

## 도금공장에서의 산업환기

한국산업안전보건공단 산업보건국 / 유재홍

### 1. 도금의 개요

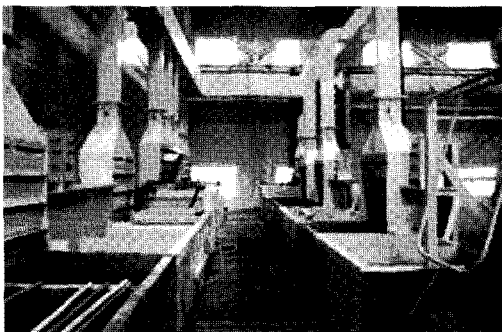
도금은 제품 또는 자재의 부식 방지를 목적으로 금속 또는 비금속의 표면에 다른 금속을 사용하여 피막을 만드는 처리과정으로 표면처리라고도 한다.

도금은 처리방법에 따라 전기도금, 용융도금, 무전해도금, 진공증착, 침투도금, 이온도금 등으로 나누어지고, 도금액 성분에 따라 구리도금, 니켈도금, 크롬도금, 아연도금 등으로 구분된다.

도금공장의 주요작업은 크게 도금하고자

하는 자재의 표면에 묻어 있는 녹 등 불순물을 제거하기 위한 연마작업과 TCE, 염산, 황산 등을 이용하여 산화물을 제거하는 세척 또는 탈지작업, 자재의 표면에 얇은 피막을 만드는 도금작업으로 나눌 수 있다.

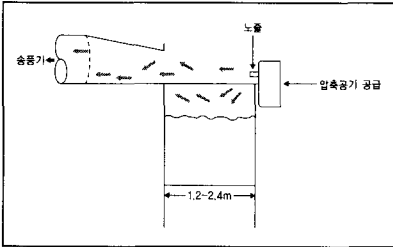
일반적으로 도금공정에서는 작업을 용이하게 하기 위해 개방조(open surface tank)라는 세척조(탈지조) 또는 도금조에 자재를 담가 작업을 하는데 이러한 작업과정에서 여러 가스상 물질이 발생하여 작업환경을 악화시킨다.



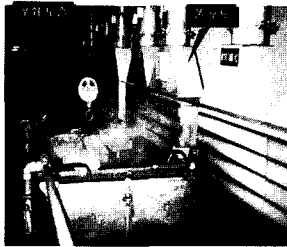
〈그림 1〉 도금공장 전경

### 2. 도금공장의 환기 및 설계방법

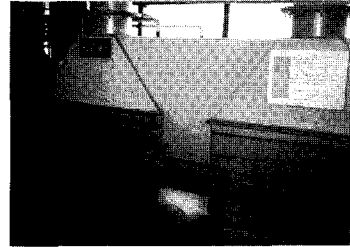
도금공장의 환기방법은 도금조의 형태에 따라 여러 가지 방법이 있을 수 있지만 가장 일반적인 방법이 도금조에 측방형 다단 슬롯(Multi-Slot) 후드 또는 푸쉬-풀(Push-Pull) 후드를 설치하여 작업 중에 발생된 유해물질을 포집하고 세정집진기(Scrubber



〈그림 2〉 push-pull 후드 방식



〈그림 3〉 푸쉬-풀 후드



〈그림 4〉 측방형 슬롯 후드

스크리버)를 거쳐 정화시킨 후 작업장 외부로 배기하고 있다. 특히, 후드형식을 선택함에 있어 도금조 폭을 고려하여 결정하는데 일반적으로 도금조 폭이 0.9 m 이상일 경우에는 푸쉬-풀 후드가 가장 효과적이고 도금조 폭이 0.9 m 이하일 경우에는 측방형 다단(3단 이상) 슬롯 후드가 유해물질을 제거하기에 효과적이라 할 수 있다.

도금조와 같은 개방조에 설치되는 후드를 설계할 경우에는 산업안전보건법의 제어풍속(측방형 외부식후드 0.5 m/s 이상)을 이용하여 필요배풍량을 산정하여 설계할 수 있으나 일반적으로 다음과 같은 미국 ACGIH에서 권장하는 개방조 설계방법을 많이 적용하고 있다.

**[미국 ACGIH에서 권장하는 개방조 설계방법]**

- ① 후드배풍량 (ANSI 방법, American National Standards Institute Method)
  - 측방형 다단슬롯 후드 : ACGIH TLV

와 온도·끓는점 등의 증기발생률을 고려하여 유해성 등급을 결정한 후 후드 설치 형태에 따른 유해성등급별 조면적당 필요배풍량을 적용하여 후드의 필요 배풍량을 결정

예) 크롬(6가) 도금조의 경우, ACGIH TLV 0.05 mg/m<sup>3</sup>이고 증기발생률이 1 등급이므로 유해성등급이 A-1이고, 조면적당 필요배풍량은 1.15 m<sup>3</sup>/sec/m<sup>2</sup> 이 됨

- 푸쉬-풀 후드

• 급기량

$$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \times 0.68 \times (\text{노즐 또는 급기 개구면 전체면적})^{0.5}$$

• 배기량

조 온도가 65°C 이하인 경우

$$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \times 0.38 \times \text{조면적}(\text{m}^2)$$

조 온도가 65°C 이하인 경우

$$Q(\text{m}^3/\text{min}) = 60 \times (0.0036 \times \text{조표면온도}(\text{°C} + 0.14) \times \text{조면적}(\text{m}^2))^{0.5}$$

- ② 배기구 슬롯속도는 10 m/s 이상이어야 하며, 이 속도 이상이 유지되도록 슬롯

폭과 길이를 설계한다.

- ③ 최대충만실 속도는 슬롯속도의 절반이 되도록 충만실을 설계한다.
- ④ 조의 용액은 부품을 넣었을 때, 조 상부에서 15-25 cm 이하로 내려가도록 한다.
- ⑤ 후드 주변에 방해기류를 차단하기 위한 차폐막을 설치한다.
- ⑥ 후드 개구면(슬롯)에는 배플(baffle, 일명 후드눈썹)을 설치하여 배기효과를 높인다.
- ⑦ 푸쉬-풀 후드의 경우 푸쉬 노즐 각도를 0-20도 하향하며, 푸쉬관(급기관) 단면적이 총 노즐(급기구) 면적의 2.5배 이상이 되도록 한다.
- ⑧ 배기 슬롯에서 균일한 유속이 분포되도록 후드를 설계한다.

또한, 국소배기장치를 설치할 때, 고려해야 하는 중요한 사항 중의 하나가 국소배기장치의 재질 선정이다.

도금공장에서 발생하는 유해물질 대부분이 산·알카리 등의 부식성 물질이므로 이들에 대한 내식성을 가지는 FRP, PVC, SUS 재질을 사용하며, 배풍기는 항상 공기정화장치(세정집진기) 후단에 설치하여야 한다.

특히, 배풍기의 임펠러나 구동축 부분에서 부식이 발생하여 국소배기장치의 효율이 저하되는 문제가 있기 때문에 국소배기장치 설치 시 이러한 점을 고려하여야 할 것이다.

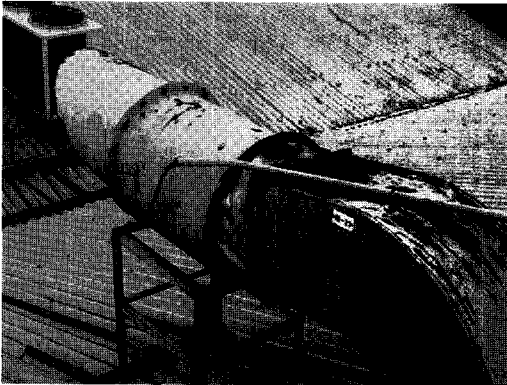
### 3. 도금공장 산업환기 진단

앞서 언급한 바와 같이 도금공장은 산·알카리 등의 부식성 가스가 작업환경을 악화시키는 주요 원인이 된다. 따라서 이러한 유해물질을 제거하기 위해 슬롯후드 또는 푸쉬-풀 후드, 원형덕트, 스크러버(Scrubber), 배풍기로 구성되는 국소배기장치를 설치하여 사용하고 있다.

도금공장의 국소배기장치 성능을 진단하기 위해서는 가장 먼저 국소배기장치의 배치가 어떠한지 레이아웃을 파악한 후 각 구성부분별 진단방법을 결정하여야 할 것이다.

먼저, 후드를 진단하고자 할 경우에는 발연관을 사용하여 도금조 끝부분(후드 개구면에서 가장 먼 지점)에 스모크(Smoke)를 발생시켜 후드로 유입되는 기류(스모크)의 형태를 관찰한 후 후드 성능의 좋고 나쁨을 판단한다. 특히, 푸쉬-풀 후드의 경우에는 급기구(푸쉬 노즐)에서 스모크를 발생시켜 배기구(풀)로 흡인되는 상태를 관찰한다. 만약, 후드의 흡인상태가 나쁘다고 판단될 경우에는 그 원인을 찾기 위해 열선풍속계나 피토 튜브(pitot tube) 등을 활용하여 후드 급배기 풍속 및 풍량을 측정하고, 필요시 후드 정압을 측정한 후 결과분석을 통해 원인을 찾는다.

일반적으로 도금조 후드의 흡인성능이 저하되면 도금조 중심 보다는 가장자리의 유



〈그림 5〉 배풍기 부식 예



〈그림 6〉 캔버스 파손 예

해물질이 제대로 포집되지 않는 현상이 쉽게 확인되며, 이러한 성능저하 원인은 주로 배풍기 임펠러 또는 케이싱 부식으로 인한 배기유량 감소, 캔버스(Canvas) 등의 연결부 또는 이음새 부분 파손으로 야기된 유량 유실로 인해 제어풍속, 후드 개구면 유입기류의 불균일로 발생한 포집효율 저하 등에 기인한다고 볼 수 있다.

특히, 배기 슬롯후드 개구면 풍속을 측정할 경우에는 슬롯 개구면 전체에서 균일한 풍속이 분포되어야 하며, 평균풍속이 10 m/s 이상 측정되어야 후드의 흡인상태가 양호하다고 볼 수 있다.

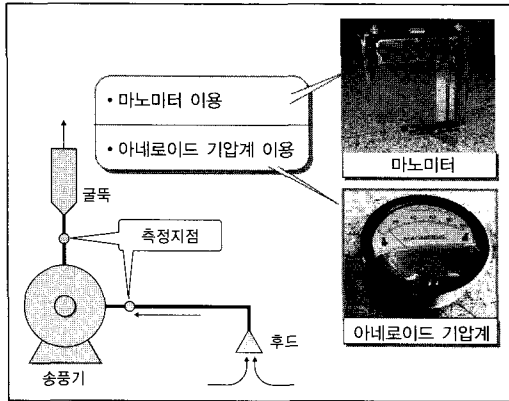
참고로, 열선풍속계를 사용하여 산세척조나 도금조 배기후드 풍속을 측정한 경우, 산미스트(acid mist)가 풍속계의 열선센서 부분에 묻은 상태로 그냥 보관될 경우에는 센서 부식으로 인한 고장이 발생하기 쉬우므로 이러한 도금조에서 사용한 후에는 열선센서 부분을 세척 후 보관하도록 한다.

후드부분의 성능을 진단한 후에는 덕트 이음새 등이 부식으로 인한 풍량 유실이 발생하지 않는지를 육안으로 관찰하고, 퇴적물이 존재하여 덕트가 막힐 우려가 있을 곳으로 판단되는 부분에는 정압측정이나 타성음으로 이상 유무를 확인한다.

도금공장의 국소배기장치 중 가장 문제점이 많이 발생하는 곳은 배풍기라고 할 수 있다. 배풍기의 관리소홀로 인해 임펠러 또는 케이싱이 부식되어 효율이 떨어지거나 캔버스 등의 이음새가 파손되어 풍량이 유실되는 경우 등이 있다.

배풍기의 성능을 진단하는 방법에는 배풍량 측정과 정압측정, 회전수 측정 등이 있다. 먼저 배풍량은 배풍기 최종 배기구에서 측정하거나 후드 배풍량 합을 전체 배풍량으로 하여 배풍기 명판의 정격 배풍량과 비교하여 성능의 좋고 나쁨을 판단한다.

그리고 정압을 측정하기 위해서는 배풍기



〈그림 7〉 배풍기 정압측정

전후 캔버스에 구멍을 뚫고 두 지점에서 측정된 정압의 합에서 입구 동압을 뺀 값으로 배풍기 명판의 정격 정압과 비교하여 배풍기의 성능을 판단할 수 있으며, 회전수는 V-벨트나 풀리에서 회전수 측정기로 회전수를 측정하여 정격 회전수와 비교한다.

측정 결과를 판정함에 있어 배풍량과 회전수의 경우, 측정된 값이 정격사양과 비교한 결과가 70-80% 이하라면 배풍기의 노후된 결과로 판단할 수 있으며, 정압의 경우, 측정값이 정격사양보다 높으면 덕트, 스크러버 등이 막히는 등 압력손실을 증가로 인한 원인으로 볼 수 있다. 또한 정격사양보다 낮으면 배풍기 효율이 감소하였거나 시스템 일부에서 풍량이 유실되는 등 배풍기가 필요로 하는 충분한 압력손실이 발생하지 않고 있기 때문인 것으로 판단해 볼 수 있다.

국소배기장치의 성능진단을 한 후 개선이 필요한 부분에 대해서는 개선계획을 수립하여 개선해 나가야 할 것이다. 개선방안은 진단된 성능저하 원인에 따라 다를 수가 있으나 배풍량이 저하된 경우에는 회전수를 조정(증가)함으로써 일반적으로 약 10-20% 정도의 배풍량을 증가시킬 수 있으며, 댐퍼 등의 조정을 통한 후드배풍량을 적절히 분배함으로써 배기성능을 향상시킬 수 있을 것이다. 그리고 부식 등으로 파손된 부분에 대해서는 보수함으로써 배기성능을 어느 정도 향상시킬 수 있을 것이다. 물론, 이러한 방법으로 개선이 되지 않는 경우에는 송풍기 교체 등 국소배기장치의 성능향상을 위해 약간의 개선비용 투자가 필요하다.

도금공장에 설치된 국소배기장치를 효율적으로 사용하기 위해서는 무엇보다도 정기적인 유지관리 및 점검이 필요하다. 특히, 부식성 가스에 의한 부식이 일어나지 않도록 설치 초기부터 적절한 재질 선정과 함께 청소구 및 점검구 등을 설치하여 유지관리를 용이하게 하는 방안이 필요하다.

3D 작업장 중에 하나인 도금공장의 작업환경은 설치된 국소배기장치를 어떻게 운용하느냐에 따라 결정된다고 하더라도 과언이 아닌 만큼 국소배기장치의 효율적 운용을 통해 쾌적한 작업환경이 조성되길 기대해 본다. ☺