

금속제품 제조 산업장내 공기중 금속농도에 관한 연구

산재의료관리원 창원병원 건강관리센터
인제대학교 의과대학 예방의학교실* 및 산업의학연구소**

강용선 · 김세동 · 구태형 · 윤형렬 · 문덕환* · 한용수**

— Abstract —

A Study on Metal Concentrations in the Air of Metal Products Manufacturing Industry

Yong Seon Kang, Se Dong Kim, Tae Hyeong Ku, Hyeong Ryeol Yoon,
Deog Hwan Moon*, Yong Soo Han**

*Workers Accident Medical Corporation, Changwon Hospital
Department of preventive medicine, College of Medicine** and
Institute of Industrial Medicine Inje University**

This study was conducted for the purpose of obtaining the fundamental data on improvement of working environment and contributing to health improvement of workers who dealt with metal by assessing the metal concentration in air of industries located in Chang-Won Industrial Complex.

Authors measured the concentration of metals(Al, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sn and Zn) in the air to 25 working processes of 73 industries by flame atomic absorption spectrometry from February to December 1994.

Personal air sampler was used for air sampling with mixed cellulose-ester membrane filter.

The results were as follows :

1. The geometric means(range) of metal concentration;

- 1) Al: 0.1505 mg/m³ (0.0147 - 18.6100 mg/m³)
- 2) Cd: 0.0077 mg/m³ (0.0003 - 7.0710 mg/m³)
- 3) Cr: 0.0163 mg/m³ (0.0013 - 1.1510 mg/m³)
- 4) Cu: 0.0097 mg/m³ (0.0009 - 0.4950 mg/m³)
- 5) Mn: 0.0412 mg/m³ (0.0006 - 4.7877 mg/m³)
- 6) Ni: 0.0088 mg/m³ (0.0001 - 1.0170 mg/m³)
- 7) Pb: 0.0152 mg/m³ (0.0015 - 0.4499 mg/m³)
- 8) Sn: 0.0486 mg/m³ (0.0037 - 0.1500 mg/m³)
- 9) Zn: 0.1911 mg/m³ (0.0122 - 8.2920 mg/m³)

2. The geometric mean of lead exceeded TWA in assembling process of other general purpose machinery not elsewhere classified products manufacturing industries.

Key Words : Metal, Manufacturing industry, TWA

I. 서 론

산업장에서는 많은 종류의 금속이 이용되고 있으며, 작업시 이들 금속은 여러형태로 변형되어 작업장내에 비산된다. 따라서 근로자는 근무시 원하지 않는 유해 환경요인에 노출될 가능성을 가지고 있으며, 근로자의 건강을 해치는 연을 비롯한 각종 유해물질이 여러형태로 체내에 흡수되어 각종 공업중독을 일으킨다(김광중, 1990).

특히 최근에 와서 수은중독이나 연중독, 크롬중독 등 각종 직업병 발생이 보고되면서부터 그 어느때보다 노사는 물론 사회적으로 크나큰 문제로 제기되고 있는 상태이다.

우리나라의 경우에는 1980년대 이전까지는 체계화된 산재예방정책을 제대로 수립하지 못하였으나 1981년 산업안전보건법 제정 및 1990년에 산업안전보건법령의 전면개정등으로 효율적인 산업보건관리에 노력하고 있으며 1994년 전국 근로자건강진단 결과에 따르면 총 613,520명의 특수검진대상자중 4,346명의 직업병발생이 있었으며 이중 2,429명이 소음성난청으로 나타났으며 진폐증이 1,802명으로 연을 포함한 중금속중독이 115명으로 전체 직업병중 소음성난청, 진폐증 다음으로 직업병발생이 많이 나타났다(노동부, 1994). 그러므로 금속에 폭로되는 근로자에 대한 보다 적극적인 보건관리가 절실하며 금속 발생 공정의 작업환경관리 역시 직업성중독에 중요한 측면의 하나로 생각된다.

효과적인 작업환경관리를 위해서는 작업환경측정을 통한 환경실태 파악이 실행되어져야 하나 최근에 이르기까지 이 분야에 대한 연구는 기술, 인력, 예산상의 문제점으로 제한되어 왔으며, 몇몇 보고가 있지만 그 실제내용이나 조사시기가 현실과 맞지 않아 이들을 현재의 작업환경 관리자료로 수정없이 이용하기에는 적절하지 않는 것으로 생각된다(김성천과 소태웅, 1973).

즉 일부 특정작업장 및 특정 금속에 대한 자료는

몇편 연구보고되었으나(Shroeder, 1966; Raffer, 1987; 이채언등, 1990; 최호춘등, 1991) 산업장의 공정별로 발생하는 금속 실태에 관한 자료는 미비하였다.

따라서 본 연구는 창원공단내 금속제품 제조 산업장 중에서 금속을 취급하는 73개 사업장 25개 공정을 대상으로 금속의 전체평균농도를 파악하고, 업종별, 공정별로 발생하는 금속 종류 및 농도를 파악함으로써 산업장내의 작업환경개선 및 직업병 발생의 가능성이나 위험성을 미연에 대처할 수 있는 방안을 마련하여 이들 금속을 취급하는 근로자들의 건강관리에 일조가 되게함은 물론 추후 이들 분야의 연구에 기초 자료를 제공하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구대상 및 연구방법

A. 연구대상 및 연구기간

산업안전보건법(노동부, 1994)제 42조와 동법 시행규칙 제 93조 내지 제 97조 3의 규정에 의한 작업환경측정대상 사업장중에서 금속 발생요인이 많은 창원공단내의 산업장중 11개업종 73개 사업장의 25개 공정과 각 공정에서 일하고 있는 근로자를 대상으로 하였으며 연구기간은 1994년 2월 1일부터 1994년 12월 31일까지 11개월간으로 하였다.

본연구에서 대상산업장의 업종별 분류는 한국표준산업분류의 세세분류(상공부, 1992)에 의하였다(표 1).

B. 연구방법

기중 금속농도는 작업자의 호흡기위치에서 유량보정이 $\pm 3\%$ 이내로 일정하게 유지하는 자동보정기능을 지닌 개인공기시료 채취기(Flow-LiteTM, U.S.A)를 이용하여 노동부 고시 제 94-46호(노동부, 1994)에 준하여 측정하였다.

이때 사용된 필터는 직경 37mm, pore size 0.8 μ m의 mixed cellulose ester membrane filter (Gelman, U.S.A)를 사용하였으며 시료채취유량

Table 1. The type of industry included in the study

Type of industry	No. of factory	No. of process
Gray iron foundries	9	3
Manufacturing of basic steel	2	3
Manufacturing of steel wire	3	1
Manufacturing of motorcycle	2	4
Rolling, drowing and extruding of aluminum	2	2
Aluminum foundries	6	3
Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines	16	4
Metal product plating services	10	1
Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed	5	1
Manufacturing of other general purpose not elsewhere classified	10	2
Manufacturing of other domestic appliances not elsewhere classified	5	1
Total	73	25

Table 3. Permissible values of metals

Metal	TWA(mg/m ³)
Aluminum, as Al, Metal dust	10
Aluminum, as Al, Welding fumes	5
Cadmium oxide, fume as Cd	C* 0.05
Chromium, Metal	0.5
Chromium(VI) compounds, as Cr water soluble	0.05
Copper, fume	0.1
Copper, Dust & mist as Cu	1
Manganese, as Mn Fume	1
Nickel, Metal	1
Nickel, Soluble compounds, as Ni	0.1
Lead, inorganic dust & fumes, as Pb	0.05
Tin, Metal	2
Tin, Oxide & inorganic compounds except SnH ₄ , as Sn	2
Zinc oxide, fume	5

Note : *: C : Ceiling

은 2 L/min로 측정전, 후에 비누거품법을 이용하여 유량보정하였다.

시료분석은 원자흡광광도기 (GBC 908 AA, U.S.A) 을 이용하였으며 각 항목별 원자흡광광도기의 분석조건은 표 2와 같다.

또한 분석시 시료공기를 통과하지않은 blank 여과지를 공시험치로 하여 모든 시료와 동일하게 처리

하여 농도계산시 보정용으로 사용하였다.

C. 금속 허용농도

본 연구에 이용된 금속의 허용농도는 우리나라 노동부의 "화학물질의 허용농도"(노동부, 1994)를 기준으로 하였으며 내용은 표 3과 같다.

Ⅲ. 연구성적

A. Aluminum

5개업종 10개공정을 대상으로 한 알루미늄발생 업종별, 공정별 농도는 표4와 같다.

알루미늄발생 업종은 이륜자동차 제조업, 알루미늄 압연 및 압출업, 알루미늄 주물 제조업, 자동차부품 제조업, 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 알루미늄농도의 산술평균은 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의 용접공정(기하평균)에서 $7.7710 \pm 9.2321 \text{ mg/m}^3$ (3.4351 mg/m^3), 이륜자동차 제조업의 다이크스팅 공정(기하평균)은 $0.4226 \pm 0.3721 \text{ mg/m}^3$ (0.2877 mg/m^3), 알루미늄 주물 제조업에서 가공공정(기하평균)은 $0.2993 \pm 0.3846 \text{ mg/m}^3$ (0.1649 mg/m^3), 용해공정(기하평균)이 $0.2299 \pm 0.3405 \text{ mg/m}^3$ (0.0893 mg/m^3), 알루미늄 압연 및 압출업의 용해공정(기하평균)은 $0.1940 \pm 0.1197 \text{ mg/m}^3$ (0.1248 mg/m^3), 자동차부품 제조업의 용해공정(기하평균)은 $0.1514 \pm 0.1396 \text{ mg/m}^3$ (0.0958 mg/m^3), 알루미늄 압연 및 압출업의 압출공정(기하평균)이 $0.1389 \pm 0.1367 \text{ mg/m}^3$ (0.0975 mg/m^3), 이륜자동차 제조업의 주조공정(기하평균)은 $0.1296 \pm 0.1010 \text{ mg/m}^3$ (0.0969 mg/m^3), 자동차부품 제조업에서 용접공정

Table 2. Analytical condition of Atomic Absorption Spectrophotometer by Metal

Condition	Metal								
	Al	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
Matrix	water	water	water	water	water	water	water	water	water
Lamp Current(mA)	10.0	3.0	6.0	3.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0
Wave Length(nm)	396	2 228.8	357.9	324.7	729.5	232.0	217.0	235.5	213.9
Slit Width(nm)	0.5	0.5	0.2	0.5	0.2	0.2	1.0	0.5	0.5
Slit Height	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Instrument Mode	Absorbance	Absorbance	Absorbance	Absorbance	Absorbance	Absorbance	Absorbance	Absorbance	Absorbance
Measurement Mode	BC on	BC on	BC on	BC on	BC on	BC on	BC on	BC on	BC on
Sampling Mode	Integration	Integration	Integration	Integration	Integration	Integration	Integration	Integration	Integration
Sampling	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
Flame type	Sampling	Sampling	Sampling	Sampling	Sampling	Sampling	Sampling	Sampling	Sampling
	Nitrous oxide	Air/	Nitrous oxide	Air/	Air/	Air/	Air/	Nitrous oxide	Air/
	/Acetylene	Acetylene	/Acetylene	Acetylene	Acetylene	Acetylene	Acetylene	/Acetylene	Acetylene

(기하평균)이 $0.0919 \pm 0.0526 \text{ mg/m}^3$ (0.0745 mg/m^3), 알루미늄 주물 제조업의 다이캐스팅공정(기하평균)에서 $0.0503 \pm 0.0174 \text{ mg/m}^3$ (0.0470 mg/m^3) 순이었다.

B. Cadmium

5개업종 5개공정을 대상으로 한 카드뮴발생 업종별, 공정별 농도는 표5와 같다.

카드뮴발생 업종은 자동차부품 제조업, 도금업, 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업, 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계제조업, 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 카드뮴의 산술평균은 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업의 조립공정 용접(기하평균)작업시 $0.5639 \pm 1.5832 \text{ mg/m}^3$ (0.0477 mg/m^3), 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업의 용접공정(기하평균)에서 $0.0027 \pm 0.0035 \text{ mg/m}^3$ (0.0016 mg/m^3), 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의 용접공정(기하평균)이 $0.0013 \pm 0.0009 \text{ mg/m}^3$ (0.0010 mg/m^3), 도금업의 도금공정(기하평균)과 자동차부품 제조업의 용접공정(기하평균)에서 $0.0019 \pm 0.0002 \text{ mg/m}^3$ (0.0019 mg/m^3)의 순이었으며, 특히 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기계기구 제조업의 조립공정 용접작업시에는 산술평균이 허용기준치를 초과하였으며 기하평균은 허용기준치에 근접하였다.

C. Chromium

8개업종 13개공정을 대상으로 한 크롬발생 업종별, 공정별 농도는 표6과 같다.

크롬발생 업종은 선철주물 제조업, 제강업, 철강선 제조업, 이륜자동차 제조업, 자동차부품 제조업, 도금업, 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업, 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 크롬의 산술평균은 선철주물 제조업의 용해공정(기하평균)이 $0.1114 \pm 0.2793 \text{ mg/m}^3$ (0.0212 mg/m^3), 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업에서 용접공정(기하평균)은 $0.0965 \pm 0.1435 \text{ mg/m}^3$ (0.0323 mg/m^3), 자동차부품 제조업의 도금공정(기하평균)은 $0.0332 \pm 0.0255 \text{ mg/m}^3$ (0.0215 mg/m^3), 이륜자동차 제조업에서 도금공정(기하평균)은 $0.0190 \pm 0.0100 \text{ mg/m}^3$

Table 4. Concentration of aluminum(Al) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M. \pm S.D. (mg/m ³)	G.M. (mg/m ³)	Range (mg/m ³)
MM	Casting	5	0.1296 \pm 0.1010	0.0969	0.0507-0.2722
	Die-Casting	6	0.4226 \pm 0.3731	0.2877	0.0755-0.9200
RDEA	Melting	5	0.1940 \pm 0.1197	0.1248	0.0251-0.2870
	Extruding	8	0.1389 \pm 0.1367	0.0975	0.0147-0.3660
AF	Melting	7	0.2299 \pm 0.3405	0.0893	0.0179-0.8770
	Die-Casting	5	0.0503 \pm 0.0174	0.0470	0.0272-0.0700
	Processing	5	0.2993 \pm 0.3846	0.1649	0.0650-0.9800
MPAMVE	Melting	13	0.1514 \pm 0.1396	0.0958	0.0190-0.4680
	Welding	5	0.0919 \pm 0.0526	0.0745	0.0297-0.1460
MTRTI	Welding ⁽¹⁾	8	7.7710 \pm 9.2321	3.4351	0.0311-18.6100

Note : MM : Manufacturing of Motorcycle

RDEA : Rolling, drowing and extruding of aluminum

AF : Aluminum foundries

MPAMVE : Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines

MTRTI : Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed

A.M. \pm S.D. : Arithmetic mean \pm Standard deviation

G.M. : Geometric mean

⁽¹⁾ : No of excesses value to TLV : 2

Table 5. Concentration of cadmium(Cd) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M. \pm S.D. (mg/m ³)	G.M. (mg/m ³)	Range (mg/m ³)
MPAMVE	Welding	5	0.0019 \pm 0.0002	0.0019	0.0016-0.0021
MPPS	Plating	5	0.0019 \pm 0.0002	0.0019	0.0020-0.0017
MTRTI	Welding	13	0.0013 \pm 0.0009	0.0010	0.0003-0.0038
MOGPM	Welding	7	0.0027 \pm 0.0035	0.0016	0.0007-0.0098
MODA	Assembling(Welding) ⁽¹⁾	20	0.5639 \pm 1.5832	0.0477	0.0025-7.0710

Note : MPAMVE : Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines

MPPS : Metal product plating services

MTRTI : Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed

MOGPM : Manufacturing of other general purpose machinery not elsewhere classified

MODA : Manufacturing of other domestic appliances not elsewhere classified

A.M. \pm S.D. : Arithmetic mean \pm Standard deviation

G.M. : Geometric mean

⁽¹⁾ : No of excesses value to TLV : 7

(0.0162 mg/m³), 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업의 용접공정(기하평균)은 0.0189 \pm 0.0123 mg/m³(0.0156 mg/m³), 선철주물 제조업의 후처리공정 가우징(기하평균)작업시 0.0165 \pm 0.0118 mg/m³(0.0192 mg/m³), 도금업의 도금공정(기하평균)에서 0.0147 \pm 0.0171 mg/m³(0.0076 mg/

m³), 제강업의 조괴공정(기하평균)이 0.0130 \pm 0.0042 mg/m³(0.0127 mg/m³), 철강선 제조업에서 도금공정(기하평균)은 0.0128 \pm 0.0071 mg/m³(0.0102 mg/m³), 선철주물 제조업의 후처리공정 용접(기하평균)작업시에는 0.0122 \pm 0.0119 mg/m³(0.0078 mg/m³), 제강업의 주조공정(기하평균)은

Table 6. Concentration of chromium(Cr) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M. \pm S.D. (mg/m ³)	G.M. (mg/m ³)	Range (mg/m ³)
GIF	Molding	6	0.0085 \pm 0.0082	0.0065	0.0038-0.0250
	Melting	22	0.1114 \pm 0.2793	0.0212	0.0020-1.1510
	Finishing(Welding)	5	0.0122 \pm 0.0119	0.0078	0.0030-0.0324
	Finishing(Gauging)	5	0.0165 \pm 0.0118	0.0192	0.0013-0.0302
MBS	Melting	8	0.0080 \pm 0.0063	0.0064	0.0018-0.0220
	Casting	5	0.0108 \pm 0.0024	0.0106	0.0088-0.0142
	Ingot molding	5	0.0130 \pm 0.0042	0.0127	0.0090-0.0190
MSW	Plating	5	0.0128 \pm 0.0071	0.0102	0.0037-0.0210
MM	Plating	5	0.0190 \pm 0.0100	0.0162	0.0090-0.0290
MPAMVE	Plating ⁽¹⁾	5	0.0332 \pm 0.0255	0.0215	0.0070-0.0629
MPPS	Plating ⁽²⁾	12	0.0147 \pm 0.0171	0.0076	0.0020-0.0550
MTRTI	Welding ⁽³⁾	29	0.0965 \pm 0.1435	0.0323	0.0030-0.5450
MOGPM	Welding	7	0.0189 \pm 0.0123	0.0156	0.0056-0.0400

Note : GIF : Gray iron foundries

MBS : Manufacturing of basic steel

MSW : Manufacturing of steel wire

MM : Manufacturing of motorcycle

MPAMVE : Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines

MPPS : Metal product plating services

MTRTI : Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed

MOGPM : Manufacturing of other general purpose machinery not elsewhere classified

A.M. \pm S.D. : Arithmetic mean \pm Standard deviation

G.M. : Geometric mean

⁽¹⁾ : No of excesses value to TLV : 1

⁽²⁾ : No of excesses value to TLV : 1

⁽³⁾ : No of excesses value to TLV : 11

0.0108 \pm 0.0024 mg/m³(0.0106 mg/m³), 선철주물 제조업에서 조형공정(기하평균)이 0.0085 \pm 0.0082 mg/m³(0.0065 mg/m³), 제강업의 용해공정(기하평균)이 0.0080 \pm 0.0063 mg/m³(0.0064 mg/m³)의 순이었으며, 선철주물 제조업의 용해공정과 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의 용접공정에서 산술평균이 허용기준치를 초과하였다.

D. Copper

5개업종 5개공정을 대상으로 한 구리발생 업종별, 공정별 농도는 표7과 같다.

구리발생 업종은 선철주물 제조업, 자동차부품 제조업, 도금업, 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업, 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 구리의 산술

평균은 자동차부품 제조업의 용접공정(기하평균)에서 0.0749 \pm 0.1696 mg/m³(0.0105 mg/m³), 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의 용접공정(기하평균)은 0.0640 \pm 0.0849 mg/m³(0.0414 mg/m³), 도금업의 도금공정(기하평균)이 0.0394 \pm 0.0417 mg/m³(0.0210 mg/m³), 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업의 조립공정 용접(기하평균)작업시 0.0185 \pm 0.0211 mg/m³(0.0101 mg/m³), 선철주물 제조업의 용해공정(기하평균)은 0.0148 \pm 0.0212 mg/m³(0.0045 mg/m³)순이었으며, 산술평균과 기하평균이 모두 허용기준치에 미달하였다.

E. Manganese

5개업종 10개공정을 대상으로 한 망간발생 업종별, 공정별농도는 표8과 같다.

Table 7. Concentration of copper(Cu) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No. of samples	A.M. ± S.D. (mg/m ³)	G.M. (mg/m ³)	Range (mg/m ³)
GIF	Melting	6	0.0148 ± 0.0212	0.0045	0.0009-0.0500
MPAMVE	Welding ⁽¹⁾	15	0.0749 ± 0.1696	0.0105	0.0015-0.4950
MPPS	Plating ⁽²⁾	5	0.0394 ± 0.0417	0.0210	0.0030-0.1060
MTRTI	Welding ⁽³⁾	5	0.0640 ± 0.0849	0.0414	0.0030-0.1840
MODA	Assembling(Welding)	22	0.0185 ± 0.0211	0.0101	0.0010-0.0890

Note : GIF : Gray iron foundries

MPAMVE : Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines

MPPS : Metal product plating services

MTRTI : Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed

MODA : Manufacturing of other domestic appliances not elsewhere classified

A.M. ± S.D. : Arithmetic mean ± Standard deviation

G.M. : Geometric mean

⁽¹⁾ : No of excesses value to TLV : 2

⁽²⁾ : No of excesses value to TLV : 1

⁽³⁾ : No of excesses value to TLV : 1

망간발생 업종은 선철주물 제조업, 제강업, 자동차부품 제조업, 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업, 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 망간의 산술평균은 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의 용접공정(기하평균)에서 0.5813 ± 0.7635 mg/m³ (0.2278 mg/m³), 선철주물 제조업의 용해공정(기하평균)이 0.3851 ± 1.0149 mg/m³ (0.0269 mg/m³), 제강업의 주조공정(기하평균)은 0.2198 ± 0.2027 mg/m³ (0.1011 mg/m³), 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업의 용접공정(기하평균)에서 0.1595 ± 0.2016 mg/m³ (0.0947 mg/m³), 제강업의 용해공정(기하평균)은 0.1292 ± 0.1014 mg/m³ (0.0602 mg/m³), 선철주물 제조업의 후처리공정 가우징(기하평균) 작업시 0.1240 ± 0.0857 mg/m³ (0.0900 mg/m³), 용접(기하평균) 작업시 0.0445 ± 0.0507 mg/m³ (0.0172 mg/m³), 제강업의 조괴공정(기하평균)이 0.0340 ± 0.0174 mg/m³ (0.0278 mg/m³), 선철주물 제조업의 조형공정(기하평균)은 0.0109 ± 0.0081 mg/m³ (0.0067 mg/m³), 자동차부품 제조업의 용접공정(기하평균)이 0.0059 ± 0.0025 mg/m³ (0.0054 mg/m³) 순이었다.

산술평균과 기하평균이 모두 허용기준치에 미달하였으며 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의

용접공정에서 산술평균이 허용기준치에 근접하였다.

F. Nickel

5개업종 10개공정을 대상으로 한 니켈발생 업종별, 공정별 농도는 표9와 같다.

니켈발생 업종은 선철주물 제조업, 제강업, 도금업, 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업, 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 니켈의 산술평균은 선철주물 제조업의 용해공정(기하평균)에서 0.1001 ± 0.2776 mg/m³ (0.0099 mg/m³), 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의 용접공정(기하평균)은 0.0795 ± 0.1468 mg/m³ (0.0419 mg/m³), 선철주물 제조업에서 후처리공정의 가우징(기하평균) 작업시 0.0557 ± 0.0614 mg/m³ (0.0111 mg/m³), 용접(기하평균) 작업시 0.0223 ± 0.0075 mg/m³ (0.0207 mg/m³), 제강업의 조괴공정(기하평균)은 0.0078 ± 0.0016 mg/m³ (0.0076 mg/m³), 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업의 용접공정(기하평균)이 0.0076 ± 0.0047 mg/m³ (0.0067 mg/m³), 제강업의 주조공정(기하평균)은 0.0066 ± 0.0022 mg/m³ (0.0063 mg/m³), 도금업의 도금공정(기하평균)에서 0.0057 ± 0.0029 mg/m³ (0.0043 mg/m³), 제강업의 용해공정(기하평균)은 0.0045 ± 0.0034 mg/m³

Table 8. Concentration of manganese(Mn) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M.±S.D. (mg/m ³)	G.M. (mg/m ³)	Range (mg/m ³)
GIF	Molding	12	0.0109±0.0081	0.0067	0.0006-0.0210
	Melting ⁽¹⁾	30	0.3851±1.0149	0.0269	0.0020-4.7877
	Finishing(Welding)	6	0.0445±0.0507	0.0172	0.0020-0.1145
	Finishing(Gauging)	5	0.1240±0.0857	0.0900	0.0290-0.2366
MBS	Melting	9	0.1292±0.1014	0.0602	0.0097-0.3110
	Casting	5	0.2198±0.2027	0.1011	0.0139-0.4954
	Ingot molding	6	0.0340±0.0174	0.0278	0.0100-0.0500
MPAMVE	Welding	5	0.0059±0.0025	0.0054	0.0030-0.0092
MTRTI	Welding ⁽²⁾	25	0.5813±0.7635	0.2278	0.0159-3.0700
MOGPM	Welding	5	0.1595±0.2016	0.0947	0.0100-0.4445

Note : GIF : Gray iron foundries

MBS : Manufacturing of basic steel

MPAMVE : Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines

MTRTI : Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed

MOGPM : Manufacturing of other general purpose machinery not elsewhere classified

A.M. ± S.D. : Arithmetic mean ± Standard deviation

G.M. : Geometric mean

⁽¹⁾ : No of excesses value to TLV : 4

⁽²⁾ : No of excesses value to TLV : 4

Table 9. Concentration of nickel(Ni) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M.±S.D. (mg/m ³)	G.M. (mg/m ³)	Range (mg/m ³)
GIF	Molding	5	0.0014±0.0010	0.0008	0.0001-0.0023
	Melting ⁽¹⁾	13	0.1001±0.2776	0.0099	0.0019-1.0170
	Finishing(Welding)	5	0.0223±0.0075	0.0207	0.0117-0.0287
	Finishing(Gauging)	5	0.0557±0.0614	0.0111	0.0048-0.0203
MBS	Melting	7	0.0045±0.0034	0.0037	0.0018-0.0110
	Casting	5	0.0066±0.0022	0.0063	0.0042-0.0096
	Ingot molding	5	0.0078±0.0016	0.0076	0.0056-0.0091
MPPS	Plating	6	0.0057±0.0029	0.0043	0.0010-0.0090
MTRTI	Welding ⁽²⁾	29	0.0795±0.1468	0.0419	0.0014-0.5776
MOGPM	Welding	10	0.0076±0.0047	0.0067	0.0037-0.0190

Note : GIF : Gray iron foundries

MBS : Manufacturing of basic steel

MPPS : Metal product plating services

MTRTI : Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed

MOGPM : Manufacturing of other general purpose machinery not elsewhere classified

A.M. ± S.D. : Arithmetic mean ± Standard deviation

G.M. : Geometric mean

⁽¹⁾ : No of excesses value to TLV : 1

⁽²⁾ : No of excesses value to TLV : 4

Table 10. Concentration of lead(Pb) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M. S.D. (mg/m ³)	G.M. (mg/m ³)	Range (mg/m ³)
MSW	Plating ⁽¹⁾	5	0.0408 ± 0.0342	0.0332	0.0230-0.0920
MM	Welding	5	0.0150 ± 0.0021	0.0148	0.0129-0.0170
MPAMVE	Welding ⁽²⁾	45	0.0290 ± 0.0710	0.0140	0.0020-0.4499
	Plating	5	0.0195 ± 0.0043	0.0190	0.0130-0.0250
	Assembling(Brazing) ⁽³⁾	10	0.0201 ± 0.0148	0.0174	0.0115-0.0580
MOGPM	Assembling(Brazing) ⁽⁴⁾	6	0.0660 ± 0.0280	0.0598	0.0370-0.0940
MODA	Assembling(Welding) ⁽⁵⁾	20	0.0182 ± 0.0246	0.0101	0.0015-0.3200

Note : MSW : Manufacturing of steel wire

MM : Manufacturing of motorcycle

MPAMVE : Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines

MOGPM : Manufacturing of other general purpose machinery not elsewhere classified

MODA : Manufacturing of other domestic appliances not elsewhere classified

A.M. ± S.D. : Arithmetic mean ± Standard deviation

G.M. : Geometric mean

⁽¹⁾ : No of excesses value to TLV : 1

⁽²⁾ : No of excesses value to TLV : 2

⁽³⁾ : No of excesses value to TLV : 1

⁽⁴⁾ : No of excesses value to TLV : 2

⁽⁵⁾ : No of excesses value to TLV : 4

(0.0037 mg/m³), 선철주물 제조업의 조형공정(기하평균)이 0.0014±0.0010 mg/m³(0.0008 mg/m³)순이었으며 선철주물 제조업의 용해공정이 산술평균을 초과하였다.

G. Lead

5개업종 7개공정을 대상으로 한 연발생 업종별, 공정별 농도는 표10과 같다.

연발생 업종은 철강선 제조업, 이륜자동차 제조업, 자동차부품 제조업, 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업, 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 연의 산술평균은 달리 분류되지 않은 일반 목적용 기계 제조업의 조립공정 납땜(기하평균)작업시 0.0660±0.0280 mg/m³(0.0598 mg/m³), 철강선 제조업의 도금공정(기하평균)은 0.0408±0.0342 mg/m³(0.0332 mg/m³), 자동차부품 제조업에서 용접공정(기하평균)이 0.0290±0.0710 mg/m³(0.0140 mg/m³), 조립공정 납땜(기하평균)작업시 0.0201±0.0148 mg/m³(0.0174 mg/m³), 도금공정(기하평균)은 0.0195±0.0043 mg/m³(0.0190 mg/m³), 달리 분

류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업의 조립공정 용접(기하평균)작업시 0.0182±0.0246 mg/m³(0.0101 mg/m³), 이륜자동차 제조업의 용접공정(기하평균)이 0.0150±0.0021 mg/m³(0.0148 mg/m³)의 순이었으며 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업의 조립공정 납땜(기하평균)작업시 산술평균 및 기하평균이 모두 허용기준치를 초과하였고 철강선 제조업의 도금공정에서는 산술평균과 기하평균이 허용기준치에 근접하였다.

H. Tin

2개업종 2개공정을 대상으로 한 주석발생 업종별, 공정별 농도는 표11과 같다.

주석발생 업종은 도금업, 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 주석의 산술평균은 도금업의 도금공정(기하평균)에서 0.1090±0.0430 mg/m³(0.0971 mg/m³), 달리 분류되지 않은 기타 일반 목적용 기계 제조업의 용접공정(기하평균)은 0.0499±0.0473 mg/m³(0.0279 mg/m³)순이었으며 산술평균과 기하평균이 모두 허용기준치에 미달하였다.

Table 11. Concentration of tin(Sn) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M.±S.D. (mg/m³)	G.M. (mg/m³)	Range (mg/m³)
MPPS	Plating	6	0.1090±0.0430	0.0971	0.0400-0.1500
MOGPM	Welding	7	0.0499±0.0473	0.0279	0.0037-0.1060

Note : MPPS : Metal product plating services

MOGPM : Manufacturing of other general purpose machinery not elsewhere classified

A.M. ± S.D. : Arithmetic mean ± Standard deviation

G.M. : Geometric mean

Table 12. Concentration of zinc(Zn) by the type of working processes and industries

Type of Industry	Working process	No.of samples	A.M.±S.D. (mg/m³)	G.M. (mg/m³)	Range (mg/m³)
GIF	Melting	7	1.3004±0.9896	0.8436	0.2300-2.2900
MSW	Plating	8	0.1909±0.1354	0.1342	0.0122-0.4100
MPAMVE	Welding	7	0.1746±0.1228	0.0989	0.0771-0.4000
	Plating	6	0.2877±0.3528	0.1041	0.0300-0.7653
MPPS	Plating	10	0.1707±0.2011	0.0904	0.0270-0.5890
MTRTI	Welding	6	0.6380±0.2331	0.5951	0.3600-0.9700
MODA	Assembling(Welding)	8	0.8452±1.3697	0.3757	0.1100-3.2920

Note : GIF : Gray iron foundries

MSW : Manufacturing of steel wire

MPAMVE : Manufacturing of parts and accessories for motor vehicles and its engines

MPPS : Metal product plating services

MTRTI : Manufacturing of tanks, reservoirs of type installed

MODA : Manufacturing of other domestic appliances not elsewhere classified

A.M. ± S.D. : Arithmetic mean ± Standard deviation

G.M. : Geometric mean

l. Zinc

6개업종 7개공정을 대상으로 한 아연발생 업종별, 공정별 농도는 표12와 같다.

아연발생 업종은 선철주물 제조업, 철강선 제조업, 자동차부품 제조업, 도금업, 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업, 달리 분류되지 않은 가정용 기구 제조업이며 이들 업종 및 공정에서 발생하는 아연의 산술평균은 선철주물 제조업의 용해공정(기하평균)에서 $1.3004 \pm 0.9896 \text{ mg/m}^3$ (0.8436 mg/m^3), 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업의 조립공정 용접(기하평균)작업시 $0.8452 \pm 1.3697 \text{ mg/m}^3$ (0.3757 mg/m^3), 설치용 금속탱크 및 가공저장용기 제조업의 용접공정(기하평균)은 $0.6380 \pm$

0.2331 mg/m^3 (0.5951 mg/m^3), 자동차부품 제조업의 도금공정(기하평균)이 $0.2877 \pm 0.3528 \text{ mg/m}^3$ (0.1041 mg/m^3), 철강선 제조업의 도금공정(기하평균)은 $0.1909 \pm 0.1354 \text{ mg/m}^3$ (0.1342 mg/m^3), 자동차부품 제조업의 용접공정(기하평균)이 $0.1746 \pm 0.1228 \text{ mg/m}^3$ (0.0989 mg/m^3), 도금업의 도금공정(기하평균)에서 $0.1707 \pm 0.2011 \text{ mg/m}^3$ (0.0904 mg/m^3) 순이었으며 산술평균과 기하평균이 모두 허용기준치에 미달하였다.

IV. 고 찰

알루미늄은 가볍고, 내식, 내구성이 좋으므로 도장재, 자동차산업, 건축재, 합금, 군수산업, 항공

기, 조선산업에 주로 이용되며 천연 알루미늄광물과 bentonite, clays는 양조, 제지산업의 물과 설탕의 탈황제로 사용되며 알루미늄화합물 (Na_3AlO_3)과 Alum($\text{NaAl}(\text{SO}_4)$)은 식품산업에서 응집제 및 뛰어난 열전도재로서 라디에이터, 석유, 화학 및 다른 산업의 열변환재로 이용된다.

기중농도 107-351 mg/m^3 의 알루미늄용접흡에 장기간(20-21년) 폭로된 작업자의 노중 알루미늄농도는 폭로되지 않은 사람의 노중 알루미늄농도의 10배 이상이며 노중 알루미늄농도는 폭로가 중지되더라도 수년동안 높은 농도를 보였으며, TLV-TWA농도의 근접한 공기중 알루미늄농도에 폭로된 7명의 작업자의 작업종료시 노중 알루미늄농도는 상당히 높았으며 금요일 아침이 월요일 아침보다 더높게 나타났다(Clayton과 Clayton, 1994).

일본의 경우 32세된 남자근로자가 급속성 알루미늄분진에 3.5년동안 폭로된 후 만성적인 폐질환에 의하여 사망하였다는 보고가 있었으며(Ueda M등, 1958), 알루미늄 연마제 생산공정에서 산화알루미늄에 폭로된 작업자에게 비악성호흡기질환과 비정상적인 X-ray소견의 예가 보고되었으며 도기를 제조하는 근로자나 알루미늄제련공에 있어 직업적 천식이 나타난 경우도 있다(Clayton과 Clayton, 1994).

본 연구에서 허용기준($5 \text{ mg}/\text{m}^3$)을 산술평균과 기하평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 산술평균이 초과한 공정은 설치용 급속탱크 및 가공 저장용기 제조업의 용접공정에서 $7.7710 \pm 9.2321 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($3.4351 \text{ mg}/\text{m}^3$)뿐이었고, 나머지 산업장에서는 허용기준에 훨씬 미달하였으며 이는 1973년 미국의 1차 알루미늄 재생공정에서의 $1.2-18.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Shuler와 Bierbaum, 1974)와 유사한 결과로 나타났다.

카드뮴은 전성과 연성이 있으며 내식성이 강한 특성이 있어 니켈, 금, 은 그리고 알루미늄등의 합금과 공기나 전기부식이 강하여 전기도금에 가장 널리 쓰이며 염화비닐의 안정제 및 형광등의 제조에 이용되며 반도체와 자동차 및 항공기의 제조산업에 널리 사용되고 있고 안료와 유리등의 제조, 은땜 등에 이용되고 있는 중금속이다(Zenz, 1993).

카드뮴은 급성중독과 만성중독으로 구분되는데 급성중독은 카드뮴이나 카드뮴합금의 용접작업등에서 발생한 산화카드뮴의 고농도 흡과 분진을 흡입해서 일어난다. 이 급성중독은 기중농도 $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상에서

8시간 폭로되었을 때 일어나며 화학성 폐렴 (Chemical pneumonitis)의 원인이 된다. 만성중독은 카드뮴 흡이나 분진을 장기간 걸쳐 흡입함으로써 일어나는데, 기중농도 $0.005 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상의 카드뮴을 2년 이상 흡입하는 경우에 나타난다. Friberg(1950)는 만성중독에서 가장 현저한 변화는 호흡기계와 있고, 폐기종과 취각장해가 높은 빈도를 보였다고 한다(대한산업보건협회, 1995).

최근에는 카드뮴에 의한 세뇨관 손상이 오고 단백뇨가 있는 근로자에게서 신결석이 많이 발생하는 것도 밝혀지고 있다(Jarup와 Elinder, 1993). 또한 신장장해를 일으키기에 충분한 정도의 카드뮴에 폭로되면 후각장해도 나타난다는 연구도 있다(Rose 등, 1993). 우리나라에서는 아직 카드뮴에 의한 직업성질환이 공식적으로 인정된 것은 없지만 카드뮴중독을 의심하는 사건이 발생하여 사회적으로 크게 문제된 적이 있으며(조수현등, 1991) 현재 우리나라 근로자는 상대적으로 근무기간이 짧아 누적폭로량이 높지않은 것으로 추정되며 앞으로 누적폭로량증가에 따라 카드뮴에 의한 신세뇨관 손상등의 장해가 발생할 가능성이 높은 것으로 추정하고 있다(강성규등, 1995).

본 연구에서 허용기준($0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$)을 기하평균과 산술평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 산술평균이 초과한 공정은 달리 분류되지 않은 기타 가정용 기구 제조업의 용접공정에서 $0.5639 \pm 1.5832 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($0.0477 \text{ mg}/\text{m}^3$)뿐이었으며 이공정은 강성규등(1995)이 제시한 카드뮴 폭로수준의 분류에 의하면 고폭로군 ($0.01 \text{ mg}/\text{m}^3$ 이상)에 포함되었으며 나머지 산업장은 중폭로군 ($0.01-0.001 \text{ mg}/\text{m}^3$)에 포함되었다.

크롬은 크롬산이나 중크롬산제조업, 화학비료공업, 염색공업, 시멘트제조업, 크롬도금업, 피혁제조업, 인쇄업등에 널리 사용되고 있으며, 호흡기, 소화기 및 피부를 통하여 체내에 흡수되어 간장, 신장, 부갑상선 및 골수에 축적되며 주로 신장을 통하여 배설된다. 크롬화합물에 의한 급성중독으로는 신장장애, 위장염, 급성폐렴등을 들 수 있으며 만성중독으로는 코, 폐 및 위장의 점막에 병변을 일으키는 것이 특징적이고 피부괴양, 습진, 담마진을 일으키기도 한다(Lest, 1980).

근로자들은 비중격천공이되면 회복될 수 없는 큰

직업병에 걸린 것으로 오해하고 몹시 상심하는 수가 많은데 비중격천공자체는 그렇게 우려할 만한 질병은 아니다. 그보다 중요한 것은 우리나라에서는 보고된 적은 없지만 크롬이 폐암을 일으킬 수 있다는 점이다. 크롬화합물과 폐암에 대해서는 Lehman이 1911과 1912년에 각 1명의 크롬에 의한 폐암환자를 최초로 보고한 이래 크롬의 발암작용에 대해서는 많은 보고가 있을 정도로 크롬의 발암성은 많이 알려져 있으며 비대한 관심을 모으고 있다(이체인등, 1990). 그러나 폐암은 다른 원인에 의해 발생하는 수가 많기때문에 크롬에 의해 발생한 폐암이라고 하기는 어려운 경우가 많다.

우리나라에서 크롬중독환자는 지난 80년까지는 10명이내로 보고되어오다가 88년 269명, 89년 135명등 최근에는 경인지역 도금산업장을 중심으로 집단적으로 발견되었다(강성규, 1991).

본 연구에서 허용기준(0.05 mg/m^3)을 산술평균과 기하평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 산술평균이 초과한 산업장은 선철주물 제조업의 용해공정에서 $0.1114 \pm 0.2793 \text{ mg/m}^3$ (0.0212 mg/m^3)과 설치용 금속탱크 및 가공 저장용기 제조업의 용접공정 $0.0965 \pm 0.1435 \text{ mg/m}^3$ (0.0323 mg/m^3)이었으며 이는 독일의 철강 용접공들중에서 아아크용접부서 0.04 mg/m^3 , 가스용접부서 0.10 mg/m^3 (Angerer등, 1987)보다 훨씬 높은 값을 시현한 것으로 보아 추후 이들에 대한 작업환경 관리가 요망될 것으로 사료된다.

도금공정의 측정치는 자동차부품제조업 > 이륜자동차제조업 > 도금업순으로 도금업의 기중 크롬의 농도가 가장 낮았으며 경기도 안산시 도금업 산업장의 평균농도인 $0.002-0.0357 \text{ mg/m}^3$ (최호춘등, 1991)보다 비교적 낮은 수준이었다.

산업장에서 구리분진 및 흙에 폭로되는 작업자는 구리를 제련, 용융, 연마, 용접하는 작업 그리고 구리분말과 화합물을 포장하는 작업, 구리판을 판금하는 작업, 구리분말을 체질(Sieving)하는 작업, 전기도금, 살균제분무, 석판인쇄, 안료제조, 땀질(Solding), 분쇄, 배합, 성형, 소결하는 작업등에서 작업하는 작업자이다(Askergrem과 mellgrem, 1975).

구리분진이나 흙, 미스트를 흡입하면 코안의 점막, 인후에 충혈을 가져오고 때에 따라서 비중격천공이 나타나는 수가 있다. 과다섭취하면 구토중세와

위통과 설사등을 유발할 수 있으나 그럴 가능성은 희박하다. 만성중독은 거의 보고된 바 없고 월손씨병 환자의 경우에만 만성중독이 보고된 바 있다(정호근등, 1991).

지금까지 보고된 연구자료에 의하면 구리분진의 허용기준치 1 mg/m^3 이하의 농도인 $0.075-0.120 \text{ mg/m}^3$ 의 구리분진 폭로작업자는 코의 건강장애와 금속열(Mack-isonemd등, 1981), $0.6-1.0 \text{ mg/m}^3$ 에 폭로된 작업자에서는 경미한 용혈성 빈혈등이 보고되고 있다(Finelli등, 1981). 우리나라 동 취급 사업장 근로자의 건강장해에 대한 작업자가 호소한 건강장해로는 알레르기성접촉성피부염, 비출열, 금속맛, 호흡기자극, 금속열순이었다(정재열, 1993).

본 연구에서 허용기준(0.1 mg/m^3)을 산술평균과 기하평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 자동차부품 제조업 및 설치용 금속탱크 및 가공 저장용기 제조업의 용접공정이 각각 $0.0749 \pm 0.1696 \text{ mg/m}^3$ (0.0105 mg/m^3), $0.0640 \pm 0.0849 \text{ mg/m}^3$ (0.0414 mg/m^3)등으로 산술평균이 허용기준에 근접하였다.

망간은 인체와 동물의 발육이나 성장에 필수금속으로써 생체내에는 일정한 정도의 농도를 유지하고 있다(김준연등, 1989). 산업장에서 망간의 흡수는 주로 호흡기로 망간분진을 흡수하는데서 발생하고 열악한 작업장이나 개인위생이 불량할 때 위장관으로 흡수되는 경우도 있다.

망간중독은 채광, 원석분쇄 및 합금을 만드는 과정에서 많이 발생하는 것으로 알려져 있으며 망간은 건전지 생산에 이용되므로 망간중독이 축전지 공장에서도 보고되어왔다. 그외 망간은 사진현상약인 하이드로퀴논이나 소독제인 과망간산칼륨을 생산하는데 이용되고 세라믹제품, 염료, 페인트, 바니쉬, 건조제, 진균제와 약용으로 이용된다(강성규, 1991).

망간중독은 19세기초에 처음으로 보고되어 최근까지 많이 보고되었으나 아직도 환자 자신이 망간증에 걸렸다는 사실을 알지 못한 경우에는 더 많을 것으로 추정된다. 만성중독에 의한 자각증상으로는 초기에는 두통, 피로, 권태감, 식욕부진, 불면, 관절염, 근육의 통증, 경련등이 나타나고 증상이 진행되면 회화장애, 근력감퇴, 운동장애, 소자증이나 진전, 보행장애, 돌진증, Parkinson's 증후군과 같은 증상을 초래한다고 한다(Kamiya, 1975).

본 연구에서 허용기준(1 mg/m^3)을 산술평균과 기

하평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 설치용 금속탱크 및 가공 저장용기 제조업의 용접공정 $0.5813 \pm 0.7635 \text{ mg/m}^3$ (0.2278 mg/m^3)의 산술평균이 허용기준치에 근접하였으며 이는 Chandra등 (1981)이 보고한 망간을 포함하는 용접봉으로 용접하는 근로자들의 서로 다른 3개 업체에서 평균농도인 0.31 mg/m^3 , 0.57 mg/m^3 및 1.74 mg/m^3 와 유사한 값을 나타내었다.

니켈은 다른 금속과 섞이면 강도가 증가하고 산, 알칼리등의 부식에 강하며 stainless steel, 각종 합금이나 도금, 알칼리전지공정, 촉매, 동전제조, 에나멜세라믹등의 무기색소로도 널리 이용된다. 니켈은 홍토(Lateritic)광산이나 니켈황화합물의 roasting작업시 분진에 의한 건강장해를 입는것으로 나타났다.

일반적으로 음식, 공기, 물에 소량 함유되어 있으며 작업장에서의 폭로위험은 작업환경이 불량한 장소에서의 취식, 흡입 및 피부접촉이다. 1981-1983년 사이 미국에서 니켈금속, 합금, 무기니켈화합물에 폭로된 작업자는 잠정적으로 727,240명이었으며 니켈 생산이 정지되자 감소되었다(Kirk, 1989).

니켈폭로는 주로 용해, 주물, 용접시에 발생하는 산화니켈 흡입 및 분진이며, 피부폭로는 보석, 동전등과 같은 것의 접촉으로 인한 비직접성환경 및 니켈을 함유하는 공구의 취급으로 발생한다(WHO, 1991).

니켈은 제련공장에서 악성종양이 자주 발생되며, 1978년 445건의 폐암 및 152건의 비강암이 니켈 제련공장의 근로자에게 발생되었음이 보고된 이래 (Clayton, 1994) 니켈은 발암작용을 지닌 물질로 주목되고 있다. 니켈에 폭로되면 폐암, 비강암, 독성이 강한 니켈카보닐($\text{Ni}(\text{CO})_4$)의 증기흡입으로 인한 호흡기장애와 전신중독, 수용성 니켈염무질에 의한 만성비염, 부비동염, 비중격천공, 접촉성피부염, 정신과민반응의 감작성, 태독성(embryotoxicity), 최기성(teratogenicity)등의 중독증상이 나타나며, 특히 가장 독성이 강한 니켈카보닐은 두통, 흥통, 호흡곤란, 현기증과 중추신경장해를 유발한다(National Academy of Sciences, 1975). 이는 니켈카보닐 자체의 자극증과 흡수후 분해된 일산화탄소의 작용에 기인된 것으로 보고있다.

1927년에서 1981년동안 grinding materials,

grinding agents와 stainless steel분진에 3개월 이상 폭로된 스웨덴의 1164명의 남자근로자에 대해 1975-1981년동안 작업장내 공기중 총분진 농도를 측정한 결과 grinding 공정에서 약 1 mg/m^3 (Cr 약 0.1 mg/m^3 , Ni 약 0.05 mg/m^3)으로 1950년 이전이 근래보다 훨씬 농도가 높을 것으로 생각된다 (Clayton, 1994).

본 연구에서 허용기준(1 mg/m^3)을 산술평균과 기하평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 도금업 산업장의 도금공정 측정치를 경기도 안산시 도금작업장의 평균농도인 $0.0011-0.0186 \text{ mg/m}^3$ (최호준, 1991)과 비교해볼 때 비교적 낮은 수준이었으며 이는 대상 사업장, 측정 방법, 측정 시기등의 차이뿐만 아니라 환기시설 유.무등 작업 환경 개선등에 의한 차이에서 기인한 것으로 사료된다.

산업장에서 연폭로는 연제련 및 연정련, 축전지제조, 색소제조, PVC제조, 연합(soft solder)제조, 도기제조, 납유리제조, 조선 및 선박수리, 자동차 라디에이터수리, 인쇄 및 선박이나 다른 금속구조물의 분쇄시에 야기될 수 있으며 탄환제조 및 일부 용접작업시 높지는 않지만 연에 폭로된다(강성규, 1991).

이와같은 연폭로 위험부서에 근무하고 있는 근로자는 선진국의 경우 총근로자들 중 약 1 %에 해당한다고 한다(John, 1980).

호흡기를 통하여 흡입된 연은 약 20-25 %, 소화기를 통하여 섭취된 연은 약 10 % 가량이 각각 체내로 흡수된다고 하며 섭취된 연은 주로 소변과 대변으로 배설되지만(신해림등, 1986) 다량 흡수되어 체내에 축적이 되면 조혈계, 소화기계, 신경계, 신장계, 내분비계 및 생식계에 대한 장애와 세포유전학적 장애 및 면역기전이상등을 초래한다고 하며 이 가운데 조혈기능의 장애가 가장 현저하고 중요하다고 한다(Lest, 1980).

연의 사용, 연에 의한 장애와 유행에 관한 경험과 지식들은 매우 오랜 역사를 가지는 반면 연에 관련된 여러가지 보건학적 문제에 대한 관심은 오늘날 더욱 고조되고 있는 실정이다(김준연등, 1985).

본 연구에서 허용기준(0.05 mg/m^3)을 산술평균과 기하평균이 모두 초과한 산업장은 달리 분류되지않는 기타 일반 목적용 기계 제조업의 조립공정 납땜작업시 $0.0660 \pm 0.0280 \text{ mg/m}^3$ (0.0598 mg/m^3)이었

다. 비교적 연 사용량이 많고 연취급 근로자가 많은 산업장을 대상으로 한 조립업의 기중 연 평균농도인 0.76 mg/m^3 (김광중, 1990)에 비교하면 훨씬 낮은 수준이었다.

주석은 내식성이 강하여 강철의 대기중(공기, 습기)접촉으로 인한 급속한 부식을 방지하기 위해 사용되며 주석도금은 식품에 함유되어 있는 유기산이 강철과의 반응을 방지하기 위해 주로 사용된다.

Tributyl Tin acetate와 bis(tri-n-butyl tin)oxide와 같은 Organic Tin(유기주석)화합물은 P.V.C중합체의 안정제 및 가죽, 옷감, 농작물, 해양Paint의 반해초제와 같은 반미생물제제로 이용된다. 유기주석화합물은 종이, 목재, 옷감 및 가죽을 보호하기 위한 살충제, 살균제, 박테리아 살균제 및 생물제제로서 매우 활발하게 사용된다(Clayton, 1994).

주석황화합물광석의 채굴과정에서 silica, lead, arsenic폭로뿐만 아니라 roasting, smelting과정에서 bismuth, antimony에 폭로된다. 산화주석(SnO_2) 자루에서 발생하는 분진 및 주석용해로 용탕작업에서 발생하는 흡은 양성진폐증을 야기할 수도 있다. 유기주석은 triphenyl tin chloride에서 유기주석염의 배합시 폭발위험뿐만 아니라 피부, 눈, 점막에 염증을 일으키며 심각한 건강장해로 인한 죽음을 초래할 수도 있다. 흡입 및 경구에 의한 정상적인 흡수경로에 의한 무기주석염이 의외로(비교적) 무해한 반면, 일반적으로 이러한 경구에 의한 유기주석화합물들이 높은 독성을 나타내는 것으로 알려져 있다.

무기주석은 소화기관을 통한 흡수는 극소량이며, 대부분 조식을 통해 흡수되며 흡수된 주석의 대부분은 대변으로 배설되고 소변으로는 소량 배설된다.

칠레의 주물공장의 경우 작업장내 공기중에 Sn 14.9 mg/m^3 , Pb 0.1 mg/m^3 이고, Fe, Zn은 소량 검출되었으며, 다른 로작업에서도 Sn 8.6 mg/m^3 , Pb 0.02 mg/m^3 , Fe, Zn이 소량 검출되었다(Clayton, 1994).

본 연구에서 허용기준(2 mg/m^3)을 산술평균과 기하평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 대상 산업장은 허용기준에 훨씬 미달하였다.

아연은 카드뮴과 함께 사용되어 여러가지 합금(주로 청동), 아연용융도금 및 전기도금의 원료로 사용

되며, 재목의 방부제, 납땜의 Flux재료, 고무제조, 염료, 약취제거, 소독제등에 일부 사용되기도 하며, 사진복사, 페인트, 도자기, 락카, 바니쉬의 재료에 이용된다.

산화아연($45-870 \text{ mg ZnO/m}^3$)에 폭로되면 금속열(Metal fume fever)이 발생하는데 주말오후나 월요일에 가장 많이 발생되며 이러한 증상은 $8-12 \text{ mg/m}^3$ 의 흡폭로 작업자에게서는 관찰되지않는 반면, $400-870 \text{ mg/m}^3$ 에 1-3시간동안 폭로된 모든 작업자에게서 나타난다(ATSDR, 1989).

조선소내에서 산화아연에 폭로된 군을 조사한 결과 탱크내 전기용접공의 경우 폭로농도가 최고 58 mg/m^3 , 평균 18 mg/m^3 이었고, 상부구조물작업의 금속세공작업자의 경우 최고 50 mg/m^3 , 평균 12 mg/m^3 이었으며, 이들 작업자들은 질소산화물과 같은 다른 유해화합물에도 폭로되는 것으로 나타났다(Clayton, 1994).

본 연구에서 허용기준(5 mg/m^3)을 산술평균과 기하평균이 모두 초과한 산업장은 없었으며 대상 산업장은 모두 허용기준에 훨씬 미달하였다.

선철주물 제조업에서 선철(KS규격으로 불순물 5%이하)로 주물을 하는 경우 불순물 또는 합금으로서 니켈, 동, 아연은 함유되지 않은 선철을 사용하는 것으로 알려져 있으나 본 연구시 선철주물 제조업체의 용해로중에서 비철용해로가 일부 포함되어 있어 본자료에 영향을 준 것으로 사료된다.

금속류 작업시에는 가능한한 피부접촉을 금해야 하며 피부염이 발생시에는 작업전환등이 필요하며 작업후에는 목욕하고 외출복을 갈아 입는 등의 개인 위생을 철저히 해야 한다.

작업장에는 배기시설(전체, 국소)을 설치하고 개인보호구(방진마스크, 방독마스크, 송기마스크등) 착용 후 작업에 임하여 폭로요인을 줄여야 한다.

이상의 결과에 비추어 볼 때 기타 일반 목적용 기계제조업의 조립공정 납땜작업장의 연이 산술평균과 기하평균 모두 허용기준을 초과하므로 환기시설 미설치 작업장에는 환기시설의 설치와 환기시설이 기 설치된 작업장에는 환기시설 성능검사 및 추가설치 등의 적극적인 환경개선이 요구되며 생물학적 모니터링(Biological Monitoring) 등을 추가한 좀더 체계적인 연구가 필요하며 또한 금속을 취급하는 모든 공정들에 대한 작업 환경 추정시 이들 금속을 포함

하는 부유 분진만을 조사할 것이 아니라 부유 분진에 포함된 유해 금속들에 대한 성분 분석이 아울러 수행되어야하고 이를 위한 제도적 개선 및 교육이 필요한 것으로 사료된다.

V. 결 론

창원공단에 위치한 산업장내에서 업종별, 공정별로 발생하는 금속종류 및 농도를 파악하여 금속 발생 공정에서 작업하는 근로자의 작업환경개선과 근로자의 건강관리 및 향후 이와 관련된 연구에 도움이 되고자 본 연구를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 금속별 전체 기하평균농도 (범위)

- 1) Al: 0.1505 mg/m³ (0.0147 - 18.6100 mg/m³)
- 2) Cd: 0.0077 mg/m³ (0.0003 - 7.0710 mg/m³)
- 3) Cr: 0.0163 mg/m³ (0.0013 - 1.1510 mg/m³)
- 4) Cu: 0.0097 mg/m³ (0.0009 - 0.4950 mg/m³)
- 5) Mn: 0.0412 mg/m³ (0.0006 - 4.7877 mg/m³)
- 6) Ni: 0.0088 mg/m³ (0.0001 - 1.0170 mg/m³)
- 7) Pb: 0.0152 mg/m³ (0.0015 - 0.4499 mg/m³)
- 8) Sn: 0.0486 mg/m³ (0.0037 - 0.1500 mg/m³)
- 9) Zn: 0.1911 mg/m³ (0.0122 - 8.2920 mg/m³)

* Note : (Range)

2. 각 금속별 허용기준초과건수(총시료수)는 Al : 2개(67개), Cd : 7개(50개), Cr : 13개(119개), Cu : 4개(53개), Mn : 8개(108개), Ni : 5개(90개), Pb : 10개(96개)이었으며 Sn(13개)과 Zn(52개)은 허용기준을 초과한 건수가 없었다.

3. 산술평균과 기하평균이 모두 산업안전보건법상의 허용기준치를 초과한 업종의 공정과 금속 평균농도는 달리 분류되지않는 기타 일반 목적용 기계 제조업의 조립 공정(기하평균)에서 납땜작업시 Pb:0.0660±0.0280 mg/m³(0.0598 mg/m³)이었다.

이상의 결과로 볼때 기타 일반 목적용 기계제조업의 조립공정 납땜작업장의 연이 허용기준을 초과하므로 환기시설 미설치 작업장에는 환기시설의 설치와 환기시설이 기설치된 작업장에는 환기시설 성능검사 및 추가설치 등의 적극적인 환경개선이 요구되

며 생물학적 모니터링(Biological Monitoring) 등을 추가한 좀더 체계적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

강성규, 양정선, 김기용등. 우리나라 카드뮴 폭로근로자들의 혈중, 요중 카드뮴과 누적추적량에 따른 신장장해평가. 대한산업의학회지, 1995;7(1):101-110.

강성규. 기타 중금속의 유해성및 특수검진. 산업보건직무교육교재, 근로복지공사 중앙병원부설 직업병연구소, 직연보 21-91-3, 1991;65-75.

김광중. 납취급장의 작업환경. 납취급근로자의 건강장해. 근로복지공사 중앙병원부설 직업병연구소, 직연보 13-90-2, 1990;42-48.

김성천, 소태용. 유해작업환경관리에 관한 연구. 한국의 산업의학, 1973;12(2):1-11.

김준연, 김정만, 이채연등. 도시지역의 건강한 성인의 혈중 중금속 농도및 분포에 관한 연구. 부산의사회지, 1989;25(3).

김준연, 이채연, 전진호. 연취급 근로자들의 생화학적 검사에 관한 연구. 인체의학, 1985;6(3):427-436.

노동부. 산업안전보건법. 노동부, 1994.

노동부. '92 근로자 건강진단실시 결과분석. 대한산업보건협회, 일반건강진단협의회, 1993.

노동부. 유해물질의 허용농도. 산업위생업무편람, 노동부, 1994.

대한산업보건협회. 카드뮴중독. 산업보건, 1995;13:56.

상공부. 한국 표준산업분류. 상공부, 1992.

신해림, 김준연. 연폭로 지표들의 정상치에 관한 연구. 예방의학회지, 1986;19(2):167-176.

이채연, 문덕환, 이종태등. 부산지역 지하 생활권내의 공기 오염도에 관한 조사연구. 인체의학, 1990;11(1):99-114.

정호근, 윤영노, 김영식. 작업환경측정결과보고서 효성중공업창원공장. 근로복지공사 중앙병원부설직업병연구소, 직연보 26-91-1, 1991;133.

정재열. 동 취급작업장 공기중 동 농도와 생물학적 폭로지수. 산업위생학회지, 1993;3(1):78-90.

조수현, 김 현, 김선민. 아연용융도금작업 근로자의 카드뮴 폭로가능성에 관한 조사연구. 대한산업의학회지, 1991;3(2):153-164.

최호춘, 김해정, 정호근. 도금업근로자의 혈청과 공기중 크롬및 니켈농도. 한국산업위생학회지, 1991;1(2):117-127.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ATSDR), Toxicological profile for Zinc, 1989.

Askergren A, Mellgren M. changes in the nasal

mucosa after exposure copper salt dust, A preliminary report, *Scand. J. Work Environ. Heath.* 1975;1:45.

Clayton GD, Clayton FE. *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. 4th ed, Jone wiley & Sons, New York, 1994;1889-2337.

Finelli VN, Boscolop, Sallmei E. Anemia in men occupationally exposed to low levels of copper, CEP consult Ltd., Edinburgh, 1981;475-478.

Jarup L, Elinder CG. Incidence of renal stones among cadmium exposed battery workers. *Brit J Ind. Med.* 1993;50:598-602.

John ML. *Maxcy-Rosenau Public Health and Preventive Medicine*, 11th ed, Appleton-Century-Crofts, New York, 1980.

Kamiya A. 衛生化學, 1975;20:267-270.

Kirk WS. "Nickel", *Bureau of Mines Mineral Year Book*, Bureau of Mines, U.S. Department of Interior, 1989.

Lest JM. *Naxcy-Rosenau Public Health and preventive medicine*. 11th ed, New York, Appleton. Century Crofts. 1980.

Mackison FW, Stricoff RS, partridge LJ. *NIOSH/OSHA Occupational health guidelines for chemical hazards*, U.S. Department of Labor, Washing-

ton. 1981;1-5.

National Academy of Sciences. *National Research Council, Nickel-Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants*, National Academy of Sciences, Washington, DC, 1975.

Raffle PAB, Lee WR, McCallum RI. *Hunter's Diseases of Occupations*, Little Brown and Company, Boston, 1987;276-277.

Rose CS, Heywood PG, Costanzo RM. Olfactory impairment after chronic occupational cadmium exposure. *J. Occ. Med.* 1992;34(6):600-605.

Shuler PJ, Bierbaum PJ. Environmental surveys of Al reduction plants, HEW Publ. NO. (NIOSH), April, 1974;74-101

Shroeder HA. Hypertention in rats injection of cadmium, *Arch Environ Health* 1966;788-789.

Ueda M et al. *Kobe Journal, Medical Science*, 1958;4:91.

World Health Organization. *Environmental Health Criteria 106*, WHO, Geneva, 1991.

Zenz C. *Occupational Medicine, priciples and practical application*. 3rd ed, Year book medical publisher, Chicago, 1993.