한국산업위생학회지 제9권 제2호
Korean Ind. Hyg. Assoc. J
Vol. 9, No. 2. November, 1999

흄토치 성능 평가에 관한 연구

창원대학교 환경공학과
한국산업안전공단 산업안전보건연구원 산업역학조사센타*
노동부 산업보건환경과**

최찬기 · 김태형† · 하현철* · 원정일**

- Abstract -

Performance Assessment of Fume Extracting Welding Gun

Chan-Ki Choi, Tae-Hyeung Kim†, Hyun-Chul Ha*, Jung Il Won**
Department of Environmental Engineering, Changwon National University
*Industrial Safety and Health Research Institute, Korea Industrial Safety Co.**
*Industrial Health & Environment Division, Ministry of Labour***

Fume extracting welding gun is one of the promising options for reducing the welder's fume exposure. The performance of the gun was assessed on the basis of capture efficiency. Capture efficiencies were measured in a test chamber recommended by American Welding Society. The overall capture efficiency was turned out to be above 95%. But it did not include the effect of crossdraft existing in the real work environment because all experiments were conducted in a closed chamber. It thus needs more work in the future. In addition, the future directions for improving the present commercial techniques of the gun were discussed.

Keywords : Fume extracting welding gun, Welding fume, Fume box, Capture efficiency

† 교신저자 : 경남 창원시 사림동 창원대학교 환경공학과
Tel) 0551-279-7565, Fax) 0551-281-3011, E-mail) thkim@sarim.changwon.ac.kr

Ⅰ. 서 론

용접은 금속과 금속을 서로 접합하는 방법으로 용접작업 시 발생되는 유해환경요인은 용접흄, 분진, 산화철을 비롯한 각종 중금속 등의 입자상 물질과 오존, 이산화질소, 일산화탄소, 포스겐 등의 가스상 물질과 자외선 등의 유해광선이 있다. 이러한 유해요인에 의한 건강장해로서는 용접흄의 주성분인 철이 폐조직에 침착되어 발생하는 용접공폐증, 금속열, 폐기종, 폐부종, 만성 기관지염, 폐암, 페인트가 도포된 모재금속의 용접 시 발생할 수 있는 납중독과 파킨슨씨병과 유사한 추체외로증상을 나타내는 망간중독 등의 각종 중금속 중독, 시력장해 등을 유발한다(ACGIH, 1984; NIOSH, 1974 and 1979; 국립노동과학 연구소, 1984). 또한, 최근 용접사들의 망간 중독 등으로 인하여 용접에 대한 관심이 날로 증가되고 용접흄에 대한 문제가 부각되어 사회문제로 대두되고 있는 실정이다.

현재 산업환기 측면에서의 용접 흄에 대한 제어대책으로는 전체환기에 의한 방법과 국소배기에 의한 방법으로 크게 나눌 수 있다. 전체환기 대책은 대체로 비용이 많이 들고 작업자의 호흡영역 농도를 현저하게 감소시키는 효과를 기대하기 어렵다. 따라서, 이를 해결하기 위한 국소배기 대책으로 발생된 흄을 용접기에 부착된 후드를 통하여 배기·정화시키는 흄토치(Fume extracting welding gun)가 가장 이상적이고 경제적인 대안 중 하나로 생각된다(NIOSH, 1974 and 1979; Back, 1985; Head and Silk, 1979; Cullison, 1994). 그러나, 용접불량, 체감 중량과다, 위빙(Weaving)의 어려움, 포집효율의 저하로 현장 작업자들로부터 외면당하고 있는 실정이다(Arnold, 1983). 게다가 이렇게 많은 단점을 가진 흄토치 마저도 거의 대부분을 유럽쪽에서 수입해와야 하는 실정에 놓여 있다.

흄토치의 사용기피 요인들 중에서도 포집효율에 대한 용접사들의 불신이 가장 큰 문제점으로 볼 수 있다. 실제 흄토치를 사용할 경우에도 용접흄을 100% 전량 포집할 수 없기 때문에 일부 용접흄을 육안으로 관찰할 수 있다. 이로 인해 대부분의 용접사들은 흄토치가 용접흄을 전량 포집할 수 없다면 건강보호 효과를 기대할 수 없는 것으로 생각하기 때문에 기존 토치에 비해 다소 불편한 흄토치의 사용을 기피하는 것이다. 물론 흄토치 보급업체의 사양서에는 거의 99%의 포집효율이 제시되고 있다. 흄토치의 포집효율을 정확히 평가하여 포집효율에 대한 불신을 감소시킴으로써 흄토치의 보급과 국산화 개발의 토대를 마련할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나, 포집효율에 대한 불신이외 흄토치의 단점들 중 체감중량 과다와 위빙의 어려움은 재료부문에서 해결할 수 있는 부분으로 짧은 기간 내에 해결하기는 어려울 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구의 장기적인 목표는 고효율 저비용 흄토치의 국산화에 두고, 단기적인 목표로서 흄토치의 분진 포집성능을 평가하는 것이다. 테스터 챔버(Fume box)를 이용하여 다양한 용접자세 및 토치팁(Torch tip)과 배기 노즐(Nozzle) 간격 변화에 따른 포집효율과 용접불량정도를 평가하여 이에 대한 기초자료를 마련함으로써 흄토치의 현장보급 확대와 더불어 용접작업장의 작업환경 개선과 근로자의 건강 보호 증진에 일조하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 장치

1) 모재 및 용접기

본 연구에 사용된 모재(Base metal)는 한국공업규격(KS D 0062) 피복 아크용접봉의 전체 흄량 측정방법에 준하여 두께 14mm인 일반 구조용 압연강재(SS41)를 사용하였다(공업진흥청, 1995).

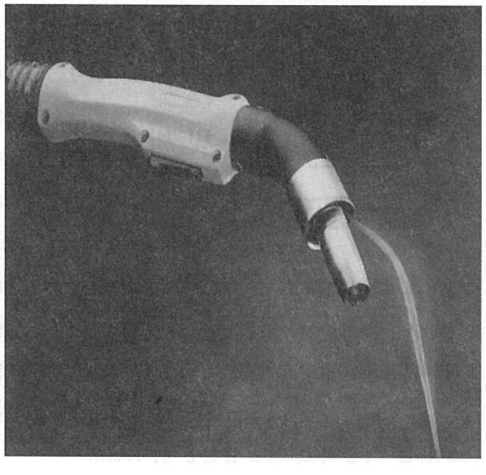
용접모재는 와이어 브라쉬(Brush)로 표면에 존재하는 산화물을 완전히 제거하고, 용접 전에 아세톤으로 세척하여 표면에 잔류하는 이물질로 인한 기공(Blow-hole) 등의 결함 및 흄 과다 발생 요인을 최

소화하였다. 용접기는 Murex 350 인버터형 CO_2 용접기를 사용하였다. 용접 와이어는 탄산가스 아크 용접용 플럭스 코어드 와이어(Wire) 1.2mm를 사용하였다.

2) 흄토치(Fume extracting welding gun) 및 집진기(Fume collector)

흄토치는 Fig 1에서 보인바와 같이 토치 부분에 슬롯으로 된 후드를 부착시키고 닥트를 기존의 가스, 전기, 용접와이어가 통과하는 용접기라인을 이중으로 감싸서 집진기(Fume collector) 쪽으로 배출시키는 방식이다. 이 방식은 흄 발생부위 근처에서 저유량, 고유속으로 흄을 흡인함으로써 집진효율을 향상시킨 장치(Low-volume, high-velocity exhaust system)이다(Cullison, 1994).

흄토치 배기유량은 배기노즐에서의 흡인유량을 평가하여야하나 직접적인 측정이 불가능하여 집진기 배기구측의 유량을 측정하였다. 유량 측정을 위해 배기구에 직경 80 mm의 원형 연결관을 부착시키고 피토튜브를 이용하여 동압을 측정한 후 유속으로 환산하여 유량을 추정하였다. 동압 측정점은 난류의 영향을 줄이기 위하여 집진기 배기구에서 덕트 직경의 8배 지점에서 측정하였다. 측정 유량은 2.09~2.19 m^3/min으로 제조업체에서 제시하고 있는 유량 2.48 m^3/min의 84~88%정도였다. 집진기 필터는 사용시간에 따른 차압변화로 배기유량의 변동을 초래할 수 있기 때문에 동일한 배기유량을 얻기 위해 부직포 필터를 별도로 제작하고 매 실험마다 교체하였다.



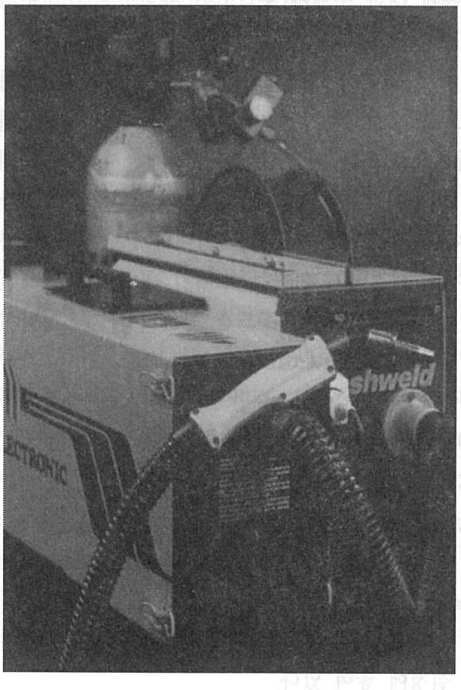


Fig. 1 Fume extracting welding gun(left) and fume collector(right)

3) 테스터 챔버 (Test chamber)

미국 용접학회의 모델인 ANSI/AWS F1.2-92(AWS, 1992)를 참조하여 제작한 원추형 테스터 챔버(본체 높이 61cm, 하부직경 61cm)를 사용하였다. 챔버 본체 상부는 여과지를 장착할 수 있는 여과지 홀더(20.3cm×25.4cm)가 장착되어 있으며, 플렉시블 덕트와 원형 연결관(직경 80mm)을 통해 블로워(Blower)와 연결되어 있다.

테스터 챔버에서는 Fig 3에서 보인 것처럼 벽면에서 손을 넣어 수동으로 용접할 수 있으며, 하부에 설치된 속도조절이 가능한 턴 테이블(Turn table)을 통해 자동 용접 또한 가능하다. 본 연구에서는 실험의 재현성을 위해 토치를 고정시키고 모재를 턴 테이블 위에 올려 실험을 수행하였다. 또한 각 시험에서 모재 트랙(Track)별로 시간당 동일 용접길이를 얻기 위하여 턴 테이블의 회전수를 조정하였다.

Fig 2. Test chamber and blower

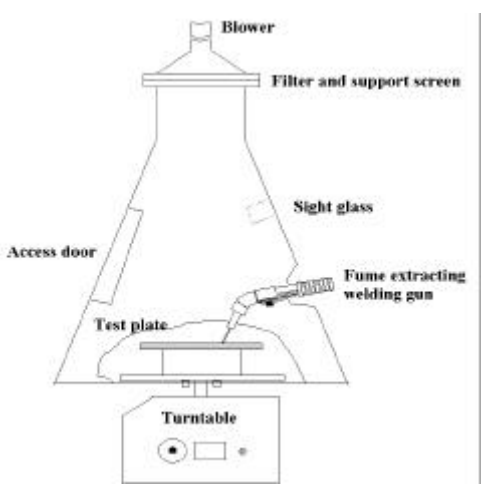


Fig 3. Test chamber

2. 실험 내용 및 방법

1) 흄토치의 포집효율 평가

흄토치의 포집효율 평가는 위보기(Overhead position), 아래보기(Flat position), 수평자세(Horizontal position) 등의 용접자세와 토치 팁(Torch tip)과 배기노즐의 간격을 변화시켜 흄토치를 사용했을 경우와 사용하지 않았을 경우로 나누어 비교 평가하였다. 모든 실험이 테스터 챔버에서 이루어졌기 때문에 위보기의 경우 Fig 4와 같이 원형 평판에 지지봉을 부착하였고, 아래보기 자세는 원형 평판을 이용하였으며, 수평 자세는 강관을 이용하여 각 자세별 용접이 적절히 이루어질 수 있도록 하였다.

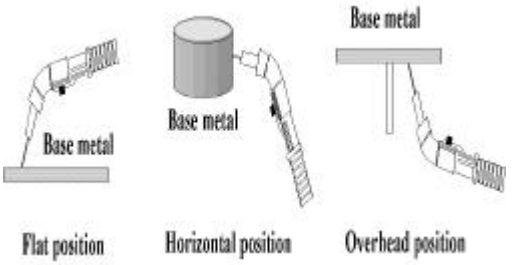


Fig 4. Welding positions and base metal shapes

토치 팁과의 배기 노즐 간격은 Fig 5에서 보인 것처럼 배기 노즐의 위치를 3단계로 변화시킴으로써 토치 팁과 노즐의 거리가 3 cm, 3.5 cm, 4 cm일 때의 포집효율을 평가하였다.

Fig 5. Control of gap between torch tip and exhaust opening

2) 용접 품질 평가

용접 품질은 용접 목적에 따라 광범위하게 평가될 수 있지만 흄토치 사용 시 용접불량률이 증가한다는 일반적인 견해를 평가하기 위해 표면 비드(Bead) 사진으로 비교하였다.

3) 용접 방법 및 조건

각 자세별 용접흄 발생량은 모재 위에 단순 비드를 형성시켜 측정하였다. 용접 조건은 예비 실험을 통하여 용접이 최적으로 수행될 수 있는 표준 조건을 결정하였으며, Table 1에 나타낸 바와 같다.

각 실험 시 확인된 용접 전류는 290~340A 범위였으며, 용접전압은 26~28V였다. 용접 속도는 아래보기 자세에서 33cm/min으로 하였으며, 위보기와 수평자세는 각각 61, 47cm/min으로 하였다. 각 자세별 용접 속도에 차이가 나는 것은 위보기와 수평자세에서 발생되는 용락(용융되어 흘러내리는 현상)을 최소한으로 방지하기 위해 각 자세별 용접속도의 조절이 불가피하였기 때문이다. 차폐가스(CO_2) 유량은 통상 10~30 ℓ/min이 사용되고 있지만 예비실험을 통해 흄 토치 사용 시 불량이 발생되지 않았던 최소한도의 유량인 20 ℓ/min으로 고정하였다. 토치 팁과 모재와의 거리는 일반적으로 18-24mm범위를 사용하고 있기 때문에 19 mm로 고정하였다.

4) 용접흄 측정 방법

용접흄의 시료포집에 이용된 블로워(Super VAC, Hanjin Industry, 1,350 mmAq, 26 m^3/min)의 흡인유량은 피토튜브를 이용하여 동압을 측정한 후 유속으로 환산하여 유량을 추정하였으며, 블로워 흡입구 측에 부착된 댐퍼를 이용하여 유량을 1.5 m^3/min으로 조정하였다. 동압 측정점은 난류의 영향을 줄이기 위하여 플렉시블 덕트와 원형 연결관 접합부에서 블로워 방향으로 원형 연결관의 8배 직경 부분에 측정구를 뚫어 측정하였다.

용접흄의 중량분석은 AWS(American welding society) F1.2-92 분석방법을 사용하였다. 포집 전의

Table 1. The welding conditions being tested.

Welding position	Welding current (A)	Arc Voltage (V)	Welding speed (cm/min)	Shield gas (CO_2)	Torch angle (°)	Wire thickness (mm)	Wire feeding speed
Flat	290~300	27~28	33	20 (ℓ/min)	10	1.2	145 (mm/sec)
Over head	290~340	26~28	47				
Horizontal	280~320	27~28	61				

여지(Glass fiber filter, Wattman EPM 2000)는 건조로에서 93~107℃로 1시간 이상 건조시킨 후 칭량하였다. 여지의 무게는 0.01mg까지 칭량할 수 있는 정밀분석용 저울(Electric balance, Sartorius R160)로 0.1mg까지 칭량하였다. 포집 후의 여지는 흡습성이 있기 때문에 건조로에서 93~107℃로 1시간 이상 건조시킨 후 즉시 칭량하였다. 흄포집을 위한 용접시간은 각 측정에서 20초로 하였고, 용접기에 부착된 타이머를 이용하였다. 또한 샘플러에 의한 흡인시간은 타이머를 이용하여 용접개시와 동시에 시작하였으며, 용접 종료 후 포집상자 속에 용접흄이 보이지 않을 때까지 계속하였다(약 1분간).

용접흄 발생량은 동일조건으로 3회 측정하여 그 평균값을 나타내었다. 용접의 단위시간당 전체 흄량과 흄토치 사용시의 흄량은 용접흄 포집 시료와 공시료 여지의 중량을 측정하고 다음 식에 따라 공시료 여지의 중량변화를 고려하여 계산하였다.

$$Ft = \frac{(W_2 - W_1) \pm B}{T} \times 60 \quad [g/min]$$

여기서, Ft : 용접의 단위시간당의 전체 흄량(mg/min)
W1 : 흄 포집 전의 여과지의 질량(mg)
W2 : 흄 포집 후의 여과지의 질량(mg)
B : 시료포집 전 후에 있어 공시료 중량의 평균변화(+ 또는 -) (mg)
T : 용접 시간(s)

5) 흄토치의 효율 계산 및 자료분석

흄 토치 포집효율은 전체흄량과 흄토치 사용시 흄량과의 차로 결정된다.

$$\text{흄토치포집효율}(\%) = \frac{\text{전체흄량} - \text{흄토치사용시의흄량}}{\text{전체흄량}} \times 100$$

자료의 분석은 SPSS 7.5k를 이용하였으며, 용접조건의 변수에 따른 용접흄 농도 차이를 검정하기 위해 분산분석(ANOVA)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 실험결과 및 고찰

1. 흄 토치의 용접흄 포집효율 비교

흄 토치의 용접자세별 최소 포집효율은 Table 2에 나타낸 바와 같이 각각 아래보기(Flat) 95.8%, 위보기(Overhead) 96.4%, 수평자세(Horizontal) 95.1%으로 매우 우수하게 나타났다.

흄토치 배기노즐의 위치가 용접부와 가까울 수록 포집효율이 증가할 것으로 기대하였으나, Table 2에서 알 수 있듯이 각 자세에서 노즐 위치에 따른 포집효율의 영향은 특별한 경향을 나타내지는 않았다. 이 결과로부터 노즐위치에 따른 포집효율은 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

Table 2. The fume generation rate and capture efficiency at various welding positions and nozzle locations.

Welding position	Fume extraction	Total fume generation rate (g/min)				Collection efficiency (%)
		1st	2nd	3rd	Average	
Flat	No extraction	0.7154	0.7401	0.6501	0.7019	-
	A*	0.0306	0.0342	0.0118	0.0255	96.4
	B*	0.0157	0.0164	0.0167	0.0163	97.7
	C*	0.0267	0.0252	0.0374	0.0298	95.8
Overhead	No extraction	0.6440	0.6408	0.7359	0.6736	-
	A*	0.0115	0.0147	0.0469	0.0244	96.4
	B*	0.0215	0.0291	0.0118	0.0208	96.9
	C*	0.0045	0.0023	0.0125	0.0064	99.0
Horizontal	No extraction	0.6672	0.6840	0.7779	0.7097	-
	A*	0.0074	0.0130	0.0386	0.0197	97.2
	B*	0.0396	0.0315	0.0325	0.0346	95.1
	C*	0.0401	0.0250	0.0108	0.0253	96.4

* : A, B and C are 3, 3.5 and 4 cm gap between torch tip and exhaust opening, respectively

Table 3에서 보듯이 분산분석(반복 있는 이원 배치법)을 이용하여 용접흄 발생량의 차이를 검정한 결과 토치팁과 노즐 거리간의 차이는 없는 것으로 나타났으며, 자세별 차이도 없는 것으로 나타났다. 또한 토치팁과 노즐 거리간의 차이와 자세별 차이의 교호작용(Interaction)도 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Analysis of variance for the welding fume generation rate.

	SSA	df	MS	F	p
Gap between torch tip and exhaust opening	5.51E-05	2	2.76E-05	0.2192	0.8053
Welding position	0.0004	2	0.0002	1.5638	0.2365
Interaction	0.0011	4	0.0003	2.1024	0.1227
Residual	0.0023	18	0.0001		
Sum	0.0038	26			

용접자세와 배기노즐의 위치가 용접흄 포집효율에 영향을 미치지 않는 것으로 나타난 이유로는 여러 가지가 있을 수 있으나 가장 중요한 요인으로는 본 연구에서 사용한 실험방법에 기인된 것으로 판단된다. Fig 3과 같은 용접흄 챔버에서 포집효율을 측정할 경우 챔버 안에서 모든 용접이 이루어지기 때문에, 이 때 발생될 수 있는 기류는 챔버 상단의 필터를 통한 수직적인 기류밖에 존재하지 않는다. 그러나, 생산현장의 방해기류는 수직적인 성분뿐만 아니라 수평적인 기류성분이 상당히 많기 때문에 실제적인 방해기류의 영향을 반영하지 못한 아쉬움이 있다.

주변의 방해기류 존재 하에서의 용접흄 포집효율을 평가하기 위해서는 현재 상용화되어 있는 흄토치를 개조하여 흡인유량은 원래대로 유지한 채 플렉시블 닥트 중간에 흄 포집장치를 삽입하여 토치를 통한 실제적인 포집흄량을 측정하여야 한다. 이 때 예상되는 문제점으로는 플렉시블 닥트의 구불구불한 내면에 흄이 침착될 경우에 상당한 오차를 발생시킬 수도 있으므로 토치와 필터 사이의 플렉시블 닥트의 길이를 최소로 하며, 가능한 한 직선을 유지해야 한다. 또 한 가지 방법으로는 추적자 가스(Tracer gas)

를 이용하는 방법이다. 불활성기체인 헬륨을 차폐가스인 이산화탄소와 함께 공급하고 흄토치 집진기에서 헬륨농도를 측정함으로써 포집효율을 간접적으로 측정하는 방법이 있을 수 있다(Cornu, 1991). 이 방법은 용접 흄이 차폐가스와 유사하게 움직일 것이라는 가정에 바탕을 두고 있다.

2. 차폐가스량에 따른 용접품질 평가

산업현장에서 흄토치 사용을 기피하는 이유 중의 하나로는 용접불량에 대한 우려감이다. CO2 차폐가스를 용접부위 근처에 분사시켜 외부와 차단시킴으로써 용접부위의 강도를 떨어뜨리는 기공발생을 억제한다. 그러나, 흄토치를 사용할 경우 흡인노즐에서 용접부위 근처의 흄을 흡인할 때 차폐가스까지 흡인함으로써 차폐막을 불완전하게 만들어 용접불량의 원인을 제공하기도 한다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 차폐가스 공급량을 어느 정도 증가시켜야 한다.

따라서 본 연구에서는 용접조건을 변화시키면서 차폐가스량을 어느 정도 증가시켜야 용접불량이 생기지 않는 가를 검토해보았다. 용접불량을 판단하는 방법으로는 용접부위를 절단하여 현미경으로 관찰하거나 X-선으로 검사하는 정밀검사와 용접부위를 눈으로 관찰하는 육안검사를 실시할 수 있다. 본 연구에서는 비용과 시간이 적게드는 육안검사를 채택하였다.

흄토치 팁과 흡인노즐의 간격을 3, 4.5, 4cm로 조정하면서 아래보기 자세에서 CO2 가스량을 변화시키면서 Fig 6과 같이 용접비드를 형성시킨 결과 모든 조건에서 CO2 가스량이 15 l/min 이하일 때 가시적인 용접불량이 발생했으며 가스량을 5 l/min 정도 증가시켰을 때 용접불량문제는 더 이상 발생되지 않았다. 여기서 "5 l/min"은 본 연구에서 사용한 용접조건하에서의 차폐가스 증가량이기 때문에 현장에서 사용할 때에는 정밀한 예비실험을 거친 후에 가스증가량을 결정해야 할 것으로 판단된다.

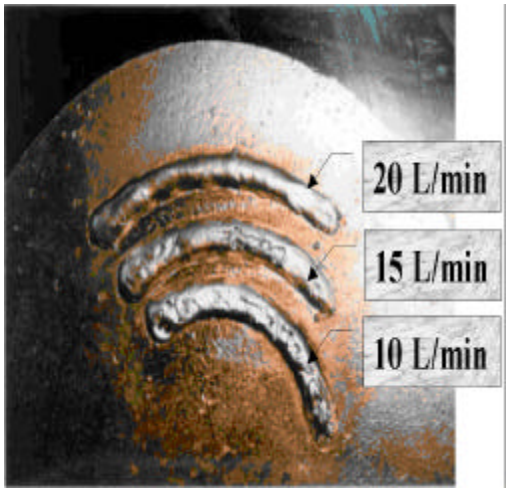


Fig. 6 Bead appearance for various shield gas flow rates

3. 향후 연구개발 방향

흄 토치는 용접흄 발생부위 근처에서 저유량, 고유속으로 흄을 흡인함으로써 집진효율을 제고시킨 장치(Low-volume, high-velocity exhaust system)이다. 주로 EC 국가에서 개발하여 세계적으로 보급하고 있는 실정이며, 제품 카탈로그에 제시된 흄토치의 집진효율은 대부분 99% 이상으로 표기되어 있다. 미국 NIOSH (National Institute of Safety and Health)가 일반적인 용접작업장에서 흄토치를 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 지역 및 개인 폭로농도를 비교 검토하여 보고한 바 있다(NIOSH, 1979). Table 4에서 보듯이 8시간 가중평균 호흡농도(TWA)는 일반용접기에 비해 50%정도 감소되었고, 단기호흡농도(STEL)도 80%정도 감소되었다. 그러나 기중농도는 오히려 약간 증가된 양상을 보이고 있다. 또한, 흄 제어능력이 평판용접일 경우에는 아주 좋았으나, 코너나 앵글부분에는 만족스럽지 못했다고 보고하고 있으며, 용접결함을 없애기 위하여 차폐가스의 공급량을 증가시켜야 했다고 보고하고 있다.

Table 4. Fume concentrations - regular vs. fume extracting welding gun

Welding gun type		Total fumes (mg/m3)			
		Regular gun	Fume extracting welding gun		
			1st day	2nd day	Average
Area concentration		0.15	0.4	0.49	0.45
Breathing zone concentration	STEL	5.8	1.1	1.4	1.25
	TWA	1.2	0.62	0.66	0.64

본 연구결과와 NIOSH 연구결과를 종합해볼 때 흄토치를 사용하면 용접흄 폭로 농도를 현격하게 떨어뜨릴 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 산업현장에서는 흄토치의 보급이 그리 빠른 편은 아닌 것으로 판단된다. 그 이유로는 현재 상용화되어 있는 흄토치는 토치 자체가 투박하고 무겁다. 흄토치와 연결관 사이에 부드럽게 회전시킬 수 있는 스위블 조인트가 장착되어 있으나, 차폐가스라인, 전기공급라인, 용접와이어라인, 흄배기용 이중관 등이 연결되어 있기 때문에 용접작업시 위빙이 좋지 않아 용접작업자가 이의 사용을 기피하고 있는 실정이다. 또한, 흄토치에 연결된 집진기는 전처리 필터, 전기집진기, 활성탄 흡착장치가 장착되어 있어 그 중량이 20kg이나 되기 때문에 자주 이동해야만 하는 작업일 경우 용접작업자에게 상당한 부담을 안겨주게 된다.

또 한가지의 문제점으로는 이렇게 무겁고 투박한 흄토치를 사용하면 용접자의 눈에 시각적으로 용접흄이 전혀 보이지 않아야 함에도 불구하고 완벽하게 제어되지 않을 경우 흰 연기가 약간 보이는 경우가 많다. 용접자들은 이러한 현상을 보고 집진효율이 생각보다 높지 않다는 이유로 편리하지도 않은 장치를 굳이 사용하려고 하는 의욕을 보이지 않는 경우가 많다. 현재 국내에는 외국산 흄토치가 판매되고 있으나, 흄토치의 가격은 50-100만원 정도이고 집진기의 가격이 200만원대로 흄토치와 집진기의 가격을 합하면 250-300만원 대에 달하기 때문에 대량으로 구입해야 할 경우 엄청난 경제적인 부담으로 작용할 수 있다. 이러한 이유로 인하여 근로자나 관리자 모두 흄토치의 구입 및 사용을 기피하는 경향이 있다.

따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위한 선결과제로는 우선, 싸고 가벼우면서 작업성이 뛰어난 개량된 흄토치를 개발해야 한다. 가볍고 작업성이 뛰어난 흄토치를 개발하기 위해서는 토치와 집진기를 연결해주는 이중관의 재질을 향상시키고, 보다 부드러운 연결부위로 대체해야 하며, 손잡이 부분을 가능한 한 가늘게 하여 작업성을 향상시키는 방향으로 재설계되어야 한다. 흄토치의 가격과 중량을 동시에 떨어뜨릴 수 있는 한 가지 방법으로는 집진기를 아예 사용하지 않는 방법이다. 집진기 자체가 너무 무거울 뿐만 아니라, 흄토치 가격의 절반 이상을 차지하고 있고, 집진기 현장관리가 용이하지 않기 때문에, 집진기를 사용하지 않아도 되는 곳에는 아예 사용하지 않는 것이 여러 면에서 바람직할 것으로 보인다. 예를 들어 흄토치에 2-3m 정도의 이중관을 부착하고 끝단에 소형 송풍기를 장착하여 사용할 수도 있다. 흄토치에서 흡인된 용접흄을 용접사로부터 약간 떨어진 곳으로 배출시킴으로써 용접부위로부터 호흡영역으로 바로 올라오는 고농도 수준의 용접흄으로부터 근로자를 보호할 수 있다. 근로자 주변에 배출된 용접흄이 호흡영역으로 돌아올 때에는 이미 상당히 희석되어 있을 것이므로 집진하지 않고 배출시키더라도 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 단, 외부와의 자연적인 공기교환이 거의 없는 반 밀폐공간인 경우에는 강제적인 전체환기방식과 병행해야할 것으로 판단된다.

개량된 흄토치를 개발한 후에 흄토치의 성능을 평

가하기 위해서 일정한 방향성을 가진 방해기류의 영향을 풍동 내에서 평가하고, 산업현장의 다양한 공정에 적용하여 적용가능공정을 선정하고 집진효율을 평가하여 홍보함으로써 근로자들이 흄토치를 사용하면 작업상 약간의 불편함이 자신들의 건강보호를 위해 사용해볼 만한 방법이라는 인식을 가질 수 있도록 유도해야 할 것으로 생각된다.

Ⅳ. 결 론

용접흄 토치(Welding fume extracting welding gun)의 집진성능을 평가하기 위하여 테스트 챔버 내에서 다양한 용접조건하에서 포집효율을 평가하였다. 거의 모든 조건에서 95% 이상의 포집효율을 보였다. 포집효율은 용접자세, 토치 팁과 노즐간의 간격에 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한 흄토치를 사용할 경우 차폐가스의 량을 어느 정도 증가시켜야만 차폐가스 흡인에 따른 용접불량 문제를 막을 수 있는 것으로 나타났다.

그러나, 흄토치는 가격이 비싸고, 무거울 뿐만 아니라 작업성이 떨어지는 관계로 현장 보급이 쉽게 진행되지 않고 있는 실정이므로 빠른 시일 내에 개량된 흄토치를 국산화하여 철저한 현장 검증을 거친 후 현장에 보급할 필요가 있다. 이를 위해서는 긴밀한 산학연 협력연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

국립노동과학연구소 : 용접·용단작업장의 유해환경 실태조사, 1984.

공업진흥청 : 피복 아크용접봉의 전체 퓸량 측정방법, 한국산업규격, KS D0062, 1995.

김정한 : Arc 용접시 Fume 발생 특성 및 Fume 포집 / 분석기술, 한국생산기술연구원 생산기반기술센터, 1997.

한국산업안전공단 : 조선업 용접흄의 작업환경 관리<망간 등 중금속편>, 1997.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Welding Health and Safety Resource Manual. ACGIH, Akron, OH, 1984

American Welding Society : Laboratory Method for Measuring Fume Generation Rates and Total Fume Emission of Welding and Allied Processes, ANSI/AWS F1.2-92, 1992.

Arnold RA : An Investigation of Welder Exposure to Welding Fume in a Large Maintenance Workshop. Australian Welding Journal 1983: 28; 14-18.

Back J : Welding Fume, Still a Major Problem, Proceedings of the 1st International Symposium on Ventilation for Contaminant Control, 1985; 159-162.

Cornu JC : A Method for Measuring the Capture Efficiency of Fume-Extracting Welding Guns, Proceedings of the 3rd International Symposium on Ventilation for Contaminant Control, 1991; 185-189.

Cullision A : Take a Look at Fume Extracting Welding Gun. Welding Journal, September, 1994; 35-37.

Head IW and SJ Silk : Integral Fume Extraction in MIG/CO2 Welding. Metal Construction, December, 1979; 633-638.

National Institute of Occupational Safety and Health : Engineering Control of Welding Fumes, DHEW Publication No. (NIOSH) 75-115, Cincinnati, OH, 1974.

National Institute of Occupational Safety and Health : Assessment of Selected Control Technology Techniques for Welding Fumes, DHEW Publication No. (NIOSH) 79-125, Cincinnati, OH, 1979.