<技術講演>

鍍金의 品質向上에 對한 技術管理方法*

青谷薫**

도금품질의 향상에 대해서는 우선 작업의 단순화, 표준화, 전문화 및 작업속도의 규제화에 대한것을 중심으로한 공정관리가 중요한 문제로서, 품질보증 활동의 기본으로서 도금품질의 균질화가 행하여지는 것이다. 그러나 또한 도금제품이 시장요구에 맞는 기능성, 가격차에 대응하기 위해서는 공정관리에 있어서의 기술관리가 필요로 되며 기술관리가 커다란 역활을 나타내고 있는 것이 최근의 추세로 되어있다.

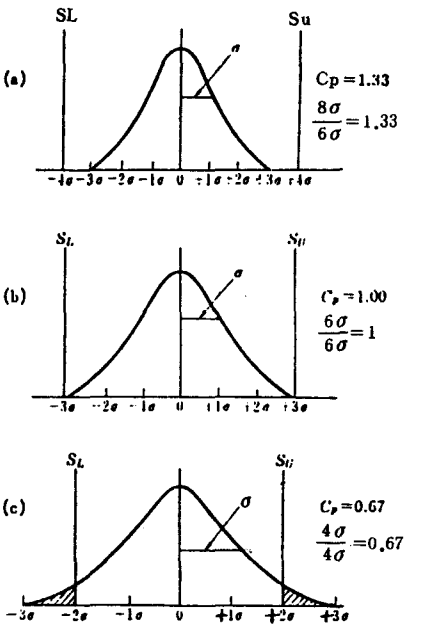
본 세미나의 목적으로서 주로 니켈, 크롬도금에 관해 도금품질의 균질화, 도금두께의 균질화, 내식성 향상의 문제가 대상으로 되어있음으로 우선 일반적으로 품질보증을 중심으로한 공정관리의 실제를 기술하고 나아가서 상기의 문제에 관련된 개개의 기술관리에 관해서 기술하고저 한다.

1. 공정관리의 실제

(1) 공정능력 향상의 추진방법

공정능력이란 장치나 생산공정이 규격에서 요구하는 품질의 것을 만들수 있는 능력이 있느냐 없느냐 또한 우수한 품질의 것을 만들기에 충분한가 그렇지 못한가를 나타내는 척도라고 말할 수 있다. 그러므로 공정능력은 롯트의 품질분포 상황을 나타내는 標準偏差(σ)를 품질 규격치로 부터 工程能力指數(Cp)를 定量的으로 구해서 판정할 수가 있다.(그림 1 참조)

$$\text{工程能力指數 (Cp)} = \frac{\text{規格上部限界 (Su)} - \text{規格下部限界 (SL)}}{6\sigma\ (\text{標準偏差})}$$



(a) 安定狀態

(b) 警戒狀態

(c) 不良狀態

그림 1 로트의 工程能力判定法

앞의 數式에서 구한 공정능력지수(Cp)로 부터 다음과 같이 판정한다.

(a) Cp가 1.33 이상의 경우에는 안정상태로 판정한다.

(b) Cp가 1.33 ~ 1.00 일 경우는 경계상태로 판정한다.

(c) Cp가 1.00 이하일 경우는 불량상태로 판정한다.

---

* 1980년 8월 26일 공업진흥청 주최 도금기술 향상에 관한 세미나 강연내용임.

** 東海大學 敎授

(2) 품질표준의 의의를 살리는 방법

품질보증을 목적으로 공정관리를 행하기 위해서는 우선 제조부문의 품질표준을 명확하게 設定해둘 필요가 있다.

예를 들면 도금두께의 계량치로 부터 度數分布曲線을 취하면 좌우 대조를 이루는 미끈한 곡선에 가까운 正規分布를 나타내고 있다. (그림 2 3, 4 참조) 여기서 마구 발췌한 시료에 대해 표준편차(σ)를 구해보면 母集團의 품질특성치 (예를들면 도금두께)의 불일치성(dispersion)을 알 수 있다.

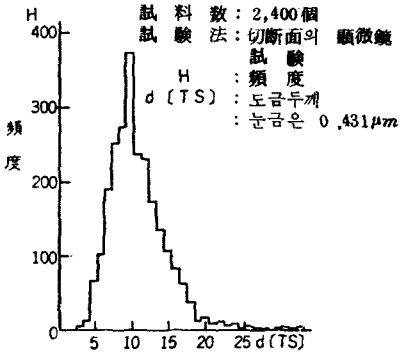


그림 2 手動도금工場에서 걸이中心部에 위치한 다이캐스트 部品의 도금두께 狀態 (Dr.W.Ruegge)

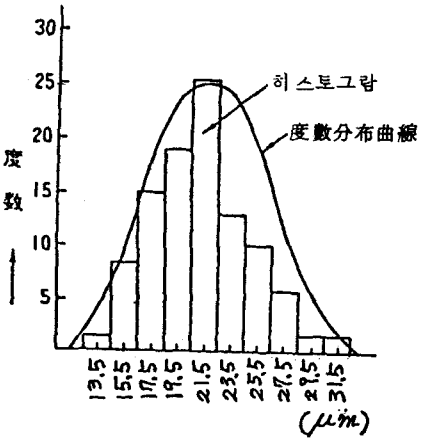
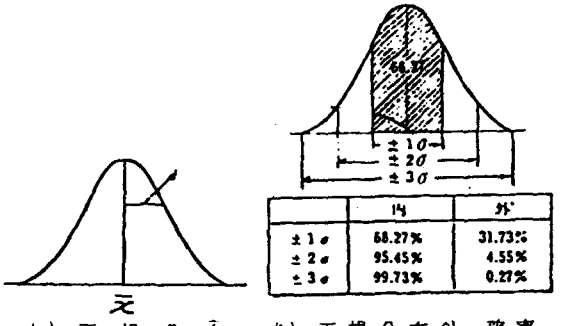


그림 3 로트 品質分布를 나타내는 히스토그람과 度數分布 曲線과의 關係



(a) 正規分布　(b) 正規分布와 確率

그림 4 正規分布의 形狀과 그性質

품질표준이란 도금생산공정에서 주어지는 품질의 표준으로서 공정이 관리상태에 있으면 반드시 도달하는 수준을 말한다. 일반적으로 분포, 평균치, 표준편차 혹은 평균치와 상하의 폭 ($\bar{X}$-R)으로 나타내진다. 발췌 데이타가 ±3δ의 범위를 벗어난다던가 규격치에 근접할 경우는 롯트의 품질의 불이치성이 표준보다 크다는 것을 의미함으로 바로 공정능력 향상을 위한 대책에 대처하지 않으면 안된다. (그림 5, 6 참조)

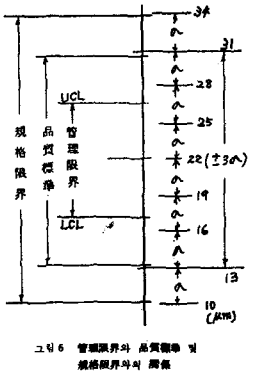


그림 6 管理限界와 品質標準 및 規格限界와의 關係

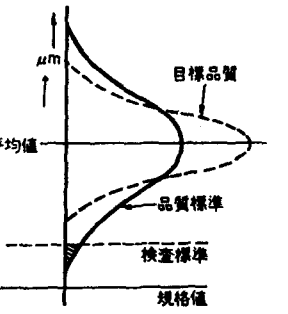


그림 5 로트品質의 水準

(3) 욕관리의 요점

욕관리로서 욕분석이 행해지고 있다. 소위 육감에 의한 도금욕관리로 부터 탈피해 가고 있으나 반면 분석치를 과신하는 경향이 커진다고 하는 것은 과학적 직업관리를 중도에 반쪽으로 만들어 버리는 일이 된다. 완전히 자동 제어된 공장에서는 별도로치고 현 단계의 기계적 자동화에서는 아무리 욕분석을 정확하게 잘 행하였다고 하더라도 분석치에 대해서 올바른 평가를 행하여 올바른 처지를 행하지 않으면 관리로서는 한쪽팔을 잃은것이나 다름이 없다.

그러므로 욕관리로서는 다음과 같은 점에 관하여 항상 관리를 철저히 하지 않으면 안된다.

(a) 욕용량 (b) 욕온도 (c) pH

(d) 욕의 주성분 (e) 불순물 (f) 광택제

그림 7과 같은 浴管理 月報를 만들고, 그림 8과 같은 波形陰極板을 사용하여 불순물 제거에 힘써야 한다.

(4) 調節圖의 사용방법

품질의 관리에는 管理圖의 사용이 필요하며, 管理圖의 채용에 있어서 중요한 점은 다음과 같은 목적을 명확하게 세워두어야 한다는 것이다.

(a) 공정중의 缺陷因子를 발견하기 위한 것인지.

(b) 공정을 항상 안정화하기 위한 것인지.

(a)의 목적을 위해서는 $\bar{X}-R$관리도를 작성하는 것이 좋다. 그러나 공정관리에 있어서는 (b)의 목적에 맞는 관리도일 것이 바람직하다. 공정의 안정상태를 관리특성(예를들면 도금두께)의 측정에 의해 포착하면서 바로 정상으로 되돌리는 방법(그림 9 참조)을 불량방지의 방편으로도 유효한 수단이다. 이런경우에 조절도를 그리는데 있어서는 (a)와 같이 $\bar{X}-R$관리도에 의하는 것이 좋으나 조절한계를 구하는 방법이 다르므로 각 관리특성을 조절하는 것이 충분히 가능하도록, 적당히 정해주는 것만으로 좋다. (i) 관리공정의 예상외의 변동을 조사한다. (ii) 공정의 평균 변동

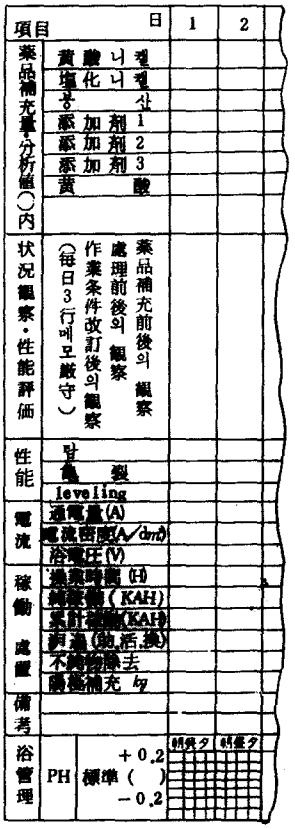


그림 7 光澤니켈도금 浴管理月報의 모델

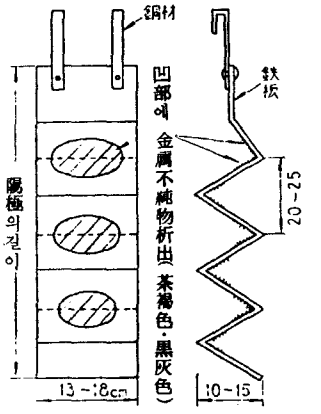


그림 8 弱電解用 波型陰極板의 size

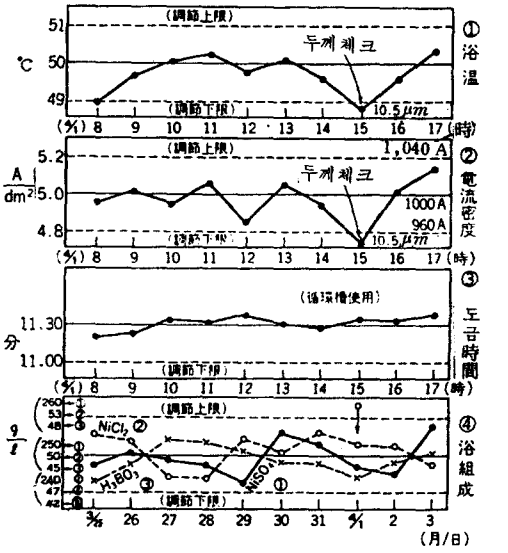


그림 9 도금工程管理用의 調節圖例
(光澤니켈도금)

경향을 조사한다. (iii) 각 관리특성의 실제적인 측정간격을 정한다. (iv) 공정이 발견한 시점으로부터 조절이 될 때 까지의 사간을 조사한다. (v) 관리특성치의 測定精度 및 조절기술의 程度를 조사한다. 이상의 점을 주의하면서 조절한계를 결정한다. 실질적인 효과를 높이기 위해서는 조절한계, 관리한계를 올바로 명확하게 나타내 주지 않으면 안된다. (그림 10, 그림 11 참조)

(5) 전류분포의 균일화

도금제품의 형상이 다종 다양함으로 도금조내의 전류분포를 명확하게 알아두지 않는다면 도금두께의 관리는 용이하지 않다. (그림 12, 13, 14, 15 참조) 조내 전류분포를 균일화하기 위한 수순은 다음과 같다.

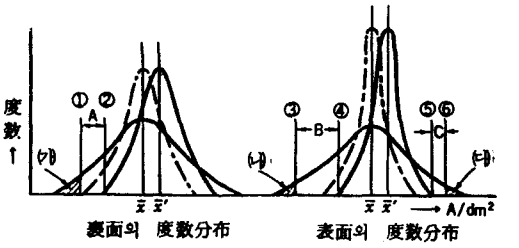
(i) 陽極과 물품 (陰極) 의 간격
(ii) 물품과 액면 탱크바닥과의 간격
(iii) 補助極의 배치
(iv) 걸이 治具 (jig) 의 재료
(v) 極棒과 걸이 治具 (jig) 의 접촉조건 (기구, 압력, 재질)
(vi) 물품과 걸이 治具 (jig) 의 接點機構

(6) 관리 발췌검사의 사용방법

도금공정후 일반적인 품질검사에 의해 공정의 良, 不良의 판정을 행하는 것은 곤란하다. 예를들면, 결합대책에 있어서도 품질시험이 파괴시험에 의한것이 많고 또한 최후 공정에 있어서 완성품 검사만으로 工程內容을 조사하거나, 調整하거나, 管理하거나 하는것은 불가능한 일이 아닐 수 없다. 이러한 의미에서 공정관리를 중시하여 항상 공정을 관리상태로 유지되도록 주의를 기울일 필요가 있다. 그러나 실제로 공정능력을 조사하기 위해 관리 발췌검사를 활용하는 것이 바람직하다.

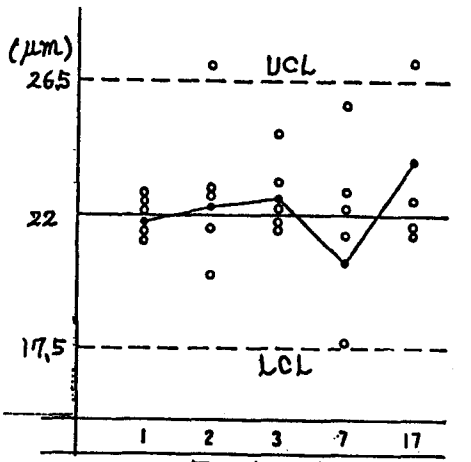
이 검사는 일반적으로 제품 롯트를 대상으로 하여 행하는 것은 아니고 작업공정에 대해서 실시하는 것으로서, 관리도를 사용하여 공정을 관리하려는 목적으로 쓰여지는 것이다. 그리고 공정의 異常原因을 추구하기 위해서도 쓰여진다. (그림 16 참조)

관리 발췌검사에 있어서의 시료 sampling 은 槽內의 도금물품의 配置條件, 전류분포 상황에 따라 層別 sampling 법을 쓰면 적은량의 시료로 精度가 높은 롯트 품질의 판정이 가능하다. 그러나 이것을 실시할때는 槽內 전류분포의 표준화가 前提되어야 한다.



①, ③ 檢査標準下限
②, ④ 工程改善後의 電流上昇에 의한 品質標準下限
⑤ 工程改善後의 電流上昇에 의한 品質標準上限
⑥ 檢査標準上限
A 凹部分의 電流安全域
B 表面弱電部分의 電流安全域
C 凸部分의 電流安全域
(ア) 凹部分의 無도금 缺陷發生電流域
(イ) 表面의 두께不足, 耐食性不良缺陷發生電流域
(ウ) 凸部分탐, 龜裂, 피트缺陷發生電流域

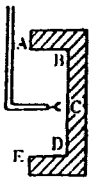
그림 10 도금의 로트의 생산에 있어서 電流安全域調節과 工程安定化의 構圖



x̄ 管理圖
UCL = x̄ + A₂R̄
LCL = x̄ − A₂R̄

係數表	n	A₂
	4	0.73
	5	0.58

그림 11 x̄ 管理圖의 例
1. ○印은 x 値, ●印은 x̄ 値
2. R̄ 은 x 値의 不一致幅의 平均을 나타냄
3. x̄ 은 x̄ 値의 平均을 나타냄



位置	V	分布比
A	2.00	1.00
B	0.30	0.15
C	1.24	0.62
D	0.30	0.15
E	2.00	1.00

그림 12 2次電流分布 陰極面의 電位分布모델

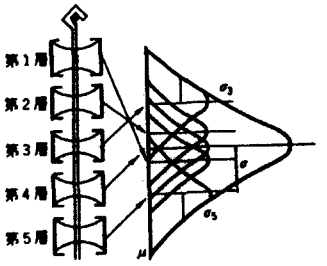


그림 13 도금槽內의 두께分布構成모델

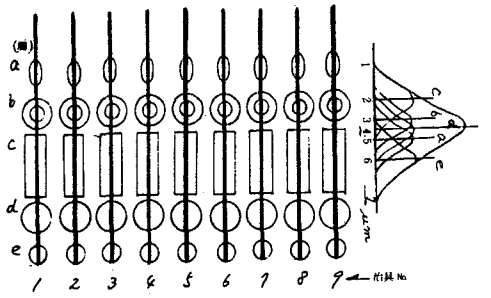


그림 14 同槽混載用 治具에 있어서 品質分布構成모델(治具校線段層에서 層別)

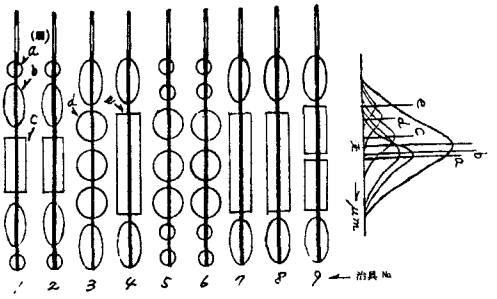


그림 15 異槽混載用 治具에 있어서 品質分布構成모델 (形狀에 의한 層別)

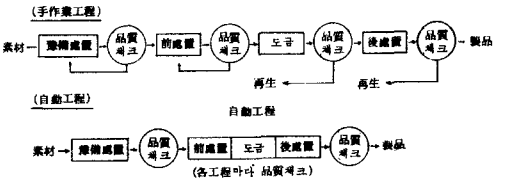


그림 16 도금生産 工程中品質체크 槪圖

2. 異常工程 改善의 5段階

量産도금에서는 異常工程의 발생을 전연 없이 하는 보증은 있을 수 없다. 그러므로 이상공정 개선의 단계에 관해서 기술한다.

(1) 결함의 확인(결함에 적절한 명칭을 붙인다)

異常발견후 그의 결함상황을 잘 관찰하여 확인해서 될수록 빨리 올바른 결함명을 붙이는 일이 공정개선에서 가장 중요한 일이 된다.(그림 17 참조)

결함명	결함의 상황	결함의 도해	
소재巢 피트	소지면 결함의 형상 그대로 도금에 피트가 발생한다.		
소지巢 전처리 불량 피트	소지면 결함의 형상에 따라서 피트를 발생하지만 피트의 외주가 흑상으로 높아지고 있다.		
소지면 변질층 피트	평활한 소지면이라도 표면에 변질층이 있으면 작은 피트를 밀집시켜 발생한다.		
동도금 피트	동도금층 피트의 니켈도금에서 다소 확대되어서 발생한다.		
니켈도금 피트	니켈도금층에 생긴 피트이다.		
소지면 부식 피트	소지면이 부식되어 凹凸으로 된 곳에 도금이 되면 피트상이 된다.		

그림 17 도금 결함명(각종 피트狀)의 해설도 예

(2) 발생상황의 관찰(결함의 특징을 충분히 관찰한다)

결함의 특징을 잘 관찰하는 것은 결함의 발생 상황을 철저히 層別하여 보는 것이다. 결함(불량)의 특징을 層別하는 방법에 대해서 알아보면

(i) 무었을(what)……생산대상
(ii) 누 가(who)……생산주체
(iii) 어떻게(how)……방법
(iv) 어디서(where)……공간
(v) 언 제(when)……시간
(i) 어째서 이 물품(소재)에 결함이 잘 나타나는가

(ii) 어째서 이 작업자, 이 기계, 이 장치에 결함이 잘 나타나는가

(iii) 어째서 이와같은 처리 방법에서 결함이 잘 나타나는가

(iv) 어째서 이 위치에 결함이 잘 나타나는가

(v) 어째서 이 시간, 이 계절에 결함이 잘 나타나는가

(3) 결함요인의 해석 (어떠한 조건에서 많이 발생하는가)

해석에 있어서는 결함의 발생상황을 層別해 보았을 때 어떠한 층에 결함이 많은가 또한 어느 층과 어느 층과의 사이에 결함의 발생형태가 다른지를 조사하여 결함의 원인을 명확히 하는 것이다. 만일 결함의 원인추구에 필요한 작업조건이나 시험 데이타가 수집되었으면 특성요인도에 의해 원인을 정리한다. 그리하여 다음에 각 요인을 層別하여 層사이에 차가 있는가 없는가를 조사한다. (그림 18, 19, 20 참조)

(4) 결함공정의 개선 (기술간부와 협력하여 빨리 action을 취한다)

결함의 원인이 파악되었으면 액션을 취하여 공정을 개선한다)

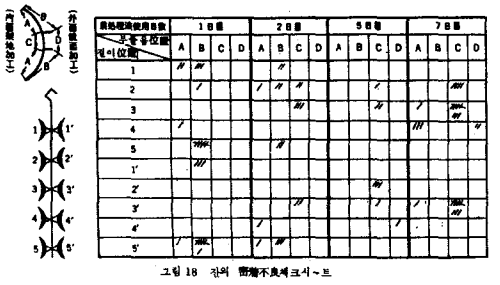
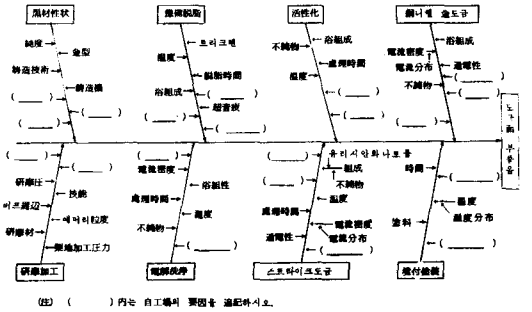
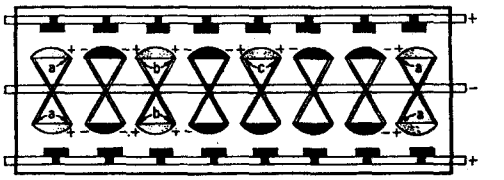


그림 18 전의 密着不良체크시~트



(註) (　　) 內는 自工場의 要因을 追記하시오.

그림 19 도금面의 부풀음에 關한 特性要因圖例



a : 自動機에서 넣고 꺼낼때 일어난 bipolar

b : 걸이와 음극봉과의 接觸不良때문에 일어나는 bipolar

c : 걸이의 枝線과 物品의 접촉不良때문에 일어나는 bipolar

그림 20 도금槽內 bipolar 現象모델 (平面圖)

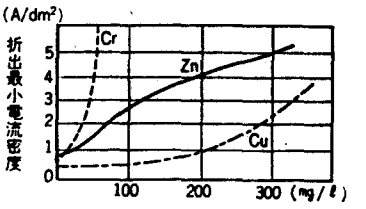


그림 21 니켈도금浴中의 金屬不純物量과 크롬電着에 要하는 最小電流密度 (Rousselot)

(註) 니켈도금浴中에 6價크롬 不純物이 混入하면, 微量이라도 凹部分에 크롬도금의 被覆力이 급격히 떨어지는것을 알수있다.

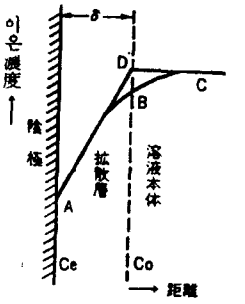


그림 22 陰極近傍에서의 이온의 濃度變化 (日根)

(註) 도금中에는 항상 陰極界面의 이온濃度를 溶液 本体에 가깝도록 하기위해 攪拌를 크게하여 液을 均一化할 必要가 있다.

(5) 결함발생의 예방(再發防止의 손을 쓴다)

결함대책에서 가장 중대한 것은 결함의 원인을 확실히 파악하여 그의 원인을 단단히 억제하여 없이 하는 것이다. 그러나 이상의 재발방지 노력을 하지 않는한 근본적으로 결함대책을 끝맺음 하였다고는 볼 수 없다.(결함원인의 억제와 재발방지 참고사항으로 그림 21, 22, 23, 24 25, 26 참조)

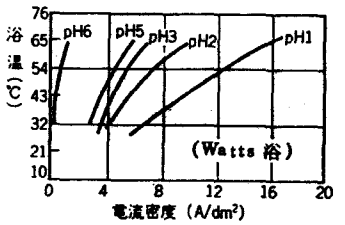


그림 23 光澤니켈도금의 PH와 電流密度 및 浴溫와의 關係(Phillips)

(註) 光澤니켈도금 工程管理에서 外觀性(光澤)을 安定시키기 위해서는 특히 浴溫, 局部電流密度, PH의 調和가 必要하다.

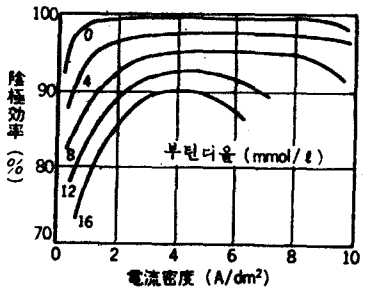


그림 24 陰極效率에 미치는 부틴디올의 影響

(註) 光澤니켈도금 作業에서 平滑劑(부틴디올)의 添加量이 標準以上이 되면 도금面(部分)에서 水素가스의 발생이 增加하여 피트로 된다.

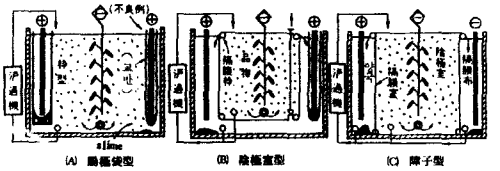


그림 25 도금槽隔膜의 構造

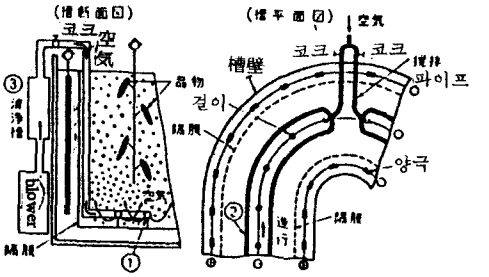


그림 26 空氣攪拌裝置構造모델

3. 주요한 도금결함(불량)대책의 요점

공정관리에서는 불량대책보다는 오히려 결함대책의 편이 중요하다. 그것은 완성품 검사에서 우량품으로 판정된 물품이라도 크거나 적거나 품질적인 결함을 내포하고 있을 경우가 많기 때문이다.

다음에 장식크롬도금 가공공정을 예로하여 주요한 품질결함 또는 불량대책 처리의 요점을 알아보겠다.

① 밀착불량
② 무도금
③ 탐(그을림)
④ 피트(pit)
⑤ 꺼칠한 도금
⑥ 얼 룩
⑦ 균 열
⑧ 내식성결함(부식의 발생)

내식성에 관한 결함은 시간이 지남에 따라 발생하기 때문에 그의 품질확인에는 일반적으로 염수분무시험, CASS시험 및 코로드코오트시험등의 가속부식시험법이 쓰여진다. 도금면의 내식성은 도금두께를 단지 두텁게하면 향상되는 것이 아니고 도금결함을 적게하여 소재의 부식공을 만들지 않는 철저한 작업관리로 향상시키는 것이다. 표1, 2는 각종 도금피막의 구성 및 두께의 변화와 내식성의 상황을 나타내고 있으나 이에의해 經時變化(내식성)의 상황이 판단된다.

표 1. 얇은 니켈 도금에 의한 도금피막 構成과 내식성의 예

도금방법	두께 (μm)	CASS(hr)	공업지대에서의 폭로 발청일수
Cu	10		
광택Ni	7	96	78
Cr	0.25		
Cu	10		
반광택Ni	5	9	32
Cr	0.25		
반광택Ni	2.5		
광택Ni	2.5	16	23
Cr	0.25		
Cu	10		
반광택Ni	2.5	110	78
Cr	0.25		

표 2. 2년간 폭로시험 효과의 예

Rating No(내식성 1 외관의 숫자)

도금 방법	두께 (μm)	공업 지대	해 안 지 대
Cu	10		
이중 Ni	20	10／8	10／10
Cr(M.P)	0.4		
Cu	10		
이중 Ni	20	10／8	10／8
Cr(M.C)	2.5		
Cu	10		
삼중 Ni	20	10／9	10／9
Cr(M.P)	0.4		
이중 Ni	25	10／8	10／10
Cr(M.P)	0.4		
삼중 Ni	25	10／9	10／9
Cr(M.C)	2.5		
삼중 Ni	25	10／9	10／9
Cr(M.P)	0.4		
이중 Ni	25	7／6	2／1
Cr	0.4		

4. 도금두께의 균일화

(1) 電流分布

도금물의 형상은 복잡함으로 도금두께가 두터운 곳과 얇은곳이 생기게 된다.

이 내용에 정확하게는 다음의 두가지의 의미가 별도로 있다.

(a) 균일전착성 (throwing power)

(b) 피복력 (covering power)

도금두께를 균일히 함에는 균일전착성의 문제가 되겠으나 이것은 첫째 1次電流分布로 불리

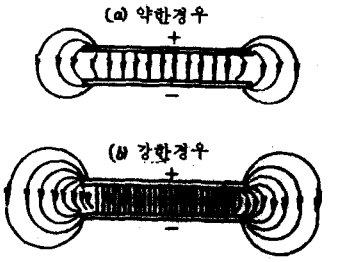


그림 27 같은모양의 電極에서 强度가 다른 電流線

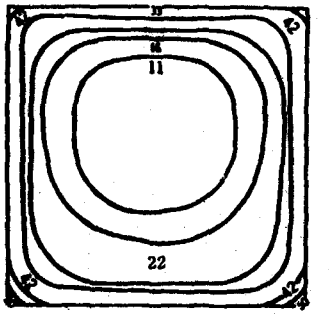


그림 28 크롬도금의 電流分布狀況 (μm)

우는 음극과 양극과의 幾下學的形狀의 差, 즉 음극과 양극과의 상대적인 크기, 위치, 형상, 탱크와 벽과의 상호관계등에 의해 영향을 받는 전류분포에 의한것과 둘째 2次電流分布라고 불리우는 도금액의 종류나 작업조건에 의해 이루어지는 전류분포에 의한것이 있다. (그림 27, 28, 29 참조)

①도금조내의 기하학적 물품의 배치

陰陽極 간에는 等電位面과 電流線등이 그려지며 이것에 의한 전류분포를 1차전류분포라고 한다.(그림 30 참조)

1차전류분포는 다음과 같이 나타낸다. (그림 31 참조)

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

i_1, i_2 : 음극상의 ① 및 ②에 있어서의 전류밀도

d_1, d_2 : ① 및 ②의 전류선에 따른 陰陽極間의 거리

② 電極反應中의 分極現象

전해에 의해 電極界面에서 分極現象 — 즉 전류를 약하게 하는 저항을 생기게 하여 1차전류분포가 이그러진다. 이것은 계면에서의 局部的인 전류밀도가 높을수록 강하게 되는 성질이 있다. 이것이 2차전류분포로서 다음과 같이 나타낸다.

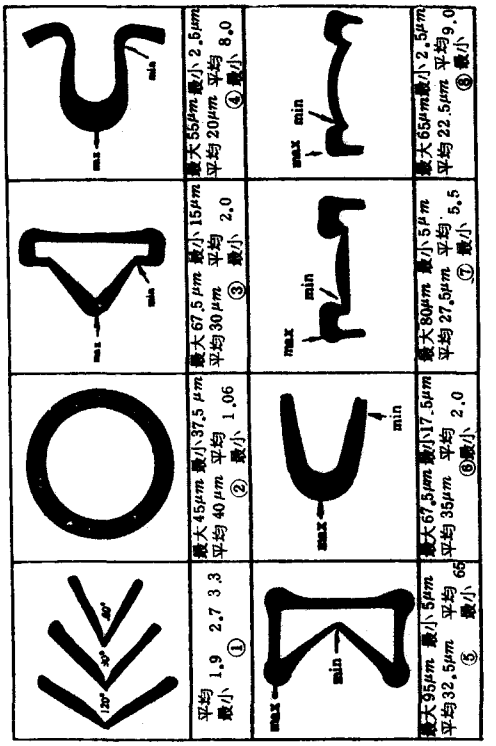
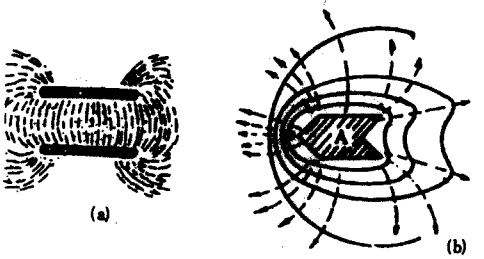
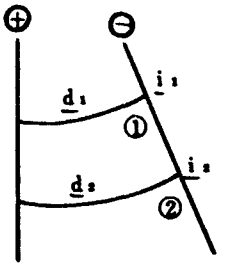


그림 29 實測에 의한 니켈도금의 不均一性



(a) 電流線의 모양
(b) 点線은 棒電極A에 따른 電流線을 나타내고, 実線은 等電位面의 断面을 나타낸다.

그림 30 兩極間의 電流線과 等電位面



i_1 : ① 点의 電流密度
i_2 : ② 点의 電流密度
d_1 : ① 点에 있어서의 電流線의 길이
d_2 : ② 点에 있어서의 電流線의 길이

그림 31 電極의 配置모델

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{d_2 + K\frac{dE}{di}}{d_1 + K\frac{dE}{di}}$$

K : 도금욕의 전도도

$\frac{dE}{di}$: 음극상의 ①②점간의 음극분극구배

식에의해 2차전류분포는 도금액의 比電導度 및 分極勾配가 작을수록 1차전류분포에 지배된다. 도금욕의 교반은 분극구배를 작게함으로 균일전착성의 개량에는 효과가 없다. 또한 도금욕의 종류에 의해서도 달라지게 된다.

③음극전류 효율

도금두께는 그점의 전류밀도와 그것에 대한 전류효율에 의해 결정된다. 이것은 수소이온의 방전반응이 동시에 일어나는 경우가 있기 때문에 도금분포는 2차전류분포와 일치하지 않는 것이 보통이다.

도금분포는 다음의 일반식으로 나타낸다.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{i_1}{i_2} \cdot \frac{C\cdot Eff_1}{C\cdot Eff_2}$$

M_1, M_2 : 음극상의 ①과 ②에 있어서의 도금석출량

$C\cdot Eff_1$, $C\cdot Eff_2$: ①과 ②에 있어서의 음극효율

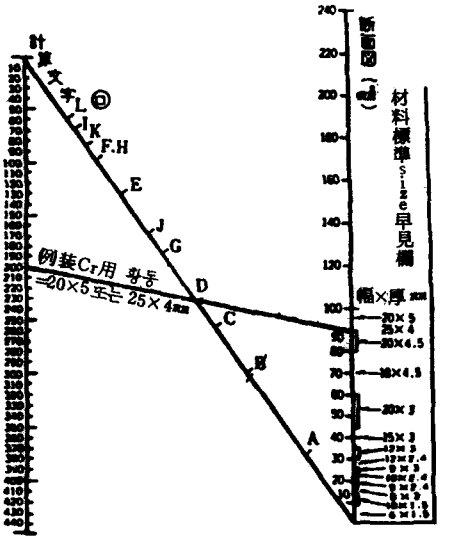
(2) 걸이治具의 電氣工學的 要點

상기의 전류분포에 상관없이 걸이治具(jig)의 재질, 단면적 및 접촉, 접점기구에 결함이 있을 경우에는 조내의 1차전류분포의 불일치성은 더욱더 크게된다.

①걸이재료의 適定斷面的

일반적인 電工用 재료의 안전전류기준에서

는 구리 1㎠의 단면적에 약 200 A임으로 이 기준으로 충분하지만 도체의 단면적이 너무 작을 경우에는 옴(Ω)손실을 일으켜서 전류분포를 크게 한다. 그러나 실제로는 작업성, 경제성이 나쁘기 때문에 적당히 조절하여 사용한다. 재료의 전도성에 따라서 결정하는 것이 좋다.



(計算文字選定表)

도금種 材料種	銅	황동	靑銅	鉄
裝 Cr	A	D	G	J
裝 Ni 厚Cr	B	E	H	K
厚 Ni	C	F	I	L

그림 32　도금用 걸이治具材料 size 算出圖表

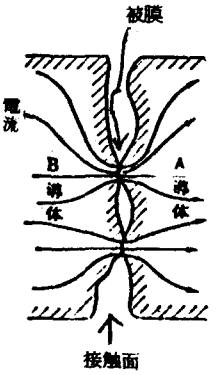


그림 33　接觸抵抗發生의 狀況圖

장식니켈, 두터운(공업용)크롬도금에서는 전공용기준의 약 1/2, 두터운 니켈용에서는 약 2/3, 장식크롬용에서는 약 1/6 정도로 단면적을 조절하여도 좋다. (그림 32 참조)

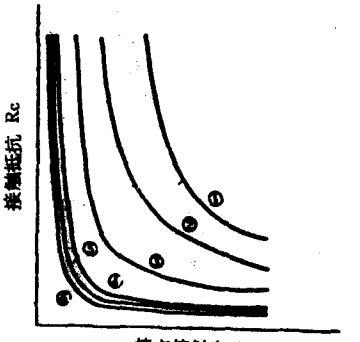
걸이의 枝骨의 단면적은 물품유지의 탄력성이나 접점기능의 관점에서 다소 작게 하여도 나쁠 것이 없을 경우도 있으나 이와같은 경우에는 支持用의 枝骨과 通電用의 枝線을 구분하는 것이 좋다.

②通電接觸機構의 檢討

(i) 極棒과 治具(jig)의 接觸

걸이의 접촉이 나빠 통전량이 달라지면 전류분포를 크게한다. 접촉저항은 금속고유의 저항과는 달리 境界抵抗과 集中抵抗의 합으로 나타난다.

경제저항이란 접촉면에 생기는 전기저항으로 접촉면상의 금속산화막등에 의해 크게 됨으로 접촉력을 크게 하지 않으면 접촉저항을 안정 혹은 작게할 수가 없다. (그림 33, 34 참조)



① Cu(表面에 酸化被膜이 있음) ② Ni 도금(清浄)
③ Sn 도금(清浄) ④ Au도금(清浄)
⑤ Cu(清浄) ⑥ Ag도금(清浄)

그림 34　各種 金属表面性 狀態에 따른 接觸抵抗과 接點接觸力의 関係

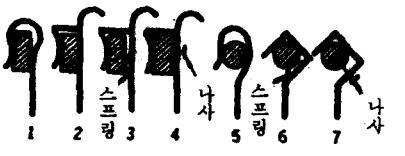


그림 35　極棒과 治具接點機構의 例

접촉저항은 실질적인 접촉면이 적어서 통과전류의 통로가 줄어져 짜진것과 같이 좁아져 금속내부에 생기는 전기저항으로서 다음과 같이 나타낸다.

$$R = \frac{\rho_A + \rho_B}{4} \quad \frac{\pi f}{nF}$$

R : 접촉저항 (Ω)　　f : 彈性限界 (kg/cm)

F : 접촉력 (kg)

ρ_A, ρ_B : 접촉금속의 고유저항 (Ω cm)

n : 접촉점의 수

접촉저항을 작게하기 위해서는 접점수(n), 접촉력(F)을 크게하고 고유저항 및 경도가 작은 재료를 쓰는것이 좋다.

실제 도금작업에서 극봉 및 걸이 治具 (jig) 의 접촉면의 오염이나 凹凸을 전적으로 없이하는 것은 곤란하다. 그러나 항상 설비보존작업으로서 접촉면의 평활화, 청정화 및 접촉력을 조정하지 않으면 각각의 걸이 治具 (jig) 에 대해 균일한 통전을 하기란 어렵다.

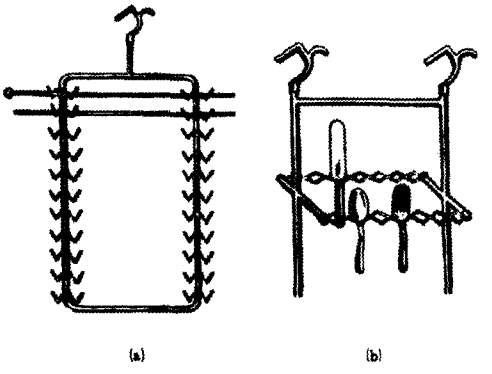


그림 36　重力式 接點機構의 例

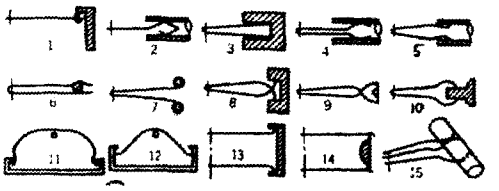


그림 37　品物과 治具接點機構의 例

(ii) 물품과 걸이 治具 (jig)　枝骨과의 접촉이 접점기구는 여러가지 방식이 행해지고 있다. (그림 35, 36, 37, 38, 39 참조)

a. 重力式 接點

b. 스프링식 接點

c. 理想 接點

③ 槽內 物品配置의 硏究

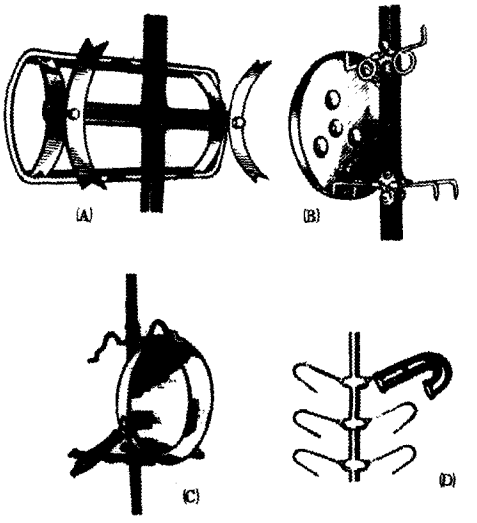


그림 38　스프링式 接點機構의 例

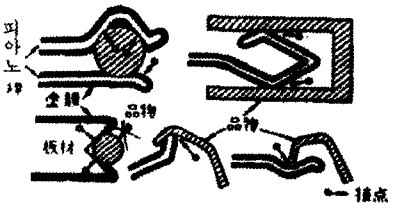


그림 39　理想接點의 盜膜切除例

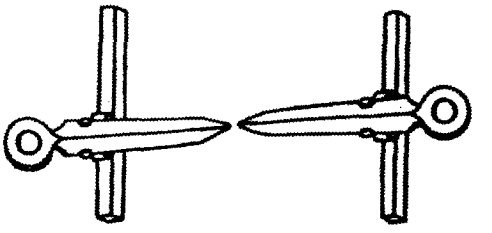


그림 40　緩衝式 品物配置例

물품배치는 전류분포의 균일화에 밀접한 관계가 있으나 일반적인 품질관리상 작업능률향상에 대한 주의사항이 있다. (그림 40, 41, 42참조)

조내의 전류분포를 균일화하기 위한 배치의 기본원칙을 기술한다.

(i) 물품과 양극과의 간격

도금품의 면에 凹凸이 있을 경우는 조내배치는 凹부 즉 음양극 간격이 큰 개소에서는 국부적인 전류밀도가 凸부 보다는 작게된다. 따라서 균일전착성이 나쁜 욕으로 도금두께 분포를 균일하기 위해서는 극간거리를 될수있는대로 넓게할 필요가 있다. (그림 43 참조)

(ii) 물품상호의 裏面간격

물품을 2열로 서로 맞추어서 배치할 경우에는 물품상호의 裏面간격을 적당히 떼어놓지 않으면 물품의 裏面에 도금분포가 나쁘게 된다. 이면간격은 물품의 형상 음양극 간격, 물품상하, 좌우의 상호간격을 충분히 고려하여 설정할 필요가 있다. (그림 44 참조)

(iii) 물품상호의 상호, 좌우간격

상기 간격과 함께 상하, 좌우의 간격의 검토가 필요하지만 필요이상으로 물품상호의 간격을 넓게하면 품질관리는 용이하게 되지만 생산효율은 나쁘게 된다. 따라서 품질표준과 생산코스트(cost)와의 조화를 고려하여 이 간격을 결정할 필요가 있다. (그림 45 참조)

(iv) 물품과 액면과의 간격

걸이 治具(jig)의 최상단의 물품에는 전류가 집중하여 국부전류밀도가 너무 커

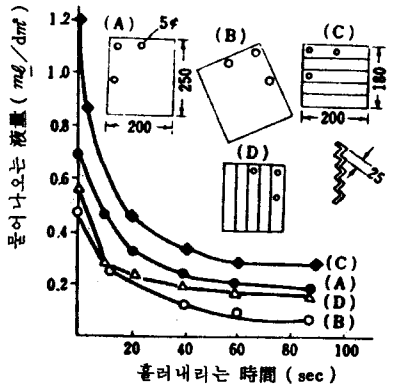


그림 41 흘러내리는 時間과 묻어나오는 液量의 関係

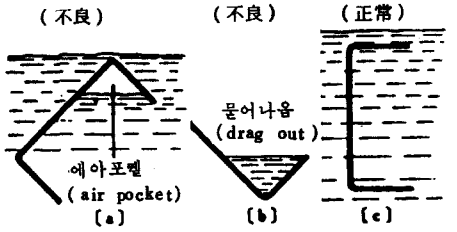


그림 42 도금配置狀況

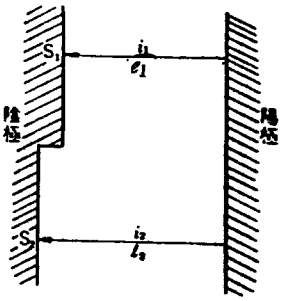


그림 43 極間距離의 差와 電流强度

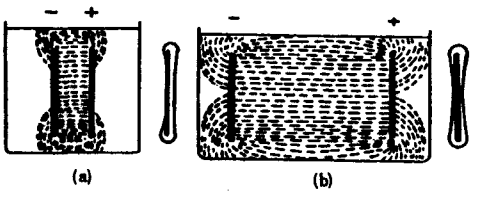


그림 44 極間距離와 도금分布狀況

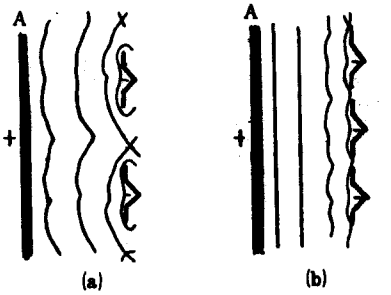


그림 45 걸이治具上의 物品相互의 距離와 等電位面의 関係

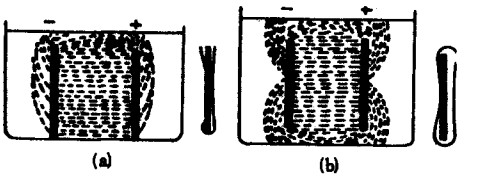


그림 46 槽抵間隔과 도금分布狀況

서 도금결함이 많이 발생한다. 그러나 액면에 가깝게 물품을 배치하면 액면이 전류선을 차단함으로 최상단의 물품에의 전류집중이 방해된다. 따라서 물품과 液面과의 간격은 될수있는대로 좁게 (10 ～ 30㎜) 하면 좋다. 陽極의 液面부분을 100～200㎜ 절연피복하거나 또는 차단판을 배치하여도 동일 효과를 얻는다. (그림 46 a 참조)

(ㅜ) 물품과 탱크바닥과의 간격

걸이 治具 (jig) 의 가장 끝부의 물품과 탱크바닥과의 사이에는 물품과 액면과 같은 현상의 전류선의 집중이 일어나고 있다. 따라서 탱크의 깊이 걸이 治具 (jig)의 유효 길이를 적당히 검토함과 동시에 탱크바닥에 적당한 높이의 차단판을 설치하거나 또는 양극길이를 음극유효 길이보다 10 ～20 %정도 짧게 하는 것이 좋다. (그림 46-b 참조)

④ 補助極의 利用

조내에 배치되어 있는 全物品의 유효면적을 균일히 하기 위해서는 上記의 배치법의 검토만으로는 충분하지 않다.

거기에는 다음과 같은 보조극의 이용이 효과가 있다.

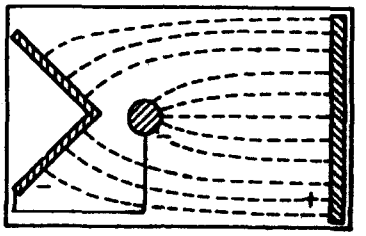


그림 47 補助陰極의 配置모델

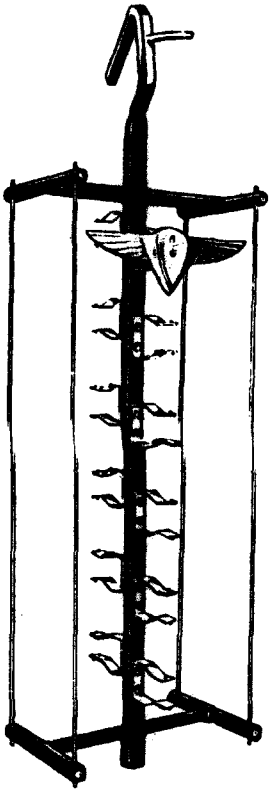


그림 48 補助陰極의 配置 例

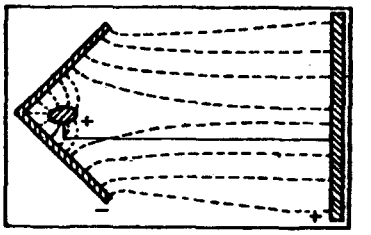


그림 49 補助陽極의 配置모델

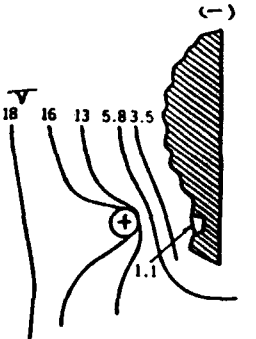


그림 50 補助陽極使用에 의한 等電位面의 變化

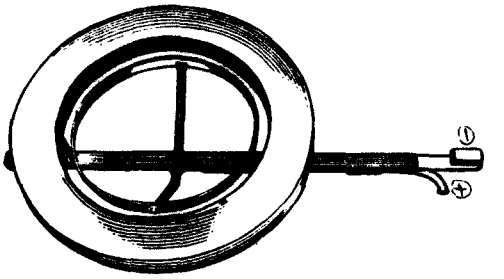


그림 51 補助陽極의 配置例

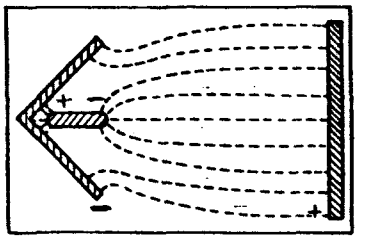


그림 52 bipolar 陽極配置모델

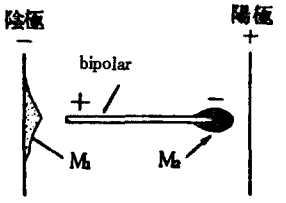


그림 53 bipolar 電極配置모델

M_1 : 陰極部分에 올른 도금
M_2 : bipolar 電極에 올른 도금

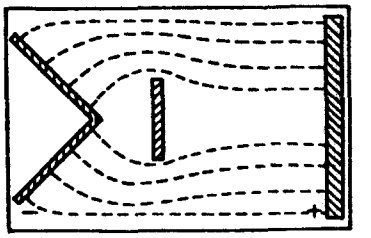


그림 54 電流遮蔽板 sheet 의 配置모델

(i) 보조음극 (그림 47, 48 참조)
(ii) 보조양극 (그림 49, 50, 51 참조)
(iii) 바이플라(bipolar)극 (그림 52,53 참조)

⑤ 차단판 (遮斷板)

조내에서는 물품의 凸부는 전류가 집중하여 타거나 균열, 피트등의 도금품질 결함을 많이 발생한다. 이와같은 경우에 강전류밀도부분에 차단판을 배치하면 물품표면의 전류분포 또는 롯트품질분포가 균일히 된다. (그림 54 참조)