

국소배기시설 실태조사 및 효율성향상 방안에 관한연구

1992

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 “국소배기시설 실태조사 및 효율성향상 방안에 관한 연구”의 연구보고서로 제출합니다.

1992. 12

원 장 : 정 규 철
연구책임자 : 박 동 욱

목 차

I. 서 론 -----	5
1. 연구배경 및 필요성 -----	5
2. 연구의 동향 -----	6
3. 연구의 목적과 활용 -----	8
II. 조사대상 및 방법 -----	9
1. 대상 및 일정 -----	9
2. 방법 -----	9
3. 조사내용 및 범위 -----	11
III. 조사결과 -----	13
1. 총 관 -----	13
2. 탱크별 총 크롬, 6가 크롬, 니켈농도 -----	18
3. 국소배기시설 성능평가 -----	19
IV. 고 찰 -----	23
1. 국소배기성능과 총 크롬, 6가 크롬, 니켈농도와의 관계분석 -----	23
2. 제어속도별 총 크롬, 6가 크롬, 니켈농도와의 관계분석 -----	27
3. 슬로트속도별 총 크롬, 6가 크롬, 니켈농도와의 관계분석 -----	29
V. 결 론 -----	31

부록 : 1. 채취 및 분석방법 -----	36
2. 사업장별 크롬 및 니켈농도 -----	70
3. 탱크별 총 크롬, 6가 크롬 농도와의 관계분석 -----	76
4. 슬로트, 제어속도별 총 크롬, 6가 크롬 농도와의 관계분석 프로그램--	79

List of Tables

Table 2-1	Sampling and Analytical Method
Table 2-2	Analytical Condition of Total Chromium and Nickel
Table 3-1	Analytical Results of Total Chromium, Hexa-valent Chromium and Nickel in the Electroplating
Table 3-2	Classification for Hazard Class Chromium and Nickel in the Electroplating
Table 3-3	Minimum Exhaust Volume of Tank Area for Lateral Exhaust
Table 3-4	Design Data Measured in the Local Exhaust Ventilation of the Electroplating
Table 3-5	Classification of Plating Tank by Slot Hood Type
Table 3-6	Concentration of Worker Exposure and Area by Each Electroplating plant
Table 3-7	Classification of Plating Tank by Tank Width and Width/Length Ratio
Table 3-8	Classification of Plating Tank by Control and Slot Velocity
Table 3-9	Classification of Plating Tank by Control and Slot Velocity
Table 4-1	Scheffe's Multiple Comparision of Total Chromium by Tank
Table 4-2	Scheffe's Multiple Comparision of hexa-valent Chromium by Tank
Table 4-3	Scheffe's Multiple Comparision of Nickel by Tank
Table 4-4	Scheffe's Multiple Comparision of Total Chromium and hexa-valent Chromium by Control Velocity
Table 4-5	Scheffe's Multiple Comparision of Total Chromium and hexa-valent Chromium by Slot Velocity

다중 회귀분석을 이용한 일부 영세 도금공정의 국소배기성능과 공기중
총크롬, 6가 크롬 및 니켈농도와의 관계분석

산업보건연구원 산업위생연구실

박 동 옥

(Abstract)

A Study on the Relationship Between Efficiency of Local Exhaust
Ventilation in the Poly and Total Chromium, hexa-valent Chromium
and Nickel Concentration in Some small Electroplating Plants.

Park, D.U., Park, D.Y., Shin, Y.C., Ohe, S.M.

Industrial Health Research Institute, Korea Industrial Safety Co.

This study was carried out to analyze the relationship between the efficiency of local exhaust ventilation and hexa-chromium and nickel emitted from plating process in some small electroplating plants.

These results were as follows.

1. The average concentration of worker exposure to total chromium, hexa-valent chromium and nickel was 43.05 ug/m^3 , 1.70 ug/m^3 , 9.29 ug/m^3 , respectively, which is appropriate for Threshold Limit Value(TLV) of Occupational Safety and Health Administration.
2. The average capture velocity measured in the chromium tank and nickel tank was 0.45 m/sec , 0.29 m/sec , respectively. These results were below recommended value of American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH) and National Institute for Occupational safety and Health(NIOSH) by component materials of bath.
3. The relationship between management level of local exhaust ventilation and tank and airborne total chromium was multiply compared by the

Scheffee Method. The multipull pairwise comparisons indicate that "tank with ventilation not appropriate for criteria of NIOSH but good management"(a) is the most effective tank. Differences of total chromium, hexa-chromium and nickel concentration between "tank with ventilation not appropriate for criteria of NIOSH but good management "(a) and "tank with ventilation not appropriate for criteria of NIOSH and poor management"(b) and "tank without ventilation"(c) was statistically significant($p < 0.05$). But there was no clear difference of concentration between "b" and "c".

4. Differences of total chromium, hexa-valent chromium and nickel concentration by capture velocity with 95% family confidence interval was statistically not significant.

Difference of total chromium and hexa-valent chromium concentration between "tank with slot velocity (> 10 m/sec) ("z") and "tank with slot velocity (< 5 m/sec) was statistically significant.

여 백

I. 서 론

1. 연구배경 및 필요성

직업병을 유발하는 작업장의 유해요인에 대한 정확한 측정(measurements), 및 평가(evaluation)와 더불어 공학적인 제어(control)도 산업위생측면에서 매우 중요한 분야이다. 일반적으로 작업환경의 개선대책으로는 환기(ventilation), 대체(substitution), 격리(isolation), 보호구 착용 등의 방법이 있으나 이 중 환기가 가장 일반적으로 이용되고 있는 작업환경개선대책이다. 특히 유해물질을 취급하는 발생원에서 유해요인을 직접 제거하는 국소배기장치가 주요한 작업환경개선방법이다. 그러나 대부분의 중소규모 사업장에 설치된 국소배기장치는 설계 및 시공의 전문성 결여, 국소배기시설의 감리제도 불합리, 유지관리 기술미흡, 그리고 전문기관의 국소배기시설 성능 평가 기법 미흡 등으로 인해 유해요인에 대한 효율적인 제어기능을 담당하고 있지 못한 경우가 많다.

조립금속제품 제조업 중 도금공정(electroplating)에서는 취급 유해화학물질의 종류도 많고 그 유해성도 큰 것으로 알려져 있다. 주요한 유해요인으로는 산처리공정의 HCl, HF, HNO₃, H₂SO₄, 전해처리 공정의 NaCN, NaOH, KOH, 도금공정의 니켈염, 크롬산, 각종 금속류 그리고 탈지공정의 세척제인 trichloroethylene 등이다. 이들은 증기, 가스 및 미스트 형태로 발생하며 근로자에 대한 유해위험도(hazard potential class)도 큰 것으로 보고되고 있다(ACGIH, 1989).

이 중 6가 크롬은 자극성과 부식성이 강하여 비중격 천공을 일으키며 감작작용, 신장장애, 돌연변이 및 폐암 등을 유발하는 유해물질로 보고되어 왔다. 미국 정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial

hygienists: ACGIH)와 우리나라 노동부에서는 공기중 크롬에 대한 허용농도로서 6가 크롬에 대하여 0.05 mg/m^3 ($50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)으로 정하였고, 특히 불용성 6가 크롬에 대하여는 “인체에 암을 일으키는 물질”인 “A1”으로 분류하고 있다(노동부, 1992; ACGIH, 1992). 한편 미국국립산업안전보건연구원(National Industrial for Occupational Safety and Health: NIOSH)에서는 발암성물질인 6가 크롬에 대하여 0.001 mg/m^3 ($1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)을 허용기준으로 정하였다. 따라서 6가 크롬을 포함한 도금공정의 각종 유해인자에 대한 관리 및 공학적인 제거대책은 매우 절실하다.

우리나라의 경우, 도금공정에서의 국소배기장치 설계시 고려해야 할 인자는 조(tank)의 폭과 길이, 작업조건, 화학물질의 특성, 외부기류(cross draft), 각종 공정활동(source activity), 조온도 등 산업위생학적 측면의 전문성이 요구되나 간과되는 것이 대부분이고 관련된 연구도 거의 없는 실정이다. 또한 대부분의 영세규모 도금 사업장은 국소배기장치 성능평가 및 유지관리 기법도 미흡하고 작업 환경 및 생산활동의 특성에 적합한 국소배기장치가 가동되고 있지 않은 경우가 많아 유해인자에 대한 근로자 폭로 가능성은 매우 높다.

2. 연구의 동향

그 동안 외국의 산업위생분야에서는 도금공정의 각종 유해인자로 부터 근로자 보호를 위한 작업환경평가 및 공학적인 개선대책에 관한 연구가 많이 보고되어 왔다. 도금공정과 관련된 문헌들을 종합해 보면 크롬도금공정에서 크롬의미산을 방지하기 위해 국소배기설비는 반드시 필요하며, 부유플라스틱볼(floating plastic beads)도 충분치 않지만 크롬미산 방지에 효과적인 것으로 보고 되고 있다. 장식용 도금공정에서는 미스트발생 억제제(chemical mist suppressants)의 사용이 적절한 크롬발생의 방지가 효과가 있어 0.025 mg/m^3 의 농도관리에는 가능하나 NIOSH의 6가 크롬 권장허용농도인 0.001 mg/m^3 의 달성에는 어려운 것으로

되어 있다.(Sheedy, 1984)

ACGIH(1988)는 Open Surface Tank의 공정형태, 유해물질의 종류에 따른 유해위험도를 정하고 여기에 적합한 설계인자를 제시하였다. 또한 W/L 비가 2.0 이상인 경우(W가 1.2 M 이상) Push-Pull국소배기장치의 설치를 권하고 그에 적합한 설계기준을 제시한 바 있다(David, 1985; ACGIH, 1988; John, 1988).

NIOSH의 Huebener와 Hughes는 실험실에 도금공정과 같은 Open Surface Tank(L, 1.2 m x W, 1.2-1.8 m)를 설치하여 Push와 Pull양의 변화에 따른 System Efficiency를 평가하고 가장 적합한 풍량을 보고함으로써 경제적인 국소배기 설계를 위한 기준으로 이용될 수 있도록 하였다(Huebener 등, 1985). Walters와 Siemens은 유해인자의 최소 발산을 위한 Push와 Pull 소요풍량의 관계를 제시하고 여기에서 달성된 에너지 절감효과를 수식으로 나타내었다(Walters 등, 1981). Klein(1988)은 NIOSH에서 제시한 Push Pull Ventilation Criteria(Lab Findings)를 실제로 도금공정에 적용하여 기준을 검정한 바 있다. 즉, Push와 Pull양의 변화에 따라 발생하는 크롬 농도를 다중비교(multiple comparison)함으로써 가장 경제적이고 최적인 푸쉬-풀의 소요풍량을 선정하였다(Klean, 1986). 이밖에도 도금조 탱크(open surface tank)의 사양에 적합한 국소배기장치 개발, 유해물질의 유해성 및 공정특성에 따른 설계인자의 제시, 중앙 푸쉬-풀 국소배기장치의 최적풍량 설정 (Klean, 1986), 그리고 생산공정 활동(source activity)과 관련된 Emission Factor의 특성 규명(Richard 등, 1989) 등 도금공정에 관련된 국소배기장치의 연구는 대단히 많다.

국내는 도금공정의 국소배기시설의 실태조사는 물론 관련연구는 매우 부족한 실정이다. 최근에 우리나라 일부 중소기업의 도금공정을 대상으로 6가 크롬과 TCE 등의 폭로농도를 측정하는 한편 국소배기시설의 실태조사와 함께 적정 후드 설계의 예를 보고한 바 있다(서울대학교, 1992).

3. 연구의 목적 및 활용

본 연구는 일부 영세규모의 도금사업장을 대상으로 크롬 및 니켈의 정확한 작업환경측정과 국소배기장치의 설치실태를 조사하여 문제점을 도출한다. 이를 바탕으로 국소배기장치의 성능과 공기중 총크롬, 6가 크롬, 그리고 니켈농도와의 관계분석을 통하여 경제적이고 현실적인 국소배기장치의 개선방안을 제시하고자 한다.

본 연구의 결과는 도금공정의 관리대책 및 역학연구의 기초자료 이용, 국소배기장치의 성능평가 기법 및 한.일 협력사업의 기초 연구자료로 활용되어 우리나라 영세 규모 도금사업장의 근로자 보건관리 및 작업환경관리대책 마련에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

II. 조사대상 및 방법

1. 대상 및 일정

50인 이하의 영세규모 도금사업장 16개소를 조사대상으로 하였다. 지역별 분류를 보면 서울, 대전이 각각 2개소, 인천과 대구가 각각 3개소, 그리고 안산이 6개소이다. 작업환경측정은 크롬 및 니켈도금공정에 한하였으나 국소배기시설 실태 및 공정관리조사는 전공정을 대상으로 하였다. 조사일정은 7월부터 11월 사이에 1일 1개소씩 조사하였다.

2. 방법

가. 작업환경측정

작업환경측정항목은 총크롬, 6가크롬, 니켈이다. 표 2-1에서 보는 바와 같이 시료채취 및 분석은 NIOSH방법을 인용하였으며, 그 내용은 부록 1에 제시되어 있다(NIOSH, 1984).

Table 2-1 Sampling and Analytical Method

Item	Method
Total Chromium	NIOSH Method 7024 AAS flame($N_2O-C_2H_2$)
Hexa-valent Chromium	NIOSH Method 7600 UV-visible SP
Nickel	NIOSH Method 7300 AAS flame(Air- C_2H_2)

개인시료채취(Personal Samples)는 도금근로자의 전수를 대상으로 실시하였다.

지역시료(Area Sample)는 도금 및 니켈 탱크주변의 일정 지점에서 MSA사의 개인시료채취기

(Flow-Lite 484108)로 1.5 - 2.5 Lpm 범위내의 유속으로 채취하였다.

채취시간은 6시간 이상 2회에 걸쳐 실시하였으며, 분석기기의 검지한계를 고려하여 1회 연속 채취한 경우도 있었다. 채취공기량은 시료 채취 전과 후의 유속 보정으로 정확하게 산출하였다.

Tabel 2-2 Analytical Conditions, of Total Chromium and Nickel

Item	Wavelength (nm)	Slit Width (nm)	Lamp Current(mA)	Flame Type
Chromium	357.9	0.2	6.0	N ₂ O-C ₂ H ₂
Nickel	232.0	0.2	4.0	Air-C ₂ H ₂

총크롬과 6가 크롬의 시료채취는 각각 막여과지(Pore size: 0.8 μ m, 직경: 37 mm)와 PVC여과지(Pore Size: 5 μ m, 직경: 37mm)를 사용하여 동일 근로자 및 동일 지점에서 동시에 채취하였다. 니켈은 막여과지(Pore Size: 0.8 μ m, 직경: 37mm)로 채취하였다.

총크롬과 니켈은 원자흡광기기(Instec사, Model GBC-902)에 의해 분석하였으며 그 조건 및 방법은 표 2-2에 요약되어 있다.

6가 크롬은 흡광분광광도계(Varian사 Model DMS-200 UV-visible Spectrophotometer)에 의해 분석하였으며 그 조건 및 방법은 부록 1에 요약되어 있다.

나. 국소배기실태조사

도금탱크 및 후드의 크기는 줄자로 측정하였다. 후드의 제어속도 및 슬로트속도는 Velometer(ALNOR사 Series 6000P)로 측정하였다. 제어속도 측정지점은 후

드로 부터 가장 먼 탱크의 가장자리였으며, 측정수는 1개의 후드당 10개이상의 간격으로 하고 평균을 대표적인 제어속도로 하였다. 양면 슬로트후드(two-sides)인 경우 탱크의 중앙을 제어속도 측정지점으로 하였다. 슬로트 속도는 슬로트 후드의 면에서 측정하였으며 측정지점 및 간격은 NIOSH에서 실시한 방법을 이용하였다. 즉 30 cm 간격마다 슬로트 중앙의 위(the top half of the slot)와 아래의 위(bottom half) 두 지점에서 측정하였다. 간격마다 측정한 속도를 평균하여 대표 스톱트속도로 하였다(Sheedy 등, 1984).

후드 소요풍량은 닥트에 측정구가 마련되어 있지 않아 닥트 단면의 유속측정(duct traverses)이 불가능하여 후드에서 평균 슬로트 속도와 후드의 면적을 곱하여 구하였다(Sheedy, 1984). 측정이 불가능한 경우 회사의 “환경처 기술감리서류”를 인용하였고, 인용이 불가능한 경우는 자료분석에서 제외하였다. 한편 스모그튜브(Smoke tube)는 기류의 방향 및 질적인 국소배기성능을 평가하기 위해 사용하였다.

다. 다중비교 분산분석

국소배기성능별 공기중 총크롬, 6가 크롬, 니켈 농도와의 다중 비교분산분석은 Scheffe 방법을 이용하였고 SAS(Statistical Analysis System: Version 6.02)로 분석하였다.

3. 조사내용 및 범위

본 연구의 조사내용은 다음과 같다.

- 도금공정의 운전조건, 유해물질사용량 및 관리상태
- 국소배기시설의 일반사항(design data)의 측정 및 검토
 - 도금 탱크(tank)의 폭과 길이
 - 제어속도, 슬로트 속도, 반송속도, 송풍기 회전속도(rpm)

- 장치의 부분별 정압측정
- 후드의 크기 및 재질
- 소요풍량
- 설계적양 감리 및 평가
- 기타 국소배기성과 관련된 사항
- 유해물질별 후드의 형태별 제어속도와 슬로트 속도를 NIOSH와 ACGIH기준과 비교 분석평가
- 후드의 제어속도별 슬로트 속도별 총크롬, 6가 크롬, 니켈 농도의 관계
- 국소배기장치 설치 유무 및 관리상태에 따른 공기중 총크롬, 6가 크롬, 니켈 농도와의 관계

본 연구의 조사범위는 작업환경측정의 경우 크롬과 니켈 도금 공정만을 대상으로 하였다. 국소배기성능평가는 그 효율성을 가장 명확하게 판단할 수 있는 제어속도와 슬로트 속도, 탱크의 관리상태, 그리고 소요풍량 등을 조사하여 변수로 이용하였다. 반송속도와 장치의 부분별 압력손실측정은 측정구가 마련되어 있지 않아 측정이 불가능하였다.

Ⅲ. 조사결과

1. 총 관

가. 작업환경 측정결과

도금공정의 시료채취방법별 총크롬, 6가 크롬 그리고 니켈의 작업환경측정결과는 표 3-1에 요약되어 있다. 그리고 각 단위 사업장별 작업환경측정결과는 부록 2에 제시되어 있다.

표에서 보는 바와 같이 도금근로자에 대한 개인시료의 평균 폭로농도는 총크롬이 $43.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 6가 크롬이 $1.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 그리고 니켈이 $9.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다.

도금탱크 주변에 대한 지역시료의 평균농도는 총크롬이 $68.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 6가 크롬이 $5.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 그리고 니켈은 $7.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다. 이러한 결과는 산업안전보건법 및 OSHA(Occupational Safety Health Administration: OSHA)에서 규정한 허용농도인 총크롬의 $1.0 \text{ mg}/\text{m}^3$, 6가 크롬의 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 니켈의 $1.0 \text{ mg}/\text{m}^3$ 에 미만인 것으로 나타났다. 그러나 부록에서 보면 사업장별, 장소별로 허용농도를 초과한 경우도 있다. 즉 총크롬은 93건 모두가(6.1%) 허용농도인 $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 에 미만이였다. 6가 크롬은 93건 중 3건(3.2%)이 초과하였으며 니켈은 모든 사업장에서 허용농도($1 \text{ mg}/\text{m}^3$) 미만인 것으로 조사되었다.

나. 국소배기시설 성능기준

ACGIH는 도금공정에서 사용되는 유해화학물질별로 유해도(hazard class)를 정하는 한편, 이에 적합한 적정 설계사양(인자)을 제시하고 있다. 즉, 유해물질별 유해도에 따른 제어속도, 탱크 폭과 길이의 비에 따른 최소한으로 요구되는 소요풍량(minimum exhaust volume)을 추천하고 있다.

Table 3-2 Classification of Hazard Class in Electroplating

Operation	Component	Contaminant	Hazard Class	minimum control velocity(m/sec)*
Electroplating Acid	Chromium	Chromiumc Acid	A-1	0.76
	Nickel	Nickel Sulfate	B-2	0.51

* Lateral Exhaust

Table 3-3 Minimum Exhaust Volume of Tank Area for Lateral Exhaust

		Width / Length(W/L) Ratio of Tank				
		Control Vel (m/sec)	0.0 - 0.09	0.1 - 0.24	0.25 - 0.49	0.5 - 0.99
hood against wall or baffled	< 0.25	15.2	18.3	22.9	27.4	30.5
	0.38	22.9	27.4	33.5	39.6	45.7
	0.51	30.5	38.1	45.7	53.3	60.9
	> 0.76	45.7	57.9	68.6	>76.2	>76.2
hood on free standing tank	< 0.25	22.9	27.4	30.5	33.5	38.1
	0.38	33.5	39.6	45.7	51.8	57.9
	0.51	45.7	53.3	60.9	68.6	>76.2
	> 0.76	68.6	>76.2	>76.2	>76.2	>76.2

표 3-2와 표 3-3 그리고 그림 3-1이 이러한 관계를 잘 보여주고 있다. 표 3-3은 탱크 폭과 길이의 비와 제어속도, 그리고 후드의 설치 위치에 따른 필요 소요풍량의 기준을 제시한 것이다. 즉 유해도가 높을수록 그리고 탱크의 폭과 길이의 비가 클수록 제어속도는 커지고 요구되는 국소배기의 소요풍량은 많아지게 된다(ACGIH, 1988; Flanigan 등, 1984)

본 연구에서 측정, 평가하는 항목인 크롬은 근로자에 대한 영향이 커 유해도를 “A-1”으로 규정하고 있다. 외부식 측방후드(lateral exhaust)인 경우 0.76 m/sec(150 fpm) 이상의 제어속도(control velocity)가 필요하다. 한 면만 개방된 포위식 후드는 0.51 m/sec(100 fpm)가 요구되고 캐노피 후드는 근로자 폭로가능성이 있기 때문에 사용하지 않도록 권하고 있다(ACGIH, 1988).

한편, 니켈의 유해도는 “B-2”로 규정되어 있고, 필요한 최소한의 제어속도는 측방외부식과 두면이 개방된 캐노피 후드인 경우 0.51 m/sec(100 fpm) 그리고 한 면만 개방된 캐노피 후드는 0.38 m/sec(75 fpm)이다. 따라서 도금공정의 국소배기시설의 설계시에는 상기와 같은 유해물질의 특성별 유해도를 포함한 각종 산업위생학적 측면의 인자들을 고려하여 설계를 하여야 한다.

다. 국소배기시설 실태조사

크롬탱크와 니켈탱크의 폭, 제어속도, 슬로트속도, 그리고 소요풍량에 대한 조사결과가 표 3-4에 요약되어 있다.

Table 3-4 Design Data measured in the Local Exhaust Ventilation of the Electroplating

	Tank Width (m)	Capture Velocity (m/sec)	Slot Velocity (m/sec)	Exhaust Volume (m ³ /min/m ² of tank)
Chromium Tank				
Range	0.4 - 1.2	< 0.25 - 1.20	< 0.25 - 3.50	1.97 - 79.38
Mean + SD	0.59 + 0.30	0.45 + 0.31	1.66 + 2.49	7.77 + 16.01
Nickel Tank				
Range	0.65 - 4.40	< 0.25 - 0.40	0.81 - 5.94	4.82 - 65.20
Mean + SD	1.29 + 1.29	0.29 + 0.05	2.87 + 1.88	37.67 + 19.53

사업장별 결과는 부록 3에 제시되어 있다. 탱크의 평균 폭은 크롬탱크가 0.59 m, 니켈탱크는 1.29 m였다. 평균 제어속도는 크롬탱크가 0.45 m/sec, 니켈탱크가 0.29 m/sec 였으며 스톱트의 평균속도는 크롬탱크가 7.30 m/sec, 니켈탱크가 2.87 m/sec로 조사되었다.

크롬탱크와 니켈탱크에 설치된 후드의 형태를 조사한 결과는 표 3-5에 있다.

Table 3-5 Classification of Plating Tank by Slot Hood Type

Tank	Total	Slot Hood (Number)				
		Circular	1단2면이상	다단2면	다단1면	1단1면
Chromium	32	1	5	2	8	16
Nickel	14	3	2		3	6

후드의 형태는 크롬, 니켈탱크 전부 슬로트 후드였다. 크롬탱크에 설치된 슬로트 후드를 형태별로 분류해 보면 후드가 1개인 1단 1면이 32개 중 16개(50 %)로써 가장 많았고, 1면에 다단으로 슬로트 후드가 설치된 수는 8개(25 %)였으며, 2면이상 설치된 경우는 5개(16 %)로 조사되었다. 니켈탱크의 슬로트 후드는 1단 1면이 14개 중 6개(42.8 %)로써 가장 많았고, 다단 1면과 원형의 형태가 각각 3개씩(21.4 %)이었다.

2. 탱크별 총크롬, 6가 크롬, 니켈농도

가. 탱크 분류기준

국소배기시설의 제어속도, 슬로트 속도, 소요풍량 그리고 탱크의 관리상태에 따라 탱크를 구분하였다. 탱크 크기 및 유해물질별로 ACGIH와 NIOSH에서 제시한 국소배기설계조건에 만족한 사업장은 없었다.

“a” 탱크로 분류되는 기준은 ACGIH와 NIOSH에서 제시한 설계조건에 만족치는 못하나 덮개 철저, 미스트 방지제 사용, 플라스틱볼 사용, 그리고 작업방법의 적합 등의 도금공정의 탱크 관리가 비교적 양호한 경우를 포함시켰다.

“b” 탱크로 분류되는 기준은 ACGIH와 NIOSH에서 제시한 설계조건에도 만족치 못하고 탱크의 관리 및 작업방법 그리고 후드 및 닥트장치 관리가 불량한 사업장을 포함시켰다.

“c”로 분류된 탱크는 도금공정에 국소배기시설이 설치되지 않은 경우이다. 국소배기시설이 가동되지 않는 탱크도 여기에 포함시켰다.

나. 탱크별 총크롬, 6가 크롬, 니켈농도

국소배기성능 및 탱크 관리 정도에 따라 분류한 탱크별로 총크롬, 6가 크롬, 니켈농도에 대한 조사결과가 표 3-6에 나타나 있다.

총크롬의 근로자 평균 폭로농도는 “a”탱크가 $23.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, “b”는 $74.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 그리고 “c”는 $110.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 각각 조사되었다. 6가 크롬의 근로자 평균 폭

로농도는 “a” 탱크가 $1.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, “b”는 $0.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$, “c”가 $8.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 보이고 있다. 니켈은 “a”가 $1.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, “b”는 $2.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$, “c”는 $0.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 탱크주변의 총크롬에 대한 지역시료의 평균농도를 보면 “a”가 $10.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, “b”는 $101.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 그리고 “c”는 $166.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 6가 크롬의 지역시료의 평균농도는 “a”가 $0.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, “b”는 $8.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 그리고 “c”는 $11.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 니켈의 지역시료 평균농도는 “a”가 $0.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, “b”는 $6.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 그리고 “c”는 $6.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내고 있다.

3. 국소배기시설 성능평가

가. 후드의 형태 및 탱크크기의 적정성 평가

탱크크기의 조사결과를 보면 표 3-8과 같다. ACGIH와 NIOSH에서 제시한 도금탱크의 적정 폭은 1면 슬로트 후드인 경우 0.51 m (20 inch)로써 이를 초과하는 경우 ($0.51 \text{ m} - 0.91 \text{ m}$) 양면 슬로트 후드의 설치를 권장하고 있다. 또한 폭이 1.21 m 를 초과하는 경우 밀폐(enclosure)가 반드시 필요하다고 되어 있다. 본 연구 조사결과를 살펴보면 크롬탱크의 폭은 상기 기준에 적합한 경우가 30개 중 4개소로 13.3 %에 불과하며 대부분 0.6 m 를 초과하고 있다.

니켈탱크를 보면 0.51 m 이하가 124개 중 3개소로 21.4 %를 차지하고 있다. 탱크 폭과 길이의 비는 모두 1 이하인 것으로 조사되었다. ACGIH에서는 탱크폭이 1.21 m 이상이고 탱크 폭과 길이의 비가 1.0 이상인 경우 탱크의 긴 단면(long dimension)을 통해 유해인자를 제어하는 것은 바람직하지 않다고 하고 있다 (ACGIH, 1988).

NIOSH에서는 탱크 폭이 크거나 탱크 폭과 길이의 비가 큰 경우 푸쉬-풀 국소배기 장치의 설치가 바람직하며 탱크 폭($1.2 - 1.8 \text{ m}$), 방해기류(cross-draft), 작업 조건 등의 변화에 따른 최적 푸쉬-풀 소요풍량을 보고한 바 있다(Klein, 1987).

Table 3-8 Classification of Plating Tank by Tank Width and width/length Ratio

	Total	Tank width(m)				Width/Length Ratio		
		< 0.6	0.6 - 1.0	1.0 - 1.2	1.2 <	0.1 - 0.24	0.25 - 0.49	0.5 - 0.99
Chromium Tank	30	4	10	14	2	2	17	11
Nickel Tank	14	3*	9	-	2	-	3	8

* circular type

도금하고자 하는 제품의 특성(크기 등)과 도금형태 그리고 작업방법에 따라 도금탱크의 폭은 차이가 있을 수 있으나 가능한 한 0.51 m 이하로 하는 것이 바람직하고 도금공정의 특성에 부적합 할 경우 그 폭은 증가될 수 있다. 이러한 경우 양면슬로트 혹은 푸쉬-풀 국소배기장치를 설치하는 것이 유해요인의 효과적인 제어를 위해 바람직하다.

현재 설치된 도금탱크의 폭이 큰 경우(0.6m 이상) 도금작업에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 밀폐를 하는 것이 타당하다. 즉 탱크의 가장자리를 밀폐하거나 슬로트 후드의 위나 양측면에 외부 기류를 차단하는 플랜지(baffle)를 설치하는 것이다. 이러한 관리를 하는 경우 후드의 제어거리는 짧아지고 유해인자의 발산(emission) 및 근로자 폭로를 줄일 수 있는 효율적인 대책이 되는 것이다.

나. 제어속도 및 슬로트속도별 적정성 평가

크롬탱크와 니켈탱크의 제어속도 및 슬로트속도의 측정결과는 표 3-9에 제시 되어 있다.

Table 3-9 Classification of Plating Tank by Control and Slot Velocity

Total		Control Velocity(m/sec)				Slot Velocity(m/sec)		
		< 0.25	0.25 - 0.50	0.5 - 0.75	0.76 <	< 5.0	5.0 - 10.0	10.0 <
Chromium Tank	17	11	10	4	2	17	5	8
Nickel* Tank	12	5	7	-	-	14	-	-

* : control velocity of 2 tank could not be measured

제어속도를 살펴보면 크롬탱크의 경우 적정 제어속도인 0.76 m/sec를 만족한 것은 17개소 중 2개소로 7.4 %에 불과하다. 더우기 0.25 m/sec 이하인 경우가 11개소로 40.7 %를 차지하고 있어 발생하는 크롬미스트의 효율적인 제어가 어려울 것으로 보인다.

니켈탱크는 적정 제어속도인 0.51 m/sec를 달성한 경우는 없다. 0.25 m/sec 이하가 12개소 중 5개소 이고 0.25~0.5 m/sec가 7개소로 조사되었다. 슬로트 속도를 보면 크롬탱크의 경우 적정속도인 10.2 m/sec(2000 fpm) 이상은 27개소 중 8개소(29.6 %)이고, 대부분 5 m/sec이하인 것으로 측정되었다. 이처럼 제어속도와 슬로트속도가 적정기준에 미달되는 원인은 설계의 전문성 결여와 국소배기시설의 관리미흡 때문이다.

즉 유해물질별 적정속도 및 합류관간의 정압비가 대부분 고려되지 않거나 압력손실이 큰 90° 곡관이 많은 것 등은 설계 전문성 결여의 좋은 예이다. 이러한 요인들은 국소배기장치의 압력손실의 증가와 함께 곡관부위나 닥트내에 유해물질이 쌓이게 하여 제어속도 및 슬로트속도가 계속 떨어지는 원인으로 작용하게 된다. 국소배기시설을 하고서도 유해인자제거를 위한 효율성을 달성할 수 없는 악순환이 되풀이 되는 경제적인 문제점이 있다.

다. 소요풍량에 따른 적정성 평가

사업장별 탱크별 소요풍량은 표 3-10에 제시되어 있다. 각 사업장 별로 후드의 설치특성, 제어속도 그리고 탱크 폭과 길이의 비에 따른 적정 소요풍량과 비교하여 그 적정성을 평가하였다. 기준에 적합한 사업장은 1개소도 없었다. 즉, 탱크 크기 및 취급 유해물질(크롬산과 니켈염)별 제어속도에 적합한 소요풍량이 달성되는 사업장이 없었다. 이는 설계를 시작할 때 공정특성에 따른 산업위생학적 측면의 인자를 무시하거나 설치된 국소배기장치의 관리소홀 등이 주원인일 것으로 판단된다.

N. 고 찰

1. 국소배기성능과 총크롬, 6가 크롬, 니켈 농도와의 관계분석

가. 총크롬

국소배기성능과 관리상태에 따른 탱크별 총크롬의 다중 비교분석 (multiple comparison) 결과는 표 4-1에 나타나 있다.

Table 4-1 Scheffe's Multiple Comparision of Total Chromium by Tank

Tank Comparison	Confidence Limit(ug)		Difference Between Means(ug)	
	Lower	Upper		
c - b	- 30.91	- 133.82	51.46	
c - a	61.87	- 217.71	139.79	***
b - c	- 133.82	- 30.91	- 51.46	
b - a	39.14	- 137.52	88.33	***
a - c	- 217.71	- - 61.87	- 139.79	***
a - b	- 137.52	- - 39.14	- 88.33	***

a = Tank with Ventilation not Apprpriate for Criteria of NIOSH and ACGIH but Good Management

b = Tank with Ventilation not Apprpriate for Criteria of NIOSH and ACGIH and Poor Management

c = Tank without Ventilation

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by '***'.

“a”와 “b” 탱크 간의 발생되는 총크롬 농도는 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉 95% 신뢰구간에 의한 농도의 차이는 137.53 μg 에서 39.14 μg 인 것으로 분석되었다. 또한 “a”와 “c” 탱크 간의 총크롬도 통계적으로 유의한 농도차이(217.71

μg 에서 $61.87\mu\text{g}$)가 있는 것으로 나타났다. 그러나 “b”와 “c” 탱크간에는 서로 유의한 농도차이를 볼 수 없었다. 이것은 국소배기장치의 성능 및 사양이 NIOSH와 ACGIH의 기준에는 부적합하여도 총크롬의 발생을 억제하기 위한 탱크의 관리가 양호한 경우 근로자 폭로농도는 줄일 수 있는 것으로 해석될 수 있다. 즉, 탱크덮개 철저, 미스트 억제제 사용, 작업방법의 개선 등 효율적인 탱크관리를 하는 경우 불량한 도금공정의 관리 사업장보다 발생하는 총크롬의 농도는 훨씬 저감시킬 수 있다. 또한 관리가 양호한 국소배기장치의 탱크 “a”는 그 시설이 없는 경우와는 총크롬의 농도 차이가 있는 것으로 분석되었으나 국소배기시설이 있다해도 도금공정의 관리 및 국소배기시설의 성능이 매우 불량한 탱크(“b”)는 시설이 없는 경우(“c”)와 유의한 농도차이를 보이고 있지 않다. 다시 말하자면 경제적으로 국소배기시설을 설치하고 가동해도 산업위생학적 측면의 인자를 무시하고 설계하거나 도금탱크관리 등이 불량하면 발생하는 유해인자의 제거에 효율적이지 못하게 된다.

나. 6가 크롬

국소배기성능 및 관리상태에 따른 사업장별 6가 크롬의 다중비교분석 결과는 표4-2에 제시되어 있다.

Table 4-2 Scheffe's Multiple Comparion of hexa-valent Chromium by Tank

Tank Comparison	Confidence Limit(ug)		Difference Between Means(ug)
	Lower	Upper	
c - b	- 4.243	25.719	10.738
c - a	5.808	34.154	19.981 ***
b - c	- 25.719	4.243	- 10.738
b - a	0.296	18.189	9.243 ***
a - c	- 34.154	- 5.808	- 19.981 ***
a - b	- 18.189	- 0.296	- 9.243 ***

a = Tank with Ventilation not Apprpriate for Criteria of NIOSH and ACGIH but Good Management

b = Tank with Ventilation not Apprpriate for Criteria of NIOSH and ACGIH and Poor Management

c = Tank without Ventilation

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by '***'.

“a”와 “b”탱크 간의 6가 크롬 발생농도는 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉 농도차이의 정도는 18.189 μg 에서 0.296 μg 구간이고, 평균 9.243 μg 으로 분석되었다.

“a”와 “c”탱크 간의 농도차이도 통계적으로 유의하게 나타났다. 평균 6가 크롬 농도의 차이는 19.981 μg 이며, 범위는 5.808 μg 에서 34.154 μg 인 것으로 분석

되었다. 그러나 “b”와 “c” 탱크간에는 유의한 농도차이를 보이고 있지 않다. 설치된 국소배기장치의 성능이 ACGIH나 NIOSH에서 제시한 기준에 비록 만족하지 않은 탱크라 해도 도금공정의 관리가 양호한 경우(“a”) 국소배기시설이 있으나 관리가 불량한 사업장(“b”), 그리고 없는 경우(“c”)와 비교할 때 발생하는 6가 크롬농도 억제에 효과가 있다는 것을 의미한다.

다. 니켈

국소배기성능 및 관리상태에 따른 사업장별 니켈의 다중 비교분석결과는 표 4-3에 제시되어 있다.

Table 4-3 Scheffe's Multiple Comparion of Nickel by Tank

Tank Comparison	Confidence Limit(ug)		Difference Between Means(ug)
	Lower	Upper	
b - c	- 2.939	5.315	1.188
b - a	2.009	9.766	5.888 ***
c - b	- 5.315	2.939	- 1.188
c - a	1.149	8.251	4.700 ***
a - b	- 9.766	- 2.009	- 5.888 ***
a - c	- 8.251	- 1.149	- 4.700 ***

a = Tank with Ventilation not Apprpriate for Criteria of NIOSH and ACGIH but Good Management

b = Tank with Ventilation not Apprpriate for Criteria of NIOSH and ACGIH and Poor Management

c = TAnk without Ventilation

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by '***'.

"a"와 "b" 그리고 "a"와 "c" 탱크 간의 발생하는 니켈의 농도는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 평균 니켈농도의 차이는 "a"와 "b"가 $5.888 \mu\text{g}$ "a"와 "c"는 $4.700 \mu\text{g}$ 이다. 그러나 "b"와 "c" 탱크 간의 니켈농도의 차이는 유의하지 않는 것으로 나타났다.

발생되는 니켈의 농도는 국소배기장치의 설치 유무에 관계없이 모두 허용농도 $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 만족하고 있다. 이것은 니켈 전기도금이 약 95 % 이상의 전해효율(cathode efficiency)을 갖고 있어 도금액으로 부터의 가스발생이 매우 적고, 따라서 니켈미스트의 발생은 적은 것으로 보고된 바 있다(Robert, 1989). NIOSH가 니켈도금 탱크를 대상으로 조사한 40개의 지역시료 중 국소배기시설의 유무에 상관없이 니켈 농도는 모두 허용농도 미만인 것으로 보고한 바 있어 본 연구결과와 일치한다(Sheedy et al, 1984). 그러나 근로자 건강보호를 위한 산업위생학적 관점에서 보면 니켈은 발암성물질이고, 비록 허용농도에는 만족할지라도 국소배기시설의 유무 및 관리상태에 따라 발생하는 니켈의 농도는 차이가 있는 것으로 분석 되었으므로 보다 적절한 국소배기시설 및 탱크관리를 통하여 니켈폭로를 최소화시키는 조치가 필요하리라 판단된다.

2. 제어속도별 총크롬, 6가 크롬, 니켈 농도와의 관계분석

도금탱크 제어속도별 총크롬, 6가 크롬, 니켈의 발생농도와 다중비교 분석을 한 결과가 표 4-4에 제시되어 있다.

크롬 및 니켈탱크의 제어속도가 ACGIH와 NIOSH에서 제시한 적정기준에는 모두 미흡하나 각각 구분하여 분석하였다.

총크롬, 6가 크롬, 니켈농도는 국소배기시설이 없거나("X"), 제어속도가 0.25 m/sec 이하인 탱크("Y") 그리고 0.25 m/sec - 0.51 m/sec 탱크("Z")간의 서로 유의한 농도 차이를 볼 수 없었다.

Table 4-4 Scheffe's Multiple Comparison of Total Chromium and hexa-valent Chromium by Control Velocity

CV Comparision	Confidence Limit of Total Chromium(ug)			Confidence Limit of hexa-valent Chromium(ug)			Confidence Limit of Nickel(ug)		
	Lower	Upper	Means	Lower	Upper	Means	Lower	Upper	Means
x - y	- 6.96	98.04	45.54	- 4.488	9.847	2.680	- 2.933	7.287	2.177
x - z	- 21.87	154.87	66.50	- 6.052	18.078	6.013	- 1.532	7.261	2.864
y - x	- 98.04	6.96	- 45.54	- 9.847	4.488	- 2.680	- 7.287	2.933	- 2.177
y - z	- 64.00	105.92	20.96	- 8.266	14.934	3.334	- 4.115	5.489	0.687
z - x	-154.87	21.87	- 66.50	-18.078	6.052	- 6.013	- 7.261	1.532	- 2.864
z - y	-105.92	64.00	- 20.96	-14.934	8.266	- 3.334	- 5.489	4.115	- 0.687

CV = Control Velocity(m/sec)

x = no Ventilation

y = below 0.25(m/sec)

z = 0.25 - 0.51m/sec

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by '****'.

이것은 ACGIH와 NIOSH에서 제시한 유해물질별 적정 제어속도가 달성되지 않은 경우, 그 이하의 속도에서는 총크롬, 6가 크롬 그리고 니켈의 농도 저감에 유의한 차이가 없는 것으로 판단된다.

3. 슬롯 속도별 총크롬, 6가 크롬, 니켈 농도와의 관계분석

도금탱크별 슬롯속도와 발생하는 총크롬, 6가크롬, 니켈 농도 간의 다중 비교분석한 결과가 표 4-5에 요약되어 있다.

Table 4-5 Scheffe's Multiple Comparion of Total Chromium and hexa-valent Chromium by Slot Velocity

SV Comparision		Confidence Limit of Total Chromium(ug)			Confidence Limit of hexa-valent Chromium(ug)		
		Lower	Upper	Means	Lower	Upper	Means
x	- y	- 16.15	107.41	45.63	- 2.410	14.460	6.025
x	- z	43.07	156.16	99.61 ***	0.038	15.479	7.759 ***
y	- x	-107.41	16.15	- 45.63	-14.460	2.410	-6.025
y	- z	- 10.69	118.65	53.98	- 7.096	10.563	1.733
z	- x	-156.16	-43.07	- 99.61 ***	-15.479	-0.038	-7.759 ***
z	- y	-118.65	10.69	- 53.98	-10.563	7.096	-1.733

SV = Slot Velocity(m/sec)

x = below 5 m/sec

y = 5 - 10 m/sec

z = over 10 m/sec

Comparisons significant at the 0.05 level are indicated by '***'.

총크롬과 6가크롬은 ACGIH와 NIOSH에서 제시한 적정 스토트속도인 10.2 m/sec 이상인 탱크("Z")와 5 m/sec이하인 탱크("X")간에 유의한 농도 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉 농도차이의 양은 총크롬이 43.07 μg -156.16 μg 의 범위로 평균 99.61 μg ($P<0.0015$)였고, 6가 크롬은 0.038 μg -15.479 μg 의 범위로 평균 7.759 μg ($P<0.0466$)인 것으로 분석되었다.

니켈탱크는 슬로트 속도가 10 m/sec 이상인 탱크("Z"그룹)는 없었다. 5m/sec이하인 탱크("X")와 5 m/sec-9 m/sec인 탱크("Y")간에 니켈의 유의한 농도차이는 없는 것으로 분석되었다.

V. 결 론

우리나라 영세규모의 도금 사업장 일부를 대상으로 국소배기시설조사 및 작업환경측정과 함께 국소배기성능과 유해인자농도(총크롬, 6가 크롬, 니켈)간의 다중비교분석을 한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 도금공정의 근로자 평균 폭로농도는 총크롬이 $43.053 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 6가 크롬이 $1.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 그리고 니켈이 $9.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 지역시료는 총크롬이 $68.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 6가 크롬이 $5.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 니켈이 $7.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 이 결과는 산업안전보건법 및 OSHA의 허용농도에 모두 적합하였다. 허용농도 초과건수는 6가 크롬이 93건 중 3건(3.2%)이었고 총 크롬과 니켈은 모두 허용농도 미만인 것으로 조사되었다.

2. 크롬탱크의 평균 제어속도는 $0.45 \text{ m}/\text{sec}$ 이었고, 니켈탱크는 $0.29 \text{ m}/\text{sec}$ 로써 ACGIH와 NIOSH의 권고 기준에 부적합하였다. 슬로트 평균속도는 크롬탱크가 $7.30 \text{ m}/\text{sec}$ 니켈탱크가 $2.87 \text{ m}/\text{sec}$ 로써 역시 권고 기준($10.2 \text{ m}/\text{sec}$)에 미치지 못하였다.

후드의 필요 소요풍량은 모든 사업장이 기준이하인 것으로 조사 되었다.

3. 국소배기성능과 관리상태에 따른 탱크별 공기중 총크롬, 6가 크롬 그리고 니켈 농도와의 관계를 다중비교분석(Multiple Scheffee Comparision)한 결과, NIOSH와 ACGIH의 설계기준에는 미흡하나 도금공정관리가 양호한 탱크("a")가 설계기준에도 미흡하고 관리가 불량한 탱크("b")와 국소배기시설이 없는 탱크("c")보다 총크롬과 6가 크롬, 니켈의 농도가 유의하게 낮았다. 그러나 "설계기준에도 미흡하고 관리가 불량한 탱크("b")와 국소배기시설이 없는 탱크("c")간에는 유의한 농도차이가 없는 것으로 분

식되었다.

따라서 도금공정은 미스트 발생 억제제(chemical mist suppressants)나 플라스틱볼(floating plastic beads) 사용과 덮개철저 등의 공정관리가 총크롬, 6가 크롬 그리고 니켈 농도저감에 효과가 있어 이의 사용이 요구된다.

4. 제어속도와 슬로트 속도별 공기중 총크롬, 6가 크롬 그리고 니켈 농도와
의 관계를 다중 비교분석한 결과 제어속도별 총크롬, 6가 크롬 그리고 니
켈의 농도와는 유의한 차이가 없었다. 슬로트속도는 10 m/sec이상인 탱크
("z")그룹과 5 m/sec이하 탱크("x") 그룹 간에 총크롬과 6가 크롬농도가
유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.
5. 이미 설치된 도금공정의 국소배기시설에 대한 전면적인 개선이나 재설치
는 불가능하다. 또한 도금공정의 각종 유해인자의 발생에는 많은 요인들
이 영향을 미쳐 완벽한 근로자 및 작업환경관리는 매우 어렵다. 본 연구
결 과 도금공정의 경제적이고 현실적인 개선대책을 제시한다면 아래와
같다.
 - 미스트억제제 및 플라스틱볼의 사용
 - 작업의 지장이 없는한 탱크 윗부분의 밀폐와 양 측면의 Baffle의 설치
그리고 후드 윗면에 플렉지 설치로 외부 방해기류 제거 및 제어거리
축소
 - 90° 곡관부위와 합류관 연결부위는 청소를 하고 가능하면 60°이하의
곡관으로 개선
 - 방독마스크, 보호의, 보호장갑 등 철저한 개인보호구를 착용한다.
 - 작업후 청소를 철저히 한다.도금공정의 국소배기성능의 효율성을 극대화시키기 위한 보다 근원적인

대책은 산업위생학적 측면의 인자를 고려한 설계 및 시공과 전문성 있는 장치의 관리가 우선적으로 필요하다. 여기에 도금 탱크의 관리 및 작업의 적정성 등이 유해인자에 대한 근로자 폭로방지를 위한 중요한 대책이다.

Reference

- 서울대학교 보건대학원. 우리나라 중소기업 도금공정근로자의 크롬 및 세척제 폭로에 관한 연구. 1992.
- 노동부. 유해물질의 허용농도. 노동부고시 제91-21호. 1991.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH) 1992-1993 Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. ACGIH, Cincinnati, Ohio 1992.
- Klein MK. A Demonstration of NIOSH Push-Pull Ventilation Criteria. Am Ind Hyg Assoc J 1987; 48(3):238~246.
- Klein MK . An Introductory Study of Center Push-Pull Ventilation. Am Ind Hyg Assoc J 1986; 47(6):369~373
- Fleeger A K, J.F Deng. A Case Study of Chromium VI-Induced Skin Ulceration During a Porcelain Enamel Curing Operation. Appl Occup Environ Hyg 1990; 5(6): 378-382.
- Neter J, Wasserman W, Kutner M.H, Applied Linear Statistical Models, 3rd Edition. IRWIN, Boston,1990, 581~587.
- Walters FM, Siemens JA. Combination Push-Pull Exhaust Ventilation Systems. Plant Engineering 1981; File #2530, 47-51.
- Sheedy J.W, Mortimer V.D, Jones J.H, Spottsword SE. Control Technology Assessment: Metal Plating and Cleaning Operations, NIOSH Technical Report. DHHS(NIOSH) Publication No 85-102, Cincinnati, Ohio, 1984, 60~70.

Huebener DJ, R.T Hughes. Development of Push-Pull Ventilation. Am Ind Hyg Asso J 1985: 46(5):262~267.

Flanigan L.J, Talbert S.G, Semones D.E, Kim B.C: Development of Design Criteria for Exhaust Systems for Open Surface Tanks, NIOSH Technical Report HEW Publication No. (NIOSH) 75-108, Cincinnati, Ohio, 1984, 1~16.

Richard A.W, Peter P.A, Jone E.F. Emission factors for Trichloroethylene Vapor Degreasers, 1989: Vol(50):496-500.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Industrial Ventilation- A Manual of Recommended Practice, 20th Edition. ACGIH, Cincinnati, Ohio 1988, 10-64~10-77.

Jeff Burton PE. Industrial Ventilation Work Book, DJBA. 1989, 14-1~15-4.

Robert D.S. In-Plant Practices for Job Related Health Hazards Control: Electroplating, 1989: Vol(2): 293-319.

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

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

부록 1. 총크롬 채취 및 분석법

1. 시료채취

1) 37mm cellulose ester membrane(0.8 μm pore size)여지를 부하로 개인시료채취기를 분당 1 L에서 3 L사이로 보정한다.

2. 시료전처리(sample preparation)

- 1) 카셀트의 필터를 비이커에 옮긴다. 공시료도 이 단계에서 시작한다.
- 2) 염산 3 ml를 넣은 후 시계유리(watch glass)를 덮고 용액 양이 약 0.5 ml 될 때까지 건조대에서 140 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열시킨다. 이 단계를 2번 반복한다.
- 3) 질산 3 ml를 넣고 용액 양이 약 0.5ml로 될때까지 건조대에서 140 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열시킨다. 이 단계를 2번 반복한다.
- 4) 하얀재(white ash)가 나타날 때까지 400 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열시킨다.
- 5) 냉각후 1 ml 질산으로 비이커내의 잔류물(residues)을 용해시킨다.
- 6) 용액을 10 ml volumetric flask에 옮기고 증류수로 채운다.

3. 검량선 작성

- 1) 1000 ppm의 일정량을 취해 100 ml volumetric flask에 옮기고 5 % 질산으로 희석하여 예상농도의 표준용액으로 한다.
- 2) 표준용액($\mu\text{g/ml}$)과 흡수도를 측정하여 검량선을 작성한다.
- 3) 예상농도의 3농도 수준에서 각각 3개씩 회수를 검정용 시료를 만든다.

4. 분 석

- 1) 원자흡광계를 분석조건에 맞춘다. 방해물질인 니켈과 철의 방해를 제거하기 위해서 $\text{N}_2\text{O}-\text{C}_2\text{H}_2$ flame을 사용한다.
- 2) 표준용액과 시료를 주입한다.

5. 계 산

1) 검량선으로부터 시료(C_s , $\mu\text{g/ml}$)와 공시료(C_b , $\mu\text{g/ml}$)의 흡광도에 따른 농도를 결정한다.

2) 다음과 같이 시료채취공기량(V , m^3)을 적용하여 공기중 크롬농도를 계산한다.

$$C = \frac{C_s V_s - C_b V_b}{V} \text{ mg/m}^3$$

6가 크롬 채취 및 분석법

1. 시료채취(Sampling)

- 1) 37 mm PVC 여지를 부하로 개인시료채취기를 분당 1 L에서 4 L로 보정한다.
- 2) 채취완료후 1시간 이내에 PVC 여지를 20 ml병으로 옮긴다. 플라스틱 핀셋으로 조심스럽게 옮기고 pad는 버린다.

2. 시료전처리(Sample preparation)

- 1) PVC 여지를 50 ml 비커에 옮기고 5 ml 여지추출액(2 % NaOH - 3 % Na_2CO_3)으로 추출하는 동안 크롬 3가의 산화를 피하기 위해서 질소(99.99 %)로 용액 윗부분을 퍼지(purge) 시킨다.
- 2) 비커에 시계유리(watch glass)를 덮고 건조대 위에서 빈번히 흔들면서 기화점 근처의 온도로 30~45분 정도 가열한다. 단, 용액이 증발되어 완전히 건조되지 않도록 한다. 이 단계에서 6가 크롬이 손실되는 지표는 PVC 여지색이 분홍색으로 변할때이다.
- 3) 용액을 냉각시키고 25 ml 바이커에 옮긴다. 약 20 ml 정도가 되게 증류수로 비커를 자주 씻어 옮긴다. 만일 용액이 부유물질이 있는 경우(cloudy) 진공상태의 여과를 실시한다.
- 4) 1.9 ml의 6 N 황산을 첨가하고 흔들어 준다.
- 5) 0.5 ml Diphenylcarbazide 용액을 첨가하고 증류수를 25 ml 까지 채운다. 여러번 위 아래로 혼합하여 준다. 4), 5) 단계는 흔들때 CO_2 발생으로 플라스크 내의 압력이 증가하므로 가끔 뚜껑(stopper)을 열어주면서 흔든다.

3. 검량선 작성

- 1) 25 ml 플라스크에 6내지 7 ml 정도의 0.5 N 황산을 넣는다. 10 ppm($\mu\text{g/ml}$)의 6가 크롬 표준용액을 0에서 100 μl 사이에서 단계별로 일정량 첨가한다.

2) 6가 크롬 양은 0에서 1 μg 이 된다.

3) 이 범위에서 6가 크롬양과 흡수도의 관계를 그린다.

4. 분 석

1) 분광광도계를 540 nm 파장으로 맞춘다.

2) 0.5 N H_2SO_4 의 시약을 공시료로 하고 흡수도를 0으로 맞춘다.

3) 시료를 5 cm 셀로 옮기고 흡수도를 측정한다.

5. 계 산

1) 검량선으로 부터 시료(W, μg)와 공시료(B, μg)의 6가 크롬의 양을 결정한다.

2) 채취공기량(V, m^3)을 적용하여 다음 식과 같이 농도를 산출한다.

$$C = \frac{W - B}{V} \text{ mg/m}^3$$

니켈 채취 및 분석법

1. 시료채취

1) 37 mm cellulose ester membrane(0.8 μm pore size)여지를 부하로 개인시료채취기를 분당 1L에서 3L사이로 보정한다.

2. 시료 전처리(sample preparation)

1) 카셀트의 필터를 비이커로 옮긴다. 공시료도 이 단계에서 시작한다.

2) 5 ml ashing acid를 넣고 시계유리(watch glass)를 덮은 후 상온에서 30분 동안 방치 시킨다.

3) 용액 양이 약 0.5 ml로 될 때까지 건조대에서 120 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열시킨다.

4) 2ml ashing acid를 넣고 용액 양이 약 0.5 ml로 되고 투명할 때 까지 가열판(hatplate)에서 120 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열시킨다.

5) 시계유리를 증류수로 세척한 후 온도를 150 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열하여 하얀 재(white ash)가 나타날 때까지 건조시킨다.

6) 냉각 후 2 -3 ml의 희석용액에 비이커내의 잔류물(residues)을 용해시킨다.

7) 용액을 10 ml volumetric flask에 옮기고 희석용액으로 채운다.

3. 검량선 작성

1) 1000 ppm의 일정량을 취해 100 ml volumetric flask에 옮기고 5 % 질산으로 희석하여 예상농도의 표준용액으로 한다.

2) 표준용액($\mu\text{g/ml}$)과 흡수도를 측정하여 검량선을 작성한다.

3) 예상농도의 3 농도 수준에서 각각 3개씩 회수를 검정용 시료를 만든다.

4. 분 석

1) 원자흡광계를 분석조건에 맞춘다. Air-C₂H₂ flame을 사용한다.

2) 표준용액과 시료를 주입한다.

5. 계 산

1) 검량선으로부터 시료($C_s, \mu\text{g/ml}$)와 공시료($C_b, \mu\text{g/ml}$)의 흡광도에 따른 농도를 결정한다.

2) 다음과 같이 시료 채취공기량(V, m^3)을 적용하여 공기중 니켈농도를 계산한다.

$$C = \frac{C_s V_s - C_b V_b}{V} \text{ mg/m}^3$$

부록 2 사업장별, 지점별 총 크롬 농도

1.a

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M1	10:04 - 17:31	1.739	777	4.721	크롬조 옆 판넬 위 1m70 높이
M2	10:13 - 17:28	2.069	900	8.889	크롬조로 부터 2m 떨어진 정류기 위
M7	10:13 - 17:28	1.875	816	8.826	"
M3	10:04 - 17:28	1.967	873	ND	크롬조로 부터 4m 떨어진 곳
M5	10:04 - 17:28	2.000	888	48.6	크롬조 후드 바로 위

- 측정 당시 물량 부족으로 도금작업 미 실시

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	크 기	제 어 속 도 (m/sec)	스롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m^3/min)
			갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m^2)	
1-1	직경0.49m 높이	0.82	7	2.29	0.0675x0.003/1개	0.195

- 작업 중단시에는 밀폐(덮개)를 철저히 하고 있음

2.b

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M11	14:54 - 17:40	1.579	262	56.069	크롬조로 부터 1m 지점의 수세조 위
M12	10:05 - 17:38	1.818	824	17.743	크롬조로 0.6m 떨어진 지점
M15	10:06 - 17:40	2.124	964	20.826	크롬조로 1m 떨어진 지점
M24	10:15 - 17:37	2.035	899	12.400	크롬조로 부터 3.5m 떨어진 지점

M19	10:19 - 12:20	1.921	232	56.400	크롬조 작업자 감 정 범
	13:42 - 17:29*	1.921			

- 펌프와 튜브가 이탈되어 공기가 채취되지 않음

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어 속 도	스포트(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m^3/min)
		갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m^2)	
1-1	2.50 x 0.53	0.42	3 (3면 흡입)	3.50	실측 불가

- 설계사양의 검토 및 스포트 후드면적의 측정은 실시하지 못함

- 도금조의 절반은 항상 밀폐한 상태로 작업

2.c

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M29	09:58 - 12:34	1.985	307	0.685	크롬조로 2m 떨어진 모타위
M17	09:50 - 12:36	2.017	335	52.660	크롬조 상부0.7m
M52	13:36 - 17:35	2.017	482	48.000	
M13	09:35 - 12:27	2.222	382	56.400	크롬조 2m근처 전해탈지
M51	13:38 - 17:27	2.222	509	246.130	및 광택작업(Gavara)
M1	10:08 - 12:28	1.765	247	56.400	크롬조 작업자
M43	13:35 - 15:25	1.765	194	146.140	이 창 희

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

- 국소배기시설 미설치(이전 계획)
- 미스트 발생 방지제 사용

4.d

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M44	11:00 - 12:28	1.905	168	224.300	크롬조의 후드 바로 옆
M37	11:04 - 12:27	1.875	156	62.750	크롬조로 1.50m 떨어진 지점
M42	10:59 - 12:25	2.000	172	791.690	크롬조 작업자 오 경 민
M49	13:57 - 16:50	2.000	346	110.520	크롬조 작업자 한 경 주

0.도금공정 국소배기 시설 성능 측정

- 다단 슬로트형의 국소배기시설이 설치되어 있으나 측정시간 동안에는 미가동
- 미스트 발생 방지제 사용

5.e

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
D1	10:27 - 13:15	2.000	356	289.470	박리조 상부 0.3m 위
D19	13:15 - 17:37	2.000	524	129.853	"
D6	10:25 - 13:14	2.034	344	149.054	크롬조 상부 1m위
D18	13:14 - 17:38	2.034	537	183.564	"
D3	10:15 - 13:13	2.000	359	274.568	크롬조 상부 0.5m위
D17	13:13 - 17:36	2.017	531	167.608	
D11	10:12 - 13:12	1.765	318	132.801	크롬조 옆
D16	13:13 - 17:37	1.765	466	123.069	
D4	10:32 - 17:40	1.765	466	28.714	크롬조 옆 작업자 통로 상부
D22	10:00 - 11:40	1.935	194	38.553	크롬조 작업자
D13	13:24 - 17:34	1.935	484	164.828	구 덕 서
D7	10:02 - 11:45	2.222	229	281.782	크롬조 작업자
D9	13:35 - 17:30	2.222	522	168.674	박 홍 준
D8	10:05 - 11:45	1.984	198	8.901	크롬조로 부터 5m지점 도금 준비작업자 (Adun)
D10	10:09 - 11:45	1.890	181	3.870	" (Sayan)

0.도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱크	크기(LXW,m)	제어 속도 (m/sec)	스롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m ³ /min)
			갯수	면속도(m/sec)	면적(m ²)	
3-1	0.95 x 0.70	0.25이하	2 (2단1면 흡입)	2.20	0.95x0.08/1단	20.064
3-2	0.95 x 0.70	0.25이하	2 (2단1면 흡입)	2.25	0.950x0.08/1단	20.520
3-3	0.95 x 0.70	0.25이하	2 (2단1면 흡입)	2.80	0.950x0.08/1단	25.536
3-4 (박리)	0.53 x 0.40	0.25이하	2 (2단1면 흡입)	3.10	0.530x0.40/1단	39.432

- 1면(one lateral exahust)에서 제어할 수있는 유효폭(W,.6m)을 넘고 있어 효율적인 제어속도가 달성되지 못하고 있음

6. f

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
J22	09:03 - 16:30	2.035	909	29.422	1라인 크롬조 상부1m20
J28	09:05 - 16:30	2.331	1037	23.831	1라인 크롬조로 부터 1m50떨어진 작동 패널 위
J27	09:06 - 16:30	2.017	896	22.691	1라인 크롬조로 부터 3m떨어진 지점
J6	09:20 - 16:30	1.727	743	22.879	2라인 크롬조 뒤 1m50 상부지점
J18	09:20 - 16:30	1.951	839	75.630	2라인 크롬조 후드위
J20	09:20 - 16:35	2.017	877	96.560	2라인 크롬조 상부 1m지점
J23	09:00 - 12:00	1.740	658	30.895	1라인 크롬조 작업자
J7	13:12 - 16:30				최 만 섭

0.도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어 속 도 (m/sec)	스롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m^3/min)
		갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m^2)	
3-1 (1라인)	1.50 x 0.85	0.35	3 (다단1면 흡입)	2.65	1단사각형:1.50x0.14/1단 2단직경0.8cm구멍 24개: (0.785x0.008 ² /1개)x24
3-2 (2라인)	0.94 x 0.66	0.25이하	1 (1단1면 흡입)	0.92	0.940x0.18/1단
3-3 (2라인)	0.94 x 0.66	미가동 밀폐			

- 1라인의 국소배기시설은 다단 슬롯트와 측방 Board를 설치하여 외부기류의 영향으로 인한 제어속도의 감소를 방지하고 있음
- 1면(one lateral exhaust)에서 제어할 수있는 유효폭(W,.6m)을 넘고 있어 효율적인 제어속도가 달성되지 못하고 있음

7.g

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도(ug/m ³)	채 취 장 소(근로자명)
16	09:40 - 17:05	1,559	779	120.878	크롬조 conveyer rack위
14	09:45 - 17:05	1,984	982	7.270	크롬조옆 수세조 벽
17	09:35 - 12:00	1,765	256	240.690	크롬조 바로 스톱트 후드 옆
13	09:23 - 11:46 13:12 - 17:00	1,529	552	144.456	자동 conveyer에 제품을 걸거나 떼는 작업(수세조앞) 김 재 호

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어 속 도	스톱트(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m ³ /min)
		갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m ²)	
갯 수 크 기(LXW, m)	(m/sec)				
1-1 2.10 x 1.20	0.25이하	2 (1단양측면흡입)	1.58	1면 : 2.1x0.29 1면 닥트 탈락	57.73

- 2면(two lateral exahust)의 스톱트후드에서 제어하도록 설치되어 있으나 관리부족으로 1면의 닥트가 탈락되어 효율적인 제어속도가 달성되지 못하고 있음

8.h

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
40	09:20 - 13:30	1.967	492	139.370	크롬조 옆 재품결이 작업
59	13:31 - 17:07	1.967	425	133.835	대 중앙
51	09:22 - 13:30	1.967	488	256.721	크롬조 작동 판넬 위
56	13:30 - 17:07	1.967	427	280.680	(바닥으로 부터 1m50) 크롬저장통 옆
35	09:25 - 13:30	2.455	687	187.504	크롬저장통 바로 위
57	13:30 - 17:07	2.455	533	142.026	(바닥으로 부터 1m50)
42	09:35 - 13:30	1.727	406	8.600	크롬조로 부터 5m
58	13:30 - 17:08	1.727	377	8.826	떨어진 곳
52	13:48 - 17:07	2.143	427	3.831	크롬조로 부터 10m 떨어진 곳
41	09:10 - 12:13	1.579	289	44.456	크롬 도금 작업자
46	09:15 - 12:13	2.286	407	62.654	크롬 도금 작업자
54	13:20 - 17:05	1.529	514	38.623	(방글라데시인)
44	09:17 - 12:13	2.286	399	55.246	크롬 도금 작업자
53	13:25 - 17:05	2.265	498	110.886	정 지 상
43	09:17 - 12:15	2.222	396	38.236	크롬 도금 작업자

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어 속 도	스포트(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 * (m^3/min)
		갯 수	면 속도(m/sec)	면 적(m^2)	
2-1 2.00 x 1.10	0.25이하	2 (3단 4측면흡입)			67.50
2-2 2.10 x 1.20	0.25이하	2 (3단 4측면흡입)			67.50

- 4면의 스포트후드에서 제어하고 있으나 제어속도 및 슬롯 속도 측정이 어려움.

- * : 후드 소요 풍량은 설계사양의 자료임

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
S5	09:27 - 13:11	1,891	444	81.396	크롬조 상부1m50
S4	09:32 - 13:16	2,308	517	91.238	크롬조 상부1m50
S2	09:28 - 13:15	2,069	470	289.489	크롬조 상부1m50
S8	09:36 - 13:08	2,308	489	28.160	크롬조로 부터 3m 떨어진 중앙 창문
S7	09:39 - 13:08	1,951	497	58.732	크롬조로 부터 3m 떨어진 좌측창문
S9	09:45 - 13:00	2,265	442	32.692	도금 제품의 도금 준비작업대 위
S3	09:23 - 13:02	2,222	487	85.400	크롬도금 작업자(이상묵)
S6	09:22 - 13:05	2,143	478	166.736	크롬도금 작업자(노송원)
S1	09:24 - 12:58	1,765	378	60.423	크롬도금 작업자(이효행)

0.도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크		제 어 속 도 (m/sec)	슬롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m³/min)
갯 수	크 기(LXW, m)		갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m²)	
3-1	1.10 x 0.4	0.35	3 (3면 흡입)	3.50		13.10
3-2	1.10 x 0.40	0.55	3 (3면 흡입)	3.20		13.10
3-3	1.10 x 0.40	0.45	3 (3면 흡입)	2.50		13.10

- 3면 슬롯 후드에서 제어하고 있으나 슬롯 속도의 측정이 어려움.

- * : 후드 소요 풍량은 설계사양의 자료임

10.j

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
49	10:36 - 17:32	2,264	942	32.841	크롬조로 부터 1.8m뒤 작동판넬위
50	10:32 - 17:35	2,264	958	21.545	크롬조 3번 후드 위
70	10:36 - 17:37	2,264	953	22.057	크롬조 1번 후드 위
71	10:36 - 17:34	1,791	749	29.239	크롬조 3번 후드 위
75	10:31 - 17:31	2,400	1008	19.306	크롬조옆(1m50)액체 Blasting 작업대위
68	10:27 - 12:12 13:30 - 17:00	1.875	591	9.137	크롬도금 및 준비작업자 강 판 규
69	10:26 - 12:12 13:30 - 17:00	2.000	632	35.918	크롬도금 및 준비작업자 김 응 원
67	10:50 - 12:15 13:18 - 17:23	2.143	793	57.251	크롬도금제품 박리작업자 김 신 영

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱크	크기(LxW, m)	제어 속도 (m/sec)	스포트(slot) 후드 사양		후드 소요풍량 (m ³ /min)
			갯수	면속도(m/sec) 면적(m ²)	
4-1	1.60 x 0.60	1.14	1 (1면 흡입)		65.83
4-2	1.60 x 0.60	1.14	1 (1면 흡입)		65.83
4-3	1.60 x 0.60	1.14	1 (1면 흡입)		65.83
4-4 (etching)	0.60 x 0.50	1.27	1 (1면 흡입)	(7.40) (0.045x0.585)	(11.69) 22.86

- 위의 자료는 국소배기 설계사양의 자료이며 실제 스포트 후드 사양에 관한 사양은 고려치 않아 파악할 수 없었으며
- 다만, 크롬조의 스포트 후드 사양에 관한 사양의 측정은 밀폐조치로 불가능하였고 에칭조는 스포트 후드 사양을 측정()로 표시)하였다.
- 에칭조의 스포트 후드 소요풍량의 측정치(11.69)와 설계치(22.86)는 차이가 많았다.

11.k

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유 량 (LPM)	공기량 (L)	크롬($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#			채 취 장 소(근로자명)
				air-C ₂ H ₂	N ₂ O-C ₂ H ₂	UV-Vis	
73(P12)	09:07 - 16:27	1.791 (1.667)	756 (733)	8.311	8.218	4.971	크롬도금조(3-1) 스톱트 후드 바로 위
85(P3)	09:08 - 16:50	1.739 (1.691)	803 (781)	12.554	11.842	10.782	크롬도금조(3-2) 스톱트 후드 바로 위
31(P14) (P10)	09:13 - 16:29	1.765 (1.792) (2.106)	770 (781) (918)	6.379	7.327	1.665 0.974	크롬도금조(3-3) 스톱트 후드 바로 위
77(P9)	09:05 - 16:24	1.765 (1.846)	775 (810)	12.546	13.130	검출한계 이하	경질 크롬작업자 김 후 진
72(P8)	09:07 - 16:25	1.765 (2.000)	773 (876)	13.723	12.269	2.495	경질 크롬작업자 장 하 옥

* 작업일반 요약

- 노동부 취약사업장 점검으로 인한 도금공정의 관리(청소, 덮개, 보호구 등)철저
- 도금작업량도 매우 적게 실시한 것으로 판단됨.
- 경질 공업용 롤러 도금 : 1 - 10시간
- 측정당시 거의 작업을 하지 않음

크롬분석법에 따른 농도 비교

- 원자흡광법(air-C₂H₂와 N₂O-C₂H₂의 산화제 구분) : 총 크롬
- UV-Visible : 6가 크롬

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크 갯 수	크 기	제 어 속 도 (m/sec)	스톱(slot) 후드 사양		후드 소요풍량 (m ³ /min)
			갯 수	면속도(m/sec) 면 적(m ²)	
3-1	1.80 x 1.40 m	*	*	12.5	
3-2	1.50 x 1.30 m	*	*	13.8	

- 도금시간이 길어 작업 중에는 밀폐(덮개)를 철저히 하고 있음.

12.1

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유 량 (LPM)	공기량 (L)	크롬($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#			채 취 장 소(근로자명)
				air-C ₂ H ₂	N ₂ O-C ₂ H ₂	UV-Vis	
79(P5) (P6)	09:56 - 16:21	1.667 (1.714)	642 (660)	57.774	63.639	81.442	크롬도금조(3-1)스로트 후드 바로 뒤
78(P1)	09:58 - 16:24	1.765 (2.143)	681 (827)	0.959	검출한계 이하		크롬도금조(3-2) 스로트 후드 바로 위
86(P16)	10:00 - 16:19	2.000 (1.538)	758 (583)	28.939	27.558	12.499	크롬도금조(3-3) 스로트 후드 바로 위
96(P19)	09:51 - 16:05	1.304 (1.622)	488 (607)	37.391	37.766	16.189	경질 크롬작업자 이 영 동
83(P15)	09:52 - 16:05	2.000 (1.463)	746 (546)	43.387	39.993	2.522	경질 크롬작업자 임 금 택
87(P2)	09:50 - 16:03	1.875 (1.765)	699 (658)	56.275	57.146	108.997	경질 크롬작업자 김 용 성

* 작업일반 요약

- 노동부 취약사업장 점검으로 인한 도금공정의 관리(청소, 덮개, 보호구 등)철저
- 도금작업량도 매우 적게 실시한 것으로 판단됨.
- 경질 공업용 롤러, 철강 도금 : 3 - 4시간
- 측정당시 거의 작업을 하지 않음

크롬분석법에 따른 농도 비교

- 원자흡광법(air-C₂H₂와 N₂O-C₂H₂의 산화제 구분) : 총 크롬
- UV-Visible : 6가 크롬

0. 노금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱크 갯수	크기	제어 속도 (m/sec)	스롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m ³ /min)
			갯수	면속도(m/sec)	면적(m ²)	
3-1	2.40 x 1.04 m	0.45	1	11.5	2.4 X 0.018	29.81
3-2	4.00 x 1.00 m	0.38	1	6.5	4.0 X 0.020	31.20
3-3*	2.40 x 0.50 m	*	1	12.6	2.4 X 0.070	127.01

- 도금시간이 길어 작업 중에는 밀폐(덮개)를 철저히 하고 있음.
- 미스트 발생억제제 및 플라스틱 볼 사용
- * 자동 공정라인 : 제어속도 측정 불가

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유 량 (LPM)	공기량 (L)	크롬($\mu\text{g}/\text{m}^3$)#			채 취 장 소(근로자명)
				air-C ₂ H ₂	N ₂ O-C ₂ H ₂	UV-Vis	
S1(P28)	09:42 - 16:25	1.765 (1.714)	711 (691)	검출한계 이하			크롬도금조(5-1) 스톱트 후드 바로 위
S2(P20)	09:47 - 16:25	2.069 (1.739)	823 (692)	1.115	1.040	검출한계이하	크롬도금조(5-3) 스톱트 후드 바로 위
S8(P34)	09:53 - 16:25	1.622 (2.000)	636 (784)	검출한계 이하			크롬도금조(5-4) 스톱트 후드 바로 위
S6(P18)	09:38 - 16:25	1.765 (1.691)	718 (688)	0.369	검출한계 이하		크롬도금조(5-1) 스톱트 후드 바로 위
S9(P24)	09:55 - 16:25	2.000 (2.106)	780 (821)	0.596	0.887	검출한계이하	크롬도금조(5-5) 스톱트 후드 바로 위
S5(P17)	09:50 - 16:25	1.792 (1.463)	708 (578)	1.250	0.900	"	크롬도금조(5-3) 스톱트 후드 바로 위
S11(P21)	09:27 - 16:25	1.765 (2.000)	738 (836)	2.902	3.034	0.415	경질 크롬작업자 박 종 진
S10(P29)	09:28 - 16:25	1.538 (1.304)	641 (544)	3.832	4.144	검출한계이하	경질 크롬작업자 박 영 희
S7(P31)	09:29 - 16:25	2.000 (1.667)	832 (693)	1.768	검출한계이하		경질 크롬작업자 이 오 기
S3 (P25)	09:30 - 16:25	1.875 (1.667)	778 (692)	2.474	2.370	검출한계이하	경질 크롬작업자 구 판 호
S4(P26)	09:31 - 16:25	ERROR (1.765)	(730)	0.222			경질 크롬작업자 최 병 철

* 작업일반 요약

- 노동부 취약사업장 점검으로 인한 도금공정의 관리(청소, 덮개, 보호구 등)철저
- 도금작업량도 매우 적게 실시한 것으로 판단됨.
- 경질 공업용 물러, 철강 도금 : 3 - 4시간
- 측정당시 거의 작업을 하지 않음

크롬분석법에 따른 농도 비교

- 원자흡광법(air-C₂H₂와 N₂O-C₂H₂의 산화제 구분) : 총 크롬
- UV-Visible : 6가 크롬

0.도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크			제 어 속 도 (m/sec)	스롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m ³ /min)
갯 수	크	기		갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m ²)	
5-1	4.50 x 1.00 m	0.45	4	14.5	4 X 0.030 X 1.46	152.4	
5-2	3.00 x 1.00 m	0.47	2	15.8	2 X 0.030 X 1.46	83.0	
5-3	4.00 x 0.90 m	0.42	2	12.8	2 X 0.030 X 2.00	92.16	
5-4	2.64 x 0.80 m	0.38	2	13.1	1 X 0.030 X 1.50	35.37	
				10.8	1 X 0.030 X 1.14	22.1	
5-5	2.80 x 0.80 m	0.55	2	18.4	2 X 0.030 X 1.40	92.74	

- 도금시간이 길어 작업 중에는 밀폐(덮개)를 철저히 하고 있음.

- 미스트 발생억제제 및 플라스틱 볼 사용

14-15 n-p

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유 량 (LPM)	공기량 (L)	크롬($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			채 취 장 소(근로자명)
				air-C ₂ H ₂	N ₂ O-C ₂ H ₂	UV-Vis	
AA33(P45)	11:00 - 16:45	2.023 (1.667)	698 (575)	1.506	1.526	검출한계이하	크롬도금조(2-1)위 2M :n
AA36(P52)	11:10 - 16:48	1.839 (1.765)	622 (597)	1.904	1.606	"	크롬도금조(2-2)옆 :o(자동라인)
S4(P65)	10:41 - 16:55	1.886 (1.364)	705 (510)	1.691	1.678	"	크롬도금조(2-2) 2M옆 :o(자동라인)
AA39(P44)	10:45 - 16:42	2.037 (1.765)	695 (630)	1.512	0.410	"	크롬도금조(2-2) 옆 중앙 :o(자동라인)
AA35(P57)	11:06 - 16:47	1.846 (1.875)	629 (639)	5.188	5.165	1.521	크롬도금조(2-1) 스톱트 후드 바로 위:n
AA34(P58)	11:02 - 16:45	1.998 (1.875)	685 (643)	4.102	2.628	0.252	크롬도금조(2-1)위 2M :n
AA37(P66)	10:35 - 16:42	1.978 (2.000)	726 (734)	검출한계 이하			크롬도금조(2-2) 옆 중앙 :o(자동라인)
AA32(P46)	10:52 - 12:01 13:46 - 16:43	1.644 (1.500)	404 (369)	0.163	0.869	검출한계이하	크롬작업자 김 학 노(o)
S13(P63)	10:57 - 12:05 13:52 - 16:47	1.850 (2.143)	448 (519)	2.585	3.282	0.780	크롬작업자 다관(n)
AA28(P73)	10:50 - 12:02 14:01 - 16:55	1.770 (1.875)	435 (461)	4.110	3.306	검출한계이하	크롬작업자 김 학 노(o)
AA30(P69)	10:46 - 12:04 13:45 - 16:43	1.967 (2.308)	504 (591)	4.171	4.473	"	크롬작업자 o

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	크 기	제 어 속 도 (m/sec)	스톱트(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m^3/min)
			갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m^2)	
2-1	1.70 x 0.70 m	0.55	5	5.5	5 X 0.015 X 1.70	42.08
2-2	2.10 x 1.00 m	0.47	1			

부록 2. 사업장별, 지점별 6가 크롬 농도

1. A

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-03	10 : 13 - 17 : 28	1154.88	0.26	크롬 도금탱크에서 2 m 떨어진 정류기위 상단
PVC-02	10 : 10 - 13 : 47	542.15	0.20	출입문 오른쪽 옆 작업조정 판넬위
PVC-07	13 : 47 - 17 : 34	567.14	N.D.	크롬탱크에서 1 m
PVC-06	10 : 19 - 17 : 32	1122.25	0.24	크롬도금조에서 4 m 떨어진 곳
PVC-01	10 : 7 - 13 : 35	515.78	0.11	크롬도금조위 환기 덕트앞
PVC-37	13 : 48 - 17 : 27	543.05	0.32	"
P-2	15 : 2 - 16 : 2	109.18	0.14	크롬도금탱크 내부 중앙
P-4	15 : 2 - 16 : 2	101.27	0.13	"
P-1	15 : 29 - 16 : 21	94.10	0.13	크롬도금탱크 국소 배기구
P-3	10 : 39 - 17 : 32	757.26	0.12	크롬도금실 앞 복도
P-5	13 : 59 - 17 : 32	363.69	0.15	정류기 상단부
P-7	14 : 23 - 17 : 28	352.43	0.15	"
P-9	14 : 23 - 17 : 28	396.46	0.10	"
P-8	13 : 47 - 17 : 26	417.20	0.12	크롬도금탱크 오른쪽위
P-10	13 : 49 - 17 : 26	371.94	N.D.	"
PVC-04	10 : 21 - 17 : 33	1096.24	0.16	크롬도금전처리실 수작업으로 도금할 부품의 표면을 닦음

* N.D. : 검지한계 이하 ($< 0.05 \mu\text{g}/\text{M}^3$)

* 이 공장에서는 측정 당시 크롬도금작업이 없었으나 국소배기시설을 계속 가동중.

2. B

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-11	10 : 8 - 13 : 55	562.60	1.20	크롬도금탱크위 60 cm 지점
PVC-17	13 : 55 - 17 : 38	552.69	0.14	"
				15:10부터 송풍기 영향
PVC-12	10 : 9 - 13 : 52	580.85	0.39	크롬도금탱크위 110 cm 지점
PVC-16	13 : 52 - 17 : 34	578.24	0.34	"
PVC-13	10 : 17 - 13 : 57	567.80	0.11	크롬도금탱크에서 350 cm 지점
PVC-18	13 : 58 - 17 : 36	562.64	0.22	"
PVC-14	10 : 16 - 14 : 1	573.99	0.36	크롬도금탱크에서 240 cm 지점
PVC-19	14 : 1 - 17 : 36	548.48	0.20	"
PVC-22	14 : 54 - 17 : 40	277.25	0.59	수세조위, 탱크에서 150 cm
PVC-21	14 : 35 - 15 : 26	86.95	336.0	크롬도금탱크 표면 슬릿트 입구 도금작업중 단시간 발생량 측정
개인시료:				
PVC-10	10 : 20 - 12 : 20	295.68	0.43	김 정범(크롬도금, 수세작업)
PVC-15	13 : 43 - 17 : 30	559.34	0.30	"
PVC-20	14 : 42 - 15 : 25	71.86	0.45	" , 도금작업시 단시간 폭로 측정

* 크롬도금탱크의 반은 항상 비닐 커버로 덮은 상태로 작업함.

3. C

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-50	15 : 38 - 17 : 29	226.38	0.71	크롬도금탱크위 환풍기 사이
PVC-27	10 : 10 - 12 : 34	360.08	0.12	크롬도금탱크에서 224 cm 지점
PVC-39	13 : 34 - 17 : 30	590.13	0.14	"
PVC-32	10 : 1 - 12 : 36	409.46	0.13	크롬도금탱크에서 184 cm 지점
PVC-44	13 : 36 - 17 : 34	628.71	0.31	크롬도금탱크에서 113 cm 지점
개인시료:				
PVC-29	9 : 39 - 12 : 27	274.49	N.D.	GAVARA(필리핀인:도금준비작업,
PVC-40	13 : 37 - 17 : 27	375.79	0.32	전해탈지 및 광택구리도금작업)
PVC-28	9 : 43 - 12 : 29	275.64	N.D.	안 광한(도금준비작업, 니켈도금작업)
PVC-41	13 : 34 - 17 : 18	371.95	N.D.	"
PVC-33	10 : 5 - 12 : 28	372.96	0.40	이 창희(도금준비작업, 크롬도금작업)
PVC-42	13 : 35 - 15 : 25	286.89	N.D.	"

* N.D.: 검지한계 이하 ($< 0.05 \mu\text{g}/\text{M}^3$)

5. E

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-51	10 : 36 - 13 : 18	405.47	1.51	도금전처리 작업대
PVC-68	13 : 18 - 17 : 40	655.76	1.44	일반크롬탱크에서 380 cm
PVC-52	10 : 25 - 13 : 13	414.19	14.61	흑크롬탱크왼쪽위, 탱크중앙에서 131 cm
PVC-71	13 : 13 - 14 : 28	184.90	58.27	"
PVC-66	14 : 28 - 16 : 10	251.47	8.45	"
PVC-77	16 : 10 - 17 : 38	216.96	17.90	"
PVC-53	10 : 27 - 13 : 16	440.68	43.14	일반크롬탱크위, 탱크중앙에서 110 cm
PVC-76	13 : 16 - 14 : 34	203.39	10.34	"
PVC-65	14 : 34 - 16 : 12	255.54	8.59	"
PVC-81	16 : 12 - 17 : 37	221.65	18.33	"
PVC-54	10 : 13 - 13 : 13	467.42	58.28	흑크롬탱크왼쪽, 탱크중앙에서 126 cm
PVC-70	13 : 13 - 14 : 27	192.16	153.35	"
PVC-69	14 : 27 - 16 : 8	262.28	2.13	"
PVC-80	16 : 9 - 17 : 37	228.52	76.15	"
PVC-55	10 : 17 - 13 : 15	463.44	34.12	흑크롬탱크 중앙덕트앞 83 cm
PVC-67	13 : 15 - 14 : 29	192.67	117.20	"
PVC-73	14 : 30 - 16 : 11	262.96	6.26	"
PVC-79	16 : 11 - 17 : 36	221.31	142.01	"
PVC-57	10 : 33 - 13 : 17	275.09	13.92	작업자 통로, 흑크롬탱크에서 510 cm
PVC-75	13 : 17 - 14 : 37	134.19	94.35	"
PVC-74	14 : 37 - 17 : 41	308.64	3.06	"
PVC-63	15 : 10 - 15 : 26	26.04	668.82	일반크롬탱크위 10 cm, 도금작업중 단시간 발생측정
PVC-64	15 : 14 - 17 : 49	59.46	0.30	흑크롬탱크위, 비작업중 단시간 발생측정
개인시료:				
PVC-56	9 : 59 - 11 : 46	175.43	0.97	구 덕서(도금준비작업, 동도금, 블랙크롬도금, 일반크롬도금, 수세작업)
PVC-61	13 : 24 - 16 : 5	263.96	0.09	
PVC-72	16 : 5 - 17 : 32	142.64	3.74	
PVC-58	10 : 1 - 11 : 45	175.87	6.09	박 홍준(도금준비작업, 동도금, 블랙크롬도금, 일반크롬도금, 수세작업, 화학연마(산박리) 작업)
PVC-62	13 : 35 - 16 : 6	255.36	2.28	
PVC-78	16 : 6 - 17 : 30	142.05	37.44	
PVC-59	10 : 7 - 11 : 47	162.76	2.62	SAYAN(도금전처리, 후처리 작업)
PVC-60	10 : 5 - 11 : 46	171.58	2.37	ADUN (도금전처리, 후처리 작업)

* 흑크롬도금탱크, 화학연마(박리통), 일반크롬탱크가 연속적으로 배치되어 있음.

4. D

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-34	11 : 1 - 12 : 28	142.31	2.00	크롬도금탱크 옆 70 cm
PVC-47	13 : 46 - 17 : 36	376.23	3.51	"
PVC-35	11 : 5 - 12 : 27	128.23	0.31	문과 도금탱크 사이, 크롬탱크에서
PVC-48	13 : 43 - 17 : 38	367.48	0.78	240 cm
PVC-49	14 : 3 - 17 : 36	182.03	0.20	한라금속사이의 통로
개인시료:				
PVC-36	11 : 00 - 12 : 24	144.93	1.06	오 경민(구리, 니켈, 크롬도금작업, 수세작업)
PVC-45	13 : 49 - 16 : 51	314.01	8.13	한 경주(구리, 니켈, 크롬도금작업, 수세작업)

* 플라스틱부품에 도금함.

6. F

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
제 1공정				
장소시료:				
PVC-119	9 : 0 - 16 : 25	1143.00	0.12	크롬도금탱크위, 탱크중앙에서 130 cm
PVC-117	9 : 1 - 16 : 33	1138.00	0.10	도금탱크왼쪽앞, 탱크중앙에서 210 cm
PVC-115	9 : 4 - 16 : 30	1176.44	0.06	도금탱크앞, 탱크중앙에서 280cm
PVC-124	9 : 36 - 16 : 30	717.92	0.11	도금전처리 작업대
개인시료:				
PVC-126	8 : 56 - 12 : 2	302.64	0.53	최 만섭(크롬도금작업, 수세작업)
	13 : 16 - 16 : 31	317.29		
		619.93		
제 2공정 - 작업이 없었음.				
장소시료:				
PVC-116	9 : 16 - 16 : 30	1145.75	0.09	도금탱크위, 탱크중앙에서 130 cm
PVC-121	9 : 19 - 16 : 30	1099.80	0.16	도금탱크앞, 탱크중앙에서 220 cm
PVC-118	9 : 23 - 16 : 30	719.13	0.05	도금탱크후드위

7. G

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비고
장소시료:				
PVC-102	9 : 28 - 10 : 26	143.82	152.33	도금탱크 슬러트앞
PVC-106	10 : 26 - 11 : 15	121.51	299.22	"
PVC-103	9 : 32 - 11 : 36	323.44	157.09	도금탱크위 20 cm
PVC-107	11 : 36 - 12 : 0	62.60	9.36	" (11:40-12:30 비작업)
PVC-104	9 : 38 - 17 : 4	1143.68	0.22	도금전처리 작업 conveyer 위
PVC-105	9 : 45 - 17 : 2	1136.18	0.12	수세조옆 도금후처리 작업장소
PVC-108	11 : 40 - 17 : 4	564.68	0.17	사무책상위
PVC-110	14 : 9 - 16 : 56	275.73	N.D.	크롬탱크 맞은 편 정류기위
PVC-111	14 : 13 - 17 : 1	438.21	0.24	니켈도금탱크위
개인시료:				
PVC-101	9 : 20 - 11 : 46	366.61	0.20	김 재호(자동 conveyer에 도금 제품을 걸거나 떼어내는 작업)
	13 : 8 - 17 : 0	582.56		
		949.18		
PVC-109	13 : 44 - 16 : 55	320.83	0.16	이 동근(" , 도금공정관리작업)

* N.D. : 검지한계 이하

* 도금공정이 자동화되어 있어 도금작업자들은 주로 conveyer에서 작업을 함

8. H

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-135	13 : 52 - 16 : 2	330.99	47.41	제 1도금탱크 후드위
PVC-146	16 : 2 - 17 : 5	160.40	19.32	"
PVC-128	9 : 17 - 13 : 0	557.22	0.62	도금전처리 작업대
PVC-138	13 : 0 - 17 : 1	602.20	0.30	"
PVC-132	9 : 19 - 13 : 1	605.85	2.14	크롬탱크 작동 판넬위
PVC-140	13 : 1 - 17 : 2	657.70	0.25	"
PVC-133	9 : 24 - 13 : 4	545.84	1.13	도금액제조탱크위
PVC-139	13 : 4 - 16 : 0	436.67	2.55	"
PVC-145	16 : 0 - 17 : 2	153.83	0.52	"
PVC-129	9 : 30 - 13 : 5	561.91	0.10	포장전처리 작업대
PVC-141	13 : 5 - 17 : 4	624.63	1.67	"
PVC-137	13 : 48 - 17 : 4	341.78	0.16	포장작업대옆 책상위
개인시료:				
PVC-130	9 : 10 - 12 : 13	465.93	1.12	이 진규(도금준비작업, 크로도금작업, 수세작업)
PVC-127	9 : 12 - 12 : 12	297.15	1.00	SAON(방글라데시인, 도금준비작업, 크롬도금작업, 수세작업)
PVC-134	13 : 19 - 17 : 0	364.83	0.90	
PVC-131	9 : 14 - 12 : 13	305.58	0.19	장 지상(도금준비작업, 크롬도금작업, 수세작업)
PVC-136	13 : 21 - 17 : 0	373.86	0.52	
PVC 125	9 : 15 - 12 : 10	305.16	0.16	한 휘현(도금준비작업, 크롬도금작업, 수세작업)

* 자동차엔진밸브 전문도금

9. 1

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-166	9 : 27 - 13 : 10	578.49	0.29	3번 도금탱크 중앙위 150 cm
PVC-164	9 : 29 - 13 : 13	562.97	0.26	2번 도금탱크 중앙위 150 cm
PVC-163	9 : 32 - 13 : 15	552.21	0.08	1번 도금탱크 중앙위 150 cm
PVC-170	9 : 36 - 13 : 7	556.00	0.07	도금실 창문옆
PVC-162	9 : 39 - 13 : 7	462.44	0.05	도금실 창문옆
PVC-161	9 : 34 - 13 : 3	474.67	N.D.	도금전처리 작업대
개인시료:				
PVC-165	9 : 21 - 12 : 57	470.76	0.33	노 송원(크롬도금작업, 수세작업, 도금판교체작업)
PVC-168	9 : 22 - 12 : 56	498.80	0.06	이 상목(크롬도금작업, 수세작업, 도금판교체작업)
PVC-169	9 : 23 - 12 : 55	468.69	0.94	이 효행(크롬도금작업, 수세작업, 도금판교체작업)

* 자동차엔진밸브 전문도금

* 오전작업만 있었음

시료번호	시료채취시간	공기채취량 (L)	공기중크롬농도 ($\mu\text{g}/\text{M}^3$)	비 고
장소시료:				
PVC-150	10 : 27 - 17 : 31	1055.08	0.14	도금탱크옆 액체 Blasting작업대위
PVC-147	10 : 29 - 17 : 35	1069.62	0.04	3번 도금탱크후드위 70cm
PVC-151	10 : 31 - 17 : 32	1094.68	0.10	도금탱크뒤 240cm, 온도지시판넬위
PVC-148	10 : 33 - 17 : 34	1088.38	0.13	1번 도금탱크후드위 57cm
PVC-149	10 : 36 - 17 : 34	1104.16	0.06	2번 도금탱크후드위 62cm
PVC-153	11 : 0 - 14 : 44	507.18	N.D.	도금후 검사작업대
	15 : 0 - 15 : 18	40.76		
	15 : 51 - 17 : 30	224.16		
		772.09		
PVC-157	14 : 45 - 14 : 57	27.17	1.92	도금링 교체시 단시간 폭로 측정 (도금탱크 커버를 벗겨내고 교체)
PVC-158	15 : 20 - 15 : 48	63.40	379.09	도금탱크 커버안쪽, 도금시 발생측정
개인시료:				
PVC-156	10 : 24 - 12 : 10	234.31	0.27	김 응원(도금준비작업, 크롬도금작업, 도금후 검사작업)
	13 : 25 - 17 : 0	475.26		
		709.57		
PVC-152	10 : 25 - 12 : 12	248.97	0.17	강 환규(도금준비작업, 크롬도금작업, 도금후 검사작업)
	13 : 25 - 17 : 0	500.27		
		749.23		
PVC-155	10 : 47 - 12 : 15	195.65	0.16	김 신영(크롬도금후 Lapping(가공)작업)
	13 : 18 - 17 : 25	549.15		
		744.80		

부록2 사업장별, 지점별 니켈농도

1. a

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도(ug/m ³)	채 취 장 소(근로자명)
M6	10:06 - 17:29	1.765	778	ND	니켈 도금조(3-1)원형 덮개 바로 위
M8	10:07 - 17:29	2.000	884	ND	니켈 도금조(3-2)원형 덮개 바로 위
M9	10:07 - 17:29	1.935	855	0.137	니켈 도금조(3-3)원형 덮개 바로 위
M10	10:07 - 17:29	2.000	884	0.688	니켈 도금조(3-3)원형 덮개 바로 위

- 측정 당시 물량 부족으로 도금작업 미 실시

0. 도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어 속 도 (m/sec)	스롯(slot) 후드 사양		후드 소요풍량 (m ³ /min)
		갯 수	면속도(m/sec)	
3-1	0.25이하	1(원형)	0.81	
3-2	0.25이하	1(원형)	1.51	
3-3	0.25이하	1(원형)	1.11	

- 측정 당시 물량 부족으로 도금작업 미 실시

- 탱크 크기, 후드 사양은 조사 및 측정이 불가능

- 도금작업외에는 밀폐조치 철저

2. b

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M27	09:46 - 12:36	1.740	296	63.750	니켈 도금조 중앙 가장 자리 1m 위
M23	09:45 - 12:35	2.052	349	36.879	니켈 도금조 좌측가장 자리 1m 위
M41	09:45 - 12:36	1.984	335	57.552	니켈 도금조 우측 가장 자리 0.5m 위
M43	09:42 - 12:28	2.035	338	30.178	니켈 도금 작업자

0. 국소배기장치 미설치

3.c

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M18	10:00 - 17:29	1.951	876	4.108	니켈 도금조(3-2) 후드 바로 위
M14	10:00 - 17:28	1.740	779	3.786	니켈 도금조(3-1) 후드 바로 위
M16	10:00 - 17:29	2.202	989	2.269	니켈 도금조(3-3) 후드 바로 위
M21	14:04 - 17:29	2.264	464	7.147	니켈 도금조(3-3) 후드 바로 위
M22	13:55 - 17:29	2.202	428	10.460	니켈 도금조(3-1) 후드 바로 위
M25	13:45 - 17:28	2.222	496	2.577	니켈조 작업자

0.도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어 속 도	스롯트(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m ³ /min)	
		갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m ²)		
갯 수 면 적(LXW, m)	(m/sec)	갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m ²)		
3-1	2.30 x 0.65	0.35	1 (1면 흡입)	1.45	2.3 x 0.25	50.03
3-2	2.30 x 0.65	0.38	1 (1면 흡입)	1.56	2.3 x 0.25	53.82
3-3	2.30 x 0.65	0.40	1 (1면 흡입)	1.59	2.3 x 0.25	54.86

4. d

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
D9	10:20 - 13:17	1.778	315	1.305	니켈 도금조(3-2) 후드 바로 위
D2	10:22 - 13:17	1.905	333	1.219	니켈 도금조(3-3) 후드 바로 위
D23	10:23 - 13:16	2.000	346	1.795	니켈 도금조(3-1) 후드 바로 위

- 측정 당시 도금작업 미실시

0.도금공정 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어	스롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량	
갯 수 면 적(LXW,m)	속 도 (m/sec)	갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m ²)	(m ³ /min)	
3-1	1.00 x 0.70	0.25이하	3	-1단: 2.03 (2단1면 흡입) -2단: 2.65	0.43x0.03x2 1.00x0.08	15.86
3-2	1.00 x 0.70	0.30	3	-1단: 2.43 (2단1면 흡입) -2단: 2.75	0.43x0.03x2 1.00x0.08	16.96
3-3	1.00 x 0.70	0.25이하	3	-1단: 2.25 (2단1면 흡입) -2단: 3.80	0.43x0.03x2 1.00x0.08	21.48

5. e

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M25	09:10 - 16:30	1.968	866	1.475	니켈 도금조(1라인 1-1) 바로 위
M29	09:15 - 16:30	1.935	861	2.472	니켈 도금조(1라인 1-1) 바로 위
M2	09:32 - 16:40	1.579	676	1.019	니켈 도금조(2라인 3-2) 가장자리 1m위
M19	09:25 - 16:30	1.905	810	3.830	니켈 도금조(2라인 3-2) 후드 0.3m 위
M5	09:10 - 16:30	1.765	777	2.861	니켈 도금조(2라인 3-3) 후드 0.3m 위
M3	09:25 - 16:30	1.519	646	0.757	니켈 도금조(1라인 3-1) 후드 0.3m 위
M1	09:00 - 12:00 13:12 - 16:40	1.548	601	1.547	니켈도금 작업자 오 성 수

0. 도금공정(2라인) 국소배기 시설 성능 측정

랭 크	제 어	스포트(slot) 후드 사양			후드 소요풍량
갯 수	면 적(LXW, m)	속 도 (m/sec)	갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m ²) (m ³ /min)
3-1	1.58 x 0.82	0.28	1 (1단1면 흡입)	-1단: 5.94	1.58 x 0.15 84.47
3-2	1.58 x 0.82	0.30	1 (1단1면 흡입)	-1단: 5.92	1.58 x 0.15 84.18
3-3	1.08 x 0.82	0.26	1 (1단1면 흡입)	-1단: 5.87	1.08 x 0.15 57.06

- 1라인은 미설치

6. f

0. 채취 및 분석 결과

시료번호	채 취 시 간	유량(LPM)	공기량(L)	농 도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	채 취 장 소(근로자명)
M10	10:26 - 17:04	1.690	673	0.903	니켈 도금조(2-1) 폭 중앙 가장자리
M12	10:25 - 17:04	1.765	704	0.683	니켈 도금조(2-1) 폭 중앙 가장자리
M7	10:15 - 17:00	1.920	778	1.528	니켈 도금조 자동 콘베 이어(conveyer)
M4	10:25 - 17:04	1.951	661	0.605	니켈 도금조(2-2) 폭 가장자리
M9	10:25 - 17:04	2.070	826	0.485	니켈 도금조(2-2) 폭 가장자리

M11	10:15 - 12:00	1.938	203	1.813	니켈도금 작업자
-----	---------------	-------	-----	-------	----------

0. 도금공정(2라인) 국소배기 시설 성능 측정

탱 크	제 어 속 도 (m/sec)	스롯(slot) 후드 사양			후드 소요풍량 (m^3/min)
		갯 수	면속도(m/sec)	면 적(m^2)	
2-1 2.10 x 4.40	2 (1단 양면 흡입)		-1면:1.22 -1면: 닥트탈락	2.10 x 0.29	44.58
2-2 2.10 x 3.30	1 (1단1면 흡입)		-1면: 5.92	2.10 x 0.29	216.32

- 제어속도 측정은 폭이 넓어 측정이 불가능함

부록 3 탱크별 총 크롬, 6가 크롬 농도와의 관계 분석 프로그램

```

froc format:
value plant a='moderate vent'
           b='poor vent'
           c='no vent';
value sm 1='personal sample'
        2='area sample';
data local;
input SM Plant $ CV $ SV $ tCr Cr;
label SM = 'Sampling Method'
      CV = 'Capture Velocity'
      SV = 'Slot Velocity'
      tCr = ' total Chromium'
      Cr = 'Hexavalent Chromium';
cards:
2 a z z 4.72 0.22
1 a z z 48.6 0.22
2 a y y 17.74 0.68
2 a y y 20.83 0.37
1 a y y 20.83 0.29
2 a x y 0.69 0.41
2 c x x 52.66 1.16
2 a x x 48.00 0.47
2 b y y 224.0 2.00
2 b x x 62.75 0.31
2 c x x 792.0 1.06
1 c x x 110.5 8.13
2 b y x 184.0 21.37
2 b x x 130.0 24.41
2 c x x 123.0 64.83
2 b x x 123.0 62.64
2 c x x 28.71 24.19
1 c x x 164.8 1.261
2 b y x 169.0 12.15
2 b x x 3.870 2.67
2 b x x 8.90 2.370
2 b x y 121.0 0.22
2 a x x 7.270 0.12
1 b x x 144.0 0.20
2 a y y 29.40 0.12
2 a y y 23.83 0.10
2 a y y 22.69 0.06
2 a x x 96.56 0.09
2 b x x 22.88 0.16

```


2 a x x	75.63	0.05
1 b x x	30.90	0.53
2 b x x	139.4	0.62
2 b x x	133.8	0.30
2 b y y	256.7	2.14
2 b y y	280.7	0.25
2 b x x	187.5	1.13
2 a x y	8.60	0.10
2 b x x	8.83	1.67
2 a x x	3.83	0.16
1 b x x	44.5	1.12
1 b x x	62.7	1.00
1 c x x	38.6	0.90
1 c x x	55.2	0.19
1 b x x	110.9	0.52
1 b x x	38.2	0.16
2 a y x	91.2	0.08
2 a y x	58.7	0.08
2 a y y	28.2	0.05
2 b y x	289.5	0.26
2 b y x	81.4	0.29
1 b y x	166.7	0.33
2 a y x	85.40	0.06
2 b y x	60.40	0.94
2 a z y	19.3	0.14
2 a z y	21.5	0.05
2 a z y	38.8	0.10
2 a z y	22.5	0.13
2 a z z	29.2	0.06
1 a z y	35.9	0.27
1 a z z	9.14	0.17
1 a x y	57.3	0.27
2 a y z	8.32	4.97
2 b y y	11.8	10.8
2 a y z	7.33	1.67
1 a y z	13.1	0
1 a y z	12.3	2.50
2 c y x	63.6	81.4
2 a y z	0	0
1 b y y	27.6	12.5
1 b y y	37.8	16.2
1 a y y	40.0	2.52
1 b y y	57.1	109
2 a y z	0	0
2 a y z	1.04	0
2 a y z	0	0

```

2 a y z 0 0
2 a y z 0.89 0
2 a y z 0.9 0
1 a y z 3.03 0.42
1 a y z 4.14 0
1 a y z 0 0.35
1 a y z 2.38 0
1 a y z 0 0.22
2 a y z 1.53 0
2 a y z 1.61 0
2 a y z 1.68 0
2 a y z 0.41 0
2 a y z 5.17 1.52
2 a y z 2.63 0.25
2 a y z 0 0
1 a y z 0.87 0
1 a y z 3.28 0.78
1 a y z 3.31 0
1 a y z 4.47 0
run:
proc glm;
classes sm plant;
model tcr cr= sm plant;
means sm plant/scheffe;
run:

```

부록 4 슬롯트, 제어속도별 총 크롬, 6가 크롬 농도와의 관계 분석 프로그램

```

fproc format;
value plant a='moderate vent'
          b='poor vent'
          c='no vent';
value sm 1='personal sample'
        2='area sample';
data local;
input SM Plant $ CV $ SV $ tCr Cr;
label SM = 'Sampling Method'
       CV = 'Capture Velocity'
       SV = 'Slot Velocity'
       tCr = 'total Chromium'
       Cr = 'Hexavalent Chromium';
cards;
2 a z z 4.72 0.22
1 b z z 48.6 0.22
2 a y y 17.74 0.68
2 a y y 20.83 0.37
1 a y y 20.83 0.29
2 c x y 0.69 0.41
2 c x x 52.66 1.16
2 c x x 48.00 0.47
2 c y y 224.0 2.00
2 c x x 62.75 0.31
2 c x x 792.0 1.06
1 c x x 110.5 8.13
2 b y x 184.0 21.37
2 b x x 130.0 24.41
2 c x x 123.0 64.83
2 b x x 123.0 62.64
2 c x x 28.71 24.19
1 a x x 164.8 1.261
2 b y x 169.0 12.15
2 b x x 3.870 2.67
2 b x x 8.90 2.370
2 b x y 121.0 0.22
2 b x x 7.270 0.12
1 b x x 144.0 0.20
2 a y y 29.40 0.12
2 a y y 23.83 0.10
2 a y y 22.69 0.06
2 b x x 96.56 0.09
2 b x x 22.88 0.16
2 b x x 75.63 0.05
1 b x x 30.90 0.53
2 b x x 139.4 0.62
2 b x x 133.8 0.30
2 b y y 256.7 2.14
2 b y y 280.7 0.25
2 b x x 187.5 1.13
2 b x y 8.60 0.10
2 b x x 8.83 1.67
2 a x x 3.83 0.16
1 b x x 44.5 1.12

```

```

1 b x x 62.7 1.00
1 b x x 38.6 0.90
1 b x x 55.2 0.19
1 b x x 110.9 0.52
1 b x x 38.2 0.16
2 b y x 91.2 0.08
2 b y x 58.7 0.08
2 b y y 28.2 0.05
2 b y x 289.5 0.26
2 b y x 81.4 0.29
1 b y x 166.7 0.33
2 b y x 85.40 0.06
2 b y x 60.40 0.94
2 a z y 19.3 0.14
2 a z y 21.5 0.05
2 a z y 38.8 0.10
2 a z y 22.5 0.13
2 a z z 29.2 0.06
1 a z y 35.9 0.27
1 a z z 9.14 0.17
1 a x y 57.3 0.27
2 a y z 8.32 4.97
2 b y y 11.8 10.8
2 a y z 7.33 1.67
1 a y z 13.1 0
1 a y z 12.3 2.50
2 b y x 63.6 81.4
2 a y z 0 0
1 a y y 27.6 12.5
1 a y y 37.8 16.2
1 a y y 40.0 2.52
2 a y z 0 0
2 a y z 1.04 0
2 a y z 0 0
2 a y z 0 0
2 a y z 0.89 0
2 a y z 0.9 0
1 a y z 3.03 0.42
1 a y z 4.14 0
1 a y z 0 0.35
1 a y z 2.38 0
1 a y z 0 0.22
2 a y z 1.53 0
2 a y z 1.61 0
2 a y z 1.68 0
2 a y z 0.41 0
2 a y z 5.17 1.52
2 a y z 2.63 0.25
2 a y z 0 0
1 a y z 0.87 0
1 a y z 3.28 0.78
1 a y z 3.31 0
1 a y z 4.47 0
run:
proc glm;
classes cv sv;
model tcr cr= cv sv cv*sv;

```

```
means cv sv cv*sv/scheffe;  
run;
```

국소배기시설 실태조사 및
효율성향상 방안에 관한 연구
(92 - 5 - 12)

발 행 일 : 1992.12
발 행 인 : 정 규 철
발 행 처 : 한국산업안전공단 산업보건연구원
 인천직할시 북구 구산동 34 - 3
 전 화 : (032) 518-0861
인 쇄 인 : 김 재 극
인 쇄 처 : 문 원 사

<비매품>