

〈技術解説〉

장식용 전기도금 (Ⅱ) Decorative Electrodeposited Metallic Coating**

李 源 海* 역

亞鉛 및 카드뮴 도금

亞鉛 및 카드뮴은 주로 鍍素地層의 保護에 쓰이며 光澤鍍金層을 얻는데는 보통 靑化物電解液에서 鍍金한다. 다른浴도 使用할 수 있으나 最近까지 장식용 광택도금을 爲해서는 重要한 것이 못되었다. 그러나 靑化物溶液의 主缺點中의 하나는 流出液에 對한 問題이다. 廢液處理에 對한 規定이 더욱 엄격해짐에 따라 廢液處理에 더 많은 비용이 들게되었다. 따라서 特히 亞鉛에 對해서 非靑化物鍍金液의 開發에 關心을 모았다.⁵⁹⁻⁶⁶ 現在로서 카드뮴은 값이 비싸고 또 비교적 不足하므로 카드뮴은 원래 亞鉛鍍金層위에 改善을 할때만 쓰인다. 이때도 普通 鍍은층을 生成하는데 用인다. 카드뮴은 또한 어떤 應用에서는 利點을 갖는다. 이런것은 亞鉛 및 카드뮴의 電氣鍍金의 發展을 囑고한 報文에 若干의 예들이 실려있다. 電子系統의 應用에서는 카드뮴이 亞鉛보다 鍍질하기 쉽고 接觸抵抗이 낮으므로 카드뮴이 좋다. 세탁機具나 家庭用 세탁기의 付品은 카드뮴이 세계중의 알카리에 더 잘 견디므로 카드뮴으로 鍍金한다. 아연은 兩性이고 알카리성이 높아 pH 12 이상이 되면 쉽게 녹게된다. 여러환경에서 아연과 카드뮴의 부식저동은 나중에 論한다. 靑化物浴에서 鍍金하던 鍍素地層에 水素취성이 일어난다(素地層이 이現象에 민감하면). 그러나 이것은 鍍金후 熱處理로 除去할 수 있다. 이저리는 볼트와 같은 物體에는 꼭 필요하나 장식용머부분으로 도금한 軟鋼壓入物같은 좋은 機械의 性質을 喪하지 않는 鍍은斷面의 부분에는 필요치 않은 것이다. 若干의 非靑化物鍍金溶液은 靑化物용액보다 더 높은 陰極電流效率을 갖으며 鍍성도 더 심하다. 水素취성의 정도를 주리는 方法에 對한 研究가 行해졌다 Mee⁶⁶는 카드뮴鍍金浴에 超音波교란을 하면 在來式으로 鍍金했을 때보다 상당히 鍍성이 적어짐을 發見하였

다. Yanic와 Shreir⁶⁸는 水素吸收에 對한 溶液의 性質과 陰極反應物의 影響을 조사하였다. 鋼表面에 피막을 生成하게 하는 첨가제는 陰極分極時 水素吸收에 妨礙으로 作用한다.

카드뮴

카드뮴과 亞鉛은 이미 1849년에 電着에 對한 文獻이 있으나 처음 商業적으로 鍍金한 것은 約 50년 전이다. 첫 光澤 카드뮴 도금욕은 1925년에 도입되었으며 靑化物溶液+단백질⁷⁰을 함유한 靑性溶液으로 되어 있었다. 카드뮴의 靑化物욕에서 많은 添加劑가 光澤劑로서 제외되었다. 즉 솔폰화한 피마자油(Turky Red Oil), 방향族의 알데아이드와 닷셀 또는 코발트化合物같은 無機鹽등이 있다. 有機 및 金屬添加劑를 같이쓰면 보다 높은 電流密度를 鍍수 있으나 電流密度가 增加할수록 陰極電流效率은 減少한다. 光澤溶液의 代表的 處方과 操業條件을 Table 7에 表示했다. 靑化物鍍金液은 좋은 電着性을 갖으며 白色無光澤 外觀을 갖는 微粒의 도금층을 얻을수 있으므로 다른 電解液보다 좋으며 適當한 첨가제를 가하면 좋은 光澤의 장식용 外觀이 얻어진다. 카드뮴鍍金屬의 利用은 너무 비싸고 얻기 어려워서 널리 이용될것같지 않아 最近 몇년동안에 이에 對한 광범한 研究가 부진했다. 이는 亞鉛鍍金에 比해서 카드뮴鍍金에 對한 報文이 비교적 적은데서 알 수 있다.

Table 7. Bright Cadmium Cyanide Bath

Cadmium oxide	19-47g/l
Sodium cyanide	60-150g/l
Gelatin	0.1-0.5g/l
Nickel sulphate	0.2-0.8g/l
Temperature	20-40°C
Cathode current density	0.5-5A/dm ²
Anode: cathode ratio	2 : 1

* 한양대학교 금속공학과 교수

** J.K. Dennis, International Metallurgical Review, 1972

亞鉛
靑化物浴

靑化物一型 溶液으로부터 良質의 高速度 亞鉛鍍金을 하기 위해서는 金屬은 아연산소다 및 靑化亞鉛소다로 存在해야 한다. 이 두 成分사이의 正確한 比率은 모르지만 Hull과 Wernlund⁷¹는 亞鉛의 90%까지가 아연산의 형태로 存在할 수 있다고 지적하였다. 그러나 亞鉛浴은 亞鉛總靑化物 및 總水酸化物含量을 測定하여 비교적 쉽게 調節할 수 있다. Table 8에 光澤亞鉛浴液

Table 8. Basis Solution for Bright-Zinc Bath⁶⁷

Zinc as metal	5.4g/l
Total sodium cyanide	142g/l
Sodium hydroxide	150g/l
Ratio of total NaCN : Zn	2.7-3.1 : 1
Ratio of total NaOH : Zn	1.9-2.2 : 1

의 기초액으로 적당한 溶液의 處方を 引用하였다. 실제로는 NaCN : Zn比가 重要하다. 2.5 以下가 되면 電着狀態가 나빠지고 3 以上으로 높아지면 陰極電流效率과 光澤鍍金領域은 나쁜 영향을 받는다. 分明히 光澤性은 기초액에 넣은 특정한 첨가제에 의존하지만 NaOH : Zn 比가 特定 限界內 유지되지 못하면 外觀은 나빠진다. 近年에 도금욕에 直接 加한수 있는 液體 添加劑가 開發되었다. 이들은 더운물에 더러 녹여서 첨가하는 結果 調整하고 있다. 液體첨가제는 便利하고 경제적이며 넓은 光澤鍍金領域을 나타낸다. Hayashi와 Ishida⁷²는 亞鉛鍍金液에서 첨가제의 영향에 對한 一般의 考察에 對한 發表를 하였다.

자주쓰는 化合物로는 isaldehyde와 같은 방향족 알데하이드, 포티비닐 알콜, 아교, 제라친 및 황화 소다 등이 있다. 光澤鍍金은 溫度를 25-35°C (296-308K)內에 유지하면서 電流密度를 2.5-6A/dm² 사이에서 操業한다. 25°C 以下의 溫度에서는 陰極電流效率이 나빠진다. 한편 35°C 以上에서는 光澤度가 나빠진다. 지금의 경향은 더 높은 溫度에서 安定하고 35°C보다 좀더 높은 溫度에서 光澤있는 電着을 주는 光澤劑를 開發하는 것이다. 金屬不純物은 Ni+Cr 鍍金에서 有害한 것 치를 亞鉛鍍金의 外觀에도 相當적인 영향을 줄 수 있다. 鉛과 銅은 자주있는 不純物이고 특히 注意를 준다. 두 불순물은 光澤浴에서 無光澤 혹은 검은電着을 열게하고 光澤浴은 無光澤 아연도금욕에서 보다 불순물의 存在에 훨씬더 敏敏하다. 용액중의 金屬濃度를 最適濃度로 유지하기 위해서 보통 鋼線으로 된 광주리

Cage)속에 불형으로된 可溶亞鉛陽極을 넣어서 使用된다. 光澤도금욕에 對해서는 鉛오염의 可能性은 피하기 爲해서 高純度(99.99%)아연이 꼭 必要하다. 靑化아연욕에 일정한 간격으로 少量의 황화소다를 가하여 鉛을 황화물로 침전시킨다. 銅은 이 황화물처럼 제거되지 않으나 亞鉛末을 가하여 電氣化學적으로 2濃度를 나눌수있다. 이처럼은 또한 6價크롬을 無害한 3價狀態로 환원한다. 金屬不純物은 低電流密度로 折出除去하고 有機不純物은 活性炭에 吸着시키는 즉 Ni 도금욕은 淨화하는 標準方法은 亞鉛도금욕의 경우에도 역시 有效하다. 아연陽極은 靑化도금욕에서 化學적으로 溶解하고 아연결이 전사 광주리속에 드러있으면 갈바닉電池은 形成하여 아연의 용해는 촉진된다. 따라서 靑化浴이 열때는 陽極을 除去해 두어야 한다. 그러치 않으면 아연농도가 너무 커진다. Swalheim과 Mackey⁷³는 靑化亞鉛浴의 主成分의 濃度變化의 영향을 要約하였다. 따라서 도금 액組成은 特定한 應用에 適合하도록 擇해야 한다. 例를들면 高速度光澤鍍金과 barrel 도금은 좁 나은 용액을 贊한다. 一般적으로 靑化亞鉛의 高濃度욕은 光澤도금을 할 수 있는 넓은 전류밀도 범위를 갖이나 陰極電流效率은 낮다. 高濃도가성소다는 만족한 陰極효율을 주고 전기전도도와 陽極부식을 減소한다 光澤도금욕을 감소시킨다. 陰極效率을 增進하려는는 높은 아연濃도가 必要하다.

非靑化物浴

酸性황산연욕은 아연도금의 값싼방법을 제시하고 靑化物용액보다 若干의 다른 利點도 있다. 그것은 毒性이 적고 水素취성이 덜생기고 高電流密度를 使用할수 있고 가단추철로및 物體의 도금에는 이상적이다. 맥스트린, 포도당 혹은 그리세린과 같은 結晶粒微細化劑를 첨가할수 있지만 이용액에서 얻어지는 도금층은 靑化物욕에서의 것만큼 광택이 나지 않으며 電着性도 나쁘다.

빅로인산염⁶⁸, 弗硼酸鹽 및 아연산연욕도 使用되나 商業적으로는 다만 제한된 범위에서만 쓰인다. 光澤鍍金에 對해서 最近 몇년동안에 가장 관심을 모았던 것은 中性⁶⁹⁻⁷²과 酸性鹽化物浴의 개발이다. 이전에는 鹽化物浴의 主應用은 電着狀態는 重要하지 않고 高電流密度가 필요한 連續板(Strip)과 線類의 연속자동도금이였다. Table 9은 光澤도금층을 주며 여러가지 素地層에 도금할 수 있고 用途가 넓은 욕으로 Bellinger⁷⁴가 제시한 中性鹽化物溶液의 處方이다.

Table 9의 一般의인 處方기초를 든 특용용액을 제시 商業的操業에서 아주좋은 結果가 얻어진다는 적어도

두 報文^{60, 61}이 발표되었다.

Table 9. Neutral Zinc Chloride Bath⁶²

Zinc(as metal)	37g/l
Chloride(as chloride ion)	127g/l
Chelating agent	60g/l
Primary addition agent(by vol.)	1%
Secondary addition agent	1.25ml/l
pH	7.2
Current density	2to 9A/dm ²

작은 浸炭窒化한 締金貝類(fastner)을 도금하는 barrel에 對해서는 特히 成功의 임이 입증되었고 光澤亞鉛鍍金에 정상적으로 생기는 流出배액問題는 確實히 적어졌다. Saubestre와 共同연구자들은 酸化아연 용액에서 光澤鍍金層을 얻을수있으나 商業的으로 받아드릴 수 있는 광택도를 나타내는 鍍金液을 규정하기 위해서는 좀더 연구가 필요하다고 설명하고 있다. Indira, Vasantha 및 Doss⁷⁴들도 산성욕으로부터 光澤亞鉛鍍金을 얻는데 對해서 논의하였다. 非靑化物浴은 普通 金屬不純物에 對해서 靑化物浴보다 더 예민하다.

Cd 와 Zn 도금에 對한 도금후처리

크롬산염피복(Chromate conversion coating)

전기도금한 카드뮴과 아연도금층은 절소저층의 좋은 보호작용을 하나 광택도금의 剩點을 完全하게 하는데는 그다음 공정에서 도금층表面에 크롬산염피복 (conversion coating)을 生成시킨다. 이處理를 하지 않은 도금층은 濕한환경에서 곧 나빠지나 크롬산염의 不動態化處理는 "white"부식의 發生을 防止하고 밝은녹의 生成을 지연시킨다. 아연도금층에 크롬산염피복(conv. coating)은 6價 크롬化合物과 촉매로작용하는 어떤有機 혹은 無機化合物을 含有하는 酸性溶液속에 도금한 부품을 담그어서 生成케한다. Brimi와 Luck⁷⁵는 Table 10에 크롬鹽型溶液의 代表的인 處方を 引用했다.

Table 10. Typical Chromate Passivation Solution⁷⁵

Chromium trioxide	30g/l
Phosphoric acid	10ml/l
Hydrochloric acid	5ml/l
Nitric acid	5ml/l
Sulphuric acid	5ml/l
Immersion time	15-120s
Temperature	10-82°C

The Ministry of Aviation Process Specification,

DTD 923 A,⁷⁵의 "아연과 카드뮴 表面의 크롬酸鹽에 依한 不動態化處理"는 英國에선 잘 알려져 있다. 그러나 이런형의 용액은 黃녹 혹은 카기색 皮막을 生成하므로 내식성을 개선하는데만 供用된다. 光澤을 그대로 유지하게 하는 溶液에서 얻은皮막은 若干의 보호작용을 하나 더두터운 淡갈색의 皮막의 두께와 韌性能力的의 定性的인 表示가 된다. 크롬酸鹽 皮복층은 最大 두께가 約17μm의 非腐質 크롬酸-크롬의 겹로되어 있다. 그層은 건조될까지 軟하여 쉽게 손상된다. 아연층에는 다만 소량의 침해가 이어나지만 이반응은 皮복층의 형성에 主要한 역할을 한다. 不動態化處理前에 靑化物에서 얻은 아연도금층은 그것이 光澤도금層이라고 稱産속에서 酸洗하는 것이 완전한 보통 有利하다. 오늘날 도금용액은 도금했을때 광택도금층을 얻게 하지만 이處理는 "Spotling out"을 防止하는데 도움이되고 착색 오염과 손가락 자국이 생길 傾向을 감소시키며 光澤을 개선한다. 원래 그것은 不動態化하기 爲해서 그리고 Ni+Cr 도금에서처럼 광택끝맺임처리(bright finish)를 위한 皮막을 탈색하기 爲해 필요하였다. 지금은 약간의 화학원리작용도하는 自己脫色浸漬용액을 使用하여 單一操作으로 두면 皮막을 얻을수 있다. 우발적인 오염이나 금속광택제로부터오는 도금용층의 여러가지 금속이온의 存在는 부동태화처리후 만족스럽지 못한 外觀을 갖게하는 수가 있다. 예를들면 구리이온은 특히 낮은 電流密度에서 갈색과 黑色부리의 원인이 된다.

인산염화피복(Phosphate Conversion Coatings)

인산염 皮복은 主로 페인트 皮복의 부작력 改進黨을 목적으로 이용된다. 크롬酸鹽皮복도 同一한 目的에 쓰이며 어떤 경우에는 단지 이목적 만을 위해서 행한다. 磷酸鹽皮복은 磷酸亞鉛+질산이온과 特許되어 있는 첨가제로된 용액속에 아연도금한 물체를 담구어서 얻는다.

카드뮴과 아연 도금층의 耐식성

카드뮴은 海洋 및 오염된 濕한 분위기中에서는 鋼鐵에 對해서 아연보다 좋은 保護작용을 하지만 工場환경속에서는 그만대이다. 海洋분위기에서는 카드뮴과 아연은 모두 부식되어 鹽化合物을 生成하고 鹽化亞鉛은 鹽化카드뮴보다 約3배의 용해도를 갖이므로 카드뮴은 더 輕히 부식될 것이다. 農村이나 熱帶환경에서는 金屬炭酸鹽 혹은 水酸化물이 생기기 쉽고 카드뮴化合物이 더많은 保護皮막을 생성하므로 카드뮴이 素地層에 對한 더좋은 保護작용을 한다. 아연과 카드뮴의 密度와 化學當量을 고려한다면 카드뮴의 용해속도는

아연의 約 1.5배가 되기 때문에 높은 유황을 함유한工場분위기 속에서는 아연이 카드뮴보다 좋다. 실제로 Layton⁷⁷는 그係數가 約 2:1 임을 제시했다. 이는 溶劑外의 다른 부식기구가 관련됨을 表示한다. 이저자는 카드뮴과 아연이 銅鐵에 도금되었을때 腐蝕력이라고 생각하는 것은 위험하다고 지적했다. 그는 도금층에 기포가 發生하고 소지층이 노출될때까지는 도금층의 부식속도가 重要하다는 것을 強調하였다. 부식속도는 缺陥의 크기와 形態 및 기포속의 鹽의석출에도 영향을 받는다.

주석도금

주석은 酸性 및 알칼리성 도금液으로부터 電氣도금할 수 있는 금속의 한에이다. 알칼리성의 주석산염욕은 조절하기는 간단하나 광택도금층을 얻게하는 첨가제가 알려져 있지 않다. 따라서 모든 광택주석도금욕은 酸性電解質 보통 黃酸鹽을 쓰며 이욕에서 有效한 광택劑는 역시 때로는 弗硼酸鹽에서도 有效하다. 黃酸鹽浴에서 도금은 주석산염浴에서 보다 훨씬 빨리行할수있다. 왜냐하면 후자에 있어서도 주석은 4가狀態로 存在하는데 대해서 前者에서는 2가狀態로 存在하기 때문이다. 그위에 酸性黃酸浴의 경우에서는 陰極電流效率이 훨씬 크다(주석산염욕에서는 75%인데 여기서는 約 95%이나). 주석은 漆地層에 對해서 陰極이 되도록 따라서 주석도금층이 侵食되던 소지층의 부식이 이리날수 있으므로 주석은 銅鐵을 보호하는데 아연만큼 有效하지 못하다. 따라서 鐵소지층을 보호하려면 도금층에 기공이 없도록 도금해야 한다.

광택주석도금욕을 開發하기 爲한 試圖^{78,79} 일찌기 酸性黃酸浴液에 潤濕劑(wetting agent)로 分散시킨 木材탈과 같은 화합물을 첨가했다. 中性 木材탈은 組成이 多樣하므로 이첨가는 一定의 界限을 받았다. 즉 도금욕에 양금이 생기고 자주 도금욕의 再生이 필요했으며 주석도금층은 부식되기 쉬웠다. Clarke와 Brittori⁸⁰는 n-octyl 황산소다를 使用하여 알데하이드-아민 수지를 용액중에 分散시켜 使用하였다. 이化合物은 o-tolidine과 acetaldehyde를 反應시켜 만드렸으며 反應混合物를 도금욕에 가했지만 그중 다만 一部分이 광택劑로서 有效함이 밝혀졌다. Reisser⁸¹는 木材탈型 光澤劑開發을 추구했으며 組成의 不確實性에 對한 問題를 除去하기 爲해서 精製한탈을 정제하였다. 그도 용액중에 光澤劑를 分散시키는데 n-octyl 황산염을 使用하였다. (1960年代 中반에 프랑스에서는 Table 11의 處方의 욕을 商業的工程에 使用하여 이전의 이런型의 욕보다 상

당한 우수한 結果를 얻었다고 했다. 이도금욕은 若干의 levelling 能力 및 좋은 粘着성을 갖으며 쉽게 膜질할 수 있고 내식성이 있다. 이도금욕의 주석도금은 용융液沈積 대신 그리고 어떤 경우에는 카드뮴 혹은 光澤넛칠도금 대신 사용할수 있다고 한다. 若干의 알려진 應用을 引用하면 락티오솜, 수퍼카플, 부엌용품, 냉장고부속 닳트 볼트 및 鍍金구리의 도금을 들수 있다.

Table 11. Reisser's Bath for Bright Tin⁸¹

Stannous sulphate	100g/l
Sulphuric acid	100g/l
Brightening agent dispersed in sodium n-octyl sulphate	85ml/l

Table 12. Philips Formaldehyde Bright Tin

Stannous sulphate	40g/l
Sulphuric acid	100g/l
Formaldehyde 40%	40ml/l
Hostapal CV (non-ionic wetting agent)	5g/l
2-methyl-2, 3-dihydrobenzaldehyde	120mg/l

1967년에 Baeyens와 Krijl은 商業的규모로 조절할수 있다고 하는 다른 도금욕을 소개하였다. Table 12에 이욕의 組成을 引用하였다. 이욕은 적당한도금영역에서 좋은 光澤을 갖는 매우 순수한 주석 도금層을 生成한다. Vasantha와 共同연구자 는 Cetyl trimethyl부름화 암모늄을 첨가劑로 함유한 酸性黃酸浴을 기술하였다. 보통 酸性浴에서 첨가제의 存在는 一定狀態를 改善한다.

Wren Hobson⁸⁴는 電解할때 溶媒된 有機化合物의 방출때문에 광택주석도금으로부터 氣體發生을 경험했다. 그들은 酸性 황산염용액을 기초로해서 첨가제로 아 니된 염료인 Janus Green B와 하이드로 키논을 함유하는 도금욕을 개발하였다. 이욕은 광택도금층을 주지 못하나 도금후 膜질을 요하는 작은 부품의 Barrel 도금에 對해서는 이상적이다.

電解溶融鍍金(Electrolytic tinning)

이때까지 기술한 광택주석도금 공정은 도금될때 바로 광택도금층을 얻는 것이다. 그러나 이광택도금에 소비되는 주석은 電氣도금에 소비되는 총금속량의 다만 작은%에 불과하다. 주석의 가장큰 單一용도는 석판(tinplate)을 위한 것이다. 1942년경까지는 석판은 거의 全部 용융沈積法(hot dipping)로 生産하였으나 그 이후 電解공정이 점점 많이 쓰이게 되었고 지금은 도

금공정의 많은 利點⁸⁷때문에 거의 전부 도금공정으로 대체되었다. 연속판이 도금탱크로 드리오자 빨리 乾着이 이어나는 것이 중요하다. 一般的으로 산성욕이 使用되고 Table 13의 處方은 現在使用되는 대조적인 것이다. Dihydroxydiphenylsulphone⁸⁸은 이경우 첨가제의 恒例이다. 주석도금층은 도금되었을때 無光澤外觀을 갖이나 도금후에 곧 "flowmelting" 혹은 "flow-brightening" 작업을 행한다. 주석을 녹이기 爲하여 저항, 전도 혹은 유도가열(induction heating)이 利用된다. 다음에 급냉하여 빨리 응고시킨다. 이 一連의 作

Table 13. Stannous Sulphate Solution for Electrolytic Tinning⁸⁵

Sn ²⁺	30g/l
Sn ⁴⁺	<1g/l
Free acid (as H ₂ SO ₄)	20g/l
Fe ³⁺	4-8g/l
Addition agents	<10g/l
Temperature	40-50°C
Current density	30-35A/dm ²

業은 특성광택外觀을 갖는 錫板을 生産하고 氣孔性을 減少시키고 母金屬內 界面에 鍍一주석 合金層의 生成으로 皮부의 좋은 密着을 갖어온다. 장식용 무광택 끝맺임 處理는 거칠게한 鍍鐵表面에 도금하여 도금된 그 상태로 혹은 광택錫板을 만들때처럼 도금층을 용융하여 행한다.

貴金屬鍍金

金

商業的인 金鍍金은 約130년동안 行해져 왔다. Elkington은 1840년에 特許를 얻었다. 그러나 光澤金鍍金은 Rinker가 1952년에 도금液의 處方을 公開하기까지 소개되지 못하였다^{87,88}. 이溶液은 金屬光澤劑인 銀을 含有하고 있다. 光澤끝맺임 處理는 연마가 필요없고 도금한 그테로의 表面이 손가락 가죽에 민감하지안으므로 裝身具의 鍍金과 같은 장식용 目的이나 工業的 利用에 有益하다⁸⁹. Serota⁹⁰는 金鍍金에 對해서 최고였다. Lee⁹¹는 "어떤 金溶液을 使用할 것인가"하는 問題를 論했다. 使用되는 鍍金溶液은 알칼리性, 中性, 酸性으로 불리우는 3가지 범주로 나눌수 있다. 그러나 같은 범주에 속해도 다른 特許용액을 쓰면 도금층의 性質이 상당히 다른것이 언어 절수 있다. 1950년경 以前에 使用한 용액은 Ostrow와 Nobel⁹² (Table 14)가 引用한 一般의 處方으로 代表된다.

Table 14. Gold-Plating Solutions

(i) Alkaline Solution ⁹²	
Gold as soluble alkaligold cyanide	1-12g/l
Free alkali cyanide	2-30g/l
Alkali carbonate	Variable
Alkali phosphate	Optional
(ii) Acid Solution for the Production of Pure Gold Deposit ⁹³	
Diabasic ammonium citrate	25-50g/l
Sodium gold cyanide	15-30g/l
(iii) Acid Solution for the Production of Alloy Gold Deposit(a) [*]	
KAu(CN) ₂	8g/l
Organic acid-sodium salt	50g/l
Cobalt	0.75g/l

이런 類의 初期의 알칼리溶液은 장식용 目的으로 얇은 도금層을 얻는데는 적합하나 두꺼운 도금層을 필요로 하는 工業的 要求에는 적합치 않다. 그리고 粗잡한 도금層이 生成되고 溶液은 電着性이 좋지 않아서 두꺼운 鍍金層을 얻기 위해서는 鍍金을 주기 적으로 中斷하고 다른層을 鍍金하기前에 表面을 손로 磨거야 했다. 지금은 높은 電流密度(1A/dm²)로 作業할 수 있는 알칼리性 溶液이 있으며 대부분은 金屬 혹은 有機光澤劑를 含有하고 있다. 대개 교환을 必要로 하고 많은 鍍金을 爲해서는 때때로 주기의인 逆電流를 꼭 필요로 한다. 소의 中性욕은 보통 pH 범위가 約 5.5와 7.5사이에서 作業한다. 이溶液은 最新의 酸性浴만큼 널리 보급되었 진못하나 알칼리性용액에서 처럼 그 處方이 公表되어 있으며 어떤 범위의 性質을 갖는 金 혹은 金合金의 도 금을 할수 있다. 酸性浴은 푸린트回路工業의 要求를 충족키위해서 開發되었으나 지금은 모든 目的에 널리 利用되고 있다. 프린트回路板은 알칼리性溶液에 侵蝕된다. 靑化金荷里溶液이 pH 3.1에서도 安定하다는 것 을 發見함으로써 酸性浴의 도입이 可能하게 되었다. Volk^{89,92}는 일적이 約 pH 6.5의 용액 活用에對해서도 靑化水素의 發生에 依한 健康에 위험이 있을 것이라고 생각되었기 때문에 비평을 하였다. 酸性浴은 特別히 一定한 빛갈의 完全 광택도금層을 주는 合金鍍金에 成功 的이다. Wilson⁹⁴은 장식적 應用에 特別히 力點을 두어 鍍 金層의 調節과 特性에 對해서 論議하였으며, 그리고 酸性구연酸浴과 알칼리性浴의 거동을 比較하였다. 工業的 應用에 있어서는 合金鍍金層은 低기공성, 좋은내 식성, 만족한 電氣의 性質, 高硬度, 그리고 低파도 性등 우수한 性質을 갖는다. 장식구의 도금에서 도

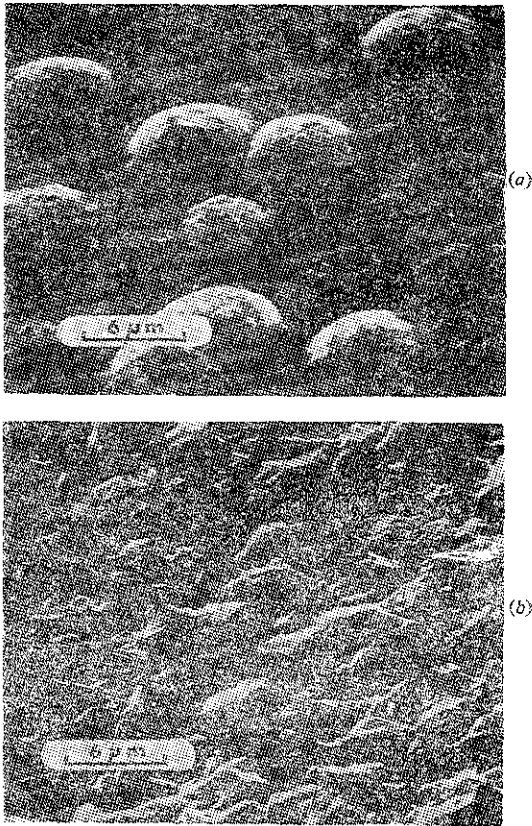


Fig 14. Scanning electron micrographs of acid gold deposits. (a) Plated from acid citrate bath containing no addition agent; pure deposit. Plating conditions: 50°C, 0.3 A/dm² (thickness 5 μm). (b) Plated from a commercial acid citrate bath containing cobalt; alloy deposit. Plating conditions: 20°C, 0.3 A/dm² (thickness 5 μm).

금원가를 주면에는 보통 비교적 많은 비율의 카드뮴을 함유하는 저카파트도금을 한다. 그만큼 硬도가 높은 도금층이 필요할때는 합금도금층에 다만 少量의 코발트나 니켈을 함유시킨다. 酸性浴 으로부터 純金도금층을 얻을수 있으며 이는 알카리性溶液에서 얻은 도금층과 性質이 다르다. 보통 前者는 特定한 부위에 對해서 硬도가 더 크고 기공성은 더적다. Fig. 14는 酸性浴 으로부터 얻은 合金과 純金鍍金層間의 表面形態의 差를 보여준 것이다. 金鍍金溶液은 金값이 비싸기 때문에 比較的 낮은 金屬含量을 갖으며 보통 不活性極을 사용하여 조업한다. 金屬濃度は 鹽을 첨가해서 유지한다. 광택도도금액은 많은 利點을 갖이나 대부분의 금

속의 경우처럼 더 정밀한 용액의 조결을 해야한다.

금도금의 가장 重要한 特色은 아마 빛갈의 高尚함에 있다. 그러나 도금층이 多孔性이면 어떤 경우에는 價値가 없어진다. 近年에 金鍍金에 關한 많은 研究는 多孔性의 정도를 控制하고 이를 감소시키는 方法을 연구하는데 功績있다⁹⁸⁻¹⁰⁰. 金鍍金은 소지金屬을 잘못마련해서 자주 실패하는 수가 있다. 銅, 황동 혹은 은에서는 이런 問題는 없으나 연마한 닳켄 및 Monel 혹은 스텐레스鋼과 같은 合金의 경우에는 鍍金하기 前에 酸부식과 鹽化니켈沒價가 필요하다. 그러나 새 酸性金溶液을 使用할때는 이치리는 必要치 않다. 새로 도금할 광택 닳켄은 25부피% 鹽酸에 담그어 活性化하던 정상적으로 그위에 金으로 鍍金할 수 있다. 金鍍金溶液은 레벨링 (levelling) 특성이 없으므로 닳켄의 優秀한 레벨링 및 광택을 나게하는 性質을 利用해서 광택니켄을 먼저 鍍金하여 자주 광택장식용판넬인 처리를 행한다.

Vrobel¹⁰¹은 超音波진동을 시키면서 광택靑化金浴에서 金鍍金을 했다. 이때 광택이 더있고 硬도도 더 크고 그리고 결동없이 鍍金한것과는 다른 구조를 갖인 도금층을 얻었다. 그외에 더 높은 電流密度를 쓸수있었다.

銀

銀鍍金の 發展은 거의 금과 병행해서 행해졌다. 1840년의 Elkington의 特許는 이 두金屬의 鍍金에 關한것이 있다⁹⁶. Elkington Plate란 用語는 高品質食卓用食器와 同意語가 되었으며 오늘날까지도 잘 알려져 있다. 銀은 金屬이 鑄造의 형태로 存在하는 溶液 즉 靑化 알카리와 靑化銀으로된 浴에서 鍍金한다. Table 15에 代表的인 處方을 表示하였다.

Table 15. Silver-Plating Solutions

	KCN Bath	NaCN Bath	High-Speed Bright Bath
Silver, g/l (metal)	30	30	40
Free KCN, g/l	40	—	100
K ₂ CO ₃ , g/l	60	—	70
KNO ₃ , g/l	—	—	100
Free NaCN, g/l	—	35	—
Na ₂ CO ₃ , g/l	—	40	—

오늘날의 銀鍍金溶液도 130년전에 첫特許에서 기술한것과 매우 유사하다. 광택劑를 함유 또는 함유하지 않는 다른 電解質溶液도 研究되었으나 별 성과를 거두지 못했다. 광택銀鍍금이 아마 鍍金溶液의 첨가제를

使用한 첫 예이며 이미 1847년에 광택제로서 삼황화탄소의 영향을 관측했다¹⁰². 1950년경까지는 다른 광택액 금속의開發은 무시된다. 金鍍金에서 논의된 것과 비슷한 이유로 그 이후 關心을 갖게 되고 Xanthogenates¹⁰³, Turkey Red Oil, Rhodamine Red, 지오황산鹽¹⁰⁴과 안지몬 및 蒜鉛化合物¹⁰⁵과 같은 많은 첨가제의 利用이 文獻에 발표되었다. 金鍍金液과 같이 銀鍍金液은 레벨링特性이 없으므로 鍍金전에 보통연마를 전혀 안할수는 없다. 광택욕은 무광택욕보다 다른 利點이 있다. 더 높은 電流密度(2A/dm²)를 쓸수있고 두꺼운 鍍金層으로도 鍍金할수 있으며 무광택鍍金溶液에서의 鍍金層보다 경도도 더크다. 물행히 硬度的增加는 耐摩耗性의增加를 보장하지 않는다. 硬質鍍金層은 使用에 있어서 軟質보다 뛰어나게 우수하다고는 立證되지 못했다. 最近 4,5年間에 銀鍍金을 主題로한 報文數는 金鍍金에 對한 것보다 훨씬 적다. 金屬이온 濃度を 유지하는 데는 보통 可溶性 銀陽極을 使用한다. 少量의 어떤 金屬不純物은 黑色의 鍍金層을 生成케하는 原因이되므로 高純度銀을 使用해야 한다. 陽極과 陰極의 電流效率은 모다 거의 100%이다. 작은 部品の 金과 銀의 鍍金은 barrel 도금을 행한다. Fig 15는 水平 Barrel을 使用하는 代表的인 裝置이다.

도금후 處理

장식용 및 電氣用目的으로 電氣鍍金한 銀鍍金層에 관련된 主問題는 그것이 황을 함유한 분위기속에 노출될 때 광택 表面이 검게 흐려지는 것이다. 보호 피복은 食卓用金屬物과 電氣接觸物과 같은 大部分의 경우에 소용이 없으며 다른 경우에도 거의 모든 형태의 피복은 매우 빨리 除去된다. 따라서 大部分의 表面보호처리는 다만 一時的일 뿐이다. 투명한 락카가 使用되나 일상의 세척에 견디지 못한다. 그래서 스토빙(stoving) 락카가 導入되었다. 이것은 좀더 항구적이긴하나 加熱하면 광택銀外觀을 손상시키는 黃色 着色의 원인이 된다. 에폭시(Epoxy)피복은 時間이 지나도 黃色으로 변하지 않으며 내마모성이 더 좋다고하여 에폭시 피복도 역시 시도되었다. 그러나 아직 계속적인 改良에도 不拘하고 實로 만족할만한 투명 피복은 없다. 銀表面에 保護피막을 生成시키기 爲하여 不動態化處理가 開發되었으나 역시 아주 부서지기 쉽고 쉽게 除去된다.

代表的인 工程은 45g/l의 重크롬酸加里 및 15g/l 질산소다로된 溶液中에서 3V의 電壓으로 25°C(298K)에서 1-5分間 陰極處理를 한다. 不動態化處理 후 역시 락카를 使用하던¹⁰⁶ 改善된 成果가 얻어진다. 보호작용을 마련하는 수단으로 여러가지 얇은 金屬 鍍金層을 연구하였으나 그중 다만 로듐과白金만이 의의가 있었으며 前者가 더 有效하였다. 一時的 保護작용은 지오有機化合物도 나타낸다. 이化合物은 얇은 투명表面피막을 形成하는 결과이고 자주 特許 銀光澤劑속에 含되어 있다.

白金族金屬

白金族은 白金, 로듐, 파듐, 루테튬, 이리듐 및 오스뮴의 6元素로 되어있다. 장식용 電氣鍍金에 關한 限 商業的으로 의의가 있는 유일한 金屬은 로듐(이族의 名稱을 나타내는 白金이 아니고)이라 로듐도금層은 희고 단단하고 내식성이 있다. 反而 白金은 훨씬 灰色 빛이 진하고 덜 매력적인 빛을 갖으며 로듐보다 연하다 白金族도 電氣鍍金이 可能하나 로듐鍍金溶液의 開發에 大部分의 關心이 集中되고 있다. 그러나 白金의 電着은 白金化 티탄의 製造에 있어서 티탄위에 鍍金하는 것과 같은 약간의 應用이 있다. Keitel과 Zschigner¹⁰⁷은 매우 얇은 鍍金層을 얻을 수 있는 浴의 處方(Table 16)을 발표하였으며 주기적인 道電流를 쓰면 더 좋은 鍍金層이 얻어졌을 그후에 發見하였다. Laist^{er}¹⁰⁸는 一定한 注意만 지킨다면 Powell과 Scott浴(Table 17)

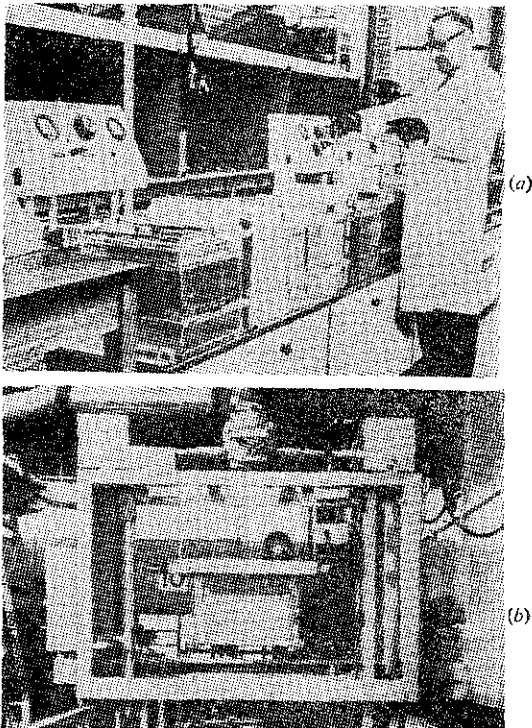


Fig 15. (a) and (b) Barrels for plating small components

Table 16. Bath for Deposition of Platinum⁵⁰⁷

Platinum diamminonitrite	16.5 g/l
Ammonium nitrate	100 g/l
Sodium nitrite	10g/l
Ammonium hydroxide(28%)	50ml/l

Table 17. Powell and Scott Bath for Deposition of Platinum²⁰³

	g/l
Sodium platinate	20
Sodium hydroxide	5.6
Sodium oxalate	5.6
Sodium sulphate	33.7

Table 18. Rhodium-Plating Solutions*

(i) Rhodium(as sulphate)	2.5g/l
Sulphuric acid	up to 40ml/l
Temperature	room temperature
Current density	0.3-0.5 A/dm ²
(ii) Rhodium(as phosphate)	2g/l
Phosphoric acid	up to 40ml/l
Temperature	room temperature
Current density	0.3-0.5 A/dm ²

*Bibioraphy ref. (a)

이 가장 좋은 것이라고 하였다. 陰極電流效率는 거의 100%이고 鍍金層은 단단하고 두께를 25μm까지 도금할수 있었다. 最近 Indira²⁰³는 光澤白金도금을 爲한 첨가제의 사용에 對해서 기술하였다.

많은 장식용 도금도금은 대부분 황산염이나 燐酸鹽浴에서 도금한다. 그 代表的인 組成은 Table 18에 기재하였다. 두꺼운 도금에 적합한 浴도 開發되었다. 이욕들은 더 높은 농도의 金屬과 酸을 含有한다. 광택도금욕은 좋은 빛갈의 光澤도금층을 生成한다. 즉 電着狀態가 좋으며 그리고 조연하기가 簡單하다. 따라서 이 도금도금욕들은 복잡한 形態의 장식구품 도금하는데 理想的이다. 白金族金屬은 비싸기 때문에 可能하리만큼 적은 도금층이 利用된다. 銀表面이 흐려지는 것은 防止하기 爲해서 로판도금을 할때는 理想的으로는 鍍도금후 가능한한 빨리 로판도금을 해야한다.

白金族金屬은 기대하는만큼 전기도금하는것이 쉽지 않다. 그들은 쉽게 安定한 錯鹽을 生成한다. 그래서 金屬들면 그들의金屬의 알카리 膏化物의 水溶液에서는 도금되지 않는다. 鹽化白金酸과같은 다른化合物들은 可水分解되어 도금용액으로는 부적당하다. 다른 빛 白

金屬族金屬은 도금에 있어서 거의 商業的 的의가 없으나 계속해서 開發을하고있다. 近年에 Stevens¹¹⁰은 靚연성 있는 약탈성의 도금을 爲해서 4 아민 부론화 제일파라류 (Tetramine palladous bromide)을 기초로한 욕을 기술하였다. 그리고 루테튬¹¹¹와 이리듐¹¹²의 도금에 관한 정보도 발표하였다. Scrota¹¹³는 1966년에 白金族金屬의 電氣도금에 對해서 회고 했다.

습습도금

습습도금의 영역에 對한 考察은 Brenner가 각각이 約 700페이지의 두권으로된 “습습의 電氣도금¹¹⁴”이란 제목의 典을 發行했다는 사실로 알 수 있다. 가장 보편적인 20個 元素만 고려에 넣더라도 190가지의 二金屬結合이 可能하다는 것은 역시 알아야하고 만약 三元 및 四元系까지 포함시키면 그 數字는 훨씬 커질은 明白하다. 그러나 장식용도금에의 應用이 闊한다면 두세個의 습습단이 많은 商業的인 的의를 갖는다. 습습도금용액은 훨씬 복잡해서 조절과 조연에 많은 問題가 있으므로 單一金屬보다 明白한 性質서 改善을 가져오는 메달이 습습도금이 的의가 있다. 그래서 불가피하게 습습도금은 比較的 값이 비싸게 친다. 습습도금층의 母金屬보다 光澤이 더나고, 더 靚靚하고 더 靚靚가 크고 더 靚靚하며 그리고 더 내식성이 좋은 것이 일어난다. 電氣도금한 습습은 정상으로는 도금溫度에서는 평형狀態圖에서 安定한 狀態의 相相造를 갖는다. 그러나 약간의 例外도 있다. 아마 가장 잘 알려진 것은 NiSn 組成을 갖는 準安定狀態의 單一相의 니켈錫合金의 生成이다. 이 金屬間化合物은 二元系 平衡狀態圖에는 나타나지 않는다. 전해질용액에서 金屬들의 同時沈沈이 이리나기 爲해서는 金屬들의 個個의 沈沈電壓이 거의 같아지도록 조절해야 한다. 이것은 보통 陰極과陽極에 電着하고 陽이온의 活沈을 靚우하는 錯이온 生成으로 靚靚한다. 이런 조건하에서는 실제沈沈電位은 標準電位E°와 關係가 없게 된다. 만약 두金屬의 E° 값에 큰差가 있으면 單純鹽溶液으로부터 습습도금층을 얻을수는 없을 것이다. 아연과 동은 이런 경우의 한例가 된다. 즉 아연의 E°=-0.76V이고 동의 E°=+0.34V이다. 일정한 빛갈, 靚靚 그리고 靚靚을 갖는 습습도금층을 얻는것은 특히 어렵다. 이런 性質들은 모든 도금 條件(靚數)의 變化에 影響을 받기 때문이다 主要한 影響은 要約할 수 있으나 어느 한 要因도 도금층조성 혹은 물리적성질에 精確히 독립적靚靚을 미치지 않는다. 도금층속에 더 귀한 금속의 比率(이것은 使用되는 靚靚용액에 있어서 電氣的 靚靚度 關係된다)은 靚靚정도 靚靚增加 및 電流密度의 減少등으로서 보

통 올릴수 있다. 따라서 복잡한 모양의 물체를 도금할 때는 電流密度가 表面部位에 따라 다르므로 어려운 問題가 생길것이 明白하다. 보통 合金도금용액의 pH를 變化시키면 合金도금층서 物理的性質의 變化를 갖어온다. 合金도금욕에 있어서 바른 金屬이온 濃度로 유지하는것은 單一 金屬의 경우에서 보다 역시 더 어렵다. 陽極은 도금층과 同一組成의 可溶性合金이나 個個金屬을 可溶陽極으로 쓸 수 있으며 혹은 不溶性陽極을 쓸 수도 있다. 이 경우에는 金屬鹽을 도금욕에 加해야 한다. 그외에 또한 可溶性과 不溶(活)性陽極을 함께 쓸 수도 있다.

黃銅

황동은 電氣도금한 형태로는 처음 얻은 合金이다 이것은 1841년의 일이다. 황동도금은 다른 용액도 있지만 거이 전부가 靑化物용액에서 얻어진다. 황동도금층의 溶積량은 보통 70-80% 범위內에 있다. 전기도금한 황동의 빛갈은 同一組成의 同體 황동과 같지 않다. 황동장식도금의 主用途는 飾나사, 문잡이 鑄鋼 및 렌드 맥 틀과 같은 값싼 築地를 도금해서 國庫金屬으로 만든 것처럼 보이게 하는 것이라¹¹⁵. 많은 경우에 광택은 투명락카를 써서 보존한다. 代表的인 황동도금용액의 處方을 Table 19¹¹⁶에 表示했다. 황동도금층은 全연

Table 19. Brass-Plating Solution¹¹⁶

copper cyanide	52.5g/l
Zinc cyanide	30g/l
Cu : Zn ratio	2.3
Tosai sodium cyanide	90g/l
Free sodium cyanide	7.5g/l
Sodium carbonate	30g/l
Ammonium hydroxide	5.3-13g/l
pH	10.3-10.7
Copper in anodes	70%
Temperature	43-56°C
Current density	0.5-3.8 A/dm ²

사이 작아져 보통 얇게 도금하고 두께가 5μm 이상으로 는 하지 않는다. 특허문헌에는 여러가지 有機첨가제가 빛갈을 安定하게 하고 광택있는 平滑한 도금층을 얻기 위하여 引用되어 있다. 光澤끝맺임처리 광택니켈도금층위에 無광택욕에서 아주 얇은 황동층을 도금하여 행 할 수도 있다.

니켈不足時에 니켈代用品으로 "white brass"¹¹⁷ (85% Zn, 15Cu)을 使用에 약간의 關心이 표시되었다. 그러나 크롬릴에 下地도금으로서 使用에 關係서는 잇갈리

는 意見들이 있다¹¹⁸⁻¹²⁰. 만약 두께가 8μm 이상이면 금 이가기 쉽다. 락카를 使用하면 보통의 경우에는 充分하며 파이프式家具, 工具 및 車의 內裝用品과 같은 物體의 도금에는 쓸수 있다.

靑銅

銅錫合金은 全組成領域에서 도금할수 있으나 다만 두 合金이 重要하다. 그하나는 銅含量이 른것 (10-15% Sn)¹²¹과 다른 하나는 約 45%의 錫을 含有하는 "Spec-nium"¹²²⁻¹²⁴라고 부르는 것이다. 靑銅도금은 내식성이 좋고 그리고 室內用鐵器物의 도금과 같은 장식적 目的으로 圓體靑銅과 類似한 外觀을 얻는데 利用된다. 다른 應用으로는 크롬릴에 光澤니켈의 代用品으로도 쓴다. 銅보다 좋은 保護作用을 하나 값이 비싸다.

Table 20. Tin-Nickel Plating Solution

Stannous chloride	50g/l
Nickel chloride	300g/l
Sodium fluoride	28g/l
Ammonium fluoride	35g/l
Temperature	65°C
Current density	2-4 A/dm ²

錫-니켈

錫-니켈合金은 鹽化物和 불화물의 混合電解質욕으로부터 電着시킬 수 있으며 도금층의 組成은 도금條件 (plating parameter)의 變化에 比較的의 민감하지 않다. 도금욕이 바른 組成을 갖이면 광택도금층이 얻어진다. Table 20에 代表的인 處方을 表示했다. 이合金은 公裝분위기와 많은 다른 환경에서 좋은 내식성을 갖는다. 도금욕은 만족한 전착성을 갖으며 電流密度는 4A/dm²까지 使用할 수 있다.

其他合金도금

경우에 따라 裝飾용 목적으로 쓰이는 合金의 數는 너무 많아 기재할수 없으나 예를들면 錫-亞鉛, 銅-錫-카드뮴, 카드뮴-銅 및 銅-錫-亞鉛 등이 있다. 이報文에서 이미 앞에서 言及된 많은 도금은 실제로는 合金으로 分類되야 되겠으나 다른項에 두는것이 더 適切하다 크롬릴을 含有하는 溶液에서 도금하는 (低카라트) 合金도금과 光澤니켈도금은 이러한 合金 도금의 例이다.

光澤 電氣鍍金의 比較原價

장식용 金屬電氣도금은 너무 廣범하게 應用됨으로

Table 21. Comparative Costs of Bright Electrodeposited Metallic Coatings

Coating Metal	Typical Substrates	Typical Applications	Typical Cathode Current Efficiencies, %	Cost of Metal, p/g	Per 1000 Ampere Hours			Cost per m ² at Coating Thickness of a ₀ /m			
					Weight of Metal Deposited, g	Cost of This Weight of Metal, £	Arc Coated at Deposit Thickness of 10 ₀ /m, m ²	Typical Cost of Brighteners, p	Metal, p	Brighteners, p	Total of Metal + Brighteners, p
Cadmium	Steel Brass	Nuts, bolts, screws, electronics equipment, washing-machine parts	85	0.22	1785	3.92	20.7	8-13	19	0.4-0.6	19.4-19.6
Copper (cyanide) Copper (acid)	Steel, Zinc alloy, ABS plastics	Undercoat for nickel; fancy goods when lacquered	90 100	0.058	2115 1175	1.23 0.68	23.9 13.4	8-23 20-30	5.2 5.1	0.35-1 0.9-1.3	5.55-6.2 6.0-6.4
Gold (neutral) Gold (acid)	Copper, brass, bright nickel, silver, nickel alloys	Jewellery, electrical equipment, printed circuits	85 30	65	6240 2200	4060 1435	32.3 11.4	*	12600 12600	*	12600 12600
Nickel	Steel, copper, zinc alloy, aluminium	Consumer goods, decorative trim on cars, camera components	98	0.16 (anodes) 0.13 (primary) Ni	1070	1.69 1.39	12.1	18-28	14 11.5	1.5-2.3	15.5-16.3 13-13.8
Rhodium	Copper alloys, silver	As a top coat on silver-plated jewellery, &c.	75	425	1440	6120	11.6	0†	52800	0†	52800
Silver	Copper alloys, nickel silver	Jewellery, tableware, cutlery, electrical components	100	2.40	4020	96.5	38.4	180	252	4.7	257
Tin (acid)	Steel	Tinplate, chassis for electrical equipment, kitchen equipment, jewellery	100	0.17	2210	3.70	30.4	50-70	12.2	1.7-2.3	13.9-14.5
Zinc	Steel	Nuts, bolts, screws, springs, electrical components	85	0.019	1045	0.20	14.7	5-15	1.36	0.35-1	1.7-2.4

* Cost of brighteners included in the cost of gold salts used to maintain the metal-ion in solution.

† Brighteners not used.

어떤 物體에 어떤 도금을 할때의 原價를 推定할 수 있는 簡單한 情報를 마련하는 것은 불가능하다. 그러나 Table 21 은 大部分의 광택도금욕으로 부터 10 μ m 두께의 도금층을 얻는데 要하는 金屬과 光澤劑의 대략의 原價를 表示하였다. 電氣도금의 총비용은 인건비, 도금시설의 형태, 작업형태(同一한 것을 반복 혹은 반복 않느냐) 그리고 경영총경비와 같은 많은 다른 要因에도 의존됨을 강조해야 한다. 比較를 目的으로 10 μ m의 도금층 두께를 택했으나 이같은 기계한 모든 金屬에 對한 代表的인 값은 아니다. 예를들면 옥의 노출물에 對한 크롬상층도금을 할 닳켈도금층은 보통 약 30~40 μ m 두께이고 반면 貴金屬도금층은 정상적으로는 매우 얇다. 따라서 Table 21 에 정보를 여러金屬의 代表的인 두께의 도금원가를 계산하는데 使用할때는 이런것을 고려에 넣어야 한다. 크롬은 장식용목적으로는 닳켈도금층위에 다만 0.25~1.5 μ m 두께로 도금함으로써 이층에는 크롬은 닳다. 도금된 金屬의 값은 적고 크롬도금욕에서는 광택제를 使用하지 않으므로 도금의 總原價中 이부분은 상당히 적을 것이다. 그러나 크롬은 대부분의 다른 金屬보다 特別히 균열없는 (crackfree) 혹은 미세균열된 형태 (microcracked form)로 도금할 때는 높은 電流密度로 도금한다. 그래서 이것은 정류기와 같은 시설에 많은 資本투자를 갖어온다. 크롬은 또 도금할때 음극전류효율이 낮다. 따라서 크롬도금층은 닳켈+크롬도금의 總原價中 상당한 比率를 차지하게 된다.

Table 21 에 기계한 도금에 대한 代表的인 應用은 만족스러운 效果를 얻는데 여러가지 금속으로 도금할 수 있는 부품의 예들의 說明이다. 도금의 선택은 美的 몇 경제적인 問題에 의존된다. 어떤 특정 도금의 수명은 그것이 노출되는 분위기의 정도에 좌우되고 예를들면 이는 英國規格(BS) 1224 : 1970의 "니켈과 크롬전기도금에 對한 明細"²⁷속에 규정한 도금의 두께와 鹽을 고려에 넣어야 한다. 마찬가지로 다른 明細에 表示된 도금두께도 그 특정도금이 그환경속에서 실제수명을 갖도록 定한다.

참 고 문 헌

57. E. B. Atkinson, P. R. Brooks, Brooks, T. D. Lewis, R. R. Smith, and K. A. White, *Trans. J. Plastics Inst.*, 1967, **35**, 549.
58. T. E. Such and A. Wyszynski, *Plating*, 1965, **52**, 1027.
59. E. B. Saubestre, J. Hajdu, and J. Zehnder, *ibid.*, 1969, **56**, 691.
60. M. Perry, *ibid.*, p. 21.
61. M. Perry, *ibid.*, p. 893.
62. K. P. Bellinger, *ibid.*, p. 1135.
63. L. Domnikov, *Metal Finishing*, 1969, **67**, (5), 70.
64. L. Domnikov, *ibid.*, 1969, **67** (11), 62.
65. I. A. Menzies, P. J. Moreland, and S. R. Oulsnam, *Trans. Inst. Metal Finishing*, 1967, **45**, 181.
66. I. A. Menzies and B. S. White, *ibid.*, 1968, **46**, 65.
67. T. E. Such, *Electroplating*, 1961, **14**, 79, 115.
68. J. W. Mee, *Trans. Inst. Metal Finishing* 1963, **40**, 242.
69. A. E. Yaniv and L. L. Shreir, *ibid.*, 1966, **44**, 198.
70. C. H. Humphries, US Patents Nos. 1536 858-9 (1025).
71. R. O. Hull and C. J. Wernlund, *Trans. Electrochem. Soc.*, 1941, **80**, 407.
72. T. Hayashi and T. Ishida, *Metal Finishing*, 1961, **59** (11), 61.
73. D. A. Swalheim and R. W. Mackey, Modckey, 'Modern Electroplating (edited by F. A. Lowenheim)', p.418. 1963: New York and London (John Wiley).
74. K. S. Indira, K. Vasantha, and K. S. G. Doss, *Metal Finishing*, 1969, **67**, (1), 71; (2), 52.
75. M. A. Brimi and J. R. Luck, 'Electrofinishing' 1965: New York, (Elsevier).
76. 'Chromate Passivation of Zinc and Cadmium Surfaces', Ministry of Aviation Process Specification DTD 923A, 1958: London (HMSO).
77. D. N. Layton, *Trans. Inst. Metal Finishing*, 1965, **43**, 153.
78. A. M. Harper, A. Mohan, and S. C. Britton, *ibid.*, 1957, **34**, 273.
79. C. A. Discher and F. C. Mathers, *J. Electrochem. Soc.*, 1955, **102**, 387.
80. M. Clarke and S. C. Britton, *Trans. Inst. Metal Finishing*, 1962, **39**, 5.
81. R. Reisser, *ibid.*, 1964, **42**, 146.
82. P. Baeyens and G. Krijl, *ibid.*, 1967, **45**, 115.
83. K. Vasantha, K. S. Indira, and K. S. G. Doss

Metal Finishing, 1969, **67**, (3), 46.

84. H.K.Wren and W.T. Hobson, *ibid.*, 1969, **67**, (11), 52.

85. W. E. Hoare, E. S. Hedges, and B. T. K. Barry, 'The Technology of Tinplate'. 1965: London (Edward Arnold).

86. G. Elkington and H. Elkington, Brit. Patent No. 8447(1840).

87. E. C. Rinker, *Proc. Amer. Electroplaters' Soc.*, 1959, **40**, 19.

88. E. C. Rinker, *Plating*, 1953, **40**, 861.

89. D. G. Foulke, *Metal Finishing*, 1969, **67**, (4), 50.

90. L. Serota, *ibid.*, 1966, **64**, (6), 114.

91. W. T. Lee, *Electroplating*, 1965, **18**, 40.

92. B. D. Ostrow and F. I. Nobel, *Proc. Amer. Electroplaters, Soc.*, 1960, **47**, 68.

93. F. Volk, US Patent No. 2 812 229.

94. R. Wilson, *Trans. Inst. Metal Finishing*, 1969, **47**, 42

95. R. A. Ehrhardt, *Proc. Amer. Electroplaters' Soc.*, 1960, **47**, 78.

96. K. G. Ashurst and R. W. Neal, *Trans. Inst. Metal Finishing*, 1967, **46**, 75.

97. J. M. Leeds and M. Clarke, *ibid.*, 1969, **47**, 163.

98. J. M. Leeds, *ibid.*, p. 222.

99. M. Clarke and J. M. Leeds, *ibid.*, 1968 **46**, 81.

100. M. Clarke and J. M. Leeds, *ibid.*, p. 1.

101. L. Vrobel, *ibid.*, 1966, **44**, 161.

102. M. Lyons and W. Millward, Brit. Patent No. 11 632(1847).

103. H. E. Hutchinson, *J. Electrodepositors' Tech. Soc.*, 1950, **25**, 189.

104. L. C. Pan, *Trans. Electrochem. Soc.*, 1931, **59**, 329.

105. W. Metzger, *Metalloberfläche*, 1959, **13**, 92.

106. W. Goldie, *Electroplating*, 1963, **16**, 336; 1964, **17**, 13.

107. W. Keitel and H. E. Zechiegner, *Trans. Electrochem. Soc.*, 1953, **59**, 273.

108. E. H. Laister, *Metal Ind.*, 1954, **86**, 427, 469.

109. K. S. Indira, *Metal Finishing*, 1969, **67**, (5), 44.

110. J. M. Stevens, *Trans. Inst. Metal Finishing*, 1968, **46**, 26.

111. H. C. Angus, *ibid.*, 1965, **43**, 135.

112. C. J. Tyrell, *ibid.*, p. 161.

113. L. Serota, *Metal Finishing*, 1967, **66**, (1), 92; 1967, **65**, (2), 66.

114. A. Brenner, 'Electrodeposition of Alloys'. 1963: New York and London (Academic Press).

115. R. Pinner, 'Copper and Copper Alloy Plating', 2nd edn. 1964: London (Copper Development Assoc.).

116. A. K. Graham, *Plating*, 1949, **36**, 1120.

117. Brit. Patent No. 793 877(1958).

118. W. B. Knight, *Metal Progress*, 1956, **61**, (3), 61.

119. W. B. Knight, *Metal Finishing*, 1952, **50**, (5), 67.

120. R. B. Saltonstall, *Proc. Amer. Electroplaters' Soc.*, 1952, **39**, 167.

121. F. A. Lowenheim, *Metal Finishing*, 1955, **53**, (7), 51.

122. R. M. Angles, F. V. Jones, J. W. Price, and J. W. Cuthbertson, *J. Electrodepositors' Tech. Soc.*, 1945-46, **21**, 19.

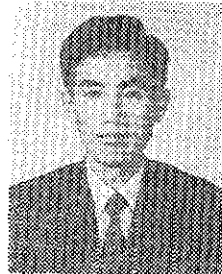
123. W. H. Safraneh and C. L. Faust, *Proc. Amer. Electroplaters Soc.*, 1954, **41**, 208.

124. W. H. Safraneh and C. L. Faust, *Plating* 1954, **41**, 1159, 1169.

125. J. W. Cuthbertson, N. Parkinson, and H. P. Rooksby, *J. Electrochem. Soc.* 1953, **100**, 107

126. H. E. Haring and W. P. Barrows, *US Bur. Stand. Tech. Paper* (346), p. 413, 1927.

저 자 소 개



저자는 현재 한양대학교 공과대학 금속공학과 교수이다. 1956년 서울대학교 화학과를 졸업한 후, 1958년에 동 대학원에 석사학위, 1973년 한양대학교에서 박사학위를 취득하였다. 서울대학교 강사(56~61), KIST의 전신인 금속연료공학연구소(62~64) 등을 거쳐 현재에 이르기까지 다수의 연구 논문이 있다.

현재 한국금속표면공학회 감사.