难浸金矿微生物预氧化处理研究 *

李铭刚　徐丽华　姜成林

(云南省微生物研究所　昆明　650091)

摘要：云南镇源难浸金矿样用生物氧化预处理方法，经过 250mL 摇瓶及 10L 搅拌罐试验后认为：该方法具有较强的优势和很大的工业应用潜力。

关键词：微生物湿法冶金，难浸金矿

中图分类号：Q93-33　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0253-2654(2000)-04-0261-03

THE STUDY ON THE MICROBIAL PRE-OXIDATION OF THE REFRACTORY GOLD MINERALS

LI Ming-Gang　XU Li-Hua　JIANG Cheng-Lin

(*Yunnan institute of Microbiology, Kunming, Yunnan* 650091)

Abstract: The samples of refractory gold ore from Zheng-Yuang Yunnan province were sent to us for bio-treatment research. After 250mL flasks and 10L agitated tank experiments, it was concluded that our method had the prominent advantage, and this way had the strong potentiality in industry work.

Key words: Microhydrometallurgy, Refractory gold minerals

难浸金矿的微生物氧化预处理是一项新兴的生物技术。其研究历史大约四十几年，真正在工业中得到应用也是近十几年的事[1]。目前该项技术在一些先进国家如美国，澳大利亚，南非等都已实现了工业化[2]。事实证明，在处理量小(约小于 1000t/d)，以矿浆浓度 25% 和浸出 4～5d 为基础的微生物预氧化法与传统的焙烧法或加压氧化法相比具有基建投资省，设备维护费用低，黄金回收率高及生产成本低等优点[3]。但与国外相比，我国在这方面还有一定的差距，特别是在难选冶金矿领域，我国还没有真正建立起一家有规模的细菌浸金工厂。

云南省金矿储量十分丰富，但其中不少属于难选冶类型。黄金储量达上百金属吨的镇源老王寨金矿样就属于其中最为棘手的一个。该矿不仅黄金粒度极细，而且黄金本身还为硫铁矿包裹，无法通过常规的氰化浸出法进行处理(自然氰化浸出率仅为 10% 左右)。该矿区矿样长期以来采用火法进行冶炼。不仅生产成本高，而且在冶炼过程中产生的二氧化硫对环境还会产生负面影响。为此，云南省曾将难浸金矿的微生物预处理研究列为九五重点攻关项目。我们的工作就是在这样的背景之下开展起来的。

1　材料与方法

1.1　矿样来源

本研究用金矿样来自云南镇源老王寨金

* 云南省九五攻关计划资助项目

收稿日期：1999-03-08，**修回日期**：1999-07-01

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部　http://journals.im.ac.cn

矿。

1.2 矿样特征

本研究用原矿样主要矿物为石英，黄铁矿，次要矿物为伊利石，石膏及白云石等。主要伴生金属矿为硫铁矿。该样含铁 21.61%，有机碳 2.07%，黄铁矿含量达 43%。此外，还含有微量砷黄铁矿。原矿品位为 4～7g/t，试验样为浮选金精矿。

1.3 浸矿用菌种

浸矿用菌种(主要作用菌菌号为 YN1，YN2)采自云南滇西热泉及酸性矿井。经过长期不断驯化培养之后[4]，该菌对于浸出环境已具备了较强的适应能力，能在 pH2.0 以下，温度 35～40℃的生物浸矿系统中生存。主要作用菌经初步鉴定属 *Thiobacillus*[5] 及 *Leptospirillum*。

1.4 主要监测指标及监测方法

1.4.1 浸出液中二价铁及三价铁离子含量的测定：采用重铬酸钾滴定法测定。

1.4.2 浸出液中 pH 值的测定：采用 0.5～5.0 量程的精密 pH 试纸测量。

1.4.3 矿物重量损失率：硫铁矿氧化率及氧化矿氰化浸出率采用常规分析方法测定[6]。

2 结果与讨论

2.1 250mL 摇瓶预氧化试验 (矿浆浓度 16% w/v)

在 250mL 摇瓶试验中，我们一共选取了 1～5 号摇瓶，每号摇瓶重复 1 次，1～5 号摇瓶中矿样的生物预处理时间分别为 2，4，6.5，7.5 及 8d。在整个预氧化过程中，每天均要对浸液的 pH，浸液中二，三价铁离子浓度进行监测。试验结果见表 1。

表1 250mL摇瓶试验结果记录

氧化时间(d)	pH	二价铁浓度(g/L)	三价铁浓度(g/L)	矿重损失率(%)
0	2.0	0.28	6.05	0
1	2.0	0.27	10.21	–
2	1.5	0.23	12.30	23.60
3	1.5	0.20	14.76	–
4	1.5	0.14	16.94	37.64
5	1.5	0.08	18.87	–
6	1.0～1.5	0.04	19.49	40.61
7	1.0	0.015	19.88	–
8	1.0	0.015	19.32	44.67
8.5	小于1.0	0.008	18.30	45.10

从以上结果可以看出，浸出液中的三价铁从第 2d 至第 5d 增长迅速，从第 5d 开始增幅明显下降，到第 7d 三价铁浓度达到顶点，以后很快呈下跌走势。与三价铁变化情况相反，浸液中二价铁离子的浓度一直呈下跌走势。此外，我们还可注意到矿重损失率变化最陡，但到了第 7d 时增幅也发生明显降低。

根据我们以往的经验，当矿重损失率接近 45% 时，矿样中硫铁矿的氧化率就可超过 90%。因此，以上事实说明，用 250mL 摇瓶来处理矿样，当试验进行到第 7d 时，生物氧化反应就已基本结束，此时就可将氧化过程停止。

2.2 10L 搅拌罐预氧化试验(矿浆浓度 21%)

在 250mL 摇瓶试验的基础之上，我们对其中的一些浸出参数(主要有浸出温度，搅拌速率，通气状况及在投料前矿石的特殊处理等)进行了一些调整之后，又进行了 10L 罐预氧化扩大试验。试验结果见表 2。

从上述结果可见，用 10L 罐进行扩大试验，三价铁的增幅明显高于 250mL 摇瓶试验。从表 2 中我们还可以看到当试验进行到第 93h 时，三价铁的浓度增至最高，之后呈跌势。在第 99h，我们停止了试验，对氧化矿的矿重损失率，硫铁矿氧化率及氰化浸出率进行测定，结果为：矿重损失率 42%；硫铁矿氧化率 91%～92%；氰化浸出率 82%～86%。

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部 http://journals.im.ac.cn

表2　10L罐预氧化试验记录

预氧化时间(h)	pH	三价铁浓度(g/L)	二价铁浓度(g/L)	矿重损失率(%)
0	1.5	9.84	0.30	0
5	1.5	12.99	0.42	
22	1.5	24.00	0.48	21.90
30	1.5	28.20	0.30	
43	1.0～1.5	31.92	–	32.10
54	1.0～1.5	37.89	0.24	
66	1.0	41.13	0.18	38.76
78	1.0	44.40	0.12	
93	1.0	44.46	0.12	42.38
99	1.0	44.28	0.06	42.35

表3　各单位试验结果比较

单　　位	硫铁矿氧化率(%)	氧化周期(d)	金的浸出率(%)
吉林省黄金研究设计院	91.85	11～15	93.3
地质部矿业生物工程研究中心	67	16	55
Minsaco Ltd	94.3	11	89.8
本　　室	91～92	94h	82～86

2.3　不同单位之间预氧化效果平行比较

由于云南镇源金矿属于十分棘手的难处理类型，为此，我们曾将相同矿样送与国内外一些相关单位进行试验。各单位试验结果比较如下：

从表 3 可见，对于相同的样品，用我们的方法来进行预处理，预氧化时间最短。工艺和菌种具有十分明显的优越性。

在浸矿工作的初期，我们曾经是先用硫酸亚铁来培养菌体，然后再用培养好的菌液来进行生物预氧化。不过用这种方法来进行处理时，虽然菌体数量一开始很多，但预氧化效果很不理想，而且菌数跌落得很快。这说明菌体的生理状态对氧化预处理效果有着重要联系。因此，菌体在处理矿样前对其充分进行驯化培养，使之对浸矿环境有较强的适应性是很有必要的！

效果的好坏还与矿样本身的理化性质有很大关系。此外，矿浆-菌体比表面积，营养物的及时补充等一些因素也有很大影响。

总之，我们认为我们的生物预氧化处理工艺及菌种经由 10L，250L 至 500L 的放大实验后完全可以在生产上得到应用。

致谢　云南省地质科学研究所陈良忠高级工程师，彭红英同志及邹开顺高级工程师在本项目矿样采集，矿样物相分析及生物氧化样品分析方面给以了大力支持，特此致谢！

参 考 文 献

[1]　姜成林，徐丽华．微生物资源学．北京：科学出版社，1997．5：158．

[2]　钟慧芳．工业微生物学成就．北京：科学出版社，1988，163～175．

[3]　裘荣庆．微生物学通报，1995．22：(3)．

[4]　魏德洲．资源微生物技术．北京：冶金工业出版社出版，1996，76～79．

[5]　姜成林，徐丽华．放线菌研究．昆明：云南大学出版社，1998．7：454～464．

[6]　王道隆等著．贵金属分析．北京：冶金工业出版社，1997．2：146～152．

© 中国科学院微生物研究所期刊联合编辑部　http://journals.im.ac.cn