

## 조선소 용접작업자들의 총용접흡과 호흡성분진농도 비교연구

강용선 · 심상호\*<sup>†</sup> · 이송권\*\* · 빈성오\*\* · 최은석\*\*\*

산재의료관리원 창원병원, \*한양대학교병원 산업의학과, \*\*대구 한의대학교 보건학부  
\*\*\*경상대학교 산업의학과  
(2007. 5. 28. 접수/2007. 8. 8. 채택)

### A Comparison Study on the Concentration of Total Welding Fume and Respirable Particulate Mass for Welding Workers of a Shipbuilding

Yong Seon Kang · Sang Hyo Sim\*<sup>†</sup> · Song Kwon Lee\*\* · Sung Oh Bin\*\* · Choi Eun Seok\*\*\*

Changwon General Hospital, Workers Accident Medical Corporation

\*Department of Occupational and Environmental Medicine, Hanyang University Medical Center

\*\*Faculty of Health Science, Daegu Haany University

\*\*\*Gyeong-Sang National University Medicine College of Institute Industrial Medicine

(Received May 28, 2007/Accepted August 8, 2007)

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to assess the accurate state of the following: total welding fumes versus welding fumes in the air, respirable particulate mass, and exposure of dockyard welders to heavy metals. In addition, this study provides basic data for proposing improvements to create efficient and appropriate welding environments and to prevent occupational diseases. The subjects of this study were 94 laborers who worked at the block construction sites of large-scale dockyards located in Gyeongnam Province from March 2005 to June 2005. In order to collect samples on total welding fumes in the air and respirable particulate mass from the welders, Methods 0500 and 0600, established by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), were used. The metals within the welding fumes were also analyzed using Inductively Coupled Plasma (ICP) under Method 7300 from NIOSH. The results of this research are summarized below. The geometric mean concentration of total welding fumes and that of respirable particulate mass were 4.11 mg/m<sup>3</sup> and 3.53 mg/m<sup>3</sup>, respectively. As a result of comparing the two measurement methods, there were significant differences ( $p < 0.05$ ) between the two groups for Ca, Cu, Cr, and Ni; however, there were no differences in Fe, Mg, Zn, Mg, Pb, and Cd. As a result of the analysis, the correlation between Mn and the concentration of heavy metals in the total welding fumes and respirable particulate mass was found to be -0.29, a significant negative correlation. The correlation between other heavy metals, however, was low. Finally, in the same total welding fumes, the correlation of Fe and Mg was high.

**Keywords:** shipbuilding, total welding fumes, respirable particulate mass

#### I. 서 론

2000년 이후 국내 조선 산업은 조선시황의 호조 속에서 40%에 달하는 높은 시장점유율을 유지하면서 세계 1위를 달리고 있다. 2003년 Lloyd's world ship-

building statistics 기준 수주량이 554척, 3,119 톤으로 세계 수주량 점유율 44.5%를 차지하면서 일본 32.5%, 중국의 13%를 압도적인 차이로 따돌리고 있다.<sup>1)</sup>

현재 우리나라의 조선업과 관련된 사업체 수는 총 500여 개소로 알려져 있으며, 근로자 수는 협력업체와 그에 따른 하청업체들이 약 20만 여명으로 추산되고 있다.<sup>2)</sup> 주로 부산, 경남의 남부해안지역을 중심으로 조선 산업이 이루어지고 있다.

조선업은 제철, 기계, 전자, 화학 등 여러 산업으로부터 기자재를 가공 혹은 조립하는 종합적이고 규모가 가

<sup>†</sup>Corresponding author : Department of Occupational and Environmental Medicine, Hanyang University Medical Center

Tel: 82-2-2290-8998, Fax: 82-2-2296-6816

E-mail : hyo1104@hmc.hanyang.ac.kr

장 큰 조립 산업으로 복잡하여 표준화가 어려울 뿐만 아니라 대부분의 작업 활동은 옥내뿐만 아니라 옥외에서도 이루어지고 있으므로 노출 유해인자의 종류나 노출 양상이 매우 복잡하다.

특히 선박, 건조 및 수리의 대표적인 작업은 용접작업이며, 다른 생산 제조업과는 달리 조립된 선박내의 밀폐된 공간에서 용접작업시 발생하는 유해요인인 유해광선, 분진, 소음 고온 등의 물리적 인자와 용접종류 및 용접재료에 따라 이산화질소( $\text{NO}_2$ ), 오존( $\text{O}_3$ ) 등의 유해가스와 크롬(Cr), 니켈(Ni), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 알루미늄(Al), 산화철( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 등의 화학적인자에 노출되고 있다.<sup>3)</sup>

이러한 공기 중 용접 흡을 다량 흡입함으로써 철이 폐조직내에 침착되어 발생하는 용접공폐증(Siderosis)과 폐수종, 폐기종 및 만성기관지염을 초래하여 호흡곤란, 기침, 흉통 등을 일으키며, 페인트가 도포된 모재금속의 용접이 발생할 수 있는 납중독과 파킨슨씨병과 유사한 추체의로증상을 나타내는 망간중독 등의 중금속 중독, 시력장해 등을 유발한다.<sup>4,6)</sup>

지금까지 조선업의 용접과 관련한 진폐증에 의한 국내연구는 윤임중, 이체인, 손혜숙 등에 의해 연구 되었으며,<sup>7)</sup> 작업환경에 관한 연구는 Phoon 등, 김평중 등의 보고에 의하면 용접 흡에 대한 측정방법은 주로 공기 중 용접 흡에 함유된 중금속 농도에 관한 연구가 이루어져 왔으며, 호흡성분진에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않았다.<sup>8)</sup>

환경보건분야에서 주로 사용하였던 분진 평가방법은 총 분진과 호흡성분진의 2가지로 분류한 방법이었다. 이는 입자의 크기에 중점을 둔 분류방법이었는데 현재는 분진의 인체에서의 침착위치와 질병발생부위에 대한 사항을 고려한 입경별 평가방법이 도입되고 있는 추세이다.<sup>9)</sup>

현재 우리나라에서는 입자상물질에 대한 측정방법에 대해 관련 법규가 제정되어 있으며,<sup>10)</sup> 용접분진에 대한 노출기준을 규정하고 있으나,<sup>11)</sup> 작업환경측정시 채취방법에 대한 총분진의 적합성에 관한 이의를 제기 하였다.<sup>9)</sup> 또한 호흡성 분진은 그 크기 면에서 폐 내에 침착되어 진폐를 유발할 잠재력이 높은 분진이므로 분진과 관련된 노출기준(Threshold Limit Values, TLVs)을 적용하는데 size-selective sampling을 적용하여야 한다고 하였다.<sup>12)</sup>

용접도 예전에 비해 기술과 재료 면에서 많은 변화가 있기 때문에 그 유해성이 달라지고 있으며 간격에 미치는 영향이 더욱더 심각한 잠재성을 가지고 있다.<sup>13)</sup> 특히 부산 및 경남지역은 조선업이 밀집되어 있는 지

역으로 이 분야 용접공에 대한 효율적인 건강관리 대책 마련은 간과할 수 없는 과제로 대두되고 있다.

본 연구의 목적은 조선소 용접작업자들을 대상으로 공기 중 용접 흡에 대한 총용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)과 중금속 노출에 대한 정확한 실태를 평가함으로써 용접작업에 대한 효과적인 환경개선 및 직업병 예방대책을 수립하는데 있어 기초자료를 제공하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 조사대상은 경남지역에 소재한 대형선박을 건조하는 A 조선업체에서 선각공장, 블록(block) 공정에서 용접작업자들을 대상으로 총 용접흡(total welding fume), 호흡성 분진(respirable particulate mass)을 각각 47개, 총 시료 수는 94개 시료를 채취하였다. 조사기간은 2005년 3월부터 6월까지 수행하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 시료채취 및 분석

공기 중 총 용접흡(total welding fume) 시료는 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health ; NIOSH)의 공정시험법인 Method 0500<sup>14)</sup>을 이용하여 채취하였으며, 여과지는 전·후 동일한 조건에서 24시간이상 50% 형습이 유지된 desiccator내 방치한 후 0.001 mg까지 판독 가능한 천칭(Mettler, MX5, Switzerland)으로 3회 이상 측정된 후 평균값을 사용하였고, 각 공정마다 field blank를 분비하여 보정하였다.

호흡성분진(respirable particulate mass)과 용접흡내 중금속 성분은 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health ; NIOSH)의 공정시험법 Method 0600<sup>14)</sup>에 의한 37 mm Polyvinyl Chloride(PVC) 여과지(SK Co. USA)가 부착된 3 piece cassette holder 및 10 mm nylon cyclone (Gilian Co., USA)에 고정시킨 후 개인시료채취기(personal air sampler, Gilian Co., USA) 유량 1.7 l/min으로 약 360분간 시료를 채취하였다.

시료채취는 근로자의 측정오차를 최소화하기 호흡위치 보안면 안쪽에서 동시에 채취하였다.

시료를 채취한 여과지는 시료 채취된 여과지의 전처리 방법과 같은 방법으로 처리하여 평량한 후 blank로 사용한 여과지 무게 변화를 보정하여 시료채취 전·후의 여과지 중량의 차를 구하여 유량으로 나누

**Table 1.** Analysis lines of metal elements in the welding fume by ICP

Elements	Wavelength (nm)	Gas flow (lpm)			RF power (Watts)	Pump flow rate (ml/min)	Type
		Plasma	Auxiliary	Nebulizer			
Fe	238.2	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Mn	257.6	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Zn	206.2	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Cu	327.4	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Ni	231.6	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Pb	220.4	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Cr	267.7	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Cd	228.8	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Ca	317.9	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial
Mg	285.2	15	0.2	0.80	1300	1.5	Axial

어 용접흡량을 산출하는 중량분석방법에 의하여 계산하였다.

또한 시료 내에 함유된 중금속 분석은 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health ; NIOSH, Method 7300<sup>14</sup>)에 의한 무게를 잰 Polyvinyl Chloride(PVC)를 회화산(HNO<sub>3</sub>: HClO = 4:1(v/v)) 1 ml를 가해 마이크로웨이브 오븐(CEM, MDS2100, USA)을 이용하여 회화시킨 후 용량플라스크에 옮기고 준비된 희석용액으로 10 ml가 되게 하여, 유도결합플라즈마(Inductively Coupled Plasma, ICP)를 이용하여 분석하였다.

여과지에 포함된 중금속 분석조건은 다음과 같다(Table 1).

#### 2) 자료처리 및 통계분석

통계분석은 SPSS 통계팩키지(SPSS 13.0 for

windows)를 이용했으며, 용접 흡에 대한 총분진, 호흡성분진은 측정농도에 대한 기하평균과 기하표준 편차를 산출했다. 용접 흡의 두 가지 측정방법의 관련성을 보기 위해 총용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass) 농도와 금속 농도는 t-test와 상관관계를 구하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 용접작업자들의 일반적인 특성

조사대상자들의 일반적 특성을 살펴보면 성별로는 전원이 남자이었고, 연령별 용접 흡에 대한 분포를 보면은 총용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)은 30~40세는 평균농도 6.55 mg/m<sup>3</sup>로 22명, 5.65 mg/m<sup>3</sup>로 25명으로 가장 많이 노출되었으나,

**Table 2.** General characteristics of welding workers

Characteristics	Total welding fume			Respirable particulate mass		
	N	A. M±SD	p-value	N	A. M±SD	p-value
Age (years)			0.69			0.45
< 30	3	5.75±6.63		6	7.61±4.98	
30~40	22	6.55±5.69		25	5.65±4.79	
40<	22	5.19±4.61		16	4.77±4.48	
Total	47	5.86±5.18		47	5.60±4.69	
Welding career (years)			0.48			0.69
< 5	27	5.61±5.00		34	5.89±4.90	
5~10	16	5.53±4.58		12	5.05±4.27	
10<	4	8.88±8.74		1	2.43±0.00	
Total	47	5.86±5.18		47	5.60±4.69	

A. M±SD : Arithmetic Mean±Standard Deviation.

\*p<0.05.

연령별로 차이는 없었다.

용접 경력군은 총용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)은 5년 이하에서 각각 5.61 mg/m<sup>3</sup> 27명, 5.89 mg/m<sup>3</sup> 34명으로 가장 많은 것으로 조사되었으나, 근무경력간의 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

**2. 공기 중 용접 흡(welding fume) 농도 분포**

용접공정에서 공기 중 총 용접 흡(total welding fume) 농도 수준별 분포에서 노동부 노출기준인 5 mg/m<sup>3</sup><sup>11)</sup> 이상을 초과한 측정건수는 총 47개 측정지 중 24개(51%)로 나타났다. 전국 선박건조 및 수리 사업장 9개소를 대상으로 조사한 공기 중 농도는 11.4~20.4 mg/m<sup>3</sup>로 보고하였으며,<sup>15)</sup> 외국의 경우 조선업을 대상으로 공기 중 용접흡량을 측정결과 건강수준 한계치인 10 mg/m<sup>3</sup>를 초과한 경우 50% 이상이라고 보고하였으며,<sup>16)</sup> 본 조사의 결과와 노출기준 초과한 경우의 퍼센트가 유사하였다.

공기 중 호흡성분진(respirable particulate mass)농도는 5 mg/m<sup>3</sup> 이상은 20개(42.6%)로 조사되었다(Table 3).

기타 제조공정의 용접작업시 hemet 착용에 의한 용접 흡농도는 약 5 mg/m<sup>3</sup>이었으며, 헬멧(welding hemet)을 착용에 의한 용접 흡농도의 감소율은 약 36~71%이었다고 보고하였으며 용접 작업자들의 실제 노출정도를 정확히 평가하기 위해서는 헬멧(welding hemet)안의 농도를 측정해야 한다고 하였다.<sup>17)</sup> 본 연구도 호흡기 위치에서 헬멧(welding hemet)안에서 시료를 채취 하였으나, 업종 특수성 때문에 일반 제조업체 보다는 용접 흡의 농도가 높게 조사되었다.

**3. 용접 흡(welding fume)중 금속성분 농도**

조선소 용접작업자들의 총 용접 흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)의 기하평균농도는 각각 4.11 mg/m<sup>3</sup>, 3.53 mg/m<sup>3</sup>로 조사되었으며, 용접 흡에 대한 국내연구에서 김광중 등은 총 50개 측정지중 44개(88.0%)가 용접 흡의 노출기준인 5mg/m<sup>3</sup>을 초과하였으며 용접 흡의 기하평균 농도가

9.73 mg/m<sup>3</sup>로 본 연구의 농도보다는 높았으며, 이철렬과 류철인은 용접공 진폐증이 발생된 모 조선업의 각 분진 사업장의 기하평균 농도가 0.88~1.35 mg/m<sup>3</sup>보다는 높았다.<sup>18)</sup>

총 용접흡(total welding fume)의 중금속 성분의 농도를 분석한 결과는 철(Fe) 기하평균농도 1.161 mg/m<sup>3</sup>로 가장 높았으며, 망간(Mn) 0.3121 mg/m<sup>3</sup>, 아연(Zn) 0.2768 mg/m<sup>3</sup>, 마그네슘(Mg) 0.0464 mg/m<sup>3</sup>, 칼슘(Ca) 0.0240 mg/m<sup>3</sup>, 구리(Cu) 0.0032 mg/m<sup>3</sup>, 납(Pb) 0.0017 mg/m<sup>3</sup>, 크롬(Cr) 0.0015 mg/m<sup>3</sup>, 니켈(Ni) 0.0005 mg/m<sup>3</sup> 순으로 나타났다.

호흡성분진(respirable particulate mass)에 함유된 각각의 중금속 성분 기하평균농도는 철(Fe) 0.6986 mg/m<sup>3</sup>로 가장 높았으며, 망간(Mn) 0.2501 mg/m<sup>3</sup>, 아연(Zn) 0.1897 mg/m<sup>3</sup>, 마그네슘(Mg) 0.0342 mg/m<sup>3</sup>, 칼슘(Ca) 0.0114 mg/m<sup>3</sup>, 구리(Cu) 0.0019 mg/m<sup>3</sup>, 납(Pb) 0.0015 mg/m<sup>3</sup>, 크롬(Cr) 0.0012 mg/m<sup>3</sup>, 니켈(Ni) 0.0004 mg/m<sup>3</sup> 순으로 조사되었다. 용접 흡은 보건학적으로 중요한 유해물질이다. 흡 자체가 미세하여 호흡기를 통하여 쉽게 폐까지 도달할 수 있을 뿐 아니라, 흡 중의 크롬(Cr), 니켈(Ni), 망간(Mn) 등의 구성성분은 인체에 매우 해롭기 때문이다. 따라서 용접 흡은 그 농도는 물론이고 각 구성성분의 조성도 중요하다.<sup>19)</sup>

두 측정방법간 짝 비교 결과 칼슘(Ca), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni)농도는 총용접흡에서 더높게 나타났으며, 두군 간에 유의한 차이를 보였으나(p<0.01) (p<0.05), 철(Fe), 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 마그네슘(Mg), 납(Pb), 카드뮴(Cd)은 차이를 보이지 않았다(Table 4).

본 연구에서는 용접흡내에 주로 존재하는 금속성분은 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn)으로 조사되었으며, 이것은 용접 흡중의 중금속 농도가 용접방법과 모재금속 등의 여러 가지 영향인 것으로 생각된다.

환경보건학적측면에서 모든 물질들이 유해성이 크며, 특히 철폐증을 일으키는 철, 90년대 용접작업자들의 망간중독으로 사회사건화 되었던 망간, 발암성 물질인 크롬과 니켈은 특별한 관심 대상물질이다.<sup>20)</sup>

**Table 3.** Distribution of welding fume sample concentration in air

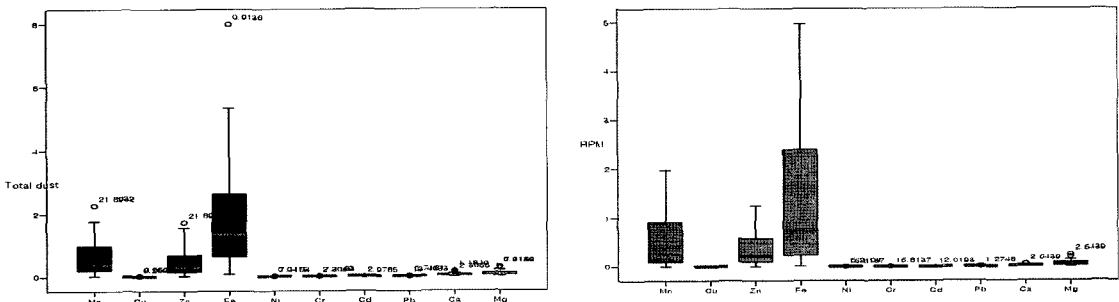
Fume concentration level (mg/m <sup>3</sup> )	Total welding fume		Respirable particulate mass	
	No. of samples	Percent (%)	No. of samples	Percent (%)
~5.00	23	48.9	27	57.4
5.00~10.00	16	34.0	10	21.3
10.00<	8	17.0	10	21.3
Total	47	100.0	47	100.0

**Table 4.** Concentrations of metal components in welding fume process and results of paired t-test by method

Compound	Method	No. of samples	GM (mg/m <sup>3</sup> )	GSD	Range	Paired t-test
Welding fume	Total welding fume	47	4.11	2.41	0.552~21.893	0.81
	Respirable particulate mass		3.53	3.14	0.431~16.813	
Fe	Total welding fume	47	1.1610	2.77	0.0648~7.9756	0.40
	Respirable particulate mass		0.6986	4.77	0.0039~4.9678	
Mn	Total welding fume	47	0.3121	3.66	0.0058~2.2500	0.87
	Respirable particulate mass		0.2501	4.97	0.0010~1.9730	
Zn	Total welding fume	47	0.2768	2.95	0.0157~1.7219	0.30
	Respirable particulate mass		0.1897	4.87	0.0013~1.2504	
Mg	Total welding fume	47	0.0464	3.24	0.0016~0.3176	0.39
	Respirable particulate mass		0.0342	3.76	0.0013~0.2617	
Ca	Total welding fume	47	0.0240	3.14	0.0002~0.1975	0.00**
	Respirable particulate mass		0.0114	4.42	N. D~0.0629	
Cu	Total welding fume	47	0.0032	2.78	0.0003~0.0236	0.01**
	Respirable particulate mass		0.0019	3.26	0.0001~0.0093	
Pb	Total welding fume	47	0.0017	2.88	0.0001~0.0258	0.10
	Respirable particulate mass		0.0015	2.24	N. D~0.0063	
Cr	Total welding fume	47	0.0015	2.14	N. D~0.0106	0.00**
	Respirable particulate mass		0.0012	2.56	N. D~0.0047	
Cd	Total welding fume	47	0.0002	2.19	N. D~0.0014	0.14
	Respirable particulate mass		0.0001	1.00	N. D~0.0001	
Ni	Total welding fume	47	0.0005	3.74	N. D~0.0124	0.02*
	Respirable particulate mass		0.0004	2.56	N. D~0.0038	

GM : Geometric mean, GSD : Geometric Standard Deviation, N. D : Not-detected.

\*p<0.05, \*\*p<0.01.



**Fig. 1.** Boxplots of metal contents in total dust and respirable particulate mass

특히 용접작업으로 인해 공기 중 발생하는 용접 흄은 여러 가지 중금속을 포함하고 있으며, 용접 흄을 다량 흡입함으로써 호흡곤란, 기침, 흉통 등을 일으키고, 각종 중금속 중독을 일으킬 수 있어 용접작업에 대한 특별한 보건관리가 요청된다.<sup>21)</sup>

공기 중 총 용접 흄(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)내에 함유된 중금속 성분 분포는 Fig. 1과 같다.

**4. 총용접흄과 호흡성분진(respirable particulate mass)의 중금속 농도의 상관관계**

공기 중 용접작업자들의 측정방법에 따른 용접흄내 중금속 성분들의 유사성을 조사하기 위하여 원소들 간의 상관분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 총 용접흄(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)의 동일 중금속의 농도는 망간(Mn)의 농도간의 상관분석은 음(-)의 관계를 보였으며, 다른 중금속들

**Table 5.** Correlation of heavy metal in total dust and respirable particulate mass

		Total welding fume										
		Mn	Cu	Zn	Fe	Ni	Cr	Cd	Pb	Ca	Mg	
RPM	Mn	-.290*	-.200	-.261	-.217	-.053	-.196	-.201	-.033	-.267	-.176	
	Cu	-.090	-.129	-.101	-.221	-.010	.033	-.128	-.078	.043	-.239	
	Zn	-.078	.001	-.003	-.125	-.110	-.042	-.098	-.107	.021	-.204	
	Fe	-.159	-.276	-.149	-.212	-.030	-.102	-.093	-.177	-.034	-.297*	(within total welding fume)
	Ni	-.059	-.142	-.076	-.102	.079	-.104	-.096	-.102	-.075	-.119	
	Cr	-.016	.000	.005	-.139	.115	-.039	-.138	-.099	.030	-.202	
	Cd	-.161	.032	.019	-.059	.108	-.006	-.051	-.104	-.077	-.084	
	Pb	-.024	-.027	-.076	-.114	-.048	-.070	-.126	-.112	.035	-.197	
	Ca	-.091	-.068	-.062	-.178	-.054	-.118	-.171	.012	-.062	-.158	
	Mg	-.018	-.020	-.079	-.172	.026	-.150	-.090	-.128	-.054	-.238	
	(within respirable particulate mass)											

\*p<0.05.

은 낮은 상관관계를 나타내어, 총 용접 흡과 호흡성분진은 서로 다른 발생원을 가질 수 있음을 나타내고 있다.

#### IV. 결 론

용접 근로자들의 건강에 영향을 주는 용접 흡의 입자 크기, 노출정도, 기간 및 흡에 함유된 독성 금속에 따라 영향을 받는다. 본 연구는 경남 지역에 위치한 A 조선업체에서 용접근로자 총 94명을 대상으로, 공기 중 총 용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)과 각종 금속농도에 대한 정확한 실태를 파악하기 위해 작업환경조사를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 성별로는 전원이 남자였으며, 나이별 분포를 보면은 총 용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)은 각각 30~40세는 6.55 mg/m<sup>3</sup>로 22명, 5.65 mg/m<sup>3</sup>로 25명으로 가장 많았으나, 나이별 차이는 없었다.

2. 총 용접흡(total welding fume) 농도 수준별 분포를 보면 노동부 노출기준인 5 mg/m<sup>3</sup> 이상을 초과한 측정건수는 총 47개 측정치 중 24개(51%)로 나타났다. 호흡성분진(respirable particulate mass)은 5 mg/m<sup>3</sup> 이하 27(57.4%)로 나타났으며, 5~10 mg/m<sup>3</sup>, 10 mg/m<sup>3</sup> 이상은 각각 10(21.3%)로 동일한 분포를 보였다.

3. 총 용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)의 기하평균농도는 각각 4.11 mg/m<sup>3</sup>, 3.53 mg/m<sup>3</sup>로 조사되었으며, 두 측정 방법 간 짝 비교한 결과 칼슘(Ca), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni)은 두군 간에 유의한 차이를 보였으나(p<0.01)

(p<0.05), 철(Fe), 마그네슘(Mg), 아연(Zn), 마그네슘(Mg), 납(Pb), 카드뮴(Cd)은 차이를 보이지 않았다

4. 총 용접흡(total welding fume), 호흡성분진(respirable particulate mass)의 흡중 동일 중금속의 농도간의 상관분석은 망간(Mn)의 음(-)의 관계를 보였으나, 상대적으로 다른 중금속은 낮은 상관관계를 나타내어 총 용접흡, 호흡성분진은 발생원이 다를 수 있음을 나타내었다. 동일 총 용접흡(total welding fume)내에서는 철(Fe), 마그네슘(Mg)은 상관성이 높게 나타났다(p<0.05).

이상의 결과로 보아 조선업 용접작업장의 총용접흡보다는 호흡성분진의 경우 폐에 침착되어 진폐증과 같은 질병의 주원인이 되는 것으로 알려져 있다. 흡 자체가 미세하여 호흡기를 통하여 쉽게 폐까지 도달할 수 있을 뿐 아니라, 흡 중의 크롬(Cr), 니켈(Ni), 망간(Mn) 등 몇몇 구성성분은 인체에 매우 해롭기 때문이다. 호흡성분진에 대한 작업환경측정 및 평가 실시하여야 특히 조선업의 용접공에 대한 정확한 평가가 될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 한국조선공업협회 : 한국의 조선 산업 · 성장과 과제. 1-86, 2004.
2. 한국산업안전공단 : 조선업 근로자 건강관리(분진작업편). 9-35, 1996.
3. Burgess, W. A. : Recognition of Health Hazards in Industry 2nd, New York John Wiley & Son, Inc. 25-32, 1995.
4. 윤임중 : 용접작업에 대한 직업병 예방대책. 노동부 국립노동과학연구소, 1-25, 1984.
5. 김지용 : 일부 망간 취급 근로자의 망간폭로 및 건강

- 장해에 관한 연구. 서울대학교보건대학원 석사학위논문, 1-12, 1994.
6. Morgan, W. K. C. : On Welding Wheezing and Wimsy. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **50**(2), 59-69, 1989.
  7. 손병철, 문덕환, 김정호, 김대환, 이창희, 김휘동, 김정원, 이채관, 이채연 : 조선업 근로자들의 진폐증에 관한 역학적 연구. *인제의학*, **23**(5), 603-614, 2002.
  8. 박영순, 백남원 : 모조선소의 밀폐된 작업장에서의 공기중 용접흄 및 중금속 농도에 관한 조사 연구. *한국산업위생학회지* **7**(1), 113-131, 1997.
  9. 김용우, 피영규, 김현욱, 김형아 : 제조업체 광물성분진, 총분진, 흡입성분진, 흉곽성분진과 호흡성분진의 농도. *한국산업위생학회지*, **39**(2), 76-86, 2000.
  10. 노동부 : 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부 고시 2005-49호. 2005.12.30). 11-12, 2005.
  11. 노동부 : 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(노동부 고시 2002-8호. 2002.5.6). 1-2, 2002.
  12. 김영식, 이병인, 홍성철, 일부분진작업장에서 공기중 분진 입경분포. *한국환경위생학회지*, **17**(2) 22-26, 1991.
  13. Room, W. N. : *Einvironmental and occupational medicine*. 2nd ed. Little Brown and Company, 831-841, 1992.
  14. National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH Manual of Analytical Methods, 4th ed. NIOSH, Cincinnati, OH, 94-113, 1994.
  15. 노동부, 용접, 용단작업장의 유해환경실태조사, 국립노동과학연구소, 1-25, 1984
  16. Oxhoj, H., Bake, B., Wedel, H. and Wilhelmsen, L. : Effect of electric arc welding on ventilatory lung function. *Arch Environment Health*, 211-217, 1979.
  17. Goller, J. W. and Paik, N. W. : A comparison of iron oxide fume inside and outside of welding helmets. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **46**, 89-93, 1985.
  18. 최호춘, 김강운, 안선희, 박화미, 김소진, 이영자, 정규철 : 용접사업장 근로자의 흄 및 금속 노출농도에 대한 평가와 혈중 금속 농도. *한국산업위생학회지*, **9**(1), 56-72, 1999.
  19. 윤충식, 박동욱, 박두용: 용접흄 중 금속함량 변화에 관한 연구. *한국환경위생학회지*, **28**(2), 117-129, 2002.
  20. Voitkevich, V. : Chapter 2. Welding fume properties. In *welding fumes-formation, properties and biological effects*. England; Abington Publishing, 18-77, 1995.
  22. 이중화, 장지선, 박종안, 장봉기 : 충청지역 일부 공업 고등학교 실습생의 용접흄 및 망간에 대한 노출평가. *한국환경위생학회지*, **27**(4), 51-62, 2001.