

## 스지구 망간토에 대한 몇가지 침출방법들의 비교연구

변대성, 현철, 윤은희

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《인민경제의 주체화를 실현하는데서 나서는 중요한 문제는 우리 나라에 있는 원료, 연료를 가지고 공업을 발전시키는것입니다.》(《김일성전집》 제77권 261페이지)

우리 나라에 풍부하게 매장되어있는 저품위망간토로부터 야금용망간정광을 얻기 위한 연구는 금속공업의 주체화에서 중요한 의의를 가진다.

망간의 습식야금에는 전통적으로 류산철 또는 아류산가스에 의한 환원침출법[2, 3, 5]이 리용되고있는데 망간광석의 종류에 따라 광물조성과 반응성이 다르므로 침출조건이 약간씩 차이난다. 우리는 스지구 망간토에 대한 류산철환원침출조건과 아류산가스환원침출조건을 검토하고 미생물침출법[5]과의 비교연구를 하였다.

### 재료와 방법

#### 1) 재료 및 기구

재료로는 품위가 4.04%인 스지구 망간토와 류황이 15.1%, 철이 34.4%인 모지구 자류철광을 마광( $-74\mu\text{m}$  90%이상)하여 리용하였다.

침출종균으로는 모지구 류화물광상에서 분리한 *Acidithiobacillus thiooxidans* 1712를 9K+S 무기염배지[6]에서 3일간 배양한것(균수  $2 \times 10^9$ 개/mL)을 리용하였다.

류산철, 류산, 아류산나트륨염, 과망간산칼리염과 같은 무기시약들은 모두 분석순을 리용하였다.

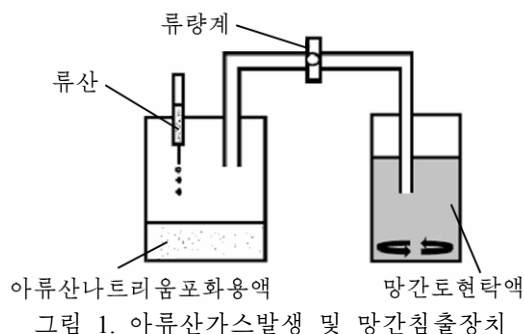
기구로는 자석교반기(《78-1A》), 정온기(《Blue Pard》), 단축교반기(《HD25W》), 아류산가스발생장치(그림 1)를 리용하였다.

#### 2) 실험방법

류산철에 의한 환원침출은 선행방법[4]으로 진행하였다. 침출조건검토를 위한 초기조건은 망간토 20g, 용액체적 100mL, 교반속도 400r/min, 립도  $-74\mu\text{m}$  90%, 류산철첨가량 50g/L, 침출시간 4h, 침출온도  $30^\circ\text{C}$ 였다.

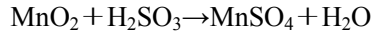
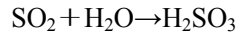
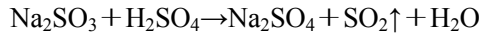
아류산가스에 의한 환원침출은 선행방법[2]으로 진행하였다. 침출조건검토를 위한 초기조건은 망간토 20g, 용액체적 100mL, 교반속도 400r/min, 립도  $-74\mu\text{m}$  90%, 침출시간 4h, 침출온도  $25^\circ\text{C}$ 였다.

아류산가스는 그림 1과 같은 장치를 리용하여 500mL들이 유리병에 아류산나트륨포화용액을 넣고 류산을 방울방울 떨어뜨려 발생시켰으며 류산주입량을 조절하여 가스유도관에서의 류



량을  $(2.5 \pm 0.5)$  mL/min으로 맞추었다.

아류산가스의 발생과 그것에 의한 망간침출원리[6]는 다음과 같다.



류황산화세균을 리용한 미생물침출은 선행연구자료[5]에 근거하여 망간토 20g, 용액체적 100mL, 종균 10%, 교반속도 400r/min, 립도  $-74\mu\text{m}$  90%, 류산철첨가량 50g/L, 침출온도 30℃, 통기량 0.1vvm의 조건에서 진행하였다.

망간함량은 모르염적정법[1]으로 정량하였다.

망간침출률(%)은 다음의 식으로 결정하였다.

$$\text{망간침출률} = \frac{V \times c_s}{m \times c_r / 100} \times 100$$

여기서  $V$ 는 침출액의 체적(L),  $c_s$ 는 침출액중의 망간농도(g/L),  $m$ 은 침출에 리용한 망간토의 질량(g),  $c_r$ 는 망간토의 망간함량(%)이다.

## 결과 및 논의

### 1) 류산철에 의한 환원침출법

류산철에 의한 환원침출과정에 4가망간산화물들은 류산철에 의하여 환원되어 2가망간염의 형태로 침출된다. 우리는 예비실험을 통하여 스지구 망간토의 침출에 영향을 미치는 기본인자가 류산철첨가량과 침출온도, 침출시간이라는것을 확인한데 기초하여 망간침출률에 미치는 이 인자들의 영향을 검토하였다. 침출온도와 침출시간에 따르는 망간침출률은 그림 2, 류산철첨가량에 따르는 망간침출률은 그림 3과 같다.

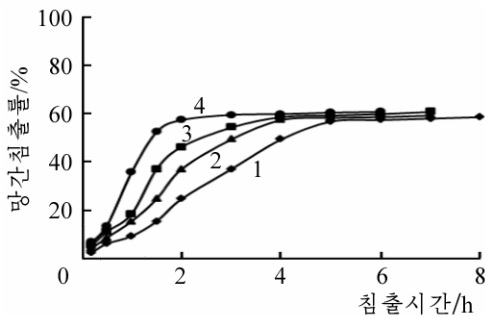


그림 2. 침출온도와 침출시간에 따르는 망간침출률

1-4는 침출온도가 각각 20, 40, 60, 80℃인 경우, 류산철 50g

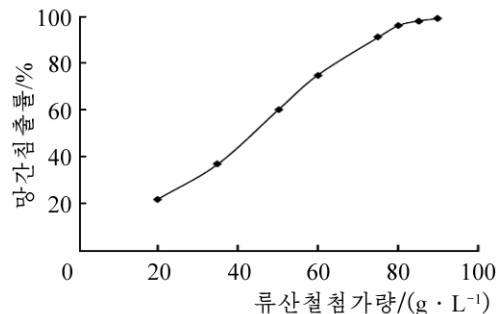


그림 3. 류산철첨가량에 따르는 망간침출률

침출시간 2h, 침출온도 80℃

그림 2와 3에서 보는바와 같이 스지구 망간토의 침출에 적합한 류산철첨가량은 80g/L, 침출온도는 80℃, 침출시간은 2h였다.

### 2) 아류산가스에 의한 환원침출법

아류산가스에 의한 환원침출조건을 보기 위하여 예비실험을 진행한 결과 스지구

망간토의 침출에 영향을 미치는 기본인자는 침출온도와 침출시간이었다. 이로부터 우리는 망간침출률에 미치는 침출온도와 침출시간의 영향을 검토하였다. 침출온도와 침출시간에 따르는 망간침출률은 각각 그림 4, 5와 같다.

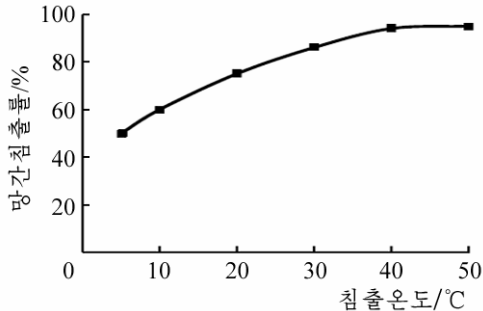


그림 4. 침출온도에 따르는 망간침출률  
침출시간 4h, 아류산가스주입량 2.5mL/min

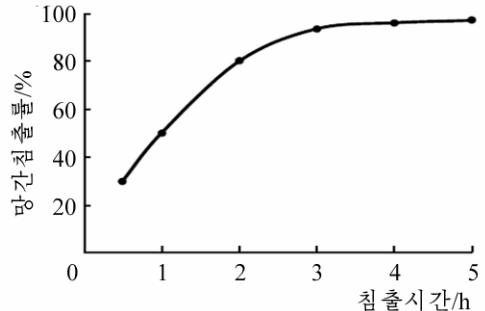


그림 5. 침출시간에 따르는 망간침출률  
침출온도 40°C, 아류산가스주입량 2.5mL/min

그림 4와 5에서 보는바와 같이 망간침출에 적합한 침출온도는 40°C, 침출시간은 3h 이었다.

### 3) 미생물침출법

우리는 미생물침출에 리용되는 기본재료인 자류철광과 류산의 소비량을 보기 위하여 자류철광과 류산의 첨가량에 따르는 망간침출률을 보았다.(그림 6과 7)

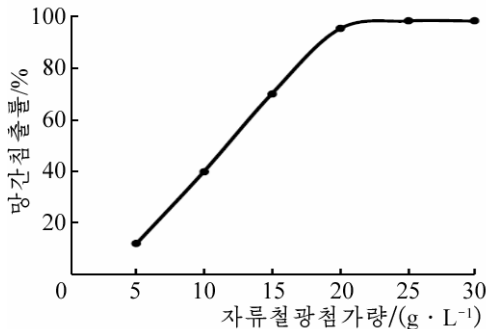


그림 6. 자류철광첨가량에 따르는 망간침출률  
류산 8mL/L, 침출온도 30°C,  
미생물접종량 10%, 통기량 0.1vvm

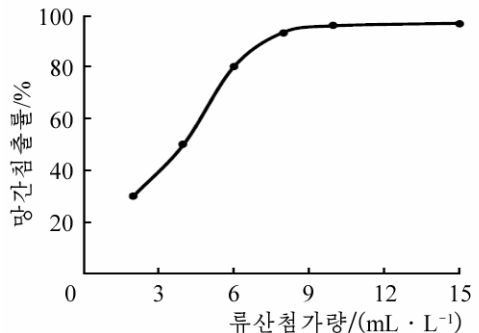


그림 7. 류산첨가량에 따르는 망간침출률  
침출온도 30°C, 미생물접종량 10%,  
자류철광 20g/L, 통기량 0.1vvm

그림 6과 7에서 보는바와 같이 망간침출에 적합한 자류철광과 류산첨가량은 각각 20g/L, 8mL/L였다.

### 4) 망간침출방법들의 비교

우리는 전통적인 환원침출법과 미생물침출법의 자재소비량을 비교하였다.

침출방법에 따르는 망간 1g당 환원제의 종류와 사용량은 표 1과 같다.

표 1에서 보는바와 같이 환원제소비량은 미생물침출법에 비하여 류산철침출법에서 질량상 4배, 아류산가스침출법에서 체적상 229배이다.

류황함량이 15.1%인 자류철광(FeS)을 원료로 하여 류산철과 아류산가스를 만든다고 보

있을 때 망간 1g을 생산하는데 드는 환원제소비량은 표 2와 같다.

표 1. 침출방법에 따르는 망간 1g당 환원제의 종류와 사용량

| 침출방법       | 환원제종류    | 환원제소비량/g | 류산소비량/mL |
|------------|----------|----------|----------|
| 류산철환원침출법   | 류산철      | 10.42    | —        |
| 아류산가스환원침출법 | 아류산가스    | 1.702*   | —        |
| 미생물침출법     | 자류철광+미생물 | 2.605    | 0.99     |

\* 595.7mL

표 2. 망간 1g을 생산하는데 드는 환원제소비량

| 침출방법       | 자류철광소비량/g | 류산소비량/mL |
|------------|-----------|----------|
| 류산철환원침출법   | 21.79     | 2.04     |
| 아류산가스환원침출법 | 15.50     | —        |
| 미생물침출법     | 2.605     | 0.99     |

표 2에서 보는바와 같이 자류철광을 출발원료로 하는 경우 미생물침출법에 비하여 류산철환원침출법에서는 자류철광이 8.36배, 류산이 2.06배 소비되며 아류산가스환원침출법에서는 자류철광이 5.95배 소비된다. 반면에 미생물침출법은 전통적인 환원침출법에 비하여 침출주기가 긴 결함이 있다.

## 맺 는 말

자류철광을 출발원료로 하는 경우 미생물침출법에 비하여 류산철환원침출법에서는 자류철광이 2.95배, 류산이 2.91배 소비되며 아류산가스환원침출법에서는 자류철광이 1.36배 소비된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 조선민주주의인민공화국 국규 3253-1:1987 《망간광석 및 정광화학분석법—망간의 정량》
- [2] Muqing Qiu et al.; Journal of University of Science and Technology Beijing, 13, 1, 7, 2006.
- [3] Q. Tang et al.; Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 24, 3, 861, 2014.
- [4] 赵祝鹏 等; 工程技术, 2, 6, 49, 2013.
- [5] 尹升华 等; 矿业研究与开发, 1, 46, 2010.
- [6] 贺周初; 中国锰业, 22, 2, 35, 2004.

주체107(2018)년 10월 5일 원고접수

## Comparison of Several Leaching Methods of “스” Area Wad

Pyon Tae Song, Hyon Chol and Yun Un Hui

In the chemical leaching method using ferric sulfate as reductive agent were consumed 2.95 times more pyrrhotite and 2.91 times more sulfuric acid, in the chemical leaching method using SO<sub>2</sub> gas as reductive agent was consumed 1.36 times more pyrrhotite as compared with microbial leaching method.

Key words: bioleaching, chemical leaching, reductive agent, pyrrhotite, manganese leaching