

# 전해생성된 염소를 이용한 폐전자 기판의 침출 연구

김민석, 이재천, 정진기

한국지질자원연구원 자원활용소재연구부

Electrogenerated Chlorine Leaching of Electronic Scrap

Kim Min Seuk, Lee Jae Chun, Jeong Jin Ki

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

Minerals & Materials Processing Division

jcleee@kigam.re.kr

## 요 약

본 연구에서는 유기금속 성분이 약 45%인 폐인쇄회로기판을 사용하여 염산 용액에서 전해생성된 염소에 의한 침출 거동을 조사하였다. 폐인쇄회로기판내 유기금속 중 구리는 약 84%에 해당하였다. 전해생성된 염소에 의한 침출거동에 미치는 변수들의 영향을 조사한 결과 염소의 전해생성 및 교반에 의한 용액으로의 용해 및 혼입 단계가 침출율에 가장 큰 영향을 주었다. 염산농도 1M, 전류밀도 20 mA/cm<sup>2</sup>, 교반속도 600 rpm, 용액온도 50℃의 조건에서 99%의 침출율을 얻었다. 전해생성된 염소의 침출반응 이용율은 교반속도가 높고 전류밀도가 낮을수록 높아졌다. 반응 초기에는 알루미늄, 납, 주석 등 시료내 기타 금속성분들의 침출이 주로 일어났으며, 이러한 반응이 둔화됨에 따라 구리의 침출이 증가하였다.

주제어 : 전해생성, 염소, 폐인쇄회로기판, 침출

## Abstract

Electrogenerated chlorine leaching of used printed circuit board was investigated in hydrochloric acid solution. The used printed circuit board contained about 45% of metal component, in which copper was about 84%. The leaching rate was greatly effected by current density and agitation. Utilization of electrogenerated chlorine was enhanced by increasing agitation and lowering current density. Leaching of copper was suppressed, while the minor metal elements, such as aluminum, lead, and tin, dominated the leaching at the initial stage.

key words: electrogeneration, chlorine, printed circuit board, leaching

## 1. 서 론

최근들어 IT 산업의 비약적인 발전과 함께 정보통신 기기의 생산 및 수요가 급증하고 있으며, 이에 따라 폐전자기판의 발생도 증가하고 있는 추세이다. 일례로 폐PC의 추정배출량은 2000년 약 827 천대에서 2005년 2,301 천대로 급증한 것으로 조사되었다.<sup>1)</sup> 이들의 구성부품 중 주요 리사이클링 대상으로 통상 인쇄회로기판이라고 불리는 PCB 기판은 정보통신기기의 종류에 따라 다르지만 구리, 알루미늄, 철, 니켈, 납, 주석, 아연, 금, 은, 팔라듐 등의 유가금속들이 포함되어 있다.<sup>1)</sup> 본 연구에서는 이러한 폐인쇄회로기판의 재자원화를 위한 고효율의 습식처리기술 개발을 목표로 전해생성된 염소에 의한 유가금속의 침출 거동을 조사하였다. 전해생성된 염소를 이용한 침출은 염소를 전해생성함과 동시에 용해시켜 침출제로 사용하고 추가적인 염소원의 공급이 필요없는 장점이 있다. 이러한 전해생성된 염소에 의한 페프린터 인쇄회로기판 침출시 실험 변수들의 영향을 체계적으로 조사하였다.

## 2. 실험방법

페프린터 인쇄회로기판의 분쇄 및 자력선별을 통해 크기 0.6~1.2 mm 사이의 비자성 시료를 준비하였다. 전해생성된 염소에 의한 상기 시료의 침출거동 조사를 위해 고순도 흑연 재질의 산화전극과 환원전극이 장착되고 음이온교환막으로 분리된 전해침출 장치를 구성하였다. 산화전극이 장착된 아크릴 침출조의 용량은 400 ml이고 용액교반을 위해 테프론 재질의 교반봉을 설치하였다. 또한 용액의 온도를 조절하기 위하여 자동온도조절기가 내장된 항온조를 사용하였다. 전해침출에는 전해액과 전해생성에 필요한 염소이온의 공급원 역할을 동시에 할 수 있는 염산 용액을 사용하였다. 용액을 교반중인 침출조 내에 시료 10g을 장입후 전원공급기를 이용하여 산화전류를 인가하였으며, 일정시간 간격으로 용액을 소량 채취하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Jobin Yvon JY 38plus) 분석을 실시하였다. 침출율은 침출잔사를 초순수로 세척, 건조후 무게를 칭량하고 초기 투입 시료량과의 차이로부터 계산하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

본 실험에 사용된 페프린터 인쇄회로기판 시료의 금속성분은 평균 45%로서 약 5% 변동을 보였으며, 표 1은 시료의 금속성분에 대한 주요 원소의 평균 함량비를 백분율로 나타낸 것이다. 구리가 83.6%로 금속성분중 주된 원소임을 알 수 있다. 이로부터 침출실험에 사용된 일회 시료량내의 구리 평균 함량은 3.8g 정도임을 알 수 있다.

Table 1. Composition of metal part in sample

Element	Cu	Al	Pb	Zn	Sn	Others
Weight Percentage	83.6	11.2	2.6	2.0	0.5	0.1

그림 1은 인가 전류밀도에 따른 전해액내 구리 이온의 농도 변화를 나타낸 것이다. 침출조건은 염산 1M, 400rpm, 50°C이었다. 전류를 인가함에 따라 전해액내 구리이온의 농도가 높아지기 시작하였고 전류밀도가 높아짐에 따라 구리이온 농도 증가의 시점과 속도가 빨라졌다. 전해생성된 염소는 용액의 교반에 의해 전해액속으로 빠르게 이동, 용해되고 시료에 함유된 구리와 반응하여 강력한 산화제로 작용한다. 인가 전류의 증가는 염소의 생성량을 증가시키는 것으로 그림 1의 결과는 용액내에 용해되어 산화제로 작용하는 염소의 농도가 높아지는 것에 비례하여 구리의 침출속도가 증가하는 것을 나타낸다. 상기의 조건에서 시료내 침출성분의 침출율은 전류밀도가 5, 10, 20, 40 mA/cm<sup>2</sup>로 높아짐에 따라 29, 64, 99, 100%로 높아졌다.

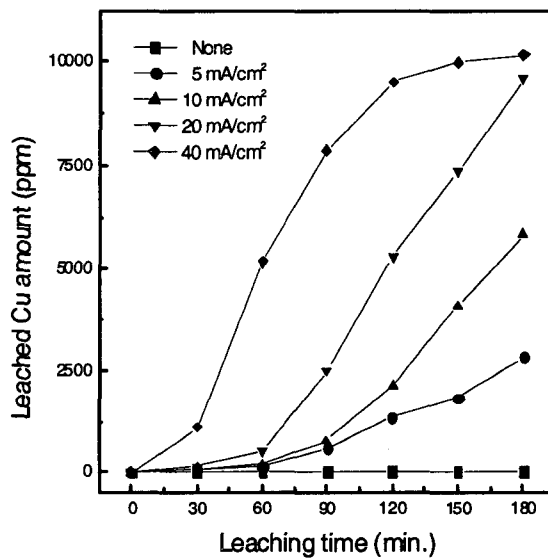


Fig. 1. Leached Cu amount vs. leaching time as a function of current density in 1M HCl solution. (50 oC, 400 rpm)

그림 2는 염산 1M, 10 mA/cm<sup>2</sup>, 50°C의 조건에서 교반속도에 따른 구리의 침출율을 나타낸 것이다. 전해생성된 염소가 구리의 침출반응에 사용되기 위해서는 전극표면에서 생성된 후 용해, 및 물질이동을 통하여 시료내에 포함된 구리와 접촉하여야 한다. 이러한 접촉의 기회는 동일 염소 농도에서는 용액내 물질 이동이 활발할수록 증가하게 된다. 이러한 물질이동이 차단된 상태에 해당하는 교반이 없을 때는 180분 경과시 침출된 구리량이 80mg으로 거의 침출되지 않았다. 그러나 교반속도가 점차 높아짐에 따라 구리의 침출율이 증가하기 시작하여 600rpm에서는 180분 경과시 90%의 구리가 침출되었다. 상기의 조건에서 시료내 침출성분의 침출율은 교반속도가 200,

400, 600 rpm으로 높아짐에 따라 60, 64, 83%로 높아졌다.

그림 3은 염산 1M, 10 mA/cm<sup>2</sup>, 400rpm의 조건에서 용액온도에 따른 구리의 침출율 변화를 나타낸 것이다. 90분 이전에는 온도가 낮은 경우에 구리의 침출율이 다소 높았으나 90분 이후부터는 온도가 높아질수록 구리의 침출율이 높은 경향을 나타내었다. 온도 상승에 따른 초기 구리 침출량의 저하는 약 14%에 해당하는 기타 금속성분과 침출된 구리와외의 세멘테이션 반응이 온도 증가에 따라 활발해진 결과로 생각된다. 상기의 조건에서 시료내 침출성분의 침출율은 염산 용액의 온도가 20, 30, 50℃로 높아짐에 따라 46, 52, 63%로 높아졌다.

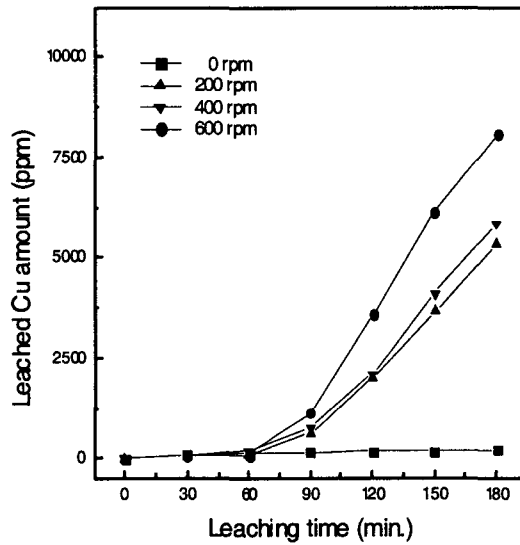


Fig. 2. Leached Cu amount vs. leaching time as a function of agitation speed in 1M HCl solution. (10 mA/cm<sup>2</sup>, 50 °C)

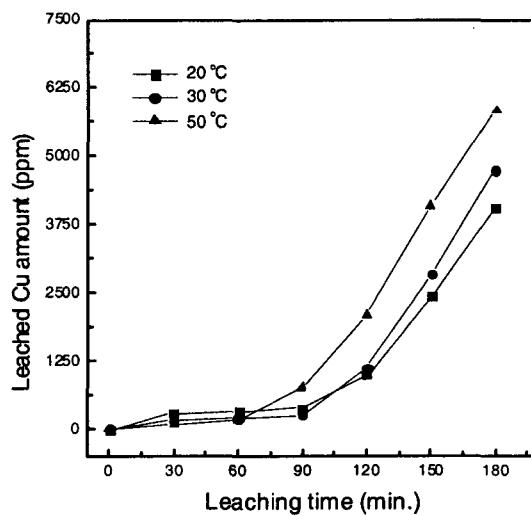


Fig. 3. Leached Cu amount vs. leaching time as a function of temperature in 1M HCl solution. (10 mA/cm<sup>2</sup>, 400rpm)

#### 4. 결 론

전해생성된 염소를 이용한 페프린터 인쇄회로기판의 침출은 전류밀도와 교반속도에 큰 영향을 받았다. 반응 초기에는 페프린터 인쇄회로기판 내의 기타 금속성분이 주로 침출되었으며, 이러한 반응이 둔화됨에 따라 구리의 침출량은 점차 증가하였다. 특히 반응 초기 구리의 침출량은 온도가 증가함에 따라 더욱 낮아졌다. 염산 농도 1M, 교반속도 600rpm, 전해액 온도 50℃의 조건에서 180분 경과시 시료내 유가금속성분의 99%가 침출되었다.

#### 참고문헌

1. 이재천, 2004: “전자제품 재활용”, 리사이클링백서, 산업폐기물재활용기술개발산업단, 한국자원리사이클링학회, pp. 546-578, 청문각, 서울, 한국.