

금속표면처리

Journal of the metal finishing society of Korea
Vol. 17, No. 3, Sept. 1984

〈기술해설〉

선(先) 콜롬비아 시대의 표면야금술

— 안데스 문화시대의 금속 세공가들은 구리에 금과 은을 도금하는 법과 구리, 은, 금의 합금을 처리해서 금속표면이 단지 금으로만 이루어지게 하는 방법을 알고 있었다. —

by Heather Lechtman

번역 : 한양대 재료공학과 재료가공연구실

스페인 정복자들이 잉카사람들로부터 약탈한 금, 은 세공품들을 용융시켰을 때 꽤 많은 불순물들이 포함되어 있다는 것을 알고 놀라움을 금하지 못했다. 비록 금과 은으로 만들어진 물건같이 보였지만 사실상은 동, 금과 은의 합금이었다. 최소한 잉카 문명이 발달하기 전 천년동안 안데스 산중의 세공가들은 최종적으로 표면이 순수한 금이나 은으로 이루어지도록 하는 합금 처리 공정에 따라 이런 합금을 개발했었다. 또한 세공가들은 전적으로 구리로만 만들어진 물건에 금이나 은의 얇은 피막을 입히는 방법(즉 도금하는 방법)을 알았다.

고기물(古器物)에 대해 조사하는 MIT(Massachusetts Institute of Technology) 실험실에서 근무하는 나와 나의 동료들은 선(先) 콜롬비아 시대동안 America 대륙에서의 야금술의 발달을 해석하는 일에 오랜동안 종사해 왔다. 신세계(America 대륙) 야금술의 하나의 초점은 그 시대 사람들의 문화에서 매우 값진 것으로 평가되는 색을 내기 위해서 특수하게 처리될 수 있는 금속들과 합금들의 생산이었다. 그러므로 최근에 우리들은 다른 금속들로 만들어진 물건에 금과 은의 색을 띄게 하기 위해 안데스 산중의 세공가들이 고안했던 정교한 공정을 알고자 노력을 집중시켰다.

오랜 기간의 안데스 산중 사람들의 물건을 야금학적인 시험을 통해서 우리들은 다음과 같은 두가지 기술을 확인했다. 즉, 전기화학적인 치환 도금법과 depletion gilding 혹은 silvering이다. 우리들은 그 시대의 세공가들이 이용할 수 있었던 그런 물질과 기술만으로 실험실에서 두가지 채색 방법을 재현했다. 모든 경우에 있어서 그 물질과 기술들은

고기물(古器物) 그 자체의 면밀한 조사에 의하여 추정되었다. 이러한 방법을 고안하고 정교하게 만든 세공가들은 중앙 안데스 산지에 있는 사회의 구성원이었다.

고고학적인 조사를 통하여 우리들에게 알려진 안데스 산지 남아메리카의 높은 문화 지역 중에서 가장 일찌기 발달한 지역은 야금술의 개발에 역시 가장 유리했다. 페루의 북쪽 고산지에 중심을 둔 Chavin, 페루의 북쪽 해안 사막위의 몇개의 강계곡으로 구성된 Moche, 그리고 Moche의 중심지로부터 에쿠아도르국경 지역까지 뻗어 나간 거대한 해안 도시인 chimu들이 바로 그런 지역들이었다. 스페인 사람들의 기록에 의하면 잉카 사람들은 가장 훌륭한 chimú의 금 세공가와 은 세공가를 Cuzco에 있는 제국의 수도로 데려왔다고 한다.

Moche의 세공가들은 여지껏 안데스 산지의 야금술의 전통내에서 가장 정교한 기술공이었다. 그들의 예술적인 기교와 생산물들의 질은 잉카 문명을 포함하여 어떠한 계승된 문화보다도 우수했다. 잉카의 통치자들은 Moche에 의해 처음으로 개발되어진 야금술에 크게 의존했으며, 콜롬비아로부터 아르헨티나에 이르는 3000마일이나 뻗은 제국을 지배하는 데 있어서 그들의 정치적인 우월을 누리기 위해 금과 은을 입힌 물건에 눈을 돌렸다.

최근 Moche양식의 금속 유물의 상당수가 에쿠아도르 국경 근처인 페루의 북쪽 해안에서 발견되었다. 발견된 장소는 Loma Negra로 알려졌으며 대부분의 유물은 두들겨 만든 동판이었다. 주조와는 달리 판금 작업이 주로 안데스 산지 사람의 중요한 야금 특징이다. 동판의 각 조각들은 서로 연결되어

3차원적인 형태와 모양을 구성하였다. Loma Negra 유물이 발굴되었을 때 그 조각들은 오랜동안 땅속에 묻혔을 때 형성된 녹색의 부식물- 주로 동산화물과 탄산염으로 덮혀진 상태였다. 부식물을 제거했을 때 본래의 동에는 은이나 금으로 된 얇은 도금막이 덮혀져 있었음을 보아 그 유물은 전적으로 귀금속으로 만들어진 것같이 보였을 것이다. 몇가지 Loma Negra 유물로 부터 얻은 작은 표본을 우리실험실에서 조직 검사를 한 결과 표면 도금층의 두께는 $2\sim 5\mu\text{m}$ 로 500배율로서는 거의 관찰될 수가 없었다. 우리의 연구결과 다음과 같은 표면에서의 특징을 알 수 있었다. 첫째, 유물중 하나는 가장자리를 포함한 모든 표면에 걸쳐 도금 두께가 매우 균일했다. 둘째, 귀금속 표면층과 기지동금속간에 고체 확산 영역이 있음으로 보아 도금 과정에서 어느 단계에서 도금체에 열을 가해주었음을 알 수 있다. 셋째, Loma Negra 고기불에서는 수은 도금, 금박지 사용 액체 금의 세척, sweat-welding, sheffield 도금과 같은 도금 기술의 유사성을 발견할 수가 없었다.

동시에 Loma Negra 도금의 가장 인상깊은 특징은 현대 전기도금 제품과 거의 유사한 물건을 생산할 수 없었을 터인데도 그들의 도금이 극도로 얇고 평탄함에 있다. 전기도금에 있어서, 전기욕조 내에서 이온 상태로서 존재해 있는 귀금속은 욕내에 잠긴 기지금속위에 흡착된다. 바테리와 같은 전류의 외부 전원은 음전극에 있는 금속으로 이온을 흡착시킴으로써 도금 작용을 유발시킨다. 전기도금이 가능하지 못했음에도 불구하고, Loma Negra 표면도금의 질로 미루어 보아 어떤 도금 형태에 의해 흡착되었음을 유력하게 추측되어진다. 그러면 어떤 다른 도금 기술이 Moche 세공가들에게 가능할 수 있었을까? 구세계(유럽, 아시아 아프리카)에서 상당히 오래된 기술로서, 그런 기술중의 하나는 전기화학 치환 방법이다. 로마 사람들은 동을 철에 도금하기 위해 위 방법을 이용했으며, 서기 9세기까지 철에 금도금하기 위해 이 방법이 사용되었다.

18세기 유럽 사람들은 도금하는 금속에 따라 도금 처리 절차를 달리했다. 은이나 동이 금에 의해 도금될 때 왕수 용액에 금속을 용해시킴으로써 금의 수용액을 만들었다. 철과 강이 금으로 도금될 때는 금은 일반염(NaCl)과 초석과 Alum(백반)의 수용액에 용해된다. 어느 경우나 금이 일단 용액에 용해되면 용액은 마를 때까지 가열된다.



그림 1) (a) 수세기 동안 묻혀있어 구리 산화물로 덮혀있는 페루의 북부 지방의 Moche 유적지인 Loma Negra에서 발견된 소형 마스크.



(b) 산화물로 덮혀있는 표면이 금으로 된 마스크



(c) 산화물을 제거하여 번쩍번쩍 빛나는 얇은 금속으로 된 마스크. 전기화학 도금술에 의해 도금했다.



그림 2) 폭이 74cm, 높이가 40cm인 이제까지 발견된 가장 큰 마스크인 Chimu문화의 미이라 마스크, 주괴를 두들겨서 판금으로 만든 다음 마스크를 만들었는데 그 주괴는 40%의 금, 48%의 은, 12%의 구리로 되어 있었다. 그러한 합금은 tumbaga로 알려져 있다. 판은 반복하여 해머질하고, annealing, pickling을 시켰다. 그 잔류하는 금 표면층이 빛나게 되었다. 이러한 방법을 depletion gilding이라 한다.

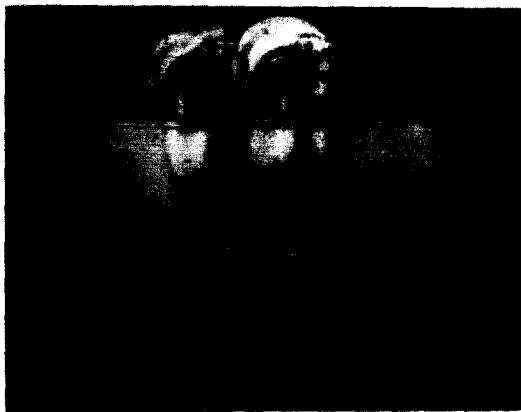


그림 3) 해머질보다는 주조에 의해 만들어졌지만 또한 금-은-동합금인 tumbaga로 제조된 콜롬비아 쿼베이야(Quimbaya)문화에서 나온 한쌍의 새. 원래 표면위에 구리는 아마도 산성 식물즙에 의해 용해되었을 것이다.

$AuCl_3$ 는 건조된 염의 복합적인 혼합물로부터 알코올로서 추출되며 이 알코올성 용액이 도금하고자 하는 물체에 가해진다. 그러나 12~16세기 사이에 유럽에서 발견되고 금과 은을 용해시킬 수 있는 증류산(질산, 염산, 황산)의 어떠한 것도 안데스 산중의 세공가들에게는 알려지지 않았었다.

동시에 페루 해안의 메마른 사막은 안데스의 세공가들이 이용할 수 있는 부식성있는 광물들이 부족하지 않았다. 우리들은 Moche 인들이 이용했는지도 모르는 부식성있는 염의 수용액 상태에서 금의 용해를 시도해 보기로 결정했다. 우리가 고안한 가장 단순하고 효과적인 방법은 똑같은 양의 Potassium Aluminum Sulfate, Potassium Nitrate, Sodium Chloride를 물에 녹인 부식성있는 용액을 준비하는 것이었다. 이 혼합물에서 2~5일동안 서서히 가열된 금이 드디어 용해됐다. (우연히 그 혼합물은 이온들도 함유하고 있었다). 그러나 그 용액은 강산성이고, 용액에 잠긴 어떠한 동이라도 곧바로 부식시킨다. 우리들은 용액에 있는 어떠한 금이라도 동 위에 도금되기 전에 용액을 중화시켜야만 했다. 이런 목적을 위해 우리가 발견했던 가장 효과적인 염은 Sodium bicarbonate(일명 baking soda(重曹))이었고 도금을 위한 적정 pH는 9이거나 조금 더 높았다.

5분동안 서서히 끓인 후 중화된 용액에 잠긴 동판은 모서리를 포함해 모든 표면에 금으로 균일하게 도금되었다. 금피막의 대략적인 두께는 약 $1\mu m$ 정도이었다. 그러나 그것에 의한 도금 방법은 동과 금사이에 영구적이고 충분한 결합력을 부여하지는 못했다. 산화되거나 매우 깨끗하지 못하면 금피막은 떨어져 나가기 때문이다.

Loma Negra 유물의 조직학적인 연구를 통해 금피막과 동 기저판사이에 고체확산(Solid-state diffusion)영역이 존재함을 밝혀내었다. 이러한 결과는 Moche 세공가들이 계면에 강한 금속학적 결합력을 부여하기 위해 도금된 동을 가열했음을 보여주는 것이다. 우리들이 실험실에서 준비한 시료를 $650\sim 800^\circ C$ 의 온도 범위에서 단지 수 초 동안 가열했을 때 우리들은 또한 동 기저판과 금피막층 사이에서 훌륭한 결합이 이루어 짐을 알았다.

결과적으로 우리들의 실험은 표면의 외형적인 특징과 미세 조직면에서 Loma Negra의 古器物의 것

들과 아주 유사한 전기화학적으로 흡착된 금피막층을 만들어 내는 데 성공했다. 이러한 결과는 안데스 산중의 세공가들이 페루 해안의 사막에 흔히 존재하는 부식성있는 광물들의 수용액에서 금과 은을 용해시키는 매우 동일한 방법으로 그들의 도금을 실행했다는 것을 강력하게 제시한 것이다. 모직 염색과 같은 안데스인의 다른 기술의 발달 과정에서 이러한 광물들과 친밀해질 가능성이 있었을 것이다. 기원은 어쨌든간에 자연적인 부식성 물질의 이용은 안데스인의 표면 야금학에서 일찌기 지배적인 요소이었던 것 같다.

전기화학적인 치환도금은 Cu와 같이 emf series의 (-)쪽 끝부분인 값싼 금속이, Au와 같이 (+)쪽 끝부분에 있는 값싼 금속의 이온들을 포함하는 전해질용액에 놓여질 때 일어난다. 그 화학 반응은 간단한 치환 반응이다. 즉 Cu가 용액에서 Au와 치환한다: $2AuCl_3 + 3Cu \rightarrow 2Au + 3CuCl_2$. 그러나 이런 반응식은 도금 과정 배후의 기구를 밝히지 못한다. 그 기구는 근대 전기 도금가들에 의해 고안된 첫번째 단순 전지 (simple Cell)들에서의 기구와 같다. 그것은 양극과 음극 영역을 수반한다. 그 두 영역은 전해 물질로 접촉되어 있어야만 하고, 금속을 통하여 양극으로부터 음극으로 흐르는 전자들의 circuit는 전해 물질을 통한 ion들의 역류와 평형을 이룬다. 만약 양극 영역이 전해 물질과 꾸준히 접촉하지 않는다면 단지 미소한 흡착만이 형성된 후에 전극 전위가 모든 곳에서 동일해지고 도금 반응이 멈추게 된다.

금속이 치환 방법에 의해서 도금될 때 음극과 양극 영역 둘 다 같은 금속 표면의 다른 부분에 생기게 된다. 우리들 자신들의 실험에 있어서 Moche의 세공가들의 경우와 같이 동판 표면의 작은 홈들이나 불규칙한 곳들은 처음 단계에 양극으로 이것들은 인접한 음극 표면들을 금으로 도금해주어 전해질 용액과 완전히 차단시켜 줄 때까지 계속 양극 역할을 한다. 그 양극과 음극 영역들은 이온들의 이동성 — 이온들의 전해질을 통해 확산하는 속도와 전극 영역들이 전기적으로 분극되어지는 속도 — 에 의존해 정확한 균형을 유지한다. 거의 눈에 보이지 않을 정도로 양극 영역이 줄어들 때만이 훌륭한 도금이 이루어지지만 전해질로부터 아직 완전히 차단되지는 않는다.

3차원적인 물체들을 만들기 위해 금속 판 재를 두드리고 결합하는 안데스인들의 전통으로 금속 표

면에 귀한 금속이 많아지게하는 또 다른 방법을 발견하였을지도 모르는 일이다. 이러한 방법은 (여기서는 depletion gilding 또는 depletion silvering이라 하겠음)동으로만이 아니라 여러가지 비율의 동과 은, 동과 금, 또는 이 세금속의 합금으로 주괴를 만드는 것으로 시작된다.

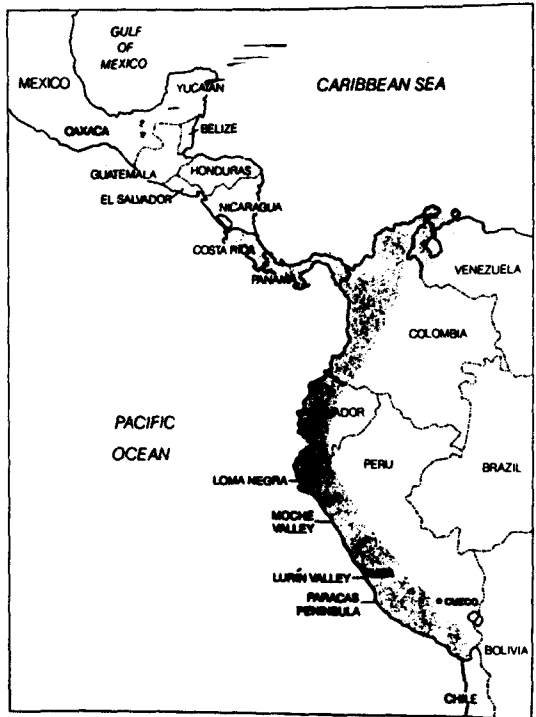


그림 4) depletion gilding과 silvering이 행해졌던 신세계 지역들을 검게 나타내었다.

depletion방법은 B. C 2000년에 이미 페루에서 사용되고 있었다. 안데스의 세공가들은 주로 판금으로 작업했다. 콜롬비아 북방에서 서부 멕시코에 이르는 지역의 세공가는 윤활제를 사용하지 않는방법 (lost-wax method)으로 tumbaga 합금을 주조하는 방법을 더 좋아했다.

이 합금을 단조함으로써 합금을 경하게 하고 주괴의 두께를 점차 감소시켜 판재로 만들때 따라 그 금속은 더 이상 가공을 할 수 없을 만큼 경해지고 취약해진다. 이러한 상태에 도달했을 때 세공가들이 그것을 annealing 해야 한다. 즉, 그 금속을 약한 열로 가열해 이것을 재결정시키고 가단성을 다시 얻어야 한다.

고고학계에 알려진 최초의 안데스인의 합금은 동과 은의 합금이다. 그것의 가단성은 해머질로 가공을 가능하게 했고 그리고 해머질로 향상되어진 인성은 어떠한 형태를 만들었을 때 그 형태를 유지하도록 해주었다. 가공 도중에 동과 은 합금판이 가단성을 갖기 위해 annealing 될 때 표면에서의 동은 우선적으로 대기중의 산소와 반응하여 동 산화물 층을 형성하게 된다. 그리고 은은 다소 적게 산화된다. 따라서 금속 판재의 제조에 필요한 과정인 annealing, 산화물 제거, 해머질, 재 annealing, 과정을 여러 차례 반복한 후에는 점차 구리가 많이 소멸되고 그리고 은이 많은 그런 표면층이 형성된다.

실제로 이런 반복 과정을 몇 번 거친 후 판재의 표면은 거의 순수한 은과 같이 보이게 된다. 각 annealing의 과정에서 생기는 구리 산화물은 검은 색에 가까운 갈색이다. 그 판재를 pickling 하기 위해 즉, 용해에 의해 산화물을 제거하기 위해 안데스인의 세공가들은 부패된 소변(신선한 소변의 요소는 암모니아로 변한다) 또는 어떤 식물들의 산성 즙을 사용할 수 있었을 것이다. 어느 경우에서나 Ag화된 표면형성이 대기중에서의 annealing의 피할 수 없는 결과였다.

동과 은 합금으로 만들어진 몇몇 안데스인의 물건으로 Moche 문명의 번창을 예측하는 것으로 알려졌다. 그러나 Moche 세공가들은 이러한 재료들의 이용에 있어서 아주 뛰어나 있었다. 그들은 조성이 20w/o~50w/o 이상의 광범위한 작업을 했었다. 그들이 제작한 물건들은 경하고 인성이 있고 은처럼 보였다. Moche 시대 이후에도 그와같은 종류의 합금이 이러한 이유 때문에 계속 사용되었다.

그러나 지금까지 Moche 인에 의해 개발된 것중에서 가장 중요한 합금은 카리브해에서 tumbaga로 알려진 동과 금의 혼합물이다. 동과 금이 함께 용융될 때 그것들은 기꺼이 혼합되고, 냉각되어 응고할 때 혼합된 상태로 남아있고 가능한 혼합비율영역의 고용체를 이룬다. 선콜롬비아 시대의 동-금 합금들은 조성이 매우 다양했다. 즉, 어떤 합금은 12wt% Au 정도밖에 함유하지 않는다. 합금의 색은 그것의 조성에 의존한다. 고농도의 동을 가진 tumbaga는 붉거나 핑크색이다. 금의 농도가 높을수록 더욱 더 노랗게 된다.

이러한 수많은 합금에서 또한 은도 발견된다. 이것은 금이 은-동 합금에 들어갔거나 안데스 산지



그림 5) MITO에 있는 저자 실험실에 전기화학적으로 금도금한 후 부분적으로 광택을 낸 판의 표면을 주사 전자 현미경으로 500배로 확대했다. 아래에 있는 금속은 구리이다. 광택을 낸 부분(왼쪽)과 내지 않은 부분(오른쪽)사이의 경계가 현미경 사진의 중앙에 있다.

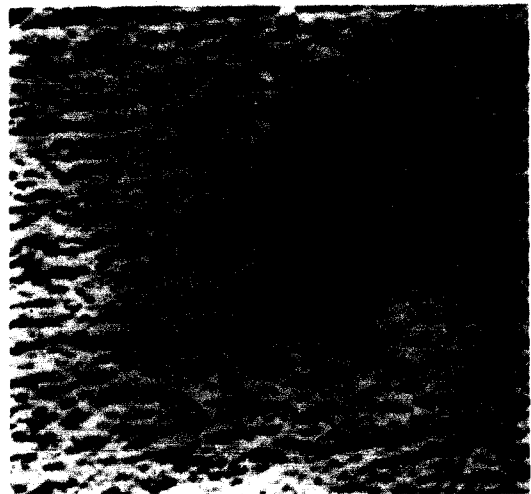


그림 6) 주사 전자 현미경으로 500배로 확대시켜 보았을 때 판의 광택이 나지 않는 부분은 분화구와 같은 기공들로 덮여져 있다. 이 기공들은 전기화학적 도금 과정에서 생긴 것들이다. 각 기공은 구리에 있는 양극의 홈이다. 이러한 도금법에 있어서 구리를 금이 용해되어 있는 전해질에 담근다. 금들은 양극의 홈 근처의 표면에 도금된다. 그 표면들은 음극성을 띤 음극이다. 그 금들은 각 금 주위에 약간 솟아 오른 링과 같이 형성된다.



그림 7) 왼쪽: 말파소(Malpaso)의 루린(Lurin) 계곡에서 발견된 페루의 목걸이는 구리와 은의 합금으로 만들어져 있다. 이것은 해머질, annealing, pickling을 되풀이함에 의해 표면에 은만 남아있다. 겨우 길이가 20 mm인 이 목걸이는 알려진 것 중 가장 초기의 안데스인의 동-은 합금 유물이다.

오른쪽: 목걸이를 500배로 확대시켜 광학 현미경으로 단면을 본 것이다. 판재를 만드는 주괴를 원래 용융 합금



으로부터 냉각시킬 때, 이것은 조직학적으로 은이 많은 상과 은과 동이 많은 상들로 이루어진 이중 공정조직으로 분리되어 있다. (이 공정 조직은 가장 낮은 용점을 갖는 합금 조성이다). 잇달은 해머질과 annealing은 합금의 은이 많은 상과 동이 많은 상을 다소 완전히 분리되게 한다. 조직 사진에서 볼 수 있듯이 동이 많은 상의 층은 역시 부식되어 있다.



그림 8) 금으로 도금된 구리판(Loma Negra에서 발견된)

이것은 광학현미경으로 500배 확대시켜 단면을 본 것이다. 연한 색깔의 표면 영역은 전기화학도금으로 금을 흡착시킨 층이다. 어떤 곳에서는 이 층의 두께가 2μ 정도 밖에 되지 않는다. 오른쪽 아래 부분의 V자 형태의 굵은 영역은 두 금속을 결합시키기 위해 열을 가해 주었을 때 구리 결정립 사이의 결정입계를 따라 금의 확산으로 인한 것이다. 조직사진에서 작고 둥글며 검은 영역은 구리 산화물들이다. 크고 검은 영역들은 부식성 영역이다.

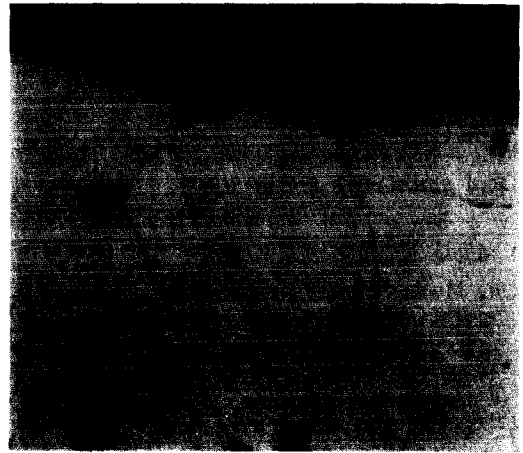


그림 9) 다른 구리판은 저자의 연구실에서 용액에 금을 포함하고 있는 전해질 속에 담구어 전기화학적으로 도금한 것이다. 속은 Moche 금속세공가들이 이용했을 만한 부식성 무기물들의 수용액으로 되어 있다. 이 무기물들은 페루연안의 사막에서 많이 발견되는 것들이다. 이 조직에서 판재의 표면을 1000배로 확대시킨 것이다. 시료를 도금한 후에 뜨거운 열기를 이용하여 15초 동안 어닐링하였다. Loma Negra Sample에서와 같이 이 열처리는 금이 구리 결정립들의 입계를 따라 확산 되도록 한다. 두 금속을 결합시킨.



그림 10) Chimu mask에서 온 Sample에서 200배로 확대시켜 단면을 본 것이다. 두 표면의 부분이 Sample의 안쪽 부분보다 밝다. 이것은 표면이 annealing과 pickling의 사이클을 반복하여 합금에서 구리를 제거하는 depletion gilding 과정으로 표면에 은이나 금이 많아졌음을 반영하는 것이다. sample에 있는 무늬는 다른 조성의 상들이 나타내는 것이며 이것은 반복된 해머질에 의해 연장 되어진 것이다.

의 하천 바닥에서 얻은 금괴에서와 같이 일찌기 금이 약간의 은을 함유했기 때문이다. 그 합금이 금과 동으로만 구성되었는지 혹은 은을 함유하고 있는지 간에 그 합금은 동일한 이름, tumbaga로 통한다. 비록 tumbaga가 처음에는 중앙 안데스에서 생산되었지만 후에는 선콜롬비아의 남부와 중앙 아메리카의 여러 지역에서 생산되었다.

동-은판의 annealing과 같이 동-금판의 annealing으로 증가하는 동의 양이 산화를 통해 소실됨에 따라 표면은 귀금속이 풍부하게 된다. 그 표면은 순수한 금같이 보인다. 그러나 은이 또한 그 합금의 성분일때는 표면은 위의 두 가지 금속이 많아져서 색은 은빛의 하얀 색으로부터 회미한 노란색에 이르기까지 다양하다. 만약에 세공가가 금이 풍부한 표면을 원할 때는 은이 제거되어야만 한다.

그러나 중류산이 없이는 금으로부터 은을 제거하는 일이 간단하지 않은데도 Moche인들은 할 수 있었다. 이는 아마도 판의 표면에 자연적인 부식성인 광물들의 혼합물을 가해줌으로써 가능했을 것이다. 실제로 실험실에서의 실험을 통해 황산철과 염의 수용액으로 처리된 금-은-동 합금 판의 표면

으로부터 매우 효과적으로 제거될 수 있었다. 황산철(ferric sulfate)이 그렇게 사용될 때에는 그것은 거의 황산과 같은 효과를 낸다. 그와 똑 같은 공정이 chimú인에 의해 계속되었는데 후에 그들은 약 AD 1476년 경에 잉카인에 의해 정복될 때까지 peru의 북쪽 해안을 지배했다.

박물관 방문객에게 친숙한 크고 인상깊은 안데스인의 미이라 가면들 중 거의는 아니지만 많은 것들이 chimú인들의 것이다. 현재 뉴욕에 있는 메트로폴리탄 박물관(Metropolitan Museum of Art)의 진열장에 있는 알려진 것중에서 가장 큰 것은 판재금속으로 만들어지고 폭이 74cm이고 높이가 40cm이다. 그것의 표면은 현란하지만 우리들의 실험실의 분석에 의하면 40%는 금이고 나머지 48%는 은, 12%는 동이다. 우리들이 똑같은 조성으로 구조했을때 그 주괴는 연한 핑크색이었다. 그러나 이런 특수한 물건은 비교적 금이 풍부했다. 몇몇 chimú 세공가들은 금이 거의 12% 정도이고 나머지는 주로 동으로 된 빛나는 금판을 만들었다.

표면을 금으로 장식하는 고유의 특성을 지닌 tumbaga 합금은 스페인 사람들이 16세기에 멕시코와

중앙 아메리카 및 남 아메리카에 자리를 잡았을 때 흔히 사용했다. 반면 중앙 안데스에서 tumbaga 는 주로 금빛나는 판금을 만들기 위해 이용되었고, 남 아메리카의 먼 북쪽 지역과 중앙 아메리카의 멕시코에서는 3 차원적인 형태로 구조되었다. 일단 tumbaga로 만들어진 물체들이 구조되어지면 그것들은 부식용액으로 표면의 동을 용해함에 의해서 depletion도금될 수 있고, 어떠한 annealing도 필요치 않다. 그러나 만약 합금이 소량의 금을 함유한다면 밀착된 풍부한 표면층을 만들기 위해 반복적인 annealing과 pickling을 필요로 한다. 때때로 세공가들은 tumbaga의 선택된 영역만을 화학적으로 처리하여 같은 구조물에 여러가지 다른 표면색을 띄도록 했다. 이런 방법으로 처리된 표면의 금빛 색깔

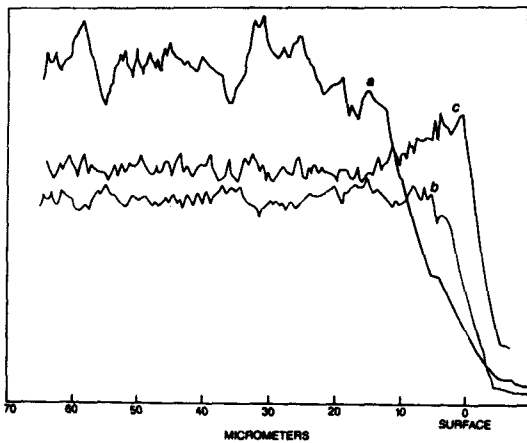


그림 11) Chimu mask sample의 농도 profiles 은 각 금속의 농도가 금, 은 그리고 구리 단면의 중간 부분에서 표면 쪽으로 깊에 따라 어떻게 변하는가를 보여 줌.

a) 구리의 농도 (blank)는 표면으로 부터 약 12 μ m 정도까지는 전자비임으로 분석했을 때 어느정도 균일하게 지된다.

b) 은의 농도 (gray)도 역시 표면으로부터 약 5 μ m 정도까지는 일정하게 남아 있다. 표면에서 은의 소멸에 일치하여 그 점에서 은의 농도가 급격히 떨어진다.

c) 그러나 금, 은, 동농도가 급격히 떨어지는 표면에서의 똑같은 거리에서 농도가 올라가기 시작한다. 전자비임이 sample의 표면 끝에도 달했을 때 금의 농도는 꾸준히 올라가며 peak를 이룬다.

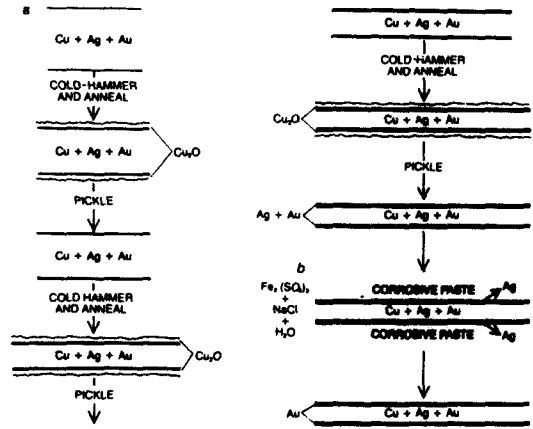


그림 12) Depletion gilding을 그림으로 설명하였다.

a) 첫 단계에서는 은과 금으로 합금된 구리 주괴를 냉간가공하고 금속을 annealing하여 구리 산화물이 표면에 나타난다. 그리고 해머질을 다시 하기 전에 pickling을 한다. 판재가 원하는 두께에 도달했을 때 표면층은 은과 금의 혼합체가 된다.

b) 다음 단계에서는 염화제이철과 염으로 된 부식액을 판재 표면에 입힌다. 이 액은 은을 용해시키고 표면에는 단지 금만 남겨 놓는다.

과 처리되지 않은 합금의 빨간 색깔의 대비가 가능하다. 때로는 세공업자들의 귀금속을 다른 비율로 하여 tumbaga와 같은 단일 물체들을 만들었고, 물체의 여러 부분에 표면색의 대비를 만들기 위해 어떤 합금을 다른 합금에 구조시켰다.

전기화학적 치환방법과 depletion silvering 혹은 gilding은 귀금속 층에 귀금속 모양을 띄게하기 위해 선허롬비아 시대에 고안된 표면처리의 유일한 방법은 아니었다. 또한 세공가들은 물체를 용융된 금으로 색을 띄게했고 금막으로 금속 표면을 도금했으나, 그들은 그런 방법을 별로 사용하지 않았다. 실제로, 전기화학적 치환도금조차도 단지 선허롬비아 시대의 야금술에는 국부적이고 짧은 기간동안만 영향을 주었다. 거의 2천년동안 신대륙의 야금술을 지배했던 것은 depletion surface metallurgy이다.

단지 기술적인 양상으로만 규명되어질 수 있는

야금술을 문화적인 거동과 관념학의 영역에서도 미루어 짐작할 수 있다. 안데스 산지인들의 금속들에 대한 자세를 우리가 재 구성할 수 있을까? 어느 정도까지는 우리들은 할 수 있을 것이다. 기원전의 구세계에서의 야금술의 발달을 생각하자. 유럽과 중근동에서 청동과 철기 시대의 중요한 야금술은 전쟁과 수송과 농업의 분야에서 가장 큰 자극을 받았다는 것은 명백하다. 무기와 도구는 구세계 야금술에 있어서 가장 중요한 것이었고, 제조업자들은 그러한 제조품의 사용에 필요한 적절한 기계적인 성질들—경도, 예리함, 절삭능, 충격과 인장에 대한 강도—을 찾아서 개발했다.

신세계에서는 금속 생산의 주안점이 매우 달랐다. 야금술의 관심의 중심적인 대상물은 정치력과 사회적 지위의 과시와 종교적인 믿음의 전달과 연관된 생활의 영역에 이바지했다. 그러한 물체, 즉 삶의 세계와 죽음의 세계에 있어서 지위와 권력의 부속물들에는 정교한 귀걸이, 코걸이, 종교적인 예식에 사용하는 물건과 미이관관에 씌워지는 가면 등이 있다. 인류학적인 관점에서, 신세계 사회에서의 금속은 중요한 상징적인 기능을 부여한다. 안데스인의 원동력은 그러한 기능을 이루는데 도움이 되는 금속과 합금에 있어서의 특성의 발달에 있다. 가장 중요한 특성은 색이고, 신세계 야금술에서 최상의 두 가지 색은 은빛과 금빛이다.

우리는 왕가가 태양과 달의 결합으로 생겨난 후세라고 공언하는 잉카의 종교적 정치적 생활을 스페인 사람들의 설명을 통해 알고 있다. 잉카인들은 금을 태양의 땀이라고 하고 은을 달의 눈물이라 생각했다. 이 두 금속은 궁적 왕조의 기원 신화에 두드러지게 묘사되었고 황제에 의해 완전히 지배되었다. 스페인 사람들은 옥내 정원으로 꾸며진 잉카 왕국의 거실을 보고 놀라움을 금치 못했는데, 그 정원의 식물과 꽃과 새의 모든 것이 이런 귀금속의 색을 띠고 있었다. 안데스인의 은색과 금색에 대한 언급은 이미 수 세기전에 즉 B.C 1000년 경에 중앙 안데스의 거대한 지역을 통해 chavin종파의 교세 확장과 더불어 알려졌다. 금은 chavin예배 의식에서 훌륭한 의식의 제기였고, 처음으로 이 시대에 생긴 동-은 합금이 이용되었다. 만일 안데스인의 야금술이 색에 역점을 두었다면 그 것은 또한 표면에 역점을 둔 것과 마찬가지로이다. 금속물체의 색은 그 표면에 존재하기 때문이다. 실제로 우리가 보

아왔다시피 물체는 표면에서 한가지 색을 가질 수 있고 그 밑에는 전혀 다른 색을 가질 수 있을 것이다. 그러므로 말할것도 없이 안데스 야금술의 가장 혁신적인 면은 은과 금의 문화적으로 요구되는 색을 만들어 내려고 하는데서 생겼다. 전기 화학 치환 도금과 depletion gilding과 silvering 모두는 전적으로 어떤 귀금속으로만으로는 만들어지지 않은 적당한 색을 금속 물체에 부여했다. 이러한 일반적인 공정 한계 내에서 신세계에서 선택된 도식 기술로서 depletion표면 야금술의 영속성을 어떻게 설명할 수 있을까? 왜 그것이 다른 것 보다 오래 지속되었으며 안데스 지역을 넘어 널리 파급되었나? 아마도 이것은 그 내부에 이미 존재하는 어떤 성질을 표면층에서는 향상된 성질을 갖게하는 기술이기 때문일 것이다.

YEAR	RELATIVE CHRONOLOGY	EVENTS
1534	CHAVIN PERIOD	SPANISH CONQUEST
1500-1478	LATE INTERMEDIATE PERIOD	INCA EMPIRE
1000	MIDDLE HORIZON	CHIMU KINGDOM CHIMU CULTURE
500	EARLY INTERMEDIATE PERIOD	HUARI EMPIRE MOCHE CULTURE
A.D. 500	EARLY HORIZON	MAZCA INFLUENCE PARACAS-MAZCA TRADITION
1000	INITIAL PERIOD	CHAVIN INFLUENCE
1500		
2,000		

그림 13) 연대표는 B. C 2000년(초기시기)으로 부터 A. D 1534년(식민시기)의 스페인의 정복시기까지 안데스의 선사시대의 주요한 단계를 나타낸다.

즉, 야금학적으로 말하면, 물체를 이루는 합금이 결과적으로 표면에서는 질이 향상되어진다. 물체의 가시적인 품질 보증이 되고, 권력과 지위와 종교적 믿음과 문화적 교혼을 보여주는 것은 표면에서 향상되어진 색이다. 그러나 표면의 색은 단순히 내적 성

질을 외적으로 표현한 것이다. 안데스인들의 표면 야금술의 발달에 기여한 경제적, 기술적 요소들이 무엇이든간에, 그 질문에 대한 명확한 해답이 결코

없을지라도 기술이 지향하는 면에 있어서 큰 영향을 끼쳤던 요소들은 관념적인 것들이었다.

* 질 의 응 답 *

문) 백납(Sn65~85%, Pb 최고 35%)이나 브리타니아 합금(Sn92%, Sb5%, Cu3%) 표면에 은 도금을 하는데 부착력이 나쁘다. 이에 대한 대책은 무엇인가?

답) 백납에는 도금을 하지 않는 것이 보통이다. 브리타니아 합금에는 도금을 하는 경우도 있는데 우선 연마를 한 후 붕불산 용액으로 산세(酸洗)를 한다. 이 산용액은 농도가 10%미만, 온도는 상온으로 해서 1분 이내에 행하는 것이 좋다. 산세후 청화동 스트라이크 도금을 하고 나서 은도금을 하면 부착력이 향상될 것이다. 백납에는 도금을 하지 않지만 위의 방법을 쓰면 좋은 결과가 얻어질 것으로 본다.

문) 청화아연 도금을 할 때 사용하는 래크(rack) 재료를 강철로 하고 피복하지 않은 상태로 쓰면 매우 경제적인 것으로 생각된다. 어떤 문제가 있겠는가?

답) 철제 래크는 가격이 싸다는 이점이 있다. 그러나 전기 전도도가 구리에 비해 12% 정도로 낮기 때문에 래크 직경이 작거나 전류가 많이 흐르면 열이 발생하게 된다. 또한 래크에 피복을 하지 않으면 아연이 석출하게 되고 이것을 떼어 내려면 시간이 많이 걸리므로 피복을 하는 것이 오히려 경제적이 될 것이다.

문) 경도가 높은 (RC40정도) 볼트에 카드뮴이나 아연을 도금한다. 볼트에는 원래 인산염 피막같은 방청 피막이 있었다. 카드뮴 도금을 하면 부풀음이 생기고 청화아연 도금은 거의 되지 않는다. 무슨 이유인가?

답) 피도금 물체에 어떤 피막이 있었다면 그 피막이 어떤 종류의 것이던 간에 이것을 완전히 제거해야 한다. 피막을 제거하기 위해서는 가성 소다와

과망간산 칼리의 혼합 용액에서 화학적으로 처리하는 방법이 있으나 이 재료와 같이 경도가 높은 재료에서는 수소취성이 일어나기 쉬우므로 산화 알루미늄 그릿트로 블라스팅하여 피막과 녹을 제거해주는 방법이 좋다. 한편 도금한 후에도 200℃에서 3시간 가량 가열해서 수소 취성을 방지해야 한다.

문) 알루미늄의 착색 아노다이징을 한다. 용액은 설퍼프타린산이 포함되어 있는 시판용액으로 질은 청동색이나 흑색 피막을 얻는다. 그런데 가끔 착색 피막에 푸른 색조가 나타나는 수가 있다. 이 원인을 무엇이라고 할 수 있는가?

답) 실제 처리된 시편을 보지 않고는 무엇이 잘못 된 것인지 정확히 말할 수 없다. 하지만 이와같이 다른 색조의 피막이 얻어지는 것은 합금의 조성이 적당치 않았거나, 전해액이 다른 불순물로 오염되었거나 또는 붕공처리가 잘 못 되었기 때문이다. 우선 푸른 색조가 나타나는 것이 아노다이징 직후인가 또는 붕공처리 후인가를 보아 원인을 파악할 수 있겠다. 붕공처리 후에 푸른 색조가 나타난다면 다음 세가지 이유를 들 수 있다.

① 붕공처리 온도가 너무 낮다. 붕공처리는 98℃ 이상에서 해야 한다.

② 붕공처리 수에 유기물질이 축적되어 있다.

③ 붕공처리 시간이 너무 길다. 붕공처리 시간은 피막두께 1μm당 1분이면 된다.

문) 화학 니켈(Ni-P) 도금을 한 후 페인트나 테프론 같은 피막을 입히려고 한다. 어떤 전처리가 필요한가?

답) 피막을 입히려면 표면이 깨끗해야 한다. 따라서 도금후 수세할 때 최종수세는 탈이온 수를 써서 해야 한다. 또 화학니켈 도금층의 표면은 마찰 계수가 작으므로 표면을 거칠게 해서 피막의 부착력