

1C2) 용접 작업장에서 환기방법의 개선을 통한 유해입자에의 인체노출 제어

Reduction of Exposure to Welding Fumes by Ventilation Changes in an Occupational Environment

이명화 · 김상범 · 김용진 · 김종훈 · 김경수 · Joe Candela¹⁾ · Pratim Biswas²⁾

한국생산기술연구원 환경에너지본부, ¹⁾Sheet Metal Workers,

²⁾Washington Univ. in St.Louis

1. 서 론

용접공정은 건설, 기계, 자동차 제조 및 여러 금속 제조공정 등에 널리 이용되고 있다. 그러므로 용접 공들은 수평용접, 수직용접 등을 수행하기 위하여 여러 가지 종류의 용접설비들을 사용하게 된다. 이 과정에서 발생된 가스들은 핵생성, 응축 및 응집과정을 통하여 입자형태로 상변화를 하게 된다. 또한 생성된 입자들은 인체에 급성 또는 만성질환을 유발시키는 것으로 보고되고 있다(NIOSH, 1988).

현재 용접작업이 제한된 공간에서 이루어지기 때문에, 여러 가지 형태의 환기방법이 용접작업장에서 이용되어지고 있다. 본 연구에서는 두 가지의 환기방법에 대하여 그 입자제어특성을 평가하였다. 환기구가 용접실의 천정에 설치되어 있는 기존의 환기방법과 용접테이블의 하부에 설치되어 있는 새로운 방식의 두 가지 방법에 대한 검토가 이루어졌다. 또한 표준 코팅된 용접봉을 이용하는 아크용접에서 발생하는 입자들에 대해서 입자의 크기분포, 질량농도, 화학성분 분석 및 그 입자의 형상분석을 통하여 특성평가가 이루어졌다.

2. 연구 방법

용접은 주로 용접부스에서 용접테이블과 기타 여러 장비를 이용하여 이루어지며, 대부분의 용접부스는 환기구를 가지고 있다. 본 연구에서는 기존의 환기방법과 새롭게 고안된 환기방법에 대한 검토가 이루어졌다. 기존의 환기방법은 환기덕트가 부스의 천정에 고정되어 공기를 흡입하는 방법이고, 새롭게 고안된 방법은 용접테이블의 하부에서 공기를 흡입하면서 환기를 실시하는 방법이다. 용접공정에서 입자의 생성 및 성장기작을 파악하기 위하여, 세 군데의 샘플링 지점(용접지점으로부터 10cm 위, 용접공의 마스크 안, 배기구)에서 SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer)를 이용하여 측정이 이루어졌다. 또한 얼마나 효율적으로 생성된 입자들을 배제시키는지 조사하기 위하여 용접이 끝난 후 일정간격으로 입경분포를 측정하여 용접부스내에서의 농도분포를 파악하였다. 그와 더불어 생성된 입자들을 필터에 포집하여, SEM과 XRF를 이용하여 그 물리적인 특성 뿐만 아니라, 화학적인 특성에 대한 분석을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기존부스

비록 절대농도에는 차이가 있지만, 각 샘플링지점에서의 입경분포는 상당히 비슷한 경향을 보이고 있다. 측정의 결과 특히 주목할 점으로서, 용접공정에서 인체의 깊숙이 침투하여 각종 호흡기에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는 100-300nm부근의 입자들이 많이 발생한다는 것이다(Kuo et al., 2005).

수평형 용접공정에서 체류시간이 증가함에 따라 입자의 크기는 커지고 개수농도는 감소하는 경향을 보인다. 이는 기본적인 입자의 생성 및 성장기작으로 설명이 가능하다. 용접지점 주위에는 높은 농도의 가스가 발생하게 되고, 포화가스농도이상으로 존재하게 되면 핵생성에 의해 입자가 생성되게 된다. 그러므로 가스의 흐름방향과 동일한 선상에 존재하는 용접공의 마스크 안과 배출구에서는 이 입자들의 응집에 의해 입자는 크게 성장하게 되고 농도는 감소하게 된다.

수직형 용접공정에서는 다른 경향을 보인다. 용접지점의 상부에 존재하는 입자의 크기가 다른 마스크 안이나 배출구에서 측정된 입자보다 훨씬 큰 것으로 나타나고 있다. 이는 용접공의 마스크가 가스의 흐름방향과 수직으로 위치하고 있으므로, 대부분의 가스가 용접지점 상부를 통해 배기구로 배출되기 때문인 것으로 판단된다.

3.2 신형부스

신형부스가 상당히 높은 개수농도를 가지는 용접입자들을 효율적으로 제거하는 것으로 나타났는데, 이는 그림 1에 표시된 입자의 생성 및 성장기작에 의하여 설명할 수 있다. 용접이 이루어지는 동안, 상당한 양의 용접가스가 발생되게 된다. 그러나 신형환기시스템의 경우 발생되어진 가스들을 용접테이블의 하부에 부착되어진 환기구로 흡입하게 된다. 이는 용접공이 위치하고 있는 상부에서의 입자생성을 억제하고, 배기구에서의 핵생성, 응축 및 응집기작을 촉진함으로써 입자를 크게 성장시키게 된다. 그러므로 배기구에 전기집진기와 같은 대기오염방지설비를 설치하면 효율적으로 입자의 제거가 가능할 것으로 사료된다.

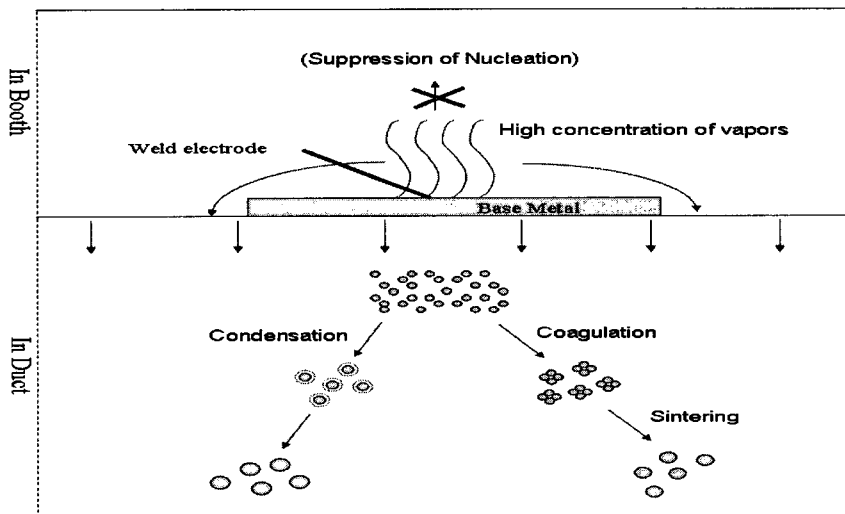


Fig. 1. Particle formation and growth process of welding fume in the new booth.

3.3 부스에서의 Clearance시간

기존부스와 신형부스에 있어서 용접이 완료된 후, 청정상태의 배경농도로 돌아오는데 걸리는 시간에 대한 검토가 입경분포측정을 통하여 이루어졌다. 신형부스의 필요시간이 기존부스의 1/2에 달하는 것으로 나타났으며, 이는 부스내부의 환기를 통한 작업자의 건강보호 측면에서 신형부스가 상당히 효과적이라는 것을 보여준다.

참고 문헌

- NIOSH (1988) Criteria for a Recommended Standard: Welding, brazing, and Thermal Cutting. DHHS(NIOSH) publication No. 88-110, Cincinnati, OH.
- Kuo, Y. M., S. H. Huang, T. S. Shih, C. C. Chen, Y. M. Weng and W. Y. Lin (2005) Development of a size-selective inlet-simulating ICRP lung deposition fraction. *Aerosol Sci. Technol.* 39 (5), 437-443.