

## 金 鑛山 廢鑛尾로부터 回收된 金屬鑛物 副產物 中の 金屬成分 分離, 除去研究<sup>†</sup>

\*尹 起 炳

仁川大學校 新素材工學科

## Removal and Separation of Metallic Constituents from the By-product Recovered from Gold Mine Tailings<sup>†</sup>

\*Ki-Byoung Youn

Department of Materials Science & Engineering, Incheon University

### 요 약

국내 금 광산 폐광미로부터 비금속광물을 분리, 선별하는 공정 중에서 황비철광, 방연광 등이 혼합된 금속광물이 부산물로 회수되며, 이 부산물에는 Au, Pb, As, Fe 성분들이 매우 높게 농축되어진다. 이 부산물로부터 Au의 효율적 회수를 위해서는 우선 금 제련공정에 해로운 거동을 나타내는 금속성분들을 분리, 제거할 필요가 있다. 본 연구에서는 금 광산 폐광미로부터 회수된 금속광물 부산물로부터 Pb, As, Fe등을 제거, 분리하는 실험을 수행하였다. Pb는 알칼리 가압산화침출에 의하여 120°C, 2M NaOH, 100psi Po<sub>2</sub>, 250r.p.m., 4 wt.% 고체, 30 min. 침출조건에서 3% 이하 까지 제거시킬 수 있었으며, 침출잔사를 배소 및 자력선별처리하여 As 0.2% 이하, Fe 3% 이하 및 8,000 ppm 이상의 Au 함량을 갖는 비자성산물을 얻을 수 있었다.

**주제어** : 알칼리 산화침출, 금속황화물, 자력선별, 배소, 금광미

### Abstract

Domestic gold mine tailings, generally, contain a lot of non-metallic silica and clay minerals. These minerals can be separated from the tailings by various physical separation methods and used as raw materials for cements and ceramic products. In these physical separation procedures, metallic complex sulfides, in which Au and metallic constituents such as Pb, As and Fe were concentrated, were obtained as a by-product. These metallic constituents should be removed or separated from the by-product to extract Au efficiently. In this work, removal and separation processes of Pb, As, and Fe from the by-product were investigated. Pb was removed to under 3% by using alkaline oxidative leaching at the leaching condition of 120°C, 2M NaOH, 100psi Po<sub>2</sub>, 250r.p.m., 4 wt.% solid and 30 min. leaching time. The leached residue was roasted and separated magnetically to obtain a non-magnetic product contained <0.2% As, <3% Fe and high concentrated Au more than 8,000 ppm.

**Key words** : alkaline oxidative leaching, metallic sulfides, magnetic separation, roasting, gold mine tailings.

### 1. 서 론

금 광산 폐광미는 SiO<sub>2</sub>와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함유량이 높아 비 중선별, 자력선별 등의 적절한 물리적 방법으로 비금속

성분을 분리선별하여 회수된 품위가 높은 석영광물이나 점토광물 등은 시멘트 부원료, 세라믹스 소결체, 골재 등으로 활용이 가능하다. 금 광산 폐광미는 지역에 따라 약 2~8 g/T 정도의 금과 15~30 g/T 정도의 은을 함유하고 있고 이러한 고가의 유가금속성분들은 비금속광물을 분리선별하는 과정에서 부산물로 회수되는 금속광물에 고품위로 농축되므로 경제적 회수가 가능할 것으로 기대된다.<sup>1)</sup>

<sup>†</sup> 2010년 1월 25일 접수, 2010년 3월 15일 1차수정

2010년 4월 19일 2차수정, 2010년 4월 26일 수리

\*E-mail: kbyoun@incheon.ac.kr

국내 금 광산 폐광미로부터 회수된 금속광물 부산물은 주로 황비철광과 방연광 등이 혼합된 황화광물로 구성되어 있다. 금을 함유하는 황비철광의 경우, 대부분의 금 성분이 광석 결정격자의 구성성분으로 submicroscopic 하게 존재하기 때문에 가압산화,<sup>2)</sup> 생화학적산화<sup>3)</sup>, 화학적산화<sup>4)</sup> 등의 습식야금학적 방법을 사용하여 결정구조를 파괴시킨 후 침화법에 의하여 금을 회수하고 있다. 가압산화는 산을 용매로 사용하는 방법<sup>5-8)</sup>과 알칼리를 용매로 사용하는 방법<sup>9)</sup>이 보고되었으며, 특히 1950년대 Sill에 의하여 제안된 알칼리 가압산화침출<sup>10)</sup>은 처리잔사의 환경적 안전성 및 침화법 적용의 용이성 때문에 황비철광의 산업적 처리공정으로 널리 적용되어 왔으나, 침화법에 의한 금의 회수는 환경오염을 유발시키는 문제점을 가지고 있다. 방연광의 침출에 관하여는 NaCl이나 FeCl<sub>3</sub> 등의 산 침출에 관한 연구결과가 보고되었고,<sup>11-13)</sup> 알칼리 용액의 침출에 관한 연구는 거의 보고된 바가 없다. 국내 금 광산 폐광미는 지역에 따라 구성광물 및 조성이 다르고, 비금속광물의 분리선별과정에서 회수되는 금속광물 부산물도 황비철광, 방연광, 황철광 등 여러 종류의 광물들이 혼합되어 있어, 이로부터 금을 효율적으로 회수하기 위한 처리공정의 선택이 어려운 실정이다. 현재 국내에서는 동제련소가 가동되고 있고 원료광물 중에 함유되어 있는 금이 부산물로 회수되고 있다. 따라서, 금이 고농도로 농축된 금속광물 부산물을 동제련소의 원료광물과 혼합, 처리하여 금 성분을 동제련공정의 부산물로 회수하는 위탁제련 방안이 검토되고 있다. 그러나 금속광물 부산물을 동제련 원료광물과 혼합하여

사용하기 위해서는 금속광물 부산물 중의 동제련공정 유해금속성분들인 Pb, As, Fe 성분 함량이 각각 3%, 0.2% 및 3% 이하의 조건이 요구되고 있으며, 각 성분들의 그 이상의 함량에 대하여는 추가 제련비용이 부과되거나 과도하게 초과 시는 혼합원료로의 사용이 금지되고 있다. 따라서 기존의 동제련설비와 공정을 통하여 부산물에 농축된 금을 효율적으로 회수하기 위하여는 금속광물 부산물 중의 유해금속성분들을 동제련공정의 혼합원료광물로 사용이 가능한 함량제한치 이하로 분리, 제거가 필요하다. 본 연구에서는 국내 금 광산 폐광미로부터 회수된 금속광물 부산물을 동제련 원료광물과 혼합 처리가 가능한 원료로 이용하기 위하여, 부산물 중에 함유된 Pb, As, Fe 성분들을 요구되는 함량 이하로 분리, 제거하는 처리공정에 대한 기초연구를 수행코자 하였다.

2. 시료 및 실험방법

2.1. 시료

본 실험에 사용된 시료는 물리적선별을 통하여 국내 금 광산 폐광미로부터 회수된 금속광물로서 주로 황비철광과 방연광이 혼합된 황화광물이며, Table 1에 보인 바와 같이 28.67% Pb, 24.33% As, 26.11% Fe의 조성을 나타내었다. Table 2는 시료의 입도분포 결과를 나타내고 있다. 시료입도는 대부분 125 μm 이하이며, 입도가 증가할수록 As와 Fe의 함량이 증가하여 황비철광의 함량이 많아지며, 반대로 입도가 작아지면 Pb 함량이 증가하여 방연광의 함량이 많아짐을 알 수 있다.

Table 1. Chemical compositions of sample

element	Pb	As	Fe	Zn	Cu	Al	Sb	Au
composition	28.67 (%)	24.33 (%)	26.11 (%)	0.11 (%)	522 (ppm)	332 (ppm)	137 (ppm)	2,828 (ppm)

Table 2. Size distributions of sample

size	composition			wt. %
	Pb	Fe	As	
-600 μm + 250 μm	12.21	28.89	30.75	0.15
-250 μm + 180 μm	16.39	32.67	31.87	0.42
-180 μm + 150 μm	13.93	32.39	28.88	0.28
-150 μm + 125 μm	17.93	32.58	29.90	2.06
-125 μm + 106 μm	21.09	31.64	29.37	10.90
-106 μm + 75 μm	31.20	28.23	26.81	45.75
-75 μm	42.11	19.76	19.25	40.44

## 2.2. 실험방법

분리, 제거 대상인 유해금속성분들 중에 As 와 Fe 성분의 분리를 위하여 산화배소와 자력선별 공정을 고려하였으나, Pb 성분은 산화배소 중에 산화물이나 황산 화물로 산화되어 분리, 제거하기가 어려워지므로, 본 연구에서는 시료의 산화배소와 자력선별 전에 먼저 Pb 성분의 분리를 위하여 알칼리 가압산화침출을 행하였다.

알칼리 가압산화침출 실험은 침출온도 100~140°C, 산소압력 40~140psi, NaOH 농도 0.5~2.0 M, 교반속도 250r.p.m., 고체농도 4 wt. %의 침출조건으로 가압침출조 (Autoclave Model : PARR 4572)를 사용하여 수행하였다. 시료 20 g과 NaOH 500 ml를 석영반응조에 넣고 가압침출조 내에서 일정온도까지 가열한 후 산소압력을 가하면서 시료의 산화침출반응을 시작하였다. 일정시간 반응이 끝난 침출용액은 진공펌프가 부착된 여과기를 통하여 고액분리하였다. 배소실험은 하단부와 상단부에 각각 가스장입구 및 배출구를 갖는 Box Furnace(내부 160×100×330 mm)를 사용하여 산소분위기 하에서 수행하였으며, Nd계 영구자석(3,000gauss)을 사용하여 배소 산물을 자력선별 하였다. 시료 및 산물의 화학조성은 ICP 방법으로 한국기초과학지원연구원에서 분석하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1. 알칼리 가압산화침출

본 실험에 사용된 침출조건에서 시료 중의 Pb와 As 성분의 산화반응에 필요한 이론적인 NaOH 농도는 1M 정도이다. 따라서 본 실험에서는 우선 NaOH 농도를 1M으로 고정하여 침출실험을 수행하였다. Fig. 1은 120°C, 1M NaOH, 100psi Po<sub>2</sub>, 4 wt% 고체의 침출 조건에서 침출시간에 따른 침출잔사 중의 Pb, As 및 Fe 함량 변화를 보이고 있다. 침출시간 10분까지는 침출잔사 중에 잔여하는 Pb 함량은 약 6.5%까지 급격히 감소함을 보이고 있으며, 그 후 Pb 잔유함량의 감소가 서서히 진행되어 침출시간 30분에서 약 5%에 도달하고 있다. 그러나 30분을 경과한 후 부터는 침출잔사 중의 Pb 잔유함량은 오히려 증가함이 관찰되었다. 방연광의 침출반응이 진행됨에 따라 침출용액 중의 HPbO<sub>2</sub>의 농도는 증가하게 되고 OH 농도는 저하된다. HPbO<sub>2</sub>는 산화포텐셜이 높고 pH 13 이상인 강알칼리의 좁은 구역에서만 안정할 수 있으므로, 침출용액 중의 OH 농도가 저하되면 HPbO<sub>2</sub>의 안정구역을 벗어나게 되고 침출된 Pb 이온은 Pb화합물로 재석출이 일어나게 되어 침출잔

사 중에 Pb 함량은 증가하는 것으로 추측된다. As 및 Fe 경우의 침출결과를 살펴보면, 침출잔사 중의 As 및 Fe 잔유함량은 침출초기에 약간 감소함을 보이나 침출 시간이 증가함에 따라 큰 변화를 보이지 않아, 황비철 광 침출반응의 진행은 크지 않음을 알 수 있다. 이는 침출반응초기에 방연광의 침출 진행에 따른 OH 농도의 저하에 따라 황비철광의 침출반응에 필요한 OH 농도가 부족하기 때문인 것으로 추측된다.

Fig. 2는 금속광물 부산물을 120°C, 1M NaOH, 100psi Po<sub>2</sub> 침출조건에서 침출시간에 따라 얻어진 침출 잔사의 X선회절분석곡선을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 30.07° (2θ)에서 나타나는 방연광의 주 피크 intensity (I<sub>G</sub>)와 37.26° (2θ)에서 관찰되는 황비철 광의 주 피크 intensity (I<sub>A</sub>)의 intensity ratio (I<sub>G</sub>/I<sub>A</sub>)의 침출시간에 따른 변화를 살펴보면, 침출시간 0분, 30분, 60분, 및 120분에서 각각 4, 1.2, 3 및 3.5 정도로 비

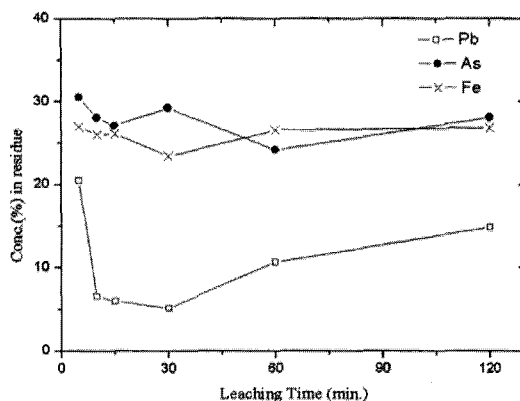


Fig. 1. Effect of leaching time on Pb, As and Fe % in the leached residues. (leaching conditions : 120°C, 1M NaOH, 100psi Po<sub>2</sub>, 250 r.p.m., 4 wt. % solid)

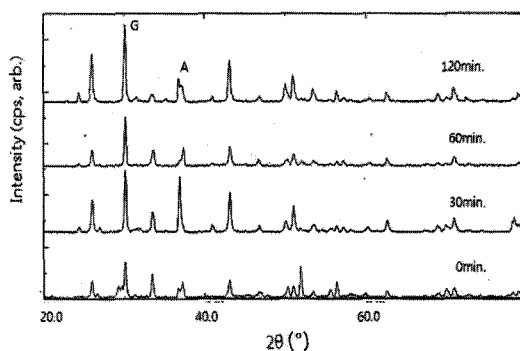


Fig. 2. XRD patterns of the leached residues.

교되고 있다. 즉, 침출시간 30분까지는 황비철광에 대한 방연광 주피크의 상대적 intensity 비의 감소가 크게 일어나고 있어 방연광의 침출이 우선적으로 일어나고 있음을 알 수 있다.

Fig. 3은 침출용액의 NaOH 농도변화에 따른 침출잔사 중의 Pb, As 및 Fe 잔유함량 변화를 관찰한 결과이며, NaOH 농도가 증가함에 따라 침출잔사 중의 Pb 잔유함량은 크게 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한 As 및 Fe 잔유함량의 경우는 NaOH 농도 1M까지는 변화가 거의 없으나 1.5M 이상에서는 As 및 Fe 잔유함량의 감소가 시작되고 있으며 2M 이상에서는 침출에 미치는 농도의 영향이 크지 않음을 알 수 있다. 이상의 실험결과로 볼 때 금속광물 부산물의 일칼리 가압산화 침출에서 Pb 성분 침출에 적절한 침출용액의 NaOH 농도는 2M 이상인 것으로 판단된다.

Fig. 4는 침출온도에 따른 침출잔사 중의 Pb, As 및 Fe 잔유함량 변화를 관찰한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 침출온도 120°C까지는 침출온도가 증가함에 따라 침출잔사 중의 Pb 잔유함량은 감소하는 경향을 보이고 있으나, 그 이상의 온도에서는 오히려 증가하는 결과를 관찰할 수 있었다. 또한 침출온도 증가에 따라 As와 Fe 두 성분 모두 잔유함량은 감소하는 경향을 나타내고 있으나, As 성분의 경우 120°C보다 높은 침출온도에서는 약간 증가하고 있음을 볼 수 있다. 이와같이 고온에서 침출율이 저하되는 현상은 침출된 As 일부가 sodium arsenate로 석출되기 때문일 것으로 추측된다.<sup>9)</sup>

Fig. 5는 가압침출 시 산소분압의 변화가 Pb, As 및 Fe 침출에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 산소분압이 증

가함에 따라 침출잔사 중의 Pb 잔유함량은 감소하고 있으나, 산소분압 100psi 이상의 침출조건에서는 큰 영향을 미치고 있지 않음이 관찰되었다. As 및 Fe 성분의 경우, 두 성분 모두 산소분압 증가에 따라 잔사 중의 잔유함량은 감소하는 경향을 보이고 있으며, 특히 As 성분의 경우 감소경향이 다른 성분에 비해 매우 크게 나타나고 있다. 황비철광은 산화반응이 진행됨에 따라 입자표면에 Fe의 산화물이나 수산화물층이 생성되며 산화반응이 계속되기 위해서는 산소가 생성물층을 확산에 의하여 통과하여 미반응표면까지 도달해야 되므로 이 확산과정이 반응속도를 지배하는 율속단계가 된다.<sup>5)</sup> 따라서 황비철광의 산화에 의한 As 침출은 산소압력에 큰 영향을 받게 된다. 반면에 방연광의 경우는 산화반응이 진행됨에 따라 침출이온들이 용액 중으로 확산되

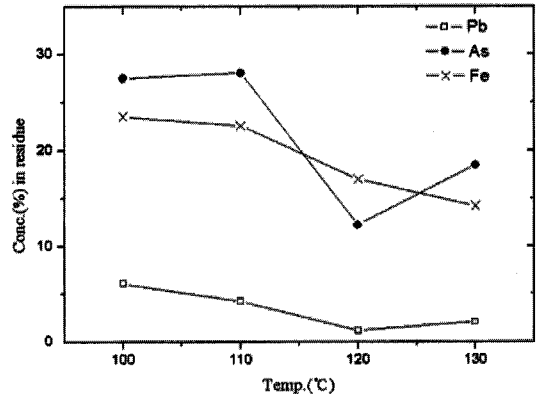


Fig. 4. Effect of leaching temperature on Pb, As and Fe % in the leached residues(leaching conditions : 2 M NaOH, 100psi Po<sub>2</sub>, 30 min., 250 r.p.m., 4 wt.% solid)

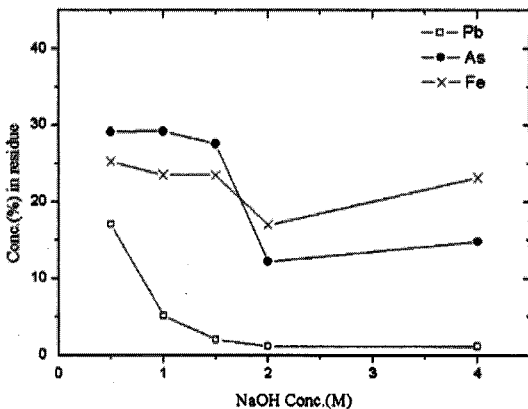


Fig. 3. Effect of NaOH concentration on Pb, As and Fe % in the leached residues.(leaching conditions : 120°C, 100psi Po<sub>2</sub>, 30 min., 250 r.p.m., 4 wt.% solid)

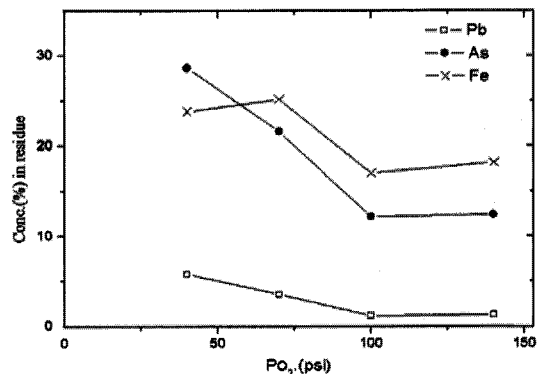


Fig. 5. Effect of oxygen partial pressure on Pb, As and Fe % in the leached residues (leaching conditions : 120°C, 2 M NaOH, 30 min., 250 r.p.m., 4 wt.% solid)

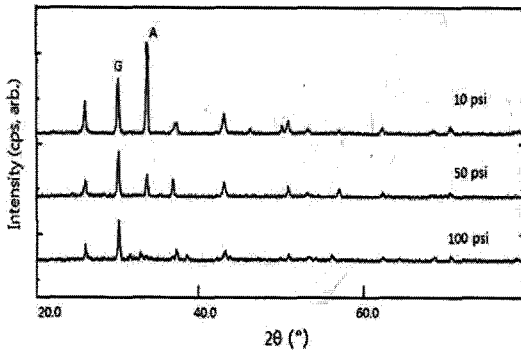


Fig. 6. XRD patterns of the leached residues.

므로 반응생성물층이 생성되지 않고, 미반응표면이 침출용액에 접촉하게 되므로 산소압력의 영향이 황비철광의 경우보다 크지 않게 된다.

Fig. 6은 산소분압 변화에 따른 침출산물들의 X선회절분석곡선이다. 산소분압이 낮으면 황비철광 피크의 상대적 intensity가 급격히 증가하고 있어 황비철광의 침출은 거의 일어나지 못하고 있음이 관찰되고 있으며, 이는 황비철광 표면에 생성되는  $Fe(OH)_3$  반응생성물 층으로 산소가 확산되기 힘들기 때문이다. 이상의 산소분압 영향의 실험결과로부터 금속광물 부산물의 알칼리 가압산화침출처리에서 침출잔사의 Pb 잔유함량을 최소로 낮추기 위해서는 100psi 이상의 산소분압 조건이 필요하다는 결론을 얻을 수 있었다.

금속광물 부산물의 알칼리 가압산화침출 실험결과를 종합하여 보면, 알칼리 가압산화침출에 의해서는 금속광물 부산물 중의 Pb, As 및 Fe 성분들을 동시에 효율적으로 침출, 제거시킬 수는 없으며, 30분 미만의 침출시간에서 Pb 성분의 효율적 침출, 제거가 가능함을 알 수 있었다. 금속광물 부산물로부터 Pb 침출의 가장 적절한 침출조건은 침출온도 120°C, 2M NaOH, 100psi  $PO_2$ , 침출시간 30분으로 조사되었으며, 침출잔사 중의

Pb 성분 잔유함량을 1~2% 정도로 낮출 수 있었다.

### 3.2. 배소 및 자력선별

금속광물 부산물의 알칼리 가압산화침출 실험을 수행한 결과 120°C, 2M NaOH, 100psi  $PO_2$ , 침출시간 30분, 4 wt%고체의 침출조건에서 Pb 침출율이 가장 좋은 결과를 얻었으며, 1.18% Pb, 12.23% As, 17.03% Fe, 25.30% S의 조성을 갖는 침출산물을 얻을 수 있었다. Pb 성분이 1.18%까지 제거된 침출산물로부터 As 성분과 Fe 성분을 분리 또는 제거하기 위하여 배소와 자력선별처리를 수행하였다. 배소는 600°C, 2hr 조건을 사용하여 산소분위기 하에서 수행하였다. Table 3은 침출산물의 배소 및 자력선별 결과를 보이고 있다. 배소산물은 2.12% Pb, 1.15% As, 21.65% Fe의 화학조성을 나타내었으며, 자력선별을 통하여 분리된 자성산물은 2.03% Pb, 1.53% As, 31.67% Fe의 조성을, 비자성산물은 2.16% Pb, 0.17% As, 1.60% Fe의 조성을 나타내었고, 자성산물과 비자성산물 회수량의 비는 74:26 이었다. 즉, 배소산물 100g 중 74g은 자성산물이고 26g은 비자성산물로 회수된다는 결과를 얻었다. 자성산물과 비자성산물에 분포된 금 성분 함량은 자성산물 1,183 ppm, 비자성산물 13,443 ppm으로 분석되어 금속광물 부산물 중의 함유된 금 성분의 대부분이 비자성산물에 분포됨을 알 수 있었다. 즉, 80.7%의 금이 비자성산물에, 19.3%의 금이 자성산물에 분포되는 결과를 얻었다. Fig. 7은 침출, 배소 및 자력선별 과정을 통하여 회수되는 산물들의 X선회절분석곡선을 비교하여 나타낸 것이다. 침출잔사를 배소하여 얻은 산물은 주로  $PbSO_4$ 와  $PbO$ ,  $Fe_2O_3$ 의 피크로 구성된 것으로 보인다. 비자성산물의 피크는 대부분  $PbSO_4$ 의 피크들과 일치하고 있으며 자성산물은  $Fe_2O_3$ 와  $PbSO_4$ 의 피크가 관찰되고 있다.

이상의 연구결과를 종합하여 보면 금속광물 부산물로부터 알칼리 가압산화침출공정을 통하여 우선적으로 Pb

Table 3. The results of roasting and magnetic separation of a leached residue

Element	Leached residue(%)	Roasting products(%)		
		as-roasted	Magnetic	Non-magnetic
Pb	1.18	2.12	2.03	2.16
As	12.23	1.15	1.53	0.17
Fe	17.03	21.65	31.67	1.60
S	25.30	5.46	6.36	3.78
Au(ppm)	3,142	4,087	1,183	13,443
weight(%)	100	75	55.5	19.5

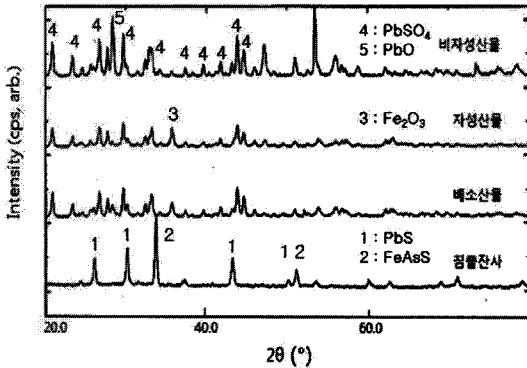


Fig. 7. XRD patterns of the products.

성분을 분리, 제거하고 이 침출산물을 배소, 자력선별함으로써, Pb, As, Fe의 모든 성분들의 잔유함량이 금의 위탁제련이 가능한 조성을 갖는 비자성산물을 회수할 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 회수된 비자성산물은 동제련 원료광물과 혼합하여 처리함으로써 금의 회수가 가능할 것으로 기대되며, 자성산물도 청화법을 적용하여 처리함으로써 금의 회수가 가능할 것으로 판단된다.

3.3. 침출용액 정액

황비철광의 알칼리 가압산화침출용액 중에 용해된 As는 20°C~30°C의 온도에서 lime을 첨가하여 calcium arsenate(Ca<sub>3</sub>(AsO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>)로 침전시켜 여과, 분리되며, 이 침전물은 EPA-TCLP용 실험을 통하여 안정성도 확인되었으며, 또한 침출용액 중에 용해된 S는 황산 또는 초

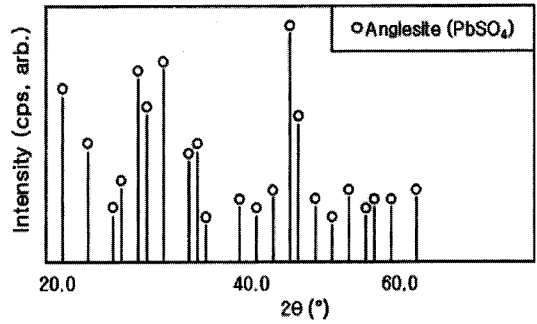


Fig. 8. XRD patterns of the precipitate of a leaching solution at pH 6.

산을 사용하여 침출용액의 pH를 6으로 조정하고 lime을 첨가하여 CaSO<sub>4</sub>로 침전, 제거시킬 수 있다고 보고되고 있다.<sup>9)</sup> 금속광물 부산물의 알칼리 가압산화침출의 경우에는 Pb 성분의 침출도 일어나므로 용해된 Pb 성분의 분리, 제거도 고려되어야 한다. 본 연구에서는 침출용액(120°C, 2M NaOH, 100psi PO<sub>2</sub>, 침출시간 30분, 4 wt%고체)의 pH 변화에 따라 침전되는 침전물을 조사하였고, pH 6 정도에서 용액 중의 Pb 성분이 PbSO<sub>4</sub>로 침전되어 분리, 제거될 수 있음이 관찰되었다. Fig. 8은 이 침전물의 X선회절분석결과이며 침전물이 PbSO<sub>4</sub>임을 확인하였다.

3.4. 금속광물 부산물의 처리공정도

Fig. 9는 유해성분 분리, 제거연구를 통하여 얻은 결과

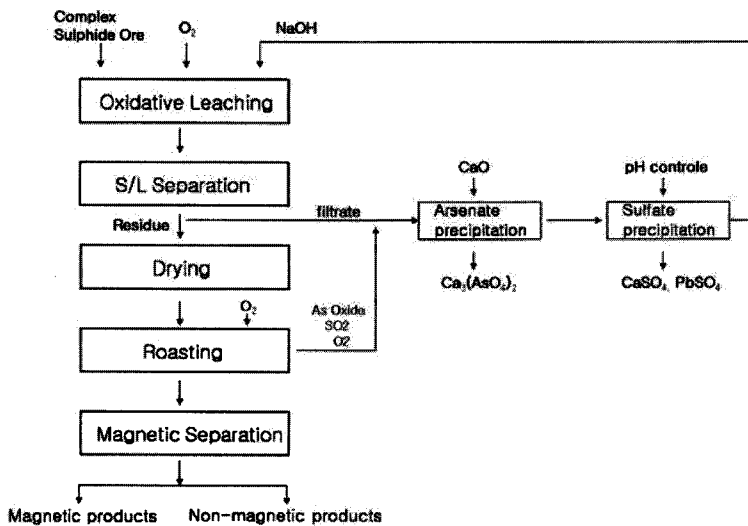


Fig. 9. Flowsheet for a pretreatment process of the metallic by-product recovered from gold mine tailings.

를 종합하여 도출한 금 광산 폐광미로부터 회수된 금속 광물 부산물의 처리공정도를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 처리공정도는 1) 일차적으로 금속광물 부산물을 알칼리 가압산화침출 처리하여 Pb 성분을 침출, 제거하고, 2) Pb 성분이 제거된 침출산물을 건조, 배소하여 As 성분을 분리, 제거하고, 3) 배소산물을 자력선별하여 Fe 성분이 분리된 비자성산물과 자성산물로 회수하는 공정으로 구성된다. 위와 같은 처리공정을 통하여 As, Pb, Fe 등이 상당량 함유된 금속광물 부산물로부터 귀금속자원인 금의 경제적, 효율적 회수가 가능할 것으로 기대되며, 아울러 처리공정 중에 분리, 제거되는 As, Pb, S 등의 성분들은  $Ca_3(AsO_4)_2$ ,  $CaSO_4$ ,  $PbSO_4$  등으로 회수될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 실험을 통하여 얻어진 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 금 광산 폐광미로부터 회수된 금속광물 부산물은 알칼리 가압산화침출을 통하여 Pb 성분을 효율적으로 침출, 제거시킬 수 있었으며, 120°C, 2M NaOH, 100psi  $PO_2$ , 30분, 4 wt.%고체의 침출조건에서 침출하여 Pb 성분 함량이 1~2%인 침출잔사를 얻을 수 있었다.
- 2) 침출잔사는 600°C, 2hr의 조건에서 배소처리하여 As 2% 이하의 조성을 갖는 배소산물을 얻을 수 있었다.
- 3) 배소산물은 자력선별공정을 통하여 As 0.2% 이하, Pb 3% 이하, Fe 2% 이하의 조성을 갖는 비자성산물을 얻을 수 있었으며, 이 산물은 동계련 원료광물과 혼합처리가 가능할 것으로 기대된다.
- 4) 자성산물과 비자성산물의 회수중량비는 3:1 정도이며, 자성산물 중의 금의 함량은 1,183 ppm, 비자성산물 중의 금의 함량은 13,443 ppm으로 분석되어, 금속광물 부산물 중에 함유된 금의 80% 정도가 비자성산물에 분포됨을 알 수 있었다.

#### 감사의 글

본 논문은 인천대학교 2008년도 자체연구비 지원에 의하여 연구 되었습니다.

#### 참고문헌

1. 채영배, 정수복, 윤평란., 1999: 금 광산 폐광미로부터 유

- 가자원 회수에 관한 연구, 자원리싸이클링, 8(3), pp. 37-42.
2. Berezowsky, R. J. et al., 1984: *Pressure Oxidation Pretreatment of Refractory Gold*, Miner. & Metall. Process., 1(1), pp. 1-4.
3. Bruynesteyn, A., 1984: *Bio-Leaching of Refractory Gold-Silver Ores*, Paper in Leaching Unit Operations and Processes CIM(Proc. 14th), pp. 9.
4. Laksmanan, V. I., and D. Bosch., 1984: *Treatment of Refractory Gold Ores*, ibid, pp. 16.
5. Fernandez, P.G and Linge, H.G and Wadsley, M.W., 1996: *Oxidation of Arsenopyrite(FeAsS) in Acid Part I: Reactivity of Arsenopyrite*, Journal of Applied Electrochemistry, 26(6), pp. 575-583.
6. Fernandez, P.G Linge, H.G and Willing, M.J., 1996: *Oxidation of Arsenopyrite (FeAsS) in Acid Part II: Stoichiometry and Reaction Scheme*, ibid, 26(6), pp. 585-591.
7. Linge, H.G and Welham, N.J., 1997: *Gold Recovery from a Refractory Arsenopyrite (FeAsS) Concentrate by in-situ Slurry Oxidation*, Minerals Engineering, 10(6), pp. 557-566.
8. Achimovicova, M. and Balaz, P., 2005: *Influence of Mechanical Activation on Selectivity of Acid Leaching of Arsenopyrite*, Hydrometallurgy, 77, pp.3-7.
9. Bhakta, P. et al, 1989: *Alkaline Oxidative Leaching of Gold-bearing Arsenopyrite Ores*, Report of Investigations 9258 US Bureau of Mines, pp. 1-12.
10. Sill, H. A., 1960: *Process for Treating Complex Ores*, US Pat. 2,951,741, Sept. 6.
11. Wadsworth, M. E., 1985: *Sulfide and Metal Leaching Reactions*, Trans. of the American Institute of Min. Met. and Pet. Eng. Soc., 278, pp. 557-562.
12. Irma Cisneros-Gonzalez et al., 2000: *An Electrochemical Study of Galena Concentrate in Perchlorate Medium at pH 2.0: the Influence of Chloride Ions*, Electrochimica Acta, 45, 2729-2741
13. Zhang, S. et al., 2004: *Dissolution Kinetics of Galena in Acid NaCl Solutions at 25-75°C*, Applied Geochemistry, 19(6), pp. 835-841.

尹 起 炳

- 현재 인천대학교 신소재공학과 교수
- 당 학회지 제13권 1호 참조