

Local Exhaust Ventilation for the Control of Welding Fumes in the Construction Industry – A Literature Review

(건설업에서 용접흡 관리를 위한 국소배기장치)



출 처 *Ann. Occup. Hyg. Vol. 56: 764-776, 2012*

저 자 Michael R. Flynn and Pam Susi

용접이나 절단 등의 작업은 건설업이나 조선업 등에서 많이 사용하고 있으며 옥외 작업의 특성과 협소한 장소에서의 작업 등 여러 가지 이유로 용접흡에 과다 노출되고 있다.

이런 작업에서 흡 노출을 줄이기 위한 방법 중 가장 선호되는 공학적 대책이 국소배기장치를 이용하는 것이다.

본 논문은 현장 및 실험을 통해 발표된 다수의 문헌을 검토해 국소배기장치의 효과와 노출에 미치는 여러 요인을 제시하였다.

우리나라에서 관련 산업에 유용하게 적용될 수 있는 문헌이므로 요약 소개하고자 한다.

용접 작업중 많이 사용되는 것으로는 용접봉 용접(SMAW), 가스텅스텐 아크용접(GTAW), 플럭스 코어 아크용접(FCAW), 불활성가스 용접(MIG), 공기카본아크 절단, 아세틸렌 토치절단 등이 있다.

용접중 발생하는 흡에는 망간, 6가 크롬, 오존 질소산화물, 일산화탄소 등 수많은 유해물질이 존재하며, 최근에 망간으로 인한 신경계질환과 6가 크롬으로 인한 발암성 문제로 인해 흡 관리 농도를 더 낮추려고 하고 있다.

용접 흡을 제어하기 위한 국소배기장치에서 ACGIH의 설계 가이드 권고 제어 풍속은 0.51~0.87 m/sec이다.

본 연구에서는 다양한 DB(Pub Med, Library of Congress, Web-of-Science)에서 용접, 건설업, 노출, 국소배기장치, 환기의 키워드를 이용하여 1949년~2010년까지 1,182개의 문헌을 찾았고, 여기서 초록과 제목을 검토하여 42개의 문헌을 검토하여 노출자료 및 국소배기장치의 성능을 평가하였다.

이외에도 구글과 NIOSH의 문헌도 검색하여 자료에 이용하였다. 문헌은 현장 조사한 것과 모의실험을 통해 자료를 얻은 형태

이었고, 개인노출과 용접흡 저감 %를 통해 성능을 평가하였다. 이중 개인노출 자료는 ACGIH TLV, NIOSH REL, OSHA PEL과 비교하였다.

결과는 4개 주요부분으로 구성하여 첫 번째는 건설업, 두 번째는 조선업, 세 번째는 기타 산업을 요약하였고, 마지막 부분은 정성적인 정보만 분석 가능한 것을 요약하였다.

현장 연구로 건설업에서는 소형 이동식 장치로 필터가 없는 형태와 고효율집진필터가 부착된 이동식으로 후드가 회전식 엘보에 부착된 형태를 비교하였는데, 국소배기장치와 자연환기를 이용한 것이 국소배기장치를 사용하지 않은 경우와 비교해 통계적으로 유의하게 우세한 차이를 얻었으며, 배관공에서 총분진은 21%, 망간은 12%의 저감을 보였다.

보일러공 양성교육장에서의 모의실험 연구에서는 2종류의 국소배기장치를 SMAW 작업에서 비교하였다.

1번 장치에서 제어속도를 후드 전방 15 cm, 22 cm, 31 cm에서 측정했을 때 0.6, 0.3, 0.15 m/sec이었으며, 흡 개인노출량을 측정했을 때 이 장치의 효율은 자연환기와 크게 다르지 않았다.

2번 장치에서는 후드면 속도는 925 m/sec, 유량은 0.18 m³/sec이었다. 제어속

도는 각각 1.5, 1.1, 0.25 m/sec이었으며 총 흡 개인노출량과 6가 크롬량을 비교했을 때, 2번 장치는 1번보다 훨씬 성능이 우수하였다.

그러나 국소배기장치를 사용하고 채취한 개인 시료 10개중 7개가 TLV를 초과한 것으로 나타났는데, 이는 작업중 한 작업자가 흡이 발생하는 위치에 계속 자신을 노출시키는 경향과, 작업장내 풍향 풍속이 국소배기장치의 성능을 감소시키는 것, 그리고 제어 속도가 모재의 전체 길이에 유지되지 않기 때문으로 파악하였다.

실내에서 용접하는 경우 국소배기장치에 필터가 부착된 경우는 총 흡 농도가 3~5배 저감 되었다.

다른 연구에서는 상업적으로 시판되는 국소배기장치의 성능을 평가하였는데 모의실험에 따라 SMAW에서 총 흡은 60%, 망간은 75% 저감 효과를 보였고, 현장 배관작업에서는 총 흡은 19%, 망간은 53%가 저감되었다.

GTAW 모의실험에서 6가 크롬은 68%가 저감되었고, 현장 조사에서 장치 유무에 따라 6가크롬 농도는 6.65 ug/m³에서 1.25 ug/m³으로 감소되었다.

이들 연구는 건설업에서 얻은 결과이며, 조선업에서도 비슷한 결과를 얻었다. 미 해군 연구에서는 FCAW, GMAW, GTAW,

SMAW를 조사하였고, 이중 FCAW에는 국소배기장치와 환기를 조합해 7개 군에 대해 개인노출량을 측정하여 평가하였다. FCAW에서 흡 토출건(fume extraction gun, FEG)을 사용할 때에 다른 경우보다 훨씬 흡 제거 성능이 우수하였다. 이 경우 흡 제거 효율은 용접 위치와 토출 유속에 따라 효과가 달라지며, FEG의 중량이 증가하여 인간공학적인 문제를 유발하는 것이 단점으로 지적되었다.

다른 산업체에서도 유사한 연구가 수행되었는데, 제조업에서 FEG의 사용으로 FCAW에서 4배 정도의 저감효과를 보았으나, FEG의 높은 제어속도는 용접 작업에서 필요한 보호가스를 과도하게 배출하여 용접 불량으로 이어질 것이 우려되었다. 또 수동식 MMA에서 국소배기장치를 사용하지 않을 때는 흡 농도가 평균 6.3 mg/m³이었다. 이 장치를 머리 위 상부 작업에 위치했을 경우, 흡 농도는 오히려 13 mg/m³으로 증가하였고, 좋은 위치에 있을 때는 3.0 mg/m³으로 감소하였다.

플라스마 용접 절단의 경우, 지역시료나 개인시료 모두 국소배기장치의 유무가 총 용접 흡 농도, 6가 크롬, 니켈 농도를 3:1로 감소시켰다.


결론적으로 용접 흡 농도를 저감시키는 공학적 대책으로 국소배기장치는 자연환기나 장치를 전혀 사용하지 않은 경우와 비교해 매우 효과적임을 밝혔다.

장치가 효과적이기 위해서는 적절한 유량을 유지하고, 흡 발생원에 후드를 근접시켜야 된다.

FCAW나 GMAW에서는 FEG 사용이 효과적이지만 과도한 유속이 용접용 보호가스를 제거하는 경우가 있어, 이에 대한 고려가 필요하고, 중량이 증가하는 문제도 고려해야 한다.

또 작업자의 작업행태도 중요한 요소이다. 우리나라에서도 유사한 문제가 있으므로 이런 경험을 현장에 적용하면 좋을 것으로 사료된다.

제공 | 편집위원 김 현 옥

 참고문헌

1. Blade LM, Yenken MS, Wallace ME et al (2007) Hexavalent chromium exposures and exposure-control technologies in American enterprise: results of a NIOSH field re-search study. *J Occup. Env. Hyg*; 4: 596-618
2. Dryson EW, Rogers DA (1991) Exposures to fumes in typical New Zealand welding operations. *N Z Med J*; 104:365-7
3. Flynn MR (2003) On the inertial range of particles under the influence of local ex-haust hoods. *Ann Occup Hyg*; 47:151-6
4. Flynn MR, Susi P. (2010) Manganese, iron, and total particulate exposure to welders. *J Occup Env Hyg*; 7: 115-26
5. Harris I (2000) Reduction of Worker Exposure and Environmental Release of Welding Emissions, Task 1 - Current Shipyard Practice, NSRP ASE Project, Edison Welding Institute Project No. 43149GTH
6. Iwasaki T, Fujishiro Y, Kubota Y et al (2005) Some engineering countermeasures to reduce exposure to welding fumes and gases avoiding occurrence of blow holes in welding material. *Ind Hlth*; 43: 351-7
7. Matczak W, Chmielnicka J (1993) Relationship between various chromium com-pounds and some other elements in fumes from manual arc stainless steel welding *Br J Ind Med*; 50:244-51
8. Meeker JD, Susi P, Flynn MR (2007) Manganese and welding fume exposures and control in construction. *J Occup Env Hyg*; 4:943-51
9. Meeker JD, Susi P, Flynn MR (2010) Hexavalent chromium exposure and control in welding tasks. *J Occup Env Hyg*; 7:607-15