

주석도금폐액으로부터 이온교환 및 사이클론 전해채취를 이용한 고순도 주석의 회수

강용호 · 신기웅 · *한재우*

인천화학 부설연구소, *대진대학교 신소재공학과

Recovery of High Purity Tin from Waste Solution of the Tin Plating by Ion-exchange and Cyclone-electrowinning

Yong-Ho Kang, Gi-Wung Shin and *Jae-Woo Ahn*

Research & Development Center, Incheon Chemical Ltd., Incheon, Korea
*Department of Advanced Materials Sci. & Eng., Daejin University, Korea.

요 약

주석도금폐액으로부터 고순도 주석 금속을 회수하는 연구를 실시하였다. 먼저 주석도금폐액을 Iminodiacetic 관능기를 가진 이온교환수지(Lewatit TP 207)를 사용하여 1차적으로 유기물 및 Fe, Zn, Na 등의 불순물을 제거하였고, 2차적으로 Ethylhexyl-phosphate의 관능기를 가진 이온교환수지(Lewatit VPOC 1026)를 사용하여 잔류하고 있는 불순물들을 모두 제거하여 고순도의 주석용액으로 회수하였다. 회수된 주석용액으로부터 고순도 금속주석으로 회수하기 위하여 사이클론식 전해방법을 사용하였으며, 전해채취 결과 약 99.98% 순도의 주석을 회수할 수 있었다.

주제어 : 주석, 폐액, 회수, 이온교환수지, 사이클론 전해

Abstract

A research for the recovery of the metal with high purity from the waste tin plating solution was carried out. First, tin plating waste solution was tested to remove the organic substances and metallic impurities such as Fe, Zn, Na etc. using ion exchange resin having iminodiacetic functional groups (Lewatit TP 207). Second, the tin solution was purified to obtain the high purity tin solution using ion exchange resin having ethylhexyl-phosphate functional groups (Lewatit VPOC 1026). Finally, 99.98% of the high purity of tin metal can be recovered from the purified solution by cyclone type electrowinning method.

Key words : Tin, waste solution, recovery, ion exchange, cyclone electrowinning

1. 서 론

주석은 IT, 전자기기, 합금재료 및 도금재료의 필수 소재로 사용되는 금속으로 전자산업이 발전함에 따라 수요

가 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 주석의 경우 중국, 인도네시아, 페루, 볼리비아 등에서 생산되며 중국이 43.5%를 차지할 정도로 일부 국가에만 편중되어 매장되어 있으며, 이들 국가에서만 주석을 채련하고 있어 수급

· Received : May 27, 2016 · Revised : June 30, 2016 · Accepted : July 7, 2016

*Corresponding Author : Jae woo Ahn (E-mail : jwahn@daejin.ac.kr)

Advanced Materials Science & Engineering, Daejin University, Hoguk-ro 1007, Pocheon-si, Gyeonggi-do, 11159, Korea

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

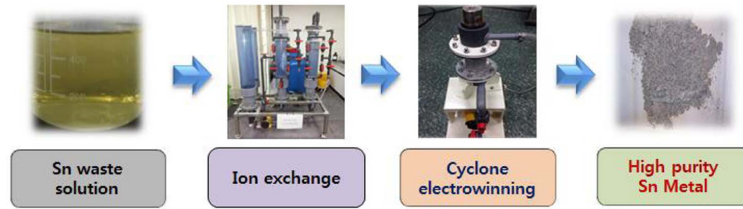


Fig. 1. Process flow of IX-CYEW.

불안정으로 인해 가격상승의 요인이 되고 있다.¹⁻³⁾

자원부족 국가인 우리나라에서는 이에 대처하기 위해 산업현장에서 발생하는 주석을 함유한 폐자원에서 주석을 회수하여 재활용하는 기술이 개발되고 있다. 주석을 회수하는 기술로는 용융법, 건식환원법, 용매추출 및 습식환원등과 같은 기술들이 개발되었으나 이러한 방법들은 주석 함량이 높은 폐솔더, 스크랩 및 슬러지에 대한 회수가 대부분이다.^{4,6)} 반면에 인쇄회로기판 도금공정이나 주석바렐도금 공정에서 주로 발생되고 있는 폐액의 경우 주석의 함량이 2 wt% 이하로 낮으며, 폐액내 다량의 유기물로 인해 일반적인 화학적 처리방법 또는 용매추출에 의해 주석을 회수하는데 어려움이 있다.

이에 대하여 전보에서 저농도 주석 도금폐액으로부터 Lewatit TP 207 및 Lewatit VPOC 1026 등의 이온교환수지를 사용하여 주석 도금폐액에서 주석 및 각 불순물의 분리 거동에 대한 기초 연구 결과를 보고한 바 있다.⁷⁾ 이 결과 이온교환수지를 이용하여 주석을 흡착시 Lewatit TP 207은 주석의 흡착율은 높았으나 불순물 제거율은 낮았고, 반면에 Lewatit VPOC 1026은 주석의 흡착율을 낮으나 불순물 제거율은 높다는 것을 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 각각의 이온교환수지의 특성을 조합하여 고순도 주석 용액으로 회수하는 최적 공정을 개발하고자 하였다.

한편, 이온교환수지를 이용하여 회수된 고순도 주석 용액으로부터 직접 금속으로 회수할 수 있는 기술로는 일반적으로 전해채취(electrowinning) 기술이 사용된다. 전해채취는 수용액 내 금속이 음극판에 전해 환원하여 금속을 석출시키는 기술로 사용되는 기술이다. 그러나 전해채취는 용액 내 금속이온의 농도가 높을수록 전류효율이 좋으며, 농도가 낮은 경우에는 금속의 전류효율이 낮아지는 단점이 있다. 이온교환수지를 사용하여 회수된 주석용액은 2 wt% Sn 이하의 저농도 용액으로 기존의 탱크식 전해채취 기술을 적용하여 주석 금속을 회수하는 데 어려움이 따른다. 따라서 저농도 금속용액으

로부터 금속을 효과적으로 회수할 수 있는 기술이 필요하다. 사이클론 전해채취방법은 주로 금, 은 및 백금 등의 귀금속 이온이 포함되어 있는 저농도(<1000 ppm)용액에서 금속으로 회수하는 방법으로 개발된 전해채취 기술이다⁸⁻⁹⁾. 이 방법은 기존의 전해채취 방법보다 용액의 내 금속이온의 빠른 순환으로 인해 저농도의 용액에서도 효과적으로 전해가 가능하다는 장점이 있다. 이에 대해서도 이미 전보에서 주석의 전해에 관한 기초 연구 결과를 보고한 바 있다.¹⁰⁾ 한편, Electrometals Technologies사에서 개발한 EMEW 기술도 이와 유사한 기술로서 귀금속 뿐만 아니라 구리, 니켈 및 코발트 등의 금속의 회수에 응용에 대한 일부 연구 보고는 발표되어 있다.¹¹⁻¹⁵⁾ 그러나 주석에 대한 적용 사례는 아직 보고되어 있지 않다.

따라서 본 연구에서 주석도금폐액으로부터 이온교환수지를 사용하여 불순물을 제거하여 주석용액을 회수하고, 회수된 주석용액을 사이클론전해채취를 이용하여 직접 금속주석으로 회수하기 위하여 Fig. 1과 같은 이온교환수지(IX)-사이클론전해(CYEW) 공정개발에 대한 기초 연구를 실시하였다.

2. 실험방법

2.1. 실험 재료

본 연구를 위해 사용된 폐액은 다량의 유기첨가제가 포함되어 있는 유기산 주석폐액으로 실제 업체에서 발생된 것을 입수하여 연구를 진행하였으며, 도금폐액의 조성을 Table 1에 나타내었다. 표에서와 같이 주석 도금폐액은 주석이 16 g/l 이었으며, 40,000 ppm 이상의 고농도의 유기 불순물 및 Fe, Zn, Na 등과 같은 금속 불순물이 포함되어 있다.

본 연구에서 사용된 이온교환수지는 Lanxess사 제품인 Lewatit TP 207 (iminodiacetic 계열) 그리고 Lewatit VPOC 1026 (ethylhexyl-phosphate 계열)를 사용하여

Table 1. Chemical composition of waste tin plating solution (unit: ppm)

Sn (%)	Fe	Zn	Na	Ca	Mg	Cu	Ni	Pb	TOC
1.58	5.7	1.2	25.0	17.1	5.4	5.1	118.2	29.0	43,272

주석 도금폐액으로부터 주석을 회수하고 불순물을 제거하는 용도로 사용되었다.

2.2. 실험 방법

실험순서로는 크게 주석 도금폐액으로부터 이온교환수지를 이용하여 주석을 흡착하고 불순물을 제거하는 단계와 이온교환수지를 수세하면서 유기불순물을 제거하는 단계, 이온교환수지를 재생하면하면서 주석용액을 얻는 단계, 주석용액을 사이클론전해채취를 이용하여 주석금속을 회수하는 단계로 나눌 수 있다.

이온교환수지에 의해 주석을 흡착하고 불순물을 제거하는 단계에서는 주석 도금폐액의 pH를 조절한 후 정량펌프를 이용하여 이온교환수지 컬럼으로 보내면 이온교환수지가 주석만을 흡착하고 용액은 통과시키는 방식으로 이온교환수지에 주석이온이 충분히 흡착 될 수 있도록 주석 도금폐액을 약 3시간 정도 순환시켰다. 수세 단계는 증류수를 사용하여 이온교환수지와 컬럼내 남아 있는 유기불순물 및 금속 불순물을 제거하고 다음으로 주석용액을 회수하는 탈착단계로 20 wt%의 H₂SO₄ 용액으로 이온교환수지 컬럼을 통과시켜 이온교환수지에 흡착된 주석을 탈착하여 주석용액으로 회수하였다. Fig. 2에는 본 연구에서 사용한 이온교환수지 실험장치 개략도를 나타내었다. 마지막으로 사이클론 전해채취 단계는 주석용액을 사이클론 전해채취 장치에 순환하면서 전류를 공급하여 주석금속을 회수하는 단계이다. Fig. 3는 사이클론 전해채취 장치를 나타낸 그림으로 지름 6.5 cm, 높이 13 cm 크기의 원통 실린더형으로 스테인레스 재질을 사용하여 제작하였다. 양극은 티타늄 금속 위에 IrO₂을 코팅한 불용성 양극을 실린더 중앙에 설치하였으며 음극의 경우는 티타늄 판재를 실린더 안쪽 내벽에 설치하여 사용하였다. 또한 주석은 사이클론 전해의 특성상 빠른 유속으로 인해 음극판의 주석이 분말상으로 석출되는 경향이 있어 실린더 원통의 하단에 여과필터를 설치하여 분말상의 침전된 주석을 회수하였다.

위 실험은 각 공정마다 시료를 채취하여 분석하였으며, 이때 용액 및 금속의 성분 분석은 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer : PerkinElmer, Optima-7300 DV)으로 측정하였고, 유기

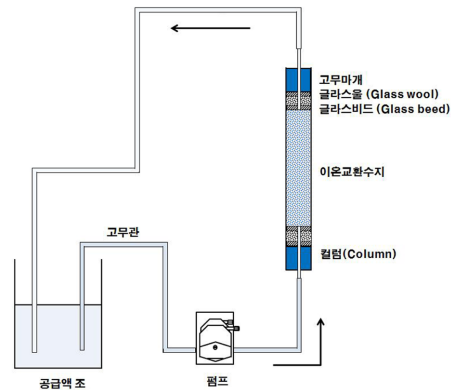


Fig. 2. Schematic diagram of ion exchange system

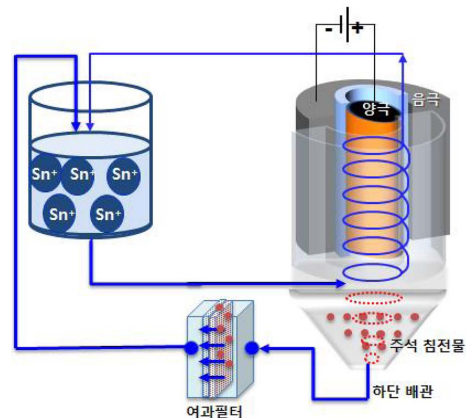


Fig. 3. Schematic diagram of cyclone electrolytic cell.

물은 TOC(Total organic carbon : Shimadzu, TOC-L CPH)를 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Lewatit TP 207 이온교환수지를 사용한 주석 도금폐액으로부터 주석용액 회수

주석 도금폐액으로부터 이온교환수지를 이용하여 주석을 흡착시 Lewatit TP 207은 주석의 충진률은 높으나 불순물 제거율이 낮다는 것을 이미 보고한 바 있다.⁷⁾ Lewatit TP 207을 사용하여 주석 도금폐액으로부터 주

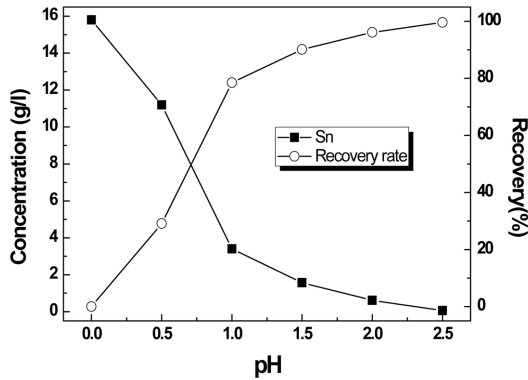


Fig. 4. Recovery percentage and concentration of Sn at various pH of the solution by Lewatit TP 207.

석을 회수하고 불순물을 제거하는 실험을 진행하였다. 주석 도금폐액의 pH를 각각 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 및 2.5로 조절하고 이온교환수지가 1,000 ml 충전된 컬럼층에 주석 도금폐액 1.0 L를 5 BV (bed volume)의 속도로 2시간 순환시켜 주석을 흡착시켰다. 주석이 흡착된 수지에 15 wt% H₂SO₄를 이용하여 흡착된 주석을 탈착시켜 주석용액을 회수하는 실험을 진행하였다. Fig. 4는 pH 변화에 따른 Lewatit TP 207의 주석의 농도 변화 및 회수율의 변화를 나타낸 그림이다. 그림으로부터 pH 0.5에서 Lewatit TP 207 이온교환수지의 주석 회수율은 29%로 회수율이 낮으나 pH 증가에 따라 회수율이 증가하여 pH 1.5 및 2.5에서의 주석의 회수율이 90% 및 99%로 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 이 결과 Lewatit TP 207 기능기의 이온교환수지를 이용하여 주석을 회수 시에는 주석 도금 폐액의 pH가 1.5 이상에서 90% 이상의 주석을 회수할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

Table 2는 pH 변화에 따른 주석 회수용액 내 주석 및 불순물 함량을 나타낸 표이다. 표에서 알 수 있듯이 pH가 증가할수록 주석의 회수율은 증가하나 회수된 주

석용액 내 불순물 함량 또한 증가하는 것을 알 수 있다. pH 0.5에서 회수된 주석용액 내 불순물은 Cu 1.8 ppm 및 Pb 1.0 ppm을 제외한 다른 불순물은 존재하지 않으나, pH가 1.0으로 증가시에는 불순물인 Cu, Ni 및 Pb가 각각 3.2, 1.3 및 1.2 ppm으로 미량 포함된 것을 알 수 있다. 그러나 pH 증가에 따라 불순물의 함유량은 증가하여 pH 2.5에서 회수된 주석 용액 내 불순물은 Fe, Cu, Ni 및 Pb가 2.0, 5.0, 52.5 및 12.0 ppm으로 크게 증가된 것을 알 수 있다. 이 결과로부터 Lewatit TP 207 수지는 우선적으로 주석을 흡착하나 pH가 증가할수록 Cu, Pb, Ni, Fe의 순으로 불순물의 농도가 증가하는 것을 알 수 있다. 주석 도금폐액의 pH를 0.5 이하로 조절하면 고순도의 주석용액을 회수할 수 있으나 주석의 회수율이 낮으며, pH 1.5 이상에서 주석의 회수율은 증가하나 주석 용액의 순도는 감소한다는 것을 알 수 있다. 따라서 Lewatit TP 207 사용 시 주석 회수율 및 불순물의 농도를 고려할 경우 pH 2.0이 적절하다고 생각되며, 이러한 조건에서 회수된 용액을 사용하여 추가적인 연구를 진행하였다.

3.2. Lewatit VPOC 1026 수지를 사용한 고순도 주석용액 회수

주석 도금폐액으로부터 이온교환수지를 이용하여 주석을 흡착시 Lewatit VPOC 1026은 주석의 충전율은 낮으나 불순물 제거율이 높다는 것을 이미 보고한 바 있다.⁷⁾ 그러나 이 경우 용액중에 불순물이 존재하기 때문에 고순도 용액으로 제조하기 위하여 2차 이온교환수지를 사용한 실험을 실시하였다. 실험용액으로 1차로 Lewatit TP 207 수지를 사용하여 주석 도금폐액의 pH를 2.0으로 조절하여 회수한 주석용액을 사용하였다. 이 용액의 pH를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 및 2.5으로 조절하고 각 1 L 주석용액을 Lewatit VPOC 1026 수지 1000 ml 충전된 컬럼층에 5 BV의 속도로 2시간 순환시켜 주석을

Table 2. Concentration variation of metal ions at various pH of the solution by Lewatit TP 207 (unit : ppm)

	Sn	Fe	Zn	Mg	Cu	Ni	Pb
Initial tin plating solution	15800	5.7	1.2	5.4	5.1	118.2	29.0
pH 0.5	4622	0.4	0.2	0.2	1.8	0.4	1.0
pH 1.0	12402	0.7	0.2	0.2	3.2	1.3	1.2
pH 1.5	14237	1.0	0.3	0.2	5.0	3.1	2.8
pH 2.0	15194	1.4	0.3	0.3	5.0	11.0	4.1
pH 2.5	15740	2.0	0.7	0.3	5.0	52.5	12.0

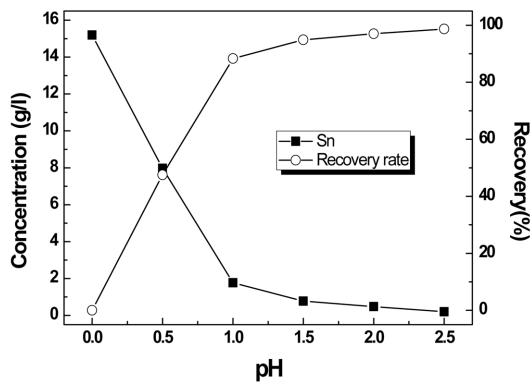


Fig. 5. Recovery percentage and concentration of Sn at various pH of the solution by Lewatit VPOC 1026.

흡착하였다. 다음에 20 wt% H_2SO_4 를 이용하여 이온교환수지에 흡착된 주석을 탈착함으로써 주석용액을 회수하는 실험을 진행하였다.

Fig. 5는 pH 변화에 따른 Lewatit VPOC 1026 수지에 의한 주석의 회수율을 나타낸 그림이다. 그림을 보면 pH 0.5에서 Lewatit VPOC 1026 수지의 주석 회수율은 47.5%로 다소 낮은 값을 보이나, pH가 증가할수록 회수율이 증가하여 1.5 및 2.5에서의 Sn 회수율은 95% 및 99%로 주석의 회수율이 급격히 증가하였다. 이 결과로부터 Lewatit VPOC 1026 기능기의 이온교환수지를 이용하여 주석을 회수시에는 용액의 pH가 1.5 이상에서 90%이상의 주석을 회수할 수 있다는 것을 알 수 있었다. Table 3는 pH에 따른 주석 회수용액 내 주석 및 불순물 함량을 나타낸 표이다. 표에서 알 수 있듯이 pH가 증가할수록 Sn의 회수율은 증가하나 회수된 주석용액 내 불순물 함량 또한 증가하는 것을 알 수 있다. pH 1.5 이하에서는 회수 용액내 모든 불순물이 1.0 ppm 이하로 제거되나 pH 2.0 이상에서는 Sn 이외에 Ni 및 Pb가 1.0 ppm 이상 함유됨을 알 수 있

다. 이러한 금속 불순물이 1.0 ppm 이상 포함되어 있을 시에는 전해채취 과정에서 금속 주석의 순도를 저하시킬 수 있기 때문에 1.0 ppm 이하로 제거하는 것이 바람직하며 이와 동시에 주석의 회수율이 95% 이상인 pH 1.5에서 회수한 용액이 가장 적절하다는 것을 알 수 있었다. 이 연구 결과로부터, 주석 도금폐액으로부터 주석 용액을 회수시 한가지의 이온교환수지를 사용하면 불순물을 모두 제거하기는 어려우나, Lewatit TP 207 및 Lewatit VPOC 1026 수지를 복합적으로 사용시 불순물을 모두 제거하여 고순도의 주석용액을 회수할 수 있었다.

3.3. 사이클론 전해채취를 이용한 주석 금속 회수

사이클론 전해채취는 위에서 언급한 바와 같이 저농도의 금속 이온이 함유되어 있는 용액으로부터 금속을 회수하는 기술로 본 연구에서는 주석 도금폐액을 pH 2.0으로 조절하여 1단계로 Lewatit TP 207 수지를 통과시켜 회수한 주석용액을 2단계에서 pH 1.5로 조절하여 Lewatit VPOC 1026 수지를 통과시켜 불순물이 모두 제거하여 정제한 고순도의 주석용액을 전해액으로 사용하였다. 실험방법으로는 고순도의 주석용액 10L를 Fig. 3과 같은 사이클론 전해채취조에 투입한 후 분당 20L의 속도로 순환시켰다. Fig. 6 및 Fig. 7은 전류밀도 변화에 따른 전해액 내 잔류하고 있는 주석의 농도 및 주석의 회수율을 나타낸 그림이다. 그림으로부터 전류밀도가 증가함에 따라 주석의 회수율이 증가하는 경향을 보이고 있으며 전류밀도 $1 A/dm^2$ 에서는 주석의 회수율은 시간이 경과함에 따라 증가하며 전해시간 10시간 후 주석의 전착 회수율은 57.2%이었고 이때 잔류하고 있는 용액 내 주석 농도는 $6.5 g/L$ 이었다. 전류밀도 $2 A/dm^2$ 에서는 전해시간 10시간 후 주석의 전착 회수율은 64.52%이었고 이때 잔류하고 있는 용액 내 주석 농도는 $5.4 g/L$ 이었다. 한편, 전류밀도 $3 A/dm^2$ 는 주석의 회수율은 시간이 경과함에 따라 증가하나 전해시간

Table 3. Concentration variation of metal ions at various pH of the solution by Lewatit VPOC 1026 (unit : ppm)

	Sn	Fe	Zn	Mg	Cu	Ni	Pb
Initial tin plating solution	15,194	1.4	0.3	0.3	5.0	11.0	4.1
pH 0.5	7,214	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	0.3
pH 1.0	13,422	0.4	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3
pH 1.5	14,421	0.5	0.3	0.3	0.7	0.9	0.5
pH 2.0	14,724	0.5	0.3	0.3	1.4	1.8	1.0
pH 2.5	15,003	0.5	0.3	0.3	2.6	4.8	1.8

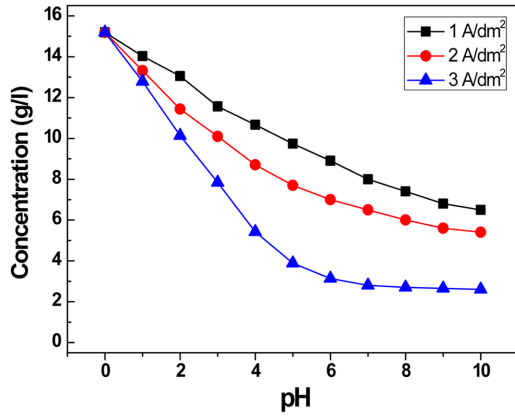


Fig. 6. Effect of current density on the recovery of tin.

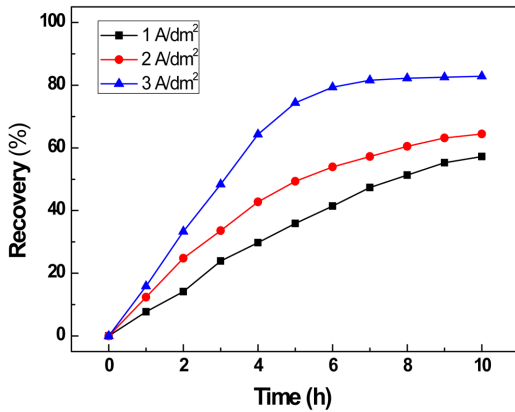


Fig. 7. Effect of current density on the recovery of tin.

5시간 이후에는 전해속도가 감소하는 것을 볼 수 있으며, 전해시간 10시간 후 주석금속으로의 회수율은 82.9%이었고 용액 내 잔류하는 주석 농도는 2.6 g/L 이었다.

한편, 전해시간이 경과함에 따라 전해속도 및 금속회수율이 감소하는 경향을 보이는데 이것은 주석의 경우에는 Sn²⁺와 Sn⁴⁺의 2가지 이온으로 존재하며, 자연상태의 Sn²⁺이온은 상대적으로 안정적인 Sn⁴⁺이온으로 변화하려는 경향이 있다. 사이클론전해채취의 경우 용액의 유속이 빠르기 때문에 Sn²⁺이온이 빠르게 Sn⁴⁺로 산화되는 것으로 생각된다. 따라서 Sn²⁺이온의 경우 금속으로 환원전위가 낮고(Sn²⁺/Sn의 SHE = -0.136V, Sn⁴⁺/Sn²⁺의 SHE = 0.151 V), 상대적으로 Sn⁴⁺의 환원전위가 높아 금속의 전착 회수율이 다소 감소됨을 알 수 있다. 또한 사이클론전해채취 후 남아있는 용액의 경우 무색인 Sn²⁺이 아닌 노란색인 Sn⁴⁺를 띠고 있는 것으로

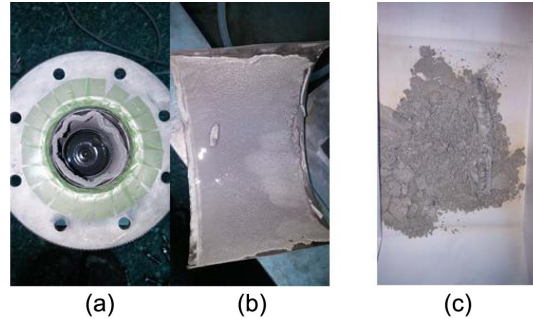


Fig. 8. Recovery of tin metal (Left-tin metal with cathode plate, right- dried tin metal)

Table 4. Chemical composition of recovered tin metal by cyclone electrowinning (unit : ppm)

Sn(%)	Fe	Zn	Mg	Cu	Ni	Pb
99.98	15	22	10	92	12	42

도 Sn⁴⁺로 산화되었음을 확인 할 수 있었다.

Fig. 8은 사이클론 전해채취를 이용하여 회수한 주석 금속을 나타낸 그림이다. 그림에서 왼쪽 (a)는 전해후의 전해조를 위에서 관찰한 그림으로 주석은 음극판과 전착력이 낮아 음극판과 전착된 주석캐소드 사이에 공간이 있는 것을 알 수 있으며, 그림 (b)는 전착된 주석 캐소드를 박리한 상태의 그림으로 일반 탱크식 전해조에서의 수지상형 결정과는 달리 판형상을 유지하였고, 이러한 판형상을 건조할 경우에는 오른쪽 그림(c)와 같이 쉽게 부서져 분말상으로 회수된다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 Kang 등¹⁰⁾의 연구결과와도 유사하고 또한 주석 외에 구리 등의 경우도 분말상으로 회수가 가능하다는 보고도 있다¹²⁾. 이와 같이 주석의 전해 회수시 주석 금속의 무른 성질 및 음극과의 낮은 전착력으로 인하여 전해채취시에 용액이 혼탁해질 수 있고 또한 순환 펌프에도 악영향을 미칠 수 있기 때문에 금속 주석을 여과할 수 있는 장치가 필요하다.

Table 4는 사이클론 전해채취를 이용하여 회수된 금속 주석의 성분을 나타낸 표이다. 표에서 알 수 있듯이 주석 순도가 99.98% 였고, 불순물로는 Fe 15 ppm, Zn 22 ppm, Mg 10 ppm, Cu 92 ppm, Ni 12 ppm, Pb 42 ppm이 함유되어 있었다.

4. 결 론

유기물이 다량 포함된 주석 도금폐액으로부터 고순도

의 주석금속을 회수하기 위한 실험으로부터 다음과 같은 결론을 얻었다. 주석이 16 g/l이며, 40,000 ppm 이상의 고농도의 유기 불순물 및 Fe, Zn, Na 등과 같은 금속 불순물이 포함되어 주석 도금폐액은 Lewatit TP 207 (iminodiacetic 계열)이온교환수지에 pH를 2.0으로 조절하여 통과 순환 후 회수되는 주석용액은 대부분의 금속불순물을 제거 가능하였으며, 주석의 회수율은 96%였다. 이 회수된 주석용액은 Lewatit VPOC 1026 (Di-2-ethylhexyl-phosphate 계열)이온교환수지에 pH를 1.5로 조절하여 통과 순환 후 회수되는 주석용액은 모든 금속불순물이 제거된 고순도의 주석용액을 회수할 수 있었으며 이때 주석의 회수율은 95%였다. 이렇게 회수된 고순도의 주석용액은 금속으로 소재화하기 위해 사이클론전해채취장치를 이용하여 금속으로 환원하였으며, 전류밀도 3ASD에서 주석금속의 회수율은 82%였으며, 99.98%의 순도를 가진 주석금속을 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20135010100720).

References

1. B. S. KIM and T. S. KIM and H. S. Lee, 2014 : Handbook of Korea rare metals 2014.
2. Sun, E. Y. L., 1991 "The recovery of metal from electronic scrap." JOM, **43**(4), pp.53-61.
3. Ki-Woong Lee et al., 2014 " Separation and recovery of tin indium from spent ITO sludge" J. of Korean Inst. of Resources Recycling, **23**(2), pp.53-60.
4. J. Y. Lee, 2004 "Method for Recycling Tin Oxide or Tin from Plating Tin Waste Liquid ," Kor. Patent, 10-2004-0107786.
5. Jae-Woo Ahn and Jae-Seong Seo, 2009 "Nitric acid leaching of electronic scraps and the removal of free nitric acid from the leaching solution for the recovery of copper and tin." J. of Korean Inst. of Resources Recycling, **18**(5), pp.44-51.
6. K. S. Ryu and J. S. Kim, 2007 "Method of Leaching from Sludge Contained Tin and/or Tin Oxide" Kor. Patent, 10-2007-0101110.
7. Gi-Wung Shin et al, 2015 : "Recovery of tin from waste tin plating solution by ion exchange resin" J. of Korean Inst. of Resources Recycling, **24**(3), pp. 51-58.
8. Soo-Kyung Kim et al, 2005 : " Electrowinning of Platinum using a modified cyclone reactor" J. of the Korean Society for Geosystem Engineering, **42**(1), pp. 35-44.
9. Soo-Kyung Kim et al, 2006 : " Hydrodynamic analysis for Electrowinning of Palladium using a modified cyclone reactor" J. of the Korean Society for Geosystem Engineering, **43**(3), pp. 250-257.
10. Myeong-sik Kang et al, 2016 : "Electrowinning of tin from acidic sulfate effluent using a cyclone electrolytic cell." J. of Korean Inst. of Resources Recycling, **25**(2), pp. 25-32.
11. P. A. Treasure, "Performance characteristics of the EMEW® Cell" Electrochemical Society Processing Volume 2003-18, pp. 367-378.
12. Wei Jin et al, 2015 : "Electrolytic recovery of bismuth and copper as a powder from acidic sulfate effluents using an emew® cell" RCS Advances, **5**(62), pp. 50372-50378.
13. V. Escobar, T. Treasure and R. E. Dixon, 2003 : "High current density emew copper electrowinning" Proceedings of the TMS Fall Extraction and Processing Conference, Chicago: The Minerals, Metals and Materials Society, pp.1369-1380.
14. Jeremy Robinson, Ian Ewart, Michael Moats and Shijie Wang, 2013 : "High Current Density Electrowinning of Nickel in EMEW® Cells" Ni-Co 2013, The Minerals, Metals & Materials Society, pp. 191-199.
15. GUO Xue-yi, SHI Wen-tang, LI Dong, TIAN Qing-hua, 2010 : "Recovery of copper and nickel from electroplating sludge by cyclone electrowinning" The Chinese Journal of Nonferrous Metals, **20**(12), pp. 2425-2430.

강 용 호

- 현재 인천화학(주) 부설연구소 소장
- 당 학회지 제 24권 3호 참조

신 기 웅

- 현재 인천화학(주) 부설연구소 선임연구원
- 당 학회지 제 24권 3호 참조

안 재 우

- 현재 대전대학교 신소재공학과 교수
- 당 학회지 제11권 6호 참조