大氣汚染 防止技術 原理 및 機器

金 鍾 奭
〈環境廳 大氣管理課長 · 技術士〉

2.2 大氣汚染原으로서의 塗金工程

(1) 塗金工程(Electroplating Process)

現代産業은 塗金技術의 發達을 촉진하고 있다. 塗金은 自動車工業, 各種 道具로부터 장난감에 이르기까지 다양한 분야에 使用되어 現代産業에선 없어선 안될 주요 産業分野가 되고 있다. 여기선 이중 電氣塗金工程과 大氣汚染問題를 살펴보고자 한다.

電氣塗金이란 피도금물체에 塗金物質을 電氣化學反應(Electro Chemical Reaction)을 이용하여 피도금물질 표면에 침착(cleposit), 도말(plate) 또는 塗金(Coating) 되도록 하는 것이다.

塗金에는 金屬物質을 金屬物體에 塗金하거나 고무, 수지와 같은 非金屬物質을 被塗金物質에 塗金하는 것도 있다. 가장 흔히 使用되고 있는 塗金物質로는 동, 신주, 크롬, 카드뮴, 철, 납, 니켈, 주석, 아연 및 기타 귀금속류가 많다.

塗金工程은 塗金液을 채운 塗金槽에 塗金物質과 被塗金物體를 담근 후 塗金物質을 陽極으로 被塗金物質을 陰極으로 하여 直流電壓을 加하면, 陽極의 塗金物質이 塗金液內로 溶出되어 金屬이온이 되어 陰極으로 移動 被塗金物質의 表面에 침적되어 塗金된다. 塗金液은 塗金物質인 金屬이온과 溶液의 電氣傳導를 增加시켜 塗金의 質을 향상시킬 수 있는 첨가물로서 구성된다.

크롬塗金과 같이 塗金의 종류에 따라서는 陽極을 크롬物質로 하여도 塗金進行中 크롬이 塗金液內로 陽極인 크롬극으로부터 크롬이 溶出되어 나오지 않기 때문에 塗金에 必要한 크롬이온을 얻기 위하여는 크롬염을 塗金液內에 溶解시켜 얻어야 하는 공정도 있다.

金屬塗金에서 良質의 塗金이 이루어지기 위해선 전해액의 pH, 전해액내 塗金物質 농도, 이온의 종류(1차이온 인가, 2차이온 인가)및 전극 전류 밀도등을 조절하여 塗金物質의 塗金特性을 향상시켜야 된다.

이들 要因의 조절에 따라서 被塗金物體表面 粗度, 요철형성, 塗金强度 및 반사물(mirror)을 임의로 조절할 수 있다.

塗金機轉을 좀더 電氣化學的인 面에서 보면 塗金金屬이온이 被塗金物體 表面에 침착되기 위해선 일정량의 起電力(Electromotive force)이 必要하다. 만약에 塗金槽에 가한 電壓이 이 起電力 보다 강하면 陰極에선 수소가, 陽極에선 산소가 發生한다. 크롬塗金에서와 같이 塗金物質을 금속염으로 공급할 때는 陽極에서 산소나 할로겐가스(전해액내에 할로겐화염이 들어 있을 때)가 발생하여 大氣汚染의 원이 되기도 한다.

좋은 塗金을 얻기 위해선 被塗金物質의 表面이 均一하며 異物이 존재하지 않아야 하며, 이를 爲해선 被塗金物體 表面을 酸洗等의 前處理하여야 하며, 이를 爲한 大部分의 前處理 工程은 심한 大氣汚染問題를 發生하게 된다. 이에 흔히 使用되는 前處理의 종류는 다음과 같다.

① 脫 脂

유기용제를 使用하여 被塗金物體를 洗滌하거나 담구어 그 表面에 붙어있는 油溶性物質을 除

去하는 것.

② 알카리 중간세척

被塗金物體 表面을 알카리 세척하여 녹등을 除去하는 것.

③ 電氣洗滌

이에는 알카리 陽極洗滌 또는 陰極洗滌 또는 同時 洗滌이 있으며, 이는 被塗金物體를 알카리 槽에 담근후 이에 電流를 通하여 被塗金物體 表面을 깨끗이 하는 方法으로 이때는 多量의 가스가 排出한다.

④ 酸洗滌

酸으로 被塗金物體의 表面을 洗滌하는 것으로 그 效果는 알카리 洗滌과 같다.

前處理方法中 어느 것을 선택 使用할 것인가는 被塗金物體의 表面組成 Soil의 種類와 量 및 洗滌程度의 3가지 要因에 의하여 決定된다.

일반적으로 볼 때 유기용제를 使用한 Oil,그리스등 油溶性物質을 除去하고 다시 알카리等을 使用하여 스케일등을 除去한 후 塗金直前에 酸洗滌한다. 酸洗滌 後에는 냉침이 실시되는데 이는 塗金槽에 들어가기 전에 被塗金物體 表面이 乾燥되지 않도록 하기 위해서이다.

일반적으로 가장 效果的인 前處理 方法은 電氣洗滌이나 이때는 多量의 酸素나 수소가 발생되어 이들이 洗滌液을 氣泡化 하여 酸 mist를 형성 排出하므로서 심각한 大氣汚染을 발생시키는 원인이 되기도 한다.

(2) 大氣汚染問題

원래 전해공정은 100% 효율로 가동되지 못한다. 加해진 電流의 一部가 電解液을 分解하여 水素나 酸素를 排出하게 된다. 실제로 被塗金物體에 電氣洗滌이 他洗滌 보다 效果的인 이유로 陰極에서 發生하는 水素가 격렬하게 끓어 오름으로서 被塗金物體 表面에 엷은 기름 또는 그리스막 엷은막 또는 페인트, 또는 때를 기계적 작용으로 除去할 수 있기 때문인 것이다.

電氣塗金의 種類에 따라 가스발생율이 각기 달라진다. 만약 가스發生率이 높아지면 酸, 알카리 또는 기타 전해액 성분이 飛散하여 大氣中으로 排出되게 된다.

大部分의 電氣塗金에서는 가스發生率이 比較的 微微하고 또 역겨운 것이 못되기 때문에 大氣汚染의 견지에서 볼때는 그렇게 심각하다고 할 수 있는 業種은 아니다. 이런 경우에는 特別한 大氣汚染防止機器를 使用치 않고 적당한 환기희석시설로서도 충분한 防止效果를 이룰 수 있다.

그러나 크롬塗金의 경우에는 大量의 水素와 酸素가 發生하기 때문에 좀 問題가 달라지게 된다. 이때 發生하는 氣泡는 상당한 Energy를 가지고 電解液 表面을 脫出해 나오기 때문에 상당량의 크롬酸 mist를 發生시켜 大氣中에 排出되게 한다.

크롬산은 그 毒性이 매우 높고 부식성이 强하므로 大氣中 排出이 엄격히 제한되고 있다. 크롬은 우리나라에서도 特定有害物質로 지정되어 있으며 그 排出許容基準은 크롬으로서 1㎎/㎥로 되어 있다. 크롬산 mist는 진정대상 공해물질이며, 재산상 피해도 자못 크다. 특히 크롬산이 排出되는 부근에 自動車를 세워 놓으면 쉽게 부식된다. 보통 크롬塗金業所의 국소배기시설에서 排出되는 크롬산의 농도를 측정해 보면 塗金槽의 크기가 5㎥일때 시간당 220㎎ 정도가 排出되고 있다.

크롬도금공정은 경크롬도금(Hard Chrome Plating)과 장식크롬도금으로 分類되며 경크롬도금은 자동차 엔진 시린더 등에 응용하는 도금으로 塗金의 두께가 두텁고 평활하며, 부식에 매우 강한 특징이 있으나 심한 大氣汚染 排出原이 된다. 경크롬塗金에선 전류밀도 1㎠당 2,500 암페어가 使用되기 때문에 1㎠당 1,000 암페어가 使用되는 장식크롬도금때 보다 엄청나게 많은 가스를 발생하여 결과적으로 심한 크롬산 mist를 排出하게 된다.

(3) 局所排氣施設

電氣塗金槽에서 發生되는 가스,酸 mist 등의 作業場內 擴散移動을 방지하여 勤勞者를 保護키 위해서 局所排氣施設을 설치하여 이들 가스 酸 mist가 이 作業場內로 擴散移動되기 前에 직접 捕集하여 處理하고 있다. 실제로 塗金施設은 소규모 업종으로 행하여지고 있기 때문에 局所排氣

施設 설치없이 가동되고 있는 사례가 많다. 또 局所排氣施設을 하고 있다 하더라도 그 排出口로 排出되는 汚染物質을 公害防止機器로서 처리하고 있지 않는 경우도 많다.

局所排氣施設은 電解液槽와 같은 開放 處理槽에서 發生되는 汚染物質을 作業場內로 擴散移動되지 않게 하기 위해서 汚染原으로 부터 直接 汚染物質을 捕集移動 시켜야 하며 이를 爲해서 局所排氣施設은 후드(Hood), 덕트(duct), 송풍기(Blower)로 構成된다. 現在 大部分의 開放處理槽에서 보면, 局所排氣施設을 갖추지 않은 것이 많으며, 갖추었다 하더라도 대충 설계시공하여 실제로 그 성능(performance)이 좋지 못한 것들이 상당 數이다. 效果的인 局所排氣施設을 갖추면 作業場內 環境問題도 쉽게 解決되나 더욱 편리한 것은 排出汚染物質의 濃度를 실제적으로 濃縮시키는 結果가 되어 汚染物質을 除去하는 公害防止機器를 局所排氣施設에 設置하는 경우 그 除去效率이 대단히 增加되므로 大氣汚染問題의 解決에도 크게 도움이 된다. 이와같이 開放處理槽 作業에 가장 적절한 局所排氣施設의 設計設置에 關하여는 美國의 Code Z.9.1 for ventilation and operation of open surface Tank를 使用하면 된다. 이에 따르면, 크롬塗金槽에서 發生하는 酸 mist 및 가스를 捕集하기에 가장 效果的인 후드는 slot hood로 되어 있다. 이 slot hood가 제성능을 발휘하도록 하려면 slot 開口部와 프랜늄(plenum)에서의 捕集가스의 流速을 적당히 유지시킬 수 있느냐에 左右된다. slot에서의 流速은 slot 길이를 따라서 600 m/min의 速度가 必要하며 plenum에선 slot 速度의 절반 정도를 유지시켜야 한다.

(4) 大氣汚染防止機器

塗金槽의 大氣汚染防止機器는 局所排氣施設을 除外한 가스 흡수기 및 酸 mist 억제방법을 뜻한다.

① 가스吸收器(scrubber)

경크롬塗金槽에서 發生하는 가스(水素, 酸素, 酸 mist)를 除去하기 爲해선 各種 스크러버를 使用하고 있다. 이에 使用하는 스크러버는 크롬塗金槽 外에 他塗金槽에도 大氣汚染防止 裝置로 使用하면 매우 效果的이다. 크롬塗金槽에서 발생되는 가스를 局所排氣施設로 捕集하여 이를 撒水型 스크러버(spray scrubber)에서 처리토록 하였다. 이때 撒水 스크러버의 液가스 比는 16ℓ/m^3로 하며 撒水液을 再순환 할때는 處理가스 m^3당 5ℓ정도로 보충해 두면 좋다. 스크러버하여 얻은 처리액은 塗金槽의 보충액으로 使用하면 더욱 좋고, 앞서 說明하였듯이 크롬은 철 및 金屬을 매우 심하게 부식시키는 能力이 있으므로 局所排氣施設및 防止機器 duct 等은 부식에 견디는 材質의 物質을 使用치 않으면 안된다. 흔히 보이는 부식에 강한 材質은 스테인, pvc. 폴리에스텔과 glass Wool로된 FRP. 等이 매우 效果的이다. 撒水型 스크러버는 크롬 除去 效率이 매우 높다. 보통 스크러버의 크롬 除去 效率을 알기 위해선 백지를 크롬 Tank 또는 스크러버 출구에 대서 색이 나타나면 이는 排氣中 크롬이 함유됨을 뜻하며, 그렇지 않은 경우는 排氣中 크롬이 없음을 뜻하여 쉽게 관능적으로 스크러버의 크롬제거 效率을 알 수 있다.

② 크롬酸 mist 發生 억제법

塗金施設에서는 發生하는 가스가 酸 mist 發生의 原因이거나 또는 酸 자체가 휘발산인 경우가 問題가 된다. 여기서 다루고자 하는 酸mist 억제방법은 塗金液中에서 發生한 가스의 휘발력을 억제할 수 있는 方法에 對하여 생각해 보고자 한다. 勿論 강크롬塗金에서와 같이 電流密度가 强한 경우에는 이와같은 억제방법을 使用할 수 없으나 연크롬塗金이나 기타 가스發生率이 비교적 완만한 塗金施設에선 비교적 有效한 것으로 알려져 있다. 發生가스억제방법은 電解液內에 表面張力 조절제를 첨가하여 電解液의 表面張力을 減少시키는 것이다. 電解液의 表面張力을 줄이면 결과적으로 電解液內에 發生하는 가스(水素) 氣泡의 크기를 減少시킬 수 있다. 이렇게 發生가스 氣泡의 크기가 적어지면 電解液 內部로부터 電解液 表面을 向해서 상승하는 부력이 크게 減少할 뿐 아니라, 그들이 가지고 있는 電解液 表面 탈출력도 크게 減少되므로 酸 mist의 發生量도 크게 줄게 된다. <다음호에 계속>