

氧化铁硫杆菌对铜矿的浸出作用

中国科学院南京土壤研究所微生物室细菌浸铜小组
江苏省句容县宝华山铜矿

细菌浸出工艺,在处理贫矿、边矿、残矿和尾矿渣之类的铜矿以及在处理某些难于开采的小型富矿方面,已有不少的报道^[1]。

在江苏省句容县宝华山铜矿区的含铜酸性矿水中,我们曾分离出一株菌体末端呈半圆形的短杆状(0.5—0.7×1.0—1.8 μ)细菌,经鉴定^[2],确认其主要特征与氧化铁硫杆菌(*Thiobacillus ferrooxidans*)相似。它在亚铁培养基上生长量较大,氧化亚铁的能力很强。

我们利用该菌株的培养液,对不同类型的铜矿的浸出等方面进行了一些试验工作,现简报如下。

一、氧化铁硫杆菌对铜矿的浸出作用

我们选用宝华山75号矿,进行氧化铁硫杆菌浸铜作用的试验,该矿系由孔雀石矿、辉铜矿和黄铜矿组

成^[3]。试验所用的铁硫杆菌菌液中的高铁浓度分别为6克/升和10克/升两种。

试验结果(表1)表明,氧化铁硫杆菌菌液对斜方晶系和单斜方晶系的孔雀石矿的铜的浸出率为100%;对辉铜矿的铜的浸出率为84.14%,用含10克/升硫酸高铁的菌液比用5克/升硫酸高铁的菌液要好;而对于通常认为难于浸出的正方晶系和等轴晶系的黄铜矿,氧化铁硫杆菌菌液也能使铜的浸出率达73—76%左右。

可见,氧化铁硫杆菌菌液确能使铜矿中的铜得到浸出。当然,由于自然界中铜矿种类繁多(约有170种之多),它们的化学组成,晶格构造和物理化学性质各异,氧化铁硫杆菌菌液对铜的浸出作用是一定会有大小之分的。

表 1 细菌对不同类型铜矿的浸出作用*

矿石及处理		孔雀石		辉铜矿		黄铜矿	
		含铜量(%)	浸出率(%)	含铜量(%)	浸出率(%)	含铜量(%)	浸出率(%)
75号 铜矿石	原矿	0.35		0.42		0.25	
	用5克/升硫酸高铁菌液 浸出后尾渣	0	100	0.09	76.04	0.07	73.35
	用10克/升硫酸高铁菌液 浸出后尾渣	0	100	0.08	84.14	0.06	76.46
	稀酸(pH2.0)浸出后尾渣 (对照)	0.06	82.59	0.20	53.49	0.16	37.19

* 铜的分析采用硫代硫酸钠法。

二、氧化铁硫杆菌对铜矿渗滤浸出的动态试验

渗滤浸出动态试验分小试验和中间试验两种。

小试验系在直径为10厘米长为120厘米的塑料管中进行的。试验前先将矿石用稀酸(pH=2.0)洗至无可溶性铜为止,取6公斤经稀酸洗后的铜矿放入塑料管中,并加入氧化铁硫杆菌菌液,进行闭路渗滤浸出,以24小时为一周期,测定渗滤浸出液中铜的含量,结果见图1、2、3。

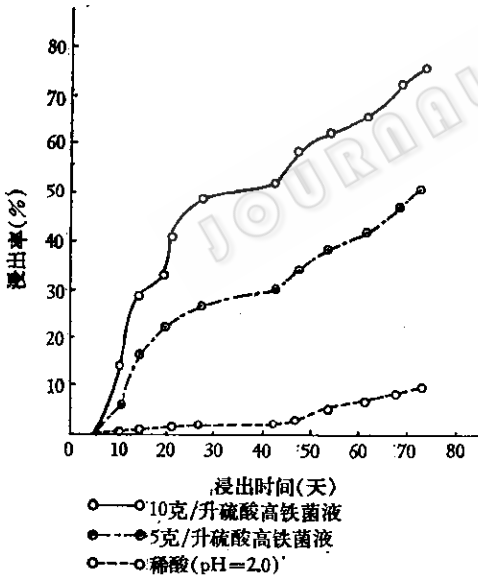


图1 29号铜矿的硫酸高铁菌液渗滤浸出动态

中间试验系在露天浸矿池中进行。试验前矿石先经球磨机研磨(其中1毫米以下的粒级占68%左右)。将70吨矿石粉加入浸矿池中,然后用酸浸洗三次,再加入氧化铁硫杆菌菌液(其硫酸高铁浓度为6克/升),固液比为7:1。3天为一周期;即浸泡一天,渗滤一天,落干一天,测定渗滤浸出液中铜含量。结果见表2。

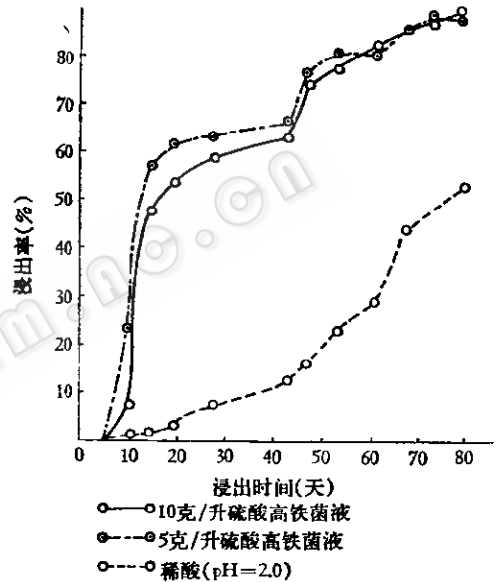


图2 75号铜矿硫酸高铁菌液渗滤浸出动态

小试验和两次中间试验渗滤浸出动态表明:

1. 铜矿中铜的浸出量随其所用氧化铁硫杆菌菌液中高铁浓度的高低而相应增减。
2. 铜矿中铜的浸出量在试验中期为最高,其后,随着铜矿中铜不断地被浸出,铜的浸出量逐渐平缓下降。例如在小试验中,通常20—50天内铜的浸出量到达顶峰。以后则增加缓慢;在中试中,以2—3周期中铜的浸出量最大,接着则缓慢地减少。
3. 尽管氧化铁硫杆菌菌液能够使铜矿中的铜浸出,但不能用池浸出,池浸所需时间较长,容量有限,效率较低,这是细菌浸出工艺一大弱点。

三、细菌浸出机理的探索

迄今为止,有关细菌浸出机理问题,仍然是一个有争议的课题^[1]。大体上存在三种意见:一种意见认

表 2 动态渗透浸出过程中铜、高铁、亚铁及 pH 的测定结果

测定项目	1	2	3	4	5	6
铜的平均浸出量(克/升)	10.89	14.15	13.97	11.32	9.64	7.669
浸出液中硫酸高铁含量(克/升)	9.265	11.549	11.502	8.940	7.649	4.997
浸出液中硫酸亚铁含量(克/升)	1.285	1.386	1.503	2.772	2.981	3.261
每次注入矿石中的菌液硫酸高铁浓度(克/升)	6.902	6.902	6.902	6.902	6.902	6.902
浸出液中 pH 的变化(原菌液 pH=2.0)	3.0	3.0	3.0	2.5—3.0	3.0	3.0

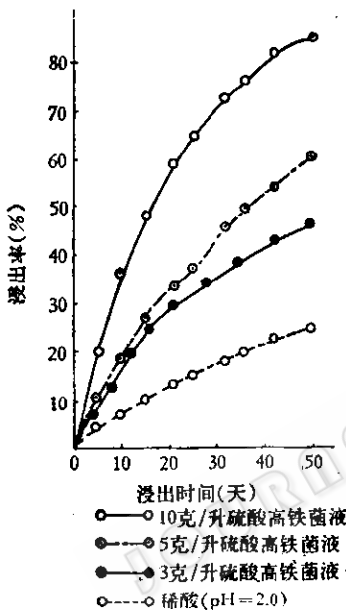


图 3 孔雀石铜矿硫酸高铁菌液渗透浸出动态

为,细菌浸出是微生物生命活动的间接结果,是微生物的某些代谢产物(主要是硫酸高铁)对矿石的简单的溶解作用所致。第二种意见认为,细菌浸出是微生物为了摄取自身所需的营养元素,而必须分泌某些酶,用以破坏矿物晶格的必然结果。第三种意见则介于第一、第二种意见之间,认为是微生物的某些代谢产物和分泌的某些酶的共同作用的结果。要弄清细菌浸出机理问题,肯定还要进行大量的试验研究工作。但是,从我们进行的半透膜隔离浸出与直接浸出的对比试验结果来看,似乎对上述的第三种意见提供了新的证据。

所谓半透膜隔离浸出^[3],就是将铜矿石预先放入具有半透性的羊皮纸包中,然后将其浸入氧化铁硫杆菌菌液中,达到矿石与菌的代谢产物直接接触而不与细菌直接接触的目的,经一段时间培养后,测定菌液中

铜含量的变化。结果见表 3。

表 3 半透膜隔离浸出与直接浸出的比较

试验物质	试验物质含铜量(%)	试验处理	铜浸出率(%)	亚铁残留量(克/升)	pH
氧化铜(化学试剂)	79.94	直接浸出	33.73	1.0	3.0
		隔离浸出	12.57	1.0	2.0
		对照	1.97	0.036	4.5
氧化亚铜(化学试剂)	87.59	直接浸出	46.99	4.360	3.0
		隔离浸出	4.79	3.360	2.5
		对照	9.18	0.036	5.0
硫化亚铜(化学试剂)	79.88	直接浸出	4.56	3.457	2.5
		隔离浸出	4.01	2.335	2.5
		对照	3.02	0.054	4.5
碳酸铜(化学试剂)	86.00	直接浸出	20.68	1.991	3.0
		隔离浸出	11.41	1.231	2.5
		对照	1.11	0.009	4.5
29号孔雀石、黄铜矿(含辉)	6.46	直接浸出	76.46	0.069	2.0
		隔离浸出	75.20	0.069	2.5
		对照	12.35	0.069	4.5
孔雀石矿	15.49	直接浸出	41.22	3.343	2.0
		隔离浸出	15.22	0.299	1.8
		对照	1.29	0.058	4.5

从表 3 可见,无论是用含铜化合物或铜矿石进行的试验都一致表明:凡是氧化铁硫杆菌菌液与试料直接接触处理的,其铜的浸出率总是高于半透膜隔离浸出处理;而半透膜隔离浸出处理的除极个别例外,其铜浸出率又通常高于稀酸浸出对照组,有的相差还很显著。这一事实说明,细菌浸铜过程,既有通过微生物代谢产物的间接作用,也有通过酶破坏矿石晶格的直接作用。总之,浸出过程是细菌、高铁、硫酸三者综合作用的过程,它不仅包含细菌的作用又包含着化学作用因素。

参 考 资 料

[1] 冶金部北京矿冶研究院、中国科学院微生物研究所、冶金部情报标准研究所译：细菌浸出在采矿工业上的应用，冶金工业出版社，1973。

[2] Breed, R. S.: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* 7th ed. p. 84—85, 1957.

[3] 严仁荫、刘玉珊：分析化学，10：25—95，1959。

[4] 伊藤一郎：工业化学杂志，72 (2)：437，1969。

[5] 陈廷伟、陈华葵：微生物，2 (3)：104—112，1960。