

폐기물 처리 화학

—유해물질편(7)—

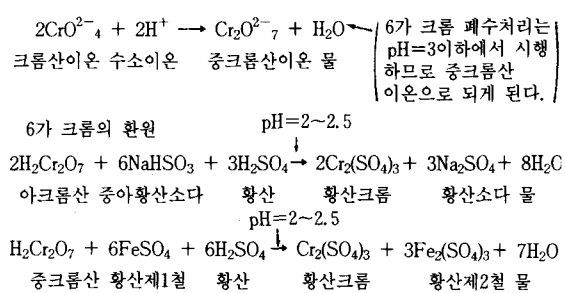
김오식

(환경인권연구회 회장)

8.6 폐수중의 6가크롬제거

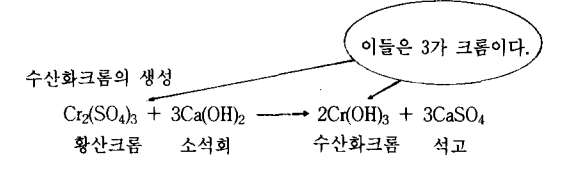
통상적으로 금속의 산화물이나 금속의 수산화물은 물에 불용성이지만, 6가크롬의 산화물은 수용성이므로 수산화물을 만들지 아니한다.

크롬산납이나 크롬산바륨 등의 크롬산납염은 물에 녹기 어려우므로, 6가크롬을 함유한 폐수에 납이나 바륨의 수용성염을 가하게 되면 이러한 금속들과 난용성염을 생성하여 침전물을 만들게 된다. 그러나 납도 바륨도 독성이 강한 물질이므로 폐수처리의 약품으로서 바람직하지 아니한 것이다.



6가 크롬 폐수처리는 pH=3이하에서 시행하므로 중크롬산이온으로 되게 된다.

중크롬산의 환원제로서는 NaHSO₃ 또는 FeSO₄가 자주 이용되고 있다. pH=2~2.5, 산화환원전위 250~300mV가 될 때까지 환원제를 가한다.



이들은 3가 크롬이다.

FeSO₄를 환원제로 사용하면 수산화철 Fe(OH)₃의 침전이 대량으로 발생되므로 자원화가 곤란하게 된다. 크롬을 자원화하기 위하여서는 중화 용의 알카리도 가정소다로 사용함이 좋다.

그림 8-8 6가크롬폐수의 처리

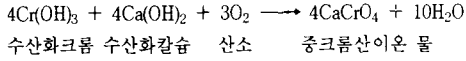
6가크롬이 함유된 폐수를 처리하는 기법으로서 근래 이용중인 방법에는 환원중화법과 이온교환흡착법이 있다. 먼저 환원중화법을 보면, 6가크롬을 함유한 폐수에 산을 가하여 pH를 3이하로 저하시킨 후에, 아황산나트륨이나 황산제일철과 같은 환원제를 이용하게 되면 3가크롬으로 환원시킬 수 있다. 3가크롬의 수산화물은 물에 난용성이므로 알칼리를 가하여 pH를 8 정도로까지 상승시키게 되면 수산화크롬의 침전이 생기게 된다. 이를 침강분리와 같은 방법으로 물로부터 분리하게 된다. 여기서 pH조정에 사용하는 알칼리로서는 값싼 소석회가 많이 이용되고 있다.

이온교환흡착법이란 음이온교환수지에 의하여 크롬산이온을 흡착시켜 제거하는 방법이다. 이온교환수지의 재생시에는 크롬산을 함유한 농축폐액이 발생되게 된다. 이러한 폐액의 처리처분시에 비로소 문제가 발생되고 있다. 6가크롬은 산화력이 강하므로, 내산화성이고 교환용량이 큰 약염기성의 음이온교환수지를 이용하여야 하는 것이다.

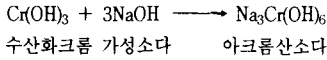
8.7 크롬함유폐기물의 자원화

수산화크롬화합물을 함유한 폐수처리슬릿지를 시멘트로 고화시키는 경우에는 3가크롬이 알칼리가 과잉으로 함유된 시멘트와 같은 물질과 접촉하게 되면 아크롬산염을 생성하여 용해하게 된다. 또한 시멘트 고화물중의 3가크롬이 공기산화되어 6가크롬으로 되돌아가는 사례도 있다는 보고가 있다. 그러므로 3가크롬의 슬릿지는 자원으로 재생할 수 있는 가능성도 있다고 할 수 있다.

3가크롬을 함유한 슬릿지나 분진이 자원으로 재이용되는 사례를 들어보자. 3가크롬의 슬릿지를 소성시킨 후에 수세하여 수용성의 알칼리나 황산을 제거하고 이를 산화마그네슘과 섞어 소성하여 내화벽돌을 만들



수산화크롬을 함유하는 슬러지를 시멘트 고화하게 되면 시멘트 속에는 알칼리, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 존재하므로 6가 크롬으로 되돌아가게 된다.



3가의 수산화크롬은 과잉의 가성소다로 용해시켜 아크롬산나트륨으로 만들게 된다.

그림 8-9 수산화크롬화합물 폐수의 처리

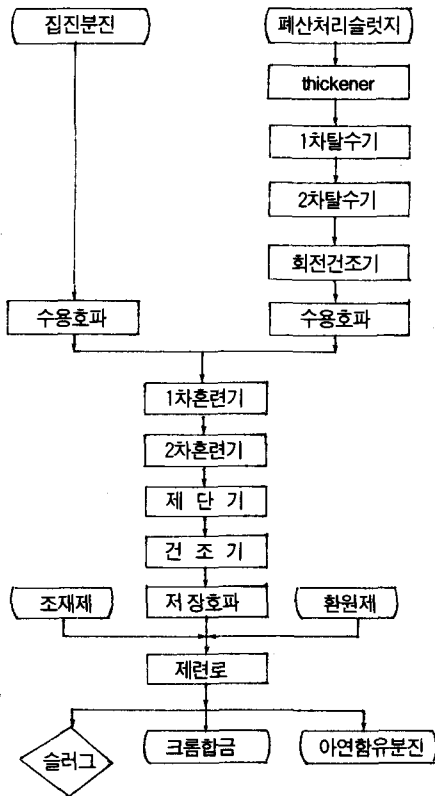


그림 8-10 크롬함유폐기물로부터의 크롬합금 자원화 프로세스

기도 한다.

또한 수산화크롬화합물의 슬러지를 배소하여 요업용의 녹색안료 혹은 흑색안료를 만들기도 한다.

3가크롬이 함유된 슬러지와 분진에다 코크스 등을 가하고 전기로에서 환원시켜 크롬합금을 만드는 스텐레스강 메이커도 있다.

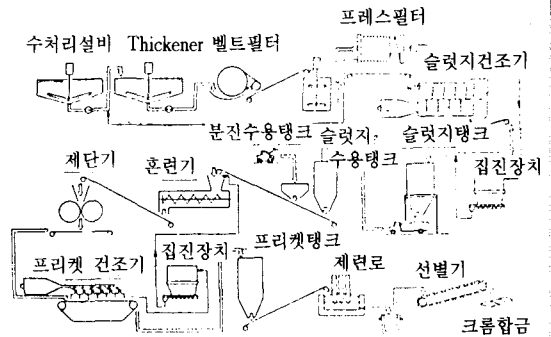


그림 8-11 크롬 함유 폐기물의 자원화공정의 개략도

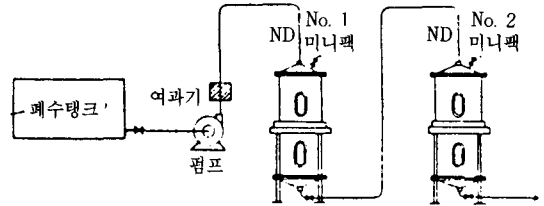


그림 8-12 크롬산함유폐수의 처리 프로세스

크롬산을 함유한 폐수가 발생되는 공장에서 카트리지로써 도금한 음이온교환수지를 빌려서 폐수처리에 이용한 후, 포화된 카트리지팩을 모아서 이를 재생하고 이의 탈리액으로부터 크롬산을 회수하여 자원으로 하는 크롬산염 메이커도 있다.

8.8 크롬의 독성

1827년 독일에서 중크롬산을 취급하는 작업자의 팔

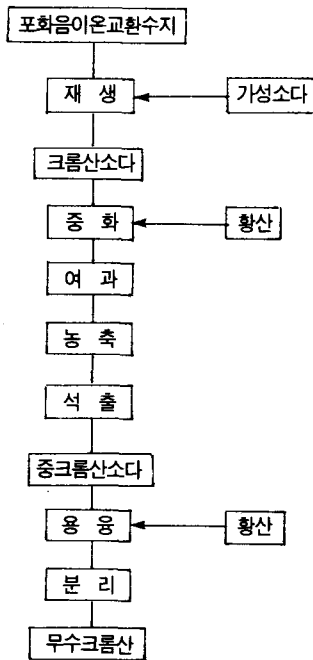


그림 8-13 무수크롬산 회수프로세스

비중격부분은 통증이 비교적 약하게 나타나고 이로 인하여 케양의 진행을 거의 인지하지 못하게 되는 것이다. 그리하여 소의 코뚜레 구멍과 같은 호올이 나타나게 된다. 이러한 현상을 비중격천공이라고 일컫는다. 비중격천공은 크롬을 취급하는 작업장에서 예전부터 흔히 나타나고 있는 것이므로 진귀한 증독현상이라고 할 수는 없다. 심한 경우 크롬을 취급하는 작업자 101명중 51명이 코에 구멍이 난 비중격천공에 걸렸다는 보고도 있다. 예전에는 크롬취급자에게 비중격천공이 없으면, 한사람의 전문가로서 인정도 받지 못할 지경이었다.

(2) 크롬의 폐암발생

1911년 독일의 크롬산염 제조공장에서 처음으로 작업자중의 폐암환자가 발견되었다. 이후 1929~1938년 사이에도 20명의 폐암환자발생이 보고되어 있다. 또한 일본에서도 크롬산염 제조공장에서 9명의 폐암환자가 발견된 것으로 보고되어 있다.

발암물질로서 의심되고 있는 물질은 크롬산염, 중크롬산염, 3가크롬, 크롬광재 등이지만 어느 것에 대하여서도 폐암의 원인물질로 정확하게 확인되고 있지는 못한 상태이다. 더욱이 석면에 의한 폐암마저 석면 중에 미량으로 함유되어 있는 크롬이 원인물질이라고 주장하는 사람도 있을 정도이다.

크롬작업자의 폐암은 먼저 기관지에서 발생되고 있지만, 일반적인 폐암과 마찬가지로 흉통, 기침, 호흡곤란, 체중감소 등의 증상을 갖고 있다. 취업후 폐암 발생까지의 기간은 독일의 크롬산염 작업자에게는 평균 27년이었고 크롬안료 취급자에게는 약 15년이었으며, 미국에서는 17년 정도라고 추산하고 있다. 폐암발병후의 생존기간은 반년에서 부터 1년정도라고 한다.

6가크롬을 함유한 분진이나 미스트를 흡입하면 만성기관지염으로 진행하게 된다는 보고도 있다. 또한 3가크롬 및 금속크롬을 취급하는 페로크롬공장의 작업자가 천식에 걸렸다는 사례도 보고되고 있다.

(3) 크롬의 피부장해 발생

부식성 피부염인 크롬궤양은 발갛게 부어오르는 적발이나 구진을 시작으로 하여, 습진화하여 가려움게 되는 피부염이다. 배인상처 등으로 크롬산염이 접촉하여 침투하게 되면 그 상처가 인체의 어떠한 부위라고 하더라도 극히 치유하기 어려운 궤양으로 진행되게 된다. 환원력이 강한 아스코르빈산(비타민C)으로 씻

에 심부궤양이 나타났다는 보고가 크롬독성 출현의 효시이며, 이를 크롬호올이라고 이름붙이었다. 1833년에도 크롬산염 제조공장의 작업자에게 피부궤양이 있었다는 보고가 있다.

동양에서는 처음으로 1919년 일본의 농무성 공무국이 “금속중독예방주의서”를 발간하여 크롬독성에 유의할 것을 고취하고 있다. 여기에는 크롬산염 취급자에게 나타나는 비중격천공이나 피부궤양의 증상과 그 예방법이 상세하게 기록되어 있다.

6가크롬은 그 독성의 장해가 현저하게 나타나고 있지만, 금속크롬 및 3가크롬의 독성은 아직까지도 분명하게 판명되어 있지도 못한 실정이다.

(1) 크롬의 호흡기장해 발생

궤양은 6가크롬의 산화작용에 의하여 나타나는 현상이다. 공기중에 비산되고 있는 6가크롬이 함유된 미스트와 분진을 흡입하게 되면, 기류(공기흐름)가 직접 닿게되는 콧구멍의 비중격부분(콧구멍 사이의 얇은 격막)이 먼저 침식되게 된다.

어내게 되면 피부에 부착된 6가크롬이 3가크롬으로 환원되므로 6가크롬에 의한 폐양을 예방할 수 있는 효과가 있다고 한다.

사진제판, 피혁무두질, 가죽제품제조, 크롬연마 등의 작업에 종사하는 작업자에게는 알레르기성의 습진이 나타나고 있다. 시멘트중에는 시멘트킬른(Cement kiln)의 내화벽돌에 기인하는 크롬산염이 혼입되어 있으므로 시멘트를 취급하는 작업자에게도 알레르기성의 습진이 나타나고 있다. 6가크롬에 대하여 알레르기 증상을 일으키는 사람은 3가크롬에 대하여서도 알레르기 증상을 일으킨다고 하는 보고도 있다.

9. 구리

구리(Cu : Copper, 원자번호 29, 원자량 63.55)는 동이라고도 불리우는 금속으로 현재에도 금속구리의 상태로 산출되기도 한다. 그리하여 인류가 맨처음 이용한 금속이 구리(천연구리/천연동)일 것이라고 추정하기도 한다. 고대문명의 발상지인 이집트나 메소포타미아에서는 구리를 가공하기 쉬운 돌의 일종으로 여기고서 바늘이나 추를 이용하였다고 한다.

천연구리가 산출되는 곳에는 공작석 등의 구리광석도 산출되기 때문에 구리광석으로부터 금속구리를 제련하는 기술도 점차로 발달하게 되었던 것이다. 또한 구리광석이 산출되는 광산의 부근에는 주석광석이 존재하는 경우도 많다. 그리하여 구리광석과 주석광석이 섞여있는 것을 환원하게 됨으로써, 고대인들은 우연하게도 청동을 발명하게 되었다고 생각된다. 청동은 3,600년전에도 사용되고 있었던 것이다.

청동은 구리와 주석의 합금이며 주석이 10%정도 들어간 청동은 매우 단단하므로 무기나 공구류에 많이 사용되어 왔었다. 근래에도 옛 유적으로부터 청동제의 종과 거울 및 가마솥 등이 발견되고 있다. 철기시대 이전의 청동기 시대에는 구리와 비소의 합금, 구리와 납의 합금, 구리와 안티몬의 합금 등도 만들어지고 있었다. 이러한 합금들도 모조리 청동이라고 불리어진 경우가 많았다.

9.1 구리의 환경오염

일본에서 공해의 원점이라고 일컬어지는 와타요시 세강 지역의 일대에 발생되었던 비장해의 원인은 1892

년 동경대학의 후루이아루 교수의 조사에 의하여 벼논 토양중에 축적된 구리로 인한 것이라고 밝혀졌었다. 이는 부근에 있는 구리광산의 폐수가 관개용수를 통하여 벼논에 유입된 것으로 판명되었었다. 이것이 일본에 있어서의 구리광산독물사건이다. 그 후 일본의 전국토에 산재한 구리광산의 하류유역에서는 구리 광산독물 피해가 큰 문제로 등장하기도 하였었다.

와타요시세강 유역에 걸쳤던 오염지역은 5,000~7,000헥타아르에 이르는 것으로 일본에서의 구리오염의 최대피해지역이었다. 구리는 원소이므로 더이상 분해가 되지 아니하므로 제거하지 아니하는 한 오염은 언제까지고 계속되는 것이다.

토양중의 구리가 1~25ppm인 경우에는 논벼의 수확량이 증가하지만 50ppm을 넘게되면 장해가 나타난다. 그리하여 100ppm에서는 논벼가 결실을 맺지 아니하며, 200ppm에서는 논벼가 말라죽기 시작한다. 그러나 구리에 의한 논벼의 장해는 벼논의 토양에 따라 상당히 다른 모습으로 나타나기도 한다.

일반적으로 벼논의 토양이 충적토이면 홍적토인 경우보다 구리에 의한 논벼장해가 더 크게 나타나고 있다.

9.2 구리의 용도

(1) 금속구리와 구리합금의 용도

금속구리의 용도로써 가장 많이 이용되는 것은 전선이다. 전선에는 전력용과 통신용이 있으나 광통신의 보급에 따라 통신용의 전선은 광섬유로 대체되어 가고 있다. 금속구리도 용도에 따라 3가지로 분류되고 있다. 전선용의 구리에는 산소를 0.02~0.05% 정도 함유한 전기전도성이 높은 재정제동이 사용되고 있으며, 관과 봉으로 가공하여 여러가지의 용도에 이용되는 구리에는 고온처리나 용접이 용이한 탈산동이 사용되고 있다. 용융중에 흡수되는 산소에 인을 가하여 제거한 구리가 탈산동이므로, 탈산동은 미량으로 존재하는 인으로 인하여 전기전도성이 좋지 않다. 그러므로 높은 전도도가 요구되는 용도에는 탈산동을 이용하지 못한다.

무산소동이라고 하는 구리는 산소와 인을 함유하지 않는 것으로 고순도이고 가공성도 좋다. 그리하여 무산소동은 상온에서 압축성이 좋아 전자기기용으로 사용되고 있다.

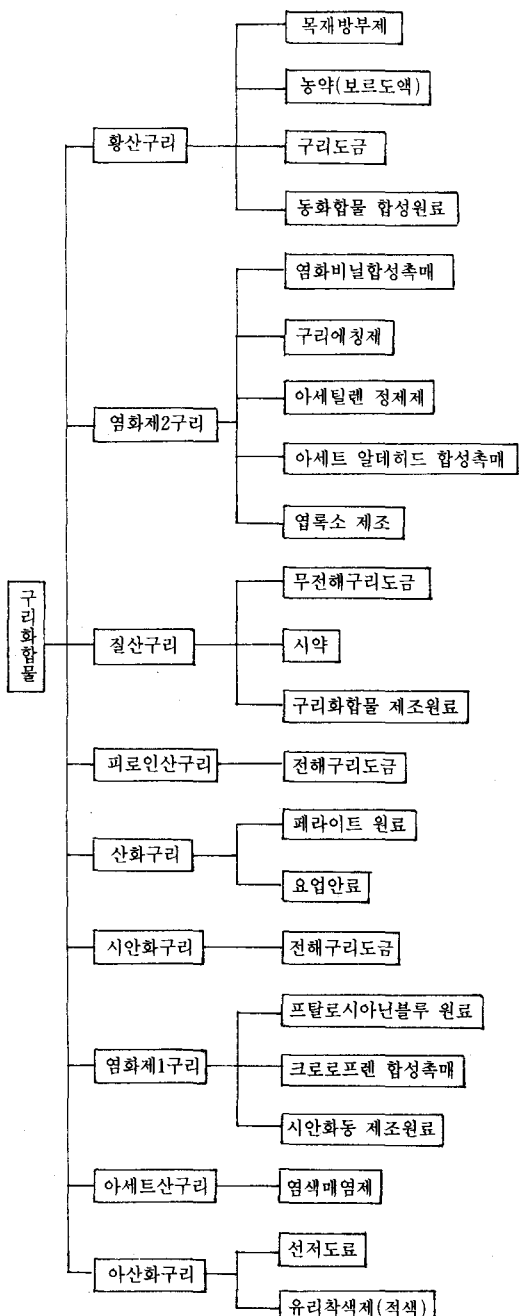


그림 9-1. 구리화합물의 용도

구리합금도 널리 이용되고 있다. 황동은 신쥬라고 부르는 것으로 구리와 아연의 합금이다. 아연 외에도 납, 주석, 철, 망간 등을 가하여 합금시킨 황동도 있다.

청동은 아직도 포탄용, 종각용, 미술용, 조각용으로 이용되고 있다. 청동에 인을 가한 것을 인청동이라고 하며, 탄력성과 내마모성 및 내식성이 좋으므로 용수철, 톱니바퀴, 나사, 축수, 금망 등으로 가공되어 사용되고 있다.

인청동 보다 우수한 것이 베릴륨과 구리의 합금인 베릴륨동이다. 베릴륨동은 그 사용량이 증가하고 있지만 베릴륨은 고독성/맹독성의 물질이므로 취급시에 특히 유의하지 않으면 아니된다.

양백은 구리와 니켈, 망간, 아연의 합금이다. 양백은 내식성과 가공성이 우수하므로 양식기, 악기, 의료기기, 다이아프람, 시계, 계측기 등에 사용되고 있다.

알카리성 상태에서 구리이온 Cu^{2+} 는 포르마린에 의하여 환원되어 금속으로 되게 된다. 이것이 무전해구리도금의 원리이다.

$$Cu^{2+} - \text{착체} + 2HCHO + 4OH^- \rightarrow Cu + 2HCOO^- + H_2 + \text{구리착체} + 2H_2O + \text{착화제 물}$$

포르말데히드 알카리 금속구리 포르말린이온 수소

이것이 포르마린이라고 한다. Cu^{2+} 이온의 환원제이다.

포르마린이 Cu^{2+} 이온에 의하여 산화되어 생성된다.

이것이 플라스틱의 표면에 부착한다.

착화제가 유리(free) 된다.

알카리성으로 하여도 Cu^{2+} 이온이 침전하지 않기 때문에 착화제를 가한다. 착화제로서는 로셀염이나 EDTA를 사용한다.

EDTA구리착체는 안정하여 알카리성으로 하여도 침전되지 아니한다.

그림 9-2 무전해구리도금의 원리

(2) 구리화합물의 용도

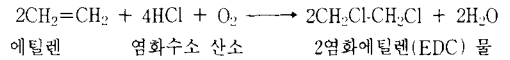
구리에는 +1가와 +2가의 화합물이 알려져 있으나 어느 것도 용도가 넓고 중요한 역할을 하고 있다.

구리화합물을 대표하는 황산구리는 가공하지 아니한 원료구리를 전해제련하는 과정에서 회수되고 있다. 황산동의 5수염(5水鹽: 물분자가 5개 붙은 염)은 푸른 색의 아름다운 결정이다.

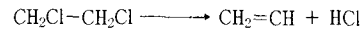
포도의 소독에 사용하는 보르도액은 황산동에 소석회를 가한 것이다. 프랑스의 보르도 대학의 교수가 포도의 도난방지를 위하여 황산동과 소석회의 혼합액을 살포하고서는 이것이 노균병에 효력이 있다는 것을 알게 되어 그 효과와 제법을 1855년 발표하였었다. 값싸고 유효한 살균제이므로 그 이후로 많이 사용되어 오고 있다.

황산동의 용액에 철을 넣으면 이산화철의 차이에 의하여 철의 표면에 구리가 석출되게 된다. 석출된 구

리는 부착력이 약하므로 손으로 문질러도 바로 벗겨지게 된다. 따라서 철의 바탕에 황산동으로 직접 구리도금을 하지는 못한다. 철에 대하여 구리도금을 하고자 하는 경우에는 시안화구리를 시안화나트륨에 녹인 시안도금조를 이용하게 된다.



에틸렌과 염화수소와 산소를 혼합하고 염화제2구리축매로 통과시키면 EDC와 물이 생성된다. 이러한 반응을 옥시클로리네이션(산화염화반응)이라고 한다. 예전에는 염산을 CuCl_2 축매로서 염소로 전환시키었다.



EDC Cl 염화수소

염화비닐

EDC를 열분해시키면 염화비닐이 만들어진다. 옥시클로리네이션법에는 고정상 방식과 유동상 방식이 있다.

그림 9-3. 옥시클로리네이션법에 의한 염화비닐의 제조

표 9-1. 상온무전해구리도금액

성분	1	2	3
황산구리	3.5g/ℓ	10g/ℓ	10g/ℓ
로셀염(주석신칼륨나트륨)	34.0	50	40
탄산나트륨	3.0	-	-
수산화나트륨	7.0	10	pH12.5
포르마린(37%)	13.0ml/ℓ	10ml/ℓ	-
파라포름알데히드	-	-	13g/ℓ
첨가제	-	-	티오요소 0.1~2mg/ℓ
온도	실온	실온	20°C
기타	-	-	공기교반

(주) 플라스틱 도금에 사용한다.

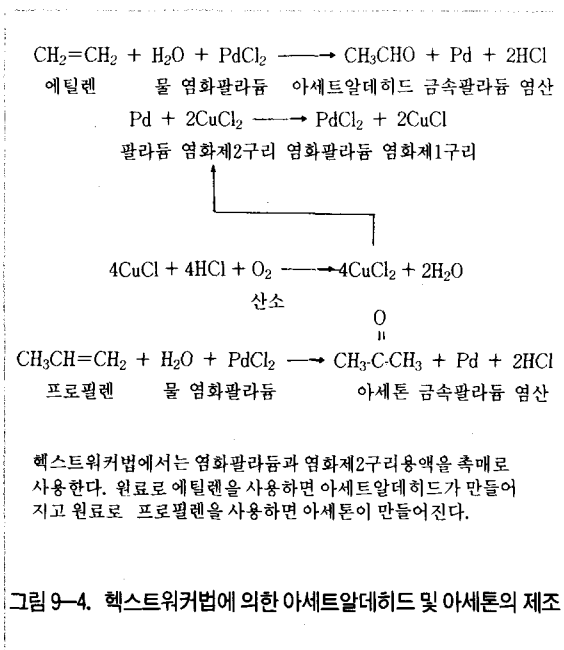
표 9-2. Additive process용의 도금액

항목		내용
조성	황산동	0.04mol/ℓ
	포르마린(37%)	0.06mol/ℓ
	가성소다(NaOH)	pH≈12.0
	EDTA·4Na	0.10mol/ℓ
	습윤제	소량
	안정제	〃
조건	Ductility 향상제	〃
	도금온도	60~80°C
	도금속도	1~2μm/Hr
석출동성능	최대도금두께	60μm 이상
	인장강도(kg/mm ²)	30~45
	신축율(%)	3~7
	고유전기저항(μΩ·cm)	1.77~1.82

시안화합물은 유독물이므로 시안도금조에 의한 구리도금은 철바탕에 직접 구리도금을 하는 경우에만 사용토록 하고 있다. 시안도금조에 의하여 표면에 구리를 얇게 전착시킨 철소재는 황산동의 도금액에서도 구리도금을 할 수가 있다. 황산동은 플라스틱 도금이나 프린트 기판의 도금에도 사용되고 있다.

한편 금속과 차이가 나는 만큼 정교하게 플라스틱에 도금한 부품이 자동차나 주방용품 및 오디오 기기 등에 많이 사용되고 있다. 플라스틱은 전기가 통하지 아니하므로 전기를 사용하여 도금하지는 못한다. 그리하여 황산동을 사용하여 플라스틱의 표면에 화학적으로 금속구리를 환원석출시키게 된 것이다. 이러한 프로세스를 화학동도금 또는 무전해구리도금이라고 한다.

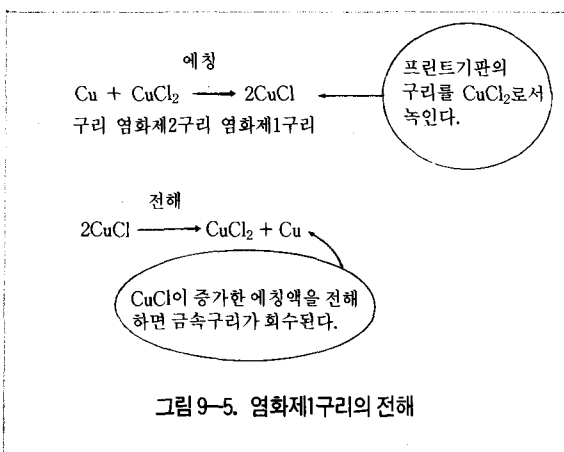
알칼리성의 상태에서 구리이온을 환원제로 이용하여 금속구리로 환원하는 방법이 무전해구리도금이다. 구리이온은 알칼리성으로 되면 수산화물이 되어 침전



하고 있다. 여기서도 무전해구리도금이 이용되고 있다.

착화제로서 EDTA를 사용하고 고속무전해구리도금을 이용하는 프린트 기판의 제조법도 개발되어 있다. 이러한 제조법을 Additive process라 부른다. 무전해구리도금의 폐액중에는 착화제나 환원제가 고농도로 함유되어 있기 때문에 폐액의 처리가 어렵다. 황산동과 비산과 크롬산의 혼합액은 CCA라 하며 목재방부제로서 사용되고 있다.

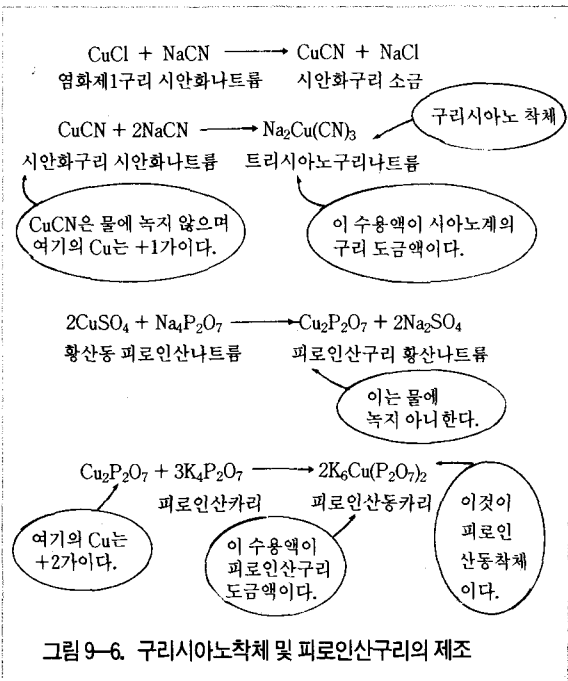
염화제2구리도 광범위한 분야에서 공업적으로 이용되고 있다. Oxychlorination법에 의한 염화비닐의 합성촉매로서는 염화제 2동을 알루미늄 담체에 담지시킨 것이 사용되고 있다. 또한 헥스트워커법에 의한 아세트알데히드의 합성촉매로서 염화팔라듐과 함께 사용되고 있다. 팔라듐은 값비싼 귀금속이므로 이의 폐촉매는 회수하여 재이용하고 있다.



하므로 구리이온과 착화합물을 만드는 착화제(킬레이트제)를 가하여 구리가 침전하게 되는 것을 방지한다. 환원제로서는 포르말린이나 수소화붕소나트륨이 사용되고 있으며 착화제로서는 로셀염(Rochelle salt)이나 EDTA가 사용되고 있다.

무전해구리도금에서 표면을 얇게 구리도금한 프라스틱은 황산동 도금층에서 두껍게 한 후, 니켈도금하고 크롬도금으로서 마무리하고 있다.

첨단기술의 꽃이라고 할 수 있는 전자기술을 뒷받침하고 있는 것이 프린트기판이다. 기판의 결과 속의 배선을 연결하기 위하여 조그만 구멍의 안쪽을 구리도금



염화제2동은 프린트기판의 에칭제로서도 이용되고 있다. 동판은 염화제2동에 의하여 염화제1동으로 되어 용해하게 된다. 동판이 녹아서 염화제1구리의 농도가 높아진 에칭액은 전해로서 구리를 회수하고 다시 에칭용으로 사용한다.

아세트산구리는 염색의 매염제로서 사용되고 있다. 질산구리는 무전해도금이나 무기약품제조원료로서는 사용되지 않고 있다. 산화제2구리나 염기성의 탄산구리는 다양한 구리화합물을 제조하기 위한 원료로서 넓게 이용되고 있다. 염기성 탄산구리는 220°C 이상으로 가열되면 분해되어 흑색의 산화구리가 되게 된다. 산화구리는 페라이트의 원료나 푸른 지붕기와와 착색안료로서 사용되고 있다.

염화제1구리는 적색의 분말로서 적색유리의 착색제나 선저도료 등으로 이용되고 있다. 구리의 화합물은

독성이 있으므로 선저도료로 사용하게 되면 따개비나 굴이 선저에 부착하는 것을 막을 수 있다.

염화제1구리는 클로로프렌의 합성촉매나 청색안료인 프탈로시아닌블루의 원료로 사용되고 있다. 또한 제1구리화합물(+1가의 구리화합물)의 제조원료로서도 사용되고 있다.

염화제1구리와 시안화나트륨을 반응시키면 시안화제1구리가 생성된다. 시안화제1구리를 시안화나트륨에 용해시키면 구리의 시아노착화합물이 생성된다. 이러한 구리시아노착체는 상당히 안정하므로 용액중의 구리이온의 농도는 극히 낮아 철바탕에 직접 도금할 수 있게 된다.

피로인산구리를 인산카리에 용해시킨 피로인산착체도 noncyano 도금액으로 사용되고 있다. 피로인산구리는 시안화구리와 달리 2가의 구리이다. 붕불화구리는 용해도가 높아 고농도의 액을 만들 수 있으므로 고전류밀도에서 구리도금을 하고 있다. 때문에 고속으로 두꺼운 도금을 할 필요가 있는 프린트기판의 구리도금이나 그라비아인쇄의 오목판 시린더의 전해주조에 붕불화구리도금액이 이용되고 있다. 그러나 불화물은 취급시에 주의하지 않으면 아니된다.

표 9-3. 붕불화구리도금액

	정 지 조	바 렬 조	고온도조
붕불화구리 $Cu(BF_4)_2$	225g/l	340g/l	450g/l
금속구리	60	90	120
pH	0.8~1.4	0.5~0.7	<0.3
온도	18~49°C	18~49°C	18~49°C
음극전류밀도	7.5~12.5A/dm ²		12.5~40A/dm ²
교반	없음		공기 또는 기계교반
양극		무산소구리로서 인 은 비합유	
양극대 음극비		1:1	

이 한권의 책

Green Round와 더불어 생산공정에서 발생하는 유해가스와 먼지 등은 대기오염 및 산업환기 측면에서 범국가적인 문제점으로 대두되고 있으며 따라서 환경 및 산업환기기술은 환경조건의 개선과 대기오염방지에 크게 기여하고 있다.

이미 미국에서는 1951년 이래 매 2년마다 Industrial Ventilation Manual을 수정 증보하여 발간하여 왔으며 이웃 일본에서도 이를 기초하여 재빨리 Metric System으로 보정한 국소배기장치후드설계 지침편을 발행해 오고 있는 실정이다.

그러나 우리나라에는 마땅한 지침서가 없어 환경 및 산업위생 기술인들은 우리와는 사정이 다른 원서를 들고 불편을 겪어야만 했다.

이에 저자는 이를 토대로 우리 실정에 맞고 실무에 응용하기 편하도록 환경·산업 환기기술을 집필하기에 이르렀다.

당분야에서 충분한 이론과 현장실무를 바탕으로 한 풍부한 예제풀이와 예리한 기술사의 눈으로 심도있게 파헤친 일본국소배기 기술을 가미한 생동감 있는 공정별 배출량 산정을 예시한 이책은 우리 환경 및 산업위생 기술인들에게는 필독의 교과서가 될 것이다.

- 우종수 저
- 발행처 : 도서출판 성문기술
- 전 화 : (02)268-5747
- 정 가 : 15,000원