밀도, 에어로졸의 포집량 등에 의해 결정되기 때문에 매우 복잡하다(Revoir and Bien, 1997). 일반적으로 압력강하는 같은 부류의 마스크 필터 간에는 필터의 포집효율보다 변화가 크지 않기 때문에 마스크 필터

의 성능을 높이기 위해서는 필터의 포집효율을 높이는 것이 압력강하를 낮추는 것보다 쉽다(Hinds and Kadrichu, 1994). 포집효율을 최적화시키는데 관여하는 인자들로써는 필터 섬유유 크기, 여과 속도, 에어로졸의 농도, 공기의 점도 등이다.

양질계수(q_f)란 필터의 포집효율과 압력강하를 이용하여 만든 계수로서 포집효율이 높고 압력강하가 낮으면 높은 값을 가지게 되기 때문에 같은 타입의 필터들을 등급화할 때 사용될 수 있고 일반적으로 필터의 성능을 평가하는데 사용된다(Chen et al., 1992).

본 연구결과 양질계수의 표현 특성상 투과율의 증가정도보다는 압력강하의 증가정도에 따라 더 영향을 받기 때문에 유속이 증가하여 압력강하가 커지면 현저하게 양질계수가 떨어짐을 알 수 있었다. 양질계수가 우수한 기계식 S 필터와 면체 여과식 M 필터를 비교하였을 때 경작업인 32 Lpm에서는 M 필터가 $0.0698 \text{ }^1\text{cmH}_2\text{O}$ 로 S 필터의 $0.0672 \text{ }^1\text{cmH}_2\text{O}$ 보다 우수하였으나 유속이 증가하는 중(中)과 중(重) 작업에서는 S 필터의 양질계수가 M 필터의 양질계수보다 높게 나타났기 때문에 S 필터가 M 필터보다 더 적합하다고 할 수 있다.

이같은 양질계수를 이용하면 같은 타입 내지 같은 용도의 방진필터를 서로 비교할 수 있고 등급을 결정할 수 있기 때문에 국내에서도 각 제품들의 기술향상을 위하여는 방진 필터에 대한 전반적인 등급화 작업이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

국내에서 시판되는 방진마스크 필터인 기계식 필터와 면체 여과식 필터의 성능을 분석하여 평가하여 보고 이를 통하여 장차 필터에 대한 개선방향을 제시하고자 본 연구를 실시하였다. 피검 필터로는 기계식 필터는 국산 S와 K 필터이었고 면체 여과식 필터는 중국산 S, 국내산 C 그리고 미국산 M 필터를 사용하

였으며 측정 기기로는 Automated Filter Tester Model 8110 (TSI, USA)를 사용하였다. 필터의 성능은 양질계수를 이용하여 비교하였다.

필터의 성능은 기계식인 경우 S 필터가, 면체 여과식인 경우 M 필터가 우수하였으며 유속 증가에 따른 양질계수의 감소 정도를 비교하여 볼 때 중(重)작업 시에는 다섯 개 필터 중 기계식 S 필터가 가장 적합한 것으로 사료된다. 기계식 S 필터는 포집효율은 매우 우수하여 개선할 필요가 없었으나 압력강하가 높았기 때문에 압력강하를 줄이는 방향으로 개선이 필요하였으며 K 필터는 포집효율 및 압력강하 모든 면에서 많은 개선이 필요하였다. 면체 여과식은 M 필터는 압력강하를 낮추는 방향으로 개선이 필요하였으며 S와 C 필터는 포집효율과 압력강하 면에서 모두 많은 개선이 필요하였다.

방진 필터에 대한 기술개발 및 기술향상을 위해서 양질계수를 이용하여 국내 유통되는 방진 필터에 대한 전반적인 등급화 작업이 필요하다고 판단된다.

REFERENCES

- 노동부. 방진마스크 검정규격. 노동부 고시 제 1997-45호 ('97. 12. 29.)
- 이상기. 방진마스크 검정규격 개정 추진 (1998.9). 2000; Available from:URL:<http://home.kosha.net/~bongtel>
- American Industrial Hygiene Association (AIHA). The Occupational Environment - Its Evaluation and Control. Virginia: AIHA Press; 1997. p. 244-245
- Chen CC, Lehtimäki M, Willeke K. Aerosol penetration through filtering facepieces and respirator cartridges. Am Ind Hyg Assoc J 1992;53(9):566-574
- Chen CC, Lehtimäki M, Willeke K. Loading and filtration characteristics of filtering facepieces. Am Ind Hyg Assoc J 1993;54(2):51-60
- Chen CC, Huang SH. The effect of particle charge on the performance of a filtering facepiece. Am Ind Hyg Assoc J 1998;59(4):227-233
- Godish T. Indoor Air Pollution Control. Michigan: Lewis Publishers; 1989. p. 251-252
- Hinds WC and Kadrichu NP. Effect of dust loading on the performance of half-mask respirators. Appl Occup Environ Hyg 1994;9(10):700-706
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Guide to Industrial Respiratory Protection. U.S. Department of Health and Human Services; 1987
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NOISH Guide to the Selection and Use of Particulate Respirators - Certified under 42 CFR 84. U.S. Department of Health and Human Services; 1996
- Revoir HW and Bien CT. Respiratory Protection Hand Book. New York: Lewis Publisher; 1997. p. 54-55
- TSI. Model 8110 Automated Filter Tester Operation and Service Manual. Minnesota: TSI Inc.; 1990
- Vos GA, Christie JD. LogNorm2, Statistics for Exposure Assessment. Oklahoma: InTech Software Corp.; 1997