

## 용접시 발생하는 용접흠에 관한 연구

### A study on the effect of welding fume during the welding work

이경만\*, 이철구\*\*

\* 서울산업대학교 친환경소재제품센터(동원시스템즈)

\*\* 서울산업대학교 기계공학과

#### ABSTRACT

It shows not only positive effect with fan as a way of improving condition in workplace but also shows air supply, ventilation condition in welding site with CFD analyzation. Also when the wind blew to the front side by a fan, the welding Hume significantly reduced, As this was examined as CFD and was gone through enough exhaustion to become streamline flow laminar, the toxic materials will be reduced.

The improvement of welding work and education are investigated to be more significant factors than wearing protective equipments and setting safety tools to prevent welding works from welding fume exposure.

#### 1. 서 론

용접 작업중 발생하는 가스를 일반적으로 용접 흠이라 한다. 용접흠 자체는 인체에 유해한 아주 작은 입자로서 이를 장시간 다량 흡입하게 되면 두통, 발열등 급성증상과 진폐증등 만성증상을 일으키기도 한다. 최근 안전의 중요성이 고조되는 세계적인 추세 하에 용접시 발생하는 용접흠도 안전위생 측면에서 커다란 문제점으로 부각되고 있다.

따라서 본 연구는 용접현장에서 작업중 발생하는 용접흠을 저감하기 위하여 용접형태별 공기중 용접흠의 농도를 알아보고 용접사의 자세변화에 따른 용접흠의 노출정도를 알아보았다. 또한 용접작업장의 환기와 배기 분석을 통하여 결과를 나타내었다.

이에 근본적인 해결책은 용접흠의 근원에서 발생하는 용접흠의 양을 감소시키는 것이며 이와 더불어 적절한 장치의 적용으로 쾌적한 작업환경을 유지시켜 주는 것이다. 이를 위해 소량의 용접흠 발생 기자재 및 용접 기술의 개발이 필수적이며 이에 필요한 관련 기초연구가 활발히 수행되어야 한다.

#### 2. 용접흠 발생의 특성

##### 2.1 용접흠의 생성기구

Arc 용접은 매우 다양한 재료에 적용이 가능하므로 많이 사용되고 있는 반면 유독한 용접흠을 발생하기 때문에 용접시 용접흠의 분위기에 노출 가능성이 있는 작업자의 안전에 대한 중요성이 강조되고 있다.

용접흠은 다음의 4가지 생성기구들의 조합에 의해 생성된다고 할 수 있으며 각 생성기구가 용접흠 발생에 미치는 영향은 용접 Process, 용접 재료, 용접조건, 보호가스 등 여러 가지 인자들에 의해 결정된다. 첫째로, 용접흠은 증발, 응축 그리고 산화 등에 의해 생성된다고 할 수 있다. 두 번째는, Arc 분위기에 산소가 존재하는 경우 표면에 있는 원소들과 반응하여 산화물들을 생성하게 되고 그중 휘발성이 강한 산화물(SiO)에 의해 용접흠을 발생하게 된다. 세 번째로 Flux를 포함하는 용접시 반응에 의해 생성된 불화물 용접흠의 발생한다. 네 번째는 스펙터의 발생이 많은 용접의 경우 Arc 영역에서 방출된 고온의 스펙터로부터 증발된 원소들의 응축 및 산화에 의한 용접흠이 발생된다.

## 2.2 용접흡입자의 크기 및 형상

용접흡은 미세한 입자(1/수백~1/수십 $\mu\text{m}$ )들로 발생되지만 발생 직후 1차 입자들이 다수 응집하여 2차 입자(0.01~10 $\mu\text{m}$ )를 형성하게 되며 이것들이 용접사의 호흡 영역에 존재하다가 호흡에 의해 체내에 흡입된다. 따라서 인체에 미치는 영향을 고려하는 경우 중요한 인자는 1차 입자의 크기가 아니라 2차 입자의 크기다. 2차 입자는 입자들 사이의 정전기력과 수분에 의한 흡착력에 의해 생성된다.

## 2.3 용접흡의 화학 조성

용접시 용융금속과 Slag로부터 발생하는 용접흡의 조성은 용접법, 용접재료(모재, 용접가스, 용접 Wire, Flux 등)의 조성, 용접조건, 도장이나 도금 등에 의한 모재표면의 피복상태, 그리고 세척 작업시 발생 가능한 주위 분위기의 오염물질 등 여러 인자들에 의해 결정된다. 강의 용접시 발생하는 용접흡은 Fe, Mn, Cr, Ni, Si, K, Na, Ca, Ti, Al, Mg, F, O 등의 원소들을 주성분으로 하여 As, Cu, Rb, Sn, Zn, Zr, Nb, Ba, Pb, Co, Mo, Ag, Sb 등의 원소들이 불순물로 포함될 수 있다.

## 2.4 용접흡 발생에 영향을 미치는 인자

### 2.4.1 용접전류

일반적으로 용접전류가 증가함에 따라 용접흡 발생량이 증가한다. 용접전류의 증가는 용접봉의 용융된 Tip의 온도를 상승 시켜 그 표면에서 금속의 증발을 촉진시킨다. 그 증가하는 정도는 용접법이나 용접봉의 종류에 따라 다르다. 같은 전류에서 직경이 작은 용접봉이 큰 용접봉보다 더 많은 용접흡을 발생시킨다. 그 이유는 용접봉의 직경이 감소하면 단위 면적당 전류 즉 전류밀도가 더 높아져서 용융된 Tip의 온도도 증가하기 때문이다.

### 2.4.2 Arc 전압

Arc 전압은 Arc의 길이에 직접적으로 관계된다. 주어진 Arc 길이에 대해 대응하는 Arc 전압이 있고 주로 용접봉의 종류, 용접법 그리고 용접전원에 따라 달라지게 된다. 일반적으로 모든

Arc 용접에 있어서 용접법과 용접봉의 종류에 따라 다소 정도의 차이는 있지만 Arc 전압이 증가함에 따라 용접흡 발생량이 증가한다. Arc 전압이 증가함에 따라 입열량이 증가하고 또한 Arc의 길이가 길어지면 Arc의 내부로 주위 공기의 혼입이 가능성이 증가할 뿐만 아니라 혼입된 산소와 이행중인 용적이 반응할 수 있는 시간도 길어지므로 용접흡 발생량이 증가하게 된다.

### 2.4.3 전류의 종류와 극성

일반적으로 직류용접과 비교하여 교류용접시 낮은 용접흡 발생량을 보여주며 그 이유는 교류용접시 시간에 대한 전류 크기 및 극성의 규칙적인 변화에 따른 Arc 온도의 감소 때문이다. 또한 일정한 전류하에서 Arc를 통한 전자 흐름의 방향 차이 때문에 역극성의 경우 정극성과 비교하여 용접봉의 용융된 Tip의 온도가 높아져서 더 많은 용접흡을 발생하게 된다.

### 2.4.3 전류의 종류와 극성

Gas metal arc 용접이나 경우에 따라서는 Flux cored 용접의 경우도 보호가스를 사용한다. 이러한 경우 보호가스의 조성은 용접흡의 조성뿐만 아니라 발생량에도 영향을 미치게 된다.

## 3. 용접흡의 허용농도

허용농도(TLV : Threshold limit value)라 함은 근로자가 유해요인에 노출되는 경우 그농도가 이 수치 이하로 관리되면 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 농도라고 정의된다. 용접 작업 환경의 총 Fume 농도 측정 방식법이 작업장의 평균농도 측정방법과 개인 노출농도 측정방법에 대해 KS D 0061로 한국산업 규격에 규격화되어 있다. 용접 작업장에서 용접 및 절단 작업시 발생하는 Fume의 총 허용농도도 관리되어야 하지만 각 용접재료 별로 특성있는 유해성분을 배출하므로 이러한 유해성분을 관리하기 위하여 성분별 허용농도의 관리도 필요하다. 허용농도는 1일 작업시간 동안의 시간 가중 평균 허용농도(TLV-TWA : Threshold limit value-time weighted average), 단시간 노출 허용농도(TLV-STEL : Threshold limit value-short term exposure limit), 최고허용농도(TLV-C : Threshold limit value-ceiling)등 세

가지로 분류 할수 있다.

#### 4. 용접형태별 공기중 용접흄 농도

공기중 용접흄 농도를 측정하기 위한 시료포집을 위해 직경 37mm 0.8μm 여과지를 고정시킨 후, 개인용 시료 포집 펌프에 연결하여 용접작업중인 근로자의 호흡 위치에서 4-6 시간 시료를 포집하였다.

시료 포집 전의 모든 여과지를 건조기에 넣어 24시간 동안 보관, 건조 시킨 후 실험실 내에 설치된 전자식 저울을 사용하여 평량한 후 3개의 조각상자에 담아 고정시키고, 고유 번호를 부여하여 10개당 1개를 공백으로 하고 나머지는 시료포집에 사용하였다.

용접형태별로 공기중의 용접흄 농도는 국소배기장치 시설을 가동하지 않았을 때에는 저항용접, 피복아크용접, 불활성가스텅스텐아크용접, 불활성가스금속아크용접의 순으로 높은 수준을 나타냈다.

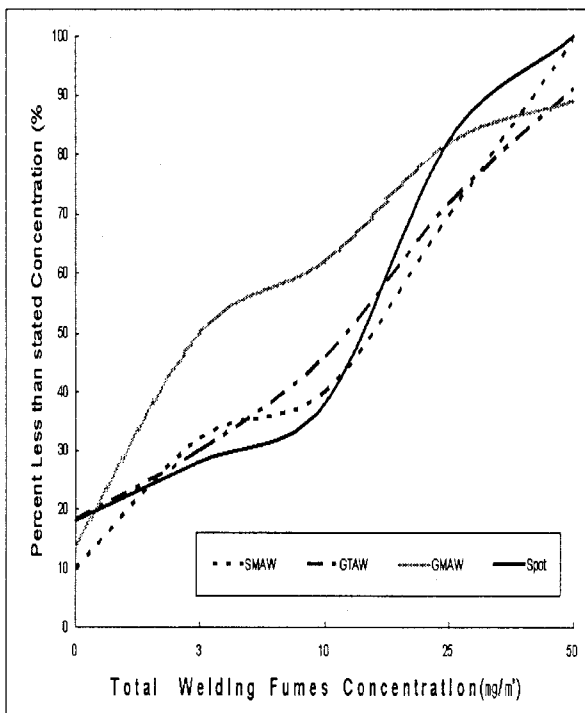


Fig.1 Distribution of airborne concentrations of total welding fume by type

#### 5. 용접사의 자세변화에 따른 실험

용접자세를 20°~80° 의 범위에서 4단계로 자세

를 변화 시킬때 용접흄의 노출정도를 측정하였다. 용접흄의 시료채취위치는 용접면의 내측, 외측과 좌우 어깨위의 4개소로 하고, 용접점과 시료채취기간 거리는 500mm, 시료채취시간은 아크가 발생하고 있는 5분간 했다. 측정치는 5분간의 시간평균 질량농도이며 모든 측정치는 10회 측정치이며 평균치이다.

무풍상태에서 용접사는 매우 고농도의 용접흄에 노출되는 것이 예상되며, 측정위치에 따라서 100 mg/m³를 넘는 경우도 있었다.

어깨 시료채취농도는 좌우간에는 격차가 없었으나 자세가 직립에 가까울수록 높은 농도가 되었다. 또한 작업 자세에 관계없이 용접면 외부의 농도는 다른 모든 측정위치에서의 농도보다 높았다.

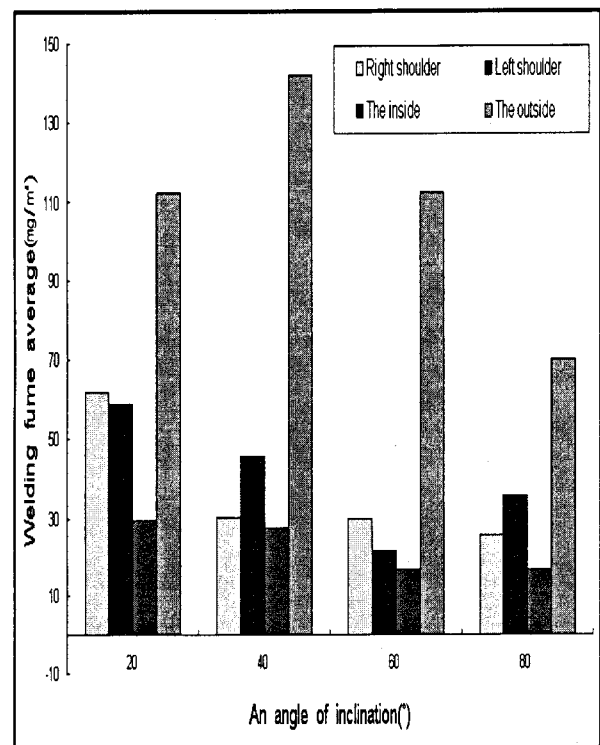


Fig.2 The welding fume measurement result

#### 6. 용접작업장의 환기와 배기분석

환기 풍량은 100 CMH ( 환기횟수 1.4 회/hr )으로 불어주어 주었다. 원형 디퓨저 Ø100 (배기 1 EA), 라인 디퓨저 600 X 40 (급기 2 EA)로 설정하고 CFD로 환기와 배기를 분석하여 결과를 해석하였다.

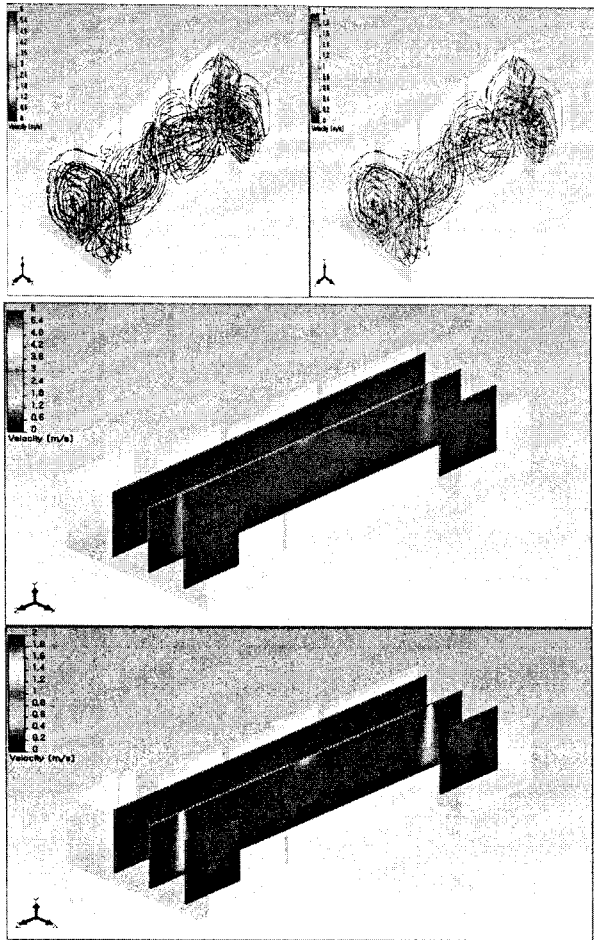


Fig.3 CFD analysis result

### 7. 결 론

용접흡이 용접작업자들에게 미치는 건강장애와 개선방법을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 용접형태별로는 저항점용접이 가장 적은 용접흡의 양을 나타냈다.
2. 용접자세가 직립에 가까울수록 높은 농도가 되었다.
3. 용접 작업장에서 환기되는 분진의 유동을 컴퓨터를 이용하여 해석한 결과 층류가 되도록 충분한 급배기를 하여야만 작업장의 유해물질을 저감 할 수 있을 것으로 본다.

### 참 고 문 헌

1. P.J.Y, Journal of the Korean Welding Society, 1225-6153, 2006, "Safety and Health

in Welding Technology", pp. 5-8

2. L.C.K, C.B.D, Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers, 2005, "A Study on the Welding of Aluminum Alloy and Stainless Steel by Laser", pp. 91-95

3. Voitkevich, V :Chapter 2. Welding fume properties, 1995, " In welding fumes-formation, properties and biological effects. England, Abington Publishing", pp. 18-77

4. Kor. J. Env. Hlth. Soc., Vol.28, No. 2, 2002, " A study on the Content Variation of Metals in Welding Fumes." pp. 117-129

5. Orr, J. L, 1993, "Effects of welding on health VIII. Miami, Fl; American Welding Society, pp. 1-23

6. Choi.H.C, Kim.G.Y, 1999, "A study on the welders exposed to fumes and metals", Journal of Society of Occupational Hygiene, 9-1, pp. 56-71

7. Byeon.S.H, Park.S.H, 1995, "A syudy on welding fumes and the strength of exposure to metals in some industries", Journal of Society of Occupational Hygiene, 5-2, pp. 172-181

8. Lee.G.S, Baek.N.W, 1994 "A study on the density of welding fumes and metal components up to the classified welding processes". Journal of Society of Occupational Hygiene, 4-1, pp. 71-79