

## 우리나라 面體 濾過式마스크 性能에 關한 연구

A Experimental Study on the Performance of Filter-integrated Half-masks

변 임 근\* 이 영 섭\*\*  
Im-Keun Byun Young-Seop Yi

### ABSTRACT

This study is conducted to experiment on the performance test for 20 types of Filter-integrated Half-masks which could not only protect workers exposed to dusty environment, but also improve workability. Results and conclusions are as follows :

1) Respirators that removal efficiency of aerosols is 95 percent or more are 11 kinds(55%), and those who are 99.9 percent or more are 4 kinds(20%). Respirators that inhalation resistance is 4 mm in water or less are 13 kinds(65%), and those who are 6 mm in water or less are 17 kinds(85%). Respirators that efficiency of cumulative inhalation resistance is 100 percent or less are 11 kinds(55%).

2) Respirators that resistance of moisture inhalation is 6 mm in water or less are 11 kinds(55%). and those who are 10 mm in water or less are 13 kinds(65%). Respirators that ratio of removal efficiency for aerosols between dry and wet conditions is 95 percent or more are 9 kinds(45%).

3) Respirators which are not only 95 percent or more for removal efficiency of aerosols and 6 mm in water or less for inhalation resistance, but also 200 percent or less for efficiency of cumulative inhalation resistance, are 8 kinds(40%). Respirators which are not only 99.9 percent or more for removal efficiency and 6 mm in water or less for inhalation resistance, but also 100 percent or less for efficiency of cumulative inhalation resistance, are 3 kinds(15%). Respirators which are not only 95 percent or more for removal efficiency of aerosols and 6 mm in water or less for inhalation resistance, but also 200 percent or less for efficiency of cumulative inhalation resistance and 10 mm in water or less for resistance of moisture inhalation,

---

\* 正會員 : 한국산업안전보건 연구원

\*\* 正會員 : 국립서울산업대학

are 6 kinds(30%).

4) As standard model of artificial human head which would be perhaps different from the true one is used to experiment fitness test, leakage rate is shown to be more or less high. However, artificial human head shall be accurately examined and follow-up study would be conducted in the future.

### 1 서론

有害物質이 人体에 침입하는 경로는 호흡기, 소화기, 피부 등을 통해서인데 粉塵 등과 같은 粒子狀 물질은 주로 호흡기를 통하여 침입한다. 입자상 물질을 함유한 공기는 코-후두-기관-기관지-肺胞의 순으로 폐에 들어오게 되는데 粒徑이 큰 粒子는 코와 기관지에 침착되어 體外로 배출되지만 0.5~5 μm의 입자는 폐포에 까지 침투되어 塵肺를 일으킨다. 예로 5μm의 粒子는 코에서 75%, 기관과 기관지에서 10%, 肺에서 15%가 沈着되며, 1μm의 粒子는 코에서 7%, 기관과 기관지에서 3%, 폐에서 27%가 침착된다.

粒子가 人体에 침입하여 여러가지 직업성 질환을 일으키는데, 이들의 유해성을 평가하는 중요한 因子는 粉塵의 化學的 組成, 粉塵의 粒徑, 粉塵의 濃度, 분진의 폭로시간, 개인의 감수성 등을 들 수 있다.<sup>1)</sup>

분진이 함유된 공기를 濾過材(filter)를 통과시켜 분진을 제거시키고 깨끗한 공기를 호흡할 수 있는 분진의 捕集原理는 다음과 같다. 粒子가 크고 속도가 빠를 경우, 관성이 크므로 여과재의 섬유표면에 충돌하여 포집되는 관성충돌(impaction)이 있고, 粒子가 공기와 같이 흐를 경우 여과재 표면에 접촉, 충돌하여 포집되는 직접차단(interception)이 있으며, 粒子가 비교적 작은 경우, 粒子의 브라운(Brown) 운동에 의한 확산작용으로 여과재 표면에 충돌하여 포집되는 擴散(diffusion)이 있고, 정전기력에 의하여 포집하는 정전기(electrostatic) 방법 등이 있다.

1990년 1월에 산업안전보건법이 개정되어 面體濾過式 마스크도 防塵 마스크의 일종으로 인정받게 되었다.<sup>2)</sup> 면체여과식마스크는 여과재의 품질이 크게 향상되었으며, 중량이 가벼워 착용에 불편함이 없고

대화가 가능하며 작업에 방해가 안되는 등 장점이 많아서 앞으로 많이 활용될 것으로 예상되는 호흡용 보호구의 일종이다. 현재 우리나라에서 제조, 수입되어 시중에 제품으로 나와있는 면체여과식마스크를 수집하여 성능실태를 실험하여 미진한 항목 등을 밝혀내고 이에 대한 개선을 유도함으로써 성능이 좋고 보호기능이 완벽한 보호구를 근로자에게 보급할 수 있는 여건을 조성하고자 한다.

### 2 性能試驗

우리나라에서 유통되고 있는 국내의 제품 20종을 수집하여 90년 7월 부터 11월까지 성능시험을 실시하였다. 성능시험은 노동부 방진마스크 규격<sup>3)</sup>, 한국의 KS규격<sup>4)</sup>, 일본의 규격<sup>5, 6)</sup>, 미국의 규격<sup>7)</sup>, 유럽의 규격<sup>8, 9)</sup>을 참조하여 실시하였다.

본 실험에서는 Filter Tester(TSI Model 8110)에 Nacl 2%의 용액을 만들어 Aerosol 발생조에 넣고 3마력 Compressor를 이용하여 60psi의 압력으로 Aerosol을 발생시켜 포집효율(Removal efficiency of aerosols), 흡기저항(Inhalation resistance), 흡기저항상승율(Efficiency of cumulative inhalation resistance) 및 가슴기 흡기저항(Resistance of moisture inhalation)에 대한 시험을 실시하였다.

#### 2-1 捕集效率 試驗

Filter tester에 Aerosal 함유 공기를 30liter/min의 유량으로 통과시켜 통과 전후의 농도를 광산란광 방식으로 측정된 결과는 Table 1과 같다. 초기(시간 0분) 포집효율이 95% 이상인 제품은 11종(55%)이며, 또한 99.9% 이상의 제품은 4개(20%)로 나

타났다. 초기 포집효율이 우수한 제품은 시간에 따른 포집효율의 변화가 적은 반면, 초기 포집효율이 낮은 제품은 변화가 심하게 나타났다.

2-2 吸氣抵抗 試驗

Filter Tester에 Aerosol 함유 공기를 30 liter/min의 유량으로 통과시켜 통과 전후의 靜壓差를 측정하여 흡기저항치를 구했다. TSI Model 8110 필터시험기의 filter holder가 작아서 실험하기에 어려웠으므로 holder를 조정할 수 있도록 하여 본 실험을 실시한 결과는 Table 2와 같이 나타났다. 吸氣抵抗이 4mmH<sub>2</sub>O 이하로 나타난 제품은 13개, 6mmH<sub>2</sub>O 17개로 나타나 대체로 양호하였다.

2-3 吸氣抵抗 上昇率 試驗

시간(0분, 10분, 20분, 30분)에 따른 Aerosol 통과

전후의 정압차, 즉, 흡기저항치를 Table 2와 같이 구했으며 다음 식으로 흡기저항 상승율을 계산하였다.

$$\text{흡기저항 상승율(\%)} = \frac{P_{30} - P_0}{P_0} \times 100$$

단, P<sub>30</sub>=Aerosol 함유 공기를 30분간 통과시킨 후의 내외압력차(mmH<sub>2</sub>O)

P<sub>0</sub>=Aerosol 함유 공기 초기 통과시의 내외압력차(mmH<sub>2</sub>O)

계산 결과는 Table 2와 같으며, 대부분의 제품이 흡기저항이 급격히 상승하는 것으로 나타났다. D와 J는 흡기저항 상승이 거의 일어나지 않아서 우수한 반면 C, P는 필터가 막혔다.

Table 1. Removal Efficiency of Aerosol for Respirators

제품명	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
무게(g)	14.45	4.67	8.13	27.95	6.92	10.39	11.52	11.26	19.53	15.36	9.64	9.27	35.8	11.4	7.4	13.37	31.37	4.96	7.28	3.39	
유량 (ℓ/min)	0분	30.8	31.1	30.2	30.9	30.6	30.6	30.8	30.4	30.7	29.8	30.4	30.9	30.5	31.1	31.4	30.9	30.6	30.6	30.2	
	10분	30.0	30.7	22.3	30.6	30.1	30.2	30.7	32.1	30.4	30.7	24.5	30.8	30.3	30.3	30.3	31.8	31.7	29.8	29.5	29.6
	20분	29.7	28.2	14.0	30.4	29.5	30.0	30.4	32.6	30.1	30.7	22.0	30.9	31.2	30.3	29.0	24.3	33.1	29.5	18.6	30.4
	30분	28.0	21.3	막힘	30.8	28.1	28.6	29.6	33.1	29.7	30.8	20.5	30.9	31.1	29.3	27.7	막힘	33.4	29.0	17.0	31.1
포집효율 (%)	0분	93.4	16.9	15.5	99.9	86.0	95.0	98.6	99.3	98.6	99.9	96.5	76.9	99.9	98.5	97.7	50.5	99.9	70.9	27.4	17.6
	10분	95.9	46.8	78.4	99.9	94.0	96.7	99.3	99.7	99.2	99.9	98.3	78.6	99.9	99.3	99.6	82.8	99.9	73.2	61.1	18.1
	20분	99.1	96.3	97.9	99.9	99.8	98.9	99.7	99.8	99.6	99.9	99.1	86.4	99.9	99.8	99.9	97.3	99.9	74.2	98.7	22.7
	30분	99.9	99.3	99.8	99.9	99.9	99.8	99.9	99.9	99.8	99.9	99.2	94.1	99.9	99.9	99.9	99.8	99.8	71.2	98.4	33.8

Table 2. Inhalation Resistance and Efficiency of Cumulative Inhalation Resistance for Respirators.

제품명	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
흡기저항 (mmH <sub>2</sub> O)	0분	2.0	1.5	3.3	3.8	4.4	2.9	4.1	3.6	3.7	3.9	3.1	14.6	4.7	3.8	10.7	4.8	3.2	6.4	0.2	
	10분	3.7	3.4	42.1	4.1	7.5	4.2	5.4	4.3	4.7	3.9	4.2	3.7	16.2	6.6	6.6	24.3	5.0	4.2	12.5	0.3
	20분	7.6	19.8	114.7	4.3	13.3	6.7	7.0	5.3	6.1	4.0	5.1	4.8	18.0	9.7	12.7	79.8	5.4	5.4	61.7	0.6
	30분	15.9	46.6	막힘	4.5	22.7	12.1	9.7	6.7	8.5	4.3	6.8	6.5	20.6	12.8	22.3	막힘	5.7	6.8	129.4	1.3
흡기저항상승율(%)	695	1220	막힘	18	415	317	137	86	130	16	74	110	41	172	487	막힘	19	113	1920	550	

2-4 加濕時 吸氣抵抗試驗

면체여과식마스크를 60분간 침수용기에 넣은 다음 마스크를 꺼내어 교반장치가 있는 항온조에 매달아  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  로 유지하여 150분간 건조시킨 후 흡기저항시험과 같은 방법으로 매분 30ℓ의 유량을 통과시켜 마스크 内外의 압력차를 측정한다. 결과는 Table 3과 같다. 6mmH<sub>2</sub>O 이하가 11개로 55%, 10mmH<sub>2</sub>O 이하가 13개로 65%로 나타나 흡기저항에는 대체로 우수하게 나타난 반면, L은 수분침투로 막힘 현상이 나타나는 특이한 제품이 있었다. 건조시 및 가슴시 포집효율이 95% 이상 제품이 9종(45%)으로 나타났다.

2-5 顔面部의 密着性試驗

작업현장의 각종 有害要因으로부터 근로자를 保護하기 위해서는 性能이 우수한 제품을 사용해야 하며 더욱 顔面部에 正確하게 密着되어 汚染공기가 吸入되지 않도록 착용해야 한다. 밀착성이 착용단계에서 중요한데, 여기에 미치는 因子는 착용방법, 머리끈의 조정요령, 얼굴의 생김새 등이 있다. 밀착성시험(fitness test)의 방법으로는 사람이 직접 착용하고 실시하는 陰圧試驗(negative pressure test), 陽圧試驗(positive pressure test)과 Isoamyl Acetate와 Smoketest를 利用한 냄새 혹은 맛의 감지법과 같은 定性的 試驗方法과 面体 内外의 Aerosol

濃度差를 測定하는 定量的 試驗方法이 있다.

本 實驗에서는 定量的 試驗方法으로 사용하였다. NaCl용액 1~2%의 수용액을 compressor로 Aerosol을 발생시켜 표준머리모형에 장착시킨 면체여과식마스크에 통과시킨 후 面体 内部의 농도와 TSI Model 8110 Aerosol 발생기의 농도와의 差를 측정하기 위하여 Midget impinger에 증류수 10ml를 넣어 Fixt-Fle Pump로 0.5ℓ/min의 유량으로 捕集하고 光산관광 방식으로 定量的인 분석을 실시하였다. 面体 内外의 농도차를 利用하여 漏泄率을 구한 결과는 Table 4와 같으며, 표에 나타난 바와 같이 제품별 누설율이 차이가 많이 나고 있으며 대체로 누설율이 높은 것으로 분석되었다.

밀착성은 여러 因子에 의하여 영향을 받으므로 一률적으로 좋고 나쁘다고 하기는 어렵다. 특히 본 실험에서 사용한 머리모형은 크기, 코끝의 높이, 턱의 길이 등이 과학적으로 검증되지 않은 상태로 실험이 진행되었으므로 실험결과치에 대한 의문이 많이 제기되므로 앞으로 이 부분에 대한 연구가 보완된 후 밀착성시험이 실시되어야 할 것으로 사료된다.

3. 結 論

粉塵 작업상 근로자의 건강장해를 예방하고, 작업성을 향상시킬 수 있는 面体濾過式마스크 20種에

Table 3. resistance of Moisture Inhalation for Resirators

제 품 명	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
가슴시흡기 저항치 (mmH <sub>2</sub> O)	1.5	4.8	1.7	46.9	24.3	2.1	7.7	4.5	4.6	80.5	4.0	막힘	60.5	4.6	1.5	187.6	5.2	7.1	23.7	3.9
포집효율비 (건조 : 가슴시) (%)	88.8	19.7	12.6	98.1	85.1	24.0	96.7	99.3	97.4	99.7	97.4	막힘	99.9	96.3	74.4	84.4	99.7	25.8	84.8	30.0

Table 4. Facepiece Leakage between Standard Head and Respirators

제 품 명	A	E	F	G	H	I	J	L	N	Q
면체여과식마스크와 표준머리모형과의누설율 (%)	27.0	12.0	58.0	5.0	52.0	12.4	48.0	23.2	12.0	20.0

대한 성능실험 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 捕集効率が 95% 이상인 제품이 11종(55%), 99.9% 이상이 4종(20%)으로 나타났으며, 吸氣抵抗은 4mmH<sub>2</sub>O이하가 13종(65%), 6mmH<sub>2</sub>O이하가 17종(85%)으로 나타났고, 吸氣抵抗上昇率は 100% 이하가 7종(35%), 200% 이하가 11종(55%)으로 나타났다.

2) 加濕時 吸氣抵抗은 6mmH<sub>2</sub>O이하가 11종(55%), 10mmH<sub>2</sub>O 이하가 13종(65%)으로 나타났으며, 건조시 및 가습시 포집효율비가 95% 이상인 제품이 9종(45%)으로 나타났다.

3) 포집효율이 95%이상, 흡기저항이 6mmH<sub>2</sub>O이하, 흡기저항상승율이 200% 이하인 제품이 8종(40%)이며, 포집효율이 99.9%이상, 흡기저항이 6mmH<sub>2</sub>O이하, 흡기저항 상승율이 100%이하인 제품이 3종(15%)으로 나타났다. 또한 포집효율이 95%이상, 흡기저항이 6mmH<sub>2</sub>O이하, 흡기저항상승율이 200% 이하, 가습시 흡기저항이 10mmH<sub>2</sub>O이하인 제품이 6종(30%)이며, 포집효율이 99.9%이상, 흡기저항이 6mmH<sub>2</sub>O이하, 흡기저항 상승율이 100%이하, 가습시 흡기저항이 6mmH<sub>2</sub>O이하인 제품이 1종(5%)으로 나타났다.

4) 顔面部의 密着性は 표준머리모형을 사용하여 실험했기 때문에 漏池率이 다소 높은 것으로 나타났다. 그러나 머리모형에 대한 정확한 검증이 있어야 하며, 여기에 따른 연구가 추가로 진행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. National Safety Council, Fundamentals of Industrial Hygiene, 3rd Ed., pp.123-127, 1988, NSC
2. 勞働部, 産業安全保健法 第35條, 同法施行令 第28條, 同法施行規則 第60條 7項.
3. 勞働部, 방진마스크의 규격, 노동부고시 제84-22호 (84. 6. 11)
4. 한국공업표준협회, KS M 6673
5. 勞働省, 勞働安全緯生法 防じんマスクの規格, 勞働省告示 第19號 1988
6. JIS T 8151, 防じんマスク
7. American National Standard Institute Inc., ANSI Z 88.2, Practices for Respiratory Protection, 1980. ANSI.
8. European Committee for Standardization, CIS Information Sheet, Respiratory Protective Equipment, Geneva, 1964
9. DIN, DIN 3182 Round Screw Threads for Respiratory Protective Devices, DIN, 1957
10. 李榮燮, 個人保護裝具, 대성안전교육사, 1988
11. TSI, Model 8110 Automated Filter Tester Manual, TSI, 1989
12. 한국산업안전공단, 保護具의 規格 및 解説, 1990
13. 閔廷植等, 韓國型防塵마스크 開發研究, KIER, 1987