

망간단괴 매트상 모의 침출용액으로부터 용매추출-전해채취 공정에 의한 구리의 회수

김현호 · *박경호 · 남철우 · 윤호성 · 김민석 · 김철주 · 박상운

한국지질자원연구원, 제련연구실

Recovery of Copper from Synthetic Leaching Solution of Manganese Nodule Matte by Solvent Extraction-electrowinning Process

Hyun-Ho Kim, *Kyung-Ho Park, Chul-Woo Nam, Ho-Sung Yoon, Min-Seuk Kim,
Chul-Joo Kim and Sang-Woon Park

Extractive metallurgy department, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon, 305-350, Korea

요 약

망간단괴 매트상 침출액 조성으로 제조된 모의 용액(Cu 10.5 g/L, Co 2.0 g/L, Ni 15.0 g/L, Fe 0.2 g/L)으로부터 용매추출-전해채취 연속공정을 통해 구리를 분리·회수하기 위하여 규모 확대용 용매추출장치인 6단 혼합-침강기(mixer-settler : 추출 4단, 탈거 2단)와 전해조를 이용하였다. 용매추출의 경우 추출제로는 40%(v/v)의 LIX 84I, 탈거용액은 전해폐액(Cu 35.0 g/L, H₂SO₄ 180 g/L)을 사용하였으며 추출단과 탈거단의 O/A 비는 각각 1/1과 1.5/1 이었다. 용매추출공정의 구리의 추출율과 탈거율은 각각 96.7%와 91.0%이였으며 탈거액(전해액)의 구리, 니켈, 코발트 그리고 철의 농도는 각각 50-51 g/L, 25 ppm, 5 ppm 그리고 3 ppm 이었다. 전해채취공정은 1.50 A/dm²의 전류밀도에서 98.9%의 전류효율을 나타내었으며, 99.833% 순도의 금속 구리를 얻었다.

주제어 : 망간단괴, 구리 회수, 용매추출, 전해채취

Abstract

A scale-up test with a continuous solvent extraction and electro-winning system was carried out to separate and recover copper from a synthetic sulfuric acid solution (Cu 10.5 g/L, Co 2.0 g/L, Ni 15.0 g/L, Fe 0.2 g/L). The solution was introduced into mixer-settlers with four stages of extraction and two stages of stripping for continuous countercurrent solvent extraction to separate copper from nickel and cobalt. The loading was carried out using 40% LIX 84-I(v/v) as extractant with a phase ratio of A : O = 1 : 1. Meanwhile, the stripping was undertaken at a phase ratio of A : O = 1 : 1.5 using depleted electrolyte containing 35.0 g/L Cu and 180 g/L H₂SO₄ as stripping solution. The extraction and stripping efficiencies were found to be 96.7% and 91.0%, respectively. The copper composition of the stripped solution (pregnant electrolyte) was 50.0 g/L Cu with impurities of 25 ppm nickel, 5 ppm cobalt and 3 ppm iron. In the electro-winning process, copper metal of 99.833 purity was yielded with current efficiency of 98.9% and current density of 1.50 A/dm².

Key words : Manganese nodules, Copper recovery, Solvent extraction, Electro-winning

· Received : January 14, 2016 · Revised : February 3, 2016 · Accepted : February 12, 2016

*Corresponding Author : Kyung Ho Park (E-mail : khpark@kigam.re.kr)

Extractive Metallurgy Department, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources, 124 Gwahang-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34132, 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.

1. 서 론

인류의 공동유산으로 일컬어지고 있는 심해저 망간단괴는 망간을 주성분으로 구리, 니켈 그리고 코발트 등의 유가금속들이 함유되어 있는 복합산화광물이다^{1,2,3}. 망간단괴의 제련방법 중에 환경 친화적이면서 망간의 회수 공정이 용이한 용융환원-침출법은 가장 유망한 공정으로 알려져 있으며^{4,5}, 한국지질자원연구원에서는 이 방법을 통한 망간단괴 제련에 대해 연구 중에 있다. 이 용융환원-침출법은 망간단괴를 선택적으로 환원용융하여 구리-니켈-코발트-철계 합금상을 제조한 후 이들 금속의 침출을 용이하게 하기 위하여 황을 첨가하여 매트상으로 만든 다음 황산을 사용하여 고온고압하에서 침출시킨다^{6,7}. 이 침출액의 조성은 구리 10.5 g/L, 니켈 15 g/L, 코발트 2.0 g/L, 철 0.2 g/L이며, 이 용액으로부터 구리, 코발트, 니켈은 용매추출-전해채취 공정을 통해 분리 회수 된다. 구리를 선택적으로 분리하는 일반적인 방법은 H₂S, Na₂S 또는 NaHS등을 이용하여 CuS로 선택적으로 침전시키는 것이다⁸. 그러나 이 방법은 회수된 CuS의 재용해, H₂S 유해가스 사용 등의 문제점이 있다. 용매추출법은 이러한 문제점들을 해결하고 전해채취 공정과 조합하여 연속공정을 운용할 수 있다는 장점 때문에 널리 연구 되어졌으며, 구리의 퇴적침출(heap leaching) 제련공정에서 이미 상용화 되어 있다⁹. 저자들은 망간단괴 침출용액으로부터 구리를 용매추출 방법에 의하여 선택적으로 분리 하는 연구를 이미 보고하였다.^{10,11}

본 연구에서는 기존 연구결과를 토대로 망간단괴를 380 kg/day을 처리할 수 있는 규모 확대용 실험 장치를 제작하여, 용매추출-전해채취의 연속공정을 통해 망간단괴 매트상의 황산 침출모의용액으로부터 구리를 선택적으로 분리, 회수를 위한 실험을 행하였다.

2. 실험방법

2.1. 시료

본 실험에 사용한 구리 공급용액은 EP (Extra pure) 급 시약들을 사용하여 망간단괴 매트상 침출용액의 조성(Cu 10.5 g/L, Co 2.0 g/L, Ni 15 g/L, Fe 0.2 g/L)과 동일하게 합성하여 사용하였으며, 추출제인 LIX-84I (BASF Co.)는 EXXSOLD-80(Hosung Chemec. Co., LTD.)으로 희석하여 사용하였다.

2.2. 실험장치

망간단괴를 380 kg/day 처리 할 수 있게 용매추출용 혼합-침강기와 전해채취용 전해조를 제작하였다. 혼합기와 침강기 그리고 전해조의 용량은 각각 2 L와 8.8 L 그리고 70 L이며, 용매추출 각 단계는 pH 미터를 설치하여 실시간으로 pH를 측정할 수 있도록 하였다. 설치된 혼합-침강기, 전해조, 저장조, 파이프라인의 재질은 모두 폴리프로필렌(polypropylene) 이었다. 전해조에는 셀 전방에서 공급된 전해액이 목표량의 구리를 채취 할 충분한 시간동안 셀 내에 체류 할 수 있도록 음극 10장(304 STS, 15 cm × 22.5 cm × 0.2 T), 양극 11장(Pb-Sb 5%, 15 cm × 22.5 cm × 0.5 T)을 일정간격(5.3 cm)으로 두고 배열하였고, 전해액 온도를 조절하기 위해 히터를 바닥을 따라 길게 배치하였다. 한편 용매추출-전해채취 연속공정 실험을 진행할 때 중요한 조건인 유량을 일정하게 유지하기 위해 모든 용액의 공급 펌프는 무맥동 정량펌프(BMC-040L cheon-sei Co.)를 사용하였고, 또한 이 유량을 확인할 수 있게 모든 수상용액라인에는 전자 유량계(Converter for electromagnetic flowmeter, AMC3100-AC-CP-NN-NN-NN, MNC korea Co., LTD.), 유기상 용액라인에는 추출제의 특성(밀도, 점도)에 맞는 열 질량 유량계(Thermal mass flowmeter, 600-9/9500P, MNC korea Co., LTD.)를 설치하였다. 한편 유량계를 통해 실시간으로 나타내는 유량은 무맥동 정량펌프와 유량계를 통신으로 연결하고 PLC (Programmable logic controller)프로그램을 통해 일정한 유량을 유지할 수 있게 하였다. Photo 1과 Photo 2는 본 실험에 사용한 혼합-침강기와 전해채취조의 모습이다.



Photo 1. Mixer-settler for scale up test.



Photo 2. Electro-winning cell for scale up test.

2.3. 실험방법

망간단과 매트상 침출용액으로부터 향류(counter current) 용매추출과 전해채취 연속공정을 통해 구리를 회수하는 실험을 행하였다. 용매추출 공정의 경우 추출단은 4단으로 진행 하였으며, 수상과 유기상의 비율은 1:1, 추출제는 EXXSOLD-80에 40%(v/v)로 희석한 LIX-84-I, 구리 공급용액은 구리 10.5 g/L, 니켈 15.0 g/L, 코발트 2.0 g/L, 철 0.2 g/L의 조성을 갖는 황산염 용액이었다. 그리고 탈거단은 2단으로 진행하였으며, 수상과 유기상의 비율은 1:1.5, 탈거액은 전해채취 공정으로부터 발생하는 전해폐액(Cu 35 g/L, H₂SO₄ 180 g/L)으로 사용하였다. 한편 구리 공급용액, 추출제 그리고 탈거액의 유량은 각각 200, 200 그리고 133 ml/min이었으며, 구리 공급용액의 초기 pH는 2.20이었다. 전해채취의 경

우 음극 10장, 양극 11장으로 구성되었으며 용매추출 탈거 공정 후 발생하는 용액을 전해액(Cu 50 g/L, H₂SO₄ 150 g/L)으로 사용하였다. 이 용액의 유량은 용매추출 탈거액과 동일한 133 ml/min이었다. 한편 음극의 면적, 구리 목표 전해채취량(15 g/L)을 통해 얻어진 초기인가 전류 값은 105.9 A이었으며, 이 인가 전류값 하에서 정 전류방식으로 전해채취 실험을 행하였다. 용매추출 모든 공정은 상온에서 행하였으며, 전해채취 공정에서는 전해액 저장조와 전해조내 용액은 40°C로 유지하였다. 한편 구리 회수를 위한 용매추출-전해채취 연속공정 실험은 102시간 동안 행하였으며, 공정 간에 발생하는 모든 샘플은 ICP-OES (Optima 8300 Perkin Elmer co.)를 이용해 분석하였다. Fig. 1에 용매추출-전해채취 연속공정의 개략도를 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 구리 용매추출

3.1.1. 구리의 추출

Fig. 2는 용매추출공정 추출 4단에서 반응시간에 따른 각단에서 수상의 pH를 나타낸 결과이다. 추출 반응시간 12시간까지는 추출 각단에서 pH가 조금씩 감소하는 경향을 보였으며, 그 이후 반응시간에는 추출 각단에서의 pH 변화는 크게 나타나지 않았다. 이 결과로부터 실험시간 12시간이 경과 후 용매추출반응이 안정화 상태(steady state condition)에 도달함을 알 수 있으며 이후에는 안정화 상태에서 추출반응이 진행되는 것으로 판단된다. 그리고 추출반응, 즉 식 (1)의 반응이 진행함

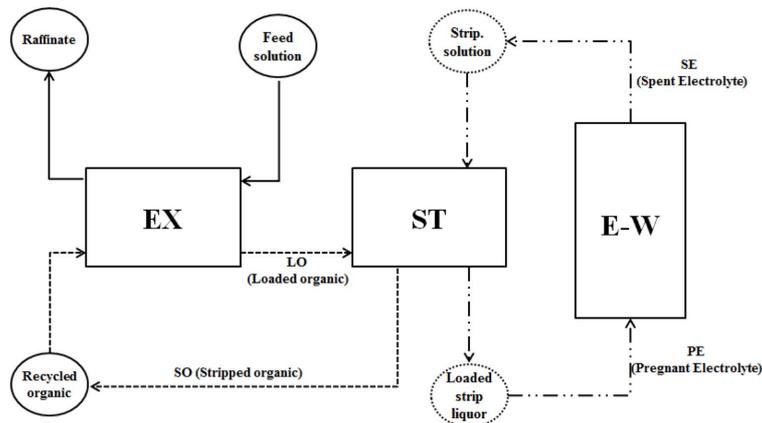


Fig. 1. A schematic diagram of the continuous plant operation of solvent extraction and electro-winning, EX = extraction, ST = stripping, E-W = electro-winning.

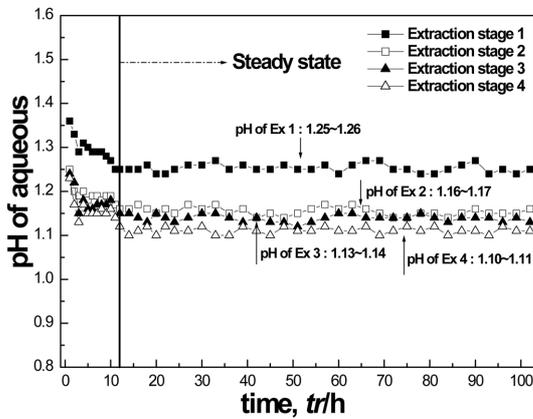


Fig. 2. pH in aqueous phases of 4 extraction stages with reaction time.

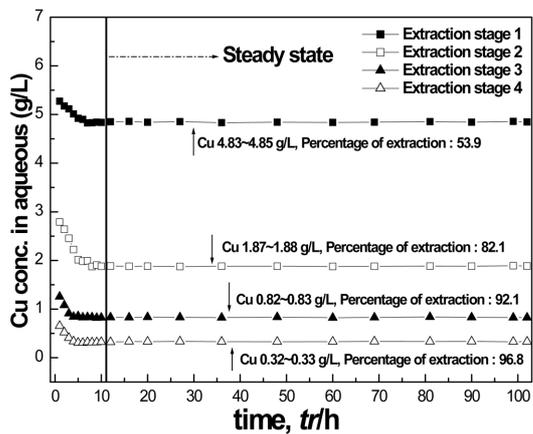


Fig. 3. Copper concentrations and extraction efficiencies in aqueous phase at 4 extraction stages with reaction time.

에 따라 수상에 H^+ 이 발생하기 때문에 추출 1단에서 4 단으로 추출이 진행됨으로써 pH는 감소하는 것을 알 수 있었다. 반응시간 12시간 후 안정화 상태에서의 추출 1단, 2단, 3단 그리고 4단 각각의 pH는 1.25~1.26, 1.16~1.17, 1.13~1.14 그리고 1.10~1.11 이었다.

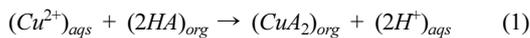


Fig. 3에는 용매추출공정 추출 4단에서 반응시간에 따른 추출단별 수상의 구리 농도와 구리 추출 효율을 나타내었다. 구리 공급용액내의 구리 농도가 10.5 g/L에서 추출 4단을 통하여 구리 농도는 0.33 g/L로 감소하였다. 반응시간에 따른 구리의 농도도 pH 경향과 동일하게

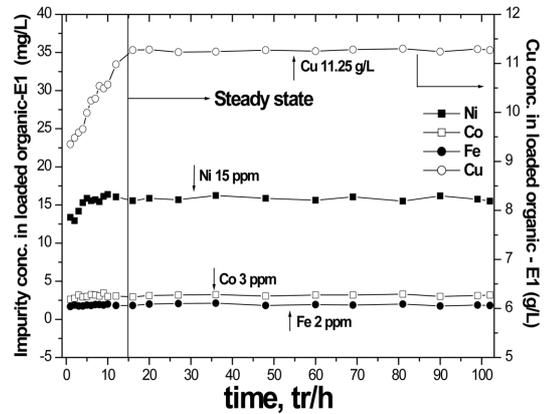


Fig. 4. Concentration of copper and impurity in loaded organic (E1) with reaction time.

12시간까지는 추출 각단에서 조금씩 감소하는 경향을 보였으며, 그 이후 반응시간에서는 각단에서 구리의 농도가 일정하게 유지 되는 것을 확인 할 수 있었다. 안정화 상태에서 추출 1단, 2단, 3단 그리고 4단의 각각의 구리 농도는 4.85 g/L, 1.88 g/L, 0.82 g/L 그리고 0.33 g/L 이었으며, 추출효율은 53.90%, 82.09%, 92.14% 그리고 96.84%로 나타났다. 따라서 안정화 상태에서의 구리의 최종 추출효율은 96.84% 부근에서 유지되었다. 이렇게 구리는 완전히 추출 되지 않고, 라피네이트 (raffinate)내에 0.33 g/L 정도 잔존하게 되는데^{12,13)}, 이는 추출단수를 늘리거나 pH를 조절함으로써 구리의 추출율을 높일 수 있으나, 두 방법 모두 니켈과 철이 같이 추출 될 수 있다. 한편 라피네이트에 잔존하는 구리는 후처리 공정에서 침전법 등을 통하여 회수할 수 있고, 용매추출-전해채취 통합 공정에서도 큰 영향을 미치지 않아 특별히 조절하지 않았다. Fig. 4에는 추출 1단 유기상내에서 반응시간에 따른 구리, 니켈, 코발트, 철의 농도를 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 안정화 상태에서 구리, 니켈, 코발트 그리고 철의 농도는 각각 11.25 g/L, 15 ppm, 3 ppm 그리고 2 ppm으로 구리는 침출용액으로부터 잘 분리되었음을 알 수 있다.

3.1.2. 구리의 탈거

Fig. 5에는 용매추출공정 탈거 2단에서 반응시간에 따른 추출단별 유기상의 구리 농도와 구리 탈거 효율을 나타내었으며, 구리의 탈거 반응은 식 (2)로 나타낼 수 있다.

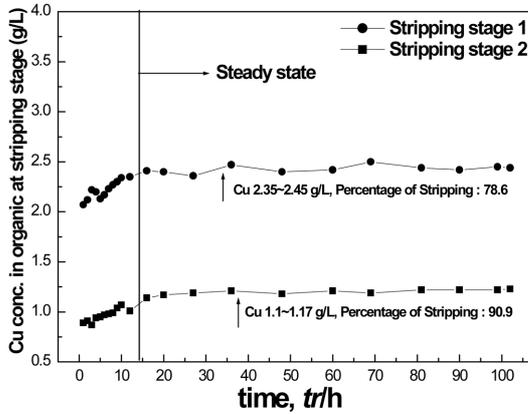
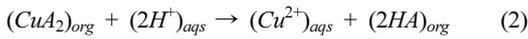


Fig. 5. Copper concentrations in organic phase at 2 stripping stages with reaction time.



앞서 설명한 바와 같이 구리의 탈거액은 전해채취 공정으로부터 발생하는 전해폐액이며, 구리 탈거 후 용액은 구리의 전해액으로 사용 되었다. 실험 시작 후 14시간 이후에 탈거 2단과 1단의 구리의 농도는 각각 1.1 ~ 1.17 g/L, 2.35 ~ 2.45 g/L 범위 내에서 일정하게 유지 되었다. 한편 이때의 구리의 탈거 효율은 탈거 2단과 탈거 1단에서 각각 78.6%, 90.9%이었으며, 탈거 되지 못한 구리는 추출제인 LIX 841에 포함되어 추출공정으로 이동하게 된다. 탈거액의 황산의 농도를 증가시켜 구리를 완전히 탈거 할 수 있지만, 본 공정은 구리 용매추출과 전해채취의 통합공정으로써 탈거액내의 구리(35 g/L)가 많이 포함되어 있고, 구리의 완전한 탈거보다 용매추출과 전해채취의 연속공정에 중점을 두고 설계를 하였기 때문에 나타난 현상으로 볼 수 있다. 최종적으로 탈거된 용액(전해액)의 구리 농도는 50 g/L 부근이었으며 불순원소인 니켈, 코발트 그리고 철의 농도는 각각 25 ppm, 5 ppm 그리고 3 ppm의 매우 적은 농도로 구리의 전해채취에 영향을 미치지 않았다.

3.2. 구리의 전해채취

구리 용매추출-전해채취 연속공정시스템에서 15 g/L의 구리를 회수하기 위하여 전해채취 실험을 행하였다. 전해채취공정에서 발생하는 양극, 음극의 각 반응은 식 (3), (4), 그리고 전체적인 전해채취 반응은 식 (5)로 나타낼 수 있다.

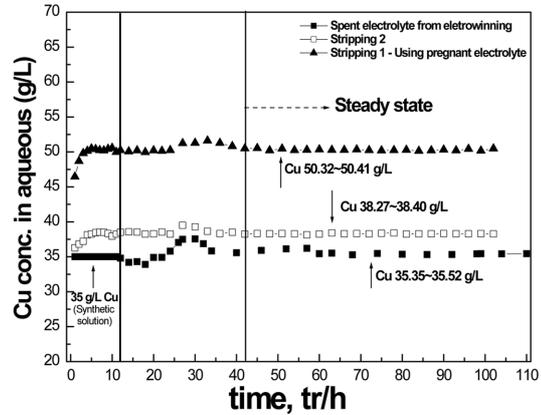
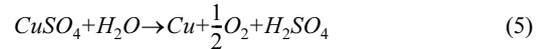


Fig. 6. Copper concentrations in spent electrolyte and stripped solutions at 2 stages with reaction time.



실험동안 실시간으로 전해폐액의 구리 농도를 측정하여 인가전류 값을 35 g/L 목표 값에 도달하도록 수정하였다. Fig. 6에는 반응시간에 따라 용매추출로부터 얻어지는 전해액과 전해채취 공정을 통해 배출 되는 전해폐액의 구리 농도를 나타내었다. 용매추출 공정이 안정화(12시간) 될 때 까지는 35 g/L 구리, 180 g/L H₂SO₄로 합성 된 모의용액을 전해폐액(탈거용액)으로 사용하였으며, 용매추출이 안정된후부터 용매추출-전해채취 연속공정이 시작 되었다. 용매추출-전해채취 연속공정 시작 후 배출 되는 전해폐액의 구리 농도는 34 ~ 37 g/L 범위로 안정화 되지 못하였으며, 이에 음극 전류밀도(I_m) 값을 1.57 A/dm²에서 1.32 A/dm², 1.32 A/dm²에서 1.50 A/dm²로 조정하였다. 이에 따라 초기에 불안정했던 구리의 농도는 반응시작 30시간 이후부터 안정화 되어 그 이후의 구리의 농도는 35.35 ~ 35.52 g/L 범위 내에서 유지 되었다. 이 전해폐액은 용매추출 탈거 공정을 통해 탈거 2단의 구리 농도는 38.27 ~ 38.40 g/L, 전해액으로 사용되는 탈거 1단의 구리 농도는 50.32 ~ 50.41 g/L로 유지 되어 용매추출-전해채취 연속공정시스템에서 구리 회수 목표량인 15 g/L을 안정적으로 회수할 수 있었다. Fig. 7에는 반응시간에 따라 인가된 전류 값과 이에 따른 셀 전압의 변화를 나타낸 것으로

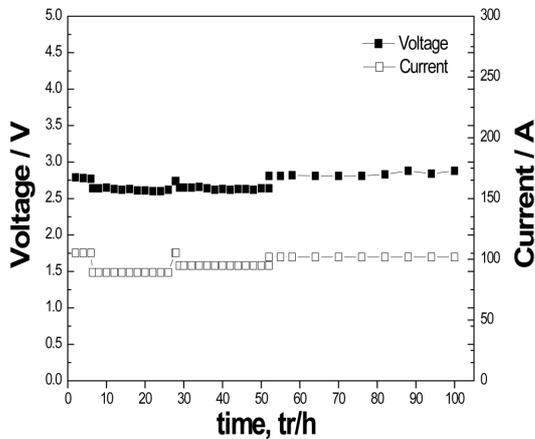


Fig. 7. Change of cell voltage by applied current during electro-winning of copper.

셀 전압의 변화는 인가전류의 변동과 동일한 양상을 보였으며, 이로부터 직접적으로 영향을 받는 것을 알 수 있다. 본 실험에서 음극 전류밀도의 조절 변동 범위는 10% 이내였으며, 이때 셀 전압은 3 V 이내로 유지되었고, 1.50 A/dm²의 음극 전류밀도에 의한 전류 효율은 98.9%였다. 그리고 회수 된 금속의 순도는 구리가 99.833%, 매트상 침출용액에 포함 되어 있는 니켈, 코발트, 철은 전부 ICP-OES 검출한계 이하로 나타났으며,

양극 재질인 Pb와 Sb가 각각 0.16%, 0.007% 함유되어 있었다. 따라서 전해채취 된 금속 구리의 순도는 침출용액에 포함 되어있는 금속들에 영향을 받지 않았으며, 양극 재질에 조금의 영향을 받은 것으로 보인다. Fig. 8은 용매추출-전해채취 연속공정의 구리의 물질 흐름도를 나타낸 것이다.

4. 결 론

망간단괴 기준 380 kg/day을 처리할 수 있는 규모로 망간단괴 매트상 침출 모의용액으로부터 용매추출-전해채취 연속공정을 통해 구리를 분리, 회수한 실험의 결과는 아래와 같다.

- 1) 용매추출 공정 안정화상태에서 추출 1단, 2단, 3단 그리고 4단 각각의 구리 농도는 4.85 g/L, 1.88 g/L, 0.82 g/L, 그리고 0.33 g/L 이었으며, 추출효율은 53.90%, 82.09%, 92.14%, 그리고 최종 추출효율은 96.84% 부근에서 유지되었다. 한편 추출 1단 유기상내 구리, 니켈, 코발트 그리고 철의 농도는 각각 11.25 g/L, 15 ppm, 3 ppm 그리고 2 ppm으로 구리는 침출 모의 용액으로부터 잘 분리되었다.
- 2) 전해폐액으로부터 탈거 된 구리의 탈거 효율은 90.9%, 탈거 된 용액(전해액)의 구리 농도는 50 g/L, 불순원소인 니켈, 코발트 그리고 철의 농도는 각각

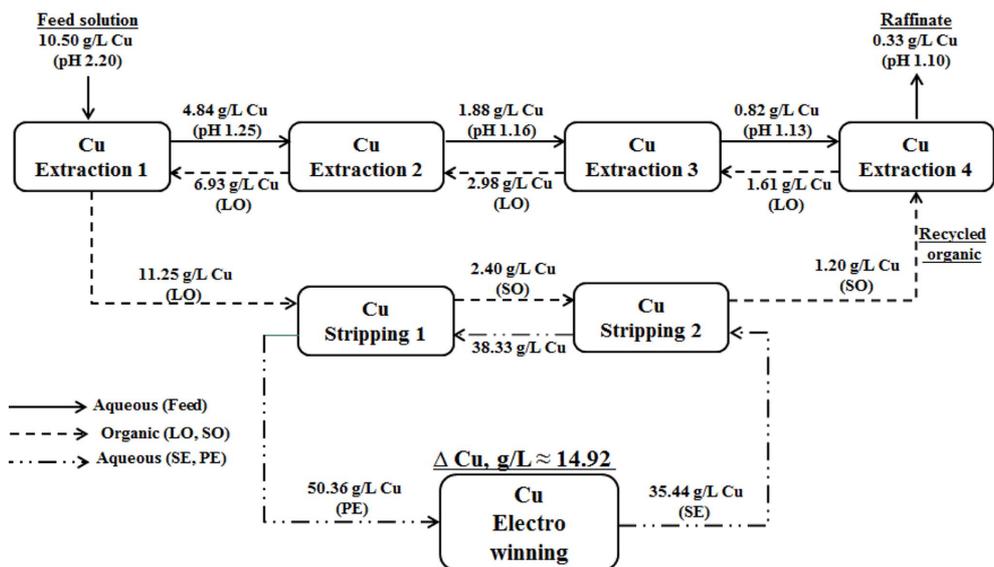


Fig. 8. Material flow diagram of copper in SX-EW continuous process at steady state.

25 ppm, 5 ppm 그리고 3 ppm으로 구리의 전해채취에 영향을 미치지 않았다.

3) 전해채취 공정 안정화상태에서 1.50 A/dm²의 음극 전류밀도 값으로 98.9%의 전류효율 값을 나타내었으며, 이로 인해 전해액과 전해폐액의 구리 농도차이, 즉 구리의 전착량은 목표치 인 15 g/L 부근에서 유지되었고, 최종적으로 99.833%의 순도를 가지는 금속 구리를 얻었다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. G. Seabayahake, 2011 : *Acid leaching of metals from deep-sea manganese nodules – a critical review of fundamentals and applications*, Minerals Engineering, **24**(13), pp1379-1396.
2. K. H. Park, C. W. Nam, H. I. Kim, J. T. Park, 2005 : *Treatment of metal wastes with manganese nodules*, Journal of the Koreans Institute of Resources Recycling, **14**(4), pp17-21.
3. M. S. Lee, J. G. Ahn, J. W. Ahn, 2002 : *Solvent extraction of copper from CuCl₂-NiCl₂-CoCl₂ solutions by Alamine336 and LIX84*, Journal of the Koreans Institute of Resources Recycling, **11**(6), pp12-17.
4. B. W. Haynes, M. J. Magyar, F. E. Godoy, 1987 : *Extractive metallurgy of ferromanganese crusts from necker ridge area*, Hawaiian Exclusives Economic Zone. Mar. Min., **6**, pp23-36.
5. K. Jung, 1993 : *A review of processing of deep-sea nodules and crusts*, CSIRO division of mineral and process engineering, CSIRO Com 788, CSIRO Report, Australia.
6. K. H. Park, C. W. Nam and H. I. Kim, 2004 : *High temperature and high pressure sulfuric acid leaching of (Cu-Ni-Co-Fe) matte*, J. Korean. Soc. Geosystem. Eng., **41**(5), pp1-5.
7. K. H. Park, D. Mohapatra, B. R. Reddy, C. W. Nam, 2007 : *A study on the oxidative ammonium sulphate leaching of a complex (Cu-Ni-Co-Fe) matte*, Hydrometallurgy, **86**, pp164-171.
8. Jackson, 1986 : *Hydrometallurgical extraction and reclamation*, John Wiley & Sons 153.
9. G. Bergh, J. B. Yianatos, 2001 : *Current status and limitations of copper SX/EW plants control*, Minerals Engineering, **14**(9), pp975-985.
10. K. H. Park, C. W. Nam, S. M. Shin, 2004 : *Solvent extraction of copper from sulfuric acid solution containing copper, nickel and cobalt by LIX84*, Kor. Inst. Met. & Mater., **42**(3), pp297-301.
11. K. H. Park, S. H. Jung, S. M. Shin and D. S. Kim, 2005 : *Solvent extraction of copper from sulfuric acid with LIX973N*, J. Kor. Inst. Met. & Mater., **43**(5), pp399-403.
12. B. Ramachand Reddy, K. H. Park and D. Mohapatra, 2007 : *Process development for the separation and recovery of copper from sulphate leach liquors of Cu-Ni-Co-Fe matte using LIX 84 and LIX 973N*, Hydrometallurgy, **87**, pp51-57.
13. G. M. Ritcey, A.W. Ashbrook, 1979 : *Solvent extraction*, Part II, Elsevier, Amsterdam.

김 현 호

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 연수자
- 당 학회지 제22권 6호 참조

박 경 호

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 전문연구위원
- 당 학회지 제 22권 6호 참조

남 철 우

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제 22권 6호 참조

윤 호 성

- 현재 한국지질자원연구원 책임연구원
- 당 학회지 제 11권 2호 참조

김민석

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제13권 5호 참조

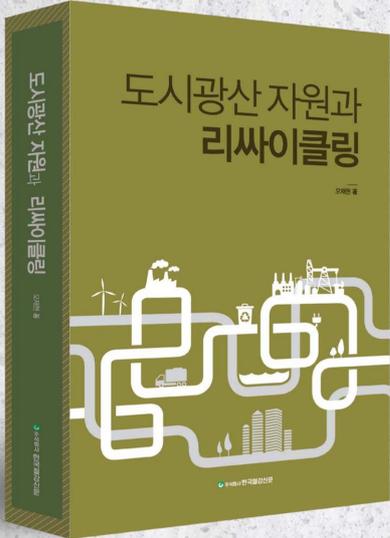
김철주

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제 11권 2호 참조

박상운

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 연구사

신간



폐 자동차·가전 등은 버릴 수 없는 귀중한 자원

국내 도시광산 재자원화 실태를 파악한 책!

지속 가능한 세상 만들기 위해 자원순환형 사회 구축을 위한 안내서!

저자는 이 책에서 "지속 가능한 세상을 만들기 위해서는 자원 순환형 사회를 구축해야 하고 그러기 위해서는 도시광산 자원을 개발해야 한다."고 역설하고 있습니다. 그러면서 우리나라 도시광산 재자원화의 실태를 파악하고 기술개발 방향에 대한 대안을 이 책을 통해 제시하였습니다.

아직은 걸음마 단계라고 할 수 있는 우리의 도시광산산업이 이 책을 통해 한 단계 더 발전할 수 있는 계기가 되었으면 좋겠습니다. 특히 관련 종사자들과 공공기관의 참고 자료로, 대학 교재로 이 책이 널리 애용되었으면 좋겠다는 바람을 가져봅니다.

▶ 구매방법 오재현 지음 | (신국판 양장본) 360쪽 | 정가 38,000원

직접구매	발행사 직접 방문하여 구매
우편구매	송금후 송부요청서 및 무통장입금증 사본을 FAX송부 계좌번호 : 1005-900-925509 우리은행
서점구매	서울 교보문고, 서울문고, 영풍문고 부산 영광도서
	포항 학원사 인천 대한서림

발행 : 한국환경신문 문의 : 02) 583~4161(내선 104) [총무팀]