

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C22B 3/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00812421.3

[45] 授权公告日 2006 年 2 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1243111C

[22] 申请日 2000.8.29 [21] 申请号 00812421.3

[30] 优先权

[32] 1999.9.3 [33] AU [31] PQ2651

[86] 国际申请 PCT/AU2000/001022 2000.8.29

[87] 国际公布 WO2001/018264 英 2001.3.15

[85] 进入国家阶段日期 2002.3.4

[71] 专利权人 比奥希普有限公司

地址 澳大利亚西澳大利亚

[72] 发明人 科林·J·亨特

塔姆辛·L·威廉斯 张伟超

埃琳娜·康纳斯

罗斯·D·吉尔德斯

西蒙·A·R·珀基斯

审查员 孙红花

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 巫肖南 封新琴

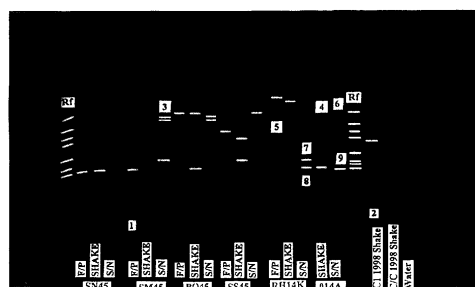
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 1 页

[54] 发明名称

改进的硫化物矿石及精选物的细菌氧化方法

[57] 摘要

本发明涉及一种细菌氧化硫化物矿石及精选物的方法，其特征在于该矿石及精选物是用细菌培养物在约 40-65℃ 和约 0.8-2.2 的 pH 下浸溶的，在浸溶前已使所述细菌培养物适应所述矿石及精选物，本发明还涉及所述方法中应用的细菌培养物。



1. 一种硫化物矿石或精选物的细菌氧化方法，其特征在于用对矿石及精选物来说是非固有的细菌培养物，在 40~65℃ 的温度范围下操作进行浸溶，所述细菌培养物已在浸溶之前通过在 pH 0.8-2.5，温度为 40 - 65℃ 下应用于矿石或精选物样品，已经适应所述的矿石或精选物，其中随后已经适应的所述细菌培养物从矿石或精选物样品移出，并应用于待浸溶的矿石或精选物。
2. 权利要求 1 的方法，其特征在于浸溶是以堆浸出、槽浸出、桶浸出或堆积浸出的方式进行。
3. 权利要求 1 或 2 的方法，其中该矿石或精选物包含碱金属、贵金属或铂族金属。
4. 权利要求 1 的方法，其特征在于该硫化物矿石或精选物包括黄铜矿。
5. 权利要求 1 的方法，其特征在于所述的浸溶是在 45~65℃ 的温度下进行的。
6. 权利要求 1 的方法，其特征在于该矿石或精选物是以大于 $P_{80} 75 \mu\text{m}$ 的研磨或破碎尺寸浸溶的。
7. 权利要求 6 的方法，其特征在于该矿石或精选物是以大于 $P_{80} 90 \mu\text{m}$ 的研磨或破碎尺寸浸溶的。
8. 权利要求 1 的方法，其特征在于所述的适应方法包括将矿石或精选物的样品和细菌培养物样品都加到浸溶容器中，及浸溶所得到的适应性浆液直至进入溶液的目标金属的含量达到 100% 或者不再升高。
9. 权利要求 1 所述的方法中使用的细菌培养物，其特征在于所述细菌培养物不是待氧化的矿石或精选物固有的，该细菌培养物能够在 40~65℃ 的浸溶温度和 0.8~2.5 的 pH 下氧化矿石或精选物。
10. 权利要求 9 的细菌培养物，其特征在于该细菌培养物包括热氧化硫化杆菌、*Thiobacillus caldus* 及氧化亚铁硫杆菌中的至少两种。
11. 权利要求 9 的细菌培养物，其特征在于所述矿石或精选物是黄铜矿矿石或精选物。
12. 权利要求 9 的细菌培养物，其特征在于所述矿石或精选物是以大于或等于 $P_{80} 75 \mu\text{m}$ 的研磨或破碎尺寸浸溶的。
13. 权利要求 9 的细菌培养物，其特征在于所述矿石或精选物是以大于或等于 $P_{80} 90 \mu\text{m}$ 的研磨或破碎尺寸浸溶的。

改进的硫化物矿石及精选物的细菌氧化方法

5

发明领域

本发明涉及利用细菌培养物氧化硫化物矿石及精选物的改进方法。

本发明的细菌氧化方法特别适用于含有黄铜矿的矿石及精选物的细菌氧化。

背景技术

10

多年来,已经成功地使用细菌氧化法处理砷黄铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、铜蓝和辉铜矿矿石及精选物,该处理的一种例外是黄铜矿(CuFeS_2)矿石及精选物。

15

现有技术利用细菌的混合物来促进非黄铜矿的矿石及精选物的氧化,使用多组细菌。例如, Gencor Limited of South Africa 所采用的混合细菌培养物主要包括 *Thiobacillus ferrooxidans*、*Thiobacillus thiooxidans* 及 *Leptospirillum ferrooxidans*。Gencor 的培养物由混合的嗜温细菌种群组成,其在 35~45℃ 的温度范围工作(Dew & Miller, 1997)。

20

此外, Gencor Limited 的芬兰专利申请 953488 公开了利用 *Thiobacillus ferrooxidans*、*Thiobacillus thiooxidans* 及 *Leptospirillum ferrooxidans* 来实现矿石的氧化,优选在 pH 为 3 和矿石破碎至 6 mm 以下进行氧化。

BacTech(澳大利亚)Pty Ltd 所使用的细菌培养物,例如见 US5429659,为中等程度嗜热的细菌培养物,其在 46~50℃ 的温度范围工作。该培养物已被 Barrett 等人(1988)命名为“M4”,并由 Nobar 等人(1988)描述过(Brierley 和 Brans 1994)。

25

由坐落在南非 Randburg 的 Mintek-Anglo American Corporation 开发的 MINBAC 方法使用了包括 *Thiobacillus ferrooxidans*/*Leptospirillum ferrooxidans* 的嗜热性的混合细菌培养物(Brierley 和 Brans 1994)。

30

目前使用的细菌培养物在不对矿石或精选物进行超精细研磨($P_{80} < 20 \mu\text{m}$)以促进细菌氧化或者不采用很长的浸溶时间以实现氧化的情况下,是不能对黄铜矿产生有商业价值的结果的。超过 100 天的时间不是稀罕的。

目前的趋势是使用较高的温度以促进铁的氧化。但是,采用高温导致

必须冷却氧化之后的产物并且需要提供特殊材料制成的反应器，例如外科手术级的不锈钢。两种情况均增加了这种操作的成本。

本发明的目的之一是克服现有技术的前述问题，或者至少提供一种有用的替代物。

- 5 前述背景技术讨论的目的只是为了增进对本发明的理解。应当意识到，该讨论不是承认或认可任何所涉及的材料是本申请优先权日之前的澳大利亚国内的普通常识。

在整个说明书中，除非上下文需要，否则词语“包括(comprise)”或者其变体“comprises”或“comprising”均应理解成包括所陈述的整体或一组
10 整体，但不排除任何其它整体或一组整体。

在整个说明书中，涉及细菌菌种的应理解为也包括其亚种。

- 在整个说明书中，认为矿石是已经从地下采出并未经任何增加金属含量的处理。精选物是矿石经加工处理而得到的，一般是重力加工或浮选加工，以便增加所需金属的含量并降低随后进行处理进而获得所需金属的材
15 料的体积。

发明公开

本发明提供一种细菌氧化硫化物矿石及精选物的方法，其特征在于该矿石及精选物是用细菌培养物在约 40~65℃下浸溶的，在浸溶前已使细菌培养物适应所述矿石或精选物。

- 20 优选该矿石或精选物是以堆浸出、槽浸出、桶浸出或堆积浸出的方式用混合的细菌培养物浸溶的。该矿石或精选物为贱金属、贵金属或铂族金属的矿石或精选物。所述硫化物矿石或精选物优选包括黄铜矿。

- 所述的浸溶可以在 45~65℃的温度范围进行。该矿石或精选物可优选以大于等于 $P_{80} 75 \mu m$ 的研磨或破碎尺寸浸溶。更优选该研磨或破碎尺寸
25 大于 $P_{80} 90 \mu m$ 。

细菌培养物优选包括热氧化硫化杆菌 (*Sulfobacillus thermosulfidooxidans*)、*Thiobacillus caldus* 及 *Thermobacillus ferrooxidans* 中的至少两种。

- 30 优选地，所述适应(adaptation)过程包括将所述矿石或精选物的样品和细菌培养物样品加到浸溶容器中，及浸溶所得到的适应性浆液(adaptation slurry)至进入溶液的目标金属的含量达到 100%或者不再升高为止。

本发明还提供一种用于细菌氧化硫化物矿石及精选物的细菌培养物，其特征在于该细菌培养物并非是所要氧化的矿石及精选物所固有的，所述细菌培养物能够在约 40~65℃ 的浸溶温度和约 0.5~3.0 的 pH 下氧化矿石及精选物。

- 5 优选该培养物包括热氧化硫化杆菌、*Thiobacillus caldus* 及氧化亚铁硫杆菌(*Thiobacillus ferrooxidans*)中的至少两种。

优选该细菌培养物能够氧化研磨或破碎尺寸大于等于 P₈₀75 μm 的黄铜矿矿石和精选物。

更优选所述的研磨或破碎尺寸大于等于 P₈₀90 μm。

10 附图简述

下面将参照附图仅以实施例的方式对本发明进行描述，在所述附图中：

图 1 是代表通过不同方法处理的本发明的 6 种细菌培养物样品的变性等分凝胶的结果图。

发明描述

- 15 为了得到能够处理黄铜矿及精选物的培养物，寻求黄铜矿固有的细菌培养物。固有的细菌培养物一般优于改性分离的培养物，因为固有的培养物已经适应于与具体矿石有关的毒性和矿物组分，产生更有效和更有活力的细菌菌株。

- 培养黄铜矿矿石固有的细菌培养物，并测试它们氧化其母矿(native ore)矿石/精选物及其它黄铜矿与精选物的能力。在该工作项目中，从黄铜矿石(CuFeS₂)精选物中获取培养物，所述的黄铜矿石得自于在加拿大 New Brunswick 发现的贱金属矿。分离出细菌培养物之后，测试该培养物对其母矿矿石及精选物和对多种其它矿石及精选物的作用。在不同材料的培养试验期间，由于已经加入了固有的培养物，所以任何能够在试验条件下工作并且能够与混入的培养物竞争地工作的固有的细菌不仅生存下来而且在环境中茁壮成长。按这种方式，要测试的矿石或精选物固有的任何细菌均已混到培养物中。另外，培养物已经 40~65℃ 的不同温度和 0.8~2.2pH 的不同酸度下成功地了生长。在充气搅拌的搅拌槽反应器和促进柱浸溶的充气柱状物中进行了成功的培养试验。在不同温度下，对不同矿石及精选物进行了成功的培养试验。
- 20
- 25
- 30

本发明的混合的细菌培养物由铁、硫化物和硫-氧化的细菌组成，所述

细菌能够在高达 65℃ 的温度和 0.8~2.5 的 pH 下工作。该混合的细菌培养物可以包括但不限于热氧化硫化杆菌、*Thiobacillus caldus*、*Thiobacillus ferrooxidans* 及多种尚未确定的细菌。本发明的混合的细菌培养物保藏在澳大利亚政府分析试验室(Australian Government Analytical Laboratories)，登记号 5 号为 NM99/07541。

实施例

在试验任何材料之前，先将储藏的细菌培养物应用于所关心的材料。这很容易作到，即将 2700 ml 改性好的溶液(1.0 g/L 硫酸铵，0.5 g/L 正磷酸二钾，0.16 g/L 硫酸镁七水合物，pH 1.6~1.8)放到充气搅拌的搅拌槽反应器 10 中，加热至所需的温度。向改性好的介质中加入 150 g 研磨($P_{80} < 45 \mu m$)的试验材料，并且在需要用浓硫酸将 pH 调低至 1.6~1.8。向该浆液中混入 300 ml 储藏接种体的浆液样品。将搅拌反应器以每升浆液每分钟 1 L 的速度充气。这种配合持续进行，直到进入溶液的相关金属的含量达到 100%或不在升高为止。利用 ICP 就溶液中的金属含量对溶液样品进行分析，其中利用 15 浓硫酸对浆液的 pH 进行适当的调整，以便使 pH 为 1.6~1.8。除进入溶液的金属含量之外，还根据其氧化还原电位(ORP)、铁浓度及溶解氧浓度(DO)监测配合/试验的进行。

一旦培养物适用于相关的材料，它就可用作进一步的充气搅拌的搅拌槽反应器试验的接种体，或者堆积或柱状试验的接种体。该适用的细菌接 20 种体通过加入包含硫酸铵、正磷酸钾和硫酸镁的酸碱营养液进一步地稀释。这些营养物的浓度可以在试验室试验与商业运行之间以及不同的商业运行之间进行变化。在所有的情况下，通过进入溶液的金属含量、pH、ORP、铁浓度和 DO 来监测氧化过程的进展。

本发明的细菌培养物的试验范围包括来自世界各地的含黄铜矿的样 25 品。下面的表 1 说明了用本发明的细菌培养物进行试验的黄铜矿精选物及矿石的矿物学和来源。

表 1

样品	矿物学特征	来源
A	黄铜矿精选物。	美国
B	钼精选物与低铜含量的黄铜矿。	加拿大
C	精选物，主要包括黄铜矿(35%)和方黄铜矿(17%)，具有少量磁黄	加拿大

	铁矿(10%)和小量的镍黄铁矿(3%)及闪锌矿(3%)。	
D	铜镍精选物, 其中铜以黄铜矿(18.5~28.5%)和方黄铜矿(15.8~30.8%)的形式存在, 镍以镍黄铁矿(17.7~10.4%)和偶尔的紫硫镍矿的形式存在。	美国
E	三种铜精选物, 包括黄铜矿、黄铁矿和少量斑铜矿。	加拿大
F	铜精选物, 包括辉铜矿(14%)、黄铜矿(10%)、斑铜矿(1%)及黄铁矿(1%)。	南非
G	样品 i 和 iii 为矿样, 样品 ii 为精选物样品。该硫化物矿主要为镍黄铁矿、黄铜矿和磁黄铁矿。	西澳大利亚

一般的试验方法

所有的矿样试验均在充气搅拌的搅拌槽反应器中进行。每个试验具有 10%w/v 的固体密度, 并且每升反应器中的浆液每分钟 1 L 的鼓泡速度充气。

- 5 采集试样之前补足因加热和浆液充气而导致的蒸发损失。这可以通过加入自来水来完成。所有浆液均补入初始 pH 为 1.0 的专用营养介质。采样包括溶液的铁、铜和其它相关离子的分析。另外, 还要监测和记录氧化还原电位、pH、铁离子和溶解氧的水平。使用铜释放来监测试验的进程, 一旦铜释放达到稳定的平台期或获得接近 100%铜溶液进入, 就认为试验完成了。
- 10 试验完成之后, 立即压滤浆液, 分析最终的溶出液并用酸化的水洗涤滤饼和干燥。称重干燥的滤饼并对剩余物进行分析, 以便进行冶金衡算。

原矿的分析结果、粒度分析及氧化后的结果总结并示于下面的表 2 中。

表 2

样品	原矿分析				T/°C	溶浸天数	溶浸后的结果
	粒度分析	Fe%	Cu%	S 总量%			溶出的 Cu%
A	P ₈₁ < 90 μm	28.60	29.40	32.1	48	36	96.6
B	P ₈₅ < 90 μm	2.85	1.95	37.6	48	20	96.9
C	P ₈₀ < 75 μm	27.30	20.97	27.37	48	22	98.0
D	P ₈₀ < 75 μm	26.30	12.80	25.1	48	27	95.0
E i	P ₈₄ < 75 μm	15.00	2.87	13.9	48	28	99.3
E iii	P ₇₈ < 75 μm	26.6	4.62	34.4	48	28	99.3
F	P ₈₀ < 43 μm	6.79	28.5	10.2	60	14	95.3

G i	$P_{80} < 75 \mu m$	17.8	1.18	7.88	48	14	98.8
G ii	$P_{80} < 75 \mu m^*$	45.1	6.82	34.8	50	10	98.0
G iii	$P_{80} < 75 \mu m$	18.2	0.1	3.11	50	8	97.3
H	$P_{80} < 75 \mu m^*$	23.8	19.7	36.7	48	15	99.2

* “所得到的” 精选物的标称粒度

多数本发明的适用细菌培养物样品在 35~65℃ 的温度范围内生长，从每种培养物中取出样品并准备用 16SrRNA 测序法进行鉴定。在 RNA 测序之前，采用三种不同的方法进行样品制备。所使用的方法及由 16SrRNA 测序法获得的结果如下。

方法

对 6 个样品(名称为 SN45, SM45, PO45, SS45, RH 14K, 及 014A)进行测试。

10 将样品用手摇抖动器以最大速度混合 30 分钟并处理如下:

A. 振荡。通过 4 分钟 14Krpm 的离心分离，将 500 μl 的振荡过的样品立即沉淀在 1.5 ml 微管中的玻璃纤维过滤器上(#30 Sliecger and Schuell, Keene, NH)。小心地移出上清液，用 1 ml 组织培养物级的水洗涤沉淀物两次。

15 **B. 快速沉淀。**立即移出 500 μl 并利用 Savant BIO 101 快速沉淀机以速度 4 均质化 20 秒。如上面所描述的那样，将该均质物沉淀并洗涤。

C. 上清液。振荡培养后，将样品静置 5 分钟，使颗粒性物质沉降到试管底部。然后，如前述将 500 μl 上清液沉淀并洗涤。

20 用 InstaGene Matrix (BioRad, Hercules, CA)根据说明书从所有样品中提取 RNA。通过紫外分光光度法(A_{260})测定 RNA 浓度，取 50 ng 添加至具有以下终浓度的 PCR 反应混合物中：2 mM 镁离子，100 μM dNTP，每种引物各 0.32 μM ，0.625 个单位的 Taq Gold 聚合酶。使用通用引物 p515f 和 p806r (Relman 1993)扩增 16S 核糖体 RNA 基因的近 300 bp 片段。正向引物用一段富含 GC 的 40bp 序列修饰，它能在各种浓度的尿素/甲酰胺条件下，终止扩增产物在变性梯度胶中的迁移(Sheffield 等，1989; Muyzer 等，1993)。

25 从所述变性胶中切出所需电泳带，纯化的扩增产物用源自反向引物的 Big Dye Terminator extension 按照建议的条件(PE Applied Biosystems)进行循环

测序。测序在 310 Genetic Analyser (PE Applied Biosystems)上进行。序列对比用基本定位对比搜索工具(BLAST; Altschul 等, 1990)进行。

结果

同样的样品经三种样品处理方法得到不同图谱, 见图 1。选出 9 条明显的泳带进行测序。所测序的 300 bp 片段与 BLAST 结果栏所列细菌物种的 16S rRNA 基因的部分序列具有最接近的配对。一段较大的 16S 片段应在测序后进行更精确地鉴定。

所测序的 16S rRNA 基因的 300 bp 片段经 BLAST 搜索, 结果概述于表 3。括号中的数字指未知部分与其最接近的配对物之间的 % 同源性。

10

表 3

电泳带	测序样品	迁移性相同的带	BLAST 结果
1	SM45-快速沉淀	SN45-振荡 C1 (1998)-振荡 C/C (1998)-振荡	热氧化硫化杆菌 ¹ (98%)
2	C1 (1998)-振荡	SM45-快速沉淀 SN45-振荡 C/C (1998)-振荡	热氧化硫化杆菌 ¹ (98%)
3	SN45-上清液	014A - 振荡	唾液链球菌 ² (100%) 嗜热链球菌 ³ (100%)
4	014A (50℃)-振荡	SN45-上清液	唾液链球菌 ² (100%) 嗜热链球菌 ³ (100%)
5	RH14K (60℃)-振荡		柄杆菌属细菌 ⁴ (99%) 离中不粘柄菌 ⁵ (99%) 双鞘不粘柄菌 ⁶ (99%) 刺状假单胞菌 ⁸ (97%) 少动假单胞菌 ⁷ (98%)
6	014A (50℃)-振荡		刺状假单胞菌 ⁸ (98%) <i>Sphingomonas trueperi</i> (97%) 柄杆菌属细菌 ⁴ (97%) 双鞘不粘柄菌 ⁶ (97%)
8	RH14K(60℃)-上清液	PO45-快速沉淀/振荡/上清液	未识别的细菌(97%)

		SS45-上清液	脱硝的 Fe(II)氧化细菌 (97%)
9	014A (50°C)-上清液	SN45-快速沉淀/振荡/上清液 SM45-快速沉淀 014A-振荡	<i>Thiobacillus ferrooxidans</i> (96%)

¹*Sulfobacillus Thermosulfidooxidans*, ²*Streptococcus Salvivaritus*, ³*Streptococcus Thermophilus*, ⁴ *Caulobacter sp.*, ⁵ *Asticcacaulus exentricus*, ⁶ *Asticcacaulis biprothecum*, ⁷ *Sphingomonas paucimobilis*, ⁸ *Pseudomonas echinoids*, ⁹ *Enterobacter sp.*

可以预计, 对上列的混合培养物, 细菌的种类可以忽略或替换, 以便于其
5 于其不同温度下工作。例如, 较低温度时可以用一种硫氧化细菌即氧化硫硫杆菌(*Thiobacillus thiooxidans*)代替 *Thiobacillus caldus*。

可以预计, 本发明的混合细菌培养物可以处理的材料包括贱金属矿石及精选物(铜、镍、钴、锌等), 贵金属矿石及精选物(金和银), 以及铂族金属(PGM)矿石及精选物。还可以预计, 该培养物可以按堆浸出、槽浸出、
10 桶浸出或堆积浸出的方式使用。

目前, 堆浸出是最常用的细菌回收方法, 以从更容易氧化的二次铜矿如铜蓝和辉铜矿中回收铜。该方法包括将破碎的矿石堆放在特制不能渗透的垫上。该垫如此设计, 致使母液从堆积物的一点上沥出, 母液从该点排到收集池中。通过沉淀、溶剂萃取和/或电解沉积, 从该母液中回收金属。

15 为了进行成功的堆浸出, 保持堆的整体性是重要的。决定堆稳定性的主要因素是矿石的破碎尺寸。矿石必须破碎到这样的程度, 即矿石精细得足以使浸出液很好地浸透过矿石堆而不发生过度的沟道作用(channelling), 同时保持良好空气扩散和浸出液排出所需的空隙。

如果矿石破碎得太精细, 浸透过堆的速度可能太慢。如果所存在的空隙不
20 充分, 所发生的堆浸出不充分, 那么就会导致堆中沟道和高的潜水力(phreatic head)。另一方面, 如果矿石的尺寸太粗, 堆的沥出速度就会太快, 溶液中的金属含量就会太低, 另外堆的结构可能因经生物和化学处理坍塌而失败。多数情况下, 堆放之前用粘合剂、硫酸和水聚集破碎的矿石, 结果颗粒尺寸更均匀, 且酸分布于整个堆中。

25 在堆放料堆之前, 一般先在垫上放置浸出层, 这通常包括没有反应活性的矿石如石英砂, 并确保充分的母液浸出。用酸化的细菌液浇灌料堆, 该细菌液用作从矿石中浸出铜的浸出液。在堆浸出中使用的细菌一般为需

氧细菌，因此需要氧气。氧气可以通过低压鼓泡而强制进入料堆，或者根据烟囱效应将空气吸入料堆，所述烟囱效应发生的原因是细菌氧化矿石并产生热。

Geocoat 方法是堆浸出的变体，并且由美国公司 Geobiotics 在市场上出售。该方法包括由硫化物矿石制备精选物，将该精选物涂布在破碎的、已上胶水的岩石上，及堆放成能够进行细菌氧化的堆。

堆积浸溶与堆浸溶非常相似，一般是用于低品位矿石。一般认为堆积浸溶是与堆浸溶相伴随的方法，而不是自己单独使用的。实际上，废料或开采的低品位矿石以任意方式堆积，几乎不进行预先的研磨制备，可以从10 中萃取出某些有价值的东西。料堆中存在天生的细菌，所需要的就是激发它们的活性。这可以通过加入酸和营养物至冲洗液中而实现，例如采取堆浸溶。区别在于成本。

堆积之前很少或不进行破碎。只准备裸露最小的垫。不存在强制通风。

可以认为槽浸出的成本、完善度和效率介于堆浸溶和桶浸溶之间。在15 该方法中，要处理的材料完全浸没于浸出液中但不搅拌，至少达不到任何显著的程度，尽管有时可能因空气流和/或溶液流而发生某种程度的搅拌。较之于堆浸出或堆积浸出，该方法的优点在于实现矿物表面的完全润湿并避免了沟道作用。在槽中破碎尺寸较精细的矿石也能得到比较好的处理，尽管仍存在细度限制，该细度限制是因空气和溶液的渗透性的需要而造成的。超过这个限制，就需要将材料悬浮于溶液中。如果该槽仅是单用途的，20 则可以将其构建成有衬的挡板，一角倾斜以循环和回收浸出液。多用途的槽需要有更坚固的结构，如混凝土或砖。通风是通过将管子浸没来进行的，也可以这样来进行，即间歇地将槽排水，使空气通过再处理浸出液而汲取到矿石中。

25 桶浸溶，如其名称所示，要求在搅拌桶中进行充气矿物浆液的细菌浸溶。该技术的先驱是 Gencor，现如今已得到很好的发展用于处理金矿。可以预计，该技术与贱金属生物浸溶非常相似，但是至尽尚未开发出用于铜矿的商用系统。

30 可得到的结果表明，可以预期与精选物($P_{80} < 30 \mu m$)的超精细研磨有关的成本将使资金和运行成本过高。

本发明的方法能够在很宽的温度范围内工作，因而导致与冷却细菌氧

化体系有关的成本的降低。该方法还能够氧化所有形式的黄铜矿，并且以不导致重大资金和运行成本的破碎尺寸来进行。

那些对本领域的技术人员来说是显而易见的修饰和改变均落入本发明的范围之内。

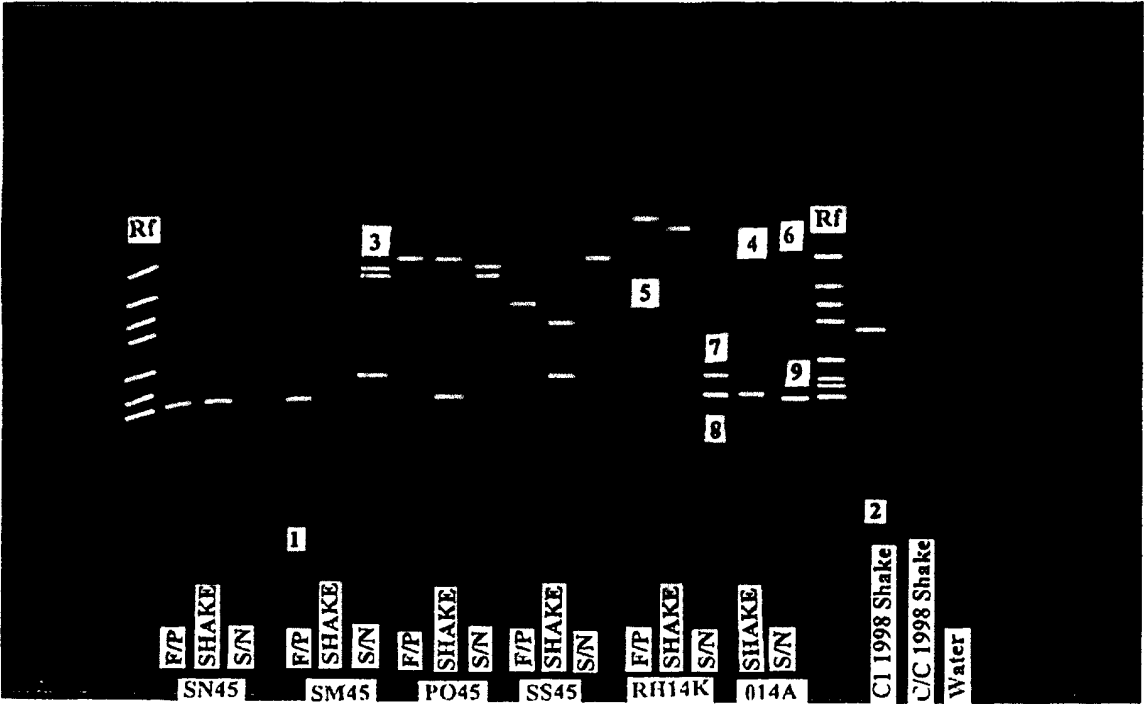


图 1