

黄铜矿精矿细菌浸出试验

马德钦 蔡文六 王永成 李云章 吕人豪

(中国科学院微生物研究所, 北京)

用细菌浸出法从低品位硫化铜矿中回收铜的研究及生产应用日益增多。但是, 这种方法只对次生硫化铜矿及某些氧化铜矿效果好, 而对于在铜矿中含量最大的原生黄铜矿, 则浸出时间长, 效果较差。

黄铜矿的细菌浸出法在国外研究较多^[1-4], 取得一定进展。最近, Bruynesteyn 及 Duncan^[1,5] 等人用细菌浸出磨细的黄铜矿精矿, 可以加快铜的析放速率, 但用的是极细的矿粉, 浸出时要强烈搅动及通入含有二氧化碳的空气, 且须严格控制浸出条件。而对于大粒度矿石的浸出率都很低。

为试验黄铜矿的细菌浸出能力及排除其他铜矿物的干扰, 又为便于小量研究, 我们从某地选取了较纯的黄铜矿精矿, 用对铜侵蚀力强的细菌进行了浸出试验。

材料和方法

1. 黄铜矿精矿 所用的矿石是从某铜矿手选的精矿。其主要元素分析结果及物相组成列于表 1、表 2。此矿石含原生硫化铜占 97% 以上, 其他铜矿物少于 3%。

表 1 黄铜矿精矿主要元素分析(%)

Cu	24.77
Fe	32.01
S	30.73
Pb	0.53
Zn	1.12
CaO	1.28
MgO	0.68
Al ₂ O ₃	0.86
K ₂ O	0.10
Na ₂ O	0.38
SiO ₂	1.32

表 2 黄铜矿精矿物相组成(%)

氧化铜	次生硫化铜	原生硫化铜	总 铜
0.27	0.32	22.00	22.64

2. 细菌 试验用的氧化铁硫杆菌 (*Thiobacillus ferrooxidans*) 菌株 No. 9, T₁, F₁ 及氧化硫硫杆菌 (*Th. thiooxidans*) 菌株 No. 19, 是从各地铜矿山酸性矿水分离出的, 氧化铁硫杆菌菌株 O-D 是从铀矿山酸性矿水分离的。

3. 培养基 细菌培养, 浸矿及保藏用的培养基: 氧化铁硫杆菌用 9K 培养基^[6], 氧化硫硫杆菌用 Starkey^[7] 培养基。

4. 浸矿方法 于 250 毫升三角瓶装入黄铜矿精矿矿粉 2—3 克, 9K 培养基(不加 FeSO₄) 95 毫升及不含铁的氧化铁硫杆菌新鲜菌液(事先将菌液离心, 倒去清液, 用水洗涤细胞, 反复三次, 以除去菌液中的铁) 5 毫升, 用硫酸调 pH 至 2.0, 置 180 转/分旋转摇床, 28℃ 振荡浸出。定期取浸出液分析铜的析放量。

结果与讨论

1. 不同 Fe²⁺ 浓度对细菌浸出的影响: 在细菌浸出的培养基中加入不同量的 FeSO₄ 作细菌能源, 同时由细菌氧化产生 Fe₂(SO₄)₃。从表 3 的结果看出, 初始 Fe²⁺ 浓度对黄铜矿浸出的影响很明显。当 Fe²⁺ 浓度高至 0.5 克/升时, 浸出率下降。其浓度愈高, 浸出率则愈低。

2. 矿石粒度大小的影响: 细菌对磨成不同粒度的矿石浸出的影响列于表 4。结果表明, 粒度大小对浸出率的影响是显著的。—200 目及—325 目的矿石, 20 天可浸出铜 90% 以上; —160 目矿石, 30 天只能浸出 40% 左右。粒度

愈大,浸出率愈低。文献曾报道黄铜矿提取率的大小是由矿石的有效表面积及细菌进入矿石内的深度所决定^[8]。看来要得到好的浸出效果,需要矿石粒度小及提高细菌作用于矿物的活性。

表3 细菌浸出黄铜矿时不同 Fe²⁺ 浓度的作用*

初始 Fe ²⁺ 浓度(克/升)	浸出液分析(15天)			
	pH	总 Fe(克/升)	Cu ²⁺ 浓度(克/升)	浸出 Cu ²⁺ (%)
0	2.5	0.140	2.99	65.4
0.2	2.2	0.394	2.71	59.3
0.5	2.2	0.344	2.27	49.6
1.0	2.5	0.474	1.34	29.2
2.0	2.5	0.478	1.06	23.4
4.0	2.5	0.600	0.96	21.0
6.0	2.0	2.142	0.46	9.6
8.0	2.0	2.780	0.38	8.5
10.0	2.0	4.240	0.36	8.0

* 用-200目矿石。

3. 几株疏杆菌浸出效果的比较: 从表5所列结果可看到, 用氧化硫疏杆菌 No. 19 菌株及 2% 硫酸溶液对黄铜矿浸出效果很差。在氧化铁疏杆菌中, O-D 菌株效果较差。该菌株对 Fe²⁺ 的氧化力虽然很强^[9], 但对黄铜矿的侵蚀能力弱, 可能因它来源于铀矿山的系统。从铜矿酸性矿水分离的 No. 9, T₁, F₁ 菌株的浸矿效果相差不多。使用氧化硫疏杆菌与氧化铁疏杆菌混合浸出, 比用单菌株稍高。

从以上结果得知: 我们分离的细菌可以从磨细的黄铜矿中有效地把铜浸出来。浸出时加入细菌所需的能源 FeSO₄ 或 Fe₂(SO₄)₃, 会降低

表4 不同粒度矿石对细菌浸出的影响

矿石粒度(目)	18天浸出				32天浸出		
	pH	总 Fe(克/升)	Cu ²⁺ (克/升)	浸出率(%)	pH	Cu ²⁺ (克/升)	浸出率(%)
-100+160	4.0	0.20	0.21	2.65	3.8	1.48	15.20
-160+200	4.0	0.40	1.43	20.10	2.7	3.78	44.80
-200+325	3.5	0.54	1.51	40.70	3.0	2.90	64.80
-200	1.5	0.77	6.50	83.00			
-325	1.5	0.52	7.90	98.00			

浸出效果, 其原因估计可能是细菌直接侵蚀矿石的硫化物而把铜析放出来, 不需另加入亚铁。这方面的现象尚需深入一步研究。至于铁离子在一定浓度以上能影响铜浸出的原因, 有人^[10]认为是由于高铁水解生成草黄铁矾 [Fe₃(SO₄)₂(OH)₆(H₂O)] 沉淀覆盖矿石表面, 影响细菌进一步与矿石接触所致。表3结果也表明, 浸出15天时, 在浸出液含铁量较高的试验中有许多铁沉淀, 并与矿石胶结在一起, 这对细菌继续侵蚀矿石是很不利的。

表5 几株疏杆菌对黄铜矿浸出能力的比较*

试验条件	浸出液分析(16天)			
	pH	总 Fe(克/升)	Cu ²⁺ (克/升)	浸出率(%)
pH1.5H ₂ SO ₄ 溶液	1.8	0.568	0.178	3.5
2%H ₂ SO ₄ 溶液	<1.0	2.32	0.662	12.7
No.9 菌株	2.5	1.37	3.660	72.2
T ₁ 菌株	2.2	0.81	3.270	64.2
F ₁ 菌株	2.2	0.95	3.180	58.2
O-D 菌株	2.5	0.68	1.755	34.7
No.19 菌株	<1.0	1.46	0.538	10.6
19 + T ₁ 菌株	1.5	1.97	3.74	73.4

* 用-200目矿石。

参 考 文 献

[1] Bruynesteyn, A.: "SME Preprint 70-B-104", 1970.
[2] Bruynesteyn, A. and Duncan, D. W.: *Can. Met. Quart.* 10 (1): 57—63, 1971.
[3] 渡辺压美等: 特许公报, 昭 47—14602, 1972.
[4] Иванов, В. И.: *Микробиология*, 30: 575—578, 1962.
[5] Duncan, D. W.: US Patent, 3,607,235, 1972.
[6] Silverman, M. P. and Lundgren, D. G.: *J. Bacteriol.*, 77: 642—647, 1959.
[7] 吕人豪、区嘉峰: 微生物学报, 10(4): 467—476, 1964.
[8] Bruynesteyn, A. and D. W. Duncan: Effect of Particle Size on the Microbiological Leaching of Chalcopyrite Bearing Ore, *Solution Min. Symp. Proc.* (ed. by Aplan, F. F. et al.), American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York, 1974, p. 324—327.
[9] 欧津等: 微生物学报, 17 (1): 11—20, 1977.
[10] 渡辺压美: 发酵协会誌, 27 (12): 5—12, 1969.