

含砷金矿的磁场强化生物预氧化

汪模辉* 邓天龙 廖梦霞

(成都理工学院应用化学系 成都 610059)

摘 要 对新疆沙尔布拉克含砷原生金矿,进行了磁场强化-氧化亚铁硫杆菌预氧化研究.着重研究了磁场对细菌生长和细菌浸矿的影响.结果表明,磁化水配制 9 K 培养基能促进细菌的生长,提高细菌的活性,对细菌浸矿有明显的促进作用,缩短细菌预氧化周期.此法无需引入化学试剂即可强化生物浸矿过程,改变水的结构,促进氧气在水中的溶解,提高矿石成分的溶解性.

关键词 含砷金矿,生物氧化,磁场强化,浸金工艺

中图分类号: O646.8; Q689

在含砷原生金矿中,金以微细浸染状包裹于砷黄铁矿和黄铁矿中.这类难处理金矿提金工艺的关键是找出 1 个适宜的氧化预处理方法,使被包裹的金“暴露”出来,以利于后继的硫脲或氰化浸出.对低品位含砷难浸金矿,细菌预氧化法优于现有其他方法,但目前该工艺尚存在的突出问题是氧化周期长.对于铜矿已有利用金属离子催化强化的报道^[1],但对难处理金矿尚未见强化预氧化方面的报道.磁化处理在土壤灌溉和浸种过程中的生物效应已有报道^[2],但将磁化水处理菌种技术并应用于难处理金矿的开发利用是一次新尝试.本文报道磁场作用对提高氧化亚铁硫杆菌(*Thiobacillus ferrooxidans*,简称 *T. f.*)活性的影响,发现可缩短生物预氧化浸矿周期,这对难处理金矿资源的开发具有广阔的应用前景.

1 实验部分

1.1 矿样及菌种测试

矿样为新疆沙尔布拉克含砷微细浸染型原生金矿(其主要化学组成为: Fe As 和 S 的质量分数分别为: 4.93%、1.31%、2.79%, Au 和 Ag 品位分别为 5.2 g/t 和 2.65 g/t 及少量的 Ca Mg Al Si 等元素.金主要赋存于毒砂中,其中金占总含量的 62.69%;其次为黄铁矿,金占总含量的 11.33%,少量存在于脉石矿物中,呈微细显微金或次显微金).将矿样磨碎至 0.15 mm.菌种 L 从四川彭州某铜矿酸性矿坑水中分离,经鉴定为 *T. f.* 菌,该菌种用 9 K 培养基^[3]在 303 K 生物培养箱中培养,并经耐砷驯化,得到耐高砷的菌种液.取一定量蒸馏水于三角瓶中,置于两极距离一定的永久磁铁中央,在一定磁场强度(*B*)下磁化 2 h,用磁化水配制 9 K 培养基,细菌接种量 10%,静置培养 2 h 后,测定细菌的活性,测定方法见文献[4].

1.2 细菌氧化浸矿实验方法及分析

取 180 mL 的 9 K 无铁培养基置于三角瓶中,加入矿样 20.0 g,调节溶液的 pH 值为 1.5,细菌接种量 20 mL(10%),控制矿浆固液比为 10%,置于生物摇床上,震荡速度 120 r/min,温度 303 K,每隔一定的时间补加蒸馏水以补偿蒸发所失去的水份,定期取样测定细菌浸出液中砷和铁,然后用无铁培养基补充取出的分析样.同时做无菌对比实验,在实验中加入 1.0 g HgCl₂(0.5%)作抑制剂.

细菌细胞记数,用血球分类计数器在生物显微镜下直接计数,Fe采用重铬酸钾容量法测定,As采用 DDTc-Ag 分光光度法测定。

2 结果与讨论

2.1 磁化水对细菌生长的影响

磁化水对细菌活性的影响: 分别在磁化水 (磁场强度 $B=10\times 10^{-4}$ T)配制的 9 K培养基与未磁化的水配制的 9 K培养基中接种同量的细菌 (细菌浓度为 3×10^7 个 /mL),静止培养 24 h后,比较细菌的活性。实验结果表明,未磁化的水,细菌氧化亚铁的速率为 $63.35\text{ mg}/(\text{L}^{\circ}\text{ h})$ 。用磁化水配制的 9 K培养基,细菌氧化亚铁的速率为 $89.05\text{ mg}/(\text{L}^{\circ}\text{ h})$ 。可见,磁化水配制的培养基能促进细菌的活性。

磁化时间对细菌生长的影响: 不同磁化时间的蒸馏水配制的 9 K培养基对细菌活性的影响见图 1。由图可知,在磁场强度 $B=30\times 10^{-4}$ T下,磁化 30 min,即达到满意的结果,磁化时间进一步延长,细菌的活性不再增加。

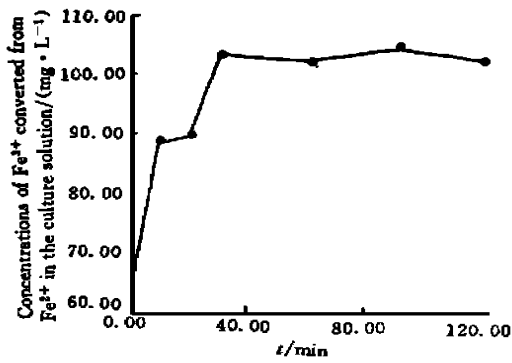


Fig. 1 Plot of magnetization time
vs activity of bacteria
Magnetization intensity: $B=30\times 10^{-4}$ T

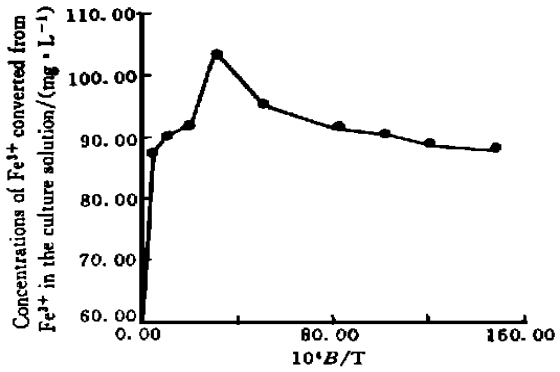


Fig. 2 Plot of magnetization intensity(B)
vs activity of bacteria
Magnetization time 30 min;
Magnetized water 9 K culture media

磁场强度对细菌活性的影响: 磁化时间 30 min,在不同磁场强度下磁化水,再用磁化水配制 9 K培养基,其对细菌生长的影响见图 2。由图 2可知,即使在弱磁场作用下,细菌的活性也有明显增加, $B=5\times 10^{-4}\sim 150\times 10^{-4}$ T之间,对细菌的生长都有促进作用,最佳磁场 $B=30\times 10^{-4}$ T。

磁化对象不同对细菌生长的影响: 在磁化处理的磁场强度 $B=30\times 10^{-4}$ T,温度 $T=303\text{ K}$ 条件下,分别对比了用蒸馏水和磁化水配制的 9 K培养基以及用蒸馏水配制的 9K培养基再磁化,3种试样对细菌生长活性的影响,其 3种试样细菌活性 (细菌氧化亚铁的速率)分别为 $(\text{mg}^{\circ}\text{ L}^{-1}\text{ h}^{-1})$: 60.35, 89.91和 83.09。测定结果可知,磁化水和磁化培养基对细菌生长均有促进作用,但磁化水的效果优于磁化培养基,其原因可能是磁化溶液中的介质不同,即蒸馏水与 9 K培养基中的离子有很大的差别,而磁化改变了溶液中离子的水合作用,改善了细菌生长的条件,促进了细菌的生长。

2.2 磁场对细菌浸矿的影响

磁化水对细菌浸矿的作用: 分别在未磁化的蒸馏水和磁化水 ($B=30\times 10^{-4}$ T)配制的无

铁培养基中,进行细菌浸矿实验. 细菌对矿样中砷、铁的浸出率见图 3. 图中可知,浸出 15 d, 砷、铁的浸出率分别由 69. 15%、67. 35% 提高到 82. 47%、86. 71%,表明磁化水对细菌浸矿的促进作用明显,磁化强化处理有利于缩短生物预氧化周期,从而提高生产效率.

磁场强度对细菌浸矿的影响: 在不同磁场强度下磁化水,配制 9 K 无铁培养基,分别进行细菌浸矿实验,结果表明,磁场强度 $B=10\times 10^{-4}\sim 100\times 10^{-4}$ T,对细菌浸矿都有促进作用,但随着磁场强度的增加,磁化对提高砷、铁的浸出率不显著(见图 4),最佳磁场强度 $B=30\times 10^{-4}$ T.

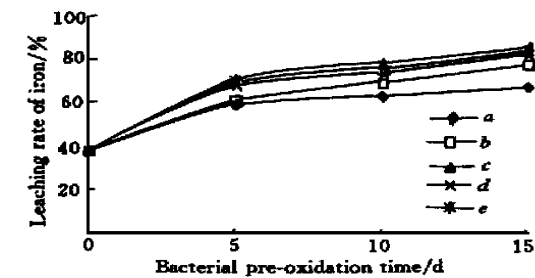


Fig. 4 Effect of magnetization intensity on iron in ore sample
Magnetization intensity $B(\times 10^{-4})$ / T
a. 0; b. 10; c. 30; d. 80; e. 100

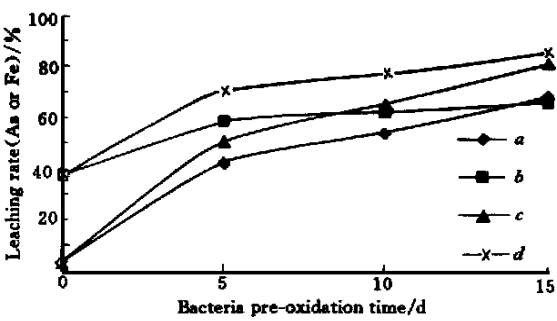


Fig. 3 Relation between water magnetized and bacterial oxidation with leaching rate
a b. Unmagnetized water
c d. With magnetization intensity $B=30\times 10^{-4}$ T
a c. Effect on arsenic in ore sample;
b d. Effect on iron in ore sample

磁化对象不同对细菌浸矿的影响: 用蒸馏水配制 9 K 无铁培养基,磁化水接种未磁化培养的细菌、未磁化水接种磁化水培养的细菌、磁化水接种磁化培养的细菌分别配制相应的 9 K 无铁培养基,进行浸矿实验,结果见表 1. 表中可见,磁化水对细菌浸矿的促进作用明显,矿样中砷、铁的浸出率都有明显提高.而用蒸馏水接种磁化水培养的细菌,对细菌浸矿无促进作用.磁化水接种磁化培养菌,其结果与磁化水的效果相当,表明只接种磁化水培养的细菌对细菌氧化矿石无促进作用,其原因可能是细菌在矿浆中生长条件没有变化.

Tab. 1 Effect of magnetized media on the bacteria leaching of ore samples($T=303$ K, $B=30\times 10^{-4}$ T)

Magnetized media	Leaching rate of As(Fe) %			
	1 h	120 h	240 h	360 h
Distilled water with unmagnetized bacteria(9 K)	3. 14(37. 35)	42. 34(58. 90)	54. 28(63. 02)	69. 15(67. 35)
Distilled water with magnetized bacteria	3. 14(37. 35)	44. 15(58. 93)	53. 52(66. 03)	67. 30(69. 58)
Magnetized water with unmagnetized bacteria	3. 14(37. 35)	50. 90(70. 39)	66. 02(77. 84)	82. 47(86. 71)
Magnetized water with magnetized bacteria(9 K)	3. 14(37. 35)	53. 71(71. 57)	64. 13(76. 95)	80. 11(85. 92)

2. 3 磁场强化细菌浸矿机理探讨

水的结构特性决定水的许多性质,磁化处理改变水的结构从而使水系的物理和物理化学性质发生变化. 例如,水经磁化后,其光学性质的变化,影响水系中离子水合作用,磁化率变化等^[5]. 另一方面,磁场对液体中颗粒表面电荷作用,磁场可与各种不同粒子:如离子、极性分子、离子游离基、晶状晶核及表面带电悬浮体发生反应,即: 1.直接与带电粒子反应; 2.磁动力学改善磁场对某种能量级分子的影响,反应将导致溶液中矿物的溶解度和沉淀速率的变化^[2].

实验表明磁化水能促进细菌生长,其可能原因为: (1)磁化改变了水的结构,在与空气的界

面上产生压力差,促进了氧气在水中的溶解,而氧化亚铁硫杆菌又是好氧菌,因此细菌的生长加快。(2)磁化提高了细菌生物膜的渗透性,改善了细菌对培养物质的吸收^[5]。(3)磁化影响了水中离子水合作用,提高了矿石成分的溶解性。随着氧气在水中的溶解增加,细菌的活性也增大,同时磁化又促进了细菌对营养物质的吸收,细菌的生长加快,需要消耗更多的能量以维持新陈代谢的进行,而矿石中低价的砷、硫和铁是细菌能量的提供者,细菌生长越快,砷、硫、铁被氧化越快,同时 Fe(III)又是一种良好的矿物浸出剂,因此矿石溶解也加快,另外磁化也增加了矿石成分的溶解。因此磁化水在促进细菌生长的同时也促进了矿石的溶解。在细菌浸矿过程中,与其它强化方法相比^[6],磁化水不仅提高了砷的浸出率,而且铁的浸出率也有显著增加。

参 考 文 献

1 汪模辉 (WANG Mo-Hui), 谭龙华 (TAN Long-Hua), 王俊 (WANG Jun). 应用化学 (Yingyong Huaxue), 1997, 14(5): 58

2 王海燕 (WANG Hai-Yan)译. 国外金属矿选矿 (Metallic Ore Dressing Abroad), 1998, (11): 29

3 浸矿技术编委会编 (Mineral-leaching Technology Editor-committee edited). 浸矿技术 (Technology of Mineral Leaching). 北京 (Beijing): 原子能出版社 (Nuclear Energy Press), 1994

4 陈燕 (CHEN Yan)译. 国外金属矿选矿 (Metallic Ore Dressing Abroad), 1997, 5 20

5 B.И. 克拉辛著 (Auth). 毛钜凡 (MAO Ju-Fan), 刘曼琼 (LIU Man-Qiong), 王恒 (WANG Heng)译 (Trans). 磁化水 (Magnetized Water). 北京 (Beijing): 计量出版社 (Measure Press), 1982

6 廖梦霞 (LIAO Meng-Xia). [硕士学位论文] (Master Dissertation). 成都 (Chengdu): 成都理工学院 (Chengdu University of Technology), 1999

Study on Magnetization Intensified Bacterial
Preoxidation of Arsenal Gold Ores

WANG Mo-Hui^{*}, DENG Tian-Long, LIAO Meng-Xia
(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract The magnetization intensification of bacterial breeding and preoxidation with *Thiobacillus Ferrooxidans* on the arsenal gold ores from Shaerbulake in Xingjiang Autonomous Region P. R. C. has been studied. The results showed that the 9 K culture medium prepared with magnetized water can promote *T. f.* breeding and leaching. Magnetization intensified bacterial preoxidation promoted the dissolution of oxygen and mineral ingredients in magnetized water and changed the molecular geometry of water without necessity of any chemical reagents.

Keywords arsenic gold ore, bacterial preoxidation, magnetization intensification, leaching technique