한국산업위생학회지 제15권 제3호(2005년12월)
J Korean Soc Occup Environ Hyg 2005;15(3):277-281

기술보고(Technical Report)

저소음형 송기마스크 개발

백은규† · 김봉년 · 김광종

한국산업안전공단 산업안전보건연구원

Development of a Low Noisy Type of Air-line Mask

Eun-Gyu Paik† · Bong-Nyun Kim · Kwang-Jong Kim

Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency

Air-line mask is an important personal protective equipment for workers working under hazardous surroundings in which a fixed ventilation system is difficult to be installed. If the air-line mask make loud noise, workers wearing the mask may be faced with health problems such as noise induced hearing loss(NIHL). The purpose of this study is to provide a low noisy technology for workers using air-line mask. A traditional type air-line has been improved to an advanced air-line mask with lesser noise. In the mask, air suppling conduits consists of multi tubes are placed inside of the front of the safety helmet. The noise level reduced from 80 dB(A) to less than 80 dB(A) when measured by KS A 0701 method at Center for Safety Inspection, Testing and Certification for KOSHA. It is suitable for related regulation[Article 35 of the Industrial Safety and Health Act(Test of Personal Protective Equipment)]. While workers working in noise level of over 90 dB(A), they masy exposed to 82 dB(A) or less when theey were the advanced masks. This type masks can be an alternative for works suffering from loud noise generated by traditional air-line masks.

Key Words : low noisy type, air-line mask, multi tubes, conduit

Ⅰ. 서 론

일반적으로 조선업종과 같이 용접흄과 각종 유해물질 그리고 강렬한 소음이 발생되는 작업장에서의 작업환경관리 방안은 그동안 많이 제시되어 왔다. 그럼에도 불구하고 아직까지 실질적인 개선이 어려웠던 주요 원인은 작업 대상물이 수시로 변하고 작업자의 이동성이 매우 크기 때문일 것이다. 이러한 작업조건은 환기장치의 고정설치를 어렵게 하고, 대용으로 손쉽게 사용하는 이동식 환기팬은 오히려 작업장 전체의 개선을 위한 환기량 산정이나 설계를 복잡하게 하여 주위 환경을 더 오염시킬 수 있는 단점이 있다. 이처럼 올바른 환기장치의 적용이 어렵고 열악한 환경에서 작업하는 근로자를 위해 할 수 있는 가장 실효성 있고 시급한 대책은 외부의 유해물질과 소음을 적절히 차단하는 우수한 보호구 착용 방법이 있을 것이다.

호흡용 보호구는 일정유량형 에어라인 마스크(송기마스크)가 주로 사용되는데 관련 규정에 의하면, 고압공기 용기나 공기 압축기로부터 공급된 압축공기를 분진이나 미스트 등 유해물질을 제거하기 위한 여과장치를 거친 후, 중압호스나 압축 공기관

접수일 : 2005년 10월 13일, 채택일 : 2005년 12월 27일

† 교신저자: 백은규(인천광역시 부평구 구산동 34-4, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 Tel: 032-5100-933, Fax: 032-510-0864, E-mail : b0209@kosha.net)

을 통하여 작업자의 위치까지 이송시켜 작업자 신체부위의 유량조정장치를 거치도록 한다. 작업자의 조정에 의해 조절된 공급 공기는 착용자의 두건 상부를 통해 착용자 머리 윗부분에서 하나의 호스관에서 분출되며, 이렇게 분출된 호흡용 공기는 착용자의 호흡기 부분을 지나 가슴부위까지 드리워진 천의 틈사이로 배출되어 나간다. 즉 두건과 두부의 틈사이는 공급된 공기로 인해 양압이 걸리게 되므로서 외부의 오염된 공기가 들어오지 못하게 하면서 신선한 공기를 흡입할 수 있는 구조로 되어있다(노동부 고시 제2003-19호).

그러나 산업현장에서 사용하고 있는 송기마스크는 규정과 다른 형태가 상당수 있고 형식적인 면이 많으며 그 기능과 성능에 있어서도 의문시 되는 부분이 많다. 대부분 현장에서 사용 중인 송기마스크는 압축공기가 하나의 관에서 배출될 때 85dB(A) 이상의 소음이 발생되어 외부로 부터의 소음을 차단하기 보다는 내부에서 발생되는 소음을 막기 위해 착용자 대부분이 별도로 귀마개를 착용하고 있다. 따라서 장기간 작업시 직업병이 생길 우려가 높고 불편하며 의사소통이 원활하지 못해 안전사고의 위험이 높다. 또한 분출구가 머리 상부이다 보니 작업자의 두발형태가 틀어지고 두부를 거치면서 오염된 공기를 흡입하여야 하는 비위생적인 면이 존재한다. 이러한 기존 송기마스크의 문제점과 불편한 점을 개선목표로 하여 호흡기 근접위치에서 조용하면서도 부드럽게 공기를 공급하는 개선된 송기마스크를 개발하고자 하였으며 개발품은 산업현장에 바로 적용할 수 있도록 현장적용 실험을 통해 그 성능을 분석, 고찰하였다.

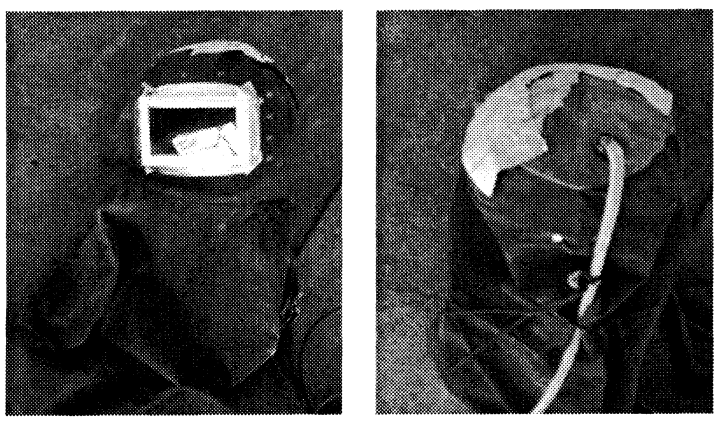


Fig. 1. Features of traditional air respirator.

Ⅱ. 연구대상 및 방법

1. 대상

고압의 공기가 착용자 머리 상부에서 하나의 분출구로 분출될 때 상당한 소음이 발생되어 온 기존이 송기마스크를 대상으로 하였다. 아래의 그림은 현장에서 주로 사용 중인 송기마스크의 모습이다.

일반적으로 소음제거를 위한 기본

2. 배경 이론

원리는 기체의 유동에 따른 유체역학적 이론에 근거하며 다음의 식이 사용 된다. 베르누이(Bernoulli)의 식 (Robert 등, 1985)

$$(p_2-p_1)/\rho + (g/g_c)(z_2-z_1) + [(u_2)^2-(u_1)^2]/2\alpha gc = \Sigma F \quad \cdots\cdots(1)$$

여기서 p는 압력[Kg · m^{-2}], ρ는 기체의 밀도[Kg · m^{-3}], g는 중력가속도[m · s^{-2}], z는 높이[m], u는 기체의 속도[m · s^{-1}], α는 운동에너지 보정계수, F는 전체 시스템에서의 마찰손실[kgf · m · kg^{-1}]을 의미한다. 마찰손실을 Fe는

$$\Sigma Fe = [\Delta(u)^2]/2\alpha gc \quad \cdots\cdots(2)$$

여기서 공급호스 내의 기체유속을 u_1(최초 유속), 분출후의 유속 u_2(최후유속)를 나타낸다.

또한 「물질 연속식」(Equation of continuity)에서

$$[(\rho_1)(u_1)(s_1) = (\rho_2)(u_2)(s_2)] \quad \cdots\cdots(3)$$

s는 공급호스의 관로의 단면적[m^2], 공급호스 내의 송기관내 유속을 u_1, 단면적을 s_1라 하고 분출시의 공기 유속인 u_2를 저속으로 유도하려면 단면적 s_2는 커져야 함을 알 수 있다.

즉, 소음이 발생되는 마찰손실을 줄이기 위해서는 관로를 흐르는 유속을 경감시켜 주어야 하며, 하나의 공급관으로 공급되는 송기관은 작업자의 작업성을 고려할 때 개선이 불가능하므로 분출되기 직전 두부에서 관로를 넓혀주는 방안을 선택하였다. 두부 부위의 공급호스 단면적을 넓혀주기 위한 방안으로 하나의 공급호스 관경을 다수의 송기용 가지관(multi-tube)으로 연결하고 이마부위로 전진배치 시키므로서 분출시 소음이 줄어들어 부드럽고 신선한 공기를 착용자가 호흡기 근접위치에서 공급받는 효과를 얻도록 하였다.

2. 성능 측정 방법

송기마스크(에어라인마스크)에 대한 기준은 산업안전보건법 규칙 제60조 10호로 마련되어 있지만 이것은 검인증을 위한 성능기준 및 시험방법이어서 개발품에 대한 성능 측정용으로 적용하기에는 곤란한 부분이 있다. 따라서 본 개발품의 성능확인을 위해 국내시험이 가능한 부분은 국내 공인기관에서 시험하였고 그밖

의 성능 및 측정 부분은 국내·외 관련 시험기관의 관련 기준을 참고하였다(ASHRAE STANDARD, 2000)(BS EN, 2000).

또한 실제 산업현장에서는 검정시와 같이 외부의 소음이 없는 상태가 아니라는 점을 감안하여 직접 용접 가공 작업장 현장을 방문하여 실제로 작업자가 착용하였을 때 어느 정도의 효과가 나타나는지를 측정하였다. 측정은 노동부 고시의 소음 작업환경측정법을 기준으로 지시소음기(독일 Bruel & Kjar사의 Modular Precision Sound Level Meter, 모델 2231 Type)를 사용하였다. 측정위치는 실제로 개발품을 착용한 상태[소음기 막대(약 20㎝) 끝부분(센서)을 개발품을 착용한 착용자의 내부 귀부분에 최대한 밀착시키고 소음기 몸체는 개발품 밖에 나오도록 하여 리딩할 수 있는 상태로 하였음. 기밀을 유지하기 위하여 실제 작업시와 같이 헬멧위에 가죽 두건을 다시 두르고 틈이 없도록 하여 외부로부터의 소음 간섭을 최소화하였음]에서 일정시간(30초) 간격으로 10회씩, 작업시간 8시간을 등간격으로 나눈 1시간 간격으로 총 8회 측정하였으며 여기서 얻은 수치를 평균하였다. 동시에 개발품 밖의 착용자 귀부분에서도 동일한 방법으로 측정하여 외부의 주변 소음을 측정하였으며 또한 기존에 사용하던 송기마스크도 동시에 측정하여 이 세가지 경우를 서로 비교·고찰하였다(노동부 고시 제2003-62호).

다음 그림은 개발한 저소음형 송

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 고안

기마스크 헬멧부위의 송기용 가지관(mult-tube) 배치를 나타낸 분해사시도이다.

다음의 그림은 송기마스트 헬멧부위 단면도를 나타낸 것이다.

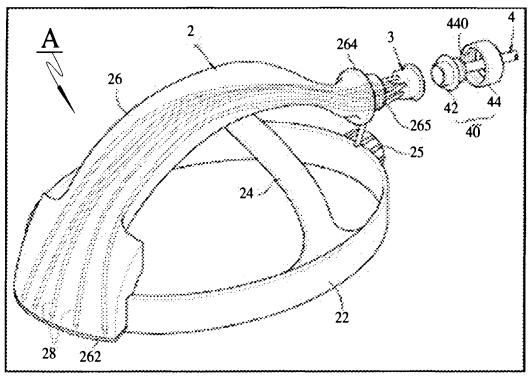
본 개발품은 안전모(2)와 공급호스(4)를 주요 구성으로 한다. 여기서 안전모는 머리의 둘레에 고정되는 원형의 조절띠(22)와 이 조절띠의 상부에 횡방향으로 가로질러 반구형으로 형성된 보조지지대(24) 및 조절띠(22)의 후방에 설치되어 직경을 조절할 수 있도록 한 조절나사(25)로 구성한다. 안전모의 내측에 중공부(260)를 가지며 상기 조절띠를 종방향으로 가로질러 고정된 반구형태의 후단에 다수의 송기관(28)(mult-tube)이 관통되며 외주면에 나사부(265)가 형성된 유입구(264)를 설치한다. 그 앞면으로 송기관이 내부와 통하도록 개구부(265)를 설치한다.

다수개의 송기관과 연결되는 다수의 세공(32)은 하나의 막음판(34)에 설치하고 다른 쪽에는 공급호스가 연결되는 개구부(36)를 구성한다. 기준지지대(26)의 개구부(265)에는 다수개의 송기관이 각각 끼워지도록 다수개의 통공(263)이 갖추어진 유출캡(262)이 끼움 결합된다.

공급호스는 공기발생장치 및 여과장치와 연결되어 고압의 신선한 공기를 안전모 내로 이송시켜 주기 위한 것으로 유입구(264)와 나사결합에 의해 체결되도록 체결부(40)로 구성된다. 즉, 어댑터(42)를 차폐구(3)에 끼움 결합시키고 연결캡(44)을 유입구(264)에 나사결합 시킴으로써 공급호스를 안전모에 연결시킬 수 있게 된다.

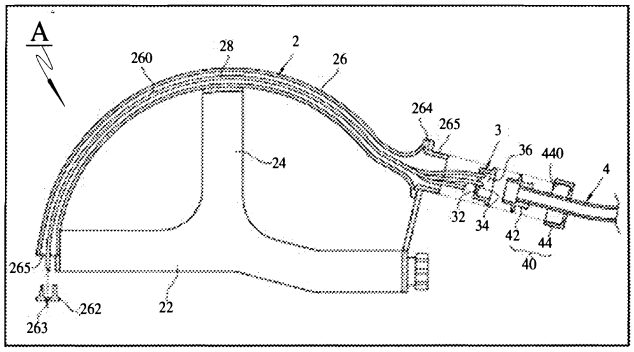
이렇게 구성되어진 개발품인 안전모 위에 보호두건을 착용하여 작업장의 외부공기가 유입되지 못하도록 차단한 상태에서 작업자는 신선한 공기를 공급받으면서 작업을 진행할 수 있게 되는데 상기 송기관이 다수개로 상부 안면부(이마 부위)에서 부드럽게 분출되고 공급호스의 실질적인 관경 확대에 따른 유속저하로 발생 소음이 현저히 감소되게 된다.

개발품의 발생소음 수준 측정을



2 : 안전모 3 : 차폐구 4 : 공급호스
22 : 조절띠 24 : 보조지지대 25 : 조절나사
26 : 기준지지대 28 : 송기관(mult-tube) 40 : 체결부
42 : 어댑터 44 : 나사부 262 : 유출캡
264 : 유입구 265 : 나사부

Fig. 2. Layout drawing of air supply conduits on air-line mask.



2 : 안전모 3 : 차폐구 4 : 공급호스
22 : 조절띠 24 : 보조지지대 28 : 송기관
32 : 세공 34 : 막음판 36 : 개구부
40 : 체결부 42 : 어댑터 44 : 나사부
260 : 중공부 262 : 유출캡 263 : 통공
264 : 유입구 265 : 나사부 440 : 나사부

Fig. 3. The cross sectional drawing of air-line mask.

2. 성능

국내 공인기관에 검정 의뢰한 결과 80dB(A) 이하로 나타나 검정기준에 적합하였다. 이는 현재 송기마스크 후드부분의 규정인 후드내부 음압수준이 분당 송기량 200ℓ 에서 KS A 0701의 4.1(정상소음)에 규정하는 방법에 의해 시험하였을 때 착용자의 귀 근처에서 발생되는 소음이 80dB(A) 이하인 것을 의미한다.

위의 결과는 외부에서의 소음 간섭이 없는 상태에서 고압 송기가 발생시키는 소음 만을 의미하며 이 기준 만으로도 제품화하여 시중에 공급하는데 큰 문제는 없으나 실제 현장에서 착용하는 작업자의 경우에는 매우 강렬한 외부 소음이 간섭을 일으킬 수 있다는 점에서 현장 적용실험을 추가로 실시하였다. 다음은 소음이 발생되는 현장에서 측정한 결과를 나타낸 것이다.

위의 표에서 보면 약 90dB(A) 정도의 현장 소음이 발생되는 곳에서 이번에 개발한 송기마스크를 착용한 근로자는 약 81.5dB(A) 정도의 소음에 폭로되는 것을 알 수 있다. 이것은 외부가 조용한 상태에서는 공인기관에서 검정한 80dB(A) 이하의 소음에 폭로되겠지만, 용접현장과 같이 실제 외부 소음이 90dB(A) 을 초과하는 열악한 환경 속에서도 송기마스트 고압 송기 분출소음과 외부소음이 합쳐친 소음이 그다지 심각한 정도라고 할 수 없는 81.5dB(A) 정도로 나타난다는 것을 알 수 있다. 이것은 외부의 고소음을 잘 차단하면서 내부에서도 큰 소음이 발생되지 않음에 따른 결과라고 볼 수 있다. 참고로 동시에 측정한 기존의 단일 송기관을 사용한 송기마스크에 있어서는 소음이 89dB(A)을 초과하는 것으로 나타나 본 개발품이 기존 제품에 비하여 약 8dB(A) 정도의 소음감소 효과가 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Noise analysis of advanced air-line mask

[unit : dB(A)]

	Ambient noise	Advanced air-line mask	Traditional air-line mask
Range (Average)	87.2~94.6 (90.4)	80.3~82.6 (81.5)	85.1~91.3 (89.1)

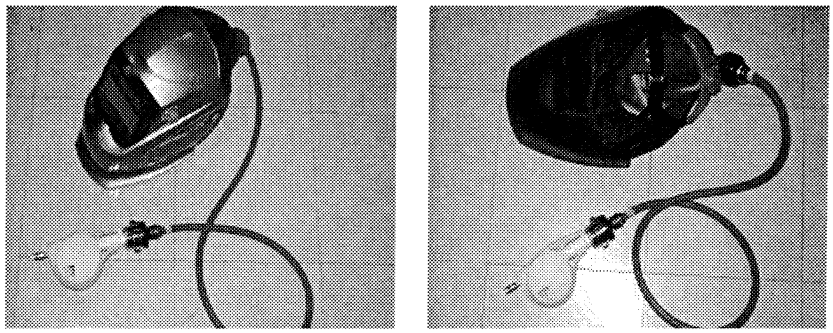


Fig. 4. Photograph of advanced air-line mask.

3. 시제품

이상의 연구와 실험을 통해 개발한 저소음형 송기마스크는 시제품으로 제작되었으며 아래의 그림은 시제품의 내 · 외면을 보여준다.

Ⅳ. 결 론

송기마스크는 환기시스템 설치나 작업환경을 개선하는데 제한이 많은 열악한 작업환경 속에서 일하는 근로자를 위해서 최종의 필수적인 호흡용 보호구이다. 기존 제품의 불합리한 부분을 개선한 본 개발품은 고안에서 성능확인을 거쳐 시제품 제작 단계까지 일련의 과정을 연구에 포함시킴으로서 생산을 통한 보급이 용이하도록 하였다. 이상의 연구와 실험을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

두부 착용식 송기마스크에 있어서 공급호스와 연결되는 송기관을 안전모 하단에 다수 설치하고 다수의 송기관 배출구를 착용자 이마부위로 전진 배치하므로서 소음이 감소되고 부드러운 흐름의 공기를 공급받을 수 있는 구조의 「저소음형 마스크」를 개발하였다.

개발한 「저소음형 마스크」의 공기 분출시 소음이 80dB(A) 이하로 나타나 관련 규정[산업안전보건법 제35조(보호구의 검정)]에 적합하며, 외부 소음이 90dB(A)을 초과하는 현장 적용실험에 있어서도 본 개발품을 착용한 작업자의 귀부분에서 측정한 수치가 82dB(A) 이하로 나타나 소음 저감 효과가 우수하였다. 이것은 기존에 착용자 머리 상부에서 단일관으로 송출되던 송기마스크에 비하여 약 8dB(A) 정도 감소된 수치이다.

이상의 연구를 통해 개발한 「저소음용 송기마스크」는 강렬한 소음이 발생하는 용접작업이나 그라인딩 작업과 같은 열악한 작업 현장의 근로자를 위해 실질적인 도움을 줄 수 있으리라 생각한다.

감사의 글

본 연구를 위한 「(주)오토스」의 산업재산권 출원 및 시제품 제작 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

노동부. 보호구성능 검정규정(송기마스크 규격). 노동부 고시 제2003-19호, 2003.

노동부. 작업환경측정 및 정도관리규정(소음). 노동부 고시 제2003-62호, 2003.

ASHRAE . Method of testing air-cleaning devices used in general ventilation for removing particulate matter. p.52-76, 1976.

ASHRAE .Standard method for measurement of flow of gas. 41-7BS EN 1835. British Standard Institution(BSI), 2000.

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH Manual of Analytical Methods(NMAM), Method 5026. 4th ed, NIOSH 1992.

Robert W. Fox, Alan T. McDonald. Introdution to fluid mechanics. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc.; 1985. p. 126-127, p. 201-207.