

스지구 금광물의 특성

강금혁, 서철삼, 김철성, 엄철이

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《금, 연, 아연을 비롯한 유색금속과 귀금속 생산을 훨씬 늘여야 하겠습니다.》

(《김일성전집》 제5권 185페이지)

일반적으로 금이 류화광물속에 포과물, 화합물(실제로 Au-Ag텔루르화물), 고용체상태로 존재하면 난처리성 금광물로 보고있다.[1-4]

우리는 스지구 금광물의 광물학적, 화학적특성을 평가한데 기초하여 그것이 전형적인 난처리성 금광물이라는것을 밝혔다.

실험 방법

시료로는 스지구 광석마편, 립도 1mm이하로 불밀분쇄한 광석분말(표 1)을, 시약으로는 HCl(분석순), $\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (분석순), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (분석순), NaCN(분석순), NaOH(분석순), 탈이온수를, 기구로는 시금분석체계,

표 1. 광석분말의 립도분포

립자크기/ μm	212이상	212~150	150~106	106~75	75이하
함량/%	8.2	11.7	25.4	16.3	38.4

원자흡광분석기(《WYZ-402C》), 원자발광스펙트르분광기(《GE-170》), 형광X선분석기(《VRA-

30》, W관, 25kV/12mA), 광학현미경, 교반기, 자동pH미터, 항온조, 흡수탑, 전자천평, 비커를 리용하였다.

스지구 금광물의 광물학적특성은 광석마편을 먼저 현미경으로 조사한 다음 시금분석체계, 원자흡광분석기, 원자발광스펙트르분광기, 형광X선분석기로 분말시료를 화학분석하여 밝혔다.

광물의 화학적특성은 금침출에 기본영향을 주는 공생광물(류화광물)에 대한 염산분해, 염산분해후 시안화법에 의한 금침출을 진행하여 밝혔다.

류화광물분해 1L들이 유리비커에 500mL의 탈이온수와 150g의 광석시료를 넣고 60r/min의 속도로 교반하면서 HCl로 용액의 pH를 맞추었다. 반응속도는 온도가 높을수록 빨라지므로 온도를 100℃로 보장하였다.

방출되는 H_2S 기체는 1.8L의 염산성 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 용액을 채운 탑을 통과시켜 흡수시켰다. 반응은 탑에 남아있는 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 을 Fe^{2+} 으로 산화환원적정하여 정량적으로 진행시켰다.[4]

시안침출 류화광물분해잔사를 증류수로 세척하고 pH 11~12, 0.23% NaCN용액에서 48h동안 180r/min의 속도로 교반침출하였다. 이때 고액비를 3으로 하였다. 용액의 pH는 가성소다로 조절하였으며 반응후 침출액에서 Au를 분석하였다.

실험결과 및 해석

광석시료는 각력암과 잔결정류화광물로 이루어져있다. 암석알갱이의 크기는 1~50cm이며 대체로 10cm이하이다.

마편분석(500배)결과 류화광물, 산화광물, 록니석, 투각섬석이 관찰되었다. 광석에는 류화광물로 류비철광, 류화철광, 황동광이, 산화광물로 자철광이, 약간의 반동광과 섬아연광이 포함되어있다. 또한 광물종들이 서로 분리되어 류비철광이 기본인 구역, 류화철광이 기본인 구역, 섬아연광이 풍부한 구역이 좁은 띠를 이루면서 석영, 석영-장석반암에 붙어있다.

금립자는 현미경으로 관찰할수 없었다. 따라서 광석에서 금은 다른 공생광물에 포과물형태로 미세광염되었다고 볼수 있다.

시금분석체계와 원자흡광분석기, 원자발광스펙트르분광기, 형광X선분석기로 분석한 광석시료의 화학조성은 표 2와 같다.

표 2. 광석시료의 화학조성(%)

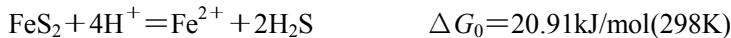
Fe	As	Pb	Cu	Zn	S	기타
5.32	1.15	0.03	0.03	0.38	9.61	81.86

광물에서 금의 함량은 18.3g/t, 은함량은 121.2g/t이다.

화학분석결과 스지구 금광석에서 공생광물의 기본은 류화광물들인 황철광(10.2%)과 류비철광(2.3%)이다.

류화광물(FeAsS , FeS_2)의 분해특성은 다음과 같다.

산성매질에서 류비철광과 황철광의 분해반응은 다음과 같이 진행된다.



반응식에서 보는바와 같이 방온도에서 류비철광의 분해반응은 열력학적으로 가능하고 황철광은 불가능하다. 그러므로 염산성매질에서 분해되는것은 류비철광이며 류화수소는 류비철광의 분해에 의하여 생긴다.

FeAsS 의 분해에 미치는 pH와 시간의 영향 pH와 시간에 따르는 류화광물의 분해률변화는 표 3과 같다.

표 3에서 보는바와 같이 산성매질에서 류화물의 분해반응속도는 용액의 pH가 낮아짐에 따라 빨라지지만 pH 0.1에서도 류화물의 분해률은 20%이하이다. pH를 더 낮추면 100℃에서 산증기가 심하게 발생하여 환경오염과 장치부식이 심하므로 pH를 0.1로 하였다.

이로부터 류비철광의 분해반응이 열력학적으로는 가능하지만 운동학적으로는 느

표 3. pH와 시간에 따르는 류화광물의 분해률변화(%)

pH	시간/min						
	15	30	60	120	180	240	300
0.1	5.1	7.2	9.3	12.6	14.8	15.8	16.2
0.2	3.2	6.3	8.6	11.5	12.7	13.5	13.9
0.3	2.8	5.8	8.1	10.2	11.3	11.9	12.4
0.4	2.3	4.2	6.9	7.8	8.6	9.1	9.3
0.5	1.8	3.7	5.9	6.1	7.4	7.8	8.3
0.6	1.7	1.9	3.3	3.9	4.6	5.2	6.1

린반응이라는것을 알수 있다.

시안침출시간에 따르는 금의 침출률 pH 0.1에서 분해시킨 시료들을 시안침출할 때 침출 시간에 따르는 금의 침출률변화는 표 4와 같다.

표 4. 시안침출시간에 따르는 금의 침출률변화

침출시간/min	0	15	30	60	120	180	240	300
침출잔사중 금함량/(g · t ⁻¹)	17.4	17.1	17.2	17.0	16.4	16.3	16.2	16.0
침출률/%	4.9	6.1	6.0	7.1	10.3	10.9	11.5	12.5

표 4에서 보는바와 같이 入지구 류화광광석을 전처리하지 않은 경우 시안에 의한 금 침출률이 4.9%로서 전형적인 난처리광석에 속한다.

염산성매질에서 전처리하여 일부 류화광물들을 분해시키는 경우 침출률이 일정한 정도 증가하였지만 여전히 침출률이 낮으며 난처리성광물로서의 특성을 유지하고있다. 이것은 류화광물이 완전히 분해되지 못하여 금침출을 방해하는것과 함께 류화광물속의 일부가 H₂S로 분해되지만 류비철광의 분해에 의하여 생기는 비소는 그대로 남아있어 금침출을 방해하기때문이라고 볼수 있다.

맺 는 말

入지구 금광물은 석영-칼리움장석형 금광석으로서 황철광, 류비철광, 황동광, 자철광, 적은 량의 반동광과 섬아연광과 같은 공생류화광물에 금이 포괄물형태로 미세광염되어있다.

산성매질에서 류화광물분해특성과 분해잔사에 대한 금의 시안침출결과로부터 入지구 금광물은 전형적인 난처리성금광물이며 따라서 금을 효과적으로 침출하려면 반드시 전처리과정을 거쳐야 한다.

참 고 문 헌

- [1] L. J. Cabri et al.; Can. Mineral., **27**, 353, 1989.
- [2] A. D. Genkin et al.; Russian Federation. Econ. Geol., **93**, 463, 1998.
- [3] N. J. Cook et al.; Can. Mineral., **28**, 1, 1990.
- [4] T. Mahlangu et al.; Thermodynamics Hydrometallurgy, **84**, 3-4, 192, 2006.

주체104(2015)년 1월 5일 원고접수

Characteristics of Gold Ore Minerals in “入” Area

Kang Kum Hyok, So Chol Sam, Kim Chol Song and Om Chol I

We found that the gold ore minerals of “入” region deposit were typically refractory and it couldn't be substantially solved through leaching in acidic medium.

Key words: refractory, gold