

Acidithiobacillus ferrooxidans 016을 리용한 망간침출에 미치는 몇가지 인자들의 영향

전일광, 현철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《인민경제의 자립성과 주체성을 보장하는데서 중핵적인 문제는 원료와 연료, 설비의 국산화를 실현하는것입니다.》《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 46페이지)

우리 나라에 풍부하게 매장되어있는 망간토로부터 망간을 효과적으로 침출해내는것은 인민경제의 자립성을 강화하고 나라의 국방력을 강화하는데서 대단히 중요한 의의를 가진다. 그러나 망간토의 선별성이 나쁘고 품위가 낮은데로부터 아직까지 공업적규모에서의 침출공정은 확립된것이 없다. 한편 미생물에 의한 유가금속의 침출기술은 산업적가치를 가지지 못하는 저품위광석들을 처리할수 있는 실용적인 기술[2, 6]로서 연구자들의 주목을 끌고있다.

우리는 미생물을 리용한 저품위망간토로부터의 망간침출기술을 확립하기 위하여 사지구 망간광상에서 철산화세균을 분리하고 망간내성이 높아진 균주 *Acidithiobacillus ferrooxidans* 016을 얻는데 기초하여 *A. ferrooxidans* 016에 의한 망간침출에 미치는 몇가지 인자들의 영향을 검토하였다.

재료와 방법

침출균주로는 사지구 망간광상에서 분리하여 적응진화를 거쳐 얻은 망간내성철산화세균 *A. ferrooxidans* 016을 리용하였다.

망간토와 류화철은 각각 사지구와 증지구에서 채취하여 마광한것(<75 μ m, 75%)을 리용하였다. 망간토와 류화철의 망간품위와 류황함량은 각각 4, 27%였다.

망간침출은 예비실험자료에 기초하여 사지구 망간토에 증지구 류화철을 4% 되게 첨가하고 고액비 1 : 3, 초기균수 10^7 개/mL, 초기pH 2.5, 침출온도 30 $^{\circ}$ C, 교반속도 150r/min, 통기량 1L/(L·min)의 조건에서 진행하였다.

미생물에 의한 망간침출에 미치는 인자들의 영향은 위의 조건들가운데서 해당 인자 하나까지씩 변화시키면서 침출속도 또는 침출률이 제일 높은 조건을 확정하는 방법으로 검토하였다.

침출액중의 망간정량은 모르염적정법[1]으로 진행하였다.

침출시간(T_{90})은 망간침출률이 90%에 도달하는 시간으로 정하였다.

결과 및 논의

망간은 사지구 망간토에 산화수가 4인 상태로 존재하므로 2가로 환원되어야 미생

물에 의하여 생성되는 류산에 침출되어 나올수 있다. 류화철은 미생물에 의하여 2가철과 류황의 중간산화생성물로 산화되며 이렇게 생긴 환원성물질들에 의하여 망간이 4가로부터 2가로 환원[4]된다. 이로부터 우리는 류화철첨가량에 따르는 망간의 침출률변화를 보았다. 류화철첨가량에 따르는 망간침출률은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 류화철첨가량이 증가하는데 따라 침출률은 증가하였으며 류화철첨가량이 4%이상에서는 뚜렷한 차이가 없었다. 이로부터 망간침출에 적합한 류화철첨가량을 망간토의 4%로 보았다.

미생물은 망간침출에 필요한 환원제를 생성하는데서 기본역할을 담당하고있으며 따라서 초기균수는 망간침출에 영향을 미치는 기본인자의 하나이다. 우리는 류화철의 첨가량을 망간토의 4%로 하고 침출액의 초기균수에 따르는 T_{90} 의 변화를 보았다.(그림 2)

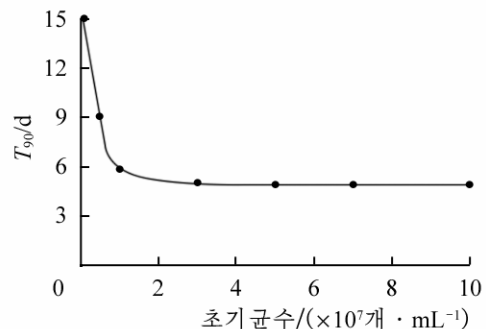
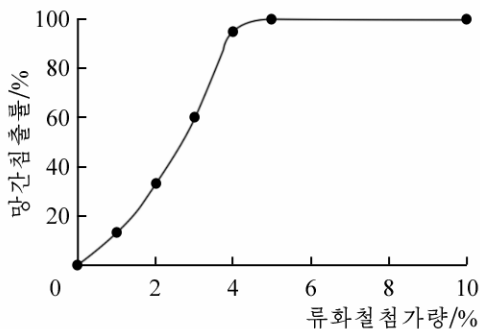


그림 1. 류화철첨가량에 따르는 망간침출률

그림 2. 침출액의 초기균수에 따르는 T_{90} 의 변화

그림 2에서 보는바와 같이 초기균수가 증가하는데 따라 T_{90} 은 점차 감소하였으며 초기균수 3×10^7 개/mL 이상에서는 큰 차이가 없었다. 결과는 보여주지 않았지만 초기균수 10^6 개/mL 아래에서는 균생장의 유도기가 길어지고 침출액중의 망간농도도 천천히 증가하였다. 이로부터 망간침출에 적합한 침출액중 초기균수를 3×10^7 개/mL로 보았다.

다음으로 우리는 침출액속에서 *A. ferrooxidans* 016의 성장과 활동에 적합한 조건을 결정하기 위하여 류화철의 첨가량을 4%, 초기균수 3×10^7 개/mL로 하고 침출액의 초기pH와 침출온도, 통기량에 따르는 T_{90} 의 변화를 보았다.(그림 3)

그림 3에서 보는바와 같이 침출액의 초기pH가 1.5인 때 T_{90} 이 4.3일로서 제일 짧았으며 *A. ferrooxidans*의 최적성장pH인 2.5에서는 T_{90} 이 5.2일로서 pH 1.5인 때보다 길었다. 이것은 류화철의 완전산화가 이루어지지 못하고 산소소비속도가 높은 침출초기단계의 특성과 관련된다고 볼수 있다. 한편 침출온도가 높아지는데 따라 T_{90} 이 점차 감소하였으며 30℃ 부터는 큰 차이가 없었다. 미생물에 의한 망간침출은 미생물의 성장활동과 류화철중간산화생성물들의 환원작용, 2가로 환원된 망간의 용액으로의 침출이 함께 진행되는 과정으로서 생물학적과정과 화학적과정의 균형이 잘 보장될 때 가장 빨리 진행되게 된다. T_{90} 이 *A. ferrooxidans*의 최적생장온도인 30℃[3]이상에서도 증가하지 않는것은 생물학적과정의 속도 감소가 화학적과정의 속도증가로 보상된다는것을 의미한다. 통기량이 증가하는데 따라 T_{90} 은 점차 감소하였으며 1L/(L·min)이상에서는 뚜렷한 차이가 없었다.

이로부터 망간침출에 적합한 초기pH는 1.5, 침출온도는 30℃, 통기량은 1L/(L·min)으로 정하였다.

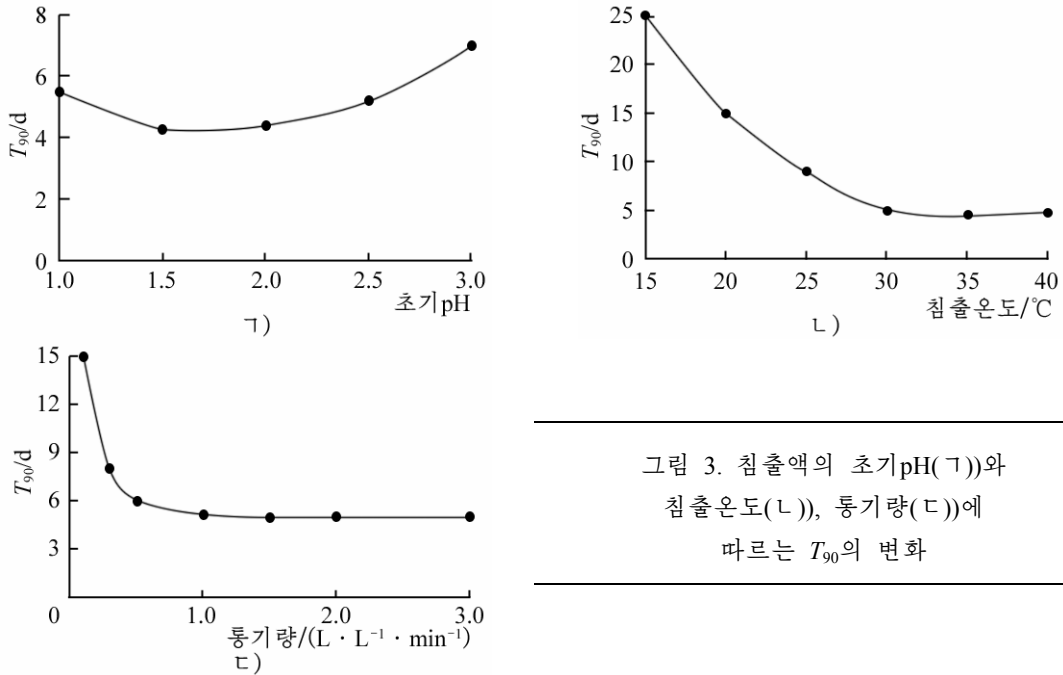


그림 3. 침출액의 초기 pH(ㄱ)와 침출 온도(ㄴ), 통기량(ㄷ)에 따르는 T_{90} 의 변화

미생물을 리용한 망간침출에서 고액비는 침출공정의 거동률을 높이고 물질흐름량을 줄여 생산원가를 낮추는데서 중요한 의의를 가진다. 이로부터 우리는 망간토에 류화물을 4% 첨가하고 초기 pH 1.5, 침출 온도 30°C, 통기량 1L/(L·min), 초기 균수 3×10^7 개/mL의 조건에서 고액비에 따르는 T_{90} 의 변화를 보았다.(그림 4)

그림 4에서 보는바와 같이 고액비 0.1~0.3의 구간에서는 T_{90} 이 4.3일로서 거의 변하지 않았지만 0.3이상에서는 증가하였으며 1.0에서는 7.8일에 달하였다. 이것은 고액비가 증가하는데 따라 침출액중의 이온세기가 높아져 미생물의 성장과 활동에 저해를 가져오기때문이라고 볼수 있다. 이로부터 망간침출에 적합한 고액비를 0.3(1:3)으로 정하였다.

교반은 미생물의 성장활동을 강화하고 침출속도를 높이는데서 중요한 작용을 한다. 교반속도에 따르는 T_{90} 의 변화는 그림 5와 같다.

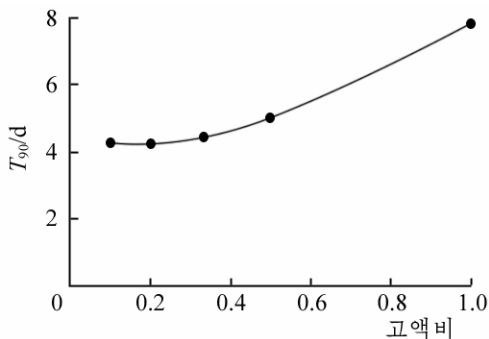


그림 4. 고액비에 따르는 T_{90} 의 변화

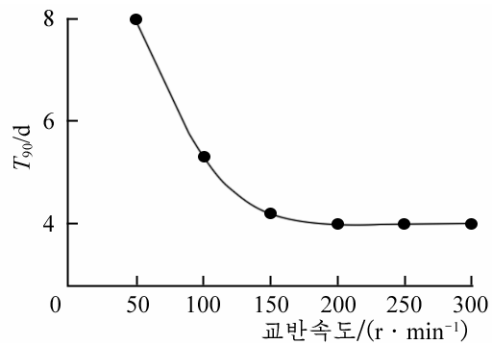


그림 5. 교반속도에 따르는 T_{90} 의 변화

그림 5에서 보는바와 같이 교반속도가 증가하는데 따라 T_{90} 은 점차 감소하였으며 150r/min이상에서는 큰 차이가 없었다. 이로부터 망간침출에 적합한 교반속도는 150r/min

이라고 보았다.

우리가 결정한 망간토에 대한 류화철첨가량 4%, 침출액의 초기pH 1.5, 침출온도 30°C, 통기량 1L/(L·min), 침출액의 초기균수 3×10^7 개/mL, 고액비 1 : 3, 교반속도 150r/min의 조건에서 침출률이 90%이상에 도달하는 시간은 4.3일로서 혼합균으로 연망간광을 침출한 선행연구결과[5]와 비교하여볼 때 침출률이 90%이상에 도달하는 시간은 거의 3배로 단축되었다.

맺 는 말

Acidithiobacillus ferrooxidans 016을 리용한 망간침출조건은 망간토에 대한 류화물첨가량 4%, 침출액의 초기pH 1.5, 침출온도 30°C, 통기량 1L/(L·min), 침출액의 초기균수 3×10^7 개/mL, 고액비 1 : 3, 교반속도 150r/min이며 이 조건에서 T_{90} 은 4.3일이다.

참 고 문 헌

- [1] 조선민주주의인민공화국 국규 3253-1, 1987.
- [2] M. Renata et al.; Polish Journal of Microbiology, 55, 3, 203, 2006.
- [3] M. Nemati et al.; Biochemical Engineering Journal, 1, 171, 1998.
- [4] 华毅超 等; 南京工业大学学报, 26, 5, 50, 2004.
- [5] 刘建本 等; 无机盐工业, 37, 9, 5, 2005.
- [6] 马蟲梅 等; 微生物学通报, 39, 11, 1551, 2012.

주체106(2017)년 6월 5일 원고접수

Effects of Several Factors on Mn Leaching with *Acidithiobacillus ferrooxidans* 016

Jon Il Gwang, Hyon Chol

Manganese leaching conditions with *Acidithiobacillus ferrooxidans* 016 are as follows.

Sulfate addition to wad is 4%, initial pH of leaching solution—1.5, leaching temperature—30°C, ventilation—1L/(L·min), initial biomass of leaching solution— 3×10^7 cells/mL, solid-liquid ratio—1 : 3, agitation—150r/min.

In this conditions, extraction efficiency can reach to 90% 4.3 days later.

Key words: *Acidithiobacillus ferrooxidans*, manganese, bioleaching