

<技術解説>

電 鑄 (Electro Casting)

李 鍾 南 \*

1. 개 요

전주법이란 금속의 전착성(電着性)을 이용하여 전해액 중에서 소정의 원형 위에도 금속 석출층(析出層)을 생성시켜, 그 전착층을 목적하는 제품으로 하는 가공법으로서 전기화학적 정밀 주조법의 일종이다.

즉 만들고자 하는 형태의 모형의 표면에 전해액(대개의 경우 전기 도금액도 동일 성분 동일 조성으로 되어 있다.)으로 금속을 전석시켜 그 전석금속층을 모형으로부터 분리시켜 물품을 제작하는 방법을 말하는 것이다. 그렇지만 소지로부터 분리하지 않고 이용되는 build up을 위한 두꺼운 도금이나 전해 정련등과 같이, 음극에 두꺼운 전석물을 얻는 방법도 넓은 의미에 있어서는 전주로 간주하는 경우도 있다.

그러나 일반적으로 전주라 하는 것은 전자를 가리켜 말한다. 쉽게 말하면 전주와 일반적으로 사용되는 방식(防蝕) 내지 장식용 전기 도금과의 근본적 차이점은, 도금층의 두께가 전주 쪽이 훨씬 두껍다는 점이다.

또 이형(離型)하여 전주제품으로서 이용할 경우에는 소지와 전석 금속층 사이의 밀착성은 거의 필요로 하지 않으며 전석초기에 분리를 억제하는 정도로서 충분하다. 따라서 모형의 형태, 전처리 등에는 전기도금과 다른 특수한 용구나 방법이 필요하지만 전해액 조성이나 전해조건 등은 전기도금과 거의 같다.

이를 좀더 구체적으로 비교하면 다음과 같은 점을 들 수 있다.

⑦ 전기 도금은 피도금 가공물의 내식성, 내마모성, 장식등을 주목적으로 하는 표면 가공 기술이지만, 전주법은 전착층 자체를 제품으로 한다.

㉠ 따라서 전착의 두께는 도금의 경우가 10 ~ 50 μ인데 비해 얇은 것은 20 ~ 30 μ, 두꺼운 것은 20 ~ 30 mm 되는 제품을 제작한다.

㉡ 전주법은 제품의 강도, 정밀도와 조형전사가 기술적 요인이 된다.

㉢ 전기 도금에 있어서는 소지 금속과 전착 금속과의 강한 접착이 요구되는데 대해, 전주에 있어서는 소지 원형(母型)이 박리(剝離)를 쉽게 해야 한다.

플라스틱용 금형으로서 실용화 되고 있는 니켈에 의한 전주는 가끔 작업조건의 관리가 어렵지만 기계적 성질이 우수하고 cavity cope 등의 이용이 현재의 탄소강 금형 이상의 확실성이 인정되어 그의 활용 범위가 넓어지고 있다.

기계 가공을 하는 대신에 전주에 의해서 제품을 제조할 필요가 있는 경우는 대략 다음과 같다.

- ① 기계적 방법에 의해 가공하는 것이 어렵거나, 비용이 극히 많이 들 경우
- ② 제품에 대해, 특수한 물리적 기계적 성질이 요구되는 경우
- ③ 복잡한 형태로서 규격의 정밀도가 중요시 되는 경우
- ④ 박판을 제조할 경우
- ⑤ 세밀한 표면 형상을 정밀하게 재현시키고자 할 경우
- ⑥ 작은 개수 밖에 만들지 않을 때 기계 가공에 의하면 공구에 대한 비용이 많아지는 경우 등이다.

위와 같은 경우에 전주법을 이용하는 장점으로서의 설계에 따라 세부까지 충실히 만들 수 있고, 모형의 복잡한 모양까지도 재현할 수 있으며 또 경면을 만들 수 있고, 상당히 큰 제품까지도 만들 수 있는 점 등이다.

전주제품의 좋고 나쁨은 제품의 설계 모형의 설계에 있다고 할 수 있다. 더우기 모형 재료의 종류, 이형처리, 전석물의 제성질 등도 제품에 영향이 있다고 알려져 있다.

\* 高麗大學校 工科大學 教授

모형에는 금속모형 비금속모형의 두가지가 있지만 또 다른 분류로서는 이형때마다 모형을 파괴하여 이형하는 소모형 모형 (expendable model) 과 여러번 이용할 수 있는 영구형 모형 (permanent model) 이 있다.

영구형 금속 모형으로서 스텐레스강, 철강, 동, 황동, 니켈 등의 전주 모형이 있다. 스텐레스강은 내식성이 양호하고 부동태화 피막으로 덮여 있기 때문에 이형이 쉬운 한편, 정밀도를 높이기 위한 기계 가공도 가능하며 더구나 완성된 표면이 파손되거나 변형되기 어려운점 등이 많은 이점이 있다.

동, 황동은 조각이 쉽고, 복잡한 표면 모양의 제품을 만드는데 이용하고 있다. 또 그 원판으로서의 같은 모형을 여러개 전주하여 만드는 경우에 이용된다.

그리고 철강이나 동, 황동 모형의 표면을 경화시키고, 이형을 쉽게 하기 위해 니켈, 또는 크롬 도금을 얇게 실시하는 경우도 있다. 비금속재 모형재료는 에폭시수지, 비닐수지 등이 이용되고 있다.

한편, 소모형 금속 모형으로서 wood's metal 같은 저용점 합금이 동이나 철강의 금형에서 주조되어 모형으로 이용되는 것 이외에도 알루미늄 등의 이용성 금속도 이용되고 있다. 알루미늄은 알카리액에 의해 용해가 가능하고 전주재인 니켈, 철 등은 알카리액에 침투 침식되지 않기 때문에 정밀한 전주제품을 얻을 목적으로 소모형으로 이용되고 있다.

이에 대해 별로 정밀도를 요하지 않는 경우는 비금속재의 소모형 모형을 이용하고 있다. 이에 수지, 비닐계 수지, 목재 석고 등이 있다. 목재, 석고등을 모형으로 이용할 때는 이들이 흡수성이기 때문에 전주액을 흡수하지 않게 하는 것이 필요하다.

모형의 형상에 있어서는 설계 단계에서 특별한 배려가 필요하다. 즉 일반 도금에 있어도 문제가 되는 깊은 홈이나 예리한 요철부, 그 외 기포가 고이기 쉬운 형상이나 전해액의 순환이 용이한 형상등은 피해야만 한다. 또 전석물의 기계적 강도를 약하게 하는 형태, 예로서 전주 제품의 형상이 날카로운 돌출부를 갖는 경우, 모형은 오목하게 파인 예각부의 내면에도 전석이 실시되어야 하는데, 그 정점부 및 정점에서 각의 2등분선 상에 불연속선을 만들게 되어, 그 부분의 기

계적 성질을 약하게 한다. 이와 같은 경우에는 예각부를 둥글게 만들어 주는 것이 필요하다. 또, 원주형 모형의 둘레에 전석을 시킬 경우 1~3°의 경사를 붙여 이형 (離型) 하기 쉽도록 할 필요가 있다. 금속 모형에 대해서는 전석 금속의 이형을 쉽게 하기 위해 비금속 모형에 있어서는 전도성을 부여하기 위해 전처리기가 필요하다. 즉 스텐레스강, 크롬 도금의 표면은 대기중에서 자연히 부동태화 피막으로 덮여 있기 때문에 이형처리를 특별히 할 필요는 없지만, 동, 니켈 철 등에 있어서는 크롬산염 처리, 전해산화유화물 처리등에 의해 이형 피막을 생성시킬 필요가 있다.

한편 비금속 모형에다 전도성을 주기 위해서는 물리적 방법과 화학적 방법이 있다.

전자에는 흑연 또는 금속 분말과 같은 전도성 분말을 바르는 방법 및 진공증착, sputtering 등이 있다. 후자에는 은경 반응을 이용하여, 은액과 환원액 등을 nozzle에 의해서 분무시켜 은 피막을 얻는 방법, 그외 무전해 도금법 등이 있다.

전석시킨 금속으로서 니켈, 동, 철 등이 많이 쓰이고 있다. 특수한 목적에 금, 은 등도 이용되고 있다.

또한 합금, 복합 전석물을 이용할 때도 있다. 이들은 특히 단단하고, 강도를 특별히 요구하는 경우 등의 특수용도에 이용되고 있다. 전석물의 성질에 있어서 특히 중요시 되고 있는 것은 전착 응력이다. 즉 인장의 전착 응력에는 전착물에 균열이나 소재를 등갈게 하려는 경향이 있다. 이와 같이 전착응력이 클 경우에는 전석초기에 있어서 모형으로부터 전석층이 떨어지기 쉽고 또 이형할 경우에 전주 제품에 깨짐, 버러짐 (젓혀짐) 및 변형등의 원인이 된다. 전착 응력은 전해액의 성분, 조성 및 전해 조건의 영향을 받는 것은 물론이지만 첨가제, 불순물 등에도 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 전주욕에 있어서는 전착응력이 적은 조성파 조건을 선택할 필요가 있다. 또 처음에도 말한 바 있지만, 전기 도금에 비해 일반적으로 두꺼운 전석층을 요구하므로 단 시간에 두꺼운 전석층이 얻어질 수 있도록 큰 전류를 흘릴 수 있고, 또한 효율이 높은 욕이 전주욕으로 선택되고 있다.

## 2. 특 징

전주법의 장단점을 간추려 보면 대략 다음

과 같다.

(1) 장 점

니켈 전주법이 기계 가공이나 그의 가공법에 비해 특히 다른점은 다음과 같다.

㉚ 전주제품의 기계적 계 성질 (항장력, 경도등)은 작업조건과 전주목의 선택에 따라 광범위하게 조정할 수 있다.

㉛ 전사정밀도는 1mm의 10만분의 1 이하의 작은 요철까지 정확히 복제된다.

㉜ 치수의 정밀도는 모형을 기준으로, 원통형상의 것으로는 1/100mm 이내, 평형상의 것으로는 300mm에 붙은 5/100mm 또는 그 이상의 것이 얻어질 수 있다.

㉝ 특히 얇은 금속판 제품 또는 그 이상이 얻어진다.

㉞ 이음새 또는 판의 중공부등의 복잡한 요철 형태의 면도 만들 수 있다.

㉟ 전주주의 설비를 크게하면 대형 전주제품의 제조가 가능하다.

(2) 단 점

위에서 말한것에 반해, 단점이 되는 것은 아래와 같은 점이다.

㉚ 가공시간이 길다.

㉛ 엄밀한 원형을 필요로 한다.

㉜ 요철이 심한 물품은 균일한 전착층을 얻기 어렵다.

㉝ 전사 정밀도가 현저하기 때문에 모형의 어떤 손상부라도 정확하게 재현시켜 버린다.

㉞ 모형의 설계, 제작, 전착 고정에 있어서 고도의 기술과 경험을 필요로 한다.

3. 각종 금형에의 응용

전주법의 용도는 다른 방법으로는 가공이 곤란하든지 또는, 전주법에 의하지 않으면 안되는 제품 및 제품의 치수가 엄격히 요구되는 것 등으로서 이 전주법에 의하지 않으면 안되는 제품 및 제품의 치수가 엄격히 요구되는 것 등으로서 이 전주법을 기술적 특색 및 경제성으로 보아서 금형으로서 실용화 되고 있는 것에는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 치수 정밀도가 높은 공업부품

(예) 나이론 기어, 캠 등

(2) 불규칙하거나 복잡한 형상을 가지는 것의 모사

(예) 악어가죽, 나무결, 미술품, 의치 등의

모양

(3) 각종 명판, 손잡이

(예) 라디오, 텔레비전의 문자판, 장식판 시계, 문자판, 손잡이 등

(4) 내면 또는 외면에 정교한 공작을 요하는 것들

(예) 인형, 피스톨 그 밖의 정교한 완구 특히 Slush mold 용에 사용

(5) 각종 광학 부품

(예) 사진기 부품, 반사경, 각종 렌즈 등

(6) 환형 및 각형의 물건

(예) 볼펜, 다각형체, 화장품 용기

(7) design상 형상의 균일성을 엄밀히 요구하는 것

(예) 울건의 키, 계산기의 보턴 등

4. 작업 공정

전주작업 공정의 대략을 표시하면 그림 1과 같으며 각 공정을 약술하면 다음과 같다.

(1) 모형의 설계

최초는 모형재료였지만 현재 사용되고 있는 것은 일반 동재(鋼材)외에 아연 합금, 동 및 동합금, 알루미늄, 저용합금 등의 전도체 재료와 플라스틱 왁스등의 비 전도체 재료가 있다. 모형의 선택은 사용횟수, 제작방법에 의해 결정되는데, 전자는 소모형, 후자는 반 영구형이라고 할 수 있다.

가장 일반적으로 사용되는 것이 S35C 정도의 강인데, 기계공작, 표면연마가 용이하며, 강도가 있어 모형을 수회 사용할 수가 있다. 이 재질의 결점은 내식성이 현저히 모자라므로 전착할 때의 전처리나 이형처리에 부적당하고, 사용후의 보관이 잘못될 경우에는 부식되어 재 사용이 불가능하게 된다. 특히 전주공장내는 산성가스, 습기가 많기 때문에 방청보관에 주의를 필요로 한다.

① 황동 모형

기계 가공이 쉽고 내식성이 뛰어나며 전처리나 이형처리가 쉽고, 보관중에 부식될 염려가 없기 때문에 편리하다.

그러나 표면마모가 문제가 되며 경면화 마무리 가공이 어렵고 흠이 생기기 쉬워서 사용 빈도가 높은 모형으로는 부적당하다.

② 스텐레스강 모형

기계 공작성이 좀 어려우나, 기계적 성질, 내식성 등이 모두 좋아서 전착 전처리, 이형

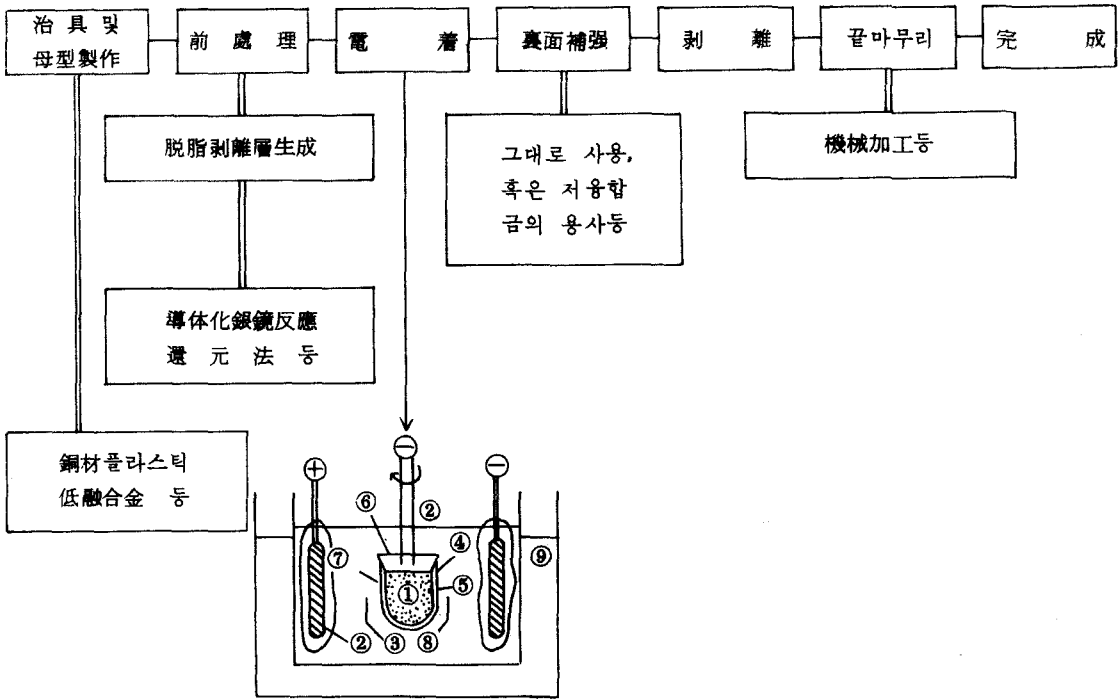


그림 1. 전주의 작업공정

후 가공 등에 어떠한 결함없이 작업을 진행할 수 있다.

한벌의 모형으로 제품을 여러번 제작할 필요가 있을 경우에 최적인 모형재질이다.

③ 알루미늄 모형

기계공작, 마무리의 정밀한 가공이 어렵고 전착 전처리 공정이 다른 모형(母型) 재질에 비해서 복잡한 손질이 필요하기 때문에 난점이 있지만 under cut 등으로서 모형(母型)이 빼어 낼 수 없는 형상이나 slush 금형등의 모형으로 사용되어 전착 종료후 화학적으로 용해해서 1회에 한해서 쓸 수 있는 모형재로 사용되고 있다.

④ 플라스틱 모형(母型)

이미 사용되고 있는 플라스틱 제품의 금형 복제, 대량제품 등의 모형으로 자주 사용되고 있지만 정밀도에 결함이 많아서 고정밀도를 요하는 제품의 모형재료는 부적당하다.

어느 것이든 모형재료로는 가공이 쉬우며 전처리하기가 좋고 또한 전착성이 좋은 것을 선정해야 한다. 제품의 형상, 제작개수, 전착조건의 면에서 보면 제품형상은 가급적 소공(小孔) 또는

가늘고 깊은 홈등의 심한 요철이 없는 것이 바람직하다.

일반적으로 전착완료 후 모형을 꺼낼 때에 제품이 상하지 않도록 최소한의 인발구배를 주어야 한다. 다시 전주 완료 후 금형에 삽입할 경우에도 가공설계 강도등을 충분히 고려해서 모형의 설계가 이루어지고 있다. 그림 2는 펜촉의 강재 모형(鋼材母型)의 예로서 e부는 후가공할때의 체결면(締結面)이고 n은 발취를 위한 nut를 표시한다.

(2) 전처리

제작된 모형에 전착을 잘 되게 하기 위하여 전착을 하기전에 모형에 실시하는 공정을 일반적으로 전처리 공정이라 한다.

특히 중요한 것은 탈지, 도체화처리, 이형처리가 있다. 모형이 비금속일 경우에는 도체화처리가 필요하며 은, 흑연을 입히든지 은경법, 무전해법 등을 이용하고 있다.

모형재가 일반금속일 경우에는 유기도로, 흑연 산화피막, 크롬산피막, 황화은피막 등의 분리피막을 자조의 용액이나 기타 조건에 맞도록 선택하여 사용하고 있다.

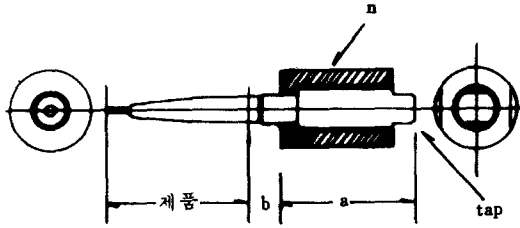


그림 2 펜촉의 모형 (銅鑿)

(3) 전 착

전처리 완료 후 전주조(電鑄槽)에 모형을 설치하여 전착하는 것인데 문제가 되는 것은 전해욕의 선정과 작업조건의 선택이다. 특히 전착의 두께, 경도, 인장강도등의 기계적 성질, 허용변형, 사용목적 등에 따른 전착조건과 전해욕이 사용되고 있다. 또 전착능률과 균일성을 높이기 위해 교반이 행해지고 있다. 교반의 방식은 초음파, 기계적 진동, 회전운동 등이 제품의 형태와 조에 따라 적당히 사용되어지고 있다.

전착공정은 장시간에 걸친 연속작업이며 그 시

간동안 욱의 성분, 농도, 온도, 전류밀도 등을 엄밀히 관리해야 한다.

또 제품의 형상에 따라서는 전착이 어려운 부분이나 전착이 안된 부분 또는 너무 많이 된 부분 등을 일정히 하기 위해 기계 가공등으로 과잉부를 절삭한 후 재(再)전착을 하든지 또는 특수 보조극을 사용하여 부분제어를 하여 균일한 전착층을 만드는 작업이 행해지고 있다.

현재 알려진 일반적인 욱조성 및 전착금속의 속도는 표 1 및 2와 같다.

장시간 욱조성을 균일하게 유지시키고 전류밀도, 온도가 자동적으로 생성층에 따라 제어되고 또 극의 원형(母型)의 형상의 크기에 준해서 자전, 공전, 진폭운동 등의 교반작용을 효과적으로 활용할 수 있는 설비가 되고 있다.

(4) 표면보강

전착제품을 형판(型板)에 삽입하여 고정할 경우 될 수 있는 한 두꺼운 층인 것이 좋다.

pen 축 등의 cavity, bush와 같은 원통형으로서, 가늘고 긴 형상의 것은 비교적 균일하게 능률적으로 소정의 두께를 얻기 쉽지만 형태가

표 1. 니켈 전주에 사용되는 일반적인 전주욕

		실 파 민 酸 浴	Watt 浴	全 鹽 化 物 浴	弗 化 物 浴
主 成 分 g/l	실 파 민 酸 니 켈	450			
	黃 酸 니 켈		240		
	鹽 化 니 켈		45	300	
	硼 弗 化 니 켈				440
	硼 酸	30	30	30	30
	活 性 劑	0.3	0.3	0.3	0.5
條 件	Ph	3 ~ 5	3 ~ 5	1.8 ~ 2	3.0 ~ 4.5
	溫 度	40° ~ 60°C	40° ~ 60°C	60° ~ 90°C	30° ~ 70°C
	電 流 密 度	5 ~ 20 A/dm <sup>2</sup>	5 ~ 30 A/dm <sup>2</sup>	10 ~ 50 A/dm <sup>2</sup>	10 ~ 30 A/dm <sup>2</sup>
屬 的 性 質	硬 度 Hv	200 ~ 550	100 ~ 250	300 ~ 650	125 ~ 300
	延 伸 率 %	10 ~ 45	10 ~ 30	10 ~ 20	5 ~ 30
	引 張 強 度 kg/mm <sup>2</sup>	40 ~ 80	35 ~ 60	50 ~ 90	35 ~ 80

표 2. 電 着 速 度

銅	0.01 ~ 0.2 mm/h
鐵	0.01 ~ 0.4
니 켈	0.03 ~ 0.6
銀	0.075 ~ 0.40

불규칙한 것, 제품이 큰 것, 요철이 심한 것 등은 전체적으로 두꺼운 전착을 요구하게 되면 시간이 걸리고 비경제적이다. 이러한 경우 강도상 필요한 두께를 전착한 후 금형에 삽입하여 고정하는데 필요한 두께는 니켈 이외의 금속으로 보충한다. 이런 작업을 이면보강작업이라 말한다.

이 방법은 금형의 구조, 사용상태에 따라 다르지만 아연합금 등의 비교적 저용점 금속류를 주입한다든가 metallizing에 의해서 build up해서 금속 시멘트를 사용한다든가 하는 등 여러가지가 사용되지만 어떠한 경우라도 전착층과 사용금속과의 강한 접착성을 필요로 하기 때문에 표면보강재도 강도유지에 있어서 구조상으로도 특별한 주의가 필요하다.

### 5. 전주각론

#### (1) 니켈전주

니켈전주는 근년에 와서 전주 공업의 주류를 이루고 있다. 전석 니켈은 경도가 비교적 높고, 또 육조성, 전해 조건을 변화시키므로서 비교적 넓은 범위에 걸쳐 이의 조절이 가능한 점 더욱 더 전석니켈의 기계적 성질은 전석금속중 가장 일반적으로 널리 사용되고 있는 금속 재료인 철강과 가장 유사한 것이고 또 철강에 비해 내식성이 훨씬 뛰어나고 있다는 점 및 니켈의 전해욕(浴)에 관한 여러가지 연구등이 세밀하게 이루어져서 그들의 성질이 잘 알려져 있기 때문에 전주 공업의 주류를 이루고 있다.

니켈 전주 제품은 상기 니켈 전석물의 성질을 이용하여 매우 많은 용도에 사용되고 있다. 몇가지 예를 들면 record 제조의 형, 플라스틱, 성형의 금형, 얇은 screen 즉 전기 면도의 바깥날

(外刃) jucer의 날, 전지의 금속망 등이다. 전주용 니켈욕으로서서는 전기 도금에 이용되고 있는 Watt 욕외에 Sulfermin 산염욕 등도 이용되고 있다.

니켈의 전착응력은 일반적으로 1,000~10,000 psi의 범위 안에 있다고 한다.

sulfermin 산염은 전착 응력이 낮은 전석물이 얻어지고, 고농도 액이 만들어 지기 때문에 높은 전류 밀도로서는 조작할 수 있는 장점을 가지고 있으므로 일반적으로 널리 이용되고 있다.

한편 Watt 욕은 전착 응력이 높으므로 설판기(基)를 포함하는 유기 첨가제를 첨가하고 응력을 제거 시키는 것이 필요하다고 한다. 그러나 이와 같은 유황을 포함하는 첨가제의 사용에 있어서는 유황이 공석되기 때문에 전주제품이 180℃ 이상의 고온에서 사용되는 경우에는 이 유황에 의해서 생기는 취화(脆化)에 주의해야 한다.

전주욕의 조성 조건등에 대해서는 표3에 나타내었다.

#### (2) 동(銅) 전주

동의 전주도 비교적 널리 이용되고 있다. 금형등의 원판, 방전가공 전극, 프린트 배선용(配線用), 동박(銅箔) 등이 전주에 의해 제작되고 있다.

이는 동의 전주 작업이 비교적 쉽고 전석물의 전착 응력이 다른 니켈, 철 등의 전석물에 비해 작기 때문이다. 그렇지만 직접 금형으로 쓸 때에는 경도와 강도 등이 니켈전석물에 비해서 떨어진다.

전주욕으로서서는 산성황산동욕이 일반적으로 쓰이고 있다. 이의 전착 응력은 400~2,000 psi 정도이다. 이 밖에 붕불화 물욕등도 이용되고 있

표 3. 니켈의 電鑄浴의 例

組 成 條 件	설 파 민 酸 鹽 浴	硼 弗 化 物 浴	Watt 浴
설 파 민 酸 니 켈	300 ~ 450 g / l		
硼 弗 化 니 켈		300 ~ 450 g / l	
黃 酸 니 켈			240 ~ 330 g / l
鹽 化 니 켈	0 ~ 15 g / l		37.5 ~ 42.5 g / l
硼 酸	30 ~ 45 g / l	22.5 ~ 37.5 g / l	30 ~ 45 g / l
浴 溫	40 ~ 60 °C	50 ~ 55 °C	45 ~ 60 °C
Ph	3.5 ~ 4.5	3.0 ~ 4.0	1.5 ~ 4.0
電 流 密 度	2.5 ~ 20 A / dm <sup>2</sup>	2.5 ~ 10 A / dm <sup>2</sup>	2.5 ~ 10 A / dm <sup>2</sup>

표 4. 銅電鍍浴의 例

組 成 · 條 件	硫 酸 鹽 浴	弗 化 物 浴
黃 酸 銅	225 ~ 240 g / l	225 ~ 450 g / l
硼 弗 化 銅	45 ~ 75 g / l	·
黃 弗 酸		Ph 0.3 ~ 1.4 까지
硼 弗 酸		25 ~ 50 °C
浴 溫	25 ~ 45 °C	
電 流 密 度	3 ~ 15 A / dm <sup>2</sup>	7.5 ~ 30 A / dm <sup>2</sup>

다. 이 욕(浴)은 고전류 밀도를 사용할 때도 높은 전류 효율로서 단시간에 두꺼운 전석물을 얻을 수 있다는 등의 이점이 있으나 전착 응력은 황산동욕에 비해 높고 폐액처리에 있어서도 문제가 있다. 동전주욕의 조성파 조건은 표 4에 나타나 있다.

(3) 기타 금속의 전주

그 외의 전주 금속으로는 철, 합금, 복합 전석물, 알루미늄, 금, 은 등의 보고가 있다.

철 전주는 일반적으로 전해철의 전착응력이 높기 때문에 그 용도에 제한이 있으나 마모부, 연삭을 잘못된 부분의 build up 등의 용도에 쓰이고 있다. 전해욕으로는 고온에서 조작할 수 있는 전염화물욕이 비교적 전착 응력이 낮기 때문에

많이 사용되고 있다. 그렇지만 그 욕은 전착 응력이 15,000~40,000 psi로 높으며 Fe<sup>+3</sup> ion의 존재로 더욱 높아지는 것을 알 수 있다.

한편 붕불화물욕(浴)도 알려져 있으나 전착 응력이 높다고 한다. 합금 특히 경질 합금 등의 전석물을 전주에 이용하려고 시도하고 있지만 합금의 조성을 균일하게 유지하기가 어렵기 때문에 균일한 성질을 얻기가 어렵다고 한다. 알루미늄은 전주에 이용하려는 시도가 있었고 또한 비수 용액에 의한 전석이 시도되고 있다.

복합 전석물에 의한 전주로서는 금속, 비금속의 호이스카, 섬유, 분말을 사용한 복합 전석물의 전주에의 응용이 시도 되고 있다. 장식, 미술, 공예품으로서 금, 은 등의 전주품도 만들어지고 있다.