

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

C22B 15/00

C22B 11/08



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 95192279.3

[43]公开日 1997年3月5日

[11] 公开号 CN 1144541A

[22]申请日 95.3.23

[30]优先权

[32]94.3.25 [33]US[31]08 / 217,912

[86]国际申请 PCT / US95 / 03201 95.3.23

[87]国际公布 WO95 / 26418 英 95.10.5

[85]进入国家阶段日期 96.9.25

[71]申请人 纳幕尔杜邦公司

地址 美国特拉华州

[72]发明人 C·A·弗兰明 W·G·F·格罗特

J·A·托普

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 卢新华 吴大建

权利要求书 5 页 说明书 7 页 附图页数 0 页

[54]发明名称 湿法冶金提取的方法

[57]摘要

本发明提供了一种处理含金铜矿石或浓缩物的湿法冶金方法。该方法通过将铜和金同时浸出到氰化物的水溶液中,通过电解冶金或置换沉淀,回收呈金属形式的铜和金,以及再生氰离子。

(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1. 一种用于处理含金和铜矿石的湿法冶金提取方法，该方法包括以下步骤：
 - 5 (a) 用摩尔比为 $\text{CN}:\text{Cu}>4$ 的氰化物水溶液处理所述矿石，从而同时浸出铜和金，以使浸出母液中 $\text{CN}:\text{Cu}$ 的摩尔比不低于 $4:1$ ；
 - (b) 如果含金，任选地从浸出母液中基本上分离和回收所有的金；
 - (c) 将浸出母液中的 $\text{CN}:\text{Cu}>4$ 降低到 $\text{CN}:\text{Cu} \leq 4:1$ ；和
 - (d) 从步骤(c)中产生的溶液中分离和回收铜。
- 10 2. 一种通过使金置换沉淀在铜金属上，从浸出母液中回收金的方法，该方法包括以下步骤：
 - (a) 将 $\text{CN}:\text{Cu}$ 之比不低于 $3.5:1$ 的含氰化金和氰化铜的溶液，与铜金属粉末或已电解沉积在高表面积阴极上的铜金属接触，从而在铜金属上产生金金属的置换沉淀产物；和
 - 15 (b) 通过电解精炼或熔炼的方法从置换沉淀产物中回收金。
3. 一种制备 $\text{CN}:\text{Cu} \leq 3:1$ 、用于回收铜的溶液的方法，该方法包括以下步骤：
 - (a) 用酸处理母液，使该溶液的 pH 降低到 $3-7$ ，这样，主要的氰化铜离子是 $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ 且极少或不产生 CuCN 沉淀；
 - 20 (b) 任选地将一种气体通过该溶液，以基本上除去步骤(a)中产生的所有 HCN 气体，和
 - (c) 使该溶液与强碱性离子交换树脂或活性炭接触，以便从溶液中除去 $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ 。
4. 权利要求3的方法，该方法包括用碱性水溶液处理含 HCN 的气流的附加步骤，以产生供氰化物浸出溶液中使用的氰离子。
- 25 5. 权利要求3的方法，该方法包括用碱性水溶液处理已从其中除去 $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ 的含 HCN 溶液的附加步骤，以产生供氰化物浸出溶液中使用的氰离子。
6. 一种通过电解制备具有 $\text{CN}:\text{Cu} \leq 4:1$ 、用于回收铜的溶液的方法，该方法包括以下步骤：
 - 30 (a) 用酸处理一部分浸出母液，使该溶液的 pH 降低到 $1.5-2.0$ ；

- (b) 除去所生成的氰化铜(CuCN)沉淀物;
- (c) 任选地将一种气体通过该溶液,以基本上除去上述步骤(a)中产生的所有HCN气体;
- (d) 将CuCN沉淀物与还未在步骤(a)中酸化的那部分母液和/或与一部分再循环到电解槽阴极的电解槽阴极液混合。
- 5 7. 权利要求6的方法,该方法包括如下附加步骤,用碱性水溶液处理处理含HCN的气体或液流,以产生CN⁻离子,用以再循环到浸出效率高的氰化物溶液中,供其后用于浸出铜和金。
- 10 8. 一种制备具有CN:Cu < 4:1、用于回收铜的溶液的方法,该方法包括以下步骤:
- (a) 将任选含金的浸出母液与含铜的未经浸出的粗粒矿或磨细的矿石接触,从而使CN:Cu之比降低到< 4:1,和
- (b) 将所生成的溶液与部分浸出过的矿石分离,从而产生适用于回收铜的溶液,以及已从其中部分浸出了铜的矿石。
- 15 9. 权利要求1的方法,其中待提取的矿石是已从其中部分浸出了铜的矿石。
10. 一种从CN:Cu < 4:1的含氰化铜(任选含金)的溶液中,通过电解直接回收铜的方法,该方法包括以下步骤:
- (a) 将该溶液作为阴极液通过装有阴极的室;
- 20 (b) 在电解槽中,将铜金属电镀在阴极表面上,其中用阳离子交换膜将阳极与阴极液隔开,从而防止氰离子的阳极氧化;和
- (c) 通过从阴极表面洗提或通过熔炼从阴极上回收铜。
11. 权利要求10的方法,其中阳离子交换膜是全氟磺酸基膜。
12. 权利要求10的方法,其中通过添加碱或碱性盐,使阳极室保持
- 25 在pH>7。
13. 权利要求10的方法,其中阳极是氢气扩散电极,H₂在其中产生并在阳极反应中消耗,从而防止CN⁻离子在阳极氧化。
14. 一种从CN:Cu < 3:1的含氰化铜(任选含金)的溶液中回收铜的方法,其中,通过将铜吸附在阴离子交换树脂上而使其预浓缩,该方法
- 30 包括以下步骤:
- (a) 将该溶液与阴离子交换树脂接触,从而在CN:Cu<3:1下,将氰化铜选择性地吸附在树脂上,其中,如果含金,则金被吸附到有限的平

平衡含量，而不干扰铜的吸附；

(b) 将含有被吸附在其上的氰化铜的树脂，与此时部分贫化的、 $CN:Cu > 3:1$ 的含氰化铜溶液分离；

5 (c) 将上述步骤(b)中得到的载荷树脂，用 $CN:Cu$ 之比为 $3.5:1$ 至 $4:1$ 和铜浓度至少为 10 克/升的含氰化铜的洗脱液进行处理，从而部分地从树脂上洗脱氰化铜，并产生 $CN:Cu$ 之比小于 $4:1$ 的洗脱液；和

(d) 从步骤(c)中产生的洗脱液中电解铜金属。

15. 权利要求 14 的方法，其中铜的电解按下列步骤进行：

(a) 将洗脱液作为阴极液通过装有阴极的室；

10 (b) 在电解槽中，将铜金属电镀在阴极表面上，其中用阳离子交换膜将阳极与阴极液隔开，从而防止氰离子的阳极氧化；和

(c) 通过从阴极表面洗提或通过熔炼从阴极上回收铜。

16. 权利要求 15 的方法，其中通过添加碱或碱性盐，使阳极室保持在 $pH > 7$ 。

15 17. 权利要求 14 的方法，其中铜的电解按下列步骤进行：

(a) 将洗脱液作为阴极液通过装有阴极的室；

(b) 在电解槽中，将铜金属电镀在阴极表面上，其中阳极是氢气扩散电极；和

(c) 通过从阴极表面洗提或通过熔炼从阴极上回收铜。

20 18. 一种从 $CN:Cu$ 之比 $< 3:1$ 的含氰化铜（任选含金）溶液中回收铜的方法，其中，通过将铜吸附在阴离子交换树脂上而使其预浓缩，该方法包括以下步骤：

25 (a) 将该溶液与阴离子交换树脂接触，从而在 $CN:Cu < 3:1$ 下，将氰化铜选择性地吸附在树脂上，其中，如果含金，则金被吸附到有限的平衡含量，而不干扰铜的吸附；

(b) 将含有被吸附在其上的氰化铜的树脂，与此时部分地贫化的、 $CN:Cu > 3:1$ 的含氰化铜溶液分离；

(c) 将步骤(b)中得到的载荷树脂，用氯离子的水溶液处理，从而从树脂上除去氰化铜；

30 (d) 从步骤(c)中产生的溶液中将氰化铜吸附在活性炭上；和

(e) 用 $CN:Cu$ 之比为 $3.2:1$ 至 $3.5:1$ 和铜浓度至少为 10 克/升的含氰化铜的洗脱液，处理在步骤(d)中得到的载荷炭，从而从炭上洗脱氰化

铜并产生 CN:Cu 之比小于 3.5:1 的洗脱液; 和

(f) 从步骤 (e) 中产生的洗脱液中电解铜金属。

19. 一种从 CN:Cu 之比 $> 3:1$ 的含氰化铜 (任选含金) 溶液中回收铜的方法, 其中, 通过将铜吸附在阴离子交换树脂上而使其预浓缩, 该方法包括以下步骤:

(a) 将该溶液与阴离子交换树脂接触, 从而选择性地使氰化铜吸附在树脂上, 其中, 如果含金, 则金被吸附到有限的平衡含量, 而不干扰铜的吸附;

(b) 将含有被吸附在其上的氰化铜的树脂, 与此时部分地贫化的、CN:Cu $> 3:1$ 的含氰化铜溶液分离;

(c) 用酸处理载体树脂, 以产生 HCN, 从而将树脂上的 CN:Cu 之比降低到大约 2:1;

(d) 将含 HCN 的溶液与树脂分离;

(e) 用氯离子的水溶液处理步骤 (d) 中得到的载体树脂, 从而从树脂上除去氰化铜;

(f) 从步骤 (e) 中产生的溶液中将氰化铜吸附在活性炭上;

(g) 用 CN:Cu 之比为 3.2:1 至 3.5:1 和铜浓度至少为 10 克/升的含氰化铜的洗脱液, 处理在步骤 (f) 中得到的载体炭, 从而从炭上洗脱氰化铜并产生 CN:Cu 之比小于 3.5:1 的洗脱液; 和

(h) 从步骤 (g) 中产生的洗脱液中电解铜金属。

20. 一种从 CN:Cu 之比 $< 3:1$ 的含氰化铜溶液中回收铜的方法, 其中, 通过用阴离子交换溶剂萃取而使铜预浓缩, 该方法包括以下步骤:

(a) 将该溶液与阴离子交换溶剂接触, 从而将 CN:Cu $< 3:1$ 的氰化铜选择性地萃取到溶剂中, 其中, 如果含金, 则金被萃取到有限的平衡含量, 而不干扰铜的萃取;

(b) 将含有被萃取在其中的氰化铜的溶剂, 与此时部分地贫化的、CN:Cu 之比 $> 3:1$ 的含氰化铜溶液分离;

(c) 用 CN:Cu 之比为 3.5:1 至 4:1 和铜浓度至少为 10 克/升的含氰化铜的洗脱液, 处理在步骤 (b) 中得到的载体溶剂, 从而从溶剂中洗脱氰化铜并产生 CN:Cu 之比小于 4:1 的洗脱液; 和

(d) 从步骤 (c) 中产生的洗脱液中电解铜金属。

21. 一种从由含氰化金的溶液与阴离子交换树脂或溶剂接触而产生

的、吸附在阴离子交换树脂上或溶剂中的氰化金中回收金的方法，该方法包括以下步骤：

5 (a) 将含有被吸附在其中的氰化金和氰化铜的载荷树脂或溶剂，与 CN: Cu 之比大约为 4:1 和铜浓度约为 20-40 克/升的含氰化铜洗脱液接触，从而从树脂或溶剂中洗脱氰化金；和

(b) 通过置换沉淀将金金属从洗脱液中转移在铜金属粉末或已电镀在高表面积衬底上的铜上，或通过电解回收金。

22. 一种可在从矿石中回收金和铜的湿法冶金过程中清除不需要部分的方法，该方法包括以下步骤：

10 (a) 将在一段 CN: Cu 之比 < 3:1 的湿法冶金过程中产生的含氰化金、氰化铜和不需要部分的溶液与活性炭接触，从而选择性地使氰化金和氰化铜吸附在活性炭上；

(b) 将含有被吸附在其上的氰化金和氰化铜的活性炭与含有不需要离子的、贫化了金、铜和氰化物的浸出液分离。

说明书

湿法冶金提取的方法

5

发明领域

本发明涉及湿法冶金提取的方法，特别涉及通过氰化物浸出，从被处理的矿石中单独或在有金存在的条件下提取铜，为总冶金流程中的金属精炼工序提供金和铜或其混合物。

10

背景技术

在采矿工序之后，从岩石或矿石中获得纯金属和/或矿物的过程中，有三种可视为同一的主要工序。总冶金流程中的这三个工序是矿物加工、冶金提取和金属精炼。矿物加工本身可分为两个步骤：粉碎和富集。冶金提取可以是湿法冶金或火法冶金，而金属精炼则包括将来自冶金提取工序的产物进行熔炼、电解冶金或电解精炼。

含有高含量氰化物可溶性铜矿物的金矿，例如辉铜矿 (Cu_2S)、斑铜矿 ($\text{FeS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{CuS}$)、孔雀石 [$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]、蓝铜矿 [$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]、铜蓝 (CuS) 和赤铜矿 (Cu_2O) 传统上一直是难于经济地处理的，这是因为在浸出和处理废水时破坏氰化物的过程中，涉及氰化物消耗的费用很高。无论采用 Merrill-Crowe 法还是采用活性炭吸附法回收金，浸出液中高浓度的氰化铜也会造成各种冶金上的问题。因此，属于这种类型的许多金的资源依然埋藏在地下，等待着开发适合于处理这些资源的技术。

多年来，许多研究工作已深入研究了上述问题，这些研究一般集中在两个方面：开发其他溶解金的浸出化学方法，即开发选择性比氰化物更高，且对金的选择性高于铜的浸出剂，或通过物理或化学方法掩蔽铜矿物，抑制铜与氰化物之间的反应。但是，这两种方法均未获得普遍的成功。本发明提供了一种有效的且成本低廉的方法，可用于处理含有高含量氰化物可溶性铜矿物的金矿以及含铜高、含金很低的矿石。

过去，通过浸出矿石进行湿法冶金提取铜和金，即首先用硫酸溶解铜矿物，接着中和剩余酸，最后通过氰化浸出金。该方法对硫化矿物例如辉铜矿和斑铜矿不可行，因为硫化矿物在氰化物溶液中可以浸出，但在酸中不浸出，由于酸、碱或氰化物的消耗高，这种方法往往是不经济的，而且两段浸出所需的浸出时间长，加之由于经过酸处理在岩石中发生物理变化，因而该方法往往不实用。因此，很需要有一种处理含铜矿石或含金浓缩物的方法，能同时将金和铜两种金属浸出到氰化物水溶液中，以金属的形式回收铜和金，并以经济有效的方法再生氰离子。

发明概述

本发明的方法是湿法冶金提取法，可用于处理仅含铜或含金和铜的矿石，该方法包括以下步骤：

- (a) 用摩尔比为 $CN:Cu > 3.5:1$ 的氰化物水溶液处理所述矿石，从而同时浸出铜和金，并使浸出母液中 $CN:Cu$ 的摩尔比降低到 $\leq 4:1$ ；和
- (b) 从步骤(a)所生成的溶液中分离并回收铜。

金可以在本发明的湿法冶金提取过程中的不同阶段加以回收。

发明详述

湿法冶金提取过程可以从“堆浸”开始，堆浸是通过将浸出溶液透过矿石堆，浸出粗粒矿石，或通过“磨矿浸出”，即在槽中用浸出溶液通过混合或搅拌矿石的过程，浸出磨细的矿石。磨矿浸出可以是两段法，首先将粗矿磨细，然后进行浸出。另一种方法，可以在研磨步骤中开始浸出。

本发明的方法可概括描述为，采用湿法冶金的方法处理任选地含金的铜矿或浓缩物，将铜和金同时浸出到氰化物水溶液中，以金属的形式回收铜和金，并再生 CN^- 离子。该方法可从上述金属的含量低的矿石中回收金和铜，因此，可以取消用于处理硫化铜和铜/金矿石的常规方法中的浮选步骤。

为了获得铜和金的高浸出效率，本发明有一种用氰化物溶液 ($CN:Cu$ 之比大于 4) 浸出含铜和金的矿石的方法，这样，可使浸出母液中氰化

物与铜的摩尔比(CN:Cu)不低于4:1。浸出母液的意思可以理解为来自堆浸、槽浸或磨矿浸出矿浆的溶液。(一种采用堆浸和磨矿浸出的混合方法有时称为槽浸)。

5 CN:Cu 比的定义是,与溶液中每摩尔 Cu^+ 配合的 $(\text{CN})^-$ 摩尔数加上未与另一种金属或氢离子配合的游离 $(\text{CN})^-$ 数。

一种从浸出母液中获得金的方法,是本发明的另一种通过使金在铜金属上置换沉淀回收金的方法,该方法包括以下步骤:

10 (a) 将 CN:Cu 之比不低于 3.5:1 的含氰化金和氰化铜的溶液,与铜金属粉末或已电解沉积在高表面积阴极上的铜金属接触,从而在铜金属上产生金金属的置换沉淀产物; 和

(b) 通过电解精炼或熔炼的方法从置换沉淀产物中回收金。

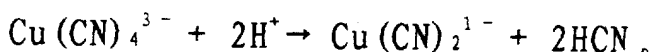
因为上述过程遗留基本上相同的氰与铜之比, $\text{CN:Cu} > 3.5$, 因而可以获得本发明的另一种方法,用以制备 $\text{CN:Cu} < 3:1$ 、用于回收铜的溶液,该方法包括以下步骤:

15 (a) 用酸处理母液,使该溶液的 pH 降低到 3-7,这样,主要的氰化铜离子是 $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ 且极少或不产生 CuCN 沉淀;

(b) 任选地将一种气体通过该溶液,以基本上除去步骤(a)中产生的所有 HCN 气体, 和

20 (c) 使该溶液与强碱性离子交换树脂或活性炭接触,以便从该溶液中除去 $\text{Cu}(\text{CN})_2^-$ 。

该过程可以由下式表示:



25 上述方法可以包括用碱性水溶液处理含 HCN 的气体或液流的附加步骤,以产生氰离子 (CN^-) ,用以再循环到浸出效率高的氰化物溶液中,供其后用于浸出铜和金。

作为上述方法的替换,本发明还有另一种通过电解制备具有 $\text{CN:Cu} < 4:1$ 、用于回收铜的溶液的方法,该方法包括以下步骤:

(a) 用酸处理一部分浸出母液,使该溶液的 pH 降低到 1.5-2.0;

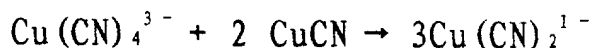
(b) 除去所生成的氰化铜 (CuCN) 沉淀物;

30 (c) 任选地将一种气体通过该溶液,以基本上除去上述步骤(a)中产生的所有 HCN 气体, 和

(d) 将 CuCN 沉淀物与还未在步骤(a)中酸化的那部分母液、以及一

部分再循环到电解槽阴极的电解槽阴极液混合。

该过程可以由下式表示：



5 电解冶金 的定义是，一种金属从该金属以金属盐的形式存在的溶液中沉淀在阴极上。

另一种方法是，CuCN 只与未酸化的母液或再循环的阴极液混合。

上述方法可以包括如下附加步骤，用碱性水溶液处理含 HCN 的气流或含 HCN 的酸化液（如果 HCN 尚未除去）以产生 CN⁻ 离子，用以循环到浸出效率高的氰化物溶液中，供其后用于浸出铜和金。

10 本发明一种优选的制备 CN:Cu < 4:1、用于回收铜的溶液的方法，包括以下步骤：

(a) 将浸出母液（含金或不含金）与含铜和任选地含金的未经浸出的粗粒矿或磨细的矿石接触，从而使 CN:Cu 之比降低到 < 4:1，和

15 (b) 将所生成的溶液与部分浸出了的矿石分离，从而产生适用于回收铜的溶液，以及已从其中部分浸出了铜的矿石。

然后，将从上述过程中得到的矿石返回到起初所述的过程，其中，用氰化物溶液浸出该矿石（含铜和金），致使浸出母液中氰化物与铜的摩尔比不低于 3.5:1。

20 在上述浸出步骤以及 CN:Cu 之比降低到 < 4:1 的一些过程之后，本发明的湿法冶金提取方法可应用于回收铜和任选的金的过程，并可从溶液中清除不需要的物质。

一种通过电解直接从采用本发明的上述方法制备的、CN:Cu < 4:1 的含氰化铜（任选含金）溶液中回收铜的方法，该方法包括以下步骤：

25 (a) 将该溶液作为电解液（阴极液）通过装有阴极的室；
(b) 在电解槽中，将铜金属电镀在阴极表面上，电解槽中用阳离子交换膜将阳极与阴极液隔开，从而防止氰离子的阳极氧化；和
(c) 通过从阴极表面洗提或通过熔炼从阴极上回收铜。

30 一种优选的阳离子交换膜是 Nafion[®] 全氟磺酸膜（E. I. du Pont de Nemours and Company 的注册商标）。优选该铜的回收过程在高电流效率和高电流密度（阴极表面的 A/m²）下进行。

上述直接回收铜的过程可以优选在这样的方式下进行，即通过添加碱或碱性盐，使阳极室的电解液（阳极液）保持在 pH>7，从而避免阳极

室中 H^+ 离子的积累。上述的碱或碱性盐可以是氢氧化钠或碳酸钠。防止 H^+ 离子的积累，就可以防止这些 H^+ 离子迁移穿过膜，从而避免在阴极液中生成 HCN。

5 在上述铜回收过程的精炼中，阳极室中充以稀无机酸，例如硫酸，让 H^+ 离子在阳极上形成，并迁移到阴极液中。所有形成的 HCN 可以留在溶液中，并通过添加碱到阴极液或电解槽的流出物中将其转化为氰离子，或从阴极液或电解槽的流出物中除去，并将其转化为氰离子以供使用。充分地保持电解槽中的阴极液处于高 pH (≥ 10.5)，可以防止 HCN 生成。

10 在上述铜回收过程的进一步精炼方法是本发明的一种可供选择的方法，其中，阳极是氢气扩散电极，其中， H_2 产生并在阳极反应中消耗，从而防止氰离子在阳极氧化。该过程不使用膜。

15 上述铜回收过程的其他精炼方法，通过采用无保护阳极，并让 $(SCN)^-$ 在阳极氧化，可以使氯化物的阳极氧化减小到最小程度，从而减小氰离子的氧化，并通过采用隔膜使阳极上的传质减小到最小程度，从而使阳极缺氰离子而使氯化物的氧化减小到最小程度。

本发明的一种代替上述从铜回收过程的溶液中回收铜的直接回收金属的方法如下所述。

20 一种从采用本发明的方法产生的溶液中回收铜的方法，该溶液含氰化铜（任选含金），CN:Cu 之比 $\leq 3:1$ ，其中，通过将铜吸附在强碱性或弱碱性阴离子交换树脂上而使其预浓缩，该方法包括以下步骤：

(a) 将该溶液与阴离子交换树脂接触，从而在 CN:Cu 之比 $< 3:1$ 下，将氰化铜选择性地吸附在树脂上，其中，如果含金，则金被吸附到有限的平衡含量（小部分的金存在于溶液中），而不干扰铜的吸附；

25 (b) 将含有被吸附在其上的氰化铜的树脂，与此时部分地贫化的、CN:Cu > 3 的含氰化铜溶液分离；

30 (c) 将上述步骤 (b) 中得到的载荷树脂，用 CN:Cu 之比为 3.5:1 至 4:1 和铜浓度至少为 10 克/升（此铜浓度可以使后续的电解步骤能够在最高的电流效率下操作）的含氰化铜的洗脱液进行处理，从而将氰化铜从树脂上洗脱到树脂上铜的大约 50% 的程度，并产生 CN:Cu 之比小于 4:1 的洗脱液；和

(d) 采用本发明的上述回收铜的方法，从上述步骤 (c) 中产生的洗脱

液中电解铜金属。

另一方面，如果希望更有效地从上述树脂中除去铜，可参阅申请人1993年9月27日提交，序列号为08/126,661的共同未决申请，该申请引入本文作为参考。在采用磨矿/浸出法处理磨细的矿石产生浸出液的情况下，这种更有效地除铜的方法可能是理想的。

本发明的另一种从溶液中回收铜的方法是这样一种方法，其中，通过将CN:Cu之比 <3 (任选含金)的含氰化铜溶液中的铜吸附在强碱性或弱碱性阴离子交换树脂上而使其预浓缩，该方法包括以下步骤：

(a) 将该溶液与阴离子交换树脂接触，从而在CN:Cu之比 $<3:1$ 的条件下，将氰化铜选择性地吸附在树脂上，其中，如果含金，则金被吸附到有限的平衡含量（小部分的金存在于溶液中），而不干扰铜的吸附；

(b) 将含有被吸附在其上的氰化铜的树脂，与此时部分地贫化的、CN:Cu $>3:1$ 的含氰化铜溶液分离；

(c) 将上述步骤(b)中得到的载荷树脂，用氯离子的水溶液处理，从而从树脂上除去氰化铜；

(d) 从步骤(c)中产生的溶液中将氰化铜吸附在活性炭上；和

(e) 用CN:Cu之比为 $3.2:1$ 至 $3.5:1$ 和铜浓度至少为 10 克/升的含氰化铜的洗脱液处理步骤(d)中得到的载荷炭，从而从炭上洗脱氰化铜并产生CN:Cu之比小于 $3.5:1$ 的洗脱液。

一种上述的精炼方法包括将CN:Cu之比 $\geq 3:1$ 的含氰化铜溶液，在树脂上进行吸附，接着进行以下步骤：

(a) 用酸处理这样得到的载荷树脂，以产生HCN，从而将残留在树脂上的CN:Cu之比降低到大约 $2:1$ ；

(b) 将含HCN的溶液与树脂分离；

(c) 用氯离子的水溶液处理步骤(b)中得到的载荷树脂，从而从树脂上除去氰化铜；

(d) 从步骤(c)中产生的溶液中将氰化铜吸附在活性炭上；和

(e) 根据前述过程中所述的步骤(e)的方法处理载荷炭。

步骤(b)中得到的HCN溶液可以用碱处理以产生 CN^- 离子，供下一步使用。

本发明的另一种回收铜的方法，是一种类似于通过在阴离子交换树脂上预浓缩回收铜的方法，其中采用强碱性或弱碱性阴离子交换溶剂代

替阴离子交换树脂。这些溶剂包括叔胺或季胺。

通过本发明的湿法冶金提取过程所得到的铜，可以随时用于洗脱和电解工序，以完成总冶金过程。

5 本发明的下列方法可以回收金。当任选含金时，该方法可以从存在于所产生的溶液中的氰化金回收金。本发明的这种方法是从由含氰化金的溶液与阴离子交换树脂或溶剂接触而产生的吸附在阴离子交换树脂或溶剂上的氰化金中回收金，该方法包括以下步骤：

10 (a) 将含有被吸附在其中的氰化金和氰化铜的载荷树脂或溶剂，与 CN: Cu 之比大约为 4:1 和铜浓度约为 20-40 克/升的含氰化铜的洗脱液接触，从而从树脂或溶剂中洗脱氰化金；和

(b) 通过置换沉淀将金金属从洗脱液中转移在铜金属粉末或已电镀在高表面积衬底上的铜上，或通过电解回收金。

在此方法中，CN: Cu 之比 $\geq 4:1$ ，因此，不可能通过电解有效地分离铜。

15 本发明的下列方法可以清除不需要的部分 (OCN^- 、 SCN^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ 、 $\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-}$ 等) 而留下金、铜和氰化物，该方法包括以下步骤：

20 (a) 将含氰化金和氰化铜和各种不需要的离子的排出液流，其中 CN: Cu 之比处于循环中的最低点 (优选 $< 3:1$)，与活性炭接触，从而选择性地 将氰化金和氰化铜吸附在活性炭上；

(b) 将含有被吸附在其上的氰化金和氰化铜的活性炭与此时含有不需要离子的贫化了的金、铜和氰化物浸出液分离；

(c) 用氰化物的水溶液在不低于 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 的温度下处理含有被吸附在其上的氰化金和氰化铜的活性炭；和

25 (d) 将洗脱液再循环到该方法的浸出步骤。