

우리나라 중소기업 도금공정 근로자의 크롬 및 세척제 폭로에 관한 연구*

서울대학교 보건대학원

백남원 · 정문식 · 이흥근 · 윤충식 · 정희경 · 이경희 · 이나루

— Abstract —

A Study on Worker Exposure to Chromium and Degreasing Solvent at Electroplating Operation in Small Industry in Korea

Nam Won Paik, Moon Shik Zong, Hong Keun Lee, Chung Ski Yun,
Hoe Kyeong Ceong, Kyeong Hee Lee, Na Roo Lee

School of Public Health, Seoul National University

Worker exposures to total chromium, hexavalent chromium (VI), sulfuric acid and alkaline dust at electroplating operations and worker exposures to trichloroethylene (TCE) and methyl chloroform (MCM) at degreasing operations in eleven small industrial plants were evaluated. Appropriate local exhaust ventilation systems for both operations were designed and recommended.

Results of the study are summarized as follows ;

1. Out of 134 measurements for airborne hexavalent chromium concentrations, seven were exceeding the Korean occupational health standard of $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and 45 were exceeding the NIOSH standard of $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. With an exception of one measurement, concentrations of total chromium were below the Korean standard of $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. Worker exposures to chromium were closely related to the existing control methods at the electroplating operations. Local exhaust systems, partial coverage of the tank surface, and antifoaming agents on liquid surface were adopted as control methods.
3. With an exception of one sample, airborne concentrations of sulfuric acid and alkaline dusts were below the applicable occupational health standards.
4. Three plants indicated that airborne concentrations of TCE and MCM were exceeding the Korean standards. Other plants showed lower concentrations than the standards. It should be noted that, generally, the activities and workloads on the day of surveys were less than normal.

* 이 논문은 1992년 노동부의 직업병 예방을 위한 학술연구용역사업의 일환으로 연구되었음.

5. Since the most existing ventilation systems did not satisfy the ACGIH criteria, the ventilation systems should be improved. Some examples for designing appropriate ventilation systems are presented.

Key Words : Total chromium, Hexavalent chromium(VI), Sulfuric acid, Alkaline dust electroplating operation, Trichloroethylene, Methyl chloroform, Local exhaust ventilation system, Worker exposure, Designing

I. 서 론

금속제품제조업의 도금공장에서는 크롬, trichloroethylene(TCE), 1,1,1-trichloroethane(또는 methyl chloroform, MCM), 니켈, 산 및 알칼리 등 여러 종류의 물질이 사용되고 있다.

그중 6가 크롬은 자극성과 부식성이 강하여 비 중격 천공을 일으키며 감작작용, 신장장애, 돌연변이 및 폐암 등을 유발하는 유해물질로 보고되어 왔다. 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)와 우리나라 노동부에서는 공기 중 크롬에 대한 허용농도로써 6가 크롬에 대하여 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ($50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 정하였고, 특히 불용성 6가 크롬에 대하여는 “인체에 암을 일으키는 물질”인 “A1”으로 분류하고 있다(노동부, 1991; ACGIH, 1992). 한편 미국 국립산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서는 발암성 물질인 6가 크롬에 대하여 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ ($1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 허용기준으로 정하였다(NIOSH, 1985). 따라서 발암성 물질인 6가 크롬에 대해서는 특별한 관리대책이 요구된다. 노동부 자료에 의하면 1991년도 우리나라의 크롬 및 크롬화합물 취급 근로자수는 7,568명이고 이중 6가 크롬을 취급하는 근로자수는 6,366명이다(노동부, 1992). 또한 1991년도 특수건강진단 결과를 보면 크롬 폭로수검자는 4,435명(남 3,796명, 여 639명)이었고 이들중 크롬중독 유소견자로 진단된 자는 남자 63명으로서 유소견율은 1.42%였다(대한산업보건협회, 1992). 우리나라의 1991년도 크롬화합물 수입량은 2,847,000kg이었다(관세청, 1991).

또한 세척제(탈지제)로 사용되는 TCE는 중추

신경계, 간, 신장, 폐, 심장 및 피부 등에 장해를 일으키며 미국 국립암연구소(National Cancer Institute, NCI)에서는 동물실험결과 간암을 일으킨다고 보고하였다(NCI, 1976). 미국 ACGIH와 우리나라 노동부에서는 공기중 TCE의 허용농도를 50 ppm으로 정하였다(노동부, 1991; ACGIH, 1992). 노동부 자료에 의하면 1991년 현재 우리나라의 TCE 폭로 인원은 337개 사업장의 17,330명이었다(노동부, 1992). TCE 중독에 관한 정확한 자료는 국내에서 보고된 바 없으나 세척실에서 고농도의 TCE에 폭로되어 급성중독으로 사망한 경우는 종종 볼 수 있었다(백남원 등, 1970). TCE는 전량 수입에 의존하고 있으며 1991년도 총 수입량은 14,650,321kg이었다(관세청, 1991).

사업장 규모별로 볼 때 우리나라 도금 사업장의 60%가 100인 미만이고 80%가 300인 미만으로서 대부분 중소기업에 속한다(노동부, 1992). 따라서 이렇게 규모가 작은 사업장은 작업환경 개선에 투자할 능력과 관심이 결여되어 있으며 우리나라의 도금공정에 대한 작업환경 측정자료가 부족하여 확실한 실태를 파악할 수는 없으나 단편적인 자료를 보면 매우 열악한 조건에 처해 있음을 알 수 있다. 이렇게 열악한 환경에 놓여 있는 근로자의 건강을 보호하는 것은 산업보건학적 측면은 물론 생산성 향상을 위하여 매우 중요한 과제이다.

본 연구의 목적은 우리나라 중소기업 도금공정에 종사하는 근로자들의 크롬, TCE 및 기타 유해물질 폭로실태를 파악하고 현재 설치되어 있는 환기시설의 성능을 평가하고, 작업환경개선을 위한 적절한 국소배기시설을 설계하여 국내의 도금 사업장에 보급하도록 제시하여 우리나라 중소기업 도금공정의 환경을 개선하는데 있다.

II. 연구대상 및 방법

1. 대상 사업장

우리나라 중소기업에 속하는 도금공장 11개를 대상으로 하였으며 그중 10개 사업장에는 크롬 도금공정과 TCE 세척공정이 모두 있었고 한개 사업장(사업장 E)에는 크롬 도금공정만 있었다. 대상 사업장의 근로자수, 크롬 도금탱크수, 도금방법 및 취급품목과 도금형태는 Table 1과 같다.

2. 근로자의 유해물질폭로 평가방법

공기중 크롬, TCE, 황산 및 수산화 나트륨이 포함된 알칼리성 분진 등의 농도를 측정하여 근로자의 폭로실태를 파악하였다. 폭로실태를 정확히 파악하는데는 시료채취 위치와 채취 시간이 매우 중요하며 본 연구에서는 근로자의 호흡위치

에서 채취하는 개인용 시료와 오염원과 작업장에서의 농도를 측정하는 장소시료를 병행하여 채취하였다. 시료채취 시간은 가능한 한 1일 작업시간 전체로 하여 시간가중평균치를 산출하였다. 각 유해물질의 채취와 분석방법으로는 국제적으로 정확도와 정밀도에 있어서 가장 신뢰를 받고 있는 미국 NIOSH 공정시험법을 적용하였다(NIOSH, 1977; NIOSH, 1984). 각각을 요약하면 다음과 같다.

1) 총 크롬 및 6가 크롬

총 크롬의 시료채취 및 분석은 NIOSH 공정시험법 7024 방법에 의하여 실시하였다. 시료는 0.8 μ m pore size cellulose ester membrane 여과지(Nuclepore, No. 142779, USA)를 고유량 개인용 공기채취 펌프(HFS, MSA, USA)에 연결하여 1-4 Lpm으로 채취한 다음 진한 염산과 5% 질산으로 회화시킨 후 원자흡광분석기(Spectra-30A, Varian, Australia)로 분석하였다.

Table 1. General Status of plants Surveyed

Plant (Location)	No. of Workers	No. of Plating Tank	Plating Method	Plating Materials and Type
A (Seoul)	23	1	Electroplating	Watch Case & Band, Decorative Plating
B (Seoul)	50	1	Electroplating	Accessories, Decorative Plating
C (Inchon)	5	1	Electroplating	Accessories, Decorative Plating
D (Puchon)	15	2	Electroplating	Accessories, Decorative Plating (Black Chromium)
E (Inchon)	5	1	Electroplating	Plastic Accessories Decorative Plating (Black Chromium)
F (Ansan)	30	1	Electroplating	Accessories, Decorative Plating
G (Ansan)	46	2	Electroplating	Accessories, Decorative Plating
H (Ansan)	12	2	Electroplating	Automobile Engine Valve Hard Chromium Plating
I (Daejon)	25	3	Electroplating	Automobile Piston Ring Hard Chromium Plating
J (Daejon)	6	3	Electroplating	Automobile Engine Valve Hard Chromium Plating
K (Ansan)	30	1	Electroplating	Accessories, Decorative Plating

6가 크롬은 NIOSH 공정시험법 7600 방법에 의하여 측정하였다. 시료는 0.5 μ m pore size PVC membrane 여과지(Nuclepore, No. 36180, USA)를 고유량 개인용 공기채취 펌프(HFS, Gilian, USA)에 연결하여 1-4 Lpm으로 채취한 후 CrO_3^{4-} -diphenylcarbazide complex를 형성시켜 발색시킨 다음 분광광도계(UV-Visible spectrophotometer, Gilford, USA)로 540nm에서 흡광도를 측정하였다. 매 분석시마다 검량선을 작성하고 회수율과 공시료로 보정하였다.

2) TCE 및 MCM

TCE와 MCM의 시료채취 및 분석은 각각 NIOSH 공정시험법 1022 및 1003 방법에 의하여 실시하였다. 시료는 활성탄관(coconut shell charcoal tube, SKC, USA)을 매체로 하여 저유량 개인용 공기채취 펌프(LFS, Gilian, USA)로 0.05-0.2 Lpm으로 채취한 후 냉장운반 냉동보관 하면서 단 시일내에 1ml의 이황화탄소로 탈착시킨 후 불꽃이온화검출기(FID)가 부착된 가스크로마토그래피(Gas Chromatography, HP-5890, Hewlett-Pakard, USA)로 분석을 하였다. 매 분석시마다 검량선을 작성하고 탈착율과 공시료로 보정하였다.

3) 황산 및 알칼리성 분진

황산 시료채취 및 분석은 NIOSH 공정시험법인 P & CAM 187 방법에 의하여 실시하였다. 시료는 포집액인 증류수 10ml를 넣은 임핀저에 고유

량 개인용 공기채취 펌프(HFS, Gilian, USA)로 약 1.5 Lpm으로 채취한 후 barium chloride로 발색시킨 다음 이를 분광광도계(UV-Visible spectrophotometer, Gilford, USA)로 420nm에서 흡광도를 측정하였다.

수산화 나트륨이 포함된 알칼리성 분진은 NIOSH 공정시험법 7401 방법에 의하여 측정하였다. 시료는 1 μ m pore size PTFE membrane 여과지(Nuclepore, USA)를 고유량 개인용 공기채취 펌프(HFS, Gilian, USA)에 연결하여 1-4 Lpm으로 채취한 후 질소가스를 통과시키며 다량의 0.01 N 염산으로 추출한 다음 반응하지 않고 남아 있는 염산을 가성소다로 역적정하여 pH meter(EA-940, Orion, USA)로 종말점을 정하여 농도를 산출하였다.

이상 시료채취 및 분석방법을 요약하면 다음 Table 2와 같다.

3. 국소배기시설의 성능검사 방법

크롬 도금탱크와 TCE 세척탱크에 설치되어 있는 국소배기시설의 형태, 즉 후드모양, 덕트, 송풍기 등을 조사하고, 성능검사는 일차적으로 smoke tester로 연기의 배출상태를 관찰한 다음 velometer(ALNOR, USA)를 이용하여 제어속도와 slot 속도를 측정하였다. 측정대상사업장 모두 덕트에서의 측정구가 마련되지 않아 덕트속도와 정압측정은 불가능하였다.

Table 2. Sampling and Analytical Methods for Materials Investigated

Chemical Agent	Sampling Method	Sampling Media	Analytical Procedure
Total chromium	Filtration	Mixed cellulose ester filter	Atomic absorption spectrometry ; NIOSH Method No. 7024
Chromium VI	Filtration	Polyvinyl chloride filter	Spectrophotometry ; NIOSH Method No. 7600
TCE	Adsorbent tube	Activated charcoal	Gas chromatography ; NIOSH Method No. 1022
MCM	Adsorbent tube	Activated charcoal	Gas chromatography ; NIOSH Method No. 1022
Sulfuric acid	Impinger	Distilled water	Spectrophotometry ; NIOSH Method No. P & CAM 187
Alkaline dust	Filtration	Teflon filter	Back titration ; NIOSH Method No. 7401

III. 결과 및 고찰

1. 근로자 유해물질 폭로실태

1) 크롬 도금공정 : 공기중 6가 크롬 및 크롬 농도
각 사업장에 있어서의 공기중 6가 크롬 및 크롬
농도를 요약하면 Table 3-Table 5 및 Fig. 1과
같다.

총 크롬에 대한 우리나라 노동부와 미국 AC-
GIH의 허용농도는 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ (즉 $500\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$)이고
6가 크롬에 대한 허용농도는 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ (즉 $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$)이다.

Table 3에서 보는 바와 같이 총 크롬 농도는 6
가 크롬 농도보다 매우 높았으나 허용농도 $500\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
을 초과하는 경우는 전체 시료중 E 공장에서
1개 발견되었을 뿐이다. 그러나 6가 크롬 농도는

허용농도 $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는 경우가 총 134개
시료중 7개였고 미국 NIOSH 기준치인 $1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
을 초과하는 경우는 45개 시료였다. 따라서 크롬
도금공정의 작업환경을 측정하는 데는 총 크롬
농도보다 6가 크롬 농도를 측정하는 것이 더욱 엄
격하고 바람직한 방법이라고 판단된다.

공기중 6가 크롬농도를 사업장별로 보면 D 공
장에서 가장 높은 농도를 보여 우리나라 노동부
와 미국 ACGIH의 허용농도 $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하
는 경우가 장소시료 21개중 7개였고, 평균농도는
개인시료와 장소시료에서 각각 $2.40\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 및
 $18.50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 다음으로 농도가 높은 사업
장은 E 공장으로서 개인시료와 장소시료에서 각
각 평균치 $2.94\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $0.81\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 보였다.
이는 우리나라나 미국 ACGIH의 허용농도 $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
에는 미달하나 미국 NIOSH의 기준치 $1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$
을 초과하거나 근접하는 값이다. D 공장에는

Table 3. Airborne Total and Hexavalent Chromium Concentrations by Plant and Sampling Method

Plant	Type of Chromium	Chromium Concentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Personal Sample		Area Sample	
		GM*	Range	GM	Range
A	Cr^{6+}	-	-	0.32	<0.05-1.46
	Total Cr	-	-	4.47	<0.50-48.60
B	Cr^{6+}	0.39	0.31-0.45	0.36	0.11-1.20
	Total Cr	56.40	56.40	22.50	12.40-20.83
C	Cr^{6+}	0.17	<0.05-0.73	0.49	0.49
	Total Cr	0.69	0.69	103.40	56.40-246.00
D	Cr^{6+}	2.40	0.09-37.40	18.50	1.44-153.00
	Total Cr	46.80	3.87-282.00	141.20	28.71-289.00
E	Cr^{6+}	2.94	1.06-8.13	0.81	0.20-3.51
	Total Cr	295.80	110.50-792.00	118.70	62.75-224.0
F	Cr^{6+}	0.18	0.16-0.20	0.14	<0.05-0.24
	Total Cr	144.00	144.00	29.65	7.27-121.00
G	Cr^{6+}	0.53	0.53	0.09	0.05-0.16
	Total Cr	30.90	30.90	37.20	22.69-96.56
H	Cr^{6+}	0.05	0.16-1.12	1.11	0.10-47.40
	Total Cr	54.10	38.20-110.90	60.20	3.83-280.70
I	Cr^{6+}	0.19	0.16-0.27	0.13	0.05-1.92
	Total Cr	26.60	9.14-57.30	24.50	19.30-38.80
J	Cr^{6+}	0.27	0.06-0.94	0.10	<0.05-0.29
	Total Cr	95.10	60.40-166.70	69.85	28.20-289.50
K	Cr^{6+}	0.11	<0.05-0.24	<0.05	-

* Geometric Mean

Table 4. Mean Concentrations in High and Low Exposure Groups

Exposure Group	Personal Sample		Area Sample	
	GM* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GSD**	GM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	GSD
High Exposure Group: Plant D, E	2.49	4.84	10.12	6.63
Low Exposure Group: Plant A, B C, F, G, H, I, J, K	0.25	2.53	0.27	4.37

* Geometric Mean

** Geometric Standard Deviation

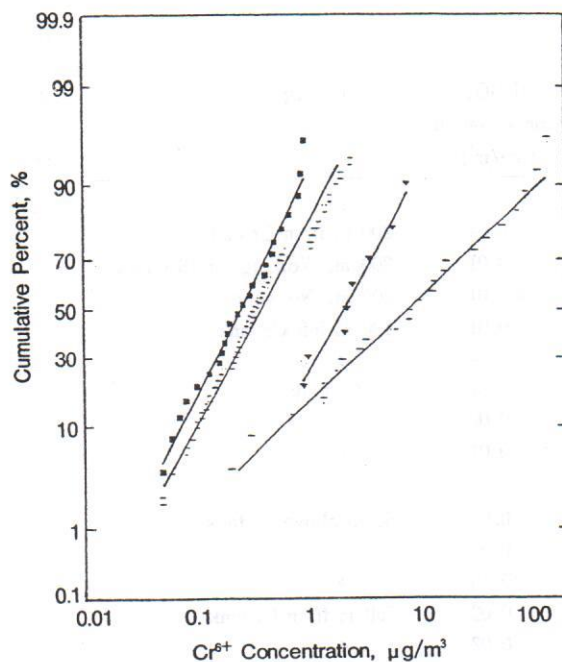


Fig. 1. Distribution of Airborne Concentrations of Hexavalent Chromium by Exposure Level and Sample Type.

국소배기시설이 설치되어 있었으나 부적절한 상태였고 E 공장에서는 국소배기시설이 고장난 상태였다.

그 외에 A공장, B공장, C공장, H공장 및 I공장 등에서도 NIOSH 기준치 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하는

경우가 있었으며 특히 A 공장에서는 정상 작업이 없는 상태였으나 16개 시료중 3개가 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과하였다. 이로 미루어 보아 정상작업이 이루어질 때에는 본 조사성적보다 훨씬 높은 농도를 나타낼 것으로 추정된다. 나머지 4개 공장에서는 개인시료와 장소시료에서 모두 평균치가 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만이었다. 공기중 크롬 농도가 비교적 낮은 공장은 국소배기시설을 갖추고 있었고, 크롬 도금액 표면에 크롬 증기발생을 억제하는 약품을 첨가하거나 크롬 탱크위에 덮개를 씌우는 등 크롬에 대한 여러가지 환경관리대책이 세워져 있었다. 일부 사업장에서는 조사당일 작업량이 평상시보다 적었으며 고의적인지의 여부는 알 수 없었으나 본 조사에서의 측정치가 저농도를 나타낸 원인중의 하나라고 생각한다. 6개 크롬 농도별로 사업장을 구분하여 고농도를 보인 그룹(D와 E 공장)과 저농도를 보인 그룹(A,B,C,F,G,H,I,J 및 K 공장)으로 나누어 기하평균치를 산출하여 본 결과 Table 4 및 Fig. 1에서 보는 바와 같이 고농도 그룹에서는 개인폭로가 저농도 그룹에서보다 약 10배 높았고 장소시료에서는 37배 높았다.

2) 크롬 도금공정 : 공기중 황산 및 알칼리성 분진
공기중 황산농도와 알칼리성 분진농도는 각각 Table 6과 Table 7에 나타나 있다. 황산과 알칼리성 분진은 자극성과 부식성이 강하여 근로자가

Table 5. Number of Cases Exceeding Korean Occupational Health Standard for Hexavalent Chromium by Plant and Sampling Method

Plant	No. of Personal Samples			No. of Area Samples		
	Sum	$>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$>1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Sum	$>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$>1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
A	-	-	-	16	-	3
B	3	-	-	9	-	1
C	6	-	-	5	-	1
D	8	-	6	21	7	21
E	2	-	2	5	-	2
F	2	-	-	5	-	-
G	1	-	-	7	-	-
H	6	-	2	12	-	6
I	3	-	-	7	-	1
J	3	-	-	6	-	-
K	4	-	-	3	-	-
Sum	38	-	10	96	7	35

이러한 물질에 폭로되면 호흡기, 피부, 눈 등에 장해를 입게 된다. 우리나라 노동부와 미국 ACGIH에서는 공기중 황산에 대한 허용농도로써 1일 8시간 평균치 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 을 제정하였고 공기중 수산화 나트륨에 대한 허용농도로써 잠시도 초과되어서는 안되는 값(천정값, Ceiling) $2\text{mg}/\text{m}^3$ 을 제정하였다.

공기중 황산농도가 허용농도 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 을 초과하는 경우는 본 조사에서 채취한 총 40개의 시료중 G 공장의 1개에서 나타났고 다음으로 높은 것은 D 공장의 2개 시료가 $0.70-0.82\text{mg}/\text{m}^3$ 로서 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 에 접근하고 있었다. 그 이외의 공장에서

는 모두 허용농도 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 보다 훨씬 낮은 농도를 보였다. 공기중 알칼리성 분진농도는 모든 측정치에서 허용농도 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 보다 훨씬 낮은 값을 보였다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 크롬 도금공정에 근무하는 근로자들은 총 크롬, 6가 크롬, 산 및 알칼리 등 여러가지 유해물질에 폭로되어 있으며, 그중 가장 중요한 폭로물질로서 6가 크롬을 들 수 있다.

3) 탈지세척 공정 : 공기중 TCE 및 MCM 농도
사업장별로 본 공기중 TCE 및 MCM 농도를 요약한 것은 Table 8과 Fig. 2에 나타나 있다.

Table 6. Airborne Concentrations of Sulfuric Acid by Plants (Area Samples)

Sample Number	Sampling Time	Air Volume (L)	H ₂ SO ₄ Concentration (mg/m ³)	Description
Plant A				
H ₂ SO ₄ -1	11:08-13:46	192	0.04	200cm from Cr tank
H ₂ SO ₄ -2	13:49-15:10	98	<0.01	200cm, Working for 18 minute
H ₂ SO ₄ -3	15:13-17:25	160	<0.01	200cm, No work
H ₂ SO ₄ -4	11:07-13:41	154	0.01	120cm left Cr tank
H ₂ SO ₄ -5	15:20-17:27	127	0.14	"
H ₂ SO ₄ -6	11:07-13:17	112	<0.01	At Cr tank
H ₂ SO ₄ -7	13:49-15:06	66	0.02	"
H ₂ SO ₄ -8	15:08-17:20	114	<0.01	"
Plant B				
H ₂ SO ₄ -9	10:40-12:21	81	0.03	60cm above Cr tank
H ₂ SO ₄ -10	14:03-16:24	154	0.03	"
H ₂ SO ₄ -11	16:27-17:45	85	0.13	"
H ₂ SO ₄ -12	10:46-12:26	120	0.02	350cm from Cr tank
H ₂ SO ₄ -13	12:30-16:13	268	0.02	"
H ₂ SO ₄ -14	16:17-17:33	91	0.03	"
H ₂ SO ₄ -15	10:45-13:40	184	0.04	100cm towards hood at Cr tank
H ₂ SO ₄ -16	13:47-16:19	160	0.32	"
H ₂ SO ₄ -17	16:23-17:39	80	0.21	"
Plant D				
H ₂ SO ₄ -18	13:25-15:21	122	0.04	Center of hood at Ni tank
H ₂ SO ₄ -19	15:51-17:05	78	0.20	"
H ₂ SO ₄ -20	13:23-15:19	143	0.02	100cm from degreasing tank
H ₂ SO ₄ -21	15:50-17:00	86	0.23	"
H ₂ SO ₄ -22	13:24-15:18	80	0.82	Center of hood at blue Cu tank
H ₂ SO ₄ -23	15:51-17:01	49	0.70	"
Occupational Health Standard (MOL* and ACGIH)			1.0	

* Korean Ministry of Labor

Table 6. (Continued)

Sample Number	Sampling Time	Air Volume (L)	H ₂ SO ₄ Concentration (mg/m ³)	Description
Plant F				
H ₂ SO ₄ -24	10 : 20-13 : 12	236	0.04	450cm from acid tank
H ₂ SO ₄ -25	13 : 28-15 : 42	184	0.18	"
H ₂ SO ₄ -26	15 : 58-16 : 52	74	0.29	"
Plant G				
H ₂ SO ₄ -27	10 : 18-13 : 52	428	0.15	Room 11, 120cm in front of sulfuric Cr tank
H ₂ SO ₄ -28	14 : 18-16 : 35	274	0.27	"
H ₂ SO ₄ -29	10 : 04 : 13 : 50	280	0.35	Room 1, Cathodic degreasing
H ₂ SO ₄ -30	14 : 14-16 : 30	169	3.08	"
Plant H				
H ₂ SO ₄ -31	9 : 36-13 : 32	465	0.12	Working table at Cr tank
H ₂ SO ₄ -32	13 : 42-17 : 03	396	0.12	"
H ₂ SO ₄ -33	9 : 35-13 : 32	356	0.08	Operating pannel between Cr tank
H ₂ SO ₄ -34	13 : 41-17 : 03	303	0.21	"
Plant I				
H ₂ SO ₄ -35	11 : 23-17 : 34	534	0.05	Liquid blasting table at Cr tank
H ₂ SO ₄ -36	11 : 20-17 : 37	528	0.04	Hood at Cr tank
H ₂ SO ₄ -37	11 : 47-17 : 34	378	0.04	Hood at parkerizing sulfuric acid tank
Plant J				
H ₂ SO ₄ -38	9 : 54-12 : 46	218	0.06	Window in front of Cr tank, 200cm apart
H ₂ SO ₄ -39	9 : 56-12 : 46	243	0.09	"
H ₂ SO ₄ -40	10 : 00-12 : 44	231	0.12	Hood of center Cr tank among three
Occupational Health Standard (MOL* and ACGIH)			1.0	

* Korean Ministry of Labor

Table 8에서 보는 바와 같이 세척 작업자의 개인 폭로농도가 가장 높아서 A, B 및 C 공장등 조사 당일 세척작업이 정상적으로 이루어진 곳의 세척자들은 모두 공기중 TCE의 국내 및 미국 ACGIH 허용농도 50 ppm을 초과하였다. 한편 C, J 및 K 공장 세척자들은 MCM을 탈지제로 사용하고 있었으며 K공장 세척자가 가장 높은 농도인 180 ppm을 보였으나 국내 및 미국 ACGIH에서 제정한 공기중 MCM의 허용농도 350 ppm 미만이었다. 그 외의 공장에서는 세척자의 TCE 폭로농도가 허용농도 미만이었으며 이는 국소배기시설이 잘 되어 있는 곳도 있었으나 조사당일 작업량이 적어 정상작업이 이루어지지 않은 곳이 많

았기 때문이다.

세척보조자는 세척된 물품을 바구니나 상자에 담거나 마른 걸레로 닦는 작업을 하고 있었으며 이들의 TCE 및 MCM 폭로농도는 세척자보다 낮아서 대부분 허용농도 미만이었으나 세척자의 폭로농도가 높은 A, B 및 K 공장에서는 세척보조자에서도 같은 양상을 보여 높은 폭로농도를 보였다.

작업장내의 농도를 알아보기 위하여 작업대, 작업장 중앙 등 여러 장소에서 공기중 TCE와 MCM 농도를 측정하였고 또한 유해물질의 분산과 확산을 보기 위하여 세척 탱크로부터 1.5 m 및 3 m되는 거리에서 공기중 TCE 및 MCM 농

Table 7. Airborne Concentrations of Alkaline Dust as NaOH by Plants (Area Sample)

Sample Number	Sampling Time	Air Volume (L)	Alkaline Dust Concentration (mg/m ³)	Description
Plant B				
FN-101	10 : 56-12 : 01	125	0.05	Operator (electrolytic degreasing) 8 times work/day, 10 minute/work same as the work at blue Cu tank
FN-104	14 : 25-16 : 57	293	0.09	"
FN-102	11 : 00-14 : 32	396	0.27	Left at blue Cu tank, 50cm above surface, Same operator that at electrolytic degreasing
FN-105	14 : 33-17 : 19	310	0.08	"
FN-103	10 : 57-14 : 30	422	<0.01	Right at electrolytic degreasing tank
FN-106	14 : 31-17 : 18	331	0.08	"
Plant C				
FN-109	10 : 35-12 : 35	239	0.11	Right at Blue Cu tank
FN-112	13 : 33-17 : 32	476	0.22	"
FN-108	10 : 27-12 : 37	254	0.10	Right at electrolytic degreasing tank
FN-113	13 : 30-17 : 32	472	<0.01	"
FN-110	10 : 37-12 : 36	225	0.29	Center at blue Cu tank, 70cm above
FN-111	13 : 31-17 : 32	455	0.14	"
Plant D				
FN-117	11 : 16-17 : 31	739	0.03	Hood at cyanide tank
FN-118	11 : 24-17 : 31	730	0.03	Left at sulfuric acid tank
FN-119	11 : 21-17 : 31	707	<0.01	"
Plant I				
FN-120	10 : 55-17 : 37	900	<0.01	600cm from Cr tank 500cm from alkaline neutralizing tank
FN-121	11 : 08-17 : 35	639	0.01	Right hood at Cr tank
FN-122	11 : 51-17 : 33	633	0.01	Sodium hydroxide tank in parkerizing process
Occupational Health Standard (Ceiling) (MOL* and ACGIH)			2.0 (as NaOH)	

* Korean Ministry of Labor

도를 측정하였다. 작업대 등 여러 장소에서의 공기중 TCE 농도는 허용농도 50 ppm을 초과하는 공장이 여러개 있었으며 위에서 이미 설명한 개인 폭로농도와 비슷한 경향을 보였다. 또한 세척 탱크로부터 거리가 멀어질수록 공기중 TCE와 MCM 농도는 감소함을 알 수 있었다.

2. 국소배기시설 실태

1) 크롬도금탱크에 대한 국소배기시설

각 사업장의 크롬도금탱크에 대한 국소배기시설 설치현황과 성능검사결과는 Table 9와 같다.

국소배기시설이 전혀 설치되어 있지 않은 공장이 1개(C 공장)있었고 국소배기시설이 설치되어

Table 8. Airborne Concentrations of TCE and MCM by Plant and Task

Plant	Airborne Concentration of TCE and MCM, ppm				
	Personal Sample		Area Sample, by Distance From Tank		
	Degreasing Operator	Operator Assistant	150cm	300cm	Other Area
A	154-290	<0.1-28	54	47	66-117
B	61	27-52	53	25	12-74
C	-	2	5	4	-
		37*	9*	8*	-
D	11	9-15	69	21	16-83
F	20	10	8	11	9
G	55	12	22	18	11-87
H	15	-	17	15	11-16
I	2	9	7	3	1-4
J	16-34*	-	29*	19*	26*
K	180*	129-215*	64*	41*	21-54*
GM**	31.6	8.1	19.5	13.1	19.4
GSD	4.9	5.9	2.8	2.5	4.1

* MCM, ** Geometric Mean, *** Geometric Standard Deviation

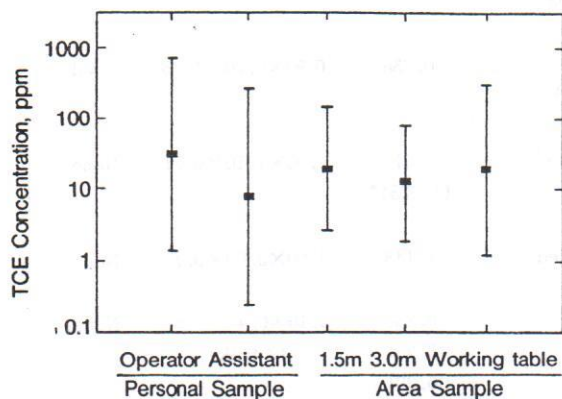


Fig. 2. Airborne TCE Concentrations by Task and Sample Type.

있었으나 고장난 곳이 2개(E, F 공장)있었고 그 외의 사업장에는 모두 국소배기시설로서 slot형 배기장치가 설치되어 있었다. 국소배기시설의 성능을 평가하기 위하여 제어속도, slot 속도, 탱크 면에서의 제어속도 등을 측정하였으며 그 결과는 Table 9에서 보는 바와 같다. 제어속도, slot 속도 및 제어유량 등 세 가지가 모두 미국 ACGIH의 최소권고치(ACGIH, 1988) 이상인 사업장은 한 개도 없었고 다만 F공장의 배기시설은 비교적 양호하여 slot 속도와 제어유량이 ACGIH의 권고치

를 능가하였으나 한 면의 덕트가 탈락하여 낮은 제어속도를 보였다.

본 조사에서 근로자의 6가 크롬폭로농도가 가장 높은 D 공장과 E 공장의 환기시설을 보면 E 공장에는 설치되어 있는 국소배기시설이 고장난 상태였고, D 공장에는 국소배기시설이 설치되어 가동중이었으나 제어 속도, slot 속도 및 제어유량 등이 모두 미국 ACGIH 권고치보다 매우 뒤떨어져 있는 상태이다. 또한 가지덕트가 주덕트로 연결될 때 30도로 연결되는 것이 원칙이나 대부분 90도로 연결되어 공기흐름에 저항을 초래하여 배기효과를 줄이고 동력소비가 증가하는 등 문제점을 안고 있었다.

2) 탈지세척탱크에 대한 국소배기시설

각 사업장의 탈지세척탱크에 대한 국소배기시설 설치현황과 성능검사성적은 Table 10과 같다.

총 10개 사업장중 6개 사업장만 국소배기시설을 갖추고 있었고 그 중 제어유량과 slot 속도가 매우 국내의 노동부 기준(노동부, 1990)과 미국 ACGIH 권고치(ACGIH, 1988)에 적합한 국소배기시설을 갖춘 곳은 2곳(H, I 공장) 뿐이었고 이 두 사업장 근로자(세척자)의 TCE 폭로농도는 비교적 낮아서 각각의 평균농도는 15 ppm과 2 ppm

Table 9. Characteristics of the Existing Local Exhaust Ventilations at the Chromium Plating Tank by Plant

Plant	Ventilation Type	Capture Velocity (m/s)	Slot Velocity (m/s)	Exhaust Rate (m ³ /s/m ²)	Tank Size (L×W×H) (m)	Antifoam Agent
A	Circular slot	1.00-1.20 (1.80-2.50)	2.10	0.033	Dia. 0.81×0.71	None
B	3 lateral slots	0.20-0.65	3.50 (0.50-4.60)	0.190 (0.380)*	0.80×0.60×1.02	None
C	None	-	-	-	0.80×0.60×1.02	Used
D	Black chromium Process : 2 stages 1 lateral slot Chromium Process : 2 stages 1 lateral slot	<0.25 <0.25	1.80-3.00 2.00-2.65	0.380 0.455	1.96×0.70×0.83 1.18×0.60×0.86	None Little
E	Multistages 1 lateral slot (disorder)	-	-	-	0.70×0.58×0.60	Used
F	2 lateral slots (1 duct detached)	<0.25	12.50	1.323	2.10×1.20×1.20	None
G	Room I : Multistages 1 lateral slot Room II : 1 stage 1 lateral slot	0.35 (0.1-0.7) <0.25	upper<0.25 lower 2.65 0.92 (0.8-1.1)	0.436 0.236	1.50×0.85×1.10 0.95×0.70×1.15	Used Used
H	3 stages 1 lateral side 3 lateral slots	<0.25	Not measured	0.511 (1.023)*	2.00×1.10×0.71	None
I	1 lateral slot	Not measured	Not measured	1.143	1.60×0.60×0.70	None
J	1 stage 1 lateral side 3 lateral slots	Tank 1 : 0.35 Tank 2 : 0.55 Tank 3 : 0.45	2.50 3.20 3.50	0.280 0.357 0.391	1.10×0.40×0.50 (3 tank)	None
K	4 stages 1 lateral side 3 lateral slots	0.25	square slot : 2.60 circular slot : 3.50 circular slot : 0.48 side lateral slot : 2.50	0.238	1.55×0.90×0.83	None
ACGIH Criteria		0.76	10.16	0.76-1.27		

* Covered half of the tank surface

이었다. 따라서 적절한 국소배기시설을 설치하고 정기적으로 점검하고 가동하면 공기중 TCE 농도는 허용농도 이하로 내릴 수 있다고 판단된다.

IV. 국소배기시설 설계

노동부의 규정에는 탱크에 관한 국소배기시설 설계방법이 제시되어 있지 않으므로 미국 ACGIH의 방법을 적용하였다(ACGIH, 1988).

Table 10. Characteristics of the Existing Local Exhaust Ventilations at TCE Degreaser by Plant

Plant	Ventilation Type	Slot Velocity (m/s)	Exhausted Rate (m³/s/m²)	Parameters of Degreasing Tank		
				Type	Size (m) (L×W×H)	Condensor Temp.(°C)
A	Slot	6.18 (3.81-9.65)	0.174	Ultrasonic liquid vapor cycle degreaser	1.60×0.4×1.00	32
B	None	-	-	Ultrasonic liquid vapor cycle degreaser	2.54×0.57×1.14	26
C	None	-	-	Liquid-liquid-vapor cycle degreaser	1.70×0.40×1.11	21
D	None	-	-	Ultrasonic vapor degreaser	0.40×0.40×0.58	None
F	Slot	circular : 5.77 square : 1.33	0.299	Straight vapor cycle degreaser	1.16×0.90×1.40	None
G	Slot	4.77-9.70	0.158	Ultrasonic liquid vapor cycle liquid	4.17×0.52×1.62	20
H	Slot	5.47	0.547	Ultrasonic liquid vapor cycle degreaser	1.93×0.42×0.90	None
I	Slot	11.53 (6.5-11.5)	0.691	Ultrasonic liquid vapor cycle degreaser	1.45×0.45×1.10	26
J	Slot	2.38 (2.0-2.5)	0.238	Ultrasonic liquid vapor cycle degreaser	1.80×0.35×0.95	Not used
K	None	-	-	Ultrasonic liquid vapor cycle degreaser	2.06×0.47×1.10	15
Criteria						
MOL*		None	0.50-1.00			
ACGIH		5.08	0.508-1.016			

* Korean Ministry of Labor

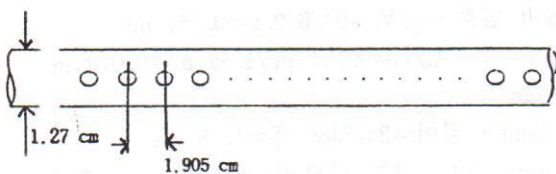
1. 크롬탱크

(사례 1) D공장 크롬탱크를 위한 국소배기설계 3가지 형태

탱크규격 : 1.96×0.70×0.83m³(6.430×2.297×2.723 ft³) (길이) (폭) (높이)

제 1형 : Push Pull형 배기 후드(Fig. 3 참조)

[1] Nozzle openings 설계—직경 1/4"(0.635cm)의 구멍
간격 3/4"(1.905cm)



○구멍수 : 100 개

총 Nozzle 면적 : 0.0032m²(0.0344 ft²)

[2] Push Nozzle Plenum 규격—직경 1.27 cm인 원통형으로 한다.

Plenum 단면적 = 1.96×0.0127 m² = 0.0249 m²

이 값은 총 Nozzle 면적의 3배인 3 × 0.0032 = 0.0096 m²보다 크다.

[3] Nozzle 각도—0°-20° 하방

[4] Push Nozzle 송기량— $O_j = 243\sqrt{A_j}$ cfm/ft
여기서 A_j = Push Nozzle 면적, ft²/foot
= 0.0344 ft² / 6.430 ft = 0.0053 ft²/ft

$O_j = 243\sqrt{A_j}$ cfm/ft = 17.70 cfm/ft = 1.64 m³/min/m

∴ $Q_s = Q_j \times L = 17.70 \times 6.43 = 113.8$ cfm/min

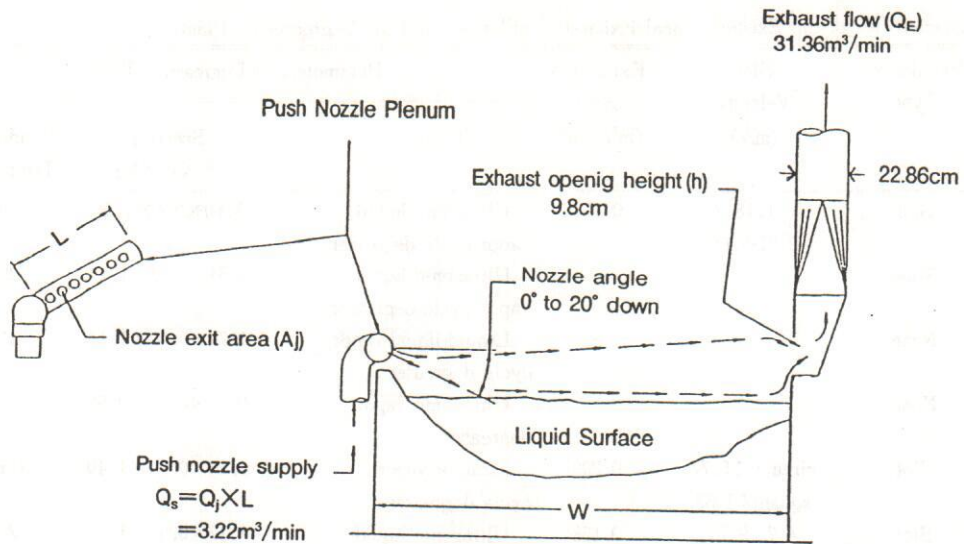


Fig. 3. Push Pull Local Exhaust Ventilation Hood for Chromium Plating Tank (Case 1).

- = 3.22 m³/min
- [5] 배기유량 $-Q_E$ = 탱크표면적당 75 cfm/ft²
 $= 75 \times 0.3048 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$
 $= 22.86 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$
 \therefore 총배기량 $Q_{Et} = 22.86 \times 1.96 \times 0.70 \text{ m}^3/\text{min}$
 $= 31.36 \text{ m}^3/\text{min}$
- [6] 배기구 높이 $-h = 0.14 \times W = 0.14 \times 0.70$
 $= 0.098\text{m} = 9.8\text{cm}$
- [7] Hood 설계
 \circ 유량 $Q = 31.36 \text{ m}^3/\text{min}$
 \circ Slot 면적 $= h \times L = 0.098 \times 1.96 = 0.19208 \text{ m}^2$
 \circ Slot 속도 $= 31.36/0.19298 = 163.265 \text{ m}/\text{min}$
 $(= 535.65 \text{ fpm})$
 $= 2.72 \text{ m}/\text{s}$
 \circ Duct 속도 설정 (이론치) $= 2500 \text{ fpm} = 762 \text{ m}/\text{min} = 12.70 \text{ m}/\text{s}$
 \circ Duct 면적 (이론치) $= Q/V_d = 31.36/762 = 0.041 \text{ m}^2$
직경 (이론치) $= 22.85 \text{ cm} (= 8.996")$
 \circ Duct 직경 9" (22.86 cm) 선택
 \circ Duct 면적 $= 0.4418 \text{ ft}^2 = 0.041 \text{ m}^2$
 \circ 최종 Duct 속도 $= Q/A_d = 31.36/0.041 = 764.88 \text{ m}/\text{min} = 12.75 \text{ m}/\text{s} (= 2509.45 \text{ fpm})$
- \circ Hood 정압 = 유입손실 + 가속도손실
 $= 1.78 VP_s + 0.25 VP_d + 1.0 \times VP_d$
 $= 1.78 \times 0.018" + 0.25 \times 0.393" + 0.393"$
 $= 0.523" \text{ H}_2\text{O} (= 1.33 \text{ cm H}_2\text{O})$
- 제 2형 : 상방 배기 후드 설계 (Fig. 4 참조)
- [1] 사용 물질 (크롬)의 독성 강도 : A
[2] 발생률 : 1
[3] 최소제어속도 : 150 fpm $= 0.76 \text{ m}/\text{sec}$
[4] 단위 면적당 최소 배기 유량
탱크 폭 : 길이 비율 $= W/L = 0.70/1.96 = 0.36$
이므로 단위 면적당 최소 배기유량은 $225 \text{ cfm}/\text{ft}^2 = 68.58 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ 이다.
- [5] 총 배기량
 $Q = 68.58 \times 1.96 \times 0.70 = 94 \text{ m}^3/\text{min}$
- [6] 후드 설계
 \circ Slot 속도 설정 (이론치) $= 2000 \text{ fpm} = 609.6 \text{ m}/\text{min} = 10.16 \text{ m}/\text{s}$
 \circ Slot 면적 $= Q/V_s = 94/609.6 = 0.154 \text{ m}^2$
 \circ Slot 폭 $= A_s/L = 0.154 \text{ m}^2/1.96 \text{ m} = 0.079 \text{ m} = 7.9 \text{ cm}$
 \circ Plenum 깊이 $= 2 \times \text{Slot 폭} = 15.8 \text{ cm}$
 \circ Duct 속도 설정 (이론치) $= 2500 \text{ fpm} = 762$

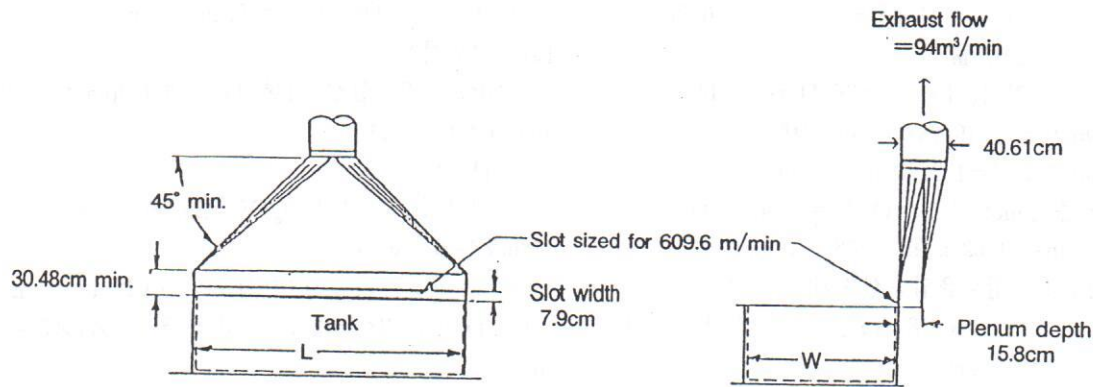


Fig. 4. Upward Plenum Local Exhaust Ventilation Hood for Chromium Plating Tank (Case 1).

$$m/min = 12.70 \text{ m/s}$$

$$\text{직경 (이론치)} = 39.64 (=15.6")$$

$$\text{○ Duct 직경 } 16" (40.64 \text{ cm}) \text{ 선택}$$

$$\text{○ Duct 면적} = 1.396 \text{ ft}^2 = 0.1297 \text{ m}^2$$

$$\text{○ 최종 Duct 속도} = Q/A_d = 94/0.1297 = 724.75 \text{ m/min} = 12.08 \text{ m/s} (=2377.79 \text{ fpm})$$

$$\begin{aligned} \text{○ Hood 정압} &= \text{유입손실} + \text{가속도손실} \\ &= 1.78 VP_s + 0.25 VP_d + 1.0 \times VP_d \\ &= 1.78 \times 0.25" + 0.25 \times 0.352" + 0.352" \\ &= 0.885" \text{ H}_2\text{O} (=2.25 \text{ cm H}_2\text{O}) \end{aligned}$$

제 3형 : 하방 배기 후드 설계 - 양면 Slot형 (Fig. 5 참조)

폭은 $W/2 = 0.35 \text{ m}$ 로 한다.

[1] 사용 물질 (크롬)의 독성 강도 : A

[2] 발생률 : 1

[3] 최소제어속도 : 0.76 m/sec

[4] 단위 면적당 최소 배기 유량, $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$

$$\begin{aligned} \text{탱크 폭 : 길이 비율} &= W/L = 0.35/1.96 = 0.179 \\ \text{이므로 단위 면적당 최소 배기 유량은 } &190 \text{ cfm/ft}^2 = 57.912 \text{ m}^3/\text{min/m}^2 \text{이다.} \end{aligned}$$

[5] 총 배기량

$$Q = 57.912 \times 1.96 \times 0.70 = 79.46 \text{ m}^3/\text{min}$$

[6] 후드 설계

$$\text{○ Slot 속도 설정 (이론치)} = 2000 \text{ fpm} = 609.6 \text{ m/min} = 10.16 \text{ m/s}$$

$$\text{○ Slot 면적} = Q/V_s = 79.46/609.6 = 0.130 \text{ m}^2 (2 \text{ 개})$$

$$\text{○ Slot 폭} = A_s/L = 0.130 \text{ m}^2/1.96 \text{ m} = 0.066 \text{ m} = 6.6 \text{ cm}/2 \text{ 개} = 3.3 \text{ cm}/\text{개}$$

$$\text{○ Plenum 깊이} = 2 \times \text{Slot 폭} = 2 \times 3.3 = 6.6 \text{ cm}/\text{개}$$

$$\text{○ Duct 속도 설정 (이론치)} = 2500 \text{ fpm} = 762 \text{ m/min} = 12.70 \text{ m/s}$$

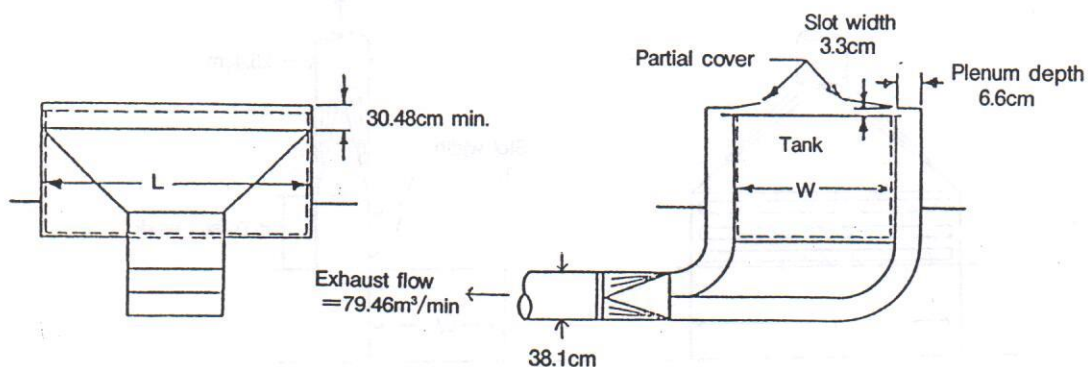


Fig. 5. Downward Plenum Local Exhaust Ventilation Hood for Chromium Plating Tank (Case 1).

○ Duct 면적 (이론치) = $Q/V_d = 79.46/762 = 0.1043 \text{ m}^2$
 직경 (이론치) = $36.44 \text{ cm} (=14.35")$
 ○ Duct 직경 15" (38.1 cm) 선택
 ○ Duct 면적 = $1.2272 \text{ ft}^2 = 0.114 \text{ m}^2$
 ○ 최종 Duct 속도 = $Q/A_d = 79.46/0.114 = 697.02 \text{ m/min} = 11.62 \text{ m/s} (=2286.81 \text{ fpm})$
 ○ Hood 정압 = 유입손실 + 가속도손실
 $= 1.78 VP_s + 0.25 VP_d + 1.0 \times VP_d$
 $= 1.78 \times 0.25" + 0.25 \times 0.326" + 0.326"$
 $= 0.85" \text{ H}_2\text{O} (=2.17 \text{ cm H}_2\text{O})$

2. TCE 세척탱크

(사례 2) A 공장 TCE 세척탱크를 위한 국소배기설계 (Fig. 6 참조)

탱크규격 : $1.60 \times 0.40 \times 1.00 \text{ m}^3 (5.249 \times 1.312 \times 3.281 \text{ ft}^3)$ (길이) (폭) (높이)

상방 배구 후드를 선택함.

- [1] 사용 물질(TCE)의 독성 강도 : B
- [2] 발생률 : 2(또는 1)
- [3] 치소제어속도 : $100 \text{ fpm} = 0.508 \text{ m/sec}$
- [4] 단위 면적당 최소 배기 유량
 탱크 폭 : 비율 = $W/L = 0.40/1.60 = 0.25$ 이므로 단위 면적당 최소 배기 유량은 $150 \text{ cfm/ft}^2 = 45.72 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$ 이다.
- [5] 총 배기량

$Q = 45.72 \times 1.60 \times 0.40 = 29.26 \text{ m}^3/\text{min}$
 [6] 후드 설계
 ○ Slot 속도 설정 (이론치) = $2000 \text{ fpm} = 609.6 \text{ m/min} = 10.16 \text{ m/s}$
 ○ 다단 Slot : 3개
 ○ 1개당 Slot 면적 = $Q/V_s = 29.26/609.6/3 = 0.016 \text{ m}^2$
 ○ Slot 폭 = $A_s/L = 0.016/1.60 = 0.01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$
 ○ Plenum 깊이 = $2 \times \text{총 Slot 폭} = 2 \times 1 \times 3 = 6 \text{ cm}$
 ○ Duct 속도 설정 (이론치) = $2000 \text{ fpm} = 609.6 \text{ m/min} = 10.16 \text{ m/s}$
 ○ Duct 면적 (이론치) = $Q/V_d = 29.26/609.6 = 0.048 \text{ m}^2$
 직경 (이론치) = $24.72 \text{ cm} (=9.73")$
 ○ Duct 직경 10" (25.4 cm) 선택
 ○ Duct 면적 = $0.5454 \text{ ft}^2 = 0.051 \text{ m}^2$
 ○ 최종 Duct 속도 = $Q/A_d = 29.26/0.051 = 573.73 \text{ m/min} = 9.56 \text{ m/s} (=1882.32 \text{ fpm})$
 ○ Hood 정압 = 유입손실 + 가속도손실
 $= 1.78 VP_s + 0.25 VP_d + 1.0 \times VP_d$
 $= 1.78 \times 0.25" + 0.25 \times 0.221" + 0.221"$
 $= 0.721" \text{ H}_2\text{O} (=1.831 \text{ cm H}_2\text{O})$

V. 요약 및 개선 대책

본 연구에서는 우리나라 중소기업에 속하는 크

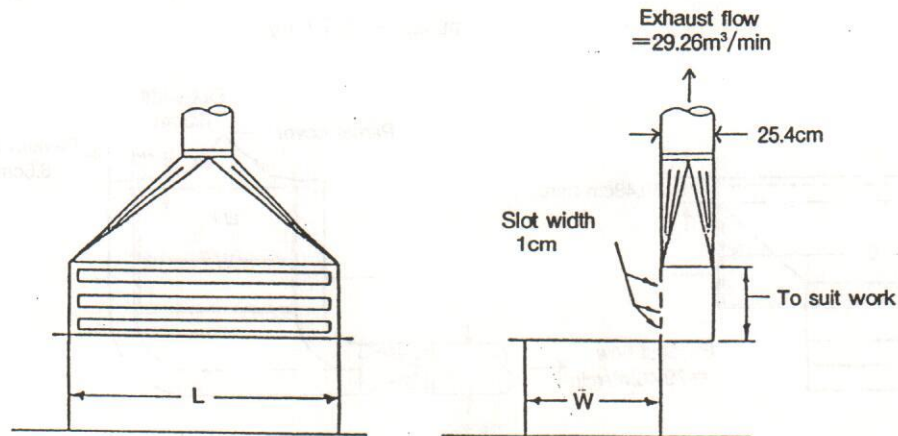


Fig. 6. Upward Plenum Local Exhaust Ventilation Hood for TCE Degreasing Tank.

롬도금 사업장 11개를 선정하여 크롬도금 공정에서 발생하는 총 크롬, 6가 크롬, 황산 및 알킬리성 분진과 탈지세척공정에서 발생하는 TCE 및 MCM 등 여러 종류의 유해물질에 대한 근로자의 폭로실태를 조사하고 크롬탱크와 TCE 탱크에 설치되어 있는 국소배기시설의 형태와 성능을 조사한 후 대상사업장에서 많이 사용되고 있는 크롬탱크와 TCE 탱크를 선정하여 적절한 국소배기시설을 설계하였다. 결과와 개선대책을 요약하면 다음과 같다.

1. 공기중 총 크롬농도와 6가 크롬농도를 동시에 측정하여 근로자의 폭로실태를 조사한 바 총 크롬농도는 한 개의 시료를 제외하고 모든 시료에서 우리나라와 미국 ACGIH의 허용농도 미만이었다. 그러나 공기중 6가 크롬농도는 우리나라와 미국 ACGIH의 허용농도를 초과하는 시료가 총 134개중 7개로서 5.2%였고 국제적으로 가장 엄격한 미국 NIOSH 기준치를 초과하는 시료는 45개로서 33.6%였다. 따라서 크롬도금 근로자의 크롬폭로실태를 정확히 평가하려면 현재 국내에서 주로 사용되는 총 크롬보다는 6가 크롬농도를 측정해야 한다. 6가 크롬농도 측정은 미국 NIOSH 공정시험법을 적용해야 한다.

2. 공기중 크롬농도는 사업장에서 적용하고 있는 여러가지 개선대책과 밀접한 관계가 있었으며 개선대책으로는 적절한 국소배기시설과 그 외에 크롬용액표면에 증기발생을 억제하는 약품(거품으로 표면을 덮는 물질)을 사용하는 방법 및 탱크 표면의 일부분을 덮는 방법 등이 사용되고 있었다. 작업이 없을 때는 탱크표면 전체를 덮는 것이 매우 효과적이다.

3. 크롬도금공정에서의 공기중 황산농도와 알카리성 분진농도는 총 58개중 한 개의 시료를 제외하고 모두 허용농도 미만이었다. 따라서 크롬도금공정 근로자의 유해물질 폭로를 평가하는 데는 산이나 알카리보다는 6가 크롬을 대표하는 물질로 선택하여야 한다.

4. 탈지세척공정에서는 TCE나 MCM을 사용하고 있었으며 대상 사업장중 3개 사업장에서 우리나라와 미국 ACGIH의 허용농도를 초과하였다. 그 외의 사업장에서는 허용농도 미만이었으

며 그 중에는 국소배기시설이 잘 되어 있는 곳도 있었으나 조사당일 정상작업이 이루어지지 않는 곳도 있었다. 근로자의 직종별로 보면 세척자가 보조자보다 높은 농도에 폭로되고 있었다.

5. 국소배기시설을 조사 및 평가한 결과 노동부와 미국 ACGIH 기준에 적합한 성능을 갖춘 배기시설을 크롬탱크에 설치한 사업장은 11개중 한 개도 없었으며 탈지세척탱크에 적절한 국소배기시설을 설치한 사업장은 2개였다. 따라서 대부분의 크롬도금사업장에는 크롬탱크와 탈지세척탱크에 적절한 국소배기시설이 설치되어 있지 않았다.

6. 그러므로 본 조사대상 사업장에서 가장 많이 사용되는 규격의 크롬탱크 2개와 탈지세척탱크 2개를 각각 선정하여 미국 ACGIH 규격에 맞는 국소배기시설을 설계하였다. 크롬탱크를 위한 배기시설은 3종류 즉, push pull형, 상방배기형 및 양측하방배기형 등을 설계하여 필요에 따라 사업장에서 적절히 선택할 수 있게 하였고 탈지세척탱크를 위한 배기시설은 상방배기형으로 하였다.

7. 크롬탱크에 대한 관리대책을 요약하면 다음과 같다.

(1) 적절한 국소배기시설을 설치한다(설계사례 참조).

(2) 전체환기시설을 추가로 설치하여 작업장 전체를 관리한다.

(3) 미스트방지제를 사용하여 공기중 크롬의 발생을 억제한다.

(4) 크롬탱크에 덮개를 사용하여 가능한 한 노출면적을 줄인다.

(5) 기준에 맞는 개인 보호구(마스크와 장갑)를 착용한다.

(6) 10% ascorbic 연고나 용액으로 크롬에 의한 궤양발생을 예방한다¹³⁾.

(7) 작업후 청소를 철저히 한다.

8. 탈지세척탱크에 대한 관리대책을 요약하면 다음과 같다.

(1) 적절한 국소배기시설을 설치한다(설계사례 참조).

(2) 전체환기를 추가로 설치하여 작업장 전체

를 관리한다.

(3) 탈지세척탱크작업에 관한 미국 ACGIH 기준에 적합하도록 한다(미국 ACGIH 기준 VS-501. 1 참조)(ACGIH, 1988).

(4) 기준에 맞는 개인보호구(마스크와 장갑)를 착용한다.

(5) 작업후 청소를 철저히 한다.

참 고 문 헌

관세청 : 무역통계연보, 관세청, 1991. 12

노동부 : 국소배기장치에 관한 기준, 고시 제 90-45호, 노동부, 1990

노동부 : 유해물질의 허용농도, 노동부고시 제 91-21호, 노동부, 1991

노동부 : 1991년도 지방관서보고 종합, 노동부, 1992

대한산업보건협회 : 1991년도 특수건강진단 종합연보, 특수건강진단기술협의회, 대한산업보건협회, 1992

백남원, 맹광호, 최영태 : 모 콘덴서제조공장 세척실에서 Trichloroethylene 중독, 한국의산업의학 1971; 9(2) : 4-8

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : 1992-1993 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, Cincinnati, Ohio,

ACGIH, 1992

ACGIH : Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice, 20th Edition, Cincinnati, Ohio, ACGIH, 1988

ACGIH : Solvent Vapor Degreasing, VS-501. 1, Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice, 20th Edition, Cincinnati, Ohio, ACGIH, 1988

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) : Criteria for a Recommended Standard-Occupational Exposure to Chromium (VI), DHEW (NIOSH) Publication No. 76-129, Cincinnati, Ohio, NIOSH, 1975

NIOSH : NIOSH Manual of Analytical Methods, Third Edition, DHHS (NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, Ohio, NIOSH, 1984

NIOSH : NIOSH Manual of Analytical Methods, Second Edition, DHEW (NIOSH) Publication No. 77-157-A, Cincinnati, Ohio, NIOSH, 1977

National Cancer Institute (NCI) : Carcinogenesis Bioassay of Trichloroethylene CAS No. 79-02-6, National Cancer Institute Tech. Rep. Series No. 2, DHEW (NCI) Pub. No. 76-802, Washington, DC, NCI, 1976

F, eeger AK, Deng J-F : A Case Study of Chromium VI-Induced Skin Ulcerations During a Porcelain Enamel Curing Operation, APPL OCCUP ENVIRON HYG, 1990, 5 (6) : 378-382