

文章编号:1673-9981(2008)01-0051-04

低温驯化氧化亚铁嗜酸硫杆菌强化浸出黄铜矿的研究*

张德诚, 谢凌, 罗学刚

(西南科技大学材料科学与工程学院, 四川 绵阳 621010)

摘 要:以西部矿业公司的硫化铜矿为研究对象,在模拟青藏高原的低温条件(8~10℃)下对氧化亚铁嗜酸硫杆菌种进行低温驯化培养,得到了细菌活性较好的低温驯化菌.用低温驯化培养菌种和原菌种分别对硫化铜矿进行低温摇瓶浸出90天,结果表明,低温驯化菌所需浸出时间比原菌短,对铜的浸出率分别为53.85%和39.86%.

关键词:低温驯化; 细菌浸出; 黄铜矿; 氧化亚铁嗜酸硫杆菌

中图分类号: TF18; Q939.97 **文献标识码:** A

青藏高原具有得天独厚的矿产资源,充分开发其丰富的硫化铜矿资源将缓解我国铜矿资源“大瓶颈”、“大制约”的严峻局面^[1].由于青藏高原特殊的低温气候条件使细菌低温浸出硫化铜矿的速率很低,而我国目前关于在低温条件下提高细菌浸出硫化铜矿速率的研究也比较少.因此,研究在低温条件下如何提高细菌的浸矿速率十分必要.

1 实验部分

1.1 矿 样

实验矿样是由西部矿业公司提供的硫化铜矿,样品的多元素分析和物相分析分别列于表1和表2. XRD和工艺矿物学分析的结果表明:矿石中的主要矿物为黄铜矿、方铅矿、绿泥石、金云母和石英等,其中铜主要以原生硫化物形态为主,而原生硫化物又主要以黄铜矿的形式存在.

表1 矿样多元素分析结果

Table 1 Chemical compositions of samples

成分	Cu	SiO ₂	Pb	Mg	Fe	Al ₂ O ₃	K	Ca
含量 w/%	5.87	48.78	10.3	1.78	11.47	4.83	2.09	1.55

表2 矿样物相分析结果

Table 2 Phase compositions of samples

	原生硫化铜	次生硫化铜	氧化铜	总铜
含量 w(Cu)/%	3.19	1.02	0.73	5.87
占有率 w/%	69.1	22.3	5.2	100

1.2 实验菌种

所用的菌种是由成都理工大学所提供的经培育纯化后的氧化亚铁嗜酸硫杆菌(*A. ferrooxidans*).将1 mL菌液接种到100 mL的9K+矿石培养基中(主要成分为100 mL 9K培养液、1 g实验矿样和1.5 g硫单质),然后置于恒温振荡器中,在最佳培养温度30℃和pH=2.0的条件下,连续振荡培养数

收稿日期:2007-08-28
* 基金项目:国家科技支撑计划项目课题资助(2007BAB18806)
作者简介:张德诚(1982-),男,辽宁大连人,硕士研究生.

日,其培养情况如图1所示.由图1可知,培养7天左右,细菌达到对数生长期,细菌浓度约为 3.4×10^8 个/mL.之后再将其得到的细菌连续转移培养2或3次,可得到富集的原始氧化亚铁嗜酸硫杆菌菌液,以备低温驯化和低温浸矿使用.

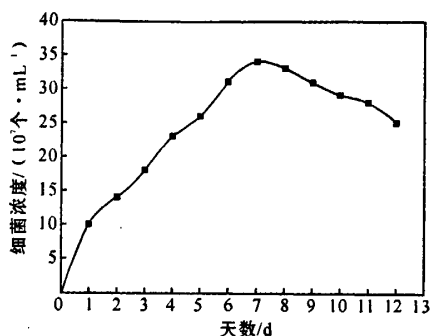


图1 30℃时原菌液在9K+矿石培养基中的富集培养曲线
Fig. 1 A. *Ferrooxidans* growth curve in 9K and ore culture medium at 30℃

1.3 实验方法

为了研究低温条件下如何提高细菌的浸矿速率,首先对原始菌种进行低温驯化培养,然后分别用低温驯化培养的菌种与原菌种进行浸矿实验.

1.3.1 原菌的低温驯化培养

将1 mL富集好的原菌液放入9K+矿石培养基中,用硫酸调pH=2.0,然后置于8~10℃低温摇床中驯化培养,定期取样,测其pH及Fe²⁺氧化率和细菌数,直至低温驯化培养的细菌浓度与常温下原菌浓度较为接近为止.

1.3.2 低温驯化培养菌与原菌摇瓶浸出的比较

将85 mL灭菌后的无铁9K培养基加入到已灭菌的含5 g矿样(粒度0.074 mm)的250 mL锥形瓶中,用硫酸调其pH保持在2.0,然后将细菌数相同的无铁低温驯化培养菌液和无铁原始菌液分别接入到该浸出体系中(矿浆浓度保持在5%左右).将所有摇瓶放在转速180 r/min和8~10℃的可控低温摇床中进行振荡,定时取样.用原子吸收法测定浸出液中Cu和Fe浓度,用重铬酸钾标准滴定法测定亚铁离子的浓度.

2 实验结果及讨论

2.1 原菌的低温驯化培养

在原菌低温驯化培养的过程中,pH、Fe²⁺氧化率和细菌数随培养天数变化的情况如图2~4所示.由图2可知,从第19天开始pH上升的幅度比以前大,在第23天时pH达到最大值,之后又逐渐降低.这说明细菌在前19天耗酸较少,即细菌在生长代谢过程中参与氧化Fe²⁺的较少,在第19天后细菌适应了新环境,开始大量繁殖生长,同时迅速地氧化Fe²⁺,而氧化Fe²⁺的反应是耗酸过程,因此使pH迅速上升.由图3可知,Fe²⁺在前19天的氧化率都较低,而从第19天开始Fe²⁺氧化率大幅度升高,即大量的Fe²⁺被细菌作为能源氧化.说明细菌的生长代谢在第19天开始加速,这与图2得出的结论是相符的.第23天时Fe²⁺的氧化率接近100%,说明此时细菌已经达到较高的活性.由图4可知,原菌种

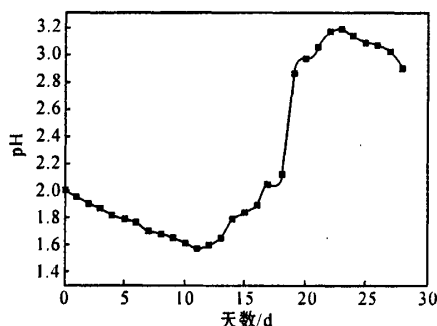


图2 原菌种在低温驯化过程中pH的变化曲线
Fig. 2 The variety of pH for A. *ferrooxidans* at low temperature domestication

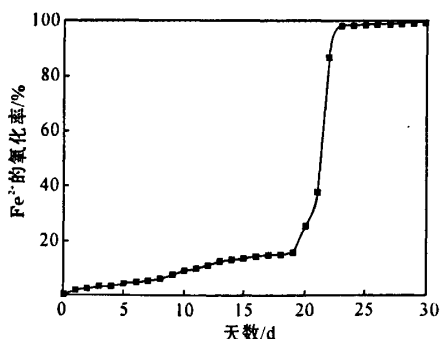


图3 原菌种在低温驯化过程中Fe²⁺氧化率的变化曲线
Fig. 3 The variety of Fe²⁺ oxidation for A. *ferrooxidans* at low temperature domestication

在前 19 天生长较慢,之后生长较快,到第 23 天细菌浓度达到最大值 3.1×10^8 个/mL,比原菌在 30℃ 下富集所需要的时间多 16 天(图 1). 说明该菌种在低温条件下不能马上适应新的生长环境,而需要一定的“适应期”^[2],其活性才达到较高的水平,但无法达到最佳状态(30℃)下的细菌浓度(图 1). 这也说明低温条件对原菌种有不可逆的影响.

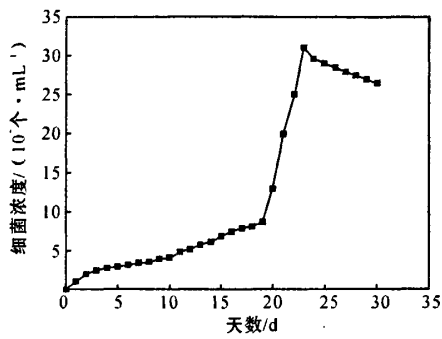


图 4 原菌种在低温驯化过程中细菌浓度的变化曲线
Fig. 4 The variety of bacteria for *A. ferrooxidans* at low temperature domestication

2.2 低温驯化培养菌与原菌的摇瓶浸出

分别用低温驯化培养菌和原菌对矿样低温浸出 90 天,浸出过程中 Fe^{2+} 、全铁 Fe_{tot} 和 Cu 浸出率的变化分别如图 5~7 所示.

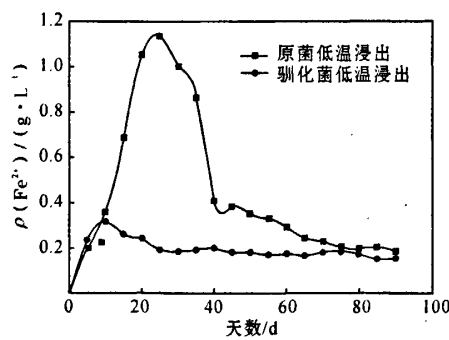


图 5 浸出过程中 Fe^{2+} 的变化曲线
Fig. 5 The comparison diagram of Fe^{2+} between the ferrooxidans and the domesticated ferrooxidans

由图 5 可知,在低温驯化菌和原菌浸出的开始阶段, Fe^{2+} 的质量浓度基本相同,都呈上升趋势. 这说明原菌和低温驯化菌都没有适应低温浸矿的环境. 从

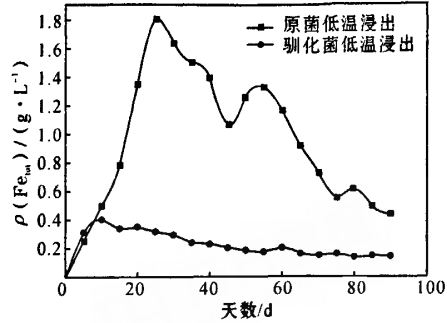


图 6 浸出过程中 Fe_{tot} 的变化曲线
Fig. 6 The comparison diagram of Fe_{tot} between the ferrooxidans and the domesticated ferrooxidans

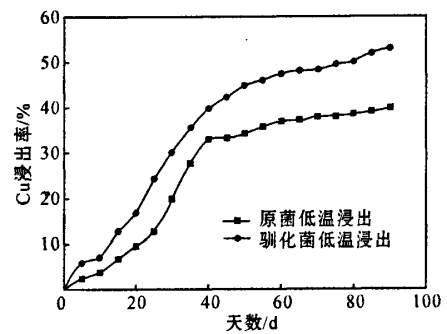


图 7 浸出过程中 Cu 浸出率的变化曲线
Fig. 7 The comparison diagram of Cu between the ferrooxidans and the domesticated ferrooxidans

第 10 天开始低温驯化菌浸出过程中 Fe^{2+} 的浓度下降,即低温驯化菌开始将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , Fe^{3+} 再将黄铜矿氧化得到二价铜盐,这说明低温驯化菌已经开始发挥其浸矿作用,而原菌此时仍然处于“适应期”,直到第 25 天才适应浸矿环境,开始浸矿. 图 6 中 Fe_{tot} 浓度曲线的变化进一步验证了图 5 中 Fe^{2+} 浓度曲线所反映的问题,即铁浓度的变化在一定程度上反映了两种菌的适应和浸出能力. 从图 5 和图 6 可发现,铁在低温下浓度的变化规律与在高温下细菌浸出的实验结果有所不同, Marks Dorpson 等人认为这并不完全是低温下细菌生物活性的原因,而是低温条件对 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 在某些化学吸附反应中的作用有一定的影响和控制^[3]. 从图 7 可知,低温驯化菌从第 10 天开始适应低温浸出环境,在第 90 天铜的最终浸出率达 53.85%;原菌从第 25 天才适应低温浸出环境,第 90 天铜的浸出率仅为

39.86%,其浸出效果没有低温驯化菌的好。因此,用低温驯化菌浸出矿样所需要的时间不仅比原菌需要的时间短,而且铜的浸出率也比原菌的浸铜率高。经过低温驯化的原菌种在一定程度上可适应和抗拒低温条件所带来的不利影响,而原菌即使经过了一定的“适应期”,也无法达到较好的浸出效果。

3 结 论

原菌种经过低温驯化培养后,得到了细菌活性较好的低温驯化菌,但无法达到最佳状态(30℃)下细菌繁殖的数目,低温条件对原菌种有不可逆的影响;低温驯化菌比原菌适应低温浸出的能力强,所需

的浸出时间短,铜的浸出率高,说明经过低温驯化的菌种在一定程度上可以提高细菌在低温条件下的浸出速率。如果要进一步提高驯化菌在低温下的浸出速率,需对细菌在低温下特有的生物活性进行更深入的研究。

参考文献:

- [1] 张影. 西藏矿产资源概况[J]. 西藏科技, 2005(6): 33-34.
- [2] 余润兰, 佐藤和彦. 细菌在低温低 pH 条件下的活性研究[J]. 衡阳师范学院学报, 1999(20): 48-51.
- [3] MARK D. Mineral and iron oxidation at low temperatures[J]. Biotechnology and Bioengineering. 2006(10): 15-25.

The research on accelerating bioleaching rate at low temperature with the domesticated acidithiobacillus ferrooxidans

ZHANG De-cheng, XIE Ling, LUO Xue-gang

(Material Science and Engineering College, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: The study was designed to leach chalcopyrite with mesophile acidithiobacillus ferrooxidans which have been domesticated at low temperature (8—10℃). The results showed that the leaching rate of chalcopyrite for copper by the domesticated acidithiobacillus ferrooxidans at low temperature in 90 days was 53.85%. While the original acidithiobacillus ferrooxidans without domesticated was only 39.86%.

Key words: low temperature domestication; bioleaching; chalcopyrite; acidithiobacillus ferrooxidans