

여는 글

뿌리산업은 제조업의 근간을 이루는 핵심 산업임에도 불구하고 다양한 생산기반 기술을 습득하는데 많은 시간과 노력을 필요로 하고 있으나, 산업분야에 대한 세부적인 기술을 연마하고, 이해하기 위한 기술서적은 쉽게 찾아볼 수 없는 것이 현실입니다.

따라서 뿌리산업분야 인력육성 및 인프라를 지원하고 있는 뿌리산업 인적자원개발위원회는 본 개론서를 발간하여 해당분야 산업과 기술을 이해하는데 도움을 드리고자 하였으며, 아울러 평생경력개발경로를 통해 한 분야에서 기술인으로 성장하는데 일조하기 위해 국가직무능력표준(NCS)과 연계하여 지침서로서 활용토록 하였습니다.

앞으로 본 개론서가 특성화고, 일반 대학 전공 학생은 물론, 뿌리산업계에 종사하기 위한 취업예정자와 기업체 소속 근로자, 뿌리산업 관련 훈련 교원 등 모든 분들로부터 환영받기를 기대합니다.

아울러, 본 개론서가 나오기까지 지원을 아끼지 않으신 고용노동부, 한국산업인력공단에 감사의 말씀을 드리며 금형, 금속가공, 표면처리, 용접산업의 발전과 더불어 미래에도 핵심산업으로 도약하는데 작은 도움이 되기를 기대합니다.

2019. 12.

뿌리산업 인적자원개발위원회 위원장 임 영 택
(금형·금속가공·표면처리·용접)



목 차

제 1 장 도금의 역사	1
1. 도금의 역사	1
제 2 장 도금의 기초지식	7
1. 도금의 원리	7
2. 도금의 목적	7
3. 도금에 사용되는 용어	8
제 3 장 도금 전처리	19
1. 연마의 목적	19
2. 연마의 종류	19
3. 전처리	45
제 4 장 도금공장의 설비	58
1. 도금 공장의 설계	58
2. 도금 설비와 기구	60
제 5 장 도금의 종류 및 작업공정	61
1. 전기도금의 종류	61
2. 무전해도금의 종류	71
제 6 장 양극산화란	73
1. 양극산화의 원리	73
2. 양극산화의 목적	81
3. 양극산화의 공정	85
제 7 장 도금액의 관리	88
1. 도금공정 조건	88
2. 도금액 분석	91



제 8 장 도금 표면검사법	95
1. 도금불량의 원인	95
2. 도금시험검사	99
3. 헐셀시험법	102
제 9 장 부식	107
1. 부식의 종류	107
2. 부식 방지	111
제 10 장 안전관리 및 위험물 취급법	113
1. 안전관리	113
2. 도금 품질관리	113



표 목차

[표 2-1] 음이온 양이온의 차이	14
[표 3-1] 봉상 버프연마제와 사용되는 연마제 종류 및 용도	24
[표 3-2] 봉에멀전형 액상 버프연마제	25
[표 3-3] 배럴 연마용 컴파운드의 종류	29
[표 3-4] 각종 연마법의 비교	35
[표 3-5] 화학연마법 및 전해연마법 차이점	36
[표 3-6] 소재별 전해연마에 필요한 전압과 전류밀도	37
[표 3-7] 알루미늄 ; 인산-질산계 화학 연마액	41
[표 3-8] 알루미늄 ; 금속염을 첨가한 화학 연마액	42
[표 3-9] 알루미늄 ; 질산-불화물계 화학 연마액	42
[표 3-10] 알루미늄 ; 과산화수소 인산계 화학 연마액	42
[표 3-11] 알루미늄 ; 알칼리계 화학 연마액	43
[표 3-12] 철강의 화학연마	44
[표 3-13] 동, 니켈 등 비철 금속의 화학연마	44
[표 3-14] 각 연마방법의 특성비교	45
[표 5-1] 와트액 조성	62
[표 5-2] 광택니켈도금액 조성과 작업조건	63
[표 5-3] 크롬산-황산액의 조성	65
[표 5-4] 황산주석 도금액의 조성과 작업조건	68
[표 6-1] 경질에 의한 양극산화피막의 분류	79
[표 6-2] 각종 재료의 내마모성의 비교	80
[표 6-3] 양극산화 피막의 결함과 대책	81
[표 6-4] 설계 및 가공상 주의점	84
[표 8-1] 불량 대책의 단계적 접근 방법	96
[표 8-2] 불량 발견의 시점별 분석	96
[표 8-3] 원인별 불량분류	96
[표 8-4] 도금불량 (부풀음)	97
[표 8-5] 도금불량 (피트)	97
[표 8-6] 도금불량 (벌어짐,크랙)	98
[표 8-7] 제품의 도금불량 상태	98

그림 목차

[그림 1-1]	금동합(金銅盒), 금동제 안장, 금동고배(金銅高杯)	2
[그림 1-2]	투구(套具)	3
[그림 1-3]	금속상감법(金屬象嵌法)	4
[그림 2-1]	평활(레벨링) 작용	9
[그림 2-2]	보조극 작용	10
[그림 2-3]	양극 주머니	11
[그림 2-4]	음이온(Anion)	13
[그림 2-5]	양이온(Cation)	13
[그림 2-6]	정전압의 특성	17
[그림 2-7]	정전류의 특성	18
[그림 3-1]	핸디형 버프연마기와 버프연마기	20
[그림 3-2]	바이어스 사이잘 버프	22
[그림 3-3]	각종 버프와 버프 연마재	23
[그림 3-4]	버프 연마제의 분류	23
[그림 3-5]	벨트연마기	27
[그림 3-6]	배럴연마의 원리	28
[그림 3-7]	회전 배럴 연마의 원리	30
[그림 3-8]	진동 배럴연마기	32
[그림 3-9]	분사연마기	33
[그림 3-10]	블라스트 머신	34
[그림 3-11]	전해연마의 초기 단계	38
[그림 3-12]	전해연마중인 상태	38
[그림 3-13]	버프연마의 단면 개념도	39
[그림 3-14]	철강의 산세 기구	48
[그림 3-15]	에멀션 탈지	51
[그림 4-1]	음극부스의 형상에 따른 다양한 결이 형상	58
[그림 5-1]	각종 니켈도금법에 의한 부식 상태	64
[그림 6-1]	양극산화 피막의 구조	74
[그림 6-2]	피막의 셀 구조	75
[그림 6-3]	피막의 구조(Murphy의 모델)	75
[그림 6-4]	피막의 구조(Murphy의 모델)	76
[그림 6-5]	Keller-Hunter 및 Robinson의 피막형성 모델	76
[그림 6-6]	아노다이징세포의 전자현미경 사진을 추정한 내부의 콜로이드모형도	77



[그림 6-7] 양극산화 공정	85
[그림 7-1] 도금액 전압 및 전류측정 장치	89
[그림 7-2] 도금액 PH측정 장치	90
[그림 8-1] 현미경 기본구성 개략도	99
[그림 8-2] 와류식 측정장치의 개략도	98
[그림 9-1] 전형적인 전기화학적 부식	100
[그림 9-2] 각 산소압력에 따른 증류수 중에서의 철의 부식	100
[그림 9-3] 결정입자의 부식	109
[그림 9-4] 농담전지	110
[그림 9-5] 오스테나이트 스테인리스 강의 탄소용해도	112
[그림 10-1] 도금액의 여과기 사진	114
[그림 10-2] 각종 후드 모양	115





제 1 장 도금의 역사

1. 도금의 역사

도금의 역사적 배경으로는 중국 진(晉)나라 때 갈홍(葛洪)이 금단(金丹)과 환단(還丹)을 만든 것에서 비롯된다. 금단은 금가루액으로 만들었으며 환단은 수은을 주로 하여 만들었는데, 이는 장수(長壽)의 비결로 쓰이는 선약(仙藥)이기도 하였지만, 그 뒤 불상이나 장식품의 도금에도 사용되었던 것으로 보인다.

후한(後漢) 때는 금으로 도금된 불상이 주조되었으며, 당(唐)나라에서는 불상에 아말감(amalgam)으로 금도금을 하는 것이 성행하였고, 특히 목불(木佛)에 옷이나 아교로 금박을 바르는 방법을 썼다. 금가루를 아교에 갠 것을 금니(金泥)라 하고 은가루를 갠 것을 은니(銀泥)라 하는데, 이것을 나무나 금속에 발랐으며 이 방법을 도금이라고 하였다.

원래, 도금이라는 말은 불교의 중생제도(衆生濟度)의 도(度)에서 나왔다. 도는 좋지 않은 것을 좋게 하는 의미로도 쓰이기 때문에, 구리처럼 변색이 잘 되는 것을 금을 입혀서 변색되지 않는 쇠붙이로 만드는 것도 도금이라고 하였다. 여기에서 청동의 표면에 금을 입히는 것을 도(鍍)라 하게 되었으며, 일반 금속에 다른 금속을 입힌다고 하여 도금이라고 하게 되었다.

한편, 서양에서는 730년 아라비아의 자아빌이 왕수(王水)·승홍(昇汞)·질산은(窒酸銀)을 처음으로 만들었으며 질산은으로 은도금을 하였다. 12세기 이후 유럽에서는 인공적으로 금을 만들어 보려는 연금술(鍊金術)이 발달하였으며, 이에 따라 다른 금속에다 금속을 도금함으로써 금처럼 보이게 하는 방법에 대한 연구가 계속되었다.

14세기 독일에서 얇은 철판에 주석을 용해하여 입힌 도금이 개발되었다. 16세기 중엽 스위스의 파라세르사스가 금·은의 염류수용액(鹽類水溶液)에 구리와 납을 넣고 여기에 금봉(金棒)이나 은봉을 접촉시켜 금도금이나 은도금을 하였다고 하는데, 이것이 화학치환도금(化學置換鍍金)의 시초였다.

우리나라에서는 고대에 토기의 표면에 산화철을 바르고 숫돌 같은 것으로 연마하는 도단마연(塗丹磨研)의 방법이 있었다고 하며, 낙랑고분의 출토물에서는 색깔 있는 칠(漆)을 한 무늬나 그림을 넣은 것과 금·은박을 입힌 것들이 보이는데, 이것들이 최초의 금속도금물이다. 그밖에 기원전 3, 4세기에 페르시아나 인도에서 중국을 거쳐 들어온 동경(銅鏡)과 동검(銅劍)에서도 표면처리의 일단을 볼 수 있다.

그 뒤 불교의 전래에 따라 불상에 도금하는 방법이 전해졌다. 이때 백제에서는 청동불상을 주조하고 수은에 금을 흡수시킨 아말감으로 금도금하는 기법이 뛰어났다. 즉, 금을 판조각으로 만들어 4~8배 무게의 수은 속에 넣고 녹인 뒤 청동불상의 표면을 벗짚으로 문질러 곱게 하고, 약산인 매초(梅醋)로 표면의 산화물을 제거한

다음 금을 녹인 아말감을 바르고 350℃ 정도의 온도로 가열하여 수은을 증발시킨다. 이와 같은 방법을 되풀이하여 완성시킨다.

다른 방법으로는 수은을 미리 바르고 그 위에 금박을 놓고 가열하여 금만 표면에 남게 하는 방법(gilding)도 있다. 이러한 도금기술은 삼국시대 이미 일본에 전해졌다.

749년에 완성된 일본 나라(奈良)에 있는 도다이지(東大寺)의 대불(大佛)도 백제 사람 고마로(公麻呂)가 황금 1만1436냥(480.3kg), 수은 5만8600냥(2,461.2kg)의 막대한 양을 사용하여 만들었는데, 이때의 우리나라 도금기술이 일본을 압도하고 있음을 보여주는 좋은 보기이다. 당시의 기록에 의하면 도금은 ‘도금(塗金)’ 또는 ‘도련금(塗鍊金)’이라고 표현하였다.

구리 합금에 이와 같이 금을 도금한 것을 ‘금동(金銅)’이라 하며, ‘금동’이라는 이름이 붙은 불상 등은 모두 금도금을 한 것을 말한다. 그림 1-1에 나타내듯이 삼국시대에 만든 금동합(金銅盒), 금동제 안장, 금동고배(金銅高杯) 등을 보면, 금으로 도금이 잘 된 부분은 아직도 부식되지 않고 그대로 금색찬란하게 원형이 남아 있고, 도금이 벗겨진 부분은 구멍이 뚫리는 등 부식이 심하다.



[그림 1-1] 금동합(金銅盒), 금동제 안장, 금동고배(金銅高杯)

*출처 : 국립중앙박물관



이러한 도금법은 삼국시대에서 통일신라시대·고려시대·조선시대로 그대로 전수되어 왔으며, 별다른 발전은 없었다. 우리나라에서 도금에 쓰는 수은은 주로 중국 등 외국에서 수입해온 것이며, 조선왕조실록에는 1492년(성종 23) 김중보(金仲寶)가 처음으로 주사(硃砂)에서 만들었다고 기록되어 있다. 조선시대 건물에는 금박을 바르는 것이 성행했다.

1427년 중국 명나라 의종(宜宗) 때 의덕동기(宜德銅器)라고 하는 다색(茶色)과 청색으로 인공착색을 한 기록이 있는데, 이는 연마한 동기에 물 1.8l, 황산동(黃酸銅) 7g, 녹청(綠靑) 11g을 끓인 액에 넣어서 처리하고, 예안(刈安)의 즙을 바른다고 하였고, 예안과 남(藍)을 함께 쓰면 녹색으로 된다고 하였다.

임진왜란 때는 왜군이 그 당시의 기록을 약탈하고 기술자들을 거의 모두 일본으로 데려가서 도자기기술과 금속기술이 일본에 많이 이식되었다. 예를 들면, 그림 1-2에 나타냈듯이 임진왜란 당시 영의정 유성룡(柳成龍)의 갑옷에 있는 투구가 400년이 지난 현재도 거의 원형이 보존되어 있다.



[그림 1-2] 투구(套具, 보물 제460호), 조선 16세기, 한국국학진흥원 소장

*출처 : 한국국학진흥원

이는 전자현미경으로 분석한 결과 투구 철판의 양편에 도금층이 회백색으로 보이고, 소지층은 철소지(鐵素地)이며, 또한 X선으로 분석해 본 결과 회색의 도금층은 전부 주석 100%로 되어 있으며, 백색의 덩어리는 납 90%, 알루미늄 7%, 주석 3%의 합금으로 확인되었다.

이 도금층의 두께는 약 0.05mm(50 μ m)이며, 독일에서 철판에 주석(용융)도금을 한 지 약 300년 뒤였으나, 그 당시 주석의 용융도금을 한 것으로는 보이지 않는다.

백색덩어리가 있는 것으로 보아, 주석가루에 내식성(耐蝕性)을 높이기 위하여 납가루를 섞고, 가열한 철판을 이 속에 넣어 붙이고 더 가열하여 주석층을 완전히 녹여서 도금층을 만든 것으로 판단된다.

이러한 특수한 도금법은 다른 나라의 기록에서는 볼 수 없으며, 특히 조선 건국 당시 은으로 만든 사리기(舍利器)에 금으로 도금된 것 외에는 도금의 기록이 특별히 없었다.

그러나 조선시대에도 도자기 제작기술이 일본보다 우수하였다는 사실로 미루어볼 때, 일본인에게 기록을 약탈당하여 밝혀지지 않았을 뿐 도금기술도 대단히 훌륭하였다는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 문헌이 없어서 우리나라에서는 과학적 발달사를 조선시대 것은 찾아보기가 힘들고, 오히려 일본에서 볼 수 있다.

조선시대 말기에도 전기도금에 관한 자료는 보이지 않으며, 다만 과학사에 나타난 것은 ‘금속상감법(金屬象嵌法)’으로, 그림 1-2에 나타냈듯이 철제품의 표면에 줄을 그어 자국을 내고 거기에 은이나 오동(烏銅) 등을 박은 다음에 녹여서 도안화한, 길상문(吉祥文)·문자(文字) 등 입사문(入絲文)으로 된 것과 앞에 적은 주석도금뿐이다.



[그림 1-3] 금속상감법(金屬象嵌法)

*출처 : 중요무형문화재 제35호 조각상 기능보유자 기철주 作

우리나라는 일제로부터 광복되고 얼마 동안 일본에서 행하던 낙후된 표면처리법이 그대로 이어졌다. 즉, 모든 도금은 금속제품의 표면을 연마하여 광택을 낸 뒤에



도금하면 광택이 없어지므로 다시 도금층을 연마하여 광택을 내고 탈지(脫脂)·산세(酸洗) 등 전기처리를 한 다음에 그 위에 다른 도금을 하는 번거로움을 거쳐야 했다.

당시 니켈도금은 현재보다 도금과정이 느리고 무광택의 도금이었다. 알루미늄의 표면처리에서는 교류에 의한 수산화법을 행하고 있었다. 이 방법은 황금색으로 염색할 때는 엽차(葉茶)를 끓여 타닌산을 추출하여 염색하고, 과망간산칼륨액으로 산화시켜 황금색을 얻는 느리고 힘든 방법을 택하고 있었으며, 6·25전쟁 때까지도 이것이 큰 기술로 비장되어 있었다.

6·25전쟁 때는 피난민의 식기가 크게 모자랐으므로, 염희택(廉熙澤)은 이 수산화법을 더욱 발전시켰으며, 1956년 미국과 독일에서 황산을 전해액(電解液)으로 하는 직류양극산화법을 도입하여 1957년부터 간편한 황산법과 산화 피막(皮膜)에 여러 가지 색을 염료로 착색하는 방법이 쓰였다. 황금색은 엽차 대신 내광성(耐光性)이 좋은 수산화제2철암몬의 무기염(無機鹽)으로 착색하는 방법이 정착되는 시기였으며, 이로써 알루미늄공업은 크게 발전하였다.

1956년 미국에서 니켈·구리·아연 등의 전기도금용 광택제를 처음으로 도입하였고, 독일로부터 알루미늄의 전해연마법을 처음으로 도입하였다. 이 시기에 일본에서도 유럽지역에서 표면처리기술을 도입하고 있는 형편이었으므로 일본과는 차이가 나지 않는 표면처리기술을 가지게 되었다.

1960년경 미국에서 본격적으로 니켈광택제 등을 수입하여 도금계에 사용하게 함으로써 구리·니켈·크롬도금에서는 버프연마(buffing) 없이 광택이 좋은 도금을 할 수 있게 되었고, 니켈도금 속도도 빨라졌다.

1965년 일본을 통하여 미국제품인 황산동 광택제를 도입하여 쓰게 되면서부터 광택뿐만 아니라 평활성(平滑性)이 더욱 좋은 도금을 할 수 있게 되었다. 이는 버프연마의 흠이나 줄도 메워 주는 기술이었으며 무광택 표면도 광택 표면으로 만들어주는 획기적인 도금으로 발전되었다.

1967년 도금 서적 『금속표면처리 金屬表面處理』가 처음으로 출판되었으며, 이 책이 10회 연판(連版)을 거듭하면서 도금에 종사하는 거의 모든 사람들의 길잡이가 되었고, 이어서 『도금기술』을 1972년경 김회정(金會楨)이 출판하였다. 그리고 파이프나 철판의 용융아연철판 대신 일부가 전기아연도금철판으로 바뀌었다.

1948년경부터 이상덕(李相德)이 일반 전기도금을, 광복 직후부터 차경석(車京錫)이 아버지의 과업을 이어받아 경질크롬도금을, 1955년경부터 이윤식(李允植)·이방우(李芳雨)는 자전거 부품의 도금을, 1964년경부터 박종근(朴鍾根)은 염희택과 함께 알루미늄 새시 생산에 따른 양극산화피막처리를, 1960년경부터 박봉화(朴鳳華)는 진공증착도금(眞空蒸着鍍金)을, 이성희가 1960년경부터 레코드판의 전주(電鑄)를, 1965년경 이준휘(李準徽)는 반자동도금기를 일본에서 도입하였다. 한애삼(韓愛三)은 1981년부터 우리나라에서 독자적으로 자동도금기를 생산하기에 이르렀다. 또한, 전자부품인 전기회로판(PCB) 도금은 김정식(金貞植)이 1970년 초반부터 시작하여 대성하였

다.

1970년 후반부터 수출호조의 힘을 입어, 공산품 생산이 증대됨에 따라 공해가 많이 유발되는 도금업을 대도시 이외의 지역으로 이전시키는 정책의 일환으로, 경기도 안산 및 인천의 남동, 대구의 성산단지 및 현풍단지, 부산의 사상 및 장림단지 등에 공업단지를 조성하게 된다.여, 도금 및 표면처리공장이 이들 공단으로 이전하면서 설비가 대형화, 및 자동화하며로 되고 도금공업은 급속도로 발전하게 되었다.

특히 인쇄회로기판 제조는 전자기기와 통신기기의 발전 및 소형화를 촉진시키고, TV나 컴퓨터가 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 전환함으로써 새로운 화면과 새로운 전달방법으로 부상하면서, 반도체 칩의 고밀도화가 진행되자 더욱 많은 기판과 소형화를 요구하게 되었다.

이로써 진공도금법이 주도하는 반도체에서, 특히 메모리 부문에서 세계를 주도하게 되어 이에 수반되는 전자부품의 눈부신 발전과 생산은 인쇄회로기판에서도 전 세계 생산량의 많은 부분을 차지하게 되었다. 더욱이 자동차의 생산이 연간 몇 백만 대 수준에 이르자 도금량도 기하학적으로 증대되어 많은 중소기업이 도금설비를 확장하거나 신설됐다. 도금공장은 대형화하면서도 몇 천개의 업체로 늘어났다.

1997~1999년에 이르는 한국의 외환위기에 많은 도금업체가 도산하였으나, 수출에 관여하는 업체들은 오히려 환율 혜택으로 더욱 발전하여, 1999년 말경에는 도금업체들이 증가하고 규모가 커지며 공단은 크게 활기를 띠게 되었다.

또 도금공장에서 필수적으로 배출되는 공해물질도 선진국 기술을 도입하여 폐수 중 유가성분은 회수하고 물을 재사용함으로써 생산원가를 획기적으로 줄여나갔다. 또 무폐수의 방법을 채택하기 시작하여 환경의 원흉으로 여기던 도금공업도 멀지 않아 친환경적적인 기술로 발전해 갔다.



제 2 장 도금의 기초지식

1. 도금의 원리

금속은 부식에 의하여 단시간에 소모된다. 따라서 부식을 방지하기 위해 방식기술이 개발하고 발전됐다. 금속의 방식뿐만 아니라 금속 자체의 내마모성, 내열성 기타 여러 가지 기능을 향상시키는 동시에, 금속 표면의 색채와 광택을 좋게 할 목적으로 활용, 발전한 것이 도금이다. 즉 도금은 여러 소재의 표면을 처리하는 것을 말한다. 도금을 하는 방법은 다음과 같다.

- ① 도금하고자 하는 금속을 용융시켜 물건을 담가 금속을 입히는 방법.
 - ② 도금하고자 하는 금속의 화합물을 물에 용해시켜 금속을 물속에서 이온 상태(+전기를 띤 상태)로 만들어 직류전기를 흘려 음극(-극)에 금속이 방전되게 하여 금속을 입히는 방법
 - ③ 용액 속에 있는 금속이온을 이온화경향 또는 환원제(전자를 주는 화합물)를 사용하여 물체에 금속을 입히는 방법.
 - ④ 진공 중에서 금속을 증발시켜 그대로 또는 이온상태로 만들어 음극에서 방전하게 하여 도금을 하는 방법(반도체 제조 등에 응용) 등이 있다.
- 따라서 도금의 영역에는 단순히 금속을 입히는 것만이 아니고, 금속의 산화물 등을 금속표면에 입히는 것도 도금 또는 금속표면처리라고 총칭하고 있다.

2. 도금의 목적

도금은 물건의 표면 상태를 개선할 목적으로 다른 물질을 얇은 층으로 피복하는 기술이다. 즉 도금은 금속 표면에 다른 금속(순금속 외에 합금도 포함)의 얇은 층을 입히는 작업으로 부식, 또는 닳는 것을 방지하거나 장식의 효과를 내려는 목적을 갖는 기술이다. 오늘날 보통 도금이라 하면 전기도금을 가리킨다.

도금을 개선하는 목적에 따라 분류하면 다음과 같다.

1) 방식(防蝕)

방식은 원재료의 내식성 부족을 보완하고자 특정한 환경 속에서도 견딜 수 있는 금속을 입히는 것으로, 얇은 철판에 주석을 입히는 것(합석 등)이다.

2) 표면경화(表面硬化)

마모에 견딜 수 있도록 소재보다 단단한 금속의 얇은 층을 붙이는 것으로, 구리합금제품의 크롬도금이 대표적이다.

3) 표면의 미화(美化)

귀금속 또는 색채가 아름다운 금속합금의 얇은 층을 물건의 표면에 붙여서 아름답게 보이도록 한 것으로, 장신구의 금도금이 일반적인 예이다.

4) 표면의 평활화(平滑化)와 빛 등의 반사율 개선

반사율이 높다든지 또는 매우 평활하고 광택이 좋은 금속의 얇은 층을 붙이는 것이다. 후에 표면연마 또는 광택유지를 위하여 화학처리를 하여 한층 더 그 특성을 향상시키는 경우도 있다. 예를 들면, 전열기구에서 열의 반사경의 크롬도금 등이다. 이밖에 금속 아닌 소재에 금속을 붙일 때는, 커튼의 레이스에 알루미늄을 증착해서 햇빛의 반사를 좋게 한 것, 일조(日照)에 의한 변색을 방지하고자 플라스틱 제품에 금속을 증착하는 것, 비금속 제품에 전주(電鑄)·용사(溶射) 등의 방법으로 금속을 붙여 겉모양을 금속제품처럼 보이게 하는 것 등이 있다.

3. 도금에 사용되는 용어

가. 도금에 사용되는 일반적인 용어

1) 도금액 (plating solution)

전기 도금할 때에 쓰는 금속 염류의 수용액

2) 양극(anode)

양극은 전기 기기에서 전류가 흘러 들어가는 전극을 뜻한다. 두 전극 사이에 전류가 흐를 때 전위가 높은 쪽을 양극이라 하며 전위의 높고 낮음에 따라 정해지는 것이 아니라, 전류가 흐르는 방향에 따라 정하도록 되어 있다. 즉, 전류가 그를 통해 기기로 들어가는 전극을 양극이라 한다. 양극과 연결된 도선에서 전류가 흐르는 방향은, 실제 도선 속의 전하 운반자인 전자가 흐르는 방향과 반대 방향으로 정하는 것이 관례이기 때문에 양극에서 전자의 흐름은 기기에서 나오는 방향이 된다.

3) 전류밀도

전류밀도는 단위 면적을 통해 흐르는 전류의 양이다. 따라서 그 단위는 $[A/m^2]$ 로 나타낸다. 균일도체에 직류를 흘린 경우의 전류밀도는 도체 단면의 어느 곳에서도 같지만 교류를 흘렸을 경우에는 표피 효과(skin effect)에 의해서 도체의 표면에 가까운 곳일수록 전류밀도가 커지고 또 주파수가 높아지면 이 경향은 더욱 현저하게 된다.

4) 전류효율

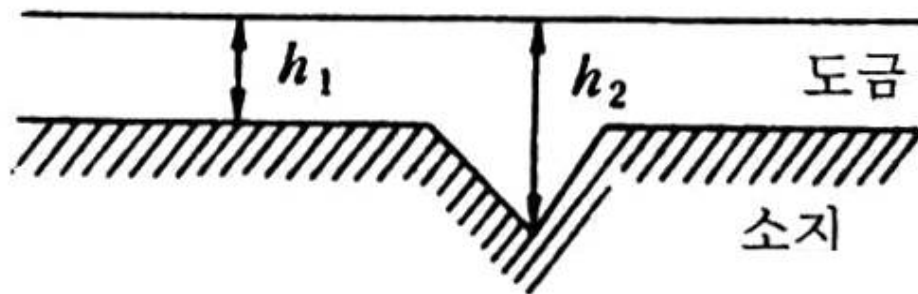
도금에서는 음극전류 효율과 양극전류 효율이 있으나, 보통 전류효율이라고 하면, 음극 전류효율을 지칭하는 경우가 많다. 음극 전류효율은 석출효율이라고도 하며, 패러데이법칙을 기초로 석출량과 실제 석출량과의 비를 %로 나타낸다. 음극 전류효율은 동일 도금액에서도 액온도, 음극 전류밀도, 액의 교반 등에 따

라 서로 다른 값이 된다. 도금액의 금속성분을 일정하게 유지하기 위해서는 가용성 양극을 사용하고, 음극 전류효율이 양극전류 효율과 같게 하도록 한다.

5) 평활화(레벨링) 작용

소지의 미시적인 요철이나, 연마의 조흔 등을 평탄하게 하는 도금액의 작용을 말하며 통상, 고분자의 평활화제가 볼록부에 많이 흡착하여 볼록부의 전착을 방해하며, 오목부 에 많이 전착시키는 것을 반복하여 평탄하게 만든다. 평활화제를 첨가하면 음분극은 커진다. 이 외에 완만하게 굽은 판을 여기저기 설치해 놓은 롤을 통해 평탄하게 교정하는 작업도 레벨링이라고 한다.

[그림 2-1]에서 $h_1 < h_2$ 이면 정의 레벨링(보통으로 말하는 레벨링), $h_1 = h_2$ 이면, 제로의 레벨링, $h_1 > h_2$ 이면, 부의 레벨링이라 한다.



[그림 2-1] 평활(레벨링) 작용

6) 피트(Pit)

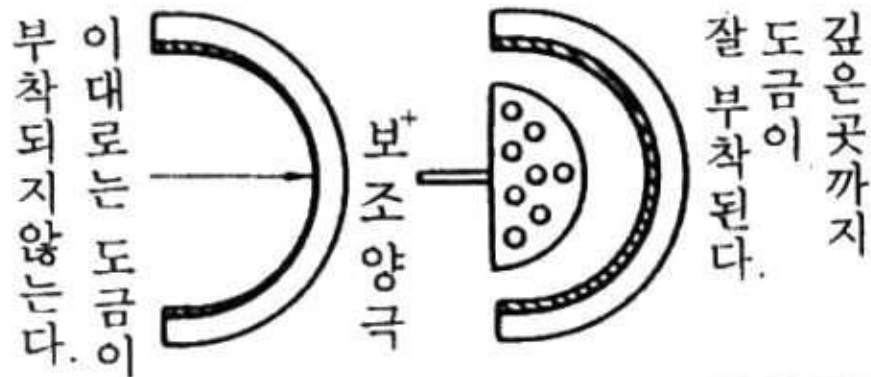
용접부의 표면에 생기는 작은 구멍이다. 기공이 발생하여 성장됨으로서 표면에 나타난 것으로 수분, 녹, 또는 모재의 화학적 성분이 피트를 만드는 원인이 되는 경우가 많다.

7) 활성화

일반적으로 물질의 어느 기능이 활성이 되는 것을 말한다. 원자, 분자가 빛 기타의 에너지를 흡수해서 에너지 높은 상태로 들뜨고 화학 반응을 일으키기 쉬운 상태로 되는 것을 활성화라 한다. 예를 들면 수소는 수은 광증감 반응, 방전 등에 의해 수소 원자를 생성, 활성화된다. 또한 연쇄 반응과 같이 반응 생성물이 다른 분자를 새로이 활성화하는 것을 2차 활성화라 한다.

8) 보조극

균일 전착성이나 피복력을 개선하기 위해 이용하는 보조 음극 또는 양극을 말하며, 크롬도금이나 전주에서 자주 사용한다. 보조 음극은 러버 라고도 하며, 피도금물의 최강 전류밀도 부분에 배치하여 도금의 버닝을 방지하고, 보조 음극은 그림과 같이 최저 전류밀도 부분에 배치하여 음극의 전류분포를 개선한다.



[그림 2-2] 보조극 작용

9) 스머트¹⁾

철강 등의 산세에서 산세 과다가 된 경우, 철강 표면에 미분말상 흑색 물질이 부착되는 경우가 있으며, 이 물질을 스머트라고 한다. 스머트 성분은 탄소나 금속 산화물이지만, 소지성분이나 처리방법 등에 따라 다르다. 스머트를 제거하기 위해서는 붓칠 세정, 배럴 연마, 전해세정(시안을 포함한 알칼리액에서의 양극처리) 등의 방법이 있다.

10) 녹제거

녹을 떨어뜨리는 것. 도장에 있어서는 녹 제거의 정도가 도장 도막의 내구성에 크게 영향을 주기 때문에, 작업조건 등을 고려하여 그 정도(녹 제거도) 관리가 중요하게 된다.

11) 활성탄

흡착성이 강하고, 대부분의 구성물질이 탄소질로 된 물질로, 흡착제로 기체나 습기를 흡수시키는데, 또는 탈색제로 사용된다. 목재나 갈탄 등을 염화아연 등의 약품으로 처리, 건조시켜 제조한다. 제조방법은 목재·갈탄·이탄(泥炭) 등을 활성화제인 염화아연이나 인산과 같은 약품으로 처리하여 건조시키거나 목탄을 수증기로 활성화시켜 만든다. 일반적으로 활성탄은 가루상태나 입자상태로 제조되는데, 가루인 것은 입자상태로 만들어 사용하기도 한다. 용도는 주로 흡착제로서 기체나 습기를 흡수시키는 데 사용되며, 그 밖에 용제(溶劑)의 회수제와 가스의 정제용 또는 탈색제로 쓰이는 등 용도가 다양하다.

12) 유기 불순물

여과에 의해서 제거되는 것은 불용성의 고형입자, 약 중의 부유물질이다. 여과로 고형입자나 부유물질을 제거하지 않으면 이 부유물이 도금층에 부착되어 다음과 같은 결함이 발생할 수 있다. 거친 도금면, 광택불량, 피트가 많은 도금면 및 밀착이 불량한 도금면의 결함 등이다.

1) NCS 분류번호 : 전처리 작업 (1601040105_14v)



13) 무기 불순물

금속(무기) 불순물은 도금하려고 하는 도금액에서 다른 불순금속이 혼입 된 것을 말한다. 도금액속에 미량의 금속 불순물이 있으면 도금의 광택, 색깔, 도금층의 물리적 성질, 밀착성이 나빠진다.

14) 광택제

광택도금의 형성을 돕고 석출물의 광택을 개량하는 첨가제. 광택제는 도금액의 종류에 따라 다르며, 광택 니켈도금에서는 제1광택제와 제2광택제를 병용하는 경우가 많다. 유기물과 무기물이 있으며, 유기물은 표면에 흡착하는 물질, 무기물은 공석하여 석출금속의 결정입자를 작게 하는 물질이 많다.

15) 양극주머니

[그림 2-3] 과 같은 양극주머니는 슬라임이 도금액에 오염되는 것을 막아준다.



[그림 2-3] 양극주머니

16) 약전해

도금액을 조정할 목적으로 한 전해처리의 일종. 전해에 의해 도금액 중의 불순물을 제거하는 경우에는 보통 때보다 낮은 음극전류밀도로 장시간 전해를 행한다. 니켈도금액 중의 아연, 동 등의 불순물 제거에 이용된다. 신액 작성시에 약전해 되는 경우가 많으며, 니켈도금 수조에 약전해 수조를 부속시켜 상시 전해하는 방법도 있다.

17) 도금층 박리

도금층이 소지로부터 떨어지는 것을 말한다.

18) 재도금

기존 도금을 완전히 벗겨내고 재도금하는 것을 의미한다.

19) 이온교환기

이온 교환용 수지를 이용하여 시료 중의 이온을 제거하는 장치를 의미한다.

20) 초음파 도금

전기분해에 의해 도금을 하는 경우, 도금액을 통하여 음극면에 초음파를 투사하면서 하는 방법. 음극면에 발생하는 수소가스를 교반 제거할 수 있으므로

전류효율이 좋아져서 질 좋은 제품이 얻어진다.

21) 도금에 사용되는 단위

도금의 단위는 여러 가지가 있지만 일반적으로 사용하는 단위와 같고 도금의 두께단위는 마이크론(micron)이다. 즉 1mm를 1,000등분한 한 개의 눈금을 1 μ m(1마이크론)라고 한다.

22) 물성조절제

pH조정제, 산화제, 환원제, 이온봉쇄제, 침전 방지제, 광택제, 물성조정제 등 첨가.

23) 피트방지제

도금액에서 액의 표면장력을 낮출 목적으로 사용되는 보조제의 하나로, 편홀 피트 등의 방지 목적으로 이용된다.

24) 비산방지제

침투제라고도 하며 대부분의 금속 및 비금속 물질 등의 표면은 물을 겹들(발수, 소수성)게 한다. 물의 표면장력을 낮추기 위해 적절한 계면활성제(침투제)를 사용한다. 표면장력이 저하된 상태에서 알칼리 빌더, 침투제 등의 수용액이 빠른 속도로 금속 또는 비금속 물질의 표면 쪽으로 침투하여 표면의 오염물을 제거한다.

25) 액온도관리

표준온도는 0℃, 상온은 15 ~ 25℃, 실온은 1 ~ 35℃로 한다. “찬곳”은 따로 규정이 없는 한 0 ~ 15℃의 곳을 뜻한다. 온수는 60 ~ 70℃, 열수는 약 100℃, 냉수는 15℃ 이하로 한다.

26) 샌드블라스트

주물 등 금속제품의 표면을 깨끗하게 마무리 손질을 하기 위해 모래를 압축공기로 뿜어대는 공법이다. 이것에 의해 물품의 표면에 부착되어 있던 주물사·녹 등을 떨어내고 미세한 요철면으로 마무리한다. 실제로 사용되는 모래의 분사법에는 압축공기를 사용하는 방법과 원심력을 사용하는 방법이 있다.

27) 쇼트블라스트

경질 입자(날카로운 모가 없는 알맹이)를 압축공기, 기타의 방법으로 금속 표면에 분사하여 스케일, 녹, 도막 등을 제거하여 표면을 깨끗하게 마무리 가공하는 가공법을 말한다.

28) 초음파탈지

초음파에 의한 탈지 작용은 전기에너지를 진동자에 의해 음향 에너지로 변화시켜 이때 발생한 소밀파인 음파는 액체 중에서 장력 및 압축력을 받아 팽창 및 진동을 되풀이하면서 진공 현상과 계면 교란 현상을 일으켜 금속제품의 표면으로부터 기름 및 기타 오염물질을 제거하는 방법이다.

29) 부식

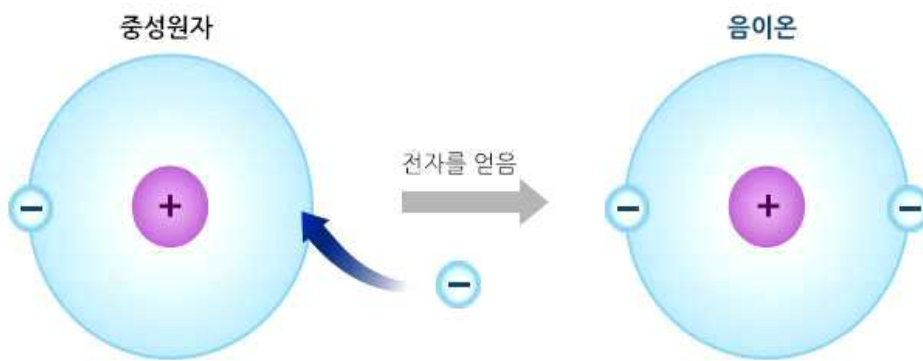
금속이 화학 작용으로 인해 금속 고유의 특성을 잃게 되는 현상이다. 대다수의

금속은 산소에 의해 자연적으로 산화되며 이는 금속의 표준 환원전위가 산소의 표준 환원전위 보다 작기 때문에 일어난다.

나. 도금에 사용되는 화학적 용어

1) 음이온(Anion)

중성의 입자가 전자를 얻어 만들어지는 음전하를 띠는 물질이며 반대는 양이온이다. 주기율표상에서 비활성기체를 제외하고 오른쪽 위에 치우쳐 있는 원소들이 음이온이 되기 쉽다.



[그림 2-4] 음이온(Anion)

2) 양이온(Cation)

중성의 원자, 또는 원자단이 전자를 잃고 양의 전하를 띠게 되는 것이다. 화학반응의 결과 전자의 이동이 일어나게 되는데, 이때 전자를 얻으면 음전하를 띠게 되어 음이온이 되고, 전자를 잃으면 양전하를 띠게 되어 양이온이 된다.



[그림 2-5] 양이온(Cation)

◆ 양이온과 음이온의 형성

이온 : 원자가 전자를 잃거나 얻어서 전하를 띠게 된 입자

[표 2-1] 음이온 양이온의 차이

구 분	양이온	음이온
정 의	원자가 전자를 잃어서 (+)전하를 띠게 된 입자 : (+)전하량 > (-)전하량	원자가 전자를 얻어서 (-)전하를 띠게 된 입자 : (+)전하량 < (-)전하량

따라서 전자의 수와 양성자의 수는 같은데 전자를 잃으면 양성자가 많으므로 양이온, 전자를 얻으면 전자가 많아져 마이너스 전하를 띠게 되기 때문에 음이온이라을 말한다.

3) 염소이온(chloride ion)

NaCl(염화나트륨) 등의 염화물 전해질을 물에 녹일 때, 전리하는 음이온으로서, Cl-로 표시된다. 염소와 화합하여 얻어지는 염류로, 염화물이 물속에서 용해될 때의 염소분이다. 무기염류는 물에 용해되어 물속에서 대전되고, 금속 부분은 양이온을 띠며 염소는 음이온을 띠게 된다. 천연수에는 식염의 형태로 있는 경우가 많다. 공장폐수 또는 분뇨를 가진 가정하수 등의 혼입으로 함유량이 증가하기 때문에 수질오염의 지표로 정해져 수질판정 조건으로 사용되고 있다.

4) 완충용액(Buffer)

완충용액은 그 조성에 따라 일정한 $[H^+]$ 즉 일정한 pH가 있으므로 이것을 이용하여 일정한 $[H^+]$ 를 가진 용액을 만들 수 있다. 이와 같은 용액은 수고이온의 농도측정에 있어서 표준용액이 필요한 것이다. 이 용액은 산이나 알칼리를 넣어주었을 때 별로 큰 pH의 변화를 일으키는 일이 없다. 이와 같은 작용을 완충작용이라 한다. 또 완충작용을 하는 용액을 완충용액이라고 한다.

도금액 등의 용액의 pH 변화를 방지하기 위하여 첨가하는 완충작용이 있는 물질로 붕산, 구연산, 수산, 인산, 피로인산 등이 있다.

5) 유해물질

사람의 건강 또는 생활환경에 피해를 일으킬 우려가 있는 물질을 말한다. 일본의 대기오염 방지법에서는 물체의 연소, 합성, 분해 등의 처리에 따라 발생하는 물질 중 카드뮴 및 그 화합물, 연소 및 염화수소, 플루오르, 플루오르화수소 및 플루오르화규소, 납 및 그 화합물, 질소 산화물을 유해물질로 규정하고 있고 수질오염 방지법에서는 배출하는 물에 함유된 물질 중 카드뮴 및 그 화합물, 시안 화합물, 유기인 화합물, 납 및 그 화합물, 6가 크롬 화합물, 비소 및 그 화합물, 수은 및 그 화합물, 그밖의 수은 화합물과 PCB를 유해 물질로 규정하고 있다. 이들 유해물질의 양에 대해서는 각각 배출허용 기준 이 정해져 있다.

6) 도금액 액성

용액의 수소 이온 농도, 용액의 액성을 나타내는 단위로 수소 이온 농도



($\text{pH} = -\log \text{H}^+$)가 사용된다.

7) pH

용액의 수소이온지수 즉, 수소이온농도를 지수로 나타낸 것으로 용액의 산성도를 가늠하는 척도로서 수소이온농도의 역수에 상용로그를 취한 값이다. 또는 수소이온농도의 상용로그 값에 마이너스를 붙여서 구할 수도 있다.

$$\text{pH} = \log_{10}(1/[\text{H}^+]) = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

일반적으로 용액의 수소이온농도는 매우 작은 값이기 때문에 다루기가 불편하다. 따라서 pH라는 지수를 도입해 간단한 숫자로 용액의 산성도를 나타낸다. pH 시험지나 pH meter를 이용해 간단하게 측정할 수 있다.

8) 이온화경향

이온화의 난이도를 말한다. 이온화하기 쉬운 것을 이온화경향이 크다고 한다. 일반적으로는 금속원소가 양이온이 되어 용액에 들어가려고 하는 경향을 말한다. 원자 또는 분자가 이온이 되려고 하는 경향으로, 쉽게 이온화되는 것을 이온화경향이 크며 산화되기 쉽다고 말한다. 이온화 경향이 큰 원소가 그보다 이온화경향이 작은 원소의 이온과 만나면, 이온화경향이 큰 원소가 산화되고 이온이었던 원소는 환원된다.

9) 도금액 농도

도금액의 농도를 증가시키면 전기 전도율이 증가하므로 도금 속도가 빨라지며, 도금층의 색이 균일하다. 비교적 큰 전류밀도 조건에서도 평활성이 우수한 도금을 얻을 수 있다.

10) 부동태

금속이 예기되는 화학 반응성을 잃은 상태. 예를 들면 철을 진한 질산용액에 담그면 철이 곧 녹지 않거나, 또 이 철을 황산구리의 용액에 넣어도 구리가 석출되지 않는다. 이 경우 철은 부동태가 된다.

11) 보오메(비중계)

부계(浮計)의 일종. 물보다 가벼운 액체에 사용하는 경보메와 무거운 액체에 사용하는 중보오가 있다.

12) 도금액 주성분

도금액 속에는 석출되는 금속이 용해되어 있다. 액중에는 단순한 금속염이 되어 있지만 복잡한 이온중에 둘러싸여 있는 착이온으로서 존재하고 있다. 단순한 예로서 산성용액인 황산동 도금액의 경우 황산동(금속성분)과 황산(착화제)의 2종류의 주성분이 함유되어 있다. 이 조성으로부터 석출되는 피막은 광택이 없으며, 표면도 거칠고 붉은 동색의 도금이 된다. 이 광택과 선명함을 얻기 위해서는 광택제가 필수요소이다.

13) 도금액 보조성분

도금액 보조성분으로서 pH조정제, 산화제, 환원제, 이온봉쇄제, 침전방지제, 광택제, 물성조정제 등이 있다.

14) 분해전압

도금 등의 전기분해로 전압을 높여가면, 최초에는 정밀한 전류계가 아니면 측정할 수 없을 정도의 미소전류를 흐르다가 어떤 전압에 이르러 되면 급격하게 전류가 크게 흐르기 시작한다. 이 때의 전압을 분해 전압이라고 한다.

15) 표면장력

표면장력은 액체가 가능한 최소의 표면적을 유지하기 위하여 스스로 수축하는 힘의 성질을 의미한다. 표면장력은 물 또는 대기의 경계면에서 물분자와 물분자 사이의 인력이 물분자와 대기 구성성분 분자와의 인력보다 크기 때문에 발생한다.

16) 산화제 및 환원제

산화는 전자를 잃음, 환원은 전자를 얻음, 즉 전자의 거동을 표현하는 개념이며 산화, 환원의 화학반응의 중심은 전자이다. 산화제는 산화·환원 반응에서 상대를 산화시키는 물질을 말한다. 반대로 상대를 환원시키는 물질은 환원제라고 한다. 산화제의 역할은 상대에게 산소를 제공 또는 수소를 얻거나, 전자를 빼앗아 자신의 산화수가 감소한다. 도금에 사용되는 대표적인 산화제로는 도금액 중 유기물의 산화제거에 이용되는 과망간산가리, 에칭과 도금에 이용되는 삼산화크롬, 도금액 중 금속이온을 산화시키는 과산화수소 등이 이용되고 있다.

산화	oxidation	전자를 잃음
환원	reduction	전자를 얻음

금	붕소수화물 borohydride	$\text{Na}^+ \left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{B}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^-$
니켈	차아인산나트륨 sodium hypophosphite	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{P}-\text{O}^- \text{Na}^+ \\ \\ \text{H} \end{array}$
구리	포름알데하이드 Formaldehyde	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$

[환원제로 이용되는 물질의 예]

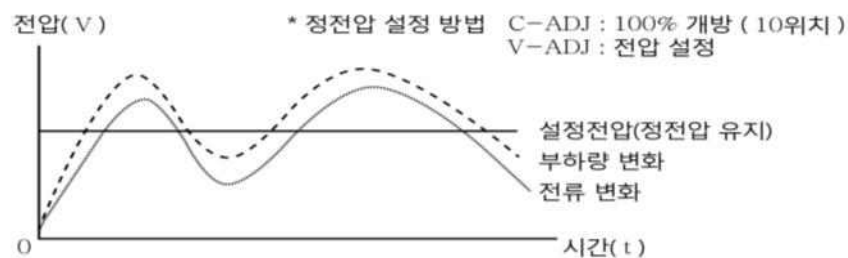
다. 도금에 사용되는 전기적 용어

1) S.C.R정류기²⁾

도금공장에서 가장 많이 사용되고 있는 정류기이며, 고장이 적고 수명이 긴 장점을 가지고 있다. 이 정류기는 가장 일반화되어 있지만 SCR 소자의 특성상 출력측에 리플이 많이 함유되는 단점이 있다.

2) 정전압 특성

정전압 운전(CONSTANT VOLTAGE)은 부하량 또는 입력전압의 변동현상에서 오는 출력전압의 하강 또는 상승 하는 현상이 생기는데 이러한 현상을 설정전압으로 유지하는 기능이다. 이 기능은 출력전압을 피드백(feed back) 받는 PCB 회로기판에서 제어된다. 정전압을 유지하기 위해서는 전류범위가 100% 개방되어야 하며, 정격전류 이내에서만 정전압이 유지되며 정격전류 이상이 될 때에는 전압이 하강한다.



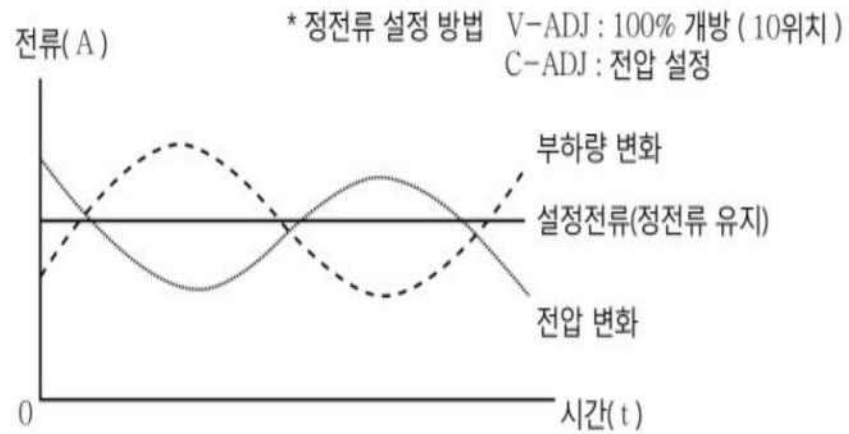
[그림 2-6] 정전압의 특성

3) 정전류 특성

정전류 운전 (CONSTANT CURRENT)은 부하량 또는 입력전압의 변동현상에서 오는 출력전류의 하강 또는 상승하는 현상이 생기는데 이러한 현상을 설정전류로 유지하는 기능이다.

이 기능은 출력전류 검출기(shunt)에서 전류량을 피드백(feed back) 받는 PCB 회로기판에서 제어된다. 정전류를 유지하기 위해서는 전압범위가 100% 개방되어야 하며, 정격전압 이내에서만 정전류가 유지되며 정격전압 이상이 될 때에는 전류는 하강한다.

2) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)



[그림 2-7] 정전류의 특성

4) 적산전류계

적산전류계는 전기도금액의 적산전류를 측정한다. 적산전류는 도금액이 얼마나 노화되었는지를 알 수 있다.



제 3 장 도금 전처리

1. 연마의 목적

연마란 연마될 금속소재의 면을 거시적, 미시적으로 깎아 내거나 용해시켜 평화된 표면을 얻거나 제품 설계자가 요구하는 표면거칠기나 패턴을 만들어 내는 것을 총칭한다.

2. 연마의 종류³⁾

연마의 종류에는 기계적인 연마와 화학적인 연마방법으로 나눌 수 있고 소재마다 각각의 장단점이 있으므로 가장 알맞은 연마방법을 선택할 필요가 있다. 금속의 표면을 연마할 때에는 다음과 같은 세 가지 작용이 이루어지며 연마가 된다.

- 깎는 작용(cutting)

연마작용의 가장 중요한 요소이며 대단히 얇은 깊이로 깎이므로 마모현상에 가깝다.

- 소성변형작용(plastic deformation)

소성가공 중의 인발이나 압연과 같은 작용을 말하며凸부를 눌러 없애거나 구부리는 작용을 함으로써 평활한 면을 얻게 된다.

- 용융작용(melting)

연마되는 금속면의 접촉부분에 큰 압력이 가해지며 극소부분에 마찰열이 집중하여 국부적으로 고온상태가 되어 금속이 용해하며 이 결과 凹부에 흘러 들어가 평활하게 된다.

연마방법 종류에 있어서 그 특징을 간단히 정리하면

① 버프연마

수동, 반자동, 전자동이 있다 - 경면광택

② 벨트연마

평면연마, 곡면연마

③ 바렐연마

회전식, 진동식, 진동회전식, 진동순환식, 고속도 유성선 회식 등이 있다. 소형 대량연마에 적합하다.

④ 전해연마

복잡한 형태 제품의 반사율이 큰 연마

3) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

⑤ 화학연마

보다 더 복잡한 제품의 연마

⑥ 분사연마

액체 호닝, 샌드블라스트, 쇼트블라스트, 쇼트피이닝, 이지연마(사탄)

⑦ 래핑

파이프의 내면연마

⑧ 기타

자이로(gyro)연마, MCP(Mechanical Chemical polishing), 플런지(plunge)연마 등의 특수 연마법 등이 있다.

이 장에서 모든 연마의 방법을 서술하기는 힘들고 대표적으로 사용되는 연마법인 버프, 벨트, 바렐연마법에 대해서만 기술한다.

1) 버프(buff) 연마⁴⁾

버프연마기는 [그림3-1]처럼 그 축의 가장자리에 버프를 장착하여, 버프 바깥면(外周面)에 연마재를 적당히 묻혀 이것을 고속으로 회전시켜해서 가공(polishing and buffing)하는 연마기계이며, 버프레이스라고도 한다.



[그림 3-1] 핸디형 버프연마기와 버프연마기

*출처 : 처 민경섭외 2인. 표면처리 시청각 교재. 폴리텍

버프가공이란 개략적으로 표현하면, 연마재의 보존체로 포, 피혁 등의 유연성 재료를 기본재료로 한 버프를 이용, 그 바깥면(外周面)에 연마재를 접착제로 고정하던가, 회전 버프 표면에 유리(遊離)상태의 연마재를 적당한 매체에 의해 일시적으로 보존시킨 것을 버프의 연마 공구로 하는 기능을 부여해, 고속으로 회전하는 버프와 가공물과의 사이에 작용하는 압력에 의해 금속, 비금속의 표면

4) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



을 기계적으로 가공하는 방법이다. 버프연마기에는 비교적 간단한 범용기(汎用機), 전용기적인 반자동기 및 트랜스퍼형의 자동기 등 여러 기종, 성능의 것이 각각 목적에 따라 사용되고 있다. 자동버프연마기는 유니트형 버프연마기의 적당한 것을 선택하여 가공 스테이션으로 삼고, 그 버프 머리 부분 뒤에 접촉되는 액상 버프연마제의 자동공급장치, 또는 봉상 버프연마제의 어플리케이터를 부가하여 이것들과 가공물 장입용 지그를 가진 가공물 자동이송장치로서 구성된 양산가공을 목적으로 한 버프연마기이다.

참고로 자기적 미끄러짐이 없다고 할 때 버프의 회전 속도는

$$\text{RPM} = (120 \times \text{전기 Hz}) \div \text{극수}$$

$$\text{원주속도} = \text{지름(m)} \times 3.14 \times \text{RPM/min} \text{ 로 계산된다.}$$

연마할 때 발산하는 분진의 양과 분진이 미치는 영향은 인체에 해를 주는 동시에 도금액에 유입되면 광택에 방해줄 뿐만 아니라 연마된 금속분 및 버프 연마제의 유지성분 등이 도금액내에서 고장을 초래한다. 버프연마가 3000rpm 정도일 때 발산하는 먼지의 양은 대략 0.2m³/sec이다.

① 버프(buff)기

버프연마에 사용되는 연마기를 일명 버프 레이스라고도 한다. 버프 레이스에 포함되는 각종 요소 가운데 작업에 영향을 주는 것은 다음과 같다.

- 버프 레이스의 축의 길이와 굵기

버프 레이스의 치수 이외에 특호 레이스라고 하는 축은 전장이 1,100~1,300mm 나 되는 것이 있어 자동차의 범퍼와 같은 형태가 큰 물품의 연마에 사용되고 있다.

- 버프 레이스의 회전수

버프 레이스의 회전수는 사용하는 버프와 관련이 있으며, 각각 연마에 적합한 버프의 주속에 맞춰 회전수를 정해야 한다.

- 버프 레이스의 편심

버프 레이스의 축수부분은 사용 도중에 점점 마모되지만 이것이 축의 편심(보통레이스의 부레라고도 한다)이 되어 연마의 능률이 저하되고 불균일한 회전이 일어난다.

② 버프(buff)

- 종류와 분류요소

여러 종류의 버프를 간단히 분류하는 것은 상당히 어렵지만, 버프의 종류와 그 특성을 이해하는데 고려해야 할 사항(분류요소)은 다음과 같다.

- 구성 양식(형태적 특징)

- 사용 재료(기본 재료)

- 바느질 방식(봉제한 방식)

- 처리법(기본재료 처리법)
- 각종 버프

버프에는 잘 알려져 있는 것으로는 조연마(polishing)용 폴리싱 휠(polishing wheel ; 에머리 버프, 철 버프, 페퍼 버프 등으로도 불린다), 중연마(cutting down)용 봉제 버프, 마무리 연마(coloring)용 광택 버프 등이 있지만, 최근에는 조연마공정의 자동화에 편리한 연마포 이차제품인 프랩휠(flap wheel; 방사날개 연마 휠)이 적지 않게 사용되고 있고, 또 각종 특징을 갖고 있는 새로운 버프가 광범위하게 사용되고 있다.

버프 몸체를 구성하는 기본재료로서는 각종 유연성 재료가 사용되는데, 가장 많이 사용되는 것은 선포(線布)이며, 그 다음에는 사이잘마(麻), 기타 벨트, 피혁 순이다. 기본재의 유연성은 버프의 단단하고 연한 정도(버프의 강성, 탄성)에 직접적으로 관계하며, 또 기본재료의 흡수성과 같은 특성은 접착성 또는 접착제와의 친화성 혹은 버프연마제의 유지성능 등의 특성에 관계한다.

- 바이어스 사이잘 버프(Bias Sisal Buff)⁵⁾

사이잘 섬유를 포를 기본재료로 하여 모든 섬유의 방향이 버프의 바깥둘레에 대해 45°가 되게 한 원형의 형태이며, 적당하게 봉제를 하여 중심의 원판에 고정된 구조의 버프이다.

사이잘은 길고 거칠거칠한 섬유로서, 강성이 풍부하기 때문에 연마성능이 우수하여 강, 스테인리스강 등의 조연마, 중연마로서 최적이다.



[그림 3-2] 바이어스 사이잘 버프

*출처 : 집필자 촬영

- 오픈 바이어스 사이잘 버프 (Open Bias Sisal Buff)

Bias cut한 사이잘마 포를 Bias cut한 선포의 사이에 가위로 잘라, 12mm 정도의 간극으로 적당히 제봉하여 느슨한 주름을 만든 버프이며 강, 스테인리스강, 알루미늄 등의 중간 연마와 마무리 연마를 동시에 행하는 경우에 사용된다.

5) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

- 유닛 사이잘 버프 (Unit Sisal Buff)

Bias cut한 사이잘마 포를 Bias cut한 선포로 포장하여, 그것을 재봉해 손가락 모양이 단위체를 형성해 방사형으로 원형 보존판에 공정한 것으로 형태적으로는 유닛 선버프와 거의 동일하다. 성능으로는 오픈 사이잘버프와 거의 비슷하지만, 복잡한 형상을 가진 가공물에 대해서 매우 효과적이다.



백봉, 에머리버프

청봉, 광버프

적봉, 사이잘버프

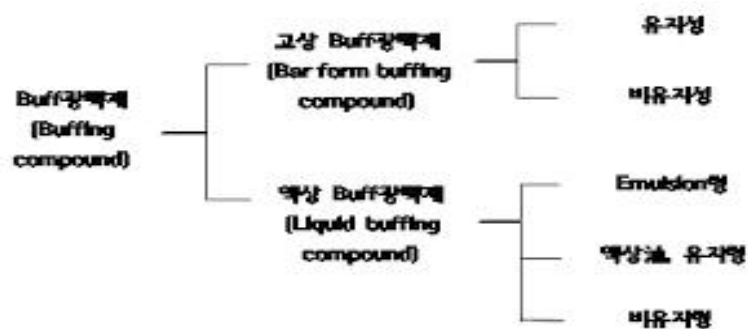
[그림 3-3] 각종 버프와 버프 연마재

*출처 : 민경섭 외2인. 표면처리 시청각교재, 한국폴리텍대학

③ 버프연마제⁶⁾

버프연마제(buffing compounds, polishing compounds)란 정의 그대로 버프연마에 사용하는 연마제이며, 비교적 미세한 분말의 연마제를 주성분으로 사용하며, 이것과 유지분 기타 적당한 성분으로 된 매체를 균일하게 혼합한 연마용 조성물의 총칭이다.

[그림3-4] 처럼 버프연마제의 종류는 다종다양하며, 여러 관점에서 그것들을 분류할 수 있지만, 상온에서 특징적인 성상 또는 조성으로 [표 3-1] 과 같이 분류 할 수 있다.



[그림 3-4] 버프 연마제의 분류

- 유지성 봉상(棒狀) 버프연마제

가장 일반적인 버프연마제로서 오래전부터 협의적인 버프연마, 즉 중연마 다듬질 공정, 소위 유성연마 공정에 사용되는 것이다. 이의 종류로는 스테아린산,

6) NCS 분류번호: 전처리작업 (1601040105_14v3)

경화유, 우지(牛脂), 파라핀, 목랍 등이 있다. 필요하다면 금속비누, 계면활성제 등을 적당히 배합하여 이것을 가열, 용융해서 연마재(알루미나, 산화크롬, 산화철, 트리폴리 등)와 균일하게 혼합·반죽하여 그 유동상태를 나타내는 조성물을 형틀에 넣어 냉각, 고형화시켜 봉상으로 성형하기도 한다. 사용할 때에는 회전 버프면에 봉상버프연마재를 압착해서 마찰열로 필요량을 용융시켜 버프면에 도포하여 사용한다.

- 비유지성 봉상 버프연마제

비유지성 연마제, 그리이스 콤파운드 혹은 광택소거 연마제라고도 불린다. 세립도 연마제(용융 알루미나, 탄화규소)를 사용하며, 주로 광택소거 다듬질(satin finishing)을 목적으로 한 것과, 비교적 조립도(組粒度) 연마제(용융 알루미나, 에머리)를 사용하여 초별연마 공정의 일부에 사용되는 것이 있다. 이들 종류는 연마재와 수용성 접착제 및 물을 주성분으로 한 것이며, 사용할 때에는 밀봉을 열고 먼저 유지성인 것과 같이 회전버프면에 도포해서 사용하는데 단시간 버프를 공회전하여 버프연마제의 도포층을 고착, 안정화한 다음 작업을 한다.

④ 버프연마제의 일반적인 성질

버프연마제의 경우에 있어서도 연삭숫돌, 연마포지의 경우와 같이 사용되고 있는 연마제의 종류에 따라서 가공물에 대한 적정용도가 결정되는 경우가 많다. 주된 봉상 버프연마제와 사용되는 연마제 종류 및 용도를 표시하면 [그림 3-1]와 같다.

같은 종류의 연마제로 된 봉상 버프연마제인 경우라도, 사용되고 있는 연마제의 조도나 제특성 (예를 들면, 결정화도, 흡유율, 활성화도 등)의 상위성과 유지류 등의 매체의 성질이나 양이 미소한 영향을 미치게 하여 여러 가지로 특성을 달리하는 버프연마제를 얻을 수 있다.

[표 3-1] 봉상 버프연마제와 사용되는 연마제 종류 및 용도

구분	용제 (일반적인 용제)	연마제	용도	
			작업 용도	가공품
유지성	사마귀 버프용 버프연마제 (사마귀 접착제)	산화 알루미늄 (Al_2O_3)	초 별 연 마	반소장, 스테인리스강 등
	파라핀 버프용	산화 알루미늄 (Al_2O_3) 산화철 (Fe_2O_3)	초 별 연 마 (중 연 마)	반소장, 스테인리스강 등
	목랍 용제	산화철 (Fe_2O_3) 규소 (SiO_2)	중 연 마	강, 철강, 알루미늄, 아연도금강, 황동, 브론즈 등
	유지용제 (유지용제)	산화철 (Fe_2O_3) 산화철 (Fe_2O_3)	중 연 마 (다목적 연마)	강, 철강, 알루미늄, 브론즈 등
비유지성	파라핀 (파라핀)	산화 알루미늄 (Al_2O_3) 산화철 (Fe_2O_3)	다목적 연마	강, 철강, 알루미늄, 브론즈 등
	목랍	산화 알루미늄 (Al_2O_3) 산화철 (Fe_2O_3)	중 연 마 (다목적 연마)	반소장, 스테인리스 등
	유지용제	산화철 (Fe_2O_3)	다목적 연마	스테인리스강, 철강, 브론즈 등
	유지용제	산화철 (Fe_2O_3)	다목적 연마	강, 철강 등
유지성	유지용제 버프연마제	산화철 (Fe_2O_3)	다목적 연마	강, 철강 등
	그리이스 콤파운드 (그리이스용)	-	초 별 연 마 (고압가공용)	반소장, 스테인리스강, 브론즈, 알루미늄, 철강 등
비유지성	유지용제 버프연마제 (유지용제 버프연마제)	산화철 (Fe_2O_3) 산화철 (Fe_2O_3)	다목적 연마	강, 철강 등

출처 : 한재호, 도금의 설비 및 장치, 재능대학교



⑤ 에멀전형 액상 버프연마제

액상 버프연마제로서 대표적인 것이다. 이 종류는 지방산, 경화유 등의 유지와 물 및 유화제를 적당히 배합하여, 수중유적(水中油滴: 물중에서 발취한 것) 형의 에멀전이 형성되게 하여, 이에 연마재를 균일하게 분산시킨 비교적 점도가 높은 조성물이다. 그 점도는 종류에 따라 다르지만, 보통 15,000~90,000cP(블록필드형 점도계로 20rpm인 때의 값의 범위이다.

에멀전형 액상 버프연마제는 통상환경 아래에서 극히 안정적이다. 함유된 수분은 분사총으로 회전 버프면에 분사도포하는데, 이는 적당한 성상을 부여하기 위해서 필요할 뿐 아니라 냉각효과도 기대할 수 있는 것이며, 수분을 제거하면 매체성질은 재래 유지성 봉상 버프연마제와 본질적인 차이는 없다.

에멀전형 액상 버프연마제에 대해 사용되고 있는 연마재의 종류와 용도 등을 [표3-2]에 나타내었다.

[표 3-2] 봉에멀전형 액상 버프연마제

구분	종류 (일반적인 특징)	연마재	용도	
			최종공정	가공물
에어분사용	S-110	황동 알루미늄(Al_2O_3)	초벌 연마	탄소강, 스테인레스강
	C-310	규석 미분(SiO_2)	종연마	황동, 알루미늄, 아연다이캐스팅, 플라스틱 등
	C-315	토리돌리(SiO_2)	종연마, 중 다들질 연마	황동, 알루미늄, 아연다이캐스팅, 플라스틱 등
	M-310	산화철 (임도제) (Fe_2O_3)	종연마, 다들질 연마	철종, Cu 도금연 등
	M-325	소성 알루미늄(Al_2O_3)	다들질 연마	철종, 알루미늄, Cu도금연, 아연다이캐스팅 등
	F-810	황동 알루미늄(Al_2O_3) 소성 알루미늄(Al_2O_3)	다들질 연마	스테인레스강, 비철금속 등
	F-815	산화크롬(Cr_2O_3)	다들질 연마	스테인레스강, 황동 등
에어레이스 분사용	No. 1004	규석 미분(SiO_2)	다들질 연마	강, 은, 백금 등
	No. 1006	머질장 우수 규산(SiO_2)	종연마, 다들질 연마	황동, 알루미늄, 플라스틱, 아연다이캐스팅 등
	No. 1009	소성 알루미늄(Al_2O_3)	종연마, 다들질 연마	철종, 알루미늄, 아연다이캐스팅 등
	No. 1010	소성 알루미늄(Al_2O_3)	종연마, 다들질 연마	스테인레스강, 철종, 알루미늄, Cu 도금연
	No. 1012	산화크롬(Cr_2O_3) 소성 알루미늄(Al_2O_3)	다들질 연마	스테인레스강, 비철금속

출처: 한재호, 도금의 설비 및 장치, 재능대학교

⑥ 버프연마를 한 금속상태

- 더러움

금강사입자, 연마분, 유지 등이 단순히 금속표면에 부착되어 있는 상태

- 흡착층

금속이 공기중의 산소나 기타 각종 기체를 흡착하거나 연마 시에 가공용의 유지를 흡착한 상태

- 화합물의 층

흡착층이 산화해서 형성된 것으로 주로 산화물 및 유지 화합물 등의 층. 상온에서 발생하는 산화물층의 두께에 비해 기계적 연마 후의 산화물층의 두께는 약 10배 정도이며 수백 Å에 달한다.

- 이물의 매몰

금강사, 연마분, 산화물 등이 표피 하에 매몰된다. 매몰현상은 연하고 유동하기 쉬운 금속일수록 심하다.

- 금속의 변질층(Beilby layer)

연마에 의해서 금속의凸부분이 녹아서 과냉각상태로 되어 있는 비정질층을 말한다. 또한 기계적 연마에 의한 금속분이 凹부분에 견고하게 메워져 금속표면에 광택이 생긴 것으로 외견상 완전 금속표면으로 보이게 되는 것도 포함된다.

2) 벨트 연마기⁷⁾

벨트 연마기란 연삭·연마공구로 연마 벨트(abrasive belt)를 이용하는 가공법, 바꿔 말하면 벨트 연삭법(belt polishing)에서 사용하는 가공기계이며, 사용분야 또는 사용목적에 따라 있어 벨트 센터, 벨트 연삭판, 벨트연마기 등으로도 불리고 있다.

벨트 연마법의 원리 또는 기구를 개략적으로 표현한다면, 연마 벨트를 벨트 연마기의 구동축(驅動軸)과 종동축(從動軸)의 바깥부분에 장착하여 그것을 고속도로 회전시켜 접촉된 가공물을 절삭 또는 연마하는 가공법이다.

① 벨트 연마기의 기본 구조

[그림 3-5]은 가장 간단한 벨트 연마기의 한 예로, 버프 연마기에 콘택트 휠을 장착하고, 지지대를 부착한 벨트 연마기이다. 이러한 적당한 회전축을 가지고 있는 연마기를 벨트 연마기로 개량하는 것은 쉽다. 주요 부분은 본체, 동력의 바깥에 연마벨트를 장착하는 콘택트 호일(이 경우 구동축을 겸하고 있다)과 아이들러 프리(從動軸) 및 연마 벨트의 장력과 위치변경을 조절하는 기구가 있다. 필요에 따라서는 덮개와 배진장치, 혼식 벨트 연마기에 있어서는 가공유(연삭액)의 순환여과장치 등을 설치할 수 있다.

7) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



[그림 3-5] 벨트 연마기

*출처 : 장시성, 도금기초 교재, 재능대학교

② 각종 벨트 연마기

- 정지형 수동 벨트 연마기

두 개의 버프 여마기에 아이들 프리 및 그 조절기기를 갖춘 연마 벨트용 유니트를 장착해 버프를 콘택트 휠로 이용한 벨트 연마기이다.

- 테이블 벨트 연마기

테이블 상에 장착해 사용하는 정도의 비교적 소형의 수작업용 벨트 연마기이다.

- 평면 벨트 연마기(부품 가공용)

평행 평면을 가지고 있는 부품 등을 가공하는 벨트 연마기이다.

- 광폭 평면 벨트 연마기

광폭 연마벨트를 사용하여 넓은 평면을 가공하는 벨트 연마기(스테인레스 실드, 스테인레스 코일 등)이다.

- 환봉용 벨트 연마기⁸⁾

환봉상의 가공물, 파이프 등을 가공하는 벨트 연마기이다.

3) 바렐(Barrel) 연마기

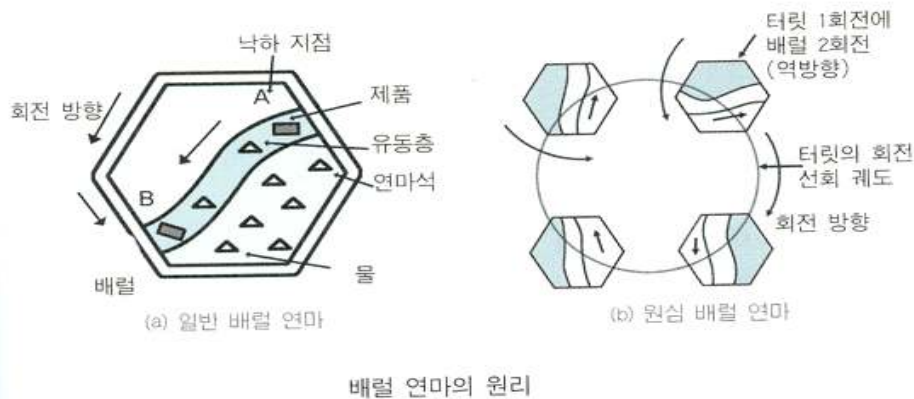
바렐 연마란 바렐(barrel: 통)안에 가공물과 컴파운드(compound), 연마재, 물 등을 넣고 회전하여 장입물 상호간의 충돌, 마찰 등에 의해 서로 때리고, 깎고, 닦는 작용으로 모가 없어지고, 닦여 광이 나게 하는 방법을 말한다.

각종 연마방법을 연마의 기구상으로 보면, 고정연마재와 유동의 연마재에 의한 연마로 나눌 수 있다. 바렐(Barrel)연마는 후자에 속하는 대표적인 연마법의 하나이다.

고정연마재에 의한 연마는 연마재를 일정 장소에 고정하고, 연마재와 가공물과의 접촉에 의해 연마가 일어난 것으로 연마재의 소모가 빠르며, 탈락된

8) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

연마재는 다시 사용할 수 없다. 또한 그 가공면은 방향성이 있는 깨끗한 마무리 연마면을 얻을 수 있다. 유동하는 연마재에 의한 연마는 일정 연마조 중에 연마재(media), 연마 촉진제(compound, 소위 가공물의 청정작용 및 연마재를 운반하는 것), 물 및 가공물을 투입하여 가공물과 상호적으로 유동시켜 연마, 가공을 하는 것이기 때문에 연마재의 사용에 있어서는 경제적 인 연마법이다. 또한 마무리 면은 무방향성의 표면을 얻을 수 있다.
[그림 3-6]은 배럴 연마의 구조와 원리를 도식화 하였다.



[그림 3-6] 배럴연마의 원리
*출처 : 민경섭외 2인. 표면처리 시청각 교재. 한국폴리텍대학

① 미디어 (Media)⁹⁾

미디어란 가공물과 함께 배럴 내에 장입하여 연마작용을 함과 동시에 가공물 상호간의 부딪치는 것을 방지하는 물질을 말하며, 배럴연마 작업에 있어 중요한 역할을 한다.

미디어는 금속형, 규석, 모래, 화장암, 자갈 등이 이용되고, 미디어의 크기는 연삭, 연마, 광택완성 등 연마의 목적에 따라 적당한 크기가 사용되며 가공물의 종류와 형상에 따라 선택되어야 한다. 동일한 조건의 배럴 마무리에서는 형태가 큰 미디어는 작은 미디어보다 접촉되는 점이 적고 하중 및 절삭력이 커진다. 따라서 너무 큰 미디어를 사용하면 다듬질 되는 정도가 나빠지게 된다. 작은 미디어는 절삭력은 떨어지지만, 구석 부분까지 균일하게 다듬질 된다. 그러나 때로는 절삭력이 부족할 뿐만 아니라 가공물끼리 서로 접촉이 심하게 일어나 가공물의 변형이 올 수도 있다.

미디어의 종류에는 인조석, 천연석, 금속재질, 유리재질 및 유기매체 등이 있으며, 인조석 및 천연석이 주로 사용되고 있다. 그 크기는 1mm~50mm이며, 형상으로는 삼각형, 구형, 편형, 계란형 등이 있다.

② 컴파운드(Compound)¹⁰⁾

9) NCS 분류번호 : 전처리작업(1601040105_14v3)

10) NCS 분류번호 : 전처리작업(1601040105_14v3)



컴파운드는 배럴연마의 효과를 향상 시키기 위해서 물에 첨가하는 첨가제로서 다음과 같은 과를 나타낸다.

- 장입된 가공물과 가공물 및 배럴 벽과의 마찰에 대한 완충작용
- 미끄러짐과 혼합 운동에 있어서의 윤활작용
- 장입된 가공물의 표면을 깨끗하게 보존시키는 청정작용
- 방청제 첨가에 의한 방청작용
- 광택연마 촉진작용
- 작업 후의 세척을 용이하게 해주는 작용

[표 3-3] 배럴 연마용 컴파운드의 종류

종 류	적 용 및 성 분
산 성	열처리후의 스케일제거. 염산, 황산
알칼리성	방청을 주 목적으로 함. 탄산나트륨, 수산화나트륨 등
중 성	방청을 주 목적으로 함. 인산류, 아질산나트륨
방 청 제	방청제에 연마재를 혼합사용.
계면활성제	마찰을 원활하게 함. 올레인산나트륨 등

3) 회전 배럴 연마기¹¹⁾

① 회전 배럴 연마기의 원리

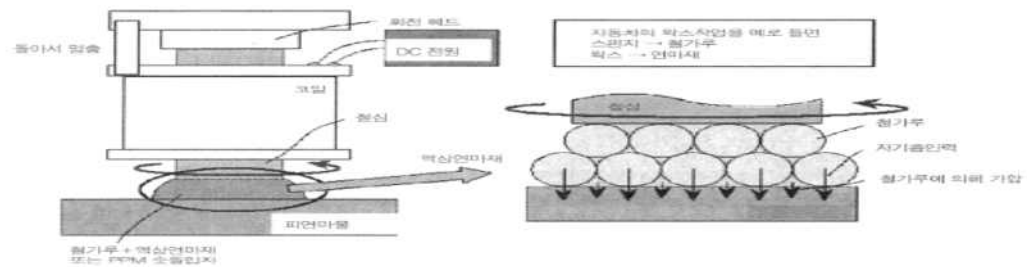
배럴의 회전에 따라 배럴 내의 가공물이 배럴의 외벽을 따라 상승하여 중력에 의해 상충부가 낙하한다. 이러한 작용을 반복함으로써 연삭, 연마, 광택연마가 행해진다.

배럴이 20rpm의 속도를 가질 때 고체 매스는 매스의 표면을 미끄러져 내려오는 운동을 한다. 이때에 미끄러지는 층의 길이와 두께가 연마작용에 큰 영향을 준다. 제품이 바닥에 위치하게 되면 물체는 낙하하지 않고 마찰에 의해서 연삭, 연마, 광택이 완성된다. 이 때 미끄러지는 속도가 크므로 이들의 연마작용은 빠르다. 다른 회전 연마가 생기는 위치는 [그림3-7]의 왼쪽 그림이며, 매스의 이동에 따른의해서 중력 마찰력에 의하여 연마가 행해지고 있다.

② 배럴의 회전수와 원주 속도

배럴 연마에서 배럴의 최적 회전수는 물체와 매체가 항상 접촉하고 있는 경우의 회전수이다. 이 회전수는 미끄러지는 층과 관계가 있으며, 미끄러지는 층의 차이를 회전수 20, 30, 40rpm 등에 따라 나타내 보면, [그림 3-7]과 같다. 이와 같이 중요한 회전수는 가공물의 형태, 크기, 소지 금속의 종류, 연마 전의 조도, 연삭의 정도, 끝마무름 정도, 가공의 목적, 배럴의 지름, 매체의 종류 및 크기에 의해서 결정된다.

11) NCS 분류번호: 전처리작업 (1601040105_14v3)



[그림 3-7] 회전 배럴 연마의 원리

*출처 : 민경섭외 2인. 표면처리 시청각 교재. 한국폴리텍대학

광택 마무리의 경우에는 15-20rpm, 연마의 경우에는 30-40rpm으로 행하는 것이 좋다고 한다. 더 정확히 말하면 배럴을 원주 속도로 결정해야 한다. 일반적으로 권장하는 배럴의 원주 속도는 30-60m/min이고, 이 원주 속도를 일정한 값으로 정했을 때 배럴의 지름이 크면 회전수는 적고, 지름이 작으면 회전수를 많게 해야 한다. 특히, 피처리물이 작은 형상이나 유동하기 쉬운 경우에는 회전수를 빠르게 하는 것이 좋다.

또 지름이 작을 때 일정한 원주 속도를 갖게 하기 위해 회전수를 많게 하면, 원심력의 작용에 의해 물품과 매체가 분리되어해서 연마가 되지 않으므로 원주 속도에 의해서만 결정절할 수도 없다. 일반적으로 연질금속의 경우에, 물품의 형체가 클 때, 매체가 클 때, 또한 물품의 경도가 높을 경우에 큰 연삭을 필요로 하지 않을 때의 원주 속도는 작게 하는 것이 바람직하다.

③ 장입량¹²⁾

배럴 내에 장입하는 물체의 양은 용적 %로 나타낸다. 20% 부근과 50% 부근에서 연마량이 극대 값을 이루며, 광택과 평활도가 가장 큰 것은 60% 부근이다. 따라서 배럴 내의 장입량은 50-60%를 넣는 것을 상식으로 하고 있다. 물품의 형체 등의 관계로서 변형 또는 파손의 우려가 있을 때는 물품에 비해 첨가물, 매체 등의 비율을 크게 해서 물체 자체의 충돌을 피하게 하고, 이들을 배럴 내에 충만시켜 첨가물로서 연마하게 하는 것이 가장 좋은 방법일 때가 있으며, 이러한 때는 배럴의 회전수를 낮추고 시간을 연장하는 것이 좋다.

④ 회전배럴의 종류¹³⁾

배럴의 종류에는 수평형과 경사형이 있으며, 배럴의 형상은 둥근형 및 다각형이 있다. 일반적으로 사용되는 것은 6-8각형이며, 큰 물건용으로는 10-12각형을 이용한다.

또 수평형 배럴의 개량형으로 소형 물건 및 편평한 부품을 연마를 하면 배럴의 양측벽에 부착하는 경향이 있으므로 3중작용형 배럴이나 동일 배럴에 여러 종류의 부품을 연마할 수 있는 복식 배럴 등이 있다.

12) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105 14v3)

13) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105 14v3)



배럴은 양질의 구조용 강을 용접하여 구성하는 것이 일반적이며, 내벽에 8-15mm의 탄성 천연고무, 네오프렌 라이닝을 한다. 이는 가공물의 보호와 방음, 배럴의 내마모, 내식성을 높이기 위해서함이다. 특수한 용도의 주철, 목재도 있다.

⑤ 배럴의 기구 요소¹⁴⁾

- 배럴의 형상 및 종류

배럴의 종류에는 수평형과 수직형이 있으며, 회전 배럴연마기와 차이점은 주축에 대해 대칭으로 짝수로 높은 원심력에 대해 평형하게 설치되어 있다. 배럴의 형상은 일반적으로 둥근모양이지만, 용도에 따라 다각형의 것도 이용 된다.

- 배럴 본체의 구성

배럴의 단면은 회전 배럴의 중력을 이용한다. 유동연마와 다르게 고속회전 유동연마를 하는 것이므로, 배럴의 유동 길이 및 회전에 의한 매스의 운동 등의 인자는 큰 문제가 되지 않고, 배럴 내벽과 매스의 마찰 효과이다. 배럴의 벽면은 연질 고무라이닝을 사용하는 것이 일반적이지만, 특수 용도에 있어서는 연마재를 도포하는 것도 있다. 수평원심 배럴의 구성요소는 일반적인 회전 배럴과 같지만, 수직형 배럴은 일반적이지가 않다.

- 혼합비

통상적으로는 가공물에 대해 매디어 1.5의 배합이 이용되고 있지만, 그 배합은 목적에 의해 변화하며, 대부분은 일반적인 회전 배럴과 동일하다.

- 투입량

투입량은 전체의 60-80%이며 배럴의 공간은 투입량의 정상보다 40mm 위치에 있으면 좋다.

- 적용범위

소형부품의バリ 제거, 마무리 연마를 단시간에 할 수 있고, 광택연마를 할 수 있다.

4) 원심 배럴 연마기¹⁵⁾

① 원심 배럴 연마의 원리

원심 배럴연마는 배럴을 부착시킨 회전체를 고속 회전시키면, 원심력이 발생하여 배럴내의 매스는 그 회전에 의한 원심력을 받아 배럴의 바깥에 붙게 된다. 배럴도 일정한 자전(自轉)을 하지만(공전과 자전의 비 1:1 - 1:4.5) 배럴의 내벽에 고무라이닝이 되어 있으므로, 매스는 Slip를 일으켜 매스의 형상을 보존하면서 공전 및 자전의 비로 유동을 일으킨다. 따라서 높은 원심력으로 가공물을 유동 연마한다.

5) 진동 배럴 연마¹⁶⁾

14) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

15) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

16) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

① 진동 배럴 연마의 원리

선박형(U자 단면) 또는 U자 씨클 도넛츠형의 배럴에 매스를 투입해 일정 진폭의 고속진동을 주고, 다음 3중 작용을 주어 연마를 행한다. 더욱이 매스에 진동을 전달함으로써 가공물과 매디어의 마찰작용, 전체 매스의 유동회전, 가공물과 매디어의 중량차에 의한 상대 이동이 일어난다. 그렇기 때문에 마찰작용은 회전 배럴보다 전체 부하가 매스 전체에 작용하므로, 배럴 내의 데드스페이스를 없애고 전면연마가 가능하다. 따라서 연마 능률은 상당히 향상된다.



[그림 3-8] 진동 바렐연마기

*출처 : 장시성 김승대. 표면처리 기초. 재능대학교

② 진동 배럴의 기구 요소¹⁷⁾

- 배럴의 형상 및 종류

배럴은 선박형 및 씨클 도넛츠형으로, 단면형상은 가공물과 매디어가 진동을 받아 마찰작용, 유동회전, 상대이동 등 세가지 운동이 일어나기 쉬운 U자형이어야 한다. 그 단면형상의 중요한 인자로는 배럴의 폭과 깊이가 있다. 보통 그 비는 1:1.05 - 1:1.45이다. 단면형상은 배럴의 고정위치, 진동장치의 형식에 의해 영향을 미치는 것은 분명하다. 또 매스의 배출 방식에 의해, 경사 배출형, 하부 배출형, 측면 배출형으로 나눈다. [그림 3-9]은 흔한 진동 바렐연마기의 사진이다.

- 배럴 본체의 구성

배럴은 고속진동의 강력한 진동장치를 장착하므로, 충분한 강성을 가진 양질의 구조용강 재질을 사용해야 하며, 배럴의 용량에 의해 차이는 있지만 3.2~8mm의 강판을 사용한다. 배럴의 내벽은 고무라이닝을 하며, 라이닝은 10~20mm의 내마모, 내열의 연질 고무라이닝을 한다.

- 혼합비

보통 가공물 1에 대해 매디어 2의 비율로 배합하여 사용한다. 연마량은 가공

17) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



물의 중량, 형상 및 매디어의 성상에 의해 차이가 난다. 메어와 가공물의 용량 비는 다른 배럴과 같은 연마조건으로 결정한다.

- 투입량

배럴 용량에 대한 투입량은 75-80%이지만, 진동 배럴의 경우에 있어서는 투입중량이 진동, 연마성능에 따라 조건이 크게 달라진다.

- 적용 범위

회전 배럴에는 가공물의 변형이 적은 정밀한 마무리 면을 얻을 수 있고, 오목 부위 등 비교적 구석진 부위에도 연마를 할 수 있다.

마무리 가공물의 각진 부위에 비교해 평면부위도 비슷하게 연마가 되어, 굴곡이 심하지 않다. 또 중량이 있는 큰 가공물의 연마가 가능하다. 열처리, 화학처리 및 도금과 같은 다른 공정과 연결하여 반자동 또는 자동제어화 하는 것이 가능하다.



[그림 3-9] 분사연마기

출처 : 민경섭 외 2인, 표면처리 시청각 교재, 한국폴리텍대학

③ 액체 호닝¹⁸⁾

액체 호닝 연마법은 분사연마법의 하나로 wet blast라고도 한다. [그림2-9]의 장비 에서 주로 물을 사용하여 공기와 연마재가 동시에 고속으로 분무해 나오며 표면을 격돌시켜 연삭을 한다. 샌드블라스트보다 먼지가 적어 위생적이나 연삭, 가공속도는 떨어진다. 연마재는 #10정도의 조립자부터 #3000번의 초미세입자까지 사용된다. 거칠은 표면부터 초미세 표면까지 처리가 가능하다.

그 용도로는

- 녹이나 스케일의 제거
- 오염물 기타 탈지나 부착물의 제거
- 도금 하지가공으로서 거친 버프연마 대응
- 도장의 하지가공으로서 밀착이 좋은 가공면을 만드는데 사용
- 기계가공에서 생긴 burr 제거

18) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

- 서리면 등의 독특한 표면완성
- 금속류 이에 유리, 합성수지, 도기 등의 연마 및 서리면(satin) 가공으로 Satin finishing, 연삭 효과(grinding effect), 세정 효과(cleaning effect), 두드림 효과(peening effect) 등이 있다.

액체 호닝에 사용되는 연마재의 입도는 #1.0~#5,000까지의 범위가 사용된다. 재질은 천연 연마재와 인조 연마재로 크게 나누며 여기에는 알런덤, 카보런덤, 규사, 철강립, 유리가루 등도 사용 할 수 있다. 연질금속이나 유지의 제거 목적에는 식물성 분말도 사용된다. 입도, 재질은 제품의 완성표면 표면상태를 고려하는 것이 중요하다.

④ 블라스트가공¹⁹⁾

압축된 공기와 함께 연마재를 분사시켜 가공하는 것을 말하며 [그림 2-10] 에 블라스트 머신을 나타내었다. 특징은

- 기계적 강도가 높고 충격에 쉽게 부서지지 않을 것
- 연삭력을 가진 다각형의 입자일 것
- 광택면을 요구할 때는 구상입자라야 하며 그 면은 매끄러운 면이어야 한다.

다각상일 때는 각 면이 평활해야한다.

- 가공면을 좋게 할 목적의 것은 둥근 형상의 입자일 것
- 물 또는 수용성 약품에 대해 안정성이 있을 것
- 균일한 가공면을 얻을 수 있는 작은 입도 일 것
- 값이 싸고 쉽게 살 수 있을 것



[그림 3-10] 블라스트 머신

출처 : 장시성. 도금기초. 재능대학교

⑤ 화학연마와 전해연마²⁰⁾

화학연마와 전해연마는 피연마 금속면을 용해시켜가며 평활화하고 피연마면에 혼입되어 있는 각종의 불순물, 소성변형을 받은 변질층을 제거한다. 이에

19) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

20) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



반하여 기계적 연마는 피연마면이 소성변형에 의하여 변질층, 가공 경화층이 나타나고 금속표면을 절삭, 마모, 변형시켜 평활화를 시킨다. 전해연마의 경우에는 전기화학적으로 실시하므로 물리적 연마와 경우와는 다르게 물리적인 힘을 받지 않으므로 잔류응력이 발생하지 않고 가공에 수반되는 변질층이 나타나지 않는다.

기계적 연마에서는 연마입자와 바프가스, 유분, 콤파운드 등이 잔류하기 때문에 충분한 세정이 필요하지만 표면에 박힌 연마입자, 금속편 등을 제거하는 것은 곤란하며, 그것이 부식의 원인이 되는 경우도 있다. 전해연마는 그러한 것을 배제하고 청정한 표면을 얻는 것이 가능하다.

기계적 연마에서는 오염이나 이물질 부착, 또는 연마시 열에 의한 가열발생 등으로 내식성이 연마 전보다 저하되는 경우가 있다. 이에 비하여 전해연마의 경우는 표면을 전기화학적으로 용해시켜 연마면을 청정화하고 가공에 의한 변질층을 제거한다. 또한 크롬을 농축하면서 산화피막을 재생시키므로 보다 강한 부동태 피막을 얻을 수가 있다. [표 3-4]는 기계적 연마와 화학연마의 비교를 나타냈다.

[표 3-4] 각종 연마법의 비교

구 분		화학(전해)연마	버프연마
연마기구		화학적 전기화학적 용해에 의하여 평화·면경화 된다.	절삭, 소성변형, 용융에 의하여 기계적으로 평활, 면경화된다.
개인차		숙련을 별로 요하지 않는다.	개인의 숙련도에 마무리 차이 발생
작업시간		짧다.	비교적 짧다.
연마 효과	가공변형	가공변형이 없다	압축변형을 받는다.
	정형성	없다.	절삭 작용에 의하여 정형효과 있음
	소재의 기스	깊은 요철, 상처 등은 제거 불가능	거친 기스도 제거 가능
	표면층	산화피막으로 쌓여져 있다.	베일비층, 금속비누 등의 변질층
	반사광	반사능이 높다	조금 떨어진다.
소지	부착물	없다	금속분, 연마입자, 바프 찌꺼기, 유지 등
	공정	각 재질의 액, 조건이 상이하다.	제품에 따라 변경
	형상	대형 제품은 불균일한 연마가 되기 쉽다.	복잡한 형상의 물건은 버프가 닿지 않는 경우가 있다.
내식성		좋다.(산화피막이 보호)	별로 좋지 않다.
도금하지		결정조직이 연속한다.	특별히 결점은 없다.

화학-전해연마에서는 작고 세밀한 요철은 금방 연마되므로 광택이 나기 쉽지만 비교적 커다란 요철은 좀처럼 제거하기 어렵다. 물리적인 연마에서는 커다란 요철은 간단히 평활화 할 수 있다.

화학-전해연마의 경우에는 금속의 성분, 표면상태, 결정조직 등이 연마결과에 미치는 영향이 크지만 물리적 연마의 경우에는 보통 그러한 영향을 받지 않는다.

기계적 연마에서는 복잡한 형상, 세밀한 물건,箔 등 얇은 물건 등의 연마는 곤란하지 화학-전해연마에서는 여러 가지 고안에 의하여 연마가 가능하다. [표 3-5]는 화학연마법 및 전해연마법 차이점을 나타내었다.

[표 3-5] 화학연마법 및 전해연마법 차이점

구 분		전해연마	화학연마
연마기구		양극적 용해	화학적 용해(침적)
연마의 균일성		불균일해지기 쉽다(전류 분포에 의존). 복잡한 형상의 물건에는 보조전극이 필요 전기접점은 마모되지 않는다.	균일한 마무리 액에 접촉되는 부분만 연마된다.
조작		조금 복잡	단순
사용약품		조금 약한약품 전기에너지가 기여한다.	강한약품과 가열(고온)
설비관계	전원	필요	불필요
	배기	미스트가 소량	미스트가 다량
	치구	불용성 치구	불용성 용기가 주체

화학연마법 및 전해연마법과 기계적 연마법과의 근본적인 차이점은 피연마면의 미소 돌출부를 기저부보다도 우선적으로 용해시켜 평활화하여 광택면을 얻는데 반하여, 기계적 연마법은 피연마면의 돌출부를 절삭, 소성변형, 마모 등에 의하여 제거하여 평활면을 얻는 방법이다. 이러한 차이점이 연마후의 금속표면의 성질 등 여러 가지에 영향을 미친다.

6) 전해연마(electro-polishing)²¹⁾

전해연마는 피연마물 제품을 직류전원의 양극에 접속하고, 전해액 중에서 음극에 상대시켜, 피연마체의 미세한 돌출부를 미세한 홈 부분보다 더 많이 용해시켜 표면을 평활하게 하며 주로 AUSTENITE계 스테인리스강을 원재료로 사용한 제품을 전해연마하여 많이 사용한다. 소정의 외부 전류를 흐르게 하여, 전기화학적 반응에 의하여 평활성 및 내식성을 향상시키는 원리이다.

전해연마의 효과로는

- 전해연마 후 금속표면에 치밀한 금속산화물 피막(부동태) 형성 및 금속표면의 주성분(Cr, Ni, Fe성분)의 조성변화로 인하여 내식성이 향상된다.
- 전해연마 후 기계연마에 비해 평활한 금속표면을 형성하여 금속표면에 반응물

21) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



- 의 SLURRY의 흡착방지 효과가 뛰어나다.
- 가공표면에 가공 경화층을 생성하지 않기 때문에 잔류응력이 거의 없다.

[표 3-6] 소재별 전해연마에 필요한 전압과 전류밀도

금속	전압(V)	전류밀도(A/dm ²)	용액	온도(℃)
알루미늄	30-70	30-200	수산화칼륨	80
알루미늄	10-40	10-100	인산염	<60
철강	50	4-6	과염소산	<30
철강	4-6	1-12	인산	상온
철강	15-40	100-200	크롬산	20-80
니켈	40	30-60	황산	40
동	1.5-2	1-10	인산 크롬산	상온
놋쇠	1.8-5	13-15	인산	상온
황동	2-5	16	수산화카리움	상온
은	2-4	05-3	시아니화카리황철염	상온
스테인레스스틸	5-20	10-100	인산 황산	70-130

① 전해연마의 기초지식

전해연마는 연마방법이나 전해액의 차이에 따라서 많은 방법이 있다. 여기서는 인산을 주성분으로 한 스테인리스의 전해연마에 대하여 설명한다.

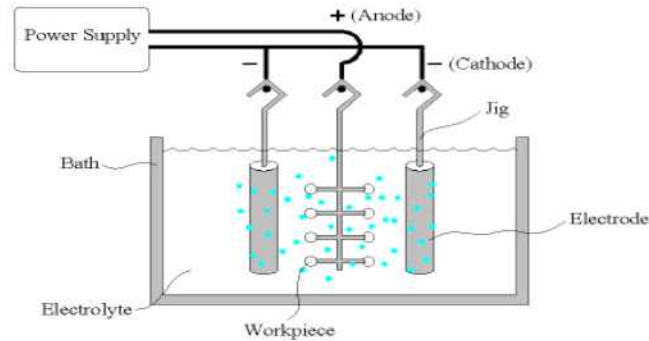
전해연마는 파라데이 법칙에 의하여 진행된다. 즉 $N(g-ea)=Q/F$ 이며 이 식에서 $N(g-ea)$ 는 화학변화를 일으킨 물질의 그램당 양수, Q 는 전기량, F 는 파라데이정수(기초정수는 물질의 종류에 관계없이 일정하다)

전기량 Q 는 $Q=It$, 단지 전류(A)* 시간(초)이므로 전류*시간이 2배가 되면 화학변화를 일으키는 물질의 양도 2배가 되어 전해연마의 경우 스테인리스로부터 용출되는 금속이온량이 2배가량 된다.

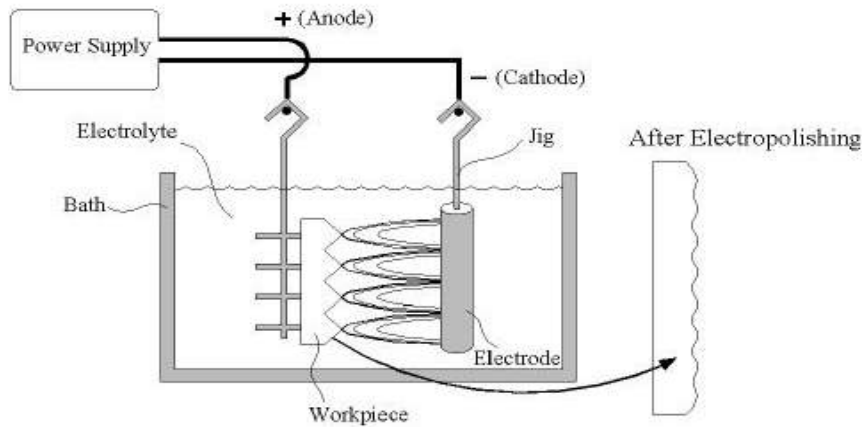
파라데이법칙에 의하면 스테인리스 용출량은 전류*시간에 의하여 정해지는 양이므로 전해연마액과 전해온도 등에 변화되는 것이 아니지만 전해연마액과 전해온도 등은 스테인리스 표면의 평활도, 핀홀의 발생, 그 외의 전해연마의 마무리상태에 중대한 영향을 미친다.

또한 기계적 연마와 전해연마를 병용하는 방법(예를 들면 전해 복합연마 등)은 기계적 연마와 전해연마 모두가 작용하므로 파라데이 법칙을 따르지 않는다.

[그림 3-11]와 [그림 3-12]은 전해연마의 초기 상태와 연마 중인 상태를 도식화 하였다.



[그림 3-11] 전해연마의 초기 단계
출처: 염희택 외 8인. 제1권 도금의 기초 및 도금장비. 한국표면처리공학회



[그림 3-12] 전해연마중인 상태
출처 : 염희택 외 8인. 제1권 도금의 기초 및 도금장비. 한국표면처리공학회

② 전해연마 공정의 특징

전해연마는 기름과 연마재를 사용하지 않고 스테인리스 표면에 일체의 물리적인 힘을 가하지 않고 연마를 한다. 연마면은 엄밀하게 균일한 부동태 피막으로 둘러싸여 있으며, 그 부동태 피막 중의 크롬 농도는 60%이상으로 농축되어 있으므로 실질적으로 녹이 발생하지 않는 표면이 얻어진다. 그러면서도 실제로 물건을 만드는 경우는 용접이나 험가공 등 많은 가공이 더하여지므로 그 표면은 결코 균일하다고 할 수는 없으며 역설적으로 불균일한 표면이라고 할 수 있다.

그러나 전해연마는 전체를 한 번에 연마하므로 전해연마를 하기 전에 불균일한 부분을 기계적 연마로 제거하여 균일한 표면으로 한 후에 전해연마를 할 필요가 있다.

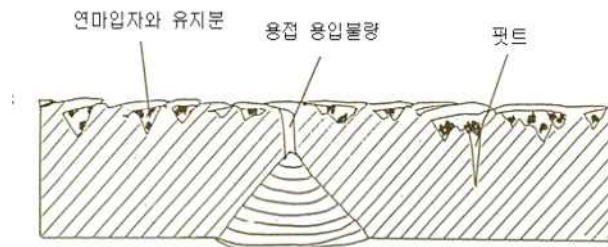
③ 전해연마의 목적

(1) 탈지

스테인리스 표면에는 압연이나 프레스, 시보리 가공, 기계절삭, 연마 등 거의 모든 공정에서 기름이 필요하면서도 그 기름은 표면뿐만 아니라 경우에 따라서 금속내부에까지 침투하기도 한다. 이렇게 침투한 기름은 탈지세정에 의하여 제거하는 것은 불가능하며, 이것은 장기간에 걸쳐 오염으로서 검출된다. 전해연마는 스테인리스 표면의 20-30미크론을 용해하여 제거하므로 기름도 함께 제거되어 완전한 탈지가 가능하게 된다. 실제로 측정한 결과 1㎡에 0.06mg 이하의 검출한계 이하로 된다.

(2) 버프 분말의 제거²²⁾

버프 연마제 분말은 세정하기 대단히 힘든 물질로서 버프연마는 알루미늄, 지르코늄 등의 연마제를 파라핀 등의 기름과 함께 고형화시켜 봉형태로 성형시킨 것을 헬트 등의 천에 묻힌 후 스테인리스 표면을 연마하여 광택을 낸다. 버프연마에는 면버프, 헬트버프, 사이발 버프 등이 있으나 모두 비슷한 연마방법이다. 이러한 연마제와 기름은 스테인리스의 미세한 요철이나 버프연마에 의하여 변형된 돌출부의 내부 쪽에 잔류하여 세정을 곤란하게 한다. [그림 3-13]은 버프연마 된 금속의 단면상태를 나타낸다.



[그림 3-13] 버프연마의 단면 개념도

출처 : 염희택 외 8인. 제1권 도금의 기초 및 도금장비. 한국표면처리공학회

버프연마에 의하여 제거된 돌출부의 안쪽에 버프분말과 유지 등이 잔류하고 이것이 조금씩 장기간에 걸쳐서 배출되므로 세정이 대단히 어렵게 된다.

(3) 표면의 평활화²³⁾

기계적인 연마에서는 거의 모든 경우 작은 크기의 연마입자를 사용하여 연마하여도 전자현미경을 사용하여 관찰하면 미세한 흠집이 보이지만, 전해연마에서는 600번 정도의 연마제의 의하여 기계연마한 후 정확한 전해연마를 하면 전자현미경에 의하여도 흠집은 전혀 관찰되지 않는다. 이것은 600번 정도의

22) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

23) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

연마석에 의하여 발생한 흠집은 전해연마에 의하여 부드러운 요철로 변화하여 흠집으로 인식할 수 없어졌기 때문이다. 표면에 물체가 부착하는 경우를 추정해 보면 미세하지만여도 까칠까칠한 요철의 표면보다 커다랗더라도 부드러운 요철의 표면쪽이 분말이 부착하기 어렵다고 하는 것을 어렵지 않게 짐작할 수 있다.

(4) 부동태화

질산 등에 의한 화학적인 부동태화는 금속(고체)과 약품(액체)의 접촉에 의하여 부동태화하기 때문에 금속표면의 작은 요철, 기포와 기름, 이물질 등의 방해에 의하여 접촉율은 좌우된다. 전해연마에서 금속표면을 용해하는 작용과 산화(부동태화)하는 작용이 동시에 일어나기 때문에 방해요인은 배제된다. 또한 부동태 피막의 얇은 부분이 우선적으로 부동태화 되기 때문에 엄밀하게 균일한 부동태피막이 형성된다.

(5) 크롬의 농축

인산계의 전해 연마액중에서 스테인리스 중의 철성분이 우선적으로 용해되므로 결과적으로 최초농도가 18%였던 크롬이 60% 이상으로 농축된다. 크롬농축의 목적은 보다 녹이 발생하기 어려운 스테인리스 표면을 만드는데 있으며, 통상의 전해연마 후 키레이트제 처리, 질산 등에 의한 부동태화처리를 하면 실질적으로 녹이 발생하지 않는 스테인레스 표면을 얻을 수 있다.

전해연마에 의하여 스텐 중의 철성분이 우선적으로 용출되어, 결과적으로 크롬이 농축되면서 철과 크롬이 완전히 산화하여 부동태화 된다. 그 결과 녹의 발생이 매우하기 어려운 표면이 된다.

(6) 표면적의 저하

압연한 스테인리스재와 기계연마한 표면은 미소한 요철이 있으므로 그 표면적을 합하면 결국 커다란 면적이 되지만 전해연마에서는 미소한 요철이 없어지고 커다란 굴곡이 남는다. 그 결과 실표면적은 기하학적 표면적에 가깝게 된다. 세척성, 먼지 발생, 이물질 혼입, 교차오염 등의 문제는 모두 전표면적에 비례하므로 실표면적의 저하는 중요한 요소이다.

(7) 세정성의 향상

전해연마에서는 미세한 요철이 제거되고, 표면이 완전히 부동태화 되어므로 활성화 결합단이 없어지므로 물질이 부착하는 힘을 약하게 하여 세정성이 향상된다. 미분말의 부착에 대하여도 동일한 결과가 된다.

7) 화학연마[化學研磨, chemical polishing]²⁴⁾

강산·강알칼리·산화제와 같은 용액에 금속 또는 합금을 담그는 것만으로 금속면의 볼록 부분을 화학적으로 용해시켜 광택이 나는 평활한 면으로 만드는 것이다. 예로부터 키린스 다듬질이라 하여 구리·황동 등의 지금(地金)을 도금하는 전처리로서 적용해 왔행하여졌는데, 1948년 미국의 H. 프레이 등이 화학연

24) NCS 분류번호: 전처리작업 (1601040105_14v3)



마라는 말을 사용해 특허를 얻은 이래 이 말을 용어를 사용하게 되었다. 전해 연마에 비해 전기에너지가 불필요하며 조작이 간단하다. 또 단시간에 대량 처리가 가능하고 균일하게 다듬질할 수 있으나 작업 중 연마욕(研磨浴)에서 유독 가스가 발생하는 결점도 있다.

구리의 경우를 예로 들면, 황산 800g, 질산 100g, 염산 25g, 물 490g의 비율로 혼합한 연마용기에 약 40℃로 1분간 담근다.

① 알루미늄과 알루미늄 합금의 화학연마

화학적으로 금속을 평활하게 연마하는 방법은 알루미늄이 가장 먼저 연구대상이 되었으며, 공업적으로 가장 성공적으로 사용되고 있다. 그 이유는 양성금속이면서도 고순도의 금속을 얻기 용이하기 때문이다. 이것은 산성용액이나 알칼리용액도 좋으며 재료적으로 성분의 변동이 작기 때문에 작업시 재현성이 좋다. 따라서 액조성이 일정하다면 작업은 미숙련의 작업자라도 작업을 할 수가 있다.

액조성이 일정하다고 하는 것은, 예를 들면 인산 베이스에 질산을 첨가한 욕조성에 있어서 급속하게 질산이 소모되므로 이것을 지속적으로 조정할 필요가 있다.

이런 액은 인산의 점성과 질산의 산화작용에 의하여 연마효과가 얻어지므로 니켈, 철, 구리 등의 중금속 류의 황산염 또는 질산염의 첨가에 의하여 알루미늄의 용해속도가 높아지며, 욕 온도와 농도가 낮아도 양호한 연마효과를 얻을 수 있다. 이런 욕의 단점은 질산의 분해에 의해 발생하는 유해한 아질산가스이지만, 이런 아질산가스의 발생을 억제하는 목적으로 요소 혹은 암모니아 이온을 적당량 첨가하기도 한다.

이런 액의 수명에 영향을 미치는 인자는 유출한 암모니아 이온의 축적, 질산의 분해에 의한 감소, 수분의 증발 등이 있다. 이런 것은 분석, 점도, 비중 등의 측정에 의하여 조정해야한다. 질산의 소모에 대하여는 특히 정기적으로 보충할 필요가 있다.

(가) 산성 알루미늄 화학연마

[표 3-7] 알루미늄 ; 인산-질산계 화학 연마액

No.	인산 (vol%)	질산 (vol%)	초산 (vol%)	물 (vol%)	온도 (℃)	비 고
1	73-83	2-5		14-22	약90	
2	70	2-3	12-15	12-15	100-120	Mayen-Brown법
3	60	20	20		120	0.5-10분, 후쿠시마법
4	81	5	15		90-100	규산5-50g/l 혹은 황산(30%) 100ml

[표 3-8] 알루미늄 ; 금속염을 첨가한 화학 연마액

No	인산 (vol%)	황산 (vol%)	질산 (vol%)	금속염	온도℃	비 고
1	70	25	5		90-120	
2	78	11	11	황산제1철 0.8(g/l)	90-120	
3	45-85	0-40	2-40		90-120	초산 0-15%(vol)
4	53-77.5	15.5-41.6	4.5-6.0	황산동 0.3-0.5(wt)	90-120	붕산 0.4-0.5%(vol)
5	77.5	15.5	6.0	질산동 0.05%(wt)	100	카루보키시메칠 세루로 스 첨가, 시간 1-4 분

[표 3-9] 알루미늄 ; 질산-불화물계 화학 연마액

No.	질산 (vol%)	황산 (vol%)	물	금속염	온도℃	시간	비 고
1	13		잔량	산성불화암 모늄 16%	55-75	15-20초	질 산 염 0-0.02%(wt)
2	100-170 g/l		잔량	중불화암모 늄 100-200 g/l	50-80	10-30초	
3	3.75		잔량	불화수소산 암모늄 0.65%(wt)	90-110	3-5분	에 칠 렌 글 리 콜 0.65%(wt) 질산동 0.0025%(wt)

[표 3-10] 알루미늄 ; 과산화수소 인산계 화학 연마액

No.	인산	과산화수소(vol%)	시간	물 (vol%)	온도(℃)	비 고
1	60-80%	1-10	30-60초	13-35	70-110	
2	1 l	50ml	5분		실온	

(나) 알칼리성 화학 연마²⁵⁾

알칼리계 액은 산성 타입과는 다르게 처리온도가 낮은 것이 특징이다. 알칼리계 욕은 첨가된 질산염의 산화작용과 알루미늄 표면상에 생성되는 알루미늄염 의하여 연마효과가 높아진다.

[표 3-11] 알루미늄 ; 알칼리계 화학 연마액

No.	수산화나트륨	질산나트륨	물	온도(°C)	시간	비 고
1	7-30 g/l	g/l 14-30		60-70		
2	1.5%(wt)	32%(wt)	66.5%(wt)	70	6분	교반회전수 300rpm

② 철강의 화학연마

철강의 화학연마는 과거에는 황산-질산계가 주였다. 이것은 과거의 산성액을 개량한 것이며, 실질적으로 철강의 표면산화물을 황산으로에 의하여 제거하여 광택을 내는 효과가 있다. 즉 미세한 요철을 가지는 철강 표면을 거울과 같은 광택으로 하는을 내는 것은 종래의 욕 조성으로는 불충분하다.

인산은 피로인산이 가장 좋으며, 이것은 욕의 점성, 가용성 피막의 용해 확산에 의한다. 화학연마의 단점은 화학반응의 과정에서 발생하는 소수소가 강에 흡수되어 수소취성을 일으키는 원인이 되는 것이다. 특히 피아노선은 그 해가 크기 때문에 통상 45%의 가성소다에서 140-160°C의 온도로 처리하여 수소취성을 회복시켜 후처리를 하는 공정이 필요하다. 욕의 내구성은 50% 정도로 이것은 피처리물의 형상에도 영향을 받는다.

액 전체를 공업적 측면에서 보면 경제적으로 사용하기 위해서는 황산, 질산과 같은 저가의 약품을 사용하는 것이 유리하다. 그러나 첨가에도 한계가 있어 황산은 비중 1.76인 것을 10%를 넘지 않도록 하며, 질산은 3%를 넘지 않도록 한다.

25) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

[표 3-12] 철강의 화학연마

No.	질산 (vol%)	황산 (vol%)	염산 (vol%)	물	온도℃	비 고
1	(70%) 400	(95%) 600		192		테트라 인산 100 경우에따라 크롬산 또는 인산철을 0.75-2.25 g/ l
2		45-55		55-45	77-120	Sn,Cr,Mo,Ti을 0.01g/ l 이상
3	100-200	200-600	25		80-120	인산400, 시간;0.2-1분
4		0-10			180-250	축합인산(P2O5 72-75%) ; 100%(vol) 시간; 수초-수분
5	3mℓ			30mℓ	60-70	불산7mℓ, 시간;2-3분
6				80mℓ	35	옥살산(100g/ l)28mℓ, 5분
7		0.1g		1 l	20-30	옥살산 25g, 과산화수소 13g, 시간;30-60분

③ 동, 니켈 및 합금의 화학연마

구리와 구리 합금 계통의 액 조성은 질산-황산-염산계가 사용된다. 질산계의 키린스 액은 질산의 산화작용에 의하여 동 및 동합금상에 산화피막을 형성시켜 연마효과를 향상시키는 것으로 보인다. 그러나 이 용액은 화학반응이 대단히 강하므로 처리시간을 잘 조절하지 않으면 에칭이 일어나며, 유해한 아질산 가스를 발생시키는 단점이 있으므로 이러한 단점을 제거하기 위하여 인산계가 사용된다.

[표 3-13] 동, 니켈 등 비철 금속의 화학연마

질산 (vol%)	황산 (vol%)	염산 (vol%)	물	온도℃	시간	비 고
200mℓ	400mℓ	2mℓ	300mℓ	상온	30초 이상	키린스액
32	64	1	64	상온	30초 이상	
20-80	20-80	0.1-10	경우에 따라 첨가	실온		크롬산 5-200
5-20 (vol%)			0-10 (vol%)	50-80	2-6분	인산;30-80(vol%) 빙초산;10-50(vol%)
200mℓ		5mℓ		55-80	2-6분	인산;550mℓ 빙초산;50mℓ



⑥ 각종 연마의 비교

[표 3-14] 각 연마방법의 특성비교

구 분	침전전해연마[E.P]	화학연마[C.P]	기계연마[Buffing]
평활성	◎	△	○
연마표면	(초) 경면	광택없음	광택
실효면적	극소(micro적 개선)	大	大
비부착성	◎	×	△
가공굴곡	없음	없음	있음
내식성	○	△	×

3. 전처리

가. 산처리

1) 스케일²⁶⁾

철강 상에 발생하는 붉은 녹(錆), 혹은 구리와 구리 합금 상에 발생하는 녹색(綠錆)을 말한다. 대개는 저온에서 산화물이 될 때 녹이라고 말한다. 고온 분위기에서 발생한 산화물을 스케일이라고 한다.

2) 베일비층²⁷⁾

이 층은 완전한 산화물 층은 아니지만 기계적 연마 혹은 가공을 하게 되면 비정질의 층이 발생한다. 즉 기계가공에 의하여 결정구조 파괴 및 변형에 의해 생성된 층이다.

3) 에칭

에칭처리 공정은 도금의 밀착성과 외관(표면 광택)을 좌우하는 가장 중요한 공정이고 에칭조건은 금형설계, 성형조건과 함께 제품의 품질을 거의 결정한다. 에칭액은 황산과 크롬산이 주성분으로 되어 있으며 ABS의 부타디엔이 용해한다. 에칭액에 장시간 처리하면 아크릴로니트릴-스티렌 층 역시 부식되므로 요철이 생기는 부분이 없어져 버린다. 즉 오버 에칭이 되면 앵커 효과가 사라져 밀착력이 오히려 나빠지는 경우가 발생한다. 또한 과도한 에칭은 외관이 좋지 않게 도금되고 경면광택을 얻으려면 도금을 상당히 두껍게 해야 하는 단점도 갖고 있다.

에칭의 강도는 액의 조성파 조건에 좌우한다. 크롬산 황산 온도 등이 높을수

26) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

27) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

록 에칭력은 강해지고 단시간에 에칭이 된다. 에칭액은 3가 크롬이 발생하게 되는데 부타디엔을 산화할 때에 크롬산이 환원되는 이유이고 누적이 되면 에칭력은 약화된다. 따라서 정기적인 분석과 전해산화에 의해 6가 크롬으로 산화시키는게 일반적인 관리 방법이다.

최적의 에칭상태는 제품마다 다르다 자동차부품은 밀착강도가 높은 것이 요구되고 도금 두께도 두껍기 때문에 에칭을 강하게 하는 편이다. 가전제품은 외관을 중요시 하므로 일반적으로 에칭을 약하게 행한다.

에칭액은 비중이 크고 균일하게 섞기 어렵다. 특히 탱크 조의 크기에 따라, 또 높이에 따라 온도 편차가 현격이 나타날 수 있으므로 주의해야 한다. 또 에칭성분을 보충하고 난 후에도 주의를 요한다. 이러한 조건에서 에칭이 되면 에칭 얼룩이 일어나기 쉬우므로 충분한 시간을 갖고 공기교반을 실시한 후 작업에 들어간다.

4) 스머트²⁸⁾

알칼리 탈지나 산처리 등의 전처리를 행한 철강 재료의 표면에 생성하고 부착된 극히 미세한 그을음상의 분말. 산세 과다로도 발생하며 산세 과다로 생긴 스머트는 제거가 쉽지 않아 도금불량을 일으키기 쉽다. 스머트가 발생하기 쉬운 재료도 있으므로 산세 대신 알칼리 탈청이나 양극산세를 하기도 한다. 스머트의 제거는 브러싱이 추천된다.

5) 화학적 산세

보일러 등의 스케일을 고온의 산으로 제거하는 방법이다. 우수한 억제제의 출현으로 이 방법이 가능하게 되었는데, 종류는 아래와 같다.

① 염산산세

대표적인 산세방법으로 냉연공장의 약 90% 이상이 이 방법을 사용하고 있다. 황산 산세에 비해 비싸지만 소재의 손실을 최소화 하며 빠른 처리가 가능하다.

② 황산산세

소재의 손상이 심하고 폐황산 처리의 어려움 등으로 인해 현재는 거의 사용하고 있지 않다.

③ 불초산 산세

Stainless 강의 산세에 사용되며 불소산과 질산을 사용한다.

④ 알칼리 용융염법

500℃ 전후의 고온에서 사용하고 Scale 자체의 열팽창 차이에 의해 균열이 생기면 수세과정에서 일부는 제거되고 잔존 Scale은 산세에서 제거하는 특수한 방법이다.

6) 전해 산세

소지금속을 용해나 과다 산세의 위험을 줄이면서 가스를 발생시키는 것이 전해 산세이다. 묽은 황산수용액에 정류기를 이용하여 전해를 할 경우 물이 분해

28) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



하며 음극의 수소와 양극의 산소발생의 원리로 음극에서 발생하는 수소를 이용해 침지법으로 생각하기 힘든 많은 양의 수소가스를 발생시킬 수 있다.

7) 음극산세²⁹⁾

음극에서 발생하는 수소가스량은 양극에서 발생하는 가스량보다 이론상 2배이다. 또 외부전원을 이용하여 가스를 발생시키므로 전류를 조절하면 제거속도를 제어할 수 있다. 음극에서는 강력한 환원작용으로 산침지로 제거하기 힘든 사삼산화철의 저온스케일도 제거가 가능하다. 이런 장점으로 양극산세가 필요 없다고 생각할 수 있으나 음극산세는 불순물의 전착 위험이 있고 결정적으로 수소취성이라는 맹점을 가지고 있다.

8) 양극산세³⁰⁾

음극산세에는 스케일제거 속도가 빠르지만 결점을 보완하는 것이 양극산세이다. 제품을 양극에서 처리하므로 수소의 발생이 없으며 따라서 취성이 생기지 않는다.

그리고 불순물의 금속 양이온들이 부착할 우려도 없다. 양극 산세는 두 가지 처리방법이 있다. 양극에서는 부동태 전위를 생각해야 하는데 이 부동태 전위보다 낮게 처리하는 방법과 부동태전 위보다 높은 전위에서 처리하는 방법이 있다.

부동태보다 낮은 전위의 저 전류 처리법은 바탕 철이 용해하며 스케일과 같이 떨어져 나오는 것으로 스케일과 바탕금속과 밀착력을 잃어 박리를 시키는 것이다.

부동태보다 높은 전위의 고전류 처리법은 음극산세와 마찬가지로 발생하는 가스를 이용하는 것이며 단점으로는 수소에 비해 2배 적게 발생하여 시간이 걸리고 과도한 전류로 오히려 부동태막이 발생하면 밀착력에 악영향을 줄 수 있는 문제를 가지고 있다.

9) 철강의 산세³¹⁾

철강은 대체로 575℃를 기준으로 그 이상과 그 이하의 온도에서 생성되는 산화피막의 조성이 달라진다. 575℃ 이상에서 가열하면 산화제일철(FeO)이 두껍게 형성된 흑색산화물이 되며, 그 상층부에 사삼산화철(Fe₃O₄), 산화제이철(Fe₂O₃)이 형성된다. 스케일이라고 부르는 것은 산화제이철을 가리킨다.

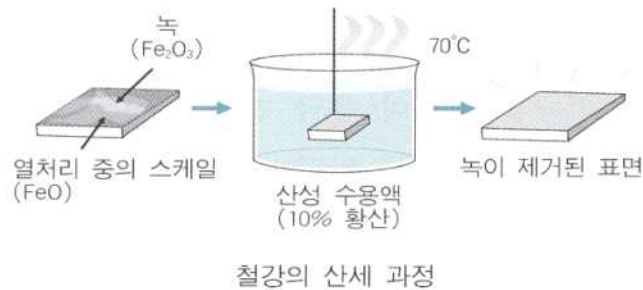
이런 3종류의 철산화물의 흑피는 철을 열처리를 포함, 고온에서 단조했을 때도 생긴다. 스케일이 두껍게 성장하는 원인으로는 산화제일철의 격자구조가 결합이 많은 치밀하지 못하기 때문에 이 결합으로 철 이온이 외부로 확산하기 쉬워지면서 부피가 커진다고 보고되고 있다.

그렇기 때문에 소재와의 밀착성은 부족하고 다공성이며 균열이 많이 존재하여 비교적 575℃ 이하에서 생성된 스케일과 제거법이 달라지는 것이다.

29) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

30) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

31) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



[그림 3-14] 철강의 산세 기구

출처 : 민경섭 외 2인. 표면처리 시청각교재. 한국폴리텍대학

산세에 의한 스케일이 제거되는 기구에 대해서는 단지 화학적으로 이를 용해시키는 것이 아니다. 산액에 담갔을 때 철강 표면에 발생하는 수소가스 기포에 의해 기계적으로 박리되는 반응도 가지고 있다. 이 반응은 [그림 3-14] 처럼 기공이 많은 산화철과 바탕 금속의 전위차에 의해 전지가 형성되며 수소이온을 발생시켜 이 스케일을 녹이지 않고 떼어내는 것이다.

실제로도 스케일이 많은 철강을 산액에 침지 했을 때에도 반응하여 녹는 것보다 산액 상층에 부유하는 것도 볼 수 있다.

10) 구리 및 구리합금 산세³²⁾

구리 또는 황동의 도금 공정 산세는 황산 10~20% 정도에 침적한다. 주의사항은 염산의 사용은 가능한 한 억제해야 한다. 구리표면의 염화동 형성으로 좋지 않은 결과를 초래 할 수 있다.

(가) PCB 상의 구리

압연 동박이나 전해 동박이 대부분이므로 심한 녹은 발생이 없으나 유기물 처리나 기타 여러 공정을 거치면서 가스와 흡착, 접착제 용제, PSR잉크, DF(드라이필름) 등에 노출되어 오염이 있는 경우가 있으므로 주의한다.

PCB의 도금직전 활성화는

- 과수 5~10%, 황산 9~15%, 30초 ~ 2분 이내, 상온~30℃
- SPS 10~20%, 황산 10~20%, 30초 ~ 2분 이내, 상온~30℃

에칭제에 의해 표면의 조도와 에칭율을 관리한다.

(나) 인청동, 베릴륨 구리, C-194, 7025

특수 동 합금 소재들은 황산 BASE의 산 세액에 소량의 불화물을 첨가하여 산으로 제거가 안 되는 규소, 인, 철, 티탄 등의 산화물 혹은 스머트를 제거해야만 밀착력이 좋은 도금을 얻을 수 있다. 특수 구리 합금 제품은 이러한 산처리로 불안정한 품질일 경우 시안화구리 스트라이크 를 처리하는 것이 더 안정적인

32) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



품질을 기대 할 수 있다.

11) 아연 및 아연합금 산세³³⁾

아연재료의 대부분은 캐스팅으로 제작된다. 용점이 낮고 값이 저렴하므로 각종 제품의 케이스나 구조물로 제작되는 경우가 많다. 알루미늄과 마찬가지로 산과 알칼리성에 반응하는 양성금속인 성질 그리고 알루미늄 보다 강한 반응성 때문에 침식이 되기 쉬운 점을 주의해야 한다.

캐스팅의 특성상 표면은 깨끗한 경우가 없고 이형유가 열에 탄 흔적이나 주조결함도 곳곳에 있는 경우가 많다. 강산과 강알칼리성의 처리는 피하고 묽은 산을 이용한다. 염산, 불산, 구연산, 황산 중에서 0.2~1%(무게비) 혼용사용도 가능하다. 그러나 산농도가 높아지면 치수 변화가 심해지므로 주의해야 한다.

12) 스테인리스 산세³⁴⁾

최초 8~10% 용량의 황산 EH는 10~15% 용량의 염산으로 50~70℃, 10~90분간 침적처리(염산은 다소 낮은 온도에서 처리시간을 길게 한다)한 후 6~10%용량의 질산 +1.5% 용량 의 불산 용액 중의 상온에서 10~30분간 침적처리를 한다. 오스테나이트계의 스테인리스 강은 60~90%에서 단시간 처리한다.

13) 알루미늄 및 알루미늄합금 산세

알루미늄은 산과 알칼리에서 모두 반응하는 양성금속이므로 비교적 스케일의 제거가 용이하다. 또한 기계가공으로 산화막 등이 제거되거나 화학연마, 버프연마에 의해 산화 막이 제거가 된 형태로 도금공정에 투입되므로 도금공정 내에서는 사상(仕上) 처리 중 사틴 처리를 많이 실시적용한다. 이미 기계가공에 의해 사상처리가 된 것은 그 표면이 손상되지 않도록 산처리 혹은 에칭하는 것이 중요하다.

그리고 순수한 알루미늄과 동이나 아연, 규소, 마그네슘 등이 많은 합금들은 같은 알루미늄일지라도 반응속도나 스머트 제거가 다른 점에 유의한다. 또 다양한 경화조건, 열처리, 가공조건 등에 의해서도 같은 합금계라도 반응속도가 다르게 되므로 사전에 조사나 시험을 해보아야한다.

나. 탈지

1) 서론³⁵⁾

금속표면에 부착되어 있는 산화물, 수산화물, 금속염 및 유지류 등의 오염물을 제거하는 과정을 ‘탈지’라고 한다. 금속제품은 위에서 말한 바와 같이 유지 등으로 더러워져 있다. 이 유지는 식물성유지와 광물성 유지로 구분할 수 있으며, 그밖에 동물성유지도 있다. 금속에 부착되어 있는 유지를 제거하는 처리를 탈지 또는 세정이라고 한다. 따라서 탈지할 때는 어떤 성질의 유지인가

33) NCS 분류번호: 전처리작업 (LM1601040105_14v3)

34) NCS 분류번호: 전처리작업 (LM1601040105_14v3)

35) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

를 알아야 한다. 식물성유지는 알칼리로 제거가 되나 광물성유지는 알칼리로 제거하기가 곤란하므로 유기용제 또는 다양한 첨가제를 사용할 필요가 있다.

금속표면에 부착되어 있는 산화물, 수산화물, 금속염 및 유지류 등의 오염물을 제거하는 과정이며 이러한 조작이 불충분한 경우에는 다음과 같은 도금의 결함이 발생된다.

- 도금층의 밀착 불량
- 광택도금에 있어서 광택 불량
- 도금면의 흠, 부풀음 등의 발생
- 도금의 취화(brittle) 및 부식 발생

2) 비누화 작용

유지류를 비누화작용으로 제거시키는 것을 말한다.으로서 가성소다, 탄산소다 등 알칼리성이 강한 약품은 비누화작용이 크다. 비누화작용에 의해서 제거되는 것은 동식물 기름, 지방, 수지류이다. 비누화작용에 의해서 제거되는 기름 종류는 알칼리수용액 중에서 끓이든가 가열시키면 비누와 글리세린으로 분리되며 이것들은 물에 용해되어 금속표면으로부터 분리된다. 이와 같은 현상은 알칼리 탈지의 주체가 된다.

3) 유화작용

유지를 미립화하여 분산시키는 작용을 말한다. 각종 비누 및 표면활성제는 우수한 유화작용을 나타낸다. 비누화작용에 의해서 제거되지 않는 기름(광물성 기름, 그리스, 기계유)종류는 대부분 유화작용에 의해서 제거된다.

4) 침투작용

일명 습윤작용이라고도 한다. 비누화작용, 유화작용은 금속표면으로부터 유지를 제거시키지만 유지 속에서 침투해서 기름의 분자를 파괴하는 작용을 한다.

5) 분산작용

금속표면의 탈지 및 제거된 유지를 수용액 중에서 분산시키는 작용으로서 표면활성제 이외에 각종 소다 계통(인산소다, 탄산소다 등)도 분산 능력을 갖고 있다.

6) 알칼리 탈지³⁶⁾

금속표면의 탈지는 알칼리 탈지가 중심이며 용제나 에멀전 등은 예비탈지에 해당한다. 전해탈지도 알칼리 탈지의 큰 범주에 해당된다. 알칼리 탈지는 반응 기구에 의해 탈지가 된다.

7) 용제 탈지³⁷⁾

용제를 기초로 한 시스템으로, 증기탈지제는 환류시스템이 장착되어 있는 상부가 열린 탱크 내에서 끓는 용제(일반적으로 염소화 탄화수소)를 사용하고, 용액 위의 증기 구름내에서 피도물을 두어 깨끗하고 응축된 용제로 탈지하는 공

36) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

37) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

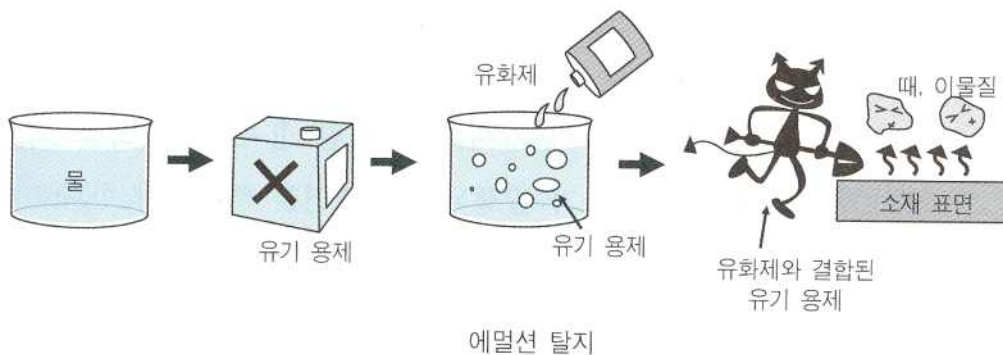


정을 말한다. 처리의 장·단점은 아래에 나타났다.

용제탈지는 광물유의 제거에 효과가 있으며, 용제 내 또는 용제의 증기 속에 제품을 침지하게 되면 유지는 용해되어 제거된다. 또한 이 용제는 유지와 금속 사이로 침투해서 서로의 밀착을 약하게 만들어 유지가 기계적으로 탈착하기도 한다.

8) 에멀선탈지³⁸⁾

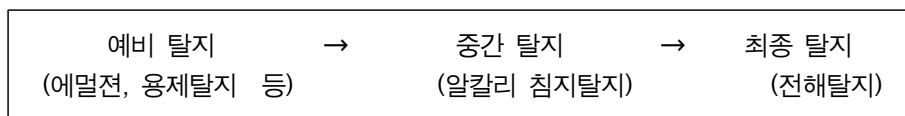
에멀전 탈지(emulsion cleaning)는 유화탈지라고도 하며, 유기용제, 계면활성제(界面活性劑)와 물로 만든 에멀전을 사용하므로 에멀전 탈지라고 한다. 에멀전 탈지만으로는 충분한 탈지가 되지 않으므로 용제탈지와 마찬가지로 그 후 알칼리탈지와 전해탈지를 해야한다. 용제와 유화제의 혼합물을 기초로 한 것으로, 보다 효과적인 세정을 위해서 액온이 약 70℃ 일 때 분무시스템으로 사용한다.



[그림 3-15] 에멀션 탈지
출처 : 민경섭 외 2인. 표면처리 시청각 교재. 한국폴리텍대학

9) 전해탈지³⁹⁾

최종 탈지에 사용되며, 탈지 순서는 다음과 같다.



따라서 전해탈지만으로 탈지를 하는 예가 있으나, 이것은 탈지의 근본 개념을 모르기 때문이며 대단히 불충분하다는 것을 알 수 있다. 전해탈지는 음극전해탈지, 양극전해탈지, PR전해탈지의 3가지 종류가 있다.

어느 것이나 음·양 두 극에서 발생하는 수소가스나 산소가스를 이용한 것이며, 기계적으로 표면에 부착된 유지를 날려보내는 효과를 기대한 방법이다.

음극에서는 수소의 발생량이 양극의 산소의 발생량의 2배가 되므로 음극 전해탈지 방법이 효과적이거나, 철강 제품에서는 수소취성(水素脆性)이 생기기 쉽다.

38) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

39) NCS 분류번호: 전처리작업 (1601040105_14v3)

또한 액중에 금속이 용해되어 있으면 음극면에 석출하여 오히려 더러움이 증가될 가능성도 있다.

양극의 경우에는 수소취성은 생기지 않으며, 액 중에 금속이온이 들어가 있어도 석출되지는 않는다. 하지만 산소의 발생으로 금속이 산화되어 얇은 산화 피막이 생기는데, 이 피막은 탈지 후 산에 침지하면(담그면) 용해되므로 상관없다. 그러나 전해 중에 소지금속이 약간 용해하며, 따라서 소지의 광택과 평활도를 감퇴시키는 결점이 있다.

PR전해(periodic reverse current)는 음극 전해와 양극 전해의 장점을 동시에 이용하고자 한 것이다. 가장 많이 사용되는 것이 음극 전해탈지이다.

전해탈지액의 조성은 알칼리 침지탈지액의 조성과 대동소이하다. 단, 계면활성제는 기포성이 큰 것을 사용하면 탈지 중 수소가스 때문에 폭발할 우려가 있으므로 기포성이 적은 비이온계 활성제를 사용하도록 한다.

10) 초음파 탈지

일반적으로 탈지액에 교반(攪拌)이나 진동을 주면 효과가 높아진다는 것은 잘 아는 사실이다. 이들 액에 초음파 진동을 주면 더욱 효과적으로 탈지가 되며 떨어지기 힘든 고형물이나 구석에 있는 더러움도 쉽게 떨어진다. 그러나 이 장치는 값이 비싸고 설계가 잘 되어 있지 않으면 충분한 효과를 얻을 수 없다.

다. 여러 소재의 전처리

1) 저탄소강의 전처리⁴⁰⁾

철강의 도금 전 산세는 강종, 열처리에 따라 다르다.

(가) 황산 4~10%(용량), 상온, 5~15초

(나) 염산 5~15%(용량), 상온, 10~30초

(다) 양극전해법

황산 4~6%(용량), 50~60℃, 4ASD

황산 25~50%(용량), 25℃ 이하, 20ASD

2) 고탄소강의 전처리⁴¹⁾

고탄소강 스테인리스강은 밀착불량이 많은 소재이므로 공정 관리, 처리액의 관리가 중요하다.

(가) 질산 5% 5~15초 수세 후 NaCN수용액 양극에서 스머트 제거.

(나) 염산 5~15%(용량), 실온

(다) 양극 전해법

황산 250~1000g/l, 유화소다 125g/l, 30℃ 이하 10~40ASD, 1분 이내

침적법 - NaCN 23g/l

40) NCS 분류번호: 전처리작업 (1601040105_14v3)

41) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)



전해법 - NaCN 45g/l 양극 1.5~2ASD 1분

알칼리 세정액 40℃ 이상, 양극, 3~5ASD

3) 주철의 전처리⁴²⁾

주철은 고탄소강과 마찬가지로 수소취화를 일으키기 쉬우며, 전처리도 고탄소강과 비슷하다.

(가) 예비탈지(유기용제, 알칼리열탕침적, 증기탈지, 에멀전클리너 등)

(나) 알칼리탈지

(다) 온수세

(라) 수세

(마) 양극전해탈지(고탄소강과 동일)

(바) 온수세

(사) 수세

(아) 산침적

20% 용량의 염산 또는 5~10%의 황산에 상온에서 15초 이내 침적한다. 또 주물사를 제거하는 경우에는 20~25%의 황산에 침적하든가 황산 125ml/l+불산 125ml/l의 용액으로 처리한다.

(자) 수세

(차) 양극전해탈지

(카) 수세

(타) 활성화

(파) 수세

(하) 도금

4) 스테인리스강의 전처리⁴³⁾

스테인리스강의 표면은 넓고 강인한 산화피막이 존재하기 때문에 보통의 산처리 및 활성화 처리만으로는 밀착이 양호한 도금이 되지 않는다. 또 이 피막을 제거한 후 바로 도금해야 한다. 스케일이 전혀 없는 경우는 철강과 마찬가지로 [예비탈지→수세→전해탈지(양극 또는 음극)→수세→활성화→수세→스트라이크 니켈도금]의 공정을 취하면 된다.

스케일이 심한 스테인리스강에 도금하는 경우에는 다음과 같이 스케일을 제거한 후에 이미 설명한 순서에 따라 도금한다.

(가) 기계적 제거

페라이트계 및 마르텐사이트계의 스테인리스강은 산세가 곤란하므로 샌드블라스트(sand blast)에 의하여 제거한다. 이때 샌드블라스트에 사용하는 연마제로서는 될 수 있는 대로 철분을 함유하지 않는 것을 사용한다.

42) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

43) NCS 분류번호 : 전처리작업 (1601040105_14v3)

(나) 산세

최초 8~10% 용량의 황산 EH는 10~15% 용량의 염산으로 50~70℃, 10~90분간 침적처리(염산은 다소 낮은 온도에서 처리시간을 길게 한다)한 후 6~10% 용량의 질산+1.5% 용량의 불산 용액 중의 상온에서 10~30분간 침적처리를 한다. 오스테나이트계의 스테인리스강은 60~90%에서 단시간 처리한다.

(1) 예비 탈지

용제, 에멀전 또는 알칼리 탈지를 한다.

(2) 양극 탈지

알칼리액 중에서 90~100℃, 5~10A/dm², 1~2분간 처리

알칼리 액으로서는 예컨대, 탄산소오다 30~50g/l, 가성소오다 30g/l의 것을 사용한다.

(3) 냉수세

10~15초

(4) 산 세

(5) 냉수세

(6) 양극탈지

전과 동일

(7) 산 세

(8) 냉수세

고탄소강에 있어서 산세 후 스머트가 많을 때에는 청화소다 25~45g/l 액 중에서 전류밀도 1.5~2.0A/dm² 로 0.5~1분간 전해처리 한다. 이 액에 글루콘산나트륨, 가성소다, EDTA 등을 첨가해도 좋다.

- 5) 아연 다이캐스팅상의 전처리 아연 다이캐스팅 위의 도금불량은 주조 불량으로서 기공 및 수축공 등의 소재 자체의 결함에 의한 경우가 태반을 차지한다고는 하지만 소지 연마나 전처리 공정에 의해서도 불량이 발생한다. 특히 알칼리 탈지, 구리 스트라이크도 금액 등의 알칼리 용액에 오랫동안 접촉해 있을 경우에는 도금의 부풀음이 발생하기 쉬우므로 주의해야 한다. 일반적으로 실시하고 있는 공정의 예는 다음과 같다.

(1) 에머리연마 및 버프연마

아연 다이캐스팅의 연마는 저속형의 연마기를 사용하며 에머리연마의 경우는 주속 1,00~1,200m/분, 버프연마의 경우는 1,000~1,500m/분이 적당하며 사용하는 에머리는 최저 180~220메쉬이며 보통 240~320메쉬의 것을 사용한다.

(2) 예비탈지 및 알칼리탈지

트리카롤 에틸렌, 퍼크롤 에틸렌 등의 용제탈지, 에멀전 탈지, 알칼리 스프레이 및 침적탈지 등이 많이 이용되고 있다. 알칼리탈지제는 탈지성과 수세성이 좋은 것을 선택하고 침지시간은 될 수 있는 대로 짧게 한다.

(3) 온수세



- (4) 수세
- (5) 전해탈지(양극 또는 음극처리)
- (6) 온수세
- (7) 수세
- (8) 산침적(활성화)
- (9) 수세
- (10) 청화동 스트라이크도금
- (11) 도금

6) 알루미늄상의 전처리

알루미늄 및 그 합금은 표면의 보호피막(산화막)과 알루미늄 자체가 양성금속이기 때문에 특수한 전처리를 하지 않으면 밀착이 좋은 도금을 얻기 어렵다. 알루미늄 및 그 합금의 전처리법으로는 아연치환법, 아연+니켈치환법, 양극산화법, 아연도금 또는 황동 도금법, 화학니켈도금법 등이 있다.

7) 구리 및 구리합금의 전처리

구리 또는 구리 합금의 산화물은 두 가지가 있다. 흑색의 CuO (일산화동)은 이며 보통 10~30%의 황산을 사용해 제거가 가능하지만, 적색의 Cu_2O (아산화동)이나 이 두 산화물의 혼합된 조직이면 황산에서 제거는 어려워진다.

황동일 때는 5~10%의 황산으로 사용한다. 광택침지(bright dip)용으로는 질산·황산·염산의 혼합액을 사용하게 되는데, 이것을 초산처리(키린스)라고 한다. 이 액에 몇 초~몇 십초 처리한다. 이 때 갈색의 아질산가스가 심하게 발생하므로 배기장치를 잘 해야 하며, 중금속이온의 폐수처리도 필요하게 된다. 따라서 최근에는 이 초산(질산) 처리 대신 화학 연마액이 시판되고 있는데, 이것은 질산의 산화력을 과산화수소나 무기과산화물로 대신한 것이며, 아질산가스의 발생이 없고 자동화 처리도 가능하다. 질산처리보다는 광택이 떨어지나 니켈도금용에는 지장이 없다.

구리합금은 외관변화와 치수 변화에 주의를 해야 한다. 자칫 치수가 변하거나 회복할 수 없는 면상태로 되면 불량이 된다.

(가) 녹 제거 - 순 구리 황산 10~20%(부피비) 실온

황동 황산 5~15%(부피비) 실온

베릴륨동 황산 60~70%(부피비) 50℃

인청동 황산 10~40%(부피비) 40~60℃ 처리시간- 3~10분

쾌삭황동 아세트산 95%(부피비) 과산화수소 5%(부피비)에 침적 후 불산 20%용액에서 납을 제거한다.

(나) 광택연마 - 키린스 조성

1) 황산 800cc, 질산 100cc, 염산 25cc

2) 황산 60~75%(부피), 질산 20~35%(부피), 물 5~10%, 식염 4g/l

3) 황산 500cc, 질산 500cc (부피비)

※ 반응성이 매우 강하므로 짧은 시간에 처리를 한다. 수명이 오래가지 않으므로 가능한 작은 탱크에 제조하여 자주 교체를 한다.

(다) 사틴처리

밝은 광택 사틴 - 황산1liter, 질산1liter, 황산아연 120g

엷은 사틴 - 염산 1liter, 염화제일철(40%)1liter

라. 도금 후처리

1) 도금액의 회수

산업이 발달함에 따라 화학원료 물질의 수요도 날로 증가하고 있으며 이에 따라 생산량도 증가하고 있다. 미국의 경우 이들 화학물질 중에서 황산이 가장 많이 생산되고 있고 인산, 질산 등의 생산량도 무시할 수 없으며 국내에서도 비슷한 양상을 보인다. 이러한 산의 생산과 사용증가에 따라 관련제품의 생산량이 증가할 것은 당연하지만 동시에 산 폐액의 발생량도 증가하여되어 많은 문제점이 나타나고 있다.

표면처리 산업에 주로 구리, 니켈, 금, 백금 등이 사용되며, 이중 많이 사용되는 것은 니켈이다. 이렇게 생산된 니켈을 세정하기 위해 표면처리를 하게 되는데 이러한 과정에서 발생하는 산 폐액의 3/5은 재사용되고, 2/5는 폐기된다. 이렇게 폐기되는 산 폐액에는 많은 양의 니켈이 포함되어 있다.

니켈을 제거하기 위한 수처리 기술은 일본에서 도입된 치환법이 있는데, 이는으로서 니켈을 중화물 형태로 슬러지화 함으로써 재사용이 불가능하도록 하는 방법으로 경제적으로 큰 낭비가 되고 있다. 산 폐액을 많이 발생시키는 업종으로는 공정 특성상 물을 많이 사용하는 도금(습식 표면처리), 염색, 피혁, 습식 제련, 기타 화학 공업 등을 들 수 있다. 특히 도금은 탈지, 에칭 등 전처리 폐액, 노후 도금액, 수세폐액 등 거의 모든 공정단계에서 다양한 형태의 폐액을 발생시킨다.

현재 도금 폐수의 처리는 그 주요 성분에 따라서 시안계, 크롬계, 산 알칼리 및 기타 중금속계 등 3~4가지로 분리하여 저장한 후에 종류별로 산화, 환원, 중화 침전 등 통합 처리하는 것을 원칙으로 하고 있다.

기존 폐수처리의 목표인 폐액의 무해화 처리 차원을 넘어서 도금 공장 폐액에서 유가 성분을 경제적으로 회수하고 재이용하고자 할 때 그 대상이 되는 것은 노후 도금액, 에칭 폐액 및 수세 폐수에 용해되어 있는 유가금속 성분이다. 귀금속류 폐액은 높은 가격 때문에 회수율이 매우 높은 편이나, 그 밖의 금속 성분 폐액은 대부분 금속 수산화물 슬러지의 형태로 폐기되고 있다.

도금폐액의 처리에는 비교적 공정이 용이한 침전법이 대부분의 현장에서 이용되고 있다. 이 방법은 화학약품을 사용하여 pH를 알칼리로 높여 금속이온을 비용해성인 금속수산화물로 응집, 침전시켜 제거하는 방법이다.



침전법 외에도 도금폐액의 미량 중금속을 처리하기 위하여 처리 효율이 좋은 이온교환, 멤브레인을 이용하지만 전처리를 해야 하는 번거로움이 있으며, 멤브레인 방법은 콜로이드 물질이 존재시 fouling 현상이 일어날 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 전기분해 처리 방법을 들 수 있다. 이 방법은 전해질 수용액에 용해성전극을 사용하며 전류를 흘려주어 용액 속의 대상물질을 산화 또는 응집을 통해 오염물질을 제거하는 방법이다. 이는 슬러지 발생량이 적고, 폐액에서 회수한 중금속은 재이용이 가능하며 중금속 농도가 미량인 폐액에도 적용이 가능한 장점이 있다.

2) 물리·화학적 처리법

산업폐수에 함유되어 있는 중금속을 제거하는데 가장 널리 사용되는 방법이 화학약품을 주입하여 중화 및 응집, 침전시켜 제거하는 화학적 침전법이다. 최근에는 유기 및 무기폴리머 등을 합성하여 폐수 속의 중금속을 추출, 침전, 분리하는 등 다양한 물리·화학적 처리방법이 시도되고 있다.

3) 전기화학적 처리법

전기응집의 장점으로 소량의 슬러지 발생량, pH 증가로 인한 수산화물 침전 및 중금속 이온 제거, 재래식 기술 대비 저렴한 운전비 등이 장점이다.

전기분해 기술이란 전해질 수용액 또는 용융염 등의 이온 전도체에 전류를 통과시켜 전기적 화학반응을 일으키는 기술로서 전해라고도 한다. 이러한 전기분해는 외부의 에너지공급원으로부터 전기를 공급받아 화학적이나 물리적으로 변화를 일으키며 전기화학 반응은 두 전극 사이에서 일어난다.

제 4 장 도금공장의 설비

1. 도금공장의 설계

가. 도금공장의 설계

1) 입지 조건

도금공장을 새로 지을 때에는 다음과 같은 사항을 기본적으로 검토하여야 한다.

- (가) 교통이 편리한 지역일 것
- (나) 공업용수가 풍부할 것
- (다) 배수가 잘 되며 통풍성이 양호한 지형일 것
- (라) 동력용 전력을 확보하기 쉬운 것
- (마) 폐수시설이 되어 있거나 폐수시설 허가가 용이한 공장지대일 것
- (바) 노동력이 풍부할 것

이 중에서도 가장 중요한 것은 폐수처리와 관련된 공해방지 대책으로 이를 위하여 최근에는 여러 공장이 집단화하여 공동으로 폐수를 처리하는 체계를 갖춘 공단이 형성되어 있다. 또 도금공장을 신설할 때에는 적작정 규모, 도금 설비의 작업성, 처리될 가공품의 종류 및 조건 등을 충분히 검토하여 목적에 적합한 공정을 선택한 후 설비를 배치하여야 한다.



[그림 4-1] 음극부스의 형상에 따른 다양한 걸이 형상 44)

출처 : 성주창. 도금기술용어사전. 도서출판 골드

44) NCS 분류번호 : 치구제작 및 도금공정설계 (1601040102_14v3)



2) 도금 탱크의 배치

도금 탱크는 일반적으로 취급하는 물건의 종류 및 양에 따라 수동식 혹은 반자동식 작업 배치가 이루어진다. 수동작업과 반자동작업을 조합한 방식에서도 가급적 활동 거리를 짧게 하는 것이 유리하다.

반자동식은 수동식에 비하여 양산화에 유리하며, 품질이 균일하고 도금량을 정확히 측정할 수 있는 장점이 있으며 관리 또한 쉽다.

전자동으로 도금 탱크를 운영할 때에는 숙련자가 필요 없으며, 전후 공정 간의 연결이 편리하도록 배치하면 된다. 수동식은 물건의 형체가 바뀌거나 형태가 다소 복잡해도 이에 따른 대처가 용이하며, 매우 정밀한 도금기술을 요하는 소량다품종의 숙련된 도금에 적합하다. 반자동식 및 자동식을 사용할 때에는 물건의 형태가 단순하고 양이 많을수록 유리하다. 따라서 각 도금공장이 생산하고자 하는 물건의 형태 및 양 등을 고려하여 방식을 정하는 것이 바람직하다. 최근에 설치되는 도금공장은 대부분 반자동 혹은 자동식 도금설비를 갖추고 있다.

나, 건물 내부 설계

1) 도금공장의 바닥은 알칼리 탈지액 등에 젖어 있어 매우 미끄러우므로 미끄럼 방지대책이 되어 있어야 한다. 또한 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

(가) 바닥재는 내산성 및 내알칼리성을 지녀야 한다.

(나) 수세 및 배수가 용이하도록 1m당 약 2cm정도 바닥이 약간 경사져 있어야 한다.

(다) 배수구는 각종 약품의 특성에 따라 별도로 폐수처리를 할 수 있도록 구별되어 있어야 한다.

(라) 공장의 밝기 및 환기 작업 도중에 소지나 도금 제품의 연마 자국, 광택, 얼룩, 흙 및 색상 등을 항상 조사할 수 있도록 하기 위하여 작업장별로 적절한 명도를 유지하여야 한다. 특히 연마, 검사 및 시험 분석실 밝기를 100럭스(1x)이상으로 유지하여야 하며, 도금작업실의 명도는 50~100(1x) 정도를 유지하는 것이 필요하다. 창의 면적은 바닥면 넓이의 20% 이상이 되게 하여 채광 및 환기가 용이하도록 한다. 천장은 가능한 높은 것이 좋으며 가스 및 수증기가 잘 빠져나가도록 설계하여야 한다. 또, 자연통풍 시설 외에도 환풍기를 설치하여 공기의 유통이 항상 잘 되도록 조절할 필요가 있다.

2. 도금설비와 기구

1) 연마 장치

연마 장치는 분진이 발생하므로 도금실과 격리된 장소에 설치하여야 한다. 특히 다음 장에서 자세히 논의될 버프연마나 벨트연마 및 분사연마 등은 먼지가 다량 발생할 수 있으므로 먼지를 흡입하는 흡진 시설과 이를 분리 배출하는 사이클론과 같은 집진시설이 필요하다.

2) 전처리 장치 및 도금 탱크

(가) 알칼리성 용액에 쓰이는 도금 탱크 및 탈지장치

염화비닐 등의 합성수지를 라이닝한 탱크 또는 철판 도금 탱크를 사용한다. 염화비닐을 라이닝한 탱크인 경우에는 용액의 온도를 70℃ 이하로 해야 한다. 용액의 양이 적을 때에는 범랑 용기를 대신 쓰기도 한다.

(나) 산성 용액에 쓰이는 도금 탱크 및 산세장치

고무 라이닝된 철판 탱크 또는 PVC와 같은 합성수지 탱크, 납 라이닝 탱크(크롬 도금 및 황산 산성액에 쓴다), 내산 벽돌 탱크, 범랑 용기(약산에서만 사용) 등이 사용된다.

(다) 수세 탱크

탱크의 재질은 목재나 합성수지 등 녹이 나지 않는 것을 사용하며 처리될 크기의 물건을 자연스럽게 침지시킬 수 있는 충분한 크기를 가져야 한다.

물의 낭비를 최소화하면서 완전한 수세가 이루어지도록 물품의 진행방향과 물이 흐르는 방향이 반대가 되어 서로 교차되도록 설계하는 것이 바람직하다. 이 방법은 수세수를 절약하고, 폐수를 최소화하는 장점도 있다. 각종 탱크의 형태는 대부분 장방형으로써 모양과 기초 구조를 지니며 작업에 따라 가열(각종 도금) 혹은 냉각(양극 산화)이 가능하도록 보조 설비를 한다.

(라) 배럴 도금 장치

일반적으로 소형의 물건을 다량 장입하고 이를 회전시키며 전류를 공급하여 도금을 하는 장치로서 경사식(물체가 작고 소량일 때 사용)과 수평식이 있다.

(마) 교반기

도금중 가스 제거, 수세시 효율 상승 등을 목적으로 사용한다. 공기 압축기, 교반 파이프, 프로펠러 교반장치, 음극 진동교반기 및 초음파 교반기 등이 있으며, 설치가 간단 하고 고장이 적은 압축공기와 교반 파이프등이 많이 사용된다. 최근에는 요철이 있는 소형제품의 세척용으로 초음파 교반의 사용이 증가하고 있다.

(바) 여과기

도금액 중 혼입된 고형물, 부유물 및 산화물 등을 제거함으로써 깨끗한 도금액을 유지하기 위하여 여과기를 사용한다. 도금액의 종류에 따라 알칼리액은 철판, 산성액은 고무 또는 비닐이 라이닝된 철판 또는 스테인리스강으로 된 여과기가 사용된다.



제 5 장 도금의 종류 및 작업공정

1. 전기도금의 종류

전기도금이란 전해용액 중에서 물건을 음극으로서 통전하여 금속의 표면에 다른 금속의 얇은 막을 입히는 것으로 장식, 방녹 기능 등 다양한 목적으로 이용되며, 비교적 염가이고, 적절한 금속피막을 부여할 수 있기 때문에 자동차, 항공기, 통신기기, 컴퓨터 부품, 장신구, 건축자재 등 많은 용도의 부품에 적용하고 있다.

전기도금의 종류에는 동도금, 니켈도금, 크롬도금, 공업용(경질)크롬도금, 아연도금, 주석도금, 금, 은도금, 구리도금 등이 있다.

전기도금의 장점으로는 다종 소량품을 가공할 수 있으며, 다채로운 금속 질감을 부여할 수 있고, 고가의 금속에 뛰어난 특성과 양호한 밀착성을 가진 피막을 얻을 수 있다. 단점은 형상에 따라 도금 후 얼룩이 생길 수 있고 독성이 강한 CN을 사용하므로 폐수처리가 어렵다.

가. 동 도금

동도금은 철이나 아연 다이캐스트, AI제품의 하지도금으로 널리 쓰이고 있다. 하지만 도금으로서의 동은 비교적 다른 금속과의 친화성이 좋고 부드럽기 때문에 소재 금속과 표면도금 금속과의 밀착성을 좋게 한다.

나. 니켈 도금

니켈은 화학적으로 안정되고 내식성이 크기 때문에 철이나 아연 다이캐스팅 소지의 방식피막으로 쓰이며, 물리적 성질로서 경도가 크므로 내마모성 성질을 이용하여 장식 도금뿐 아니라 기계부품의 하지도금으로 많이 쓰인다. 무광택 Ni도금, 광택 Ni도금, 특수 Ni도금, Strike Ni 도금이 있다.

니켈도금에는 전기도금과 화학도금이 있다. 전기도금에는 황산니켈·염화암모늄·붕산, 또는 염화니켈을 첨가한 용액을 사용하여 니켈을 양극으로 하고 금속을 음극으로 해서 전류를 흐르게 하는 것이 보통이다. 철·구리·아연 제품의 방식이나 장식용에 사용되는데, 대부분 그 위에 얇은 크롬도금을 입혀 사용한다.

화학도금은 하이포인삼염의 존재 하에서 니켈 이온을 화학적으로 환원하여 도금하는 것으로 염기성액과 산화액이 있으며, 도금층에 약간의 인이 들어가 전기도금보다 다소 딱딱한 니켈 층이 생긴다. 니켈도금은 철강 및 구리합금 등에 직접 도금을 하는 방식과 장식 목적으로 사용하는 것 외에 각종 소지 금속

에 최종 크롬도금을 하는 하지도금 등이 널리 사용되고 있다.

니켈도금은 색이 좋고 비교적 변색도 적으며, 경도가 적당하여 기계적 방청력도 크므로 널리 사용되며, 현재의 도금 종류 중에서 가장 많이 사용되고 있다. 특히 근래에 광택 도금 이외에도 내식성이 큰 이중, 삼중 니켈 도금방법이 있으므로 도금 중에서 가장 중추적인 역할을 하며, 무광택 니켈도금, 광택 니켈도금, 특수 니켈도금 등 세 종류로 분류할 수 있다.

1) 무광택 니켈 도금액

와트(Watts)액은 [표 5-1]에서 보은 바와 같이 우리나라에서는 광택 니켈도금의 기본액으로 많이 사용되고 있으나 고속도로서 내부응력이 크지 않은 액이므로으로서 무광택에도 이용되고 있다.

PH의 조정용으로 황산과 염산은 PH를 저하시킬 경우에, 탄산니켈, 수산화니켈이나 4%의 수산화 나트륨액은 PH를 높일 경우에 사용한다. PH4.5~5.2에서 가장 많이 사용되고 있으나 고전류 밀도로서 밀착이 좋고 내부응력이 작은 도금을 얻으려면 PH3.5~5.0가 좋다. 전류밀도는 보통 2~6A/dm² 이다. 특히 10A/dm²까지의 고속도 도금을 하고자 할 때는 온도를 높이고 교반을 하는 동시에 황산니켈의 양을 400g/l 까지 증가 시키면 된다. 온도는 40~60℃ 이지만 55℃가 표준이며, 전류밀도를 높이고자 할 때는 고온으로 한다.

[표 5-1] 와트액 조성

황산니켈	240g/l	pH	4.5~5.5
영화니켈	45g/l	음극전류밀도	2~10 A/dm ²
붕산	30g/l	온도	40~60℃

2) 광택 니켈 도금액

광택도금의 이점은 버프연마가 생략되고 버프에 의한 니켈 도금층의 연마손실이 없게 되며, 버프로써 광택을 낼 수 없는 구석구석에 광택이 생길 수 있다.며, 또 버프로 인한 불량품이 감소되고 고속도 도금과 액관리가 용이한 점 등 광택제의 성능에 따라 장점이 많아지게 된다. 또한 우수한 광택제는 버프연마면 이상으로 광택이 생기는 특징이 있어 황동소지 등에도 광택 니켈을 도금하고 다시 황동도금을 하여 표면의 광택을 향상 시키는 예도 있다. 대개의 니켈도금액에서는 두 가지 종류의 유기광택제를 첨가해 주고 있다. 첫 번째 종류를 제 1차 광택제라고 하며, 이 자체는 광택을 주진 못하지만 다음의 제2차 광택제의 광택범위를 넓혀 주며, 광택 도금의 결점인 내부응력의 증가를 감소시켜 주는 역할을 한다. 제 2차 광택제는 도금면을 유리알같이 좋은 광택을 만들어 주지만, 제1차 광택제가 없을 때는 도금층이 취약하고 강(내부응력이 크



다)하다. 따라서 이 두 가지의 광택제가 서로 상승작용을 하여 좋은 도금층의 성질을 준다.

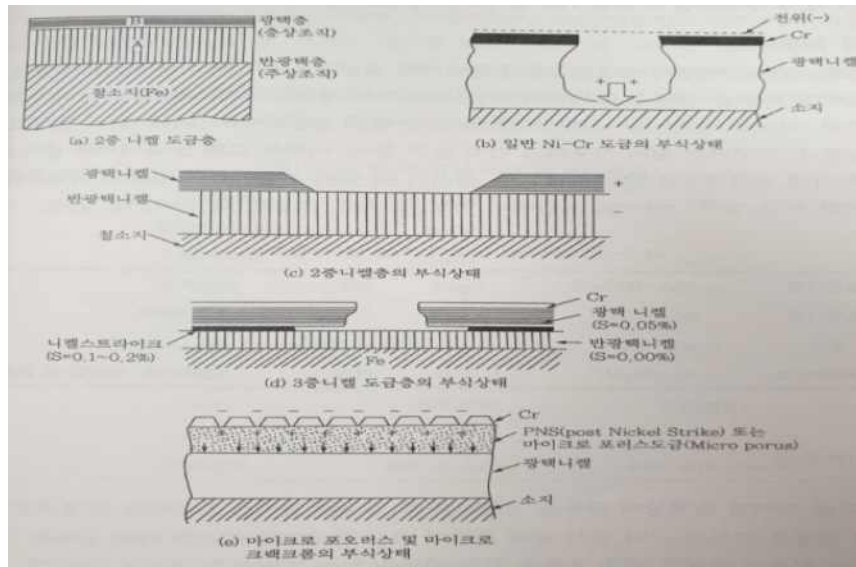
[표 5-2] 광택니켈도금액 조성과 작업조건

도금액 조성	일반법
황산니켈(g/l)	260
영화니켈(g/l)	45
붕산(g/l)	45
광택제1(ml/l)	1, 3, 6 또는 1.5 나프탈린, 술폰산 소다...7g/l
광택제2(ml/l)	부텐디올 0.2g/l, 프로파길, 알콜 0.03 ml/l
피트방지제(ml/l)	
온도(°C)	40~55
전류밀도(A/dm ²)	2~6
PH	4.0~4.8
교반	공기, 기계
여과	연속
도금속도	4A/dm ² 로서 13분에 10μm

3) 반광택 니켈 도금액

일반적인 장식 니켈 도금법인 Cu-Ni-Cr의 도금공정을 Ni-Ni-Cr으로 변경하는 방법이다. 이것은 단순히 니켈도금을 이중으로 하는 것이 아니다. 하지니켈인 A층은 대단히 좋은 평활성과 연성을 갖고 있는 황성분이 없는(Sulfur Free) 반광택 니켈도금을 하고, 상층인 B에는 일반 광택 평활성 니켈도금을 하여 식성을 향상시키자는 것이 큰 목적이다. 도금층을 그려보면 [그림 5-1]과 같으며 그림 (b)는 단층 니켈 도금층의 부식, 그림 (c)는 2중 니켈 도금층의 부식을, 그림 (d)는 3중 니켈 도금층의 부식을 나타낸다. 2중 니켈 도금층이 내식성을 주는 이유는 다음과 같다.

- ① 반광택 니켈(A층)은 전기 화학적으로 상층의 광택 니켈(B층)보다는 귀한 전위를 가지고 있으므로, 광택 니켈에 부식이 일어나면 부식은 A층에서 저지된다. 이것은 철소지상의 아연도금의 방청기구(자기 희생)와 동일하다.
- ② 황을 함유하지 않은 니켈은 황이 있는 니켈보다는 화학적 용해도가 작다. 이 현상은 광택 니켈이 얇을 때는 옥외 노출 시험이나 가속 부식시험에서 핀홀이 매우 많아진다는 것과 현미경 측정을 하고자 에칭(etching, 부식)을 시키면 광택 니켈층이 속히 부식된다는 것을 알 수 있다.



[그림 5-1] 각종 니켈도금법에 의한 부식 상태

출처 : 염희택 외 3인 공저. 표면처리실무. 동명사.

다. 크롬 도금

크롬도금은 우수한 내마모성, 윤활성, 내열성, 이형성 등을 필요로 하는 곳에 사용되며, 미려한 장식성이 요구되는 경우나 내약품성을 요구하는 부품에 적용된다. 금속크롬은 외관이 보기 좋고 대기 중에서 변색이 없으며, 또한 염산이외의 산에 대해서 부식되지 않은 성질을 갖고 있다. 반면 전착에 의한 크롬층은 편홀이나 균열이 생기기 쉽고 소지를 완전히 피복하기가 힘들다. 따라서 구리, 니켈 등의 편홀이나 균열이 생기기 쉽고 소지를 완전히 피복하기가 힘들다. 그렇기 때문에 구리, 니켈 등의 편홀이 없는 다른 금속을 사용하고, 그 위에 0.5 미크론 이하로 극히 얇게 전착시키는 것이 보통이다. 또한 크롬도금은 소재의 표면상태에 상당히 민감하게 석출되는데 오목부에는 도금이 두껍게 석출하지 않는 경향이 다른 도금에 비해 대단히 심하다. 이와 같이 제품 두께별 편차 및 표면조도차에 의하여 균일 전착성이 상당히 나빠지므로 이에 알맞은 양극 및 보조음극을 사용해야 한다. 장식 및 공업용 크롬도금은 황산기가 첨가된 무수 크롬산 용액에서 6가 크롬을 전기적으로 환원시키는 방법을 사용하며, 타 도금에 비해 음극전류효율이 10~20% 정도로 매우 낮아 균일 전착성 및 피복력 등 도금액의 성능이 나쁜 편이다. 도금층 결정입자의 미세화와 내부응력 등으로 비커스 경도로 700~1000 정도의 고경도가 가능하다. 뛰어난 내마모성, 저마찰계수, 윤활성이 등이 우수하다. 이러한 특성으로 인해서 자동차, 항공기, 선박부품, 섬유인쇄 산업기계부품, 공구 및 금형 등 사용범위가 넓다.



1) 서전트액 (일반 크롬도금액)

최근 대전류, 고온에서 행하는 경질크롬도금이 내마모성이 강하므로 산업기계 부분에서도 널리 이용되고 있다. 반면 경도는 약간 떨어지나 균열 없는 크롬도금, 미소균열 크롬도금, 미소다공성 크롬도금법 등으로 내식성이 향상된 도금을 할 수 있고, 또한 무균열 위에 광택크롬을 도금하는 등 2중 크롬도금이 가능하여 한층 내식성이 큰 도금을 할 수 있다. 크롬도금이 다른 도금과 다른 것은 양극이 불용성인 것을 사용하고 있다는 점이며, 크롬산-황산액은 크롬도금액의 기본이 되는 것으로 널리 사용되는 액은 Sargent액이다. 도금액의 조성을 보면 [표 5-3]과 같다.

[표 5-3] 크롬산-황산액의 조성

구 분	저농도	표준액	고농도
무수크롬산(g/l)	150	250	400
황산(or 유기황산염)(g/l)	0.8~1.5(1~1.8)	1.3~2.5(1.5~3)	2~4(2.5~5)
비중(Be)	13.5	22	32
온도(°C)	45~55	45~55	30(44~55)
전류밀도(A/dm ²)	10~80	10~80	7~100(10~80)
비 고	경질크롬용, 전류효율과 피복력이 좋음	가장 사용하기 쉬움, 황동을 침식시킴	피복력이 좋지 않으며, 광택 범위가 넓고 묻어나는 양이 많음

현재는 크롬산 10g/l의 저농도에서 부터 500g/l의 고농도까지 사용되고 있으며, 장식용 크롬에 400g/l 전후에 고농도를 사용하고, 공업용(경질) 크롬에는 250g/l전후의 중농도를 사용하고 있다. 이것은 장식 크롬에는 액의 변동이 적은 것을 사용하고 공업용에는 전착속도가 빠른 것에 중점으로 둔 것으로 파악된다.

2) 아연 도금

아연도금은 철강의 방식을 주목적으로 하고 있으나 크로메이트 처리를 하면 내식성과 광택성이 좋아지고 색상도 여러 가지로 나타낼 수 있으므로 장식적인 목적으로도 사용되고 있다. 아연은 철보다 전기화학적으로 활성이 큰 금속이기 때문에 부식 환경하에서는 양극이 되어 우선적으로 부식되기 때문에 철을 보호하게 된다.

아연도금의 방식으로는

- ① 용융아연 중에 철을 담가 도금을 하는 용융도금,
- ② 아연분말과 철을 접촉 가열시켜서 아연을 침투 시키는 세라다이징법
- ③ 수용액을 사용하는 전기도금법 등이 있다. 용융도금은 0.04~0.08mm의 두께로 도금하는 것이며, 전기도금보다는 두껍게 도금된다. 종래의 아연도금은 광택이 없는 철의 방청만을 목적으로 한 이른바 백색도금을 하여 왔으나,

크로메이트 방법이 적용되고 나서부터는 광택처리를 할 수가 있고, 최근에는 크로메이트 피막에 착색까지 할 수 있게 되어 미장 도금으로서의 역할을 할 수 있게 되었다.

3) 아연도금 피막의 성질

아연은 구리, 니켈, 크롬과는 달리 경도도 낮고 변색이 되기 쉬우며, 백색분이 생기면서 녹이 쓴다. 또한 산, 알칼리에 대해서도 약한 금속이지만 철에 대하여 방식성이 크기 때문에 철의 방청도금으로서 널리 이용되고 있다.

4) 아연도금의 종류

아연도금의 방식으로는

- ① 용융아연 중에 철을 담가 도금을 하는 용융도금,
- ② 아연분말과 철을 접촉, 가열시켜서 아연을 침투시키는 셰라다이징(sheradizing)법,
- ③ 수용액을 사용하는 전기도금법 등이 있다.

5) 용융도금

용융도금은 0.04~0.08mm의 두께로 도금하는 것이며, 전기도금보다는 두껍게 도금이 된다. 종래의 아연도금은 광택이 없는 철의 방청만을 목적으로 한 이른바 백색도금을 하여 왔으나, 크로메이트 방법을 적용하여 진행하고 나서부터는 광택 처리를 할 수가 있고, 최근에는 크로메이트 피막에 착색까지 할 수 있게 되어 미장 도금으로서의 역할을 할 수가 있게 되었다.

6) 아연 도금층의 내식성

아연의 단극전위는 -0.76V이므로 -0.44V의 단극 전위를 가진 철에 대해서 보호 작용을 한다. 즉 철이 녹슬 환경에서 이 면에 아연이 있으면, 우선 아연이 철 대신 산화하면서 철이 녹스는 것을 방지해 준다. 이 성질이 철의 방식도금으로서 크게 이용되는 이유이다. 아연은 철 대신 녹이 슬며 아연도금 중에 편출이 있어도 철을 보호해준다. 이 때 아연 자신은 산화아연(ZnO), 탄산아연(ZnCO₃), 염기성 아연의 흰 가루로 되어 소모된다. 따라서 도장할 때도 아연도금을 한 후 도장하여 아연도금과 도장으로 철을 더욱 보호하도록 하는 경우가 많다.

7) 주석 도금

주석은 아름다운 광택을 갖고 있으며, 장시간 동안 변색하지 않는 금속이므로 식품을 담아 두는 깡통이나 금속 인쇄의 하지도금으로서 사용되고 있다.

다른 용도로서는 주석이 연해서 윤활유와 같이 내마모성을 향상시키고 자리를 잘 잡아 주므로 알루미늄 합금제의 자동차 피스톤 위에 이 도금을 하고 있으며, 때로는 피스톤 링에도 도금할 때가 있다. 미싱공장에서 니켈도금을 할 부분품에 주석도금을 하여 재봉틀이 가볍게 동작했을 뿐 아니라 소리가 작아졌다는 예도 있다.

또 강의 질화방지에도 사용한다. 전기도금을 한 주석은 두 배의 두께로 용융도금한 것과 동일한 유공도를 갖고 있으므로 깡통 제조에 있어서는 극히 유리



한 조건이다. 또한 용융도금에서는 할 수 없는 두께의 자유로운 조절과 철판 양면의 두께를 달리 할 수 있다는 점이 또한 전기 도금이 유리한 것을 보여주고 있다. 전기도금의 광택은 주로 도금 후 재용융(reflowing)에 의해서 얻어진다. 첨가제에 의한 완전 광택도금이 공업적으로 시행되기 시작하고 있다. 근래에 와서 도금액의 종류로서는 산성액과 알칼리성액이 있는데, 산성액이 첨가제에 의한 광택도금을 하기 쉬우므로 근래는 이 방법을 많이 쓰이고 있다. 또 금, 카드뮴, 아연도금에 대신하여 땀납을 할 필요가 있는 전자 부속품에 많이 적용을 하게 되었다.

주석의 특징으로는

- ① 주석은 연하고 연전성이 크고 용점이 231.9°C 로 낮다. 은회색의 금속으로 열전도는 은의 $1/3$ 이고 전기 전도도는 $1/7$ 정도이다.
- ② 주석은 인체에 해가 적어 식기 등의 도금에 이용되며 유기산에 강해 통조림 내부의 도금에도 사용된다.
- ③ 납땀성이 우수하여 전기, 전자부품의 도금에 많이 활용되고 있다.
- ④ 철소지상에 주석도금은 아연도금과 달리 도금에 핀홀이 있으면 철소지가 양극이 되어 부식이 빠르게 진행된다. 그러므로 하지도금이 필요하다.
- ⑤ 구동부나 피스톤 등에 주석 치환도금이나 전기주석도금을 하여 윤활성, 구동성을 향상한다.

주석은 성질에 따른 다음과 같은 용도가 있다.

- ① 유기산에 안정성 : 식음료의 캔용 판재, 식기, 완구, 온수기히터 등
- ② 유연성과 윤활성 : 각종기계 샤프트, 진동부품, 철강부품의 질화처리 방지 휠 등
- ③ 납땀성, 전기적 특성 : 전기접점, PCB, 커넥터, 전자부품, 반도체 부품 등에 도금 등

라. 산성주석도금

1) 황산주석도금

황산액으로부터의 주석도금은 첨가제가 없으면 대단히 거칠고 모래알 같은 주석이 석출 되므로 보통 2종류 이상의 첨가제를 사용한다. 무광택 도금액은 크레졸, 레조르신 을 밑 아로인 등을 가한 액도 있다. 젤라틴은 냉수에서 충분히 불린후 온수 중에 용해시켜 사용한다. β -나프톨은 에틸알콜에 일시 용해시킨 다음 젤라틴 용액과 혼합하여 크림 상태로 된 것을 도금액에 첨가한다.

과포화(침전한)의 β -나프톨은 액을 만든 후 24시간 정치시킨 후 용액을 여과하여 제거하는 것이 좋다. 또한 액중의 Sn^{2+} 은 산화 하여 Sn^{4+} , 즉 $\text{Sn}(\text{SO}_4)_2$ 로 되어 침전하므로 여과하여 제거해서 사용해야 한다. 또한 Sn^{2+} 이 Sn^{4+} 으로 되어 침전하는 것을 상기의 안정제를 넣으면 급격히 감소한다. 산성

도금에서의 주석도금은 첨가제가 가장 중요한 역할을 하고 첨가제를 함유하지 않은 도금에서의 도금은 흑색 또는 수지상으로 되므로 거의 사용되지 않는다. 첨가제는 이러한 것들의 생성을 억제하고 백색화 및 도금의 피복력을 대단히 우수하게 향상시키고 전류밀도의 범위도 넓게 해준다.

[표 5-4] 황산주석 도금액의 조성 및 작업조건

약품 및 조건	액조성	무광택액	광택액
황산제일주석(SnSO_4)		40g/l	40g/l
황산(H_2SO_4)		60g/l	100g/l
크레졸술폰산		40g/l	
젤라틴		2g/l	
β -나프톨		1ml/l	
포름알린(37%)			5ml/l
광택제*			10ml/l
분산제**			20ml/l
안정제***			약간
온도(℃)		20	17
음극전류밀도(A/dm ²)		1.5	1.5
양극전류밀도(A/dm ²)		2이하	2이하
양극순도(%)		99.9	99.9
교반(m/min)		적당	2

출처 : 염희택 외 3인 공저. 표면처리실무. 동명사.

마. 금 도금

금 및 합금 도금은 극히 얇고 색상만 내는 정도의 장식용으로 사용되어 왔으나 단순한 장식품뿐만 아니라 시계, 안경, 전화, 전신, 전자기기류, 로켓공업, 인공위성의 외곽부 등의 공업적으로도 널리 이용되고 있다. 금도금은 내식성이 크고, 전기저항이 적으며 열전도성이 좋기 때문이다. 전기도금에서는 24k(순도 98%이상)에서 14k(순도 56~60%) 금 합금에 이르기까지 폭넓은 합금 비율의 도금 피막이 실용화되고 있다. 첨가되는 합금에 따라 화이트, 그린, 핑크, 로즈, 황색 등 다양한 금색상과 기능을 부여할 수 있다. 도금액으로는 알칼리성, 약산성, 중성도금액이 사용되고 있다.

금 도금의 용도는 금 및 금합금 도금은 주로 극히 얇고 색만 내는 정도의 장식용으로 많이 사용되고 있으나 단순한 장식품만 아니고 전화, 전신, 전자기기류의 접속부, 트랜지스터, 로켓공업, 인공위성의 핵심부품과 엔진 등의 공업적으로 널리 사용되고 있다. 특히 전자 반도체 부품을 중심으로 매우 중요한 기능적 역할을 수행하고 있다. 이용가치는 내식성이 매우 크며 전기저항이 적고, 고온에서는 산화막이 생기지 않아 적외선 반사율이 좋기 때문에 높은 에너지를 요구하는 기술에는 필수적이며 열전도성이 좋다.



바. 은 도금

은 도금은 금도금에 비해 비교적 값이 싸고(약 20~30분의 1), 산출량도 많기 때문에 그 응용면이 넓고 장식품, 양식기를 비롯해서 최근에는 항공기나 전자·통신 기기부품 등의 도금에 많이 이용되고 있다. 역사적으로 볼 때 모든 금속 중에서 은도금이 제일 먼저 시작됐고, 공업적으로 볼 때는 시안알칼리 액의 전기도금이 쓰였다고 볼 수 있으며, 처음에는 아말감법(일종의 치환 도금법)으로서 사용되었다.

은도금의 일반적인 특징은

- ① 금속 중에서 최고의 전기 및 열의 전도성을 가지고 있으며 각종의 전기적특성(접촉 저항, 고주파 전도성, 전자파 실드성)이 우수하다.
- ② 화학적으로 안정되어 있으며 유화변색하기 쉬운 점 외에는 거의 부식하지 않는다.
- ③ 연전성이 금 다음으로 좋으며 기계가공성이 풍부하다.
- ④ 거울 면에 닦으면 최고의 반사율을 얻을 수 있다.
(비축매형 환원도금법에 의한 거울제조)
- ⑤ 용점이 비교적 높고, 경도는 낮으나 풀림한 것은 다른 베어링 합금에 비하여 고온이 되어도 연화하지 않는다.
- ⑥ 유화되기 쉬우나 유화물은 윤활성이 풍부하고 마찰력을 작게 하는 작용이 있다.

사. 구리 도금

구리는 비중이 8.92인 핑크빛 금속으로 은을 제외하고는 전기전도성이 가장 좋은 금속이다. 구리는 가장 자주 도금되는 금속인데, 비교적 매끄럽고 연성이며, 광택이 나기 쉽고 많은 종류의 용액에서 도금이 쉽게 된다. 구리 금속의 표면도 바깥층이 공기중 산소와 반응하여 붉은색에서 검은색까지의 다양한 색으로 산화물을 형성하면서 녹이 슬게 된다. 이 산화물은 보호층처럼 되어 더 이상의 손상 없이 구리를 보호해 준다. 하지만 공기 중 변색에 민감하므로 주의해야 한다.

구리도금을 하는 방법은 산성법과 알칼리성법이 있다. 산성법은 보통 황산구리 용액속에서 구리피막을 입힐 목적으로 적용한다. 알칼리성법은 시안화구리, 시안화칼륨, 시안화나트륨 용액을 사용한다. 산성법에 의한 도금은 전기주조 또는 철제품 위에 니켈 등을 도금하기 위한 하지도금에 사용되며, 알칼리성법은 철, 아연 다이캐스트 제품 위에 니켈도금·크롬도금을 하기 위한 하지도금 등으로 사용된다.

구리도금에는 황산구리도금, 시안화구리도금, 피로인산구리도금, 붕소플루오르화 구리도금 등이 있다.

1) 황산구리도금

1가의 황산구리 및 2가의 황산구리가 알려져 있다. 1가의 황산구리를 황산제일구리 라고도 한다. 무색 또는 회색의 가루이다. 물속에 넣거나 습한 공기 중에 방치하면 황산구리 2가가 된다. 200℃로 가열한 진한황산에 구리를 녹여, 알콜로 처리하면 얻을 수 있다. 건조한 공기 중에 두면 서서히 수분을 잃고 가루가 된다. 가열하면 45℃에서 2분자의 물, 110℃에서 4분자의 물, 다시 250℃에서 모든 물분자를 잃고 무색의 무수물이 된다. 황산구리(II)에 수산화나트륨을 넣고 가열하면 염기성 산화구리가 되어 검은색으로 바뀐다.

무수물로 존재하기도 하고 5수화물로 존재하기도 하는데, 5수화물은 담반으로 천연에서 산출된다. 무수물은 물분자가 모두 빠져나간 상태의 분자를 말하며, 5수화물은 분자 주변에 물분자가 5개 붙어 있는 상태를 말하는 것으로 무수물은 흰색의 가루로 비중 3.03, 100g의 물에 0℃에서 14.3g, 100℃에서 75.4g 녹는다. 메탄올에는 조금 녹지만 에탄올에는 녹지 않는다. 5수화물은 구리에 묶은 황산과 공기를 반응시키거나, 산화구리를 묶은 황산에 녹인 후 증발과 농축의 과정을 거쳐 결정화하면 얻어진다.

2) 시안화구리 도금

시안을 기본으로 하는 구리도금은 기능과 장식을 위한 도금의 하지도금으로 많이 이용된다. 시안화구리도금은 최초 저농도로 사용되었으나, 지금은 중농도에서 고농도까지 폭넓게 사용되고 있다. 도금의 장점으로는 저전류부의 피복성이 우수하여 우수한 밀착성을 얻을 수 있으며, 전기전도성이 좋아 도금속도가 빠르다. 철의 부분침탄 방지용 마스킹 도금으로 사용되며, 첨가제를 이용한 광택도금도 가능하다. 철 소지 등 대부분의 금속에 직접도금이 가능하다. 또한 납땀성이 좋고, 부드러운 연성 피막을 갖는다. 단점으로는 시안화물을 함유하므로 유독성이 있어 취급과 폐수처리에 철저해야 하며, 금속구리 농도가 상승되면서 유리시안이온의 관리가 필요해진다.

시안화구리 도금은 니켈-크롬도금이나 니켈-황동 도금의 하지도금으로 자동차의 장식이나 금속제품, 가정용 기구, 전기용품, 배관용품, 가전잡화나 기타 아연 다이캐스팅 장식과 기능 도금으로 사용된다. 전기접점 부품의 경우 니켈-금 또는 니켈-은 도금의 하지로서 구리나 니켈 합금에 이용된다.

3) 피로인산구리 도금

하지도금, 침탄방지, 프린트 기판도금용으로 이용되며, 알칼리성 도금액을 사용한다. 결점으로는 철강이나 아연 다이캐스팅 소지에 밀착이 좋은 도금을 하고자 할 때는, 시안화구리 스트라이크나 니켈 스트라이크를 해야 한다는 점이다. 또한 액관리가 다소 복잡하며 가격이 비싸고 시안분이 피로인산구리 도금



액에 들어가면 해롭기 때문에 수세를 철저히 할 필요가 있다. 장점으로는 균일 전착성과 평활성이 매우 좋다는 점이다.

2. 무전해 도금의 종류

무전해 도금은 일반적으로 화학 도금과 거의 동일한 뜻으로 사용된다. 그러나 화학도금은 전기를 사용하지 않고 수용액 중에서 화학반응을 이용하여 도금 층을 얻는 여러 방법을 포함하나 무전해 도금은 그 중 촉매화학도금만을 의미한다.

1) 무전해도금의 장점

- ① 무전해 도금은 어떤 복잡한 제품모양이나 형상에도 도금이 가능하다.
- ② 균일한 두께로 도금이 가능하다. 무전해 도금은 화학적 환원반응으로 금속이 석출하기 때문에 균일하게 순환되지만 하면 제품에 균일한 두께로 도금이 가능하다.
- ③ 도금반응은 온도와 PH에 의해 제어 가능하다. 화학반응은 온도를 10℃ 상승시키면, 그 반응속도가 2배로 증가하므로 석출속도를 높이려면 온도를 올려주고, 석출을 중지시키려면 온도를 내리면 된다.
- ④ 도금액의 PH에 따라서 무전해도금의 석출속도가 달라진다. 무전해 도금의 석출속도는 PH가 낮으면 감소하고, PH가 높아지면 증가한다. 무전해 도금의 수면은 PH가 낮을수록 길어지고, 높아지면 짧아진다.
- ⑤ 한 번에 많은 제품을 처리할 수 있다. 동일 용량의 도금조에서 전기도금보다 더 많은 제품을 처리할 수 있다.
- ⑥ 특별한 경우를 제외하고는 특수한 전용의 걸이, 지그가 필요 없다.
- ⑦ 일반적으로 스테인리스강으로 만든 그물망 용기를 사용하여 도금한다.

2) 무전해도금의 단점

- ① 색상의 종류가 적다. 전기도금과 같이 색상의 종류가 적은 것이 사실이다. 최근에는 어느 정도 두께를 갖는 흑색 무전해 니켈도금의 요구가 증가하고 있다.
- ② 도금액 수명이 짧다. 무전해 니켈도금액은 보통 5~7번 사용 후 폐기되고 있다.
- ③ 액 온도가 높다. 무전해 니켈도금에서 보듯 석출속도를 높이기 위해 95℃ 정도의 높은 작업온도가 사용되고 있다.

3) 무전해 구리도금

무전해 구리도금은 주로 플라스틱 위에 도전성을 주기위한 도금으로 인쇄회로기판의 제작에 이용된다. 최근에 제작되는 인쇄회로기판은 절연체인 페놀수지나 에폭시 글라스 수지의 양면에 도금을 하여 회로를 구성한다. 따라서 양면을 전기적으로 연결하기 위하여 절연기구에 구멍을 뚫은 다음 그 사이에 도

금한다. 그러면 수지로 만든 소재의 위아래 면이 구멍 안의 구리 도금 층에 의해서 전기를 통할 수 있다. 이러한 도금은 스루홀(through hole) 도금이라 한다. 주성분은 구리의 공급원(황산구리)과 환원제(포르말린)이다.

4) 무전해 니켈도금

무전해 니켈도금은 1950년대부터 본격적인 상업적 이용이 시작되었다. 무전해 니켈도금층은 균일성이 뛰어나며, 부식 및 마멸에 매우 강한 특성이 있다. 알루미늄 표면에 피복하여 납땀을 하기 위한 보조 수단으로도 흔히 사용되며 금형의 윤활성 및 분리성을 증가시키기 위한 용도로도 사용된다. 무전해 니켈도금액에서 니켈을 공급하는 주성분은 황산니켈이다.

5) 세라믹상의 도금

최근 전자부품 및 기계부품에 세라믹의 사용이 증대되면서 세라믹 위에 도금하는 기술이 발달하고 있다. 도금하는 방법은 근본적으로 플라스틱 위에 도금하는 방법과 유사하다. 다만 세라믹은 표면 자체의 요철이 플라스틱에 비하여 크므로 가볍게 에칭하거나 에칭을 하지 않고도 표면을 활성화 처리하여 무전해 도금을 할 수 있다.

현재 도금이 이루어지고 있는 대표적인 세라믹으로는 알루미늄기판과 티탄산바륨 및 PZT 등의 유전체에 도금이 되고 있다. 에칭 후에는 감수성을 부여하고 염화팔라듐 수용액에서 활성화를 거쳐 촉매화 및 가속화처리를 하여 플라스틱과 동일한 방법으로 무전해 도금을 진행한다.

6) 비촉매 화학 도금

은거울 처리가 비촉매화학 도금의 한 가지 예이다. 이 처리는 플라스틱이나 각종 부도체의 도금 활성화 처리로 이용되기도 하며, 전주도금, 레코드 원판의 제작 등에 이용된다. 도금을 입히려는 면은 염화제일주석으로 활성화해야 하나 활성화되지 않은 일부분에서도 일부는 석출이 일어날 수도 있다.

은거울 처리를 위한 용액의 제조에는 질산은 9g/l의 용액에 암모니아수 17ml/l를 첨가하면 액에 갈색 침전이 형성되거나 투명해지기 직전에 암모니아수 첨가를 중지하여 만든 은 용액과 황산히드라진 19g/l, 수산화나트륨 5g/l의 환원액을 사용 직전에 혼합하여 사용한다.

제 6 장 양극산화란

1. 양극산화의 원리

가. 정의

양극산화란 양극(Anode)과 산화(Oxidizing)의 합성어(Ano-dizing)이다. 전기도금에서 부품을 음극에 걸고 도금하는 것과는 차이가 있다. 아노다이징(양극산화법)은 이름 그대로 알루미늄 부품을 전해액에서 양극으로 하고 통전하면 양극에 발생하는 산소에 의해서 알루미늄면이 산화되어 산화 알루미늄(Al_2O_3)의 피막이 생기게 된다.

양극산화의 가장 대표적인 소재는 알루미늄이고 그 외에 Mg, Zn, Ti, Hf, Nb의 금속 소재상에도 아노다이징 처리를 할 수 있으며, 최근에는 마그네슘과 티타늄 소재상의 아노다이징 처리도 점차 그 용도가 늘어 가고 있다.

이 피막은 대단히 단단하고, 내식성이 크며 극히 작은 유공성, 섬유상이 되어 여러가지 색으로 염색을 할 수 있어 내식, 내마모성의 실용성과 미관상의 처리가 많다.

일본에서는 직교류를 이용한 수산법으로 많이 적용되어 행하여져서 알루미트(Alumite)라고 부르며 우리나라 및 구미에서는 직류 유산법, 원명인 아노다이징(Anodizing)이라 부르게 되었다. 일반적으로 행해지는 아노다이징은 유산(황산법)법으로 유산농도가 15 ~ 20(wt%) 연질인 경우에는 20 ~ 30℃ 범위에서 고루 사용되고 있으며 전압은 DC 13~15 V 이내가 가장 많이 사용된다.

경질인 경우에는 온도가 0 ~ -5℃에서 말기에는 40V이상 행해질 수 있다는 것을 염두에 두어야 한다. 초기에는 수동으로 2V씩 상승시켜 가다가 (안정기)일정시간이 지나면 자동으로 컨트롤 할 수 있다.

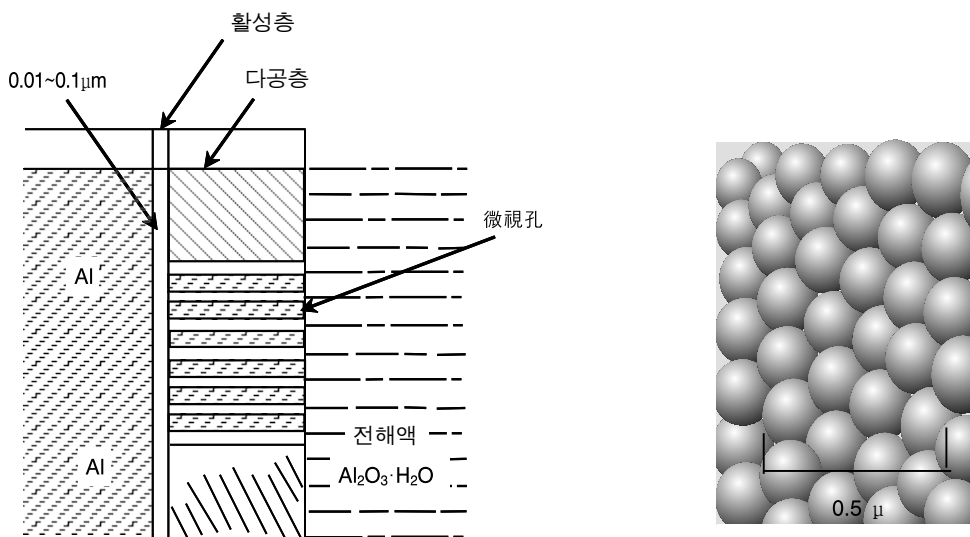
이것은 초기에는 안정기를 거쳐 말기가 되면 표면적에 부도체 상태가 되면서 전압은 상승하고 전류는 어느 수준까지 감소하는 것을 의미한다.

탱크는 양쪽으로 극이 형성되며 는 납판으로 가장 많이 사용하며 순도가 좋은 알루미늄판을 사용할 수 있다.

나. 양극산화 피막의 구조

산화피막의 생성과 구조에 대해서는 미지의 영역이 많이 남아있점이 많으나 현재까지 알려져 있는 연구 결과를 간단히 소개한다. 아노다이징 전해액 중에 Al을 양극으로 하여 통과하면 우선 Al_2O_3 의 얇은 층(barrier layer 또는 활성층)

이 생긴다. 이 때 전압이 충분히 크면 [그림 6-1] (a)와 같이 전해액의 침식작용과 겸해 이 얇은 피막이 파괴되면서 상당한 양의 열을 발생하고, 이 열은 더욱 전해액에 의한 침식을 조장시켜 주므로 다공성의 피막이 되며 통전이 된다. 이 때 생긴 발생기의 산소가 내부에 있는 Al을 산화시켜 새로운 활성층이 생성된다. 이것이 반복되어 산화피막이 내부로 성장한다는 것이다. 그러나 금속표면처리 기술 Vol 16. No9 1965 p.408 문헌에 의하면 [그림 6-1](b)와 같이 Al면에 접한 활성층은 구의집합이고, 이 활성층은 Al_2O_3 의 성분보다 Al 성분을 과잉으로 품고 있는 것으로 보아 Al이 전류에 의해 용융 산화되어 새로운 활성층이 생성되고, 이것이 반복되어 산화 피막이 내부로 성장한다고 한다.



(a) 양극산화 피막의 생성과정

(b) 양극산화 피막의 구조

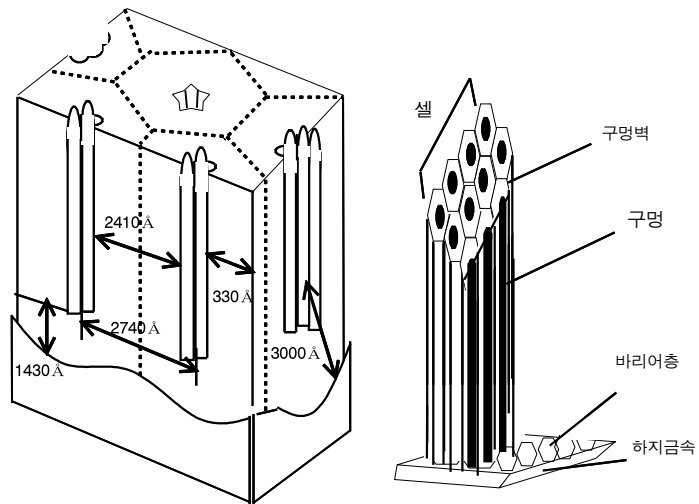
[그림 6-1] 양극산화 피막의 구조

출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

다. 양극산화 피막의 구조모형 및 관찰조직

산화피막은 활성층과 외층에 파괴를 거듭해서 생긴 구멍이 있는 층 즉, 다공층으로 되어 있으며, 산화이온은 확산에 의해서 Al이온은 외부로 나와서 산화물이 계속 생기는 것을 나타내고 있다.

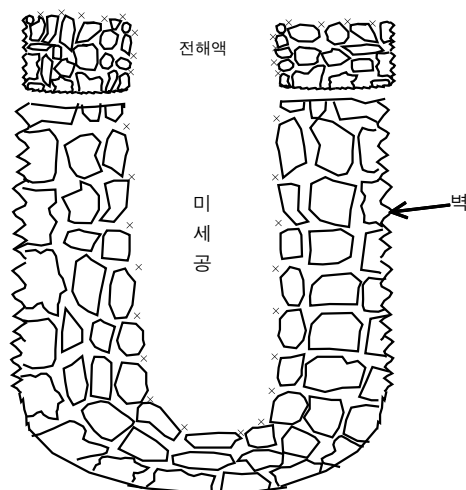
산화 피막은 활성층과 다공층으로 되어 있으며, 활성층은 $0.01\sim0.1\mu m$ 정도로 다공층은 피막두께의 대부분을 차지하고 있다.



[그림 6-2] 피막의 셀 구조 (Keller의 모델)

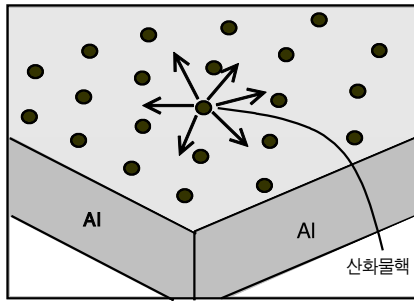
출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

황산법은 어느 시간 이후는 황산의 피막용해 속도가 커서 다공층은 증가하지 않으며, 다만 이론적으로 Al이 Al_2O_3 로 변화하면 용적이 48% 증가하는 것뿐이다. 그러나 산화피막 표면은 항상 전해액과 접하고 있고, 또 이것이 침식성을 가지고 있으므로 피막의 표층은 부스러져 나가는 경향이 있다.

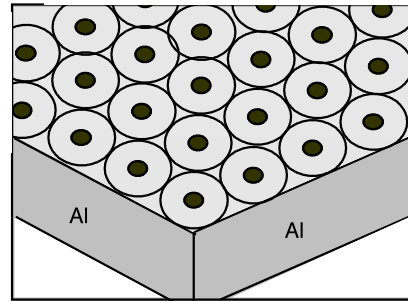


[그림 6-3] 피막의 구조 (Murphy의 모델) (× 표는 전해액의 작용점)

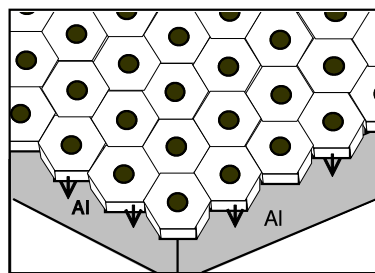
출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학



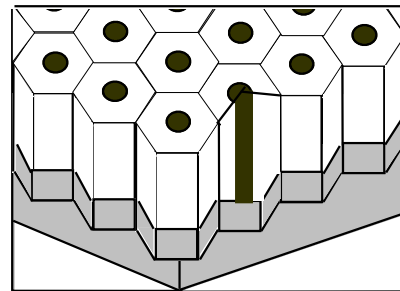
핵의 발생



세포의 형성



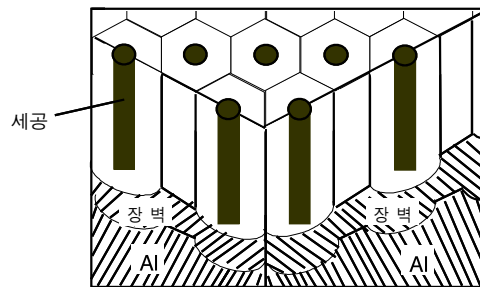
산화물의 성장



세포의 완성

[그림 6-4] 피막의 구조 (Murphy의 모델) (×표는 전해액의 작용점)

출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

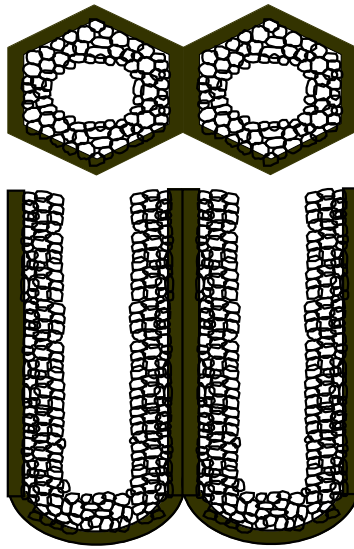


[그림 6-5] Keller-Hunter 및 Robinson의 피막형성 모델

출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

우선 산화물 핵이 생긴 후에 반구(半球)의 형태를 가진 선단과 원주형(圓柱形) 기공(氣孔)을 중심에 가진 원통형 세포가 형성된 후에 피막의 성장에 따라 상호세포의 경계면이 선으로 접촉하게 되며 6각형으로 되면서 성장한다.

또한 만체스터대학의 Wood 교수 등은 육각세포 내면벽이 미세한 콜로이드로 되어 있다는 설을 제안하고 있다. elmf과 같이 아노다이징 피막은 다공성이고 이 구멍 내부 또는 피막 자체가 콜로이드상태이므로 염료에 의해서 쉽게 착색이 되고 있다.



[그림 6-6] 아노다이징세포의 전자현미경 사진을 추정한 내부의 콜로이드모형도

출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

아노다이징에서 피막두께가 올라가는 이유는 일반적인 도금에는 (-)극에 도금하려는 제품이 걸려 도금이 된다. 전기는 항상 (+)극에서 (-)쪽으로 흐른다. 그런데 아노다이징은 이와 반대로 (+)극에 제품이 걸리는데 어찌하여 두께가 올라가는지 궁금해하는 사람들이 많다.

그 원리는 쉽게 설명하면, 컵에다 물을 넘치기 직전까지 가득 채운다. 이때 물은 가득 찼어도 넘치지는 않으나, 이 컵 안에 동전을 3개 정도 투입하면 물이 넘쳐흐른다. 즉, 부피가 늘어났다는 얘기다.

v 이와 마찬가지로 알루미늄은 면심입방격자를 이루고 있는데 각 모서리부분에 O₂(산소)원소가 중간에 끼어들게 되면서 부피가 팽창한다고 보면 아노다이징에서 부피가 왜 늘어나고 피막이 형성되는지 이해하기 쉬울 것이다.

1) 양극산화에서 피막두께가 올라가는 이유

일반적인 도금에는 (-)극에 도금하려는 제품이 걸려 도금이 된다. 전기는 항상 (+)극에서 (-)쪽으로 흐른다. 그런데 아노다이징은 이와 반대로 (+)극에 제품이 걸리는데 어찌하여 두께가 올라가는지 궁금해하는 사람들이 많다.

그 원리는 쉽게 설명하면, 컵에다 물을 넘치기 직전까지 가득 채운다. 이때 물은 가득 찼어도 넘치지는 않으나, 이 컵 안에 동전을 3개 정도 투입하면 물이 넘쳐 흐른다. 즉, 부피가 늘어났다는 얘기다.

이와 마찬가지로 알루미늄은 면심입방격자를 이루고 있는데 각 모서리부분에 O₂(산소)원소가 중간에 끼어들게 되면서 부피가 팽창한다고 보면 아노다이징에서 부피가 왜 늘어나고 피막이 형성되는지 이해가 쉬울 것이다.

2) 황산피막의 특성

알루미늄을 양극으로 하여 일정한 전해액에서 적정조건으로 분극을 시킬 경우 자연산화 피막보다 두꺼운 양극산화 피막이 생성되는데 이러한 공정을 양극산화 피막처리라고 하며 이때 생성된 피막은 장벽형 (바리아형)과 다공형(포라스형) 피막으로 나누어진다.

- ① 경제성 : 전해질로서 값싸고 공업적으로 안정하게 제조되는 황산(H_2SO_4 유산)을 사용한다는 점, 전해조작이 다른 방법에 비해 간단하다는 점 등의 경제성을 갖는다. 또 전해 전압이 낮고 소비전력이 적게 든다는 점, 전해액에 독성의 물질이 포함되어 있지 않고 BOD, COD의 걱정도 없기 때문에 폐액 처리가 용이하다는 점도 있다. 때문에 가장 싸고 경제적인 양극산화 처리법으로 넓게 이용되고 있다.
- ② 투명성 : 얻어지는 피막은 다른 전해액에서 생성되는 피막에 비해 투명성이 높고 많은 실용합금에 대해 무색의 피막을 형성한다. 전해연마, 화학연마 등의 광휘처리 후의 양극산화 피막처리로 적당하다. 또, 무색의 피막은 염색, 착색에도 좋다. 피막의 투명도는 순도가 높은 알루미늄 일수록 양호하다. 합금 원소의 Mg은 피막의 투명도에 거의 영향이 없지만 규소(Si), 철(Fe), 망간(Mn)등은 투명도를 저하 시킨다.
- ③ 염색성 : 얻어지는 피막은 활성도가 높고 염료의 흡착성이 좋기 때문에 유기, 무기염료에 의한 염색, 인쇄가 용이하다.
- ④ 내식성, 내마모성, 경도 : 내식, 내마모성이 양호하고 경도가 높은 피막을 얻을 수 있다. 건축자재 공업제품 가정용품 네임-프레이트, 기계부품, 장식품 등의 분야에서 요구되는 성능을 만족시켜 널리 이용되고 있다.

라. 경질피막법(硬質皮膜法)

1) 경질 양극산화 피막(硬質 陽極酸化 皮膜)

알루미늄 및 그 합금을 양극산화해서 화성(化成)한 피막은, 종래 그 내식성(耐食性)을 이용하기도 하고 착색(着色)등에 의해 장식목적에 이용하는 것이 주된 용도였다.

그러나 최근에는 종래의 양극산화 피막을 개량(改良)하여, 두껍고도 단단한 것을 얻을 수 있게 되었고, 이미 경질 양극산화 피막으로써 넓게 이용하며 그 우수한 특성을 발휘 하고 있다.

이 가볍고도 가공성이 좋은 금속과 표면에 화성(化成)되는 극히 단단한 피막과를 합쳐 이용하면 앞으로 더욱 용도를 확대할 수 있을 것으로 기대된다.

규격으로는 $30\mu m$ 이상의 피막에 대해 품질이 규정되어 있지만 경질양극산화피막이라고 부르는 것은 특별한 규격이 있는 것은 아니고, 일반적으로 [표 6-1]에서 표시하듯이 경도나 내마모성이 큰 $20\mu m$ 이상의 두꺼운 피막을 경질 양극산



화 피막(硬質 陽極酸化 皮膜)이라고 부르고 있다.

[표 6-1] 경질에 의한 양극산화피막의 분류

피막(皮膜)의 종류	경도(硬度-Hv)	작업온도	두께(피막)
초경질(超硬質) 양극산화 피막	450 이상	-5℃	70~100μ
경질(硬質) 양극산화 피막	350~450	-1~2℃	40~50μ
반경질(半硬質) 양극산화 피막	250~350	2~8 ℃	30~40μ
보통(普通) 양극산화 피막	150~250	15~18℃	15~25μ
연질(軟質) 양극산화 피막	150 이하	22~25 ℃	5~10μ

2) 피막(皮膜) 화성법(化成法)

경질(硬質) 양극산화 피막 화성법(化成法)의 초기 연구는 종래 일반의 피막 화성에 사용되어온 황산욕 및 수산욕으로 실용화되어 왔다. 그 후 양극산화 처리기술의 진보와 함께 여러 가지 욕조성 및 화성 조건이 연구되어, 황산욕법, 황산, 수산혼합욕법, 수산욕법 외에 각종의 무기산, 유기산, 방향족설폰산, 알콜 등을 혼합 또는 첨가해 몇 가지 방법이 개발되었다.

이들의 방법의 공통점은 종래의 아노다이징 화성조건과 다른 필수조건으로서, 고전류 밀도, 저온, 교반의 3조건을 충분히 만족시키는 것이다.

전류 밀도를 보통 화성의 2~5부로 하고, 피막의 생성을 단시간에 행하여, 전해액에 담겨있는 시간을 가능한 한 짧게 하는 것이다. 또 전해액에 의한 피막의 용해를 억제하기 위해서는 액온(液溫)을 낮게 하고, 전해에 의해서 발생하는 열을 교반하여 확산해 나가는 것이 중요하다. 따라서, 황산액과 같은 부식이 심한 전해액을 사용하는 경우에는 욕온도를 10℃ 이하로 낮게 해 용해를 억제하는 것이 보통이다.

황산욕에 수산을 비롯한 유기산 등을 첨가하는 것도 있으며, 비교적 고온에서 피막 화성이 가능하다. 그러나 이들 수종의 첨가제를 가한 욕은 조성이 복잡하고, 관리가 어려운 문제점이 있다. 더구나 경질 아노다이징 피막을 화성하는 경우에 일반적으로 사용하고 있는 직류 대신 특수 전류파형을 적용하는 것도 피막 품질의 향상에 효과가 있다. 예를 들면, 전류 회복현상을 이용한 것, 주기적으로 극성을 변환시켜 부전류를 흘리면서 피막을 화성하는 전류 반전법 등이 있다.

3) 경질 산화피막의 성질

① 경도

경질 산화피막의 성질 중 내마모성과 함께 중요한 것으로는 경도가 있는데 실용상 측면에서 판단하면 경도보다도 내마모성 쪽이 중요하다. 경도는 측정이 용이하기 때문에, 오히려 내마모성의 판정자료로 쓰여진다. 아노다이징 피막의 경도는 소재가 산화물로 변화해 피막이 되기 때문에 도금 피막과 비교하여 액온도, 액조성, 농도, 전류밀도 등의 전해조건의 영향을 받기 쉽다.

특히 경도에 미치는 액온도의 영향은 대단히 크며, 액의 종류에 관계없이, 액온도를 낮게 하는 것으로 경도는 크게 된다. 그러나 경도가 크게 되는 경향은 전해액의 종류에 따라 달라, 황산액에는 0.5℃ 부근까지 전해액을 냉각하지 않으면 경질 피막은 얻을 수 없다. 이와는 달리, 황산액에 10~20g 정도의 수산을 첨가하면 황산액보다도 약 5~7℃ 높은 액온도에서 경질 피막 화성이 가능하다.

더구나 황산, 수산, 구연산 혼합액을 쓰면 15~20℃의 상온 부근의 액온도라도 경질 피막을 화성할 수 있다. 전해액의 농도가 대단히 진하면 피막의 용해가 촉진되어 단단한 피막은 얻기 어렵게 되지만, 그렇다고 너무 얇으면 액의 전도도가 저하하여 국부적으로 전류가 집중하기 때문에 피막은 불균일하기 쉽다.

[표 6-2] 각종재료의 내마모성의 비교

구 분	재 료	마모량(mg)
1	알루미늄 (1,080)	632.0
2	알루미늄 (1,100)	540.8
3	알루미늄 (5,052)	388.6
4	경질산화피막(황산, 수산, 구연산욕(浴))	12.3
5	SK - 4강(鋼)	100.4
6	SK - 5강(鋼) (열처리 Hv 835)	18.6
7	경질 Cr 도금 (Hv 947)	45.6
8	경질 Cr 도금 (Hv 1003)	29.1

이와 같이 경질 아노다이징 피막을 화성하는 것에 의해 경도나 내마모성은 현저하게 향상되고, 사용방법에 따라서는 단단한 금속이나 도금보다도 우수한 성능을 발휘한다.



2. 양극산화의 목적

Al은 원래 대단히 활성적인 금속으로 공기속에 노출되면 금속표면이 즉시 산화물(자연적 산화피막)로 덮이게 되어 순수한 금속면이 생기지 않는데, 이로 인해 Al상의 도금 및 다른 금속을 코팅시키기 어렵게 한다. 또한 자연 산화피막은 피막두께의 한계로 공업적 이용가치가 적으므로 자연의 산화피막을 전기적, 인공적인 방법으로 더욱더 두껍게 하여 두께가 10μ 이상이 되는 산화물 등을 만들어 사용한다.

- 1) 피막은 치밀한 산화물로 내식성이 우수하다. 특히 실링으로 후처리한 것은 일반적인 대기조건 하에서나 염수분위기하에서 내식성이 상당히 우수하다. 아노다이징에 의해 생성된 비정질의 산화알루미늄 피막을 약산성의 뜨거운 물이나 끓는 탈이온수 혹은 고온의 중크롬산나트륨액 혹은 아세트산니켈액에서 실링하면 최고의 내식성을 발휘한다.
- 2) 장식성-외관을 개선한다. 모든 양극산화피막은 광택이 나고 상대적으로 우수한 내마모성을 가진다. 그러므로 알루미늄의 자연색을 원할 때나 혹은 기계적으로 모양을 내서 장식효과를 낸 다음에 아노다이징을 마지막 공정으로 사용하고 있다. 양극피막의 광택 수준은 처리 전 금속소재의 조건에 좌우된다. 무광택에칭은 광택을 줄이고 화학이나 전해연마, 버프연마 등은 광택을 낸다. 즉 소지면의 확산이나 반사에 따라 광택이 다르게 된다. 건축용도로 사용하는 알루미늄 재질은 대부분 아노다이징으로 마감한다.
- 3) 양극피막은 상당히 단단하여 내마모성이 우수하다. 하드아노다이징(경질양극산화)은 두께가 25미크론부터 100미크론 이상까지 두껍게 피막을 올릴 수 있다. 이들 피막은 산화알루미늄의 높은 경도로서 내마모성이 필요한 회전부품의 용도로 안정맞춤이다. 모든 양극피막이 소재재질보다 더 단단하지만 크롬산법이나 일부 황산법의 피막은 두께가 너무 얇고 물러서 내마모성에는 적합하지 않은 경우도 있다.
- 4) 도장 밀착력의 향상 - 단단히 밀착되어 있는 양극피막은 모든 페인트 시스템에서 화학적으로 활성표면을 제공한다. 황산욕에서 처리한 양극피막은 무색으로 다음의 투명한 표면처리에 하지로 적당하다. 가혹한 부식환경 하에서 사용하는 알루미늄 부품을 도장하는 경우에는 도장 전에 아노다이징으로 전처리한다. 실링한 것은 내식성이 좋고, 실링을 하지 않은 것은 도장 밀착력에 더 좋다.
- 5) 본딩 성능의 개선
인산법이나 크롬산법에 의한 얇은 양극피막은 본딩성과 내구성능을 개선한다. 이들 피막은 대부분 최신 항공기의 기체구조에 넓게 사용하고 있다.
- 6) 윤활성의 개선
하드 아노다이징 후에 수동으로 연마나 호닝으로 표면을 순조롭게 하고, 그

위에 테플론 코팅을 하여 완벽한 윤활성능을 발휘할 수 있다. 하드아노다이징 후에 유화 폴리브테이나 흑연 등 윤활제를 코팅하기도 한다.

7) 장식목적의 특유한 색생상을 낸다.

양극피막의 다양한 몇몇 방법으로 색상을 처리한다. 유기염료를 피막의 기공 속에 흡착시켜 다양한 색상으로 착색한다. 또한 일부 무기안료는 기공에 침전시켜 제한된 범위의 안정한 색상을 만들 수도 있다.

8) 전기 절연성능 산화알루미늄은 유전성이다.

양극피막의 절연파괴 전압은 수 볼트부터 수천볼트까지 다양하다. 이들은 합금에 따라 다르고 피막의 두께나 성질에 따라 다르다. 실링의 정도도 절연성에 영향을 미친다.

9) 도금의 전처리 일부의 양극피막은 고유의 다공성으로 전기도금을 할 수 있다. 일반적으로 도금의 전처리로 인산법 아노다이징을 처리한다.

10) 표면손상을 탐색한다. 미세한 표면 크랙을 크롬산 아노다이징액을 사용하여 탐색할 수 있다. 크롬산 용액에서 아노다이징 처리하고 수세 후 빨리 건조하여 표면을 검사하면, 부품에 금이 가 있는 경우에는 균열부위에 크롬산이 들어가 이 부근에서 크롬산이 스며나와 양극피막을 오염시킨다.

11) 양극산화 피막의 결함과 대책

[표 6-3] 양극산화 피막의 결함과 대책

결함항목	원 인	대 책
버닝	버프버닝 전해액 온도 불균일 국부적 고전류밀도 수산화 알루미늄 버닝	연마조건의 적정화 액순환, 교반량 증가 전해파형의 평활화, 전류밀도 낮춤 수세, 알루미늄처리량의 조정
쇼트	제품과 리드선의 접점의 어긋남 제품과 음극과의 접촉 압출후의 국부적 냉각부족 디스멧트 부족	거는 방법 개선 극간거리조정, 내부음극유치법 개선 균질(均質)한 냉각 질산농도증가, 중크롬산카리 첨가욕중에서 흔든다.
가스포켓	틀, 랙크 각도의 부적합 공기교반, 내부음극에서의 수소발생	적당한 틀과 랙크의 거는 각도선정 가스가 유출하도록 랙크를 만들고 건다.
크 락	저온전해, 봉공온도, 가열, 기계적 충격	110°C 이상의 가열을 피한다. 제품취급주의
성능결함 및 막 두께 부족	전해시간 짧고, 전류밀도가 낮다. 내부음극부족 및 음극면적 부족 틀과 걸이 면적이 크다. 리드의 접촉불량, 탈막 부족 리드의 전기용량 부족 전기접점 부족 전해액 온도가 높고, 국부고열 발생 합금조성의 부적합	적정시간과 전류밀도 선정 형상에 맞게 사용 및 이상전압이 안걸리게 할 것 전류용량에 맞는 전해면적 선정 리드부착개량 및 완전탈막 단면적이 큰 리드사용 접점증가 냉각 및 교반, 순환을 충분하게 적절한 합금 선택






내마모성	전해액 온도가 높고 전류밀도가 낮다	냉각 및 적절한 전류밀도 선택
내식성부족	전해시간이 너무 길고 전해액 농도가 높다. 합금조성의 부적합	전류밀도 높이고 전해시간 단축, 적정농도 유지 적절한 합금선택
불꽃	유리산부족, 전해액노화 전해액이 높고, 전류밀도 불균일	산보급 및 전해액 일부교체 냉각 및 전류밀도 조정
박 리	정전이나 중단 전해	재생 및 가급적 전해중 중단을 피할 것
표면모양	알루미늄, 주물, 재료결함 에칭조건	알루미늄 개선 및 주물재 선택 에칭액 선택
분취	전해액농도, 용존알루미늄 증가 전해액 온도 상승 수세 부족 봉공액 오염	분석에 의해 조정관리 전해액 냉각, 교반 수량, 수세횟수, 수세시간 증가 봉공액 교환
전해부식	점점 불량 사용수로부터의 염소이온 흡입 용접용 후락스 부착 인체의 땀이나 지문 부착 중금속이온 흡입 유리산 부족 중첩교류분 부족(수산법에 많음)	점점개량 순수사용 전해전의 충분한 세정 손장갑사용 중금속 용출방지 산의 보충 교류분 증가시킴
색얼룩	극비(極比)의 부적당 극간거리의 부적당 복잡한 형상 전류분포 불균일 교반부족 및 불균일 전해액 온도 상승 이물(異物)부착 전해액 잔존 합금성분(合金成分) 염색조건 점점 부족	음극면적조정 음극을 이동해 본다 음극배치의 고려 랙크접점수 증가 점점위치고려 전해액 순환량 증가, 냉각 수세를 충분히 한다 수세를 충분히 한다 재질확인 염색욕의 p H 농도 관리 적정한 점점을 취한다
무지개	점점부족 전기점점불량 전해중단	표면적과 리드선의 적정화 리드점점부의 이탈방지 교반을 약하게 한다
표면얼룩	탈지불충분 재질, 열처리의 불균일	탈지를 충분히 행한다. 재질, 열처리를 정확하게
표면거침	소재의 조성 부적합 에칭조건의 부적합	조건관리를 엄중하게 행한다.
수산화나트륨	에칭액의 노화	액관리 철저
버 닮	에칭후 수세까지의 시간이 길다.	에칭후 신속수세
그림자모양	리드선에 의한 투영흔적	리드선 위치에 주의할것
봉공얼룩	물건의 겹침 온도의 불균일	물건이 겹치지 않도록 한다. 온도분포를 균일하게 한다.
액흐름	전해액을 유출 수세부족 맞춤시 불량	충분한 수세 스파트 개량

12) 양극산화 처리 제품의 설계 및 가공상의 주의

처리공정과 성능 등으로 다음과 같은 문제점이 있으며 제품설계에 있어서 고려해야 할 사항을 표 [6-4] 에 표시한다.

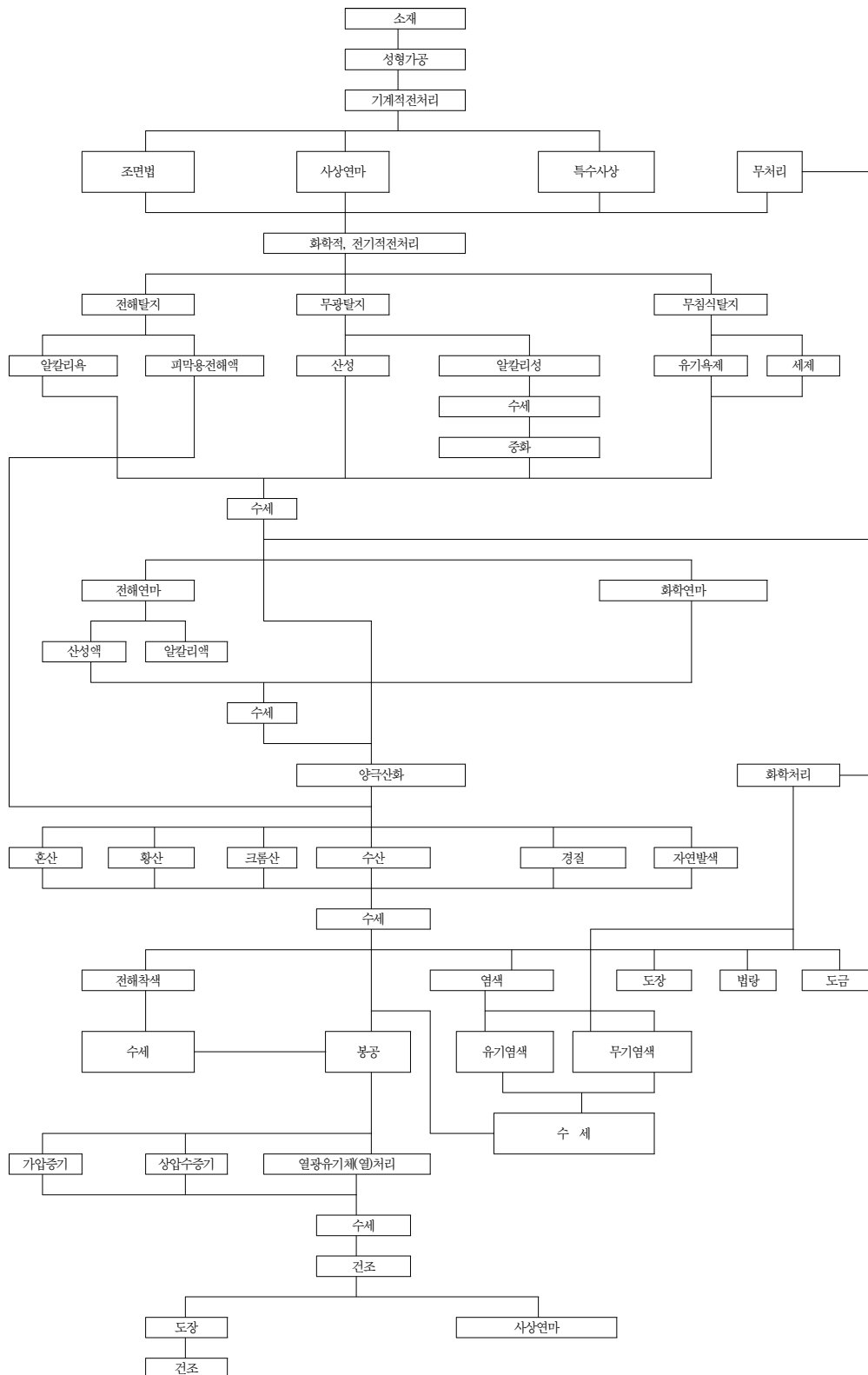
- ① 표면처리 가공공정이 비교적 복잡하다.
- ② 색조, 성능 등은 알루미늄 재료의 합금 성분이나 조성에 의해 다르기 때문에 알루미늄 재료의 선정에 주의가 필요하다.
- ③ 열이나 힘에 의해 크랙이 발생한다.
- ④ 코너 결합 등 가공하는 형상이 한정되어 있다.
- ⑤ 알칼리에 대해 약하다.

[표 6-4] 설계 및 가공상 주의점

항 목	주 의 사 항
치수오차	치수의 정도가 요구되는 물건에 대해서는 재질마다 양극산화처리에 의한 치수 변화를 고려해야 한다.
가공변형	열처리전의 거친가공은 열처리후의 마무리가공시, 각 장소의 절삭면이 거의 같게 되도록 미리 고려해야 한다.
가스포켓 액의 유출 색얼룩	에어포켓을 만들지 않도록 하고, 가스포켓이 전해 중에 일어날 우려가 있는 형상의 경우는 예를 들면 아래 그림과 같이 구멍을 만들면 좋다. 
액흐름, 얼룩	스폿-용접 시에는 겹쳐지는 넓이, 전압 등을 주의해야 한다.
색얼룩	납땀이나 알곤용접에 한하지 않고, 용접부는 그라인더 등에 의해 갈아내지 않도록 한다.
부 식	용접시의 후락스에 의한 부식에 주의할 것
대각선 및 십자모양	헤어라인 물건은 압연방향과 헤어라인 방향이 동일하게 할 것
광택얼룩, 치수오차	기계가공 및 겹친면의 피막가공전후의 표면거칠기 변화를 고려한다.
외관불량	아노다이징 가공시의 통전용 접점장소는 제품으로부터의 위치를 고려해 떼어버리는 것도 있다. 그 경우 액의 유동저항이 작도록 한다.
액의 누출, 얼룩	아래와 같은 형태의 것은 오른쪽처럼 사이를 띄우든지 구멍을 내고 가능한 막힌 구멍이나 막아 넣는 나사 등은 피한다.  또는  필요한 때에는 나사공경(孔經) = 깊이의 범위로 하는것이 바람직하다.
소재 이외의 재료가 용해	이종(異種)금속과의 접합상태에서의 처리는 피한다.
색차이, 색얼룩	알루미늄합금계가 다른 재종의 처리는 피한다. 화성처리에서의 불량은 피막생성처리때보다 전처리나 후처리때에 생기는 수가 많다. 이것을 피하기 위해 다음을 주의하면 좋다. ① 알루미늄 면을 깨끗하게 한다. ② 수세를 충분히 한다. ③ 건조시에 물이 잔류하는 위치를 충분히 검토한다.



3. 양극산화의 공정



[그림 6-7] 양극산화 공정

출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

가. 사용약품에 의한 분류

① 농도(경량 %)

수산화법 - $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 1) 3 ~ 5% , 2) 10%

황산법 - H_2SO_4 10 ~ 20%

크롬산 법 - $\text{CrO}_3 33\%$

② 온도

수산법 - 1) 20 ~ 30 °C , 2) 15 ~ 50 °C

황산법 - 1) 15 ~ 22 °C , 2) 수산첨가시 35°C 까지

크롬산법 $40 \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

③ 전 압

수산법 - 1) A.C 40 ~ 80 V , 2) D.C 25 ~ 30V

황산법 - 1) D.C 12 ~ 20V , 2) A.C 15 ~ 25 V

크롬산법 DC = 0도부터 서서히 상승
40V로 하고 최후 5분간은 50V

④ 전류밀도

수산화법 - 1) A.C 1 ~ 3 A/dm² , 2) D.C 1 ~ 3 A/dm²

황산법 - 0.5 ~ 1.3 A/dm²

크롬산 법 - $0.3 \sim 0.4 \text{ A/dm}^2$

⑤ 시간

수산법 - 10 ~ 50 분

황산법 - 5 ~ 100 분

크롬산 법 - 60분

⑥ 피막두께

수산화법 - H₂C₂O₄ 5% 30±2 °C, AC 3 A/dm², 40분간 10~20 μ

황산법 - H₂SO₄ 20% 20± 5 °C, D.C 1.0 A/dm², 20분간에 5 ~ 7 μ

크롬산법 - 15분간에 3 ~ 3.5 μ

⑦ 특 징

수산법 - 특히 순 AI에 대해서는 산도, 내식성등 최우수한 피막을 얻는다. 탈지력이 좋고 저질 AI에도 광택이 좋다. 결점 ; 전력, 약품비가 많아진다.

황산법 - 설비비가 많이 드나 유지가 용이하고 유지비용이 저렴하므로 보급이 많아지고 있다. 탈지력은 적으나 AI합금 및 착색용 아노다이징에 적합하다.

크롬산법 - 두랄루민계에 적합한 아노다이징법이며 내식성이 있고, 탄색 무광택이며 강도가 약하다. 착색에는 적합하지 않다.



※ 일본에서는 직교류 중첩을 이용한 수산법이 주종이고 우리나라 및 유럽에서는 황산법을 이용하여 직류만을 사용하는 방법이 80% 이상 차지한다. 크롬산법은 공해 및 건강상의 문제로 연구소 쪽에서만 가끔 행해진다.

1) 아노다이징 산화피막 형성과정

아노다이징은 알루미늄이 대기 중의 노출 시에 항상 존재하는 얇은 천연의 산화알루미늄피막 (1~5nm)을 인공적(전기화학적)으로 두껍게 만드는 것이다. 아노다이징 중에 전해액의 산소이온과 수산이온이 알루미늄 표면으로 전진하여 기존 산화피막을 침투하여 금속의 알루미늄이온과 결합하고, 금속과 산화층의 계면 부근에 알루미늄의 산화피막과 수산화피막을 만든다. 비다공성인 활성층의 두께는 처음에는 처리전압 1V당 1nm로 비례하여 생성되며, 그런 다음 아노다이징 처리 중에 계속 금속방향으로 진행한다. 다공성의 산화피막은 산성 전해액의 용해작용으로 활성층 부위에 곧바로 성장된다. 다공성의 구조는 피막의 생성과 용해가 평형이 이루어질 때까지, 계속 피막두께는 자란다. 이 양극피막의 다공특성은 염료, 안료, 부식억제제 혹은 윤활제와 흡착/결합 하여 유익한 기능성을 발휘한다. 다공성의 구조는 표면적 비율이 대단히 높아 황산아노다이징의 경우에 약 100m²/g나 된다.

제 7 장 도금액의 관리

1. 도금공정 조건⁴⁵⁾

가. 작업온도

표준온도는 0℃, 상온은 15 ~ 25℃, 실온은 1 ~ 35℃로 한다. “찬곳”은 따로 규정이 없는 한 0 ~ 15℃의 곳을 뜻한다. 온수는 60 ~ 70℃, 열수는 약 100℃, 냉수는 15℃ 이하로 한다. 냉각이란 상온 또는 실온으로 냉각하는 것이고, 수냉이란 수도수 등으로 냉각하는 것이며, 빙냉은 얼음으로 냉각하는 것이다. 방냉이란 자연그대로 방치하여 냉각되기를 기다린다는 말이다. 가온이란 온탕으로 데운다는 말이며, 가열은 열탕의 온도 또는 그 이상의 열로 가열하는 것이고 강열은 직화로써 높은 온도를 가한다는 말이며 작열, 또는 열작 이라고도 한다. 또, “수욕상 또는 수용액중에서 가열한다”라 함은 따로 규정이 없는 한 수온 100℃에서 가열함을 뜻하고 약 100℃의 증기욕을 쓸 수 있다.

1) 가열(Heating)

가열원은 석영 히터, 스테인리스 히터, 스틸 히터, 테프론 히터, 스팀(steam) 등이 있는데 도금액의 종류에 따라 선택 사용하는 것이 가장 좋으며, 온도 편차가 생기지 않도록 열원을 배열한다.

2) 냉각(cooling)

도금액, 전해액을 냉각하기 위해서는 냉수를 이용하든지, 냉각기 설비를 갖추어야 한다. 열교환기의 재질은 스테인리스, 티타늄, 탄탈륨, 지르코늄, 니오브 소재 등이 사용된다.

나. 작업 농도

농도는 도금액의 조성은 진하고 묽음을 나타내는 용어로서 용매 또는 용액의 일정량에 대한 용질의 양으로써 표시한다.

1) 중량백분율 % 농도 (percent by weight)

용액 100g 중에 포함되어 있는 용질의 g수으로써 W/W%로 표시한다.

2) 용량백분율 % 농도 (percent by volume)

용액 100ml 중에 포함된 용질의 ml로써 V/V%로 표시한다.

3) 중량 대 용량백분율 % 농도 (percent weight in volume)

45) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)



용액 100ml 중에 포함된 용질의 g수로서 W/V%로 표시한다.

4) 몰(mole)농도 또는 g/l 농도

몰(mole) 농도란 용액 1l 속에 녹아 있는 용질의 몰수 또는 g(그램)으로 나타내는 농도이며 용액 1l 속의 용질의 g(그램)으로 g/l 기호로 표시한다.

5) ppm(parts per million) 백만분을 농도 또는 mg/l 농도

용액 1kg 중에 포함된 용질의 mg수를 말하며 용액의 농도가 대단히 묽을 경우에는 비중이 거의 1이므로 mg/l 와 같이 사용한다.

6) ppb(parts per billion) 십억분을 농도 또는 $\mu\text{g/l}$ 농도

용액 1kg 중에 포함된 용질의 μg 수를 말하며 1ppb는 0.001ppm이다.

7) 노르말(Normal)

용액 1l 속에 녹아 있는 용질의 g당량수를 나타낸 농도를 말하며, 기호 N으로 표시한다.

8) 액의 농도표시

(가) 액의 농도를 (1→10)으로 표시하는 것은 고체 성분에 있어서는 1g, 액체 성분에 있어서는 1ml를 용매에 녹여 전체량을 10ml로 하는 비율을 표시한 것이다.

(나) 액체시약의 농도에 있어서 예를 들어 황산(1+2)라고 되어 있을 때에는 황산 1ml와 물 2ml를 혼합하여 조제한 것을 말한다.

다. 전류밀도 측정하기

자동화도금 설비에서는 볼트(V)메타와 암페어(A)메타가 아날로그 또는 디지털로 수치가 나타나 있지만 도금두께를 측정하여 이론적인 두께와 상이할 경우 멀티테스터나 암페어 메타로 측정을 하여 전류밀도를 조정해야 한다. [그림 7-1]에 도금액 전압 및 전류측정 장치를 사진으로 나타냈다.



암페어메타



멀티테스터

[그림 7-1] 도금액 전압 및 전류측정 장치

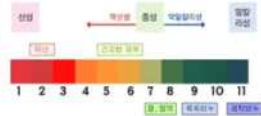
출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

라. pH 측정 및 검교정하기

도금 작업에서 pH는 도금액 관리에 매우 중요하며, 특히 알칼리액 보다는 산성액에서 pH 범위가 민감하다. 강산성 및 강알칼리성에서는 산도와 알칼리도로 관리를 하는 것이 바람직하다. 자동pH 조정장치가 설치되어 있는 사업장도 있지만 대부분 pH 시험지와 pH 메타를 이용하고 있다. pH 시험지는 강산성 환경 분위기 또는 강알칼리성 환경 분위기에 노출이 되면 변색이 되므로 주의를 요한다. pH 메타는 사용하기에는 편리하나 주기적인 pH 교정이 필요하다. [그림 7-2]에 도금액 pH측정 장치를 사진으로 나타내었다.



pH 시험지



pH 메타

[그림 7-2] 도금액 pH측정 장치

출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

1) pH 표준용액 조제방법

- (가) pH 4.0 표준용액 : Potassium Biphthalate ($C_6H_4(COOK)(COOH)$) 10.21g/ l
- (나) pH 7.0 표준용액 : Potassium Phosphate monobasic (KH_2PO_4) 3.4g/ l Sodium Phosphate Dibasic ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$) 3.55g/ l
- (다) pH 9.0표준용액: Sodium Tetraborate (Borax) ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) 3.55g/ l

2) pH 측정기 검교정 방법

- (가) “Menu” 버튼을 누른다.
- (나) “Calibrate” 버튼을 누른다.
- (다) “pH” 버튼을 선택한다.
- (라) 첫 번째 표준용액(pH 4.0, 7.0, 9.0)또는 다른 pH를 갖는 용액에 pH probe를 넣은 다음 수치가 안정될 때까지 기다린 다음 “Enter”를 누른다.
- (마) pH probe를 꺼낸 다음 증류수로 씻고, 첫 번째와 다른 pH를 갖는 용액에 pH probe를 넣고 수치가 안정될 때까지 기다린 다음 “Enter”를 누른다.
- (바) 동일한 pH값이 나올 때까지 위의 과정을 반복한다.

3) pH 측정 방법

- (가) pH probe를 연결하고 전원을 켜다.



- (나) probe를 증류수로 깨끗이 씻어낸다.
- (다) 측정하고자 하는 도금용액에 probe를 넣는다.
- (라) “pH” 버튼을 선택한다.
- (마) 수치가 안정될 때까지 기다린 다음 pH를 읽는다.

마. 도금 시간(도금두께 측정)

전기도금 시간은 전기분해에 의하여 전극에 석출 하는 전기량(전류×시간)에 비례하며, 화학적 도금은 온도, 농도, 시간, pH, 교반 등에 따라 도금 시간이 다르게 나타난다. 도금두께 측정방법은 중량법(저울), 마이크로미터 측정법, 전해식 도금두께 측정, x-ray(비파괴 시험)도금두께측정, 자력식(비파괴 시험)도금두께측정, 현미경측정(파괴 시험) 등이 도금 두께측정에 많이 이용되고 있다.

2. 도금액 분석⁴⁶⁾

가. 분석화학(analytical chemistry)

분석화학은 분석하려는 물질, 즉 도금액 시료(sample)에 들어 있는 성분들의 조성을 명확하게 구명하는 작업으로 분석에 필요한 이론을 습득하고 화학반응을 이해하며, 추리할 수 있는 능력을 배양하는 지식이다. 화학분석은 정성분석과 정량 분석으로 구분한다.

나. 화학분석법의 종류⁴⁷⁾

1) 정성분석

정성분석은 시료 속에 들어 있는 성분들의 종류를 검사, 확인하는 분석법으로서 화학적 방법과 물리적 방법이 있다.

(가) 물리적 방법

도금액 시료의 형태, 색상, 냄새, 탁도, 비중, 구름점, 녹는점, 용매에 대한 용해도, 상온에서의 상태 등의 물리적 성질을 관찰함으로써 어떤 성분을 추정하는 시험방법이다.

(나) 화학적 방법

도금액 시료에 시약을 넣었을 때 어떤 성분이 특이하게 나타내는 화학반응을 관찰하여 확인 검출하는 시험방법이다.

(다) 건식법

46) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)

47) NCS 분류번호: 도금액 관리 (1601040104_14v3)

시료를 고온에서 반응시켜 분석하는 방법

(라) 습식법

시료를 용매에 녹여 용액으로 만든 다음 분석하는 방법

2) 정량분석

도금액 시료의 화학적 성분량을 분석하여 물질의 농도나 조성을 알아내는 분석 방법이다.

(가) 용량분석법(중화적정, 침전적정, 산화적정, 환원적정, 킬레이트적정)

도금액 시료에 화학적으로 반응하는 시약의 표준용액에 적정액을 가하고 반응이 끝날 때 까지 소비된 부피를 측정하여 이 표준용액의 농도와 부피에서 시료(sample) 물질의 양을 분석하는 방법이다.

(나) 중량분석법

도금액 시료 용액을 여과, 건조한 후 그 중량을 달아 최후에 얻은 물질의 중량으로 구하고자 하는 성분의 양을 분석하는 방법이다.

(다) 기기분석법

물질의 물리화학적 성질을 이용하는 방법으로 기계와 기구를 이용해서 분석하는 방법이다. 도금에서 사용하는 기기분석 기계의 종류를 열거하면 아래와 같다.

IC(Ion Chromatography) 이온크로마토그래피, GC(Gas Chromatography) 가스 크로마토그래피, UV(Ultra Violet - Ultra Violet spectroscopy) 분광광도계, LC(Liquid Chromatography) 액체크로마토그래피, ICP(Inductively Coupled Plasma) 유도결합 플라즈마를 이용한 분석기, AAS(Atomic Absorption Spectroscopy), SEM(Scanning Electron Microscope) 반사전자현미경, TEM(Transmission Electron Microscope) 투과 전자현미경, IR(Infra Red) 적외선 분광광도계 등이다.

다. 화학분석 일반사항⁴⁸⁾

(1) 계량의 단위 및 기호

(가) 길이 : m, cm, mm, μm , nm, Å 등

(나) 무게 : kg, g, mg, μg , ng 등

(다) 넓이 : m^2 , cm^2 , mm^2 등

(라) 부피 : m^3 , cm^3 , mm^3 등

(마) 용량 : kl, l, ml(cc), μl 등

(바) 압력 : atm, mmHg 등

(2) 시 약

물질의 분석 시험에 사용되는 약품은 따로 규정이 없는 한 특급 혹은 1급 이상의 시약을 사용한다.

48) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)



(3) 용액(농도)

2종 이상의 균일한 혼합물을 말한다. 용액의 앞에 몇 “%” 고 한 것은 수용액 농도를 뜻한다.

(4) 온도 : 표준온도는 0℃, 상온은 15 ~ 25℃, 실온은 1 ~ 35℃로 한다.

(5) 액성

도금 용액이 산성, 알칼리성 또는 중성인가를 나타내는 데 사용하며 액성을 구체적으로 표시할 때는 pH 값을 쓴다.

(6) 침전

시약을 가할 때 용액에서 생성되는 고체를 말하며 결정성 침전과 비결정성 침전이 있다. 또 가해진 시약이나 용제에 의하여 용해하지 않고 잔존하는 고형성분을 잔사라고 한다.

(7) 여과

여지 또는 그 외의 여과 막으로 액체로부터 고체를 분리하는 조작을 말하고 여과막을 통과하는 액체를 여액, 여과막을 통과하지 않고 남는 고체는 침전 또는 잔사이다. 여과시 여과용 기구 및 기기를 기재하지 않고 “여과한다” 라고 하는 것은 KSM 7602 거름종이 5종 A 또는 이와 동등한 여지를 사용하여 여과함을 뜻한다. 한편 액체 중의 고체를 가라앉히고 그대로 용기를 기울여서 상등액만을 흘려보내 분리하는 조작을 경사법 여과라고 한다.

(8) 방울수

방울수라 함은 20℃에서 정제수 20방울을 적하할 때, 그 부피가 약 1ml 되는 것을 뜻한다.

(9) 항량

“항량으로 될 때까지 건조 한다” 또는 “항량으로 될 때까지 강열 한다” 라 함은 다시 계속하여 1시간 더 건조하거나 또는 강열할 때 전후 무게의 차가 g 당 0.3mg 이하를 말한다.

(10) 진공

진공이라 함은 따로 규정이 없는 한 15mmHg 이하의 진공도를 말한다.

(11) 물

시험에 사용하는 물은 증류수 또는 탈이온수를 말한다.

(12) “약” 이라 함은 기재된 양에 대하여 $\pm 10\%$ 이상의 차가 있어서는 안된다.

(13) “이상” 과 “초과” 와 “이하”, “미만” 이라고 기재하였을 때는 “이상” 과 “이하” 는 기산점 또는 기준점인 숫자를 포함하며, “초과” 와 “미만” 은 기산점 또는 기준점인 숫자를 포함하지 않는 것을 뜻한다.

(14) “정확히 단다” 함은 규정된 양의 검체를 취하여 분석용 저울로 0.1mg까지 다는 것을 말한다.

(15) “정확히 취하여” 라 하는 것은 규정한 양의 검체 또는 시약을 호울 피펫으로 눈금까지 취하는 것을 말한다.

(16) “냄새가 없다” 라고 기재한 것은 냄새가 없거나, 또는 거의 없는 것을 표시하는 것이다.

(17) 용기

“용기” 라 함은 시약 또는 시액을 넣어두는 것을 말한다.

(가) “밀폐용기” 라 함은 취급 또는 저장하는 동안에 이물이 들어가거나 또는 내용물이 손실되지 않도록 보호하는 용기를 말한다.

(나) “기밀용기” 라 함은 취급 또는 저장하는 동안에 밖으로부터의 공기 또는 다른 가스가 침입하지 않도록 내용물을 보호하는 용기를 말한다.

(다) “밀봉용기” 라 함은 취급 또는 저장하는 동안에 기체 또는 미생물이 침입하지 않도록 내용물을 보호하는 용기를 말한다.

(라) “차광용기” 라 함은 광선이 투과하지 않는 용기 또는 투과하지 않게 포장한 용기이며 취급 또는 저장하는 동안에 내용물이 광학적 변화를 일으키지 않도록 방지할 수 있는 용기를 말한다

(18) 분석용 저울 및 분동

분석용 저울은 0.1mg까지 달 수 있는 것이어야 하며, 분석용 저울 및 분동은 국가 검정을 필한 것을 사용하여야 한다.

(19) “바탕시험을 하여 보정 한다” 라 함은 시료에 대한 처리 및 측정을 할 때에 시료를 사용하지 않고 같은 방법으로 조작한 측정치를 빼는 것을 뜻한다.

라. 용액의 농도⁴⁹⁾

농도는 용액의 조성 곧 진하고 묽음을 나타내는 말로서 용매 또는 용액의 일정량에 대한 용질의 양으로써 표시한다.

(1) 몰 농도

g 분자량은 분자량만큼의 g 수 곧 분자량에 g 을 붙인 것인데 줄여서 g 몰 또는 몰(mole)이라고도 한다. 용액 1l 속에 녹아 있는 용질의 몰수로써 나타내는 농도이며 “M” 이란 기호로써 나타낸다.

(2) 노르말 농도

용액 1l 에 녹아있는 요질의 g 당량수를 말하며 “N” 이란 기호로써 표시한다.

(가) 원소의 당량 = 원자량 / 원자가

(나) 원자단의 당량 = 원자단 속의 모든 원자의 원자량의 합 / 원자단의 원자가

(다) 산의 당량 = 산의 분자량 / 산의 염기도

(라) 염기의 당량 = 염기의 분자량 / 염기의 산도

(마) 염의 당량 = 염의 분자량 / 염1몰이 생기는 데에 필요한 산 또는 염기의 당량수

(바) 산화제 및 환원제의 당량 = 산화제 및 환원제의 분자량 / 산화제 또는 환원

49) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)



제 8 장 도금 표면검사법

1. 도금 불량 원인⁵⁰⁾

가. 불량 정의, 원인, 파생효과

- 1) 고객의 품질기준에 미흡한 생산제품 및 생산가공 공정
- 2) 불량의 문제점을 미해결 시 반복되는 불량
- 3) 고객에 대한 신뢰 상실
- 4) 원가상승 발생
- 5) 납기지연 발생
- 6) 조직관리에 대한 업무 가중

나. 불량유형별 용어

- 1) 구름진 도금(Cloudy Surface) - 도금조건이나 불순물 영향으로 흐린 도금층
- 2) 돌기(Nodule Surface) - 과대한 전류로 인하여 고전류 부위의 돌기형 도금
- 3) 박리(Peeling) - 도금층이 소지로부터 떨어짐
- 4) 수소취성(Hydrogen Embrittlement) - 도금과정에서 수소를 흡수하여 소재가 부서지는 것
- 5) 얼룩 반점(Stain Spots) - 소지의 미세 구멍에 공정중의 처리액이 잔류하여 생긴 오염
- 6) 유백색도금(Milky Surface) - 전류의 밀도가 낮거나 도금액의 온도가 높을 경우에 발생하는 흐린 도금
- 7) 균열(Crack) - 도금표면에서 불규칙하게 생기는 균열
- 8) 휘스크(Whisker) - 단결정의 금속 성장물로 도금 공정, 저장, 사용 중 발생
- 9) 탄도금(Burnt Deposits) - 높은 전류에서 생긴 거친 도금
- 10) 피트(Pit) - 도금표면에 생긴 미세한 패인 홈
- 11) 핀홀(Pinhole) - 도금 표면에서 하지도금 층이나 소지까지 연결된 미세구멍
- 12) 무도금(Uncovered) - 도금이 안 된 상태
- 13) 변색(Tarnish) - 도금 표면이 원래의 색상을 잃은 상태
- 14) 부풀음(Blister) - 도금층의 일부가 소지나 하지도금층과 밀착되지 않고 부풀어 있는 상태

다. 불량 대책의 단계적 접근⁵¹⁾

불량문제를 해결해 나가는 방법으로 주로 4단계적 접근 방식을 택한다. 그

50) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040111_14v3)

51) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040111_14v3)

방법을 [표 8-1]에 나열하였다.

[표 8-1] 불량 대책의 단계적 접근 방법

No.	구 분	내 용
1 단계	원인조사	- 문제가 발생된 부품의 불량원인을 조사 - 생산 Lot, 생산 공정, 작업자, 새안일자, 작업환경, 불량형태
2 단계	자료수집	- 원인 분석 과정에서 나타난 현상에 대한 구체적 자료를 수집 - 생산일지, 분석일지, 검사일지 등 사실적인 현장정보를 취합한다.
3 단계	자료종합	- 수집된 자료분석, QC 기법 활용 (유형, 부품 생산주기, 작업자 등)
4 단계	시 험	- 예측된 문제점에 대한 재현 및 확인 시험 - Hull Cell 시험, 비커시험, Pilot 시험, 공정시험 - 시험보고서, 개선 대책서, 작업표준 개정작업 등

1) 일반적인 불량의 유형⁵²⁾

제조공정상에 발생하는 불량의 원인 중 일반화 되어있는 경험적인 원인을 파악해서 시정 조치하는 것도 중요하며 원인파악 시간을 줄일 수 있는 방법이다.

2) 불량 발견시점에서 나타나는 발생원인⁵³⁾

불량 발견의 시점과 그와 연관된 발생원인을 다음 [표 8-2]에 나타내었다.

[표 8-2] 불량 발견의 시점별 분석

불량 발견 시점	발 생 원 인
도금 후 나타나거나 진행성 불량	- 전처리 또는 도금 공정의 부적합, 오염 등
저장 보관 상태에서의 발생	- 소재나 코팅의 다공성, 높은 내부 응력
작업공정에서 발생	- 소재 또는 도금이 규격(공정)과 작업조건에 불일치

3) 원인에 따른 불량⁵⁴⁾

불량 발생 원인에 따른 연관된 불량 유형을 다음 <표 8-3>에 나타내었다.

[표 8-3] 원인별 불량분류

원 인	전형적인 불량유형
소재가 불량인 경우	- 다공성, 균열, 표면 오염
전처리 공정의 부적합	- 기계적인 연마공정 부적합 부동태 피막의 세척 부족 - 수소취성
도금 공정의 부적합	- 용액조성, 작업조건, 용액 오염
도금규격의 부적합	- 적용부품의 기능에 잘못된 규격 설정

52) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040111_14v3)

53) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040111_14v3)




54) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040111_14v3)

4) 도금 불량 의 조직관찰⁵⁵⁾

여러 경우의 도금 불량 의 외관 혹은 단면을 열거하기는 어렵지만 몇 가지를 예로 나타내며 학습수행의 과정에서 불량개선 대책의 자료로서 원인분석과 함께 수집되어야 한다.

(가) 부풀음




[표 8-4] 도금불량(부풀음)

사 진	도금층	내 용
	이중 Ni-Cr 도금 단면	반광택 Ni층 13 μ m 광택Ni 7 μ m Cr층 1 μ m 이하, 반광택 Ni 층과 소지금속사이에서 부풀음 발생
	Cu-Ni-Cr 도금 단면	Cu층에 이상석출이 보이고 부풀음의 핵으로 되어 있는 Cu의 독립된 타원형의 물질에는 석출시 조직이라 보이 는 층이 확인된다. Cu가 얇고 긴 돌기상으로 석출되어 진 이상석출이 되었다고 짐작된다.
	Cu-Ni-Cr 도금	손으로 만져 보아도 거칠음을 감지할 수 있을 정도의 거친 도금이다.

출 처 : 표면처리 실무, 동명사

(나) 피트

[표 8-5] 도금불량(피트)




사 진	도금층	내 용
	Cu-Ni-Cr 도금	신선재상의 Cu-Ni-Cr 도금에 발생한 특이한 형상의 피트이다. Cu도금 공정 중의 문제로 보인다.
	연강상의 이중 Ni-Ni-Cr 도금	연강판상에 반광택 Ni층, 광택 Ni층, Cr층이 존재한다. 피트는 같은 형태의 것이 크고 작게 산재되어 있다. Ni층 내에 문제의 원인이 있다.
	연강상 Cu-Ni-Cr 도금 단면	선재상 Cu층 15 μ m, Ni층 11 μ m, Cr층은 너무 얇아 판별하기 어렵다. 동 도금 공정 중 중간위치에서 전류 단속 등의 문제가 일어났을 것으로 사료된다.

출처 : 표면처리 실무, 동명사

55) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040111_14v3)

(다) 벌어짐, 크랙

[표 8-6] 도금불량 (벌어짐, 크랙)

사 진	도금층	내 용
	공업용 Cr 도금	Cu 판재상의 공업용Cr도금을 15 μ m 부착한 것의 평면 크랙 상황이다. 표면의 미세한 조립면을 볼 수 있다.
	Ni/Brass 도금 단면	판 두께 1mm의 황동판에 Ni도금 30 μ m 정도의 것이지만 내면에 접혀 굽혀짐에 의해 Ni도금층은 벌어져 있다.
	Ni 공업용/ Carbon Steel 도금 단면	S45C정도의 탄소강에 Ni층 7 μ m, 공업용 Cr층 8 μ m의 것으로 소지와 Ni층 사이에 박리가 발생되고 있다. 또한 Cr도금의 표면에 얼마간의 크랙도 보인다.

출처 : 표면처리 실무, 동명사

(라) 현장 제품으로 본 불량 유형

[표 8-7] 제품의 도금불량 상태

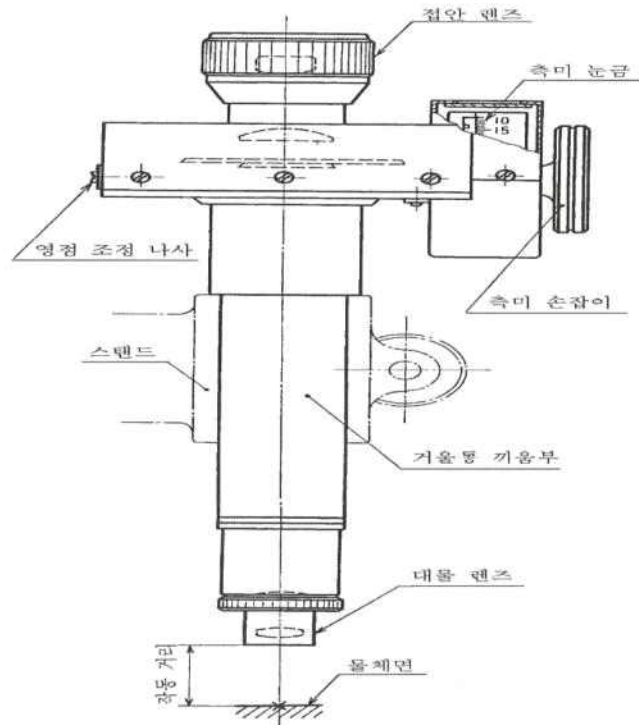
사 진	도금층	내 용
	아연도금	알칼리 탈지 불량
	아연도금	산처리 불량
	아연도금	과전류에 의한 Burning
	크롬도금	건조불량
	니켈도금	스파크 불량, 얼룩 발생
	아연도금	적녹 발생

출처 : 표면처리 실무, 동명사

2. 도금시험검사

1) 현미경 단면시험법⁵⁶⁾

도금면의 수직단면을 현미경으로 관찰도금의 두께를 측정하는 방법이다. 장치 기본 구성의 한 예를 다음 [그림 8-1]에 나타내었다.



[그림 8-1] 현미경 기본구성 개략도

출처 : KSD 0246

2) 전해식 시험법⁵⁷⁾

정전류 전해에 의해 도금의 미소한 일정 면적을 양극적으로 용해하여 걸리는 시간이 두께에 비례하는 것을 응용하여 도금의 두께를 측정하는 방법이다.

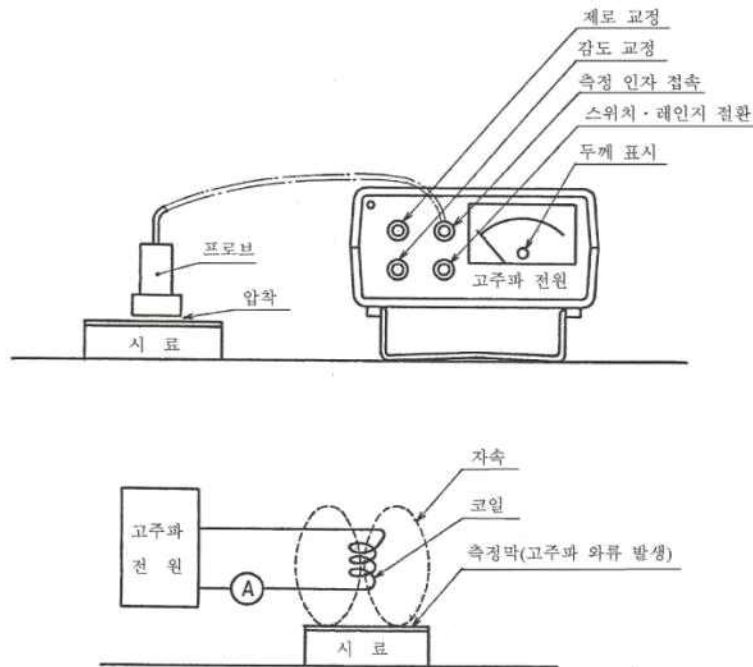
3) 와류식 시험법⁵⁸⁾

측정자에 고주파 전류를 흐르게 하여 피측정 도금의 표층부에 와전류를 생기게 하여 전도도, 두께 모양 등에 의해 변화하는 와전류량을 측정하여 도금의 두께를 구하는 방법이다. [그림 8-2]에 와전류식 측정장치의 보기를 나타내었다.

56) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)

57) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)

58) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)



[그림 8-2] 와류식 측정 장치의 개략도

출처 : KSD 0246

4) 자력식 시험법⁵⁹⁾

자성소지 금속상의 비자성 도금의 두께차이에 의해 변화하는 자석과 소지금속의 자기적 인력의 변화량에서 구하거나 도금과 소지금속을 통과하는 자속의 자기저항을 측정해서 두께를 구하는 방법이다.

5) 형광 X선식 시험방법⁶⁰⁾

도금 표면에 X선을 조사하고 표면에 방사되는 형광 X선 양을 측정하여 도금의 두께를 구하는 방법이다. 금속 소지나 비금속 소지상의 도금 두께를 비파괴적으로 측정할 수 있다. X선 발생 장치의 종류에 따라서 파장 분산형과 에너지 분산형으로 구분된다.

6) 도금 경도시험⁶¹⁾

공업용 크롬도금, 무전해 니켈도금, 합금도금 등의 도금에서 표면의 내마모성을 알아보는 방법으로 주로 사용되며 마이크로 비커스(Micro Vickers Test)와 마이크로 누프(Micro Knoop Test)가 있다.

① 마이크로 비커스 법 (Micro Vickers Test)

대면각 136도의 다이아몬드 정사각형추 압자를 사용해 시험면에 하중을 가해

59) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)

60) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)

61) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)



압흔의 대각선 길이를 현미경으로 판독하여 경도를 구하는 방법이다.

② 마이크로 누프 법 (Micro Knoop Test)

대면각 172.5도와 130도의 횡단면이 마름모형 다이아몬드 사각형추 압자를 사용해 만들어진 압흔의 긴 쪽 대각선 길이를 현미경으로 측정, 경도를 구하는 방법이다.

7) 내마모성 시험법⁶²⁾

내마모성을 목적으로 한 도금은 공업용 크롬도금, 무전해 니켈도금, 공업용 전기니켈도금, 전주니켈, 니켈계 복합도금 등이 있다. 도금면의 내마모성 시험법은 KSD 8335에 규정되어 있는 방법을 따른다.

① 모래 낙하 마모시험 방법

도금면에 연삭재를 규정된 낙차로 낙하시켜 도금의 내마모성을 조사하는 방법이다.

② 분사마모 시험 방법

도금면에 연삭재를 압축공기로 가속시켜 시료위에 분사하여 도금의 내마모성을 조사하는 방법이다.

③ 왕복운동 마모시험 방법

도금면에 연마지를 붙인 마찰륜과 시료사이에 접촉하중을 주어 왕복운동으로 마찰하여 도금의 내마모성을 조사하는 방법이다.

④ 평판회전 마모 시험 방법(테이퍼식 마모시험 방법)

회전하는 수평원반에 시료를 고정하고 연마지를 붙인 한 쌍의 마찰륜에 규정하중을 가하여 도금의 내마모성을 조사하는 방법이다.

⑤ 양륜 구동 마모시험 방법(암슬러식 마모 시험방법)

시료와 마찰륜 사이에 하중을 가하여 건식 또는 습식으로 10%의 미끄럼틀을 부여한 구름마찰 또는 섭동마찰을 시켜 도금의 내마모성을 조사하는 방법이다.

8) 밀착성 시험법⁶³⁾

도금의 밀착성 시험은 KSD 0254 규정에 명시된 항목을 기준으로 서술한다. 다양한 시험법이 규정되어 있으므로 용도와 목적에 따라 적절한 방법을 선택하여 시험하도록 한다.

① 광택시험법

일정 도금면을 문질러서 외관 변형 상태를 관하여 시험하는 방법.

② 불광택 시험방법

3mm 강구를 배럴이나 진동 광택기에 넣어서 시험하는 방법.

③ 쇼트피닝시험법

도금면 위에 철이나 강구를 낙하시켜 해머작용이 일어나게 하여 변형상태를 관찰하는 방법

62) NCS 분류번호: 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)

63) NCS 분류번호: 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)

④ 납땜시험법

시험편에 일정부분 납땜부를 연결하여 박리현상을 관찰하는 방법

⑤ 줄시험법

도금 절단면에 거친분쇄용 줄로 줄질하여 도금면의 박리현상을 관찰하는 방법

⑥ 연삭 및 절단시험법

연삭휠을 사용하여 소지금속에서 도금면 방향으로 시험편이 모서리를 연마 도금된 금속의 이탈 여부를 확인하는 방법

9) 끝 시험법⁶⁴⁾

날카로운 끝의 끝이 도금층의 돌출부에 걸리게 하여 도금층이 분리되는지 확인하는 방법

10) 채선시험 및 격자시험법

일정간격 도금층에 예리한 굽기 기구를 사용하여 선을 그을 때나 사각형을 그려서 소지한 금속의 박리여부를 관찰하는 방법.

11) 굽힘 시험법

시험편을 파손이 일어날 정도로 날카롭게 구부러서 박리나 균열여부를 관찰하는 방법

12) 감기시험법

시험편을 심축위주로 비틀어 돌려 외부면이나 굽힌 내면을 조사하는 방법

13) 열충격시험법

도금층과 소지면 열팽창계수 차이를 이용하여 측정하는 방법이며 두 금속이 열팽창 계수의 확실한 차이가 있을 때 사용한다.

14) 인발시험법

표면을 플랜지로 누르거나 겹으로 눌러서 금속소지와 도금된 부분을 변형시키는 방법이다. 에리슨 흡각 시험(Erichsen cupping test)과 로마노프 플랜지 캡(Romanoff flanged cap test) 시험법이 있다.

15) 음전해 시험법

수산화나트륨이나 황산용액을 사용하여 일정 전류 밀도에서 전해, 도금층의 수소통과 여부에 다른 부풀음 발생여부를 관찰하는 시험법이다.

3. 혈셀시험법⁶⁵⁾

가. 혈셀시험의 개요

혈셀은 양극에 대해 음극을 경사지게 설치하고 일정한 전류를 통해 주면 음

64) NCS 분류번호 : 제품검사 및 불량대책수립 (1601040110_14v3)

65) NCS 분류번호 : 전기도금작업 (1601040106_14v3)



극에 흐르는 전류 분포가 양극에서 거리가 멀어질수록 점점 약하게 규칙적으로 변화된 전류밀도가 형성되도록 규정에 맞게 여러 가지 종류로 만들어져 있다.

이러한 규정에 맞게 만들어진 혈셀조에서 변화 있는 전류 분포로 전착물을 석출시키면서 그 반응 과정과 음극면에 석출된 전착물 표면(도금된 표면)을 관찰하여 도금상태를 확인하고 평가할 수 있는 혈셀시험 장치는 최소로 축소된 작은 규모의 도금 장치이다.

혈셀 도금시험의 활용범위는 일반적으로 다음과 같으며 시험하는 사람의 기술 수준과 숙련도에 따라 다소 차이가 있을 수 있다.

- ① 주성분 및 첨가 약품의 과부족 상태를 파악
- ② 고전류밀도부터 저전류밀도 부분까지(수십배로 부터 백배 정도의 차이) 전류 밀도에 따른 도금 상태와 도금된 표면 도금층(석출물)의 성질을 관찰
- ③ 광택제, 습윤제 등 각종 첨가제의 과, 소에 의한 광택 범위와 도금 상태를 관찰
- ④ 금속 불순물의 종류 확인 및 혼입에 관한 영향과 도금조 라이닝 재료의 적응성 등을 관찰
- ⑤ 음극전류 효율, pH, 온도, 교반, 도금액 분해생성물 등의 적용상태 와 영향력 파악
- ⑥ 음극 도금판을 시험하여 피복력, 균일전착성, 밀착성, 유연성 등의 물리적 성질 등을 확인하는 등의 일을 할 수 있고 실제로 이론적으로 준비된 새로운 도금액의 도금 상태를 관찰한다든가 생산관리 현장에서 공장도금액과 동일한 조건으로 시험하면서 도금 상태를 관찰하는 데 많이 사용되고 있다.

나. 혈셀 시험을 위한 장비⁶⁶⁾

① 직류 전원

혈셀용 직류전원은 DC 15V, 10A 정도의 용량이면 되고 맥동률 5% 이내면 된다. 전류계는 최소 0.2A 까지 읽을 수 있으면 된다. 전기적인 영향을 더 상세히 검토하려면 전류계, 전압계를 회로 중에 설치하여 더 미소한 전류변화도 기록할 수 있다.

② 혈셀조

혈셀 시험방법이 발명된 이래 관련된 연구가 계속되고 있으며 많은 발명특허, 실용신안특허, 의장특허가 있다.

가장 많이 사용되고 있는 혈셀조는 사다리꼴형 혈셀조로써 250mL, 267mL, 320mL, 1000mL와 같이 여러 가지로 구별된다. 그 중 250mL와 267mL가 일반적으로 사용되고 있다.

66) NCS 분류번호: 전기도금작업 (1601040106_14v3)

혈셀조는 사용 기능별로

㉠ 가온 및 공기교반형 혈셀조, ㉡ 공기교반형 혈셀조, ㉢ 일반형 혈셀조, ㉣ 크롬용(개량형) 혈셀조 등이 있으며 로 도금액에 따라 선택하여 사용하게 된다.

③ 양극

혈셀용 양극은 도금액 종류에 적합한 것을 선택해 사용하며, 크기는 (63X64)mm, 두께 0.5mm 이내의 것이 사용된다. 표면을 불룩하게 가공하여 표면적을 증가시킨 양극도 있다. 새로운 양극을 사용할 때는 물론이고 사용하던 양극도 사용 전에 깨끗이 닦아서 사용해야 된다. 양극의 종류로는 구리, 합인구리, 니켈, 납, 아연, 주석, 주석과 납합금(주석5% ~ 95%), 주석과 아연합금, 황동, 스테인리스, 은, 티타늄, 무산소구리, 코발트 등의 혈셀용 양극이 있다.

④ 음극

혈셀용 음극은 두께 0.3~0.5mm의 판을 (100x70)mm 크기로 하여 광택 연마하여 사용 한다. 1000mL의 경우에는 (125x85)mm의 크기로 하여 사용한다. 황동, 황동철판, 구리철판은 표면을 광택 연마한 후 표면이 손상되지 않도록 얇은 필름이 코팅되어 있다.

철판은 아연으로 도금되어 있다. 따라서 사용할 때는 필름을 벗기고 전해탈지-수세-중화-수세하여 사용하고, 철판의 경우에는 염산침지-수세-전해탈지-수세-중화-수세하여 사용하는 것이 원칙이다.

⑤ 교반⁶⁷⁾

혈셀 시험중 혈셀조 도금액에 교반이 필요할 경우 공기교반이나 기계식 교반기를 사용한다. 주로 산성 용액에는 공기교반을 사용한다. 알칼리성 또는 청화물(시안화물)이 함유되어 있는 용액에는 공기교반을 적용할 수 없다.

기계교반은 산성 또는 알칼리성 도금액 모두에 적용할 수 있는데, 음극시편 앞 10mm정도 떨어진 곳에서 왕복 운동으로 1분에 30~50회 왕복하는 속도로 저어준다. 공기교반의 경우 분당 2~3L 정도의 공기량이 적합하다.

⑥ 전류밀도 계산자⁶⁸⁾

혈셀 시험시 통해 준 전 전류(총 전류)는 양극에서 멀어질수록 전류밀도가 점점 작아진다. 이 때 필요한 부분의 전류밀도를 구하는 공식으로 일일이 계산하기 힘들고 전류밀도범위를 알고자 하는 경우 특히 음극 표면에 계산자를 대고 읽으면 된다.

전류밀도 계산자는 250mL, 267mL, 534mL, 1000mL용 혈셀자 마다 적용이 다르므로 선택해서 사용한다. 계산자에서 전 전류가 작은 귀금속 도금액을 시험하는 경우 1/10로 줄여서 읽고, 전 전류가 높은 경우에는 환산하기 좋은 배율로 늘려서 읽으면 된다.

67) NCS 분류번호: 전기도금작업 (1601040106_14v3)

68) NCS 분류번호: 전기도금작업 (1601040106_14v3)

⑦ 혈셀시험의 실제적 활용범위⁶⁹⁾

㉠ 밀착성(adhesion)

밀착성은 피복력이라고도 하며 저전류부분의 피복력이라고도 부른다. 혈셀 음극판에 흐르는 전류를 조정하여 양극으로부터 가까운 부분에 큰 전류밀도로 혈셀시험을 하면 금속이 피복되는 상태로 보아 낮은 전류밀도부분의 도금 상태로 보아 낮은 전류밀도부분의 도금 상태를 관찰할 수 있다.

$$\text{※ 균일 피복성(\%)} = \frac{\text{중심으로부터 } 10\text{mm거리의 도금두께 평균치}}{\text{중심으로부터 } 40\text{mm거리의 도금두께 평균치}} \times 100$$

㉡ 불순물(impurities)

적은 양의 금속불순물이 도금액에서 가끔 용해 축적되어 나쁜 영향을 주게 되는데 이런 적은 양량의 불순물은 화학분석으로도 곤란한 실정이다. 그러나 혈셀시험에서는 불순물의 존재를 확인하는 것이 가능한 일이다.

㉢ 광택제, 촉매, 기타 첨가제

도금광택을 더욱 증가시키기 위해서 여러 종류의 유기화합물들이 도금액에 첨가된다. 화학분석으로는 이러한 첨가제들의 함량을 정하는 것은 어려운 일이다. 가장 실용적인 방법은 혈셀시험을 통해서 광택제로서의 적정범위를 찾을 수 있다는 것이다.

㉣ 적정전류밀도, 도금액조성, 온도

광범위한 전류밀도에서 도금상태가 혈셀시험의 음극판에 나타나는 바와 같이, 이 음극판의 도금상태를 관찰하여 적정전류밀도를 결정하는 것은 충분히 가능하며, 혈셀시험에서 성분조성과 온도 그리고 그 범위에서의 pH 때문에 생기는 변화를 시험하는 것이 가능하므로 문제가 많은 도금액과 새로 준비된 도금액의 사용 상태를 사전에 결정하여 적정선으로 도금조건을 정정하는데 매우 효과적인 것이다.

㉤ 균일전착성(Unifomity)

일정 부분의 전류분포상태와 석출된 도금속의 두께분포를 서로 비교함으로써 도금의 균일성을 측정할 수 있게 되는 것이다.

실예를 들면 혈셀음극 시험편 각 부분의 전류밀도별로 도금두께를 측정하고 1차 전류 분포와 2차 전류분포상태를 비교하는 것이다.

$$\text{※ 균일전착성(\%)} = \frac{(P - M)}{P + M - 2} \times 100$$

P = 1차 전류분포비(A/dm²)

M = 금속석출비(μm)

- 도금두께 측정부분 1, 2, 3, 4에 대하여 도금두께(1=24μm, 2=12μm, 3=8μm, 4=4μm), 전류밀도(1=5A/dm², 2=2A/dm², 3=1A/dm², 4=0.4A/dm²)라고하면 균일 전착성은 다음과 같이 간단히 산출된다.

69) NCS 분류번호: 전기도금작업 (1601040106_14v3)

▶ 측정점 1과 2의 1차 전류분포비 $P = 5/2=2.5$

1과 2의 금속석출비 $M=2.4/12=2$

$$\text{※ 균일전착성(\%)} = \frac{(2.5-2)}{2.5+2-2} \times 100=20$$

㉠ 도금액의 색조(Color)⁷⁰⁾

황동도금 또는 흑니켈도금과 같이 유색도금을 할 때 넓은 전류밀도위에 색상이 균일하게 도금된다면 가장 이상적이다. 헐셀시험은 전류밀도를 조정하고, 특별히 요구되는 색상의 도금조건으로 또는 색상이 얼마나 균일하게 나타나는가를 확인하는데 아주 긴요한 자료를 제공해 줄 수 있다. 유색도금에서 주성분의 변화, 첨가제 그리고 전류밀도 범위를 차례로 시험하면 된다.

㉡ 도금의 밀착상태, 유연성, 기타⁷¹⁾

현미경으로 도금된 헐셀 음극판의 표면을 관찰하면 전류밀도분포에 따라 각 부분의 갈라진 틈(균열), 핏트가 각각 발생된 각기 다른 형태의 표면을 관찰할 수 있을 것이다. 또한 음극판각 부분을 구부려서 적합한 조건을 찾아낼 수 있을 것이다.

70) NCS 분류번호 : 전기도금작업 (1601040106_14v3)

71) NCS 분류번호 : 전기도금작업 (1601040106_14v3)



제 9 장 부식

1. 부식의 종류

가. 정의

물체의 표면에 접하는 환경 중의 물질과 불필요한 화학반응에 의해 물체가 소모되어 가는 현상을 부식(corrosion)이라고 한다. 대부분의 금속은 지구상에서 존재하고 있는 광석으로부터 큰 에너지를 사용하여 강제적으로 추출하여 불안정한 상태에 있게 된다. 따라서 부식으로부터 한층 안정한 상태로 되돌아가려고 하는 것이다.

나. 부식의 종류

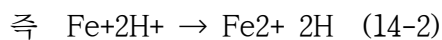
금속의 부식은 여러 가지로 나눌 수 있다.

- ① 직접부식
- ② 전기화학적 부식
- ③ 금속의 고온부식
- ④ 도금제품의 부식

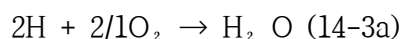
이에 대해 자세히 설명하면 다음과 같다.

다. 직접부식

이것은 수분을 수반하는 부식의 일종의 습식이며 수용액에 의한 화학적 부식을 말한다. 예를 들면 철강을 산세할 때 철강표면을 산이 용해하는 현상이 직접부식이며, 이 때 이온의 수는 화학반응이 일어나는 곳에서 일어난다.

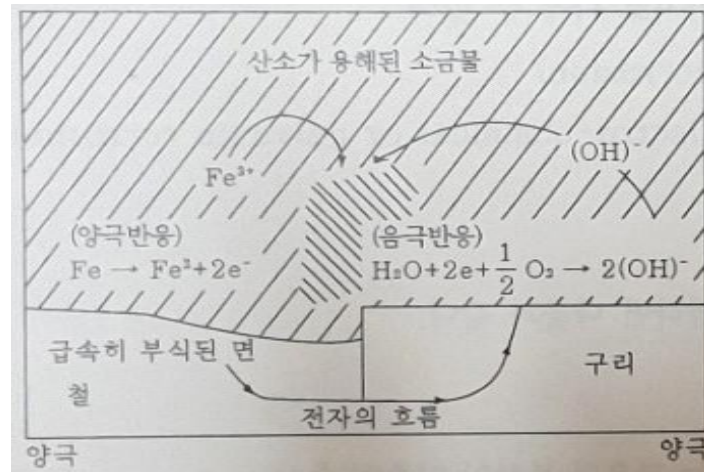


이 때 생긴 수소는 다음의 두 가지 반응에 의해 제거된다.



또는 수소가스로 되어 제거된다.

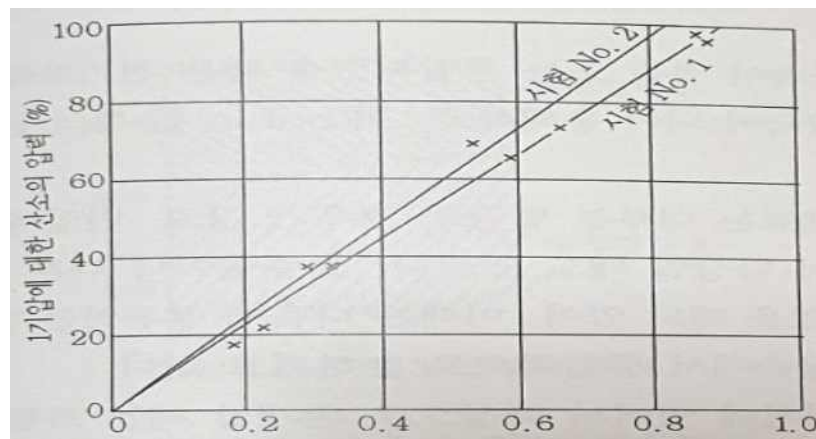




[그림 9-1] 전형적인 전기화학적 부식

출처 : 염희택 외 4인 공저. 표면처리실무, 동명사

또 중성이나 알칼리수용액에서는 식(14-3a)의 반응이 주로 일어나고, 산성수용액에서는 식(14-3b)의 반응이 주로 일어난다. 따라서 중성이나 알칼리 수용액에서는 용해된 산소소의 양에 따라 철의 부식은 비례적으로 증가한다는 것을 추측할 수 있다.



[그림 9-2] 각 산소압력에 따른 증류수 중에서의 철의 부식

출처 : 염희택 외 4인 공저. 표면처리실무, 동명사

라. 합금의 부식

금속재료는 대부분 합금일 경우가 많고, 만일 완전고용합금일 때도 불순물의 존재가 있어 다상일 때도 있으나, 불순물이나 다른 합금 원소가 있든 없든 간에 단일상이 되어 있을 때도 있다. 어, 이때는 다음에 분류하는 단일상에 속하게 되므로 순수금속은 단일상 금속에서 종합적으로 논하기로 한다.

- 1) 다상조직일 때 - 현미경에 있어서 다상으로 존재할 때는 화합물을 이룬 상(Fe_3C)은 음극이 되고, 순금속(Fe) 또는 고용체를 이룬 상은 양극이 되어 용해되고 이 곳이 부식을 이루게 되어 현미경적 부식이 된다. 여기서 한 개의 고용체상은 양극이 되고, 다른 상(Al-Si 의 화합물)은 음극이 되어 있다.

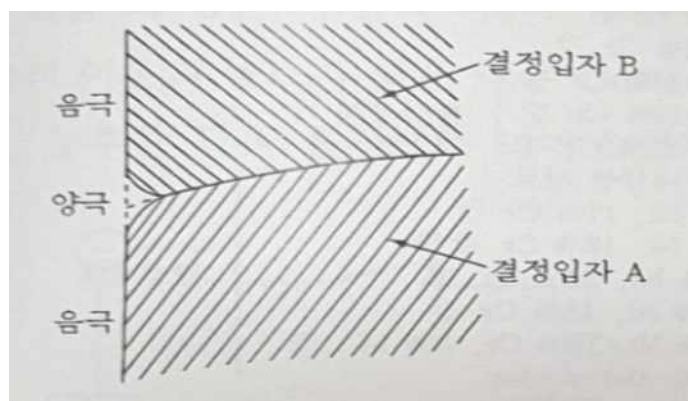
위에서와 같이 고용체상과 화합물상이 공존하고 있는 합금금속은 부식이 잘 되지 않을 때가 있다. 이와 동일하게 서로 다른 합금이나 금속이 혼합 조립 또는 접착되었을 때, 즉 macro-structure로 혼합되었을 때는 합금 자체간에 일정한 전기화학적 계열을 이루게 된다. 따라서 납땜, 용접, 리베팅 또는 볼트와 너트로 조립할 때는 냉간가공을 받은 금속의 부식을 고려해야 한다. 즉 가능하면 서로 가까운 금속끼리 조립하도록 한다.

- 2) 단상합금의 조직 - 위에서 설명한 바와 같이 다상조직은 서로 다른 상이 각기 다른 부식전위를 갖고 있기 때문에 전위가 높은 상이 양극이 되어 부식이 일어나지만, 단상일 때는 이러한 전위차가 없기 때문에 부식이 훨씬 적어진다. 예를 들면 스테인리스강에서도 austenite의 단일고용체로 되어 있을 때는 화학적으로 안정된 내식성의 우수한 재료이나 탄화물 등이 내부에 석출되어 있는 재료는 내식성이 현저히 감소된다.

마. 응력에 의한 부식

응력(stress)을 받은 부분은 다른 부분보다 에너지가 높기 때문에 원소와 화학하려고 하는 힘이 커 양극이 되어 부식 소멸한다.

다음 그림은 micro-corrosion을 일으키는 현상을 나타낸 것이며, 결정입계는 용체에서부터 결정이 생길 때 응력을 받고 있기 때문에 내부 금속보다 높은 위치에너지(자유에너지)를 가지고 있으므로 양극이 되어 부식되어 간다.



[그림 9-3] 결정입자의 부식

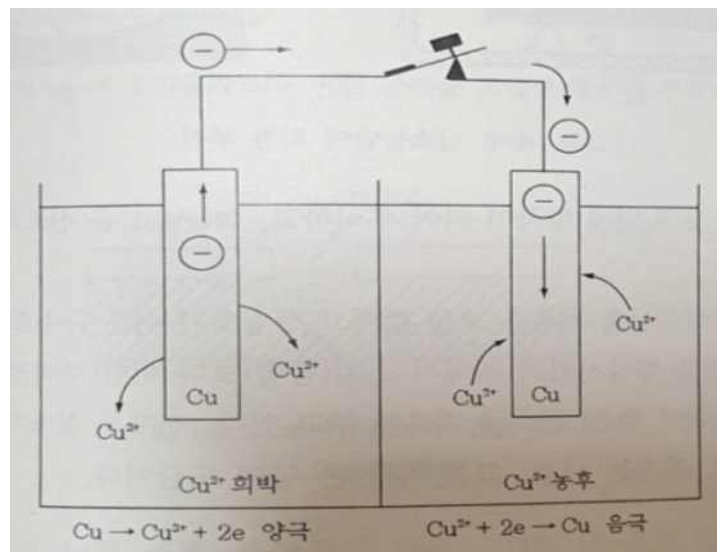
출처 : 엄희택 외 4인 공저, 표면처리실무, 동명사

바. 농도분극에 의한 부식

농도분극에 따른 부식에 있어서도 부식되는 금속 자체의 이온농도의 대소에 따라 분극이 생기는 것은 다를 수도 있고, 그 수용액 내에 용해되어 있는 부식제 또는 산소농도의 다소에 따라 부식 정도를 구분할 수도 있다. 따라서 이러한 것을 구별하여 다음과 같이 설명하기로 한다.

사. 금속이온 농도의 차이에 의한 부식

전극전위는 용액의 농도에 좌우되는 것은 우리가 이미 잘 알고 있는 사실이며 금속이온의 농도에 의한 전지 구성의 대표적인 예이다. 즉 부식하는 금속의 이온이 농도가 낮은 극은 Cu 가 Cu^{2+} + 으로 되어서 용해(부식)되기 때문에 양극이 되고, 농후한 극은 음극으로 되어 Cu^{2+} +이 Cu 로 석출한다.



[그림 9-4] 농담전지

출처 : 염희택 외 4인 공저, 표면처리 실무, 동명사

아. 도금된 물품의 부식

금속 제품은 보통 값싸고 성형하기 쉬운 금속으로 제품을 만들고, 그 위에 내식성과 미관을 향상시키기 위해서 소지(금속)보다 비한(부식성이 큰) 금속 또는 귀한(내식성이 크고 미관에 좋은) 금속을 피복해 주고 있다. 전자는 철소지상의 아연이나 카드뮴 도금의 경우이고, 후자는 니켈, 크롬, 금, 은 등의 도금이다.



2. 부식 방지

방식(corrosion prevention), 즉 부식방지의 근본이념은 다음과 같다.

- 1) 그 재료에 가장 적합한 사용 조건을 준수한다는 것
 - 2) 사용하는 재료의 성분이나 조직이 완전히 균등하도록 한다는 것
 - 3) 다른 물질로 피복되었을 때에도 완전히 균일하게 되어 있어야 한다는 것
- 이상의 3가지 조건을 공업적으로 완전무결하게 적용시켜서 사용한다는 것은 불가능하므로 되도록 이것에 가깝도록 해야 할 것이다.

이러한 목적으로 아래와 같은 3가지 방법을 생각할 수가 있다.

- ① 방식피막으로 재료(전극)를 부식체(전해액)로부터 차단시킨다. 즉 환경차단이다.
- ② 전기화학적 부식(국부 전지의형성)이 생기지 못하도록 방지하여 준다.
- ③ 인공적 방법에 의해 전기화학적으로 부식을 방지하여 준다.

가. 방식피막

방식피막을 만들어 주는 방법으로는 크게 다음의 5가지로 나눌 수 있다.

- ① 유기도장을 하는 방법
- ② 내식성 또는 부식성 금속피막을 입히는 방법
- ③ 화성피막을 금속표면에 만들어 주는 방법
- ④ 세라믹 또는 플라스틱코팅을 만들어 주는 방법
- ⑤ 기화성 방청제를 사용하는 방법

(1) 유기도장

유기질 도료는 금속표면에 액상으로 바른 후 고화시켜서 밀착시킨 피복층이며, 도막을 만들어줌으로써 환경 차단을 하게 한 것이다. 도료는 도막의 형성물질과 안료로 분류된다. 유성도료는 액상으로서 그 자신이 산화하여 고화해서 도막을 만들어 주나 도막을 형성하는 물질이 고체인 경우에는 이것을 용제에 녹여 액상으로 한 다음바르고, 용제의 휘발에 의해서 도막을 만들어 준다.

(2) 화성피막

화성피막이라면 화학반응에 의해 금속표면에 보호 피막이 생긴 것을 말한다. 어떠한 경우에 이러한 보호피막(내식성피막)이 생기는가를 살펴보면, 금속체의 활성상태와 수동태: 금속원소의 원자는 일반적으로 갖고 있는 에너지가 커 환경중의 에너지가 작은 원소, 예를 들면 산소, 황, 할로젠원소 또는 원자단 등과 결합하는 경향이 있다.

금속표면의 금속원자가 환경 중의 물질과 반응하여 용해하든가 조잡한 화합물의 층을 만들면서 금속자식이 소모해가는 상태를 활성이라 하며 환경 중의

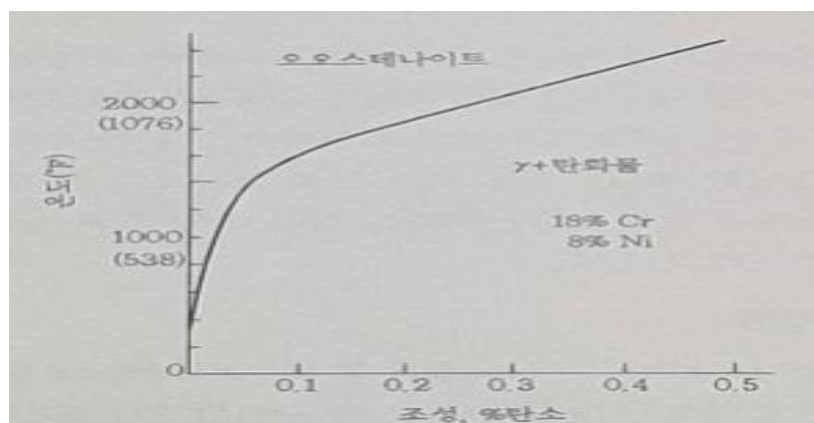
물질과의 에너지의 차가 작아서 반응하지 않을 때를 부동태라고 하는데, 이때 화학적으로 안정하다. 또한 환경 중의 물질을 끌어들이 반응하여 수동적인 상태에서 안정한 화합물의 얇은 층을 만들고, 그 후에는 더 이상 변화하지 않는 상태가 되는 것을 수동태라고 한다.

(3) 기화성 방청제

기화성 방청제라고 하는 것은 보통 VPI(vapor phase inhibitor)라고 하며, 경한 기화성 가진 분말상의 방청제이다. 즉 나프탈렌과 같이 상온에서 기화한 가스가 금속표면에 눈에 보이지 않는 얇은 피막을 만들어 줘 포장을 한 내부에 스며든 습기에도 용해하여 습기가 있어도 방청력이 있는 강력한 화학적 방청제이다. 이것으로 방청을 할 수 있는 금속은 철, 니켈, 크롬, 알루미늄 등이며 구리에 사용하면 흑색으로 변한다.

나. 국부전지 형성방지

단일 금속만을 사용하면 국부전지의 형성을 방지할 수가 있으나 공업상 합금체가 가장 많이 사용되고 있다. 합금체로서 스테인리스강의 예를 들면 Cr이 13~27% 들어 있는 것은 Cr이 부동태화면을 만들어 주기 때문이다. Ni은 Fe보다 한층 noble하기 때문에 넣는다. 다음 그림은 18-8스테인리스강의 탄소량에 의한 상태도이다. 탄소의 함유량이 매우 적으면 오스테나이트의 단일상을 얻을 수가 있으나, 0.1%가 되면 1000℃ 정도에서 급냉을 하지 않으면 탄화물이 석출하여 국부 전지가 생기게 된다. 이 탄화물은 주로 크롬 화합물이며 결정립계에 집중 석출되므로 결정립계는 수동태에 의한 Cr량이 크게 부족하게 되어, 탄화물은 r상과 단일상이 생기도록 급랭해주던가 0.03% C 이하의 스테인리스를 선정한다. 또한 Cr보다 탄소와의 친화력이 큰 원소 Ti, Ta, Nb 등을 품고 있는 강을 사용한다.



[그림 9-5] 오스테나이트 스테인리스 강의 탄소용해도

출처 : 염희택 외 4인 공저, 표면처리실무, 동명사



제 10 장 안전관리 및 위험물 취급법

1. 안전관리

- 1) 독극물은 별도의 책임자를 정하고 그 밖의 사람들은 손을 대지 않는다.
- 2) 약품을 사용한 후 병이나 캔의 마개와 뚜껑을 완전히 막고 지정된 장소에 다시 놓아둔다.
- 3) 라벨을 명확히 기록하여 부착하고 독극물인 경우에는 표시를 해 둔다.
- 4) 독극물을 사용 시에는 사용한 월, 일, 사용량 등을 기록하고, 잠금장치로 보관한다.
- 5) 약품 취급 후 손,발,얼굴 등을 흐르는 물로 닦는다.
- 6) 약품이 손이나 옷에 닿지 않도록 고무장갑, 앞치마, 고무장화 등을 착용하고 가루약품은 마스크를 착용하고 취급한다.
- 7) 대부분의 약품을 혼합할 때에는 발열이 일어나므로 반드시 한쪽 또는 양쪽을 묶게한 다음 혼합한다.
- 8) 병마개를 열때에는 병의 입구 부분이 얼굴을 향하지 않도록 열어야 한다.
- 9) 가스가 발생하는 경우에는 반드시 배기가 잘되는 장소에서 작업을 하고, 가스 마스크를 착용한다.
- 10) 대부분의 약품을 혼합할 때에는 발열이 일어나므로 반드시 한쪽 또는 양쪽을 묶게한 다음 혼합한다.
- 11) 독극물의 빈병이나 캔은 깨끗하게 세척 후 지정된 장소에 버린다.
- 12) 불필요하거나 버려야 할 약품의 폐기는 해가 없도록 폐수처리 등을 한 후 버려야 한다.
- 13) 시안화물은 산과 혼합되지 않도록 해야 한다.
- 14) 불필요한 약품의 폐기는 충분히 무해 처리를 한 후 지정된 곳에 폐기 처리한다.

2. 도금 품질관리⁷²⁾

가. 여과(filtering)

불용성 고체가 혼입해 있는 액체를 액체만 통과시키는 유공성 물체에 통하게 하여 고체와 액체를 분리하는 것을 여과라고 한다. 이때, 여과하기 전의 액체를 여과원액, 유공성 물체를 여재, 여과된 액체를 여액, 여재의 표면에 포착된 고체를 고형분이라고 한다. 여과조작은 물리적으로서 여과한 액체에는 화학변화를 주지 않는 것이 원칙이다. 도금에서 여과는 매우 중요하며, 도금 결함의 원인은 여과와 관련이 있다. 도금액의 정화에 적합한 여과기의 선정이 중요하다.

72) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)

1) 도금용 여과기의 필요성

여과 회전 비율에 의한 선정으로 여과기가 제거하는 불순물이 어떠한 경로로 도금조에 혼입하는지 도금작업장의 작업환경을 체크할 필요가 있다. 세척 공정이나 그 부대설비를 간소화하면 때때로 도금액의 상태를 이상하게 하여 여과기에 부담을 과중시킨다. 즉, 전처리 공정에서 도금조로 유해 불순물을 가지고 들어오는 것이 도금의 걸쭉거림이나 피트, 얼룩 등의 발생원인으로 되어, 도금불량을 일으키는 경우가 있다.

2) 불순물의 혼입 경로

도금조 내에서는 도금작업의 진행에 따라 다음과 같은 원인으로 각종 불순물이 생성되어, 도금의 품질에 나쁜 영향을 주고 있다.

(다) 도금 전처리

탈지, 산세, 수세의 부족으로 입자나 금속 가루 등이 도금조에 유입.

(라) 도금 작업 중 생성하는 불순물

제품의 용해 생성물이 음극에 전착 또는 낙하.

(마) 재료의 오염

(1) 도금조 내장 박리, 여과기 기타 기계의 재질 불량.

(2) 대기 중 고형입자의 도금조에 낙하.

(3) 공기 중에서 비산한 미분, 대기 속의 먼지 낙하.

(라) 용수의 불량

칼슘, 철 이온 등 기타 고형 입자의 오염.

(마) 보급 약품에서 고형 불순물로 작용

3) 여과기의 선정

도금조 내의 불순물을 도금에 영향되지 않는 범위 내로 억제하는 능력이 있어야 한다. 도금 탱크 내의 불순물은 도금 피막에 피트, 핀홀, 무광택, 걸쭉거림 등의 영향을 준다. 도금액 속의 탁도에서 보면 20ppm(mg/l)이하가 바람직하고, 30ppm 이상이 되면 걸쭉거림, 피트 등이 급격히 일어나 도금의 품질을 나쁘게 한다. 필터 매쉬(mesh)와 필터 크기는 현장에 맞게 선정한다.



버티칼 여과기



일반 여과기

[그림 10-1] 도금액 여과기 사진

출처 : 어경훈, 한국폴리텍대학

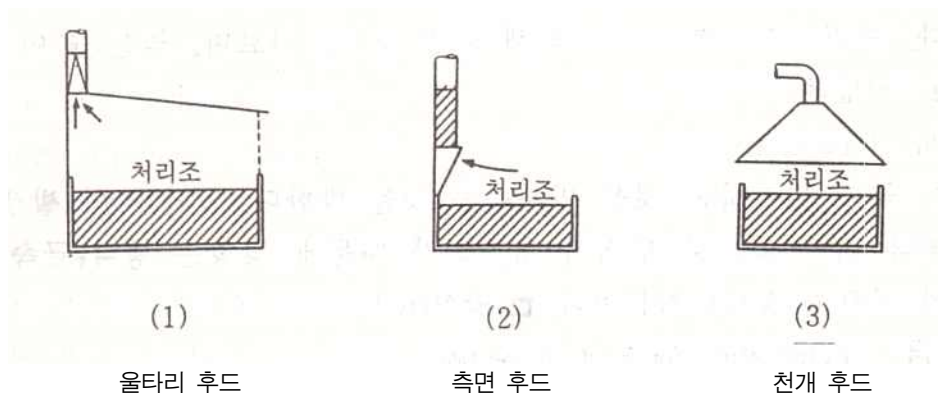
나. 배기(gas hood)⁷³⁾

도금 작업 중에 유해한 가스나 먼지, 오염된 공기를 배출하기 위한 설비이다. 환기방식과 국소배기식이 있으며, 도금작업에서는 국소배기가 중요하다.

배기는 가스세정 집진장치(스크로버) 등으로 처리하는 경우가 많다. 배기장치는 오염물의 발생원을 빨아들여 기류를 일으켜서 오염공기를 배기장치 안으로 향하게 유입시키기 위한 덮개를 말한다.

배기후드를 크게 나누면 그림과 같이 (1)울타리 후드 (2)측면 후드 (3)천개 후드 등 3종류로 분류 할 수 있다. 울타리 후드는 작업 공간, 관찰공간을 남겨두고 전체를 둘로 쌓기 때문에 배기 풍량을 적게 하여 작업을 할 수 있다. 측면 후드는 후드의 반대측에서 공기를 분사시키는 경우도 있다.

천개 후드는 여분의 풍량을 흡입하기 때문에 외부의 기류에 의한 방해를 받기 쉽다. 배기장치와 연결된 세정탑 즉 세정 집진장치(scrubber)로 도금공장에서는 그림과 같은 충전탑 스크러버나 스프레이탑 스크러버가 사용되는 경우가 많다. 집진과 동시에 수용성 가스의 흡수를 행할 수 있기 때문에 가스 수세장치로 사용된다. [그림 10-2] 에 각종 후드 모양을 그림으로 나타내었다.



[그림 10-2] 출처 : 성주창, 도금기술용어사전, 도서출판 골드 각종 후드 모양

다. 작업농도 측정하기⁷⁴⁾

일반 전기도금액은 1주일에 1회 정도의 주기로 정량분석 후 작업표준 농도와 비교하여 부족한 만큼 약품을 보충한다. 무전해 도금액은 작업표준 농도의 90% 이상을 유지할 수 있도록 시간대별로 정량분석 후 작업표준 농도와 비교하여 부족한 만큼 약품을 보충한다. 탈지 및 산세 공정은 건욕 초기에는 비중계(보우메계)와 정량분석을 병행하여 관리하여도 무방하나 작업시간이 경과하면 달라

73) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)

74) NCS 분류번호 : 도금액 관리 (1601040104_14v3)

질수 있다. 일정한 시간이 경과 후 부족한 만큼 약품을 보충했는데 탈지나 산세 효력이 없으면 부분 건욕 또는 갱신을 한다.

일반 전기도금액, 탈지, 산세 공정 등은 비중계(보우메계) 측정값으로 도금액 농도를 대략적으로 알 수가 있다. 그러나 작업온도에서 측정한 값과 실온에서 측정 한 값이 상이할 수 있으며, 작업자의 눈금 읽는 위치에 따라 다를 수 있으므로 “메니스커스” 위치에서 읽은 후 기록한다.

라. 각종 부대시설 점검 순서에 따른 작업

도금공정 조건의 부대시설 점검, 검토주기는 시간점검, 일일(매일)점검, 주간점검, 월간 점검 등의 주기가 있다.

① 교반기(Agitating) 점검하기

도금조 상등액의 교반상태를 살펴보고 상이할 경우 도금액을 예비조로 옮기고 공기(air)연결 부위 및 파이프(pipe) 관말의 부착상태를 점검한다.

② 여과기(filtering) 점검하기

여과기의 압력, 펌프(pump)의 작동상태, 소음, 누수 등을 점검하고 여과기의 필터 교체주기를 점검한다.

③ 배기 설비(gas hood) 점검하기

배기설비의 작동상태를 육안으로 관찰하고 소음, 누수, 동작상태 등을 체크하고 배기 장치의 팬, 펌프(pump) 등의 지침서를 활용하여 제어반의 작동방법, 드레인, 노즐, 수도, 배관 등의 관리사항을 고려하여 체크리스트를 만들어 부대시설을 점검해야 한다.



참고 문헌

1. 황환일, 윤희택(2018) : 귀금속 도금과 표면처리, 대광서림
2. 황환일(2016) : 표면처리 문제와 해설, 대광서림
3. 엄희택, 유항룡, 박영서, 황환일(2013) : 표면처리 실무, 동명사
4. 한국산업인력공단 “표면처리” 교재

표면처리 개론서 집필

- ☐ **황환일 교수**(한국폴리텍대학 화성캠퍼스 표면처리과, hwn1319@hanmail.net)
 - 표면처리기능장, 직업능력개발훈련교사
 - (현) 한국표면처리공업협동조합, 반월시화도금협회 자문위원
 - (현) 국가뿌리산업진흥센터 표면처리분야 평가위원
 - 2019년도 '표면처리' 분야 NCS 및 활용패키지 개선위원

- ☐ **서선교 상무이사**(유림티앤시(주), sgseogyo@naver.com)
 - 표면처리기능장, 공학박사
 - (전) 두남케미칼 연구소, 삼영화학 기술연구소
 - (현) 한국표면처리공업협동조합 자문위원
 - 2019년도 '표면처리' 분야 NCS 및 활용패키지 개선위원

- ☐ **검토·자문**
 - 한국표면처리공업협동조합 이상오 전무이사

유 의 사 항

뿌리산업 개론서 내용을 대외적으로 활용 및 인용할 경우에는 반드시 원 출처를 명기하여 주시기 바랍니다. 관련 참고문헌 및 데이터 출처는 본문의 해당 자료에 명시하였습니다.

뿌리산업 인적자원개발위원회(금형·금속가공·표면처리·용접)
☎ 070-4269-9388 / osm@koreamold.com