

# Thiourea 용액으로부터 금의 고속 전해채취

이종호<sup>1)</sup>, 남철우<sup>2)</sup>, 이철경<sup>1)</sup>

금오공과대학교 신소재시스템공학부<sup>1)</sup>

한국지질자원연구원 자원활용소재연구부<sup>2)</sup>

## High-speed Gold Electrowinning from Thiourea Solution

Jong-Ho Lee<sup>1)</sup>, Chul-Woo Nam<sup>2)</sup>, Churl-Kyoung Lee<sup>1)</sup>

School of Materials Science and System Engineering, Kumoh National Institute of Technology<sup>1)</sup>

Minerals & Materials Processing D, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources<sup>2)</sup>

### 초 록

Thiourea 용액에서 금의 고속 전해채취를 위해 사이클론 전해조를 사용하여 금의 회수에 대한 연구를 수행하였다. 금 전해채취의 전해거동을 알기 위해 전해질의 유속, 인가전압, 초기 농도 등의 변수에 대한 실험을 하였다. 기초실험을 통하여 얻은 최적조건 조업하에서 2시간 이내에 전해액 중에 존재하는 99%이상의 금을 회수할 수 있었다.

### 1. 서 론

최근 전자산업 및 정보통신의 발달로 귀금속의 사용량은 계속 증가하고 있는 추세이다. 이에 저품위 금광의 제련기술과 함께 새로운 회수 기술에 대한 활발한 연구가 진행되었다. [1 - 3] 그 중 사이클론을 이용한 유가금속의 고속 전해채취는 기존의 재래식 전해회수 방법에서 문제시된 긴 공정시간과 낮은 전해채취 효율, 복잡한 후처리 공정을 개선의 문제점을 해결할 수 있었다. [4 - 5]

본 실험에서는 티오요소를 포함한 용액으로부터 회전원판전극을 사용하여 금의 전기화학적 거동을 조사하고, 사이클론 전해조를 사용하여 금의 고속전해채취를 위한 최적조건을 찾는 데 그 목적이 있다.

### 2. 이 론

회전원판 전극 실험에서 용액을 교반시켜 주면 그 만큼 확산층의 두께가 줄어들게 되어 전류가 증가하게 된다. 이 때 원판의 회전수가 증가할수록 전류는 많이 흐르게 되고 과전압은 조금씩 감소하게 된다. 그러므로 실제 조업에서 용액을 교반시켜 주게 되면 목적으로 하는 금속의 회수율을 증가하게 된다. [6]

사이클론을 이용한 금속의 전해채취는 위의 실험결과를 바탕으로 하여 반응조내의 유체의 흐름을 난류화시켜 빠른 시간내에 목적으로 하는 금속을 회수하는걸 기본 원리로 한다. 사이클론은 본체에 원통부와 원추부로 이루어져 있고, 전해액은 원통부와 측벽의 접선방향으로 일정한 초속으로 공급된다. 이것에 의해서 사이클론의 내부에 와류가 생기게 되어 전해액은 원심력에 의해서 사이클론 반응조내를 선회하게 된다. 이때 사이클론 내부의 전극에다 일정한 전압을 걸어주게 되면 전해액내의 금속이온은 음극에서 전기분해가 일어나 환원되고 반응 후 전해액은 사이클론 원추부의 위아래로 배출된다. 사이클론내에서 금속의 전해채취는 고속으로 일어나기 때문에 목적으로 하는 금속이온의 완전 회수하기까지는 위의 반응을 수없이 반복하게 된다. [7 - 8]

### 3. 실험방법

#### 3-1 회전원판 전극실험

전형적인 삼전극계(타이타늄 회전원판전극, 비정질탄소 대극, 포화 칼로멜 전극)를 5구 플라스크에 장착시키고 EG&G model 273 potentio/galvanostat 와 EG&G rotator 를 사용하여 분극곡선을 관찰한 후 티오요소와 황산철을 포함한 용액에서의 금의 기본적인 전기화학적 거동을 알아보았다. 본 연구에서 기재되는 모든 전위값은 포화 칼로멜 표준전극을 기준으로 하였다.

#### 3-2 사이클론 고속 전해채취 실험

사이클론을 이용한 금의 고속 전해채취 실험에서 양극은 면적을 늘릴 수 있는 튜브형태의 흑연을 양극으로 하였고, 음극은 내경 25mm, 높이 20mm의 원통형 타이타늄을 사용하였다. 직류 전압 공급기를 전극에다 연결하여 일정한 전압을 걸어주었으며, 전해질을 담고있는 전해조는 유속을 조절하기 위해 로터리 펌프와 연결하였다. 이때 유속은 유속계로 측정하였다. 모든 실험은 정전압 조건하에서 수행되었으며, 용액중의 금의 농도 변화를 관찰하기 위해 용액 샘플을 주기적으로 채취하여 원자흡광분광분석(GBC904 AA)과 결합유도플라즈마 분광분석(ICP-1000IV, Shimadzu)로 전해액중의 금이온 농도를 분석하였다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4-1. 환원 분극 거동

티오요소와 황산철을 포함한 금의 전착은 다음과 같다.

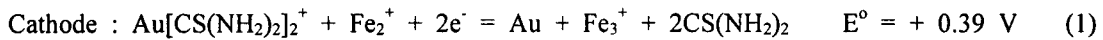


Fig. 1에는 상온의 전해액에서 전극의 회전수에 변화에 따른 환원분극곡선을 나타내었다. -0.35 V에서 -0.43 V사이에서 금 전착의 한계전류밀도가 관찰되었다. -0.6 V이하에서 관찰되는 반응은 환원된 금에 역시 환원된 수소가 환원되는 반응으로 보인다.[7] 그림에서 보는 바와 같이 회전원판의 회전수가 증가함에 따라 확산층의 두께가 줄어들어 전류가 증가하게 되고 증가된 전류에 의해서 과전압이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 2는 금의 전착시 pH의 영향을 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이 환원분극 거동은 용액의 pH에 따라서는 어떤 경향성을 볼 수 없었다. 이 결과 100ppm 정도의 낮은 농도에서는, 금의 환원거동은 수소이온의 농도가 거의 영향을 미치지 않고 음극으로의 확산에 의해 지배 되는 것으로 확인할 수 있다.

#### 4-2. 사이클론 전해조에 의한 금의 전해회수

상온에서 사이클론 전해조를 사용하여 금의 전해회수를 수행하였다. Fig. 3에는 인가전압 2.0 V, pH 2.0 의 조건하에서 전해질의 유속에 따른 용액중의 금 이온의 농도 변화를 나타내었다. 유속이 증가함에 따라 금 이온의 농도가 감소속도가 증가하는 것은 확인할 수 있었는데, 유속의 증가 범위가 작아서 금 농도의 뚜렷한 감소속도를 관찰할 수 없었다.

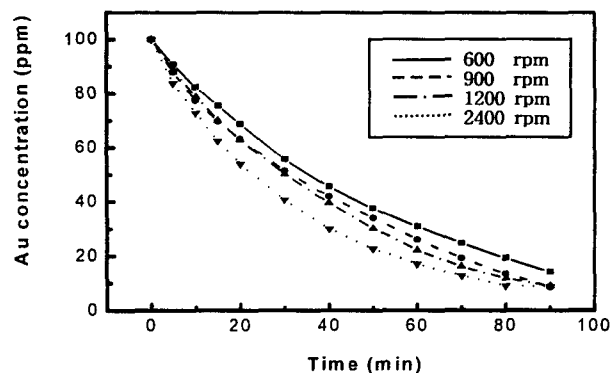


Fig. 1. Cathodic polarization curves with a variation of the rotating speed;  
 $C_{Au^+} = 100$  ppm, pH = 2.0, room temperature, 900 rpm

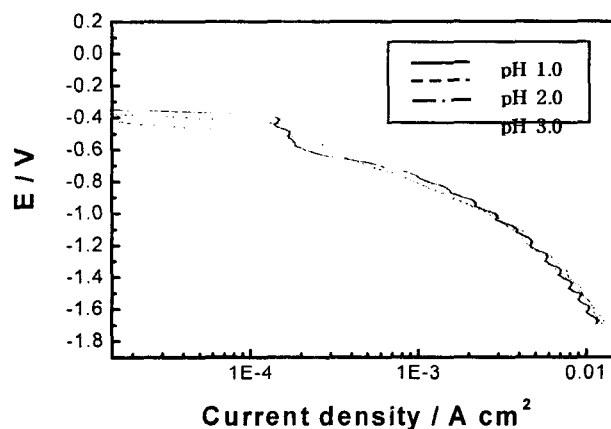


Fig. 2. Cathodic polarization curves with a variation of pH;  
 $C_{Au^+} = 100$  ppm, room temperature, 900 rpm

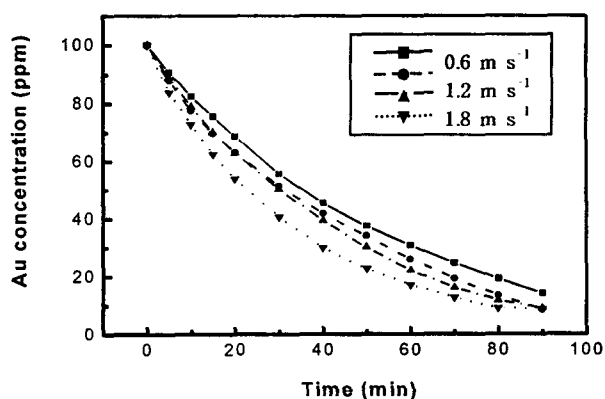


Fig. 3. Effect of flow rate on the recovery of gold;  $C_{Au^+} = 100$  ppm,  
 applied voltage = 2.0V, pH = 2.0, room temperature, 900 rpm

Fig. 4는 유속  $3\text{ms}^{-1}$ , pH of 2.0의 조건하에서 인가전압의 변화의 영향을 살펴보았다. 인가 전압이 4.0 V인 경우 2시간 후에 99%이상의 회수율을 보인 반면 인가전압이 1.5 V, 2.0 V, 2.5 V일 때는 2시간이 지난 후에도 회수율이 90%밖에 되지 않은 것을 확인할 수 있었다. 그리고 후자의 경우 초기 금 회수 속도는 인가전압이 높을수록 빠른 것으로 나타났다.

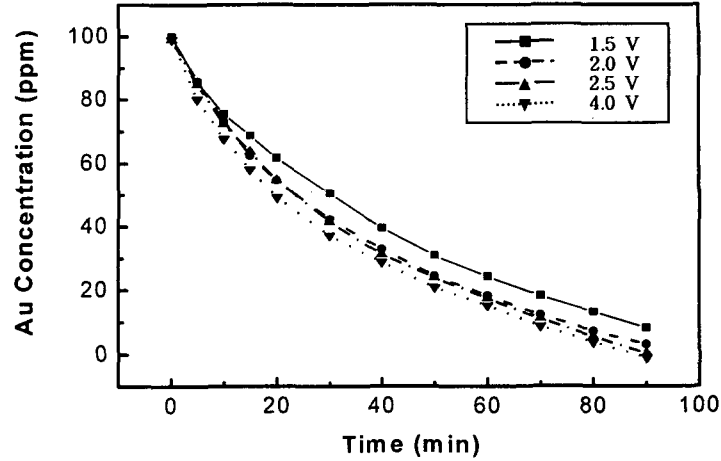


Fig. 4. Effect of applied voltage on the recovery of gold;  $C_{\text{Au}^+} = 100 \text{ ppm}$ , linear solution velocity =  $3 \text{ m s}^{-1}$ , pH = 2.0, room temperature, 900 rpm

Fig. 5는 용액중에 금의 초기 농도에 따른 금 이온 농도 변화를 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 초기농도가 100 ~ 990ppm사이에서 초기농도에 상관없이 2시간이내에 99%이상 회수가 되었다. 따라서 초기농도를 증가시킬수록 회수효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

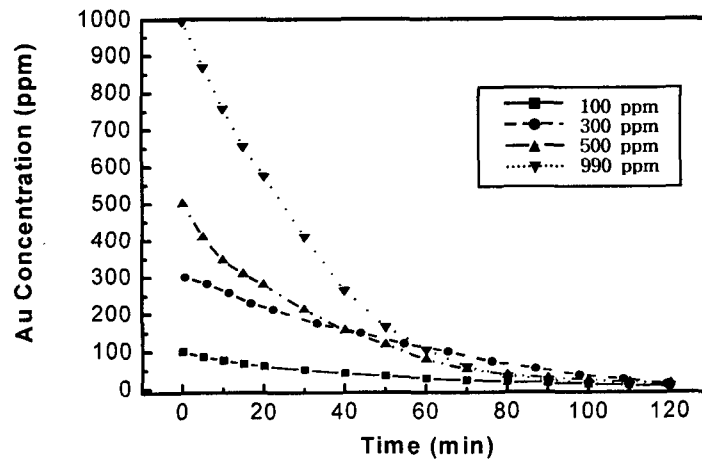


Fig. 5. Effect of initial concentration on the recovery of gold; Applied voltage = 2.0 V linear solution velocity =  $3 \text{ m s}^{-1}$ , pH = 2.0, room temperature, 900 rpm

## 5. 결 론

Thiourea 침출용액에서 금을 효율적으로 회수하기 위하여 고속 전해채취에 대한 연구를 수행하였다. 전해조건에 대한 기초연구와 난류형 사이클론 전해조를 이용한 금 전해채취의 전해거동에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 전극의 회전수에 변화에 따른 환원분극곡선에서  $-0.35\text{ V}$ 에서  $-0.43\text{ V}$ 사이에서 금 전착의 한계전류밀도가 관찰되었다. 회전원판의 회전수가 증가함에 따라 확산층의 두께가 줄어들어 전류가 증가하게 되고 증가된 전류에 의해서 과전압이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 금의 환원거동이 수소이온의 농도보다 음극으로의 확산에 의해서 지배되는 것을 확인할 수 있었으며, 실제 조업에도 용액을 교반시켜 주면 금의 환원속도의 증가를 기대할 수 있었다.
- 2) pH에 따른 환원 분극 곡선에서는 어떤 경향성을 볼 수 없었다.
- 3) 인가전압의 변화에 따른 금의 회수는 전압이  $4.0\text{ V}$ 일 때에 2시간 후 99%이상의 회수율을 보인 반면 인가전압이  $1.5\text{ V}$ ,  $2.0\text{ V}$ ,  $2.5\text{ V}$ 일 때는 2시간이 지난 후에도 회수율이 90%밖에 되지 않은 것을 확인할 수 있었다.  $4.0\text{ V}$ 를 제외한 나머지 전압의 경우 인가전압에 따른 뚜렷한 회수율의 차이를 관찰할 수 없었다.
- 4) 사이클론 실험에서 전해액의 유속을 증가시킴으로써 금이온 농도의 감소속도가 증가하였다. 그러나, 유속의 증가 범위가 작아서 금 농도의 뚜렷한 감소속도는 관찰할 수 없었다.
- 5) 금의 초기 농도에 따른 금의 회수는 농도에 상관없이 2시간 이내에 99%이상 회수가 되는 확인할 수 있다. 따라서 초기농도를 증가시킬수록 회수효율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

## 6. 참고문헌

- [1] H. K. Lin, Z.M. Zheng, 1996 : Electrochemical oxidation of arsenopyrite in chloride solutions, Hydrometallurgy, 42, pp411-424.
- [2] M. Chatelut, E. Gobert, O. Vittori, 1996 : Electrochemical behaviour of zirconium electrodes in acidic medium and their applications to electrowinning of copper from dilute solutions, Hydrometallurgy, 43, pp287-298.
- [3] B. Chatterjee, 1996 : Electrowinning of gold from anode slimes, Materials Chemistry and Physics, 45, pp27-32.
- [4] M. Igesias, E. Antico, V. Salvado, 1999 : Recovery of palladium(II) and gold(III) from diluted liquors using the resin duolite GT-73, Analytica Chimica Acta, 381, pp61-67.
- [5] E. T. Kang, Y. P. Ting, K. G. Neoh and K. L. Tan, 1995 : Electroless recovery of precious metals from acid solutions by N-containing electroactive polymers, Synthetic Metals, 69, pp477-478.
- [6] Y-U. Kim et al., 2002 : Electrowinning of palladium using a modified cyclone reactor, Journal of Applied Electrochemistry, 32, pp1235-1239.
- [7] Liang-Yin Chu, Wen-Mei Chen, Xiao-Zhong Lee, 2002, Enhancement of Hydroclone performance by controlling the inside turbulence structure, Chemical Engineering Science, 57, pp207-212.
- [8] S. Ubaldini, P. Fornari, R. Massidda, C. Abbruzzese, 1998, An innovative thiourea gold leaching process, Hydrometallurgy, 48, pp113-124.