

기능성 합금도금 기술



장도연
(KIMM 재료공정연구부)

'72 - '76 한양대학교 재료공학과(학사)
'76 - '78 연세대학교 대학원 재료공학과(석사)
'81-현재 한국기계연구원 책임연구원



김 만
(KIMM 재료공정연구부)

'77 - '81 경북대학교 금속공학과(학사)
'81 - '83 경북대학교 금속공학과(석사)
'83-현재 한국기계연구원 선임연구원



노병호
(KIMM 재료공정연구부)

'70. 3 - '78. 2 인하공대 화학공학과(석사)
'78. 3 - '83. 7 한국과학기술연구원 연구원
'79. 2 - '86. 6 독일 연수(표면처리 기술분야)
'83. 8 -현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서론

현재 공업적으로 사용되고있는 금속이 단일금속으로 되어있는 것이 거의 없듯이 도금층에 대한 요구도 다양화, 고기능화되어 단일금속의 도금으로는 그 요구에 대응하지 못하고 있다. 장식도금 분야에서는 다양한 색조를 띠는 합금도금이 개발되고 방식분야에서는 보다 높은 내식성을 갖기 위하여 합금도금이 적용되고 있다. 기능적인 분야는 합금도금이 가장 기대되는 분야이다. 특히 electronics 관련분야는 더욱 그렇다. 표 1은 각종 기능에 대하여 현재 사용되고 있거나 검토되고 있는 합금도금의 종류를 나타내었다.

표 1. 각종 기능에 따른 합금도금의 종류

분류	기능	적용가능 합금도금
기계적	경도 윤활성 내마모성	Ni-W, Ni-P, Ni-Co Sn-Cu, Cu-Pb Ni-Co, Fe-Ni
전기적	전기전도성 저항특성 자성 저접촉저항성	Au합금, Ag합금, Cu합금 Ni-P, Cu-Ni Ni-P, Ni-Co Au합금, Ag합금
물리적	땜납성 bonding성 접착성	Sn-Ni, Ni-P Sn-Pb, Sn-In, Sn-Ni, Au합금, Ag합금, Cu-Zn
화학적	내식성	Sn-Ni, Ni-P

전기도금은 소재표면상에 금속 또는 합금의 박막을 전착시켜 표층이 갖는 특성을 사용목적에 맞도록 활용하는 금속 표면처리 기술이다. 종래

전기도금은 금, 은 등에 의한 장식 및 동, 니켈, 크롬 등의 소재의 보호나, 주석, 아연에 의한 강의 방식등 단일 금속의 도금법에 의해 실용화 되어 왔으나 근년에는 전자회로 정보기기, 항공기, 자동차. 에너지 등의 각종 산업분야에서 높은 전기전도성, 자성, 내마모성, 강도. 광의 반사능 또는 흡수성, 고도의 내식성 등 각기 목적과 용도에 응하는 금속특성을 얻기위하여 합금도금에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 각기분야에 엄격히 종합적 특성이 만족되는 실용화된 합금도금의 실용화는 아직 그수가 많지 않다.

합금전착에 관한 연구는 1840년대의 B.S. Jacobi로 거슬러 올라갈수 있으며, 그후 1960년대까지의 많은 연구성과가 A. Brenner [1] 에 의하여 집대성 되었다. A. Krohn [2] 등은 1970년 까지의 논문을 총괄했고, 그 뒤 R.D. Srivastava 등에 의해 1974년 까지의 2원계 합금도금의 문헌이 집록되었다. 또 V.A. Averkin (1964), 靑谷薰 (1966), N.E. Khomutov 등 (1969), P.M. Vyacheslavov (1972). F.A. Lowenheim (1974) 및 E. Raub (1976) 등의 저서를 통하여 총괄적인 합금도금에 관한 논문을 볼 수 있다. R. Sivakumar 등 (1970)은 1964년 - 1969년사이의 3원계 합금도금에 대하여, W.H. Safranek은 전착금속과 합금의 제성질에 대하여 편람 [3] 을 만들었다. 그림1 은 문헌상에 발표된 수용액중에서의 2원 합금도금의 종류를 나타내며, 그림2 는 1972년에서 1978년 사이에 수용액중에서 전기도금된 3원계 합금도금에 대한 연구를 모은 것이다.

2. 합금도금의 종류 및 활용

2.1 전착기구에 의한 분류

A. Brenner에 의해 분류된 합금도금의 전착기구에 따른 5가지 종류 [4] 를 보면 다음의 표2와 같다.

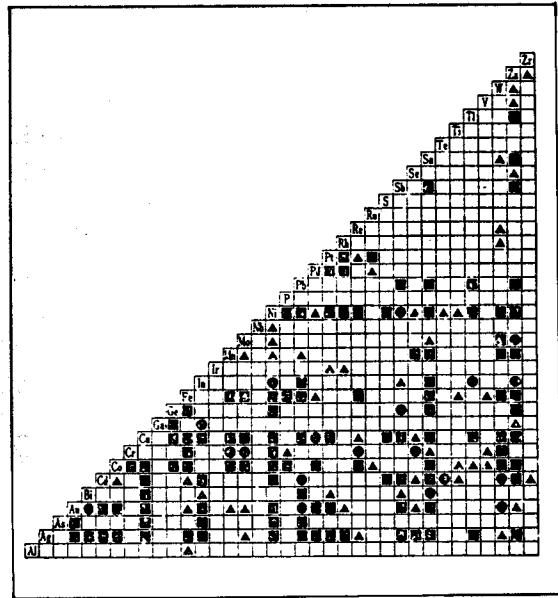
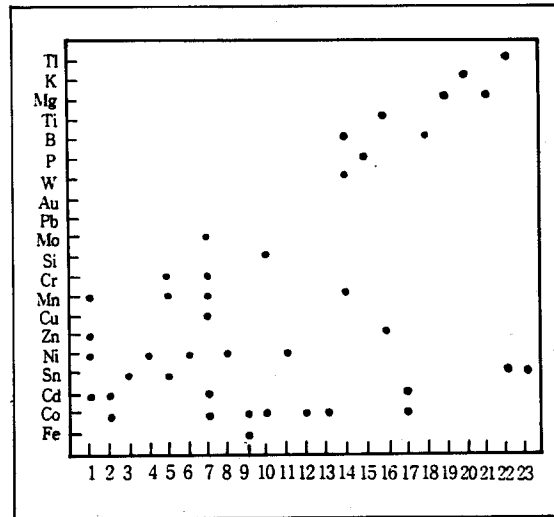


그림 1. 2원계 합금도금의 종류



1. Fe-Co, 2. Sn-Ni, 3.Zn-Ni, 4.Cu-Zn 5.Cu-Ni, 6.Fe-Si,
7. Ni-Fe 8. Fe-Cr 9. Mn-Ni, 10. Ni-Cr, 11. Co-Pb
12. Cd-Ni 13. Au-Ni, 14. Ni-Co 15. Co-Mn,
16. Sn-Co, 17. Au-Cu, 18. Ni-W, 19. Co-W, 20. Pb-Na,
21. Al-Zn 22. Pb-Ag, 23. Zn-Cd

그림 2. 3원계 합금도금의 종류

표 2. 전착기구에 따른 합금도금의 분류

분 류	특 징	대표적인 도금
正則共析 Regular Codeposition	이온의 확산속도가 전착물의 조성을 지배하는 경우	Ag-Pb, Cu-Pb
非正則共析 Irregular Codeposition	음극전위가 전착물의 조성을 지배하는 경우	Ag-Cd, Cu-Zn
平衡共析 Equilibrium Codeposition	욕조성과 전착물조성이 평형을 이루는 경우	Pb-Sn, Cu-Ni
變則共析 Anomalous Codeposition	천한 금속이 우선적으로 전착되는 경우	Co-Ni, Fe-Zn
誘起共析 Induced Codeposition	단독으로는 수용액에서 전착되지 않는 금속이 다른 금속과의 공석에 의해 전착되는 경우	Ni-W, Ni-P Co-W

표 3. 장식용 합금도금의 종류와 특징, 용도에

	도금피막	외관과 특징	주된용도사례
Sn계	Sn-Co	크롬색. 코발트가 증가하면 검은색계통을 나타낸다. 균일전착성이 우수하다. 바렐도금으로 양산이 가능	스위치 등의 음향부품, 사무용품, 장식품 등
	Sn-Ni	검은색계통의 우아한 색조. 변색이 잘안되고 내식성이 양호. 땀납성도 우수.	사무용품, 가전용품, 약전부품 등
	Sn-Cu-Zn	소위 대용금도금으로 불려진다. 빨간색계통에서 흰색계통의 금색	장신구, 조명기구, 잡화 등
	Sn-Ni-Cu	다소 빨간색계통을 띤 흑색으로 중후한 색조. 내식성, 내마모성이 양호	장식품, 사무용품, 자동차 부품, 약전부품 등
Cu계	Cu-Sn	브론즈도금으로 불려짐. 주석이 증가하면 빨간색계통에서 황색계통, 백색계통으로 변화. 내식성이 양호하고 평활성이 좋다. 주석이 기본으로되면 은백색으로 납땀성도 양호.	장식품, 사무용품, 약전부품 등
	Cu-Zn	합금비율에 따라 금색은 빨간색계통에서 흰색계통으로 변화	장신구, 잡화, 대물금구, 조명기구 등
	Cu-Ni	핑크계 금색에서 옅은 금색. 내식성이 양호.	장식품, 잡화 등
Ni계	Ni-Co-W	흰색계통, 전연성이 우수하고 내식성이 양호	장식품, 사무용품, 약전부품 등
	Ni-Fe	하지, 중간도금으로서 니켈도금의 대체로 이용, 평활성이 우수, 후가공성이 양호	장식크롬도금 등의 하지, 중간도금

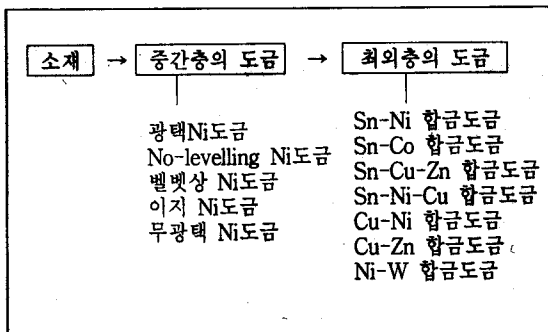
2.2. 기능별 분류

2.2.1. 장식용 도금

일반적으로 장식용 도금에는 철소재에 Cu/Ni/Cr도금 또는 Ni/Cr도금이 사용되고 있다. 그러나 자동차의 bumper에도 도금이 실시되지 않듯이 장식용도금의 수요는 감소하였고 또한 앞으로도 이러한 추세는 계속될것으로 예상된다. 이러한 원인 중의 일부는 공해로인한 도금공정의 가급적 기피현상도 있겠지만 최근 소비자들의 크롬색조에 대한 싫증, 다채로운 외관에대한 대응능력 불가, 광택보다는 은은한 색조에 대한 기호 등을 들 수 있다. 따라서 자동차 부품이나 약전부품, 실내장식에도 종래의 장식도금이 떠나가고 있다. 이러한 다채로운 색조나 분위기를 만들기 위해서는 단일도금으로는 기대하기 어렵고 합금도금이 필요하게 되었다. 표3은 대표적인 합금도금의 종류와 특징을[5] 나타낸다.

과거에는 시안화물욕에 의한 황동도금이 많이 사용되었으나 최근에는 도금된 제품의 다양화가 요망됨에 따라 많은 합금도금이 채용되고 있다. 표 4는 중간층의 도금과 최종 마무리도금의 종류에 따라 아주다른 외관을 가질 수 있는 도금 종류의 조합을 나타내고 있다[6]. 이와같이 많은 장식용 도금과 관련하여 종래의 크로도금과 다른 색조를 가지며 내식성, 내변색성이 우수한 합금도금이 장식용으로 요망되고 있다.

표 4. 제품의 다양화를 위한 합금도금층의 조합



다음은 현재 실용화되고 있는 장식용 합금도금에 대하여 소개한다.

① 가전제품, 자동차 내장품

가전제품이나 자동차의 내장품에 도금이 적용되는 비율은 점차 낮아지고 있다. 생산원가의 절감 때문에 플라스틱자체를 그대로 사용한다. 그러나 금속이 갖는 고급감 때문에 고급차의 내장품에는 도금되는 비율이 높아지고 있다. 적용되는 도금으로서는 Sn-Ni, Sn-Ni-Cu, Sn-Co 합금도금 등 Sn계의 도금이 주를 이루며 이들 모든도금이 Ni/Cr도금에 비하여 은은한 색조를 나타내고 고급감을 가진다.

② 조명기구, 건축장식

조명기구는 금색도금이 많이 쓰이며 주로 시안화물을 사용한 Cu-Sn도금이 행해진다. 그러나 이 합금도금은 내식성이 나빠서 쉽게 변색된다. 변색방지를 위하여 도금후 도장을 실시하여 내식성을 부여한다. 또 황동도금의 표면에 흑색착색을 한후 일부 연마하여 고색을 낸후 도장하기도 한다. 새로운 제품으로서는 Zn-Ni합금도금에 도장을하여 스텐레스색을 나타내는 도금이 시도되고 있다. 또 건축물 장식품에는 Sn-Co합금도금이 많이 사용되고 있다.

③ 안경

안경테의 장식도금으로서는 대부분 금도금이 채용되고 있다. 금도금의 색조를 변화시키기 위하여는 금합금도금을 하여야하며, 금도금의 하지에서 국부전지에 의한 부식을 억제하여 내식성을 향상시키기 위하여는 Pd-Ni도금, Sn-Ni도금, 흑조를 띠는 Sn-Ni-Cu도금등이 합금도금으로 많이 채용된다. 특히 Sn-Ni-Cu도금은 금도금층과 조합해서 사용하는 예가 많이있다. 안경테의 내식성 향상을 위하여 도금표면에 투명도장이나, 안료가 섞인 전착도장을 하여 색조의 다양화도 꾀하고 있다.

④ 장식용 bolt, nut

종래의 장식용 bolt와 nut는 barrel도금으로 Ni도금을 실시한후 망에 걸어 Cr도금을 하였기 때문에 생산성이 매우 나빴다. 여기서 망에걸어 하는 크롬도금 대신 Ni도금과 동일한 레벨링을 갖는 Sn-Co 도금을 적용함으로써 생산성을 높일수 있어서 크롬도금을 대체하는 경우가 많이 있다. Bolt, nut외에 소형제품에도 크롬도금의 바렐도금이 용이하지 않기 때문에 Sn-Co 합금도금을 적용한다. 문제는 크롬도금과 색조가 조금 다르기 때문에 발주자에게 이해가 필요하다.

⑤ 금도금 하지용

금도금의 하지도금으로는 Ni도금이 많이 사용되고 있으나 최근 구미에서는 Ni 알리지의 문제가 엄격해져 금도금의 하지용으로 사용할수 없게 되었다. Ni 대용으로 Cu-Sn 이 사용되기 시작했다[7]. 국부전지의 작용에 의한 부식을 감소시키기 위하여 Cu-Sn도금위에 Pd도금을 하고 금도금을 하는 방법이 채택되고 있다.

2.2.2. 방식용 합금도금

방식용 도금으로는 아연도금이 자동차용 부품을 중심으로 널리 이용되어오고 있으며 용도에 따라 각종 크로메이트 처리가 실시되고 있지만 내식성이 요구되는 제품에 대해서는 Sn-Zn도금,

Zn-Fe도금, Zn-Ni도금 등의 방식용 합금도금이 행해진다. 이것은 자동차의 소위 방청기준인 10-5-2-1(구멍이 뚫리는 발청없이 10년, 표면발청없이 5년, 엔진룸내의 발청없이 2년, 하부발청없이 1년)에 적합하기 때문이다. 따라서 이들 합금도금은 자동차의 관련부품을 중심으로 사용되어오고 있다. 표5 는 이들 합금도금의 특성을 비교한 것이다[6].

Zn-Ni 도금강판은 무도장의 상태에서 내식성의 향상을 목표로 개발된 제품이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 Ni 함유량에 따른 적발청발생시간은 Ni 함유량이 10-16%에서 가장 길게 나타났는데 이것은 이조성에서 γ 상의 단일상을 가져 2상간의 국부전지형성이 없기 때문이다[8]. 또한 프레스에 의한 성형성면에서는 Ni 10-11% 선을 경계로 하여 함량이 적어지면 η 상에 의해 마찰계수가 커져 가공성이 나빠지며, 함량이 높아지면 피막의 경도가 커져 가공시 피막의 일부가 파괴되어 박리되는 경향(powdering)을 보여 프레스성형의 관점에서 보면 12%전후가 가장 좋다.

또한 일본에서의 아연계 합금도금육의 사용추이를 보면 그림 4 에서 보는바와 같이 방식용 합금도금의 사용량이 현저하게 증가되고 있음을 알 수 있으며[6] 지역별로 집계된통계에 의하면 지역별로 사용되는 합금도금의 종류가 다르며 자동차 메이커에 따라서도 다르게 나타났다.

표 5. 방식용 합금도금의 특성 비교

합금도금	조 성	가격 Zn=1	장 점	단 점	주요용도
Sn-Zn	Sn 70%	4.0	피막이 연하다. 2차 가공성이 좋다. 땀납성이 좋다.	옥외에서의 내식성이 나쁘다.	2차가공부품 연료탱크, 관내부
Zn-Ni	Ni 10-12%	1.6	피막의 내식성이 좋다. 가열에 의한 내식성 저하가 없다.	아황산가스에 의한 부식이 쉽게 일어난다.	엔진룸내의 부품
Zn-Fe	Fe 0.8%	1.2	은염 등에 의해 흑색크로메이트처리가 가능하다. 아황산가스에 의한 내식성이 우수하다.	가열에 의한 내식성이 급격히 감소한다.	bolt, nut, washer

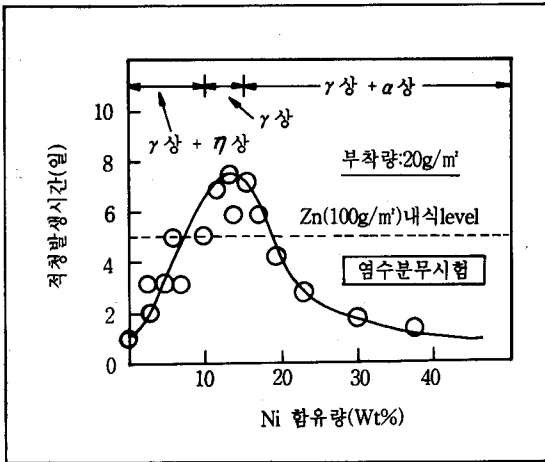


그림 3. Zn-Ni 합금도금의 조성에 따른 발청시간

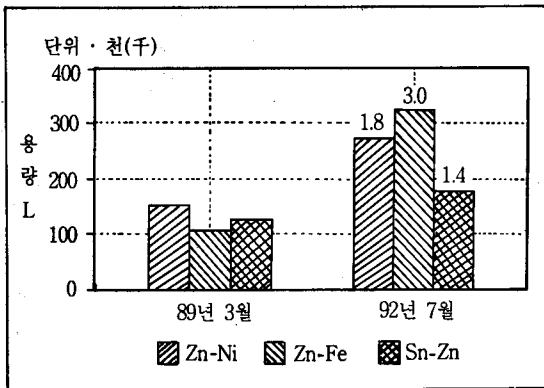


그림 4. 일본내 아연계 합금도금용 사용 증가 추세

자동차의 내식성 향상을 위하여 각종 합금도금이 적용되지만 생산원가의 절감을 위해서는 부품별, 용도별로 합금도금의 적용도 선별되어야 할 것이다.

2.2.3. 전자부품용 합금도금

Lead frame, Chip저항, 프린트기판 등 전자부품은 부품과 부품의 접속에 Sn-Pb의 합금도금이 많이 사용된다. 합금의 조성은 Sn:Pb=6:4에서 9:1까지 광범위한 조성을 갖는다. 최근에는 광택이 우수한 9:1의 조성을 갖는 합금도금이 가장 많이 사용되고 있다. 피막을 구분하면 특히, fusing성을 개

선한 도금도 개발되었다. 뿔납도금은 용점이 낮아서 용점이 높고 우수한 뿔납성을 갖는 Sn-Ni도 이러한 목적에 이용된다. 또 폐수처리의 관점에서 납의 규제가 강화되어 Sn-Pb도금을 대체할 수 있는 뿔납성이 우수한 합금도금의 개발도 요망되고 있다.

금도금의 하지도금을 검토하는 것은 성능을 저하시키지 않으면서 금을 절약하는 효과가 있는 것이다. 일반적으로 금도금 하지로는 광택니켈이 사용되나 니켈은 소지표면을 평활하게 하는 역할을 하지만 금의 핀홀을 통해서 니켈이 부식되기 때문에 접촉저항값을 크게하는 원인이 된다. 따라서 내식성이 우수한 Sn-Ni 합금도금 및 Pd-Ni합금도금이 금도금의 하지용으로 이용된다[9].

2.2.4. 공업용 합금도금

크롬도금은 공업용도금의 대표적인 도금으로 각종 roll, 피스톤 링, 금형, 절삭공구, 시린다 등에 이용되고 있다. 크롬도금의 경도는 Hv 800 - 1000 로 도금피막중에는 가장 높은것중의 하나이며 내마모성, 비점착성, 우수한 내식성을 가진다. 반면에 전류효율이 낮고 응력이 높으며 충격에 약하고, 고온에서 내마모성이 떨어지며 연성이 낮은 단점이 있다. 또 도금시 균일전착성이 나빠며, 도금층에 크랙이 있어 가혹한 부식환경에서는 내식성이 나빠다. 이러한 공업용 크롬도금의 결점을 보완하기 위하여 다른 합금도금이 검토되고 있다. 예를들면 고온에서의 내마모성이 요구되는 연속주조용 몰드에는 Ni-Fe도금 및 Ni-B도금이 적용되고 있다. 또 유리용 금형에의한 내열성이 요구되는 제품에는 Ni-W도금이 이용되고 있다, 또 피막중에 탄소함량이 0.1%가 되면 경도가 Hv 800 이 되는 Fe-C 합금도금, 내열 산화성이 있는 Ni-Al도금 등이 개발되어 새로운 응용이 기대된다.

① Ni-W 합금도금

미국환경청(EPA)이 1989년부터 공해방지규정을 순차적으로 적용하기로 하였으며 크롬의 배출도

규제대상에 포함되었다. 그러나 1989년 시점부터 법령의 준수가 실현불가하다는 것을 알고 EPA는 입장상 시설, 자금, 인력이 풍부한 항공우주산업계에 공업용 크롬도금대체 공정개발을 요청하게 되었다. 이에 미국의 대형항공우주산업사인 Boeing, Bell Aerospace, Lockheed Air/Missile사 등이 이 사업을 시작하였고 일본의 LASER기기 maker도 수년전부터 크롬대체 도금의 검토를 시작했다. 대체도금의 target는 Ni-W합금도금이 되었다. Ni계 무전해도금과 이를 기지로운 복합도금은 특정 용도에는 크롬도금을 능가하지만 P와B를 함유하고 있어서 고온특성에서는 크롬도금보다 취약해 검토대상에서 제외되었다.

1984년 일본의 표면기술협회가 Ni-W합금도금에 대하여 'pit의 제거가 곤란하고, 전착인장응력이 크다'고 발표하였으나 이러한 난점을 극복하고 SiC입자분산 Ni-W합금도금을 개발하여 1990년 미국특허를 얻었다[10]. 그림 5는 각종 내마모성

재료와 Ni-W-SiC합금도금층의 내마모 시험결과를 나타내고 있다. Ni-W-SiC합금도금층이 경질 크롬 도금층 보다 내마모성이 약 2배 정도 우수한 것으로 나타나 있다.

Ni-W 합금도금은 일본에서는 관서지방을 중심으로 공업화되어 니코트10, 하드로이NW, 나츝44, SNW 등의 상품명으로 사용되고 있다. Ni-W 합금도금은 크롬도금의 약점인 F, Cl 등의 할로겐화물의 환경이나 크롬의 산화가 급속히 진행되는 600℃ 이상의 고온환경용으로 사용된다.

이 도금층의 성질은 W의 함유율이 높으면 왕수에도 녹지않는 내산화성을 가지고 있어 불소가스가 발생하는 PTFE 사출성형용금형이나 철강회사의 ETL강판제조용 conductor roll의 제조에 사용된다. 도금된 상태에서는 Hv 600정도의 경도를 가지며, 경화열처리를 하면 Hv 1,300정도가 된다. 또 그림 6 에서와 같이 고온에서의 경도도 최고 약 Hv 1000정도의 값을 가진다[11]. 고온에서

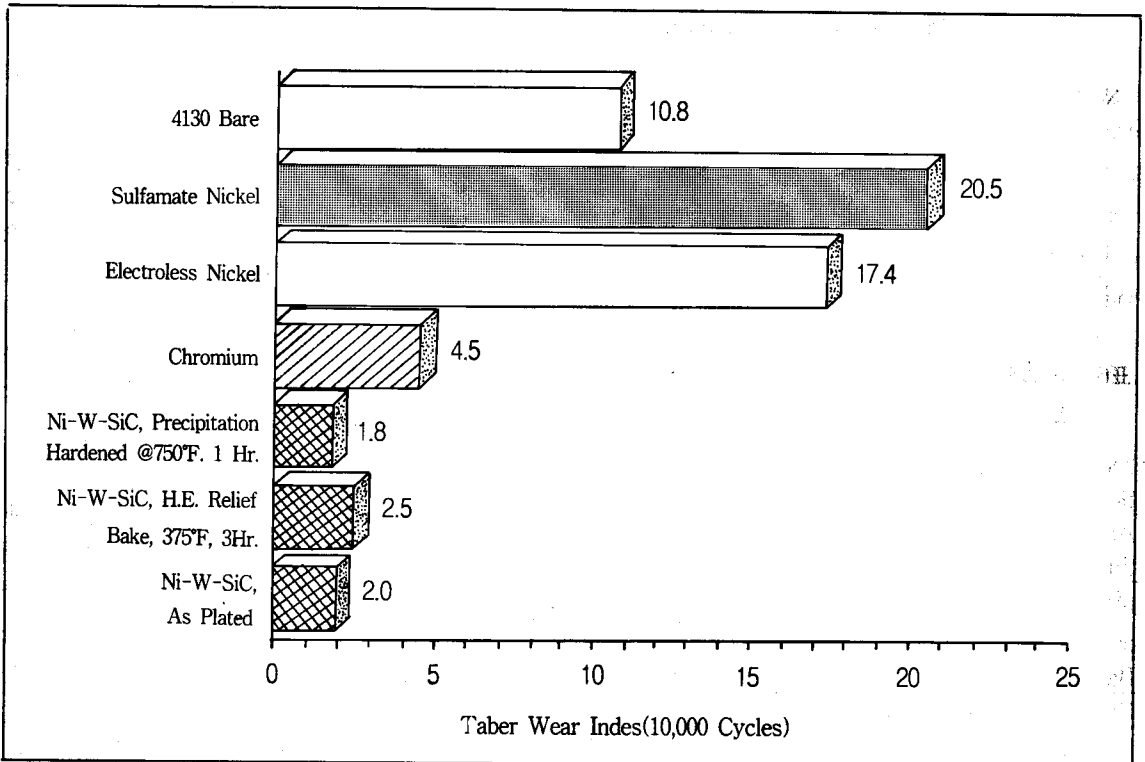


그림 5. 각종 내마모성 재료와 Ni-W-SiC 합금도금층의 내마모 시험결과

유리와의 이형성 및 비점착성도 좋아 이형제가 불필요하여 사용온도가 약 1000°C인 TV 브라운관용 프레스 금형이나 유리잔용 blow성형용 금형에 사용된다.

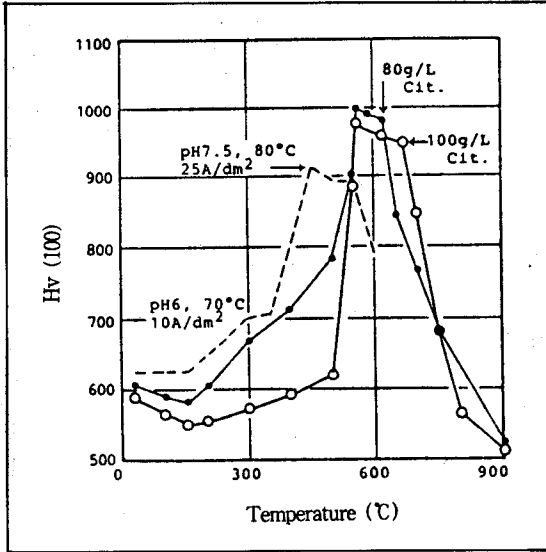


그림 6. Wear resistance of various coatings.

Ni-W합금도금의 대표적인 욕조성은 표 6에 나타낸바와 같으며 과거에는 다량의 암모니아가 함유된 액을 사용하여 이의 비산으로 인한 작업환경에 문제가 있었으나, 최근 pH 6 정도의 중성 구연산-암모니아 혼합 착체욕이 개발됨에 따라 이러한 문제를 해결되었다[12].

표 6. Ni-W합금도금의 대표적인 욕조성과 도금 조건

Nickel sulfate, NiSO ₄ · 6H ₂ O	30-40 g/l
Sodium tungstate, Na ₂ WO ₄ · 2H ₂ O	55-75 g/l
Ammonium citrate, NH ₄ HC ₆ H ₅ O ₇	70-110 g/l
Silicon Carbide, 0.8-1.5μm	10-50 g/l
pH(Adjust with ammonium hydroxide or citric acid)	6.0-8.0
Bath temperature	65~80°C
Cathode current density	10-30 A/dm ²

욕의 열화를 방지하기위한 특수 Ir-Ta계 복합 산화물로된 불용성양극(DSE)[13]도 개발되어 욕수 명도 증가되었다. 일본에서는 피막의 무 pit, 저응력기술이 달성되고, 외관의 균일성, 광택성, 강인성부여제가 개발되고 W보급용 약품이 개발[14]되었을뿐만 아니라 소재의 기계적 성질에는 영영향을 미치지 않으면서 NiW도금층만 경화시키는 laser 열처리법도 개발되었다.

② 용융염에서의 합금도금

전기도금법은 고순도, 고품위의 도금층을 얻거나 조성이 정해진 합금층을 얻는데, 연속적인 작업을 할수있는점 등 고기능성 재료의 대량생산에 가장 적합하다. 현재 공업적으로 행해지고 있는 전기도금은 거의 대부분 수용액에서 행해지고 있다. 그러나 산소친화력이 극히 강한 Ti, Ta, Nb, V 등이나 산화 환원전위가 아주낮은 1A족, 2A족 등은 수용액중의 도금이 불가능하다. 이러한 불가능한 원소의 도금이 가능해지면 현재로는 개발이 안된 신재료의 창출이 가능하게 된다.

용융염도금에 의한 합금도금은 표 7에서 나타나있는바와 같이 고강도, 내열성이 우수한 Al합금을 중심으로 해서 Mo-C, Nb-Ta, Ta-Li 합금 등이 연구되고 있다[15]. 그중에서 Al-Li, Al-Zr, Cu-Li, Pd-Li 합금은 모두 음극에서 이중금속으로 석출되어 확산에 의하여 합금을 만든다. 회토류 금속을 함유하는 Nd-Fe합금은 자성특성에 약영향을 미치는 산소나 탄소의 농도가 극히 낮은 성분을 얻을수 있으며 고품위는 RE-Fe로 99.9%에 달한다.

상온형 용융염욕에서 전착도금된 예로는 Al-Ti, Al-Nb, Sn-Nb, Zn-Co 등의 합금이 있다. Al-Nb, Sn-Nb 합금은 각기 금속간화합물계 초전도체인 Nb₃Al, Nb₃Sn의 제작을 목표로 현재 합금 조성의 제어조건이 검토되고 있다. 또 Zn-Co는 용융염욕에서의 전착조건에 따라 비정질 합금을 얻을수 있어 고부가가치재료로서 기대가 크다.

표 7. 용융염에서의 합금도금의 예

합금	용융도금욕 조성분
Al-Cr	AlCl ₃ -CrCl ₂ -EMIC
Al-Li	LiCl-KCl-LiF
Al-Mn	AlCl ₃ -MnCl ₂ -NaCl
Al-Nb	AlCl ₃ -NbCl ₅ -BPC
Al-Ni	room temp. molten chloroaluminates
Al-Ti	AlCl ₃ -TiCl _n -(n=2 or 3)-BPC
Al-Y	NiCl ₂ -KCl
Al-Zr	ZrCl ₂ -LiCl-KCl
C-Mo	LiF-NaF-KF
Co-La	urea-NaBr-formamide
Co-Zn	ZnCl ₂ -CoCl ₂ -BPC
Cr-Ni	NiCl ₂ -CrCl ₃
Cu-Li	LiCl-KCl
Fe-Nd	KCl-NdCl ₃ -LiF-NdF ₃ -NdCl ₂ -O ₃ ,LiF -NdF ₃
Li-Pd	LiCl-KCl
Li-Ta	TaCl ₅ -KCl-LiCl
Nb-Sn	SnCl ₂ -NbCl ₅ -BPC
Nb-Ta	chloride-fluoride melt
Ca-Li-K	Ca(NO ₃)-LiNO ₃ -KNO ₃

용융염도금은 수용액계에서는 불가능한 금속이나 합금을 석출시킬수 있어서 신기능재료를 얻을수 있는 가능성이 크지만 일반적으로 고온에서 작업해야 하므로 분위기 제어가 필요하고 생산단가가 높은 등 공업화하기에는 많은 문제점이 남아있지만 핵융합의 blanket 재료, 연료전지 발전시스템, 태양열 발전용 축열시스템에의 이용 등 광범위하게 검토되고 있다.

3. 결 론

공업적으로 사용되는 도금기술이 근래까지는

단일금속의 도금기술이 주종을 이루었으나 제품의 기능이 다양화해지고 고기능을 요구하는 부품이 증가하면서 그 기능에 적합한 도금기술이 요구되고 있다. 그러나 단일금속의 도금기술로는 그 요구를 충족하지 못하는 고기능성 부품이 많아지는 추세를 감안할 때 기능성 합금도금의 수요는 더욱더 늘어날 것이며 이러한 기능을 만족시키기 위한 합금도금의 기술개발이 절실하게 요구되고 있다.

참고문헌

- 1) A. Brenner ; Electrodeposition of Alloys, Academic Press. 1963.
- 2) A. Krohn, C. W. Bohn : Plating vol. 58 (1971) 237.
- 3) W. H. Safranek : The properties of Electrodeposited Metals and Alloys, American Elsevier(1974)
- 4) A. Brenner, Plating, vol. 52 (1965) 1249
- 5) 木夏本英彦, 表面技術, vol. 46, No1 (1995) 19.
- 6) 電氣 めっき ガイド, 全國鍍金工業組合連合會 (1988) p39
- 7) 服田正雄, めっき技術, vol. 7, No. 2 (1994)9.
- 8) 澁谷教義, 表面技術, vol. 46, No.1 (1995) 24.
- 9) 木夏本英彦, 金屬表面技術. vol. 33 (1982) 341.
- 10) Koji Takada, U. S. Pat. No 4. 892, 627.
- 11) 小見 崇 外, 表面技術, vol. 40. No. 12(1989) 1432.
- 12) 小見 崇 外, 表面技術, vol 40. No11. (1989) 1287.
- 13) 小見 崇, 公開特許公報(A) 昭 63-203800 (1988. 8. 23)
- 14) 小見 崇, 電氣鍍金研究會 研究委員會. 表協專門部會 合同研究報告會資料 (平成5年12月14日)
- 15) 小浦延幸, 表面技術, wt46. No12. (1995) 1088.