



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102076431 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 23

(21) 申请号 200980125332. X

B07C 5/344(2006. 01)

(22) 申请日 2009. 09. 11

B07B 13/00(2006. 01)

G01N 22/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

2008904739 2008. 09. 11 AU

审查员 刘亚竹

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 12. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/AU2009/001199 2009. 09. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/028446 EN 2010. 03. 18

(73) 专利权人 技术资源有限公司

地址 澳大利亚维多利亚州

(72) 发明人 达米安·哈丁 格朗特·韦尔伍德

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 蔡石蒙 车文

(51) Int. Cl.

B07C 5/34(2006. 01)

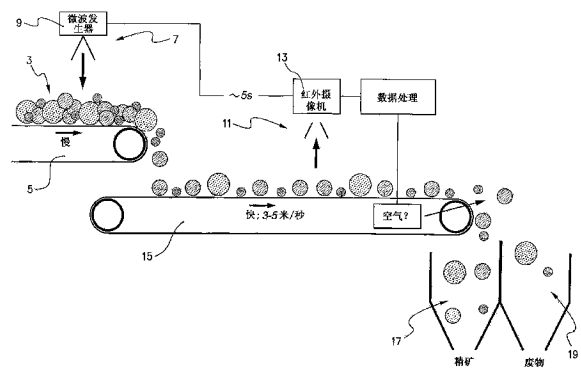
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

分选开采材料

(57) 摘要

公开了一种分选开采材料以将开采材料分成至少两个种类的方法。所述方法包括将所述开采材料的颗粒暴露在微波能下,且取决于所述颗粒中的材料的敏感性来对颗粒进行加热。所述方法还包括使用颗粒的温度作为分析基础来对颗粒进行热分析,以指出颗粒之间的成分差异,然后基于热分析的结果来分选颗粒。所述方法还包括对被供给所述方法的开采材料的温度变化进行补偿。



1. 一种分选开采材料以将所述开采材料分成至少两个种类的方法,其中至少一个种类包含对微波能较敏感的开采材料的颗粒,而至少另一个种类包含对微波能较不敏感的开采材料的颗粒,所述方法包括以下步骤:

(a) 将所述开采材料颗粒暴露在微波能下,且取决于所述颗粒中的材料的敏感性来对所述颗粒进行加热;

(b) 使用颗粒的温度作为分析基础来对所述颗粒进行热分析,以指出颗粒之间的成分差异;以及

(c) 基于热分析的结果来分选所述颗粒;并且

所述方法还包括:在所述开采材料在步骤(a)中暴露于微波能之前,对被供给所述方法的所述开采材料的温度变化进行补偿。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,温度补偿包括:在供应于步骤(a)中将被暴露在微波能下的所述开采材料之前,将进给材料预热至给定背景温度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,温度补偿包括:执行步骤(a)以将足够的微波能供给所述开采材料,以对被供给所述方法的所述开采材料的温度变化进行补偿。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,温度补偿包括:对将供给步骤(a)的所述开采材料的温度进行监测,并且在分析于步骤(b)中获得的数据时考虑所述开采材料中的温度变化。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,温度补偿包括使用水来降低将被供给到步骤(a)的进给材料的温度。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,温度补偿包括:在受控温度条件下堆存所述开采材料,并且将所述堆存材料用作给所述方法的进给材料。

7. 根据前述权利要求中任何一项所述的方法,其中,在贵重材料为铜且所述铜以硫化物矿物的形式而被包含在矿石颗粒中的情况下,步骤(a)包括将所开采的矿石暴露在微波能下,且将含铜颗粒加热至与贫瘠颗粒相比更大的程度。

8. 根据权利要求1至6中任何一项所述的方法,其中,步骤(b)包括使所述颗粒移动经过背景表面,其中红外照相机或其它热检测设备被定位成用以观察所述颗粒,且所述背景表面处在所述热检测设备的视线中。

9. 根据权利要求1至6中任何一项所述的方法,包括基于促进所述颗粒的不同热反应来选择所述微波能的波长或其它特征,以使得将表示不同成分的所述颗粒的不同温度用作在步骤(c)中分选所述颗粒的基础。

10. 根据权利要求1至6中任何一项所述的方法,包括容许足够的时间用于使通过暴露在微波能下而在所述颗粒中产生的热量传递到所述颗粒的各处,以使每个颗粒的颗粒表面的温度为颗粒的各处的质量平均温度的量度。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,在低等级含铜矿石具有15mm至30mm的颗粒尺寸的情况下,所需的时间量为至少5秒,且所需温度差异为至少2°C。

12. 根据权利要求1至6中任何一项所述的方法,包括对从分选步骤(c)分离出来的颗粒进行处理,以从所述颗粒中回收贵重材料。

13. 根据权利要求1至6中任何一项所述的方法,其中,包括对从分选步骤(c)所分离出来的包含较高水平的贵重材料的颗粒进行破碎,以改善从所述颗粒中的贵重材料的回

收。

14. 根据权利要求 1 至 6 中任何一项所述的方法,包括在步骤 (a) 之前对所述开采材料进行粉碎或其它适合的破碎。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,包括从所述开采材料中筛分或以另外的方式分离细粒,以使得供给到步骤 (a) 的所述开采材料中没有细粒。

16. 根据权利要求 1 至 6 中任何一项所述的方法,其中,所述开采材料为矿石形式,其中,贵重材料为矿物化的形式。

17. 根据权利要求 1 至 6 中任何一项所述的方法,其中,所述温度补偿包括对所述开采材料中的颗粒之间的温度变化进行补偿。

18. 根据权利要求 1 所述的方法,所述开采材料是所开采的矿石。

19. 根据权利要求 11 所述的方法,所述所需的时间量为至少 10 秒。

20. 根据权利要求 11 所述的方法,所述所需温度差异为 5℃ 至 10℃。

21. 根据权利要求 16 所述的方法,所述贵重材料为金属硫化物或金属氧化物。

22. 一种用于分选开采材料的设备,所述设备包括:

(a) 微波处理站,所述微波处理站用于使所述开采材料的颗粒暴露在微波能下;

(b) 热分析站,所述热分析站用于检测颗粒之间的热差异,所述热差异表示能作用于分选颗粒的基础的颗粒之间的成分差异;

(c) 热分析系统,所述热分析系统用于分析来自于所述热分析站的数据,以确定颗粒之间的成分差异,且基于成分作出关于将所述颗粒分选成种类的决定;以及

(d) 分选机,所述分选机基于热分析来分选所述颗粒;以及

(e) 用于对将供给到所述微波处理站的进给材料中温度变化进行补偿的系统。

23. 根据权利要求 22 所述的设备,其中,温度补偿系统包括:用于在将所述开采材料供给所述微波处理站之前将所述进给材料预热至给定背景温度的组件。

24. 根据权利要求 22 所述的设备,其中,温度补偿系统包括用于对将供给到所述微波处理站的所述开采材料的温度进行监测的传感器,且热分析系统被构造成用以在分析来自于所述热分析站的数据时考虑所述开采材料中的温度变化。

25. 根据权利要求 22 至 24 中任何一项所述的设备,其中,所述热分析站与所述微波处理站关联布置,以使所述颗粒具有足够的时间来用于使通过在所述微波处理站中暴露在微波能下而在所述颗粒中产生的热量传递到颗粒的各处,以使得每个颗粒的颗粒表面的温度为颗粒的各处的质量平均温度的量度。

26. 根据权利要求 22 所述的设备,所述开采材料为所开采的矿石。

27. 一种用于从开采材料中回收贵重材料的方法,所述方法包括根据权利要求 1 至 6 中任何一项所述的方法来分选开采材料,以及随后对含有贵重材料的颗粒进行处理和回收贵重材料。

28. 根据权利要求 27 所述的方法,所述开采材料为所开采的矿石。

29. 根据权利要求 27 所述的方法,所述贵重材料为贵金属。

## 分选开采材料

[0001] 本发明涉及一种用于分选开采材料的方法及设备。

[0002] 本发明具体但不是仅涉及用于分选开采材料以用于进行后续处理以便从开采材料中回收贵重材料如贵金属的方法及设备。

[0003] 本发明还涉及一种用于从已经被分选的开采材料中回收贵重材料如贵金属的方法及设备。

[0004] 开采材料可为包含贵重材料如贵金属的任何开采材料，贵金属例如为包含金属氧化物或金属硫化物的矿物形式的贵金属。

[0005] 术语“开采”材料在本文中理解为包括 (a) 原矿材料和 (b) 在材料开采之后且在分选之前已经过初级粉碎或类似破碎的原矿材料。

[0006] 申请人所关注的具体领域为开采的矿石形式的开采材料，所述开采材料包括诸如黄铜矿的矿物，所述矿物包含硫化物形式的贵金属，如铜。

[0007] 本发明具体但不是仅适用于分选低等级开采材料。

[0008] 术语“低”等级在本文中理解成意思为开采材料中诸如金属的贵重材料的经济价值仅勉强大于开采和回收贵重材料以及将贵重材料运输至客户的成本。

[0009] 在任何给定的情形中，被认作是“低”等级的精矿将取决于贵重材料的经济价值以及在特定时间点回收贵重材料的开采成本和其它成本。贵重材料的浓度可相对较高，但仍被认作是“低”等级。这是铁矿的情况。

[0010] 在贵重材料为硫化铜矿物形式的情况下，当前“低”等级的矿石为矿石中包含的铜小于 1.0% 重量、典型小于 0.6wt. % 的原矿石。从贫瘠颗粒中分选出具有这种低浓度的铜的矿石从技术观点来看是很有挑战性的工作，尤其是在需要分选大量的矿石、典型至少 10,000 吨每小时的矿石的情形中，以及在贫瘠颗粒表现出比包含可经济地回收的铜的矿石更小的矿石比例的情形中。

[0011] 术语“贫瘠”颗粒在用于含铜矿石的上下文中时，在这里应当理解为表示颗粒没有铜，或有不能从颗粒中经济地回收的很少量的铜。

[0012] 术语“贫瘠”颗粒在用于贵重材料的上下文中的更为普遍的意义时，在这里应理解为表示没有贵重材料，或有不能从颗粒中经济地回收的贵重材料的量。

[0013] 本发明基于的现实情况为：使开采材料暴露于微波能并将包含铜矿物的颗粒加热至比贫瘠颗粒更高（由于铜矿物）的温度，且随后使用暴露于微波能的颗粒的质量平均温度作为分析基础来对颗粒进行热分析，这是一种用于从贫瘠颗粒中分选出含铜颗粒的有效方法。在此背景下，含铜颗粒可描述为对微波能较敏感的颗粒，而贫瘠颗粒可描述为对微波能较不敏感的颗粒，且在暴露于微波能时将不会被加热至与含铜颗粒相同的程度。

[0014] 本发明还基于的现实情况为：使用暴露于微波能的颗粒的质量平均温度作为分选颗粒的基础，其意思是含铜颗粒与贫瘠颗粒之间通常存在相对较小的温度差异，例如，大约 5°C 至 10°C，尤其是在处理低等级矿石时。因此，重要的是最大限度地减小颗粒的温度“噪音”，以使得颗粒中由于暴露于微波能而造成的温度变化可在颗粒的下游的热分析中容易识别出来。温度“噪音”的一个实例为分选方法的进给材料中的颗粒的基础温度的变化。

这些温度变化可对热分析具有显著影响,且可使分析结果失真。具体而言,颗粒的热分析可将颗粒的表观温度变化归因于由于暴露在微波能下的颗粒的加热,而非由进给材料中的颗粒的基础温度变化造成的变化。基础温度的变化可由许多气候相关的因素和工作因素造成。例如,一批进给材料可从已经暴露在较热天气下数星期的料堆中获得,且具有相对较高的基础温度,且连续的一批进给材料可直接从矿山获得,且处于较低的温度。通过进一步举例,由于使所开采的矿石破碎至分选方法所需的颗粒尺寸的粉碎能量,基础温度可存在差异。

[0015] 更具体而言,本发明基于申请人关于含铜矿石的以下发现:

[0016] (a) 由于铜矿物对微波能的高敏感性,故相比于包括贫瘠颗粒且对微波能较不敏感的其它开采材料中的温度升高,开采材料的颗粒中的铜矿物甚至很小的浓度也可导致虽然很小但可检测到或可测量到的颗粒温度的升高,以及

[0017] (b) 重要的是对分选方法的进给材料的温度变化进行补偿。

[0018] 对分选方法的进给材料的温度变化进行补偿改善了分选,特别是从热分析不太可能不正确地识别颗粒的观点来看。

[0019] 根据本发明,提供了一种分选诸如所开采的矿石的开采材料以将开采材料分成至少两个种类的方法,其中至少一个种类包含对微波能较敏感的开采材料颗粒,而至少另一个种类包含对微波能较不敏感的开采材料颗粒,所述方法包括以下步骤:

[0020] (a) 将开采材料颗粒暴露在微波能下,且取决于颗粒中材料的敏感性来对颗粒进行加热;

[0021] (b) 使用颗粒温度作为分析基础来对颗粒进行热分析,以指出颗粒之间的成分差异,以及

[0022] (c) 基于热分析的结果来分选颗粒;并且

[0023] 所述方法还包括:对供给到该方法的开采材料中的温度变化进行补偿。

[0024] 温度补偿可包括:在供应在步骤(a)中将被暴露在微波能下的开采材料之前,将进给材料预热至给定背景温度。

[0025] 温度补偿可包括:执行步骤(a)以将足够的微波能供给开采材料,以对供给到所述方法的开采材料中的温度变化进行补偿。

[0026] 温度补偿可包括:对将供给到步骤(a)的开采材料的温度进行监测,并且在分析于步骤(b)中所获得的数据时考虑开采材料中的温度变化。

[0027] 温度补偿可包括使用水来降低将供给步骤(a)的进给材料的温度。

[0028] 温度补偿可包括:在受控温度条件下堆存开采材料,并且将堆存材料用作所述方法的进给材料。

[0029] 步骤(b)中的热分析基础可为:开采材料包含具有较高水平的如铜的贵重材料的颗粒,所述颗粒在暴露于微波能时热反应将不同于较贫瘠颗粒,所述贫瘠颗粒即是没有贵重材料或具有不可经济地回收的贵重材料的浓度的颗粒,不同的程度达到不同热反应可用作分选颗粒的基础。

[0030] 步骤(b)中的热分析基础可为:对微波能较敏感的开采材料的颗粒,相比于对微波能较不敏感的开采材料的其余部分,为较不贵重的材料,不同的程度达到能将不同热反应用作分选颗粒的基础。这种情形的实例为包含不需要的金属硫化物的煤。金属硫化物比

煤对微波能更敏感。

[0031] 步骤 (b) 中的热分析例如可使用基于红外线检测器的公知的热分析系统来执行, 所述红外线检测器可定位成观察分析区域, 如开采材料的颗粒所经过的区域。这些热分析系统通常用于诸如监测体温、检查如子站中的电连接以及监测箱体和管路的领域中, 且现在在具有足够的精确度来检测较小的 (即,  $< 2^{\circ}\text{C}$ ) 温度差异。

[0032] 举例来说, 在贵重材料为铜且铜例如包含在矿石颗粒的硫化物矿物中的情况下, 典型含铜颗粒将被加热, 而贫瘠颗粒将完全不被加热或不被加热至接近相同程度的任何温度点。因此, 在此情形中, 分选步骤 (c) 包括从较冷的颗粒中分离出较热的颗粒。在此情形中, 热分析涉及直接地或间接地检测颗粒之间的温度差异。应当注意的是, 可存在由于贫瘠颗粒包含其它敏感材料而将贫瘠颗粒加热至比含铜颗粒的温度高的情况。

[0033] 在任何给定的情形中, 微波能的波长或其它特征的选择将基于促进颗粒的不同热反应, 以使得表示不同成分的颗粒的不同温度可用作分选颗粒的基础。

[0034] 所述方法可包括: 容许足够时间用于使通过暴露在微波能下而在在颗粒中产生的热量传递到颗粒各处, 以使每个颗粒的颗粒表面的温度为颗粒各处的质量平均温度的量度。这确保了在颗粒内具有铜矿物的至少大致所有颗粒都可检测到, 这是因为由微波能接触产生的热量具有足够的时间来加热每个颗粒的整体。

[0035] 热传递所需的时间量将取决于大量因素, 举例来说, 包括颗粒成分、颗粒尺寸和涉及的温度, 且包括在可与贵重材料颗粒和不贵重的材料颗粒等同的更敏感的颗粒与较不敏感的颗粒之间进行区别所需的温度差异。

[0036] 例如, 在低等级含铜矿石具有大约 15mm 至 30mm 的颗粒尺寸的情况下, 所需的时间量典型为至少 5 秒, 更典型的是至少 10 秒, 且所需的温度差异典型的是至少  $2^{\circ}\text{C}$ , 且更典型的是至少  $5^{\circ}\text{C}$  至  $10^{\circ}\text{C}$ , 且较大的颗粒尺寸典型需要较长的时间周期和较大的温度差异。

[0037] 所述方法可包括对从分选步骤 (c) 分离出来的颗粒进行处理, 以从颗粒中回收贵重材料。

[0038] 应当注意的是, 可存在分选的所有开采材料都“贵重”的情况。在最广的意义中, 本发明的方法为基于开采材料成分对微波能的敏感性来分离开采材料的有效选择。暴露在微波能中将响应于材料成分的敏感性来加热材料。在可存在的情形中, 开采材料具有对微波能敏感的“贵重材料”, 以及对微波能不敏感但仍为“贵重材料”的其它材料。上述含不需要的金属硫化物的煤是一个实例。金属硫化物在煤进行市场销售的情况下可为不需要的, 但在与煤分离时仍然可为有价值的。

[0039] 所述方法可包括对从分类步骤 (c) 所分离出来的包含较高水平的贵重材的颗粒进行破碎, 以改善从颗粒中的贵重材料的回收。

[0040] 分离颗粒的进一步处理可为任何适合的一个或多个步骤, 仅举例来说, 包括堆摊浸出、压力氧化浸出和熔炼步骤中的任何一个或多个。

[0041] 所述方法还可包括步骤 (a) 之前对开采材料进行粉碎或其它适合的破碎。

[0042] 步骤 (a) 的适合选择的一个实例为使用高压磨辊。

[0043] 所述方法还可包括从开采材料中筛分或以另外的方式分离细粒, 以使供给到步骤 (a) 的开采材料中没有细粒。在含铜矿石的情况下, 术语“细粒”应当理解为意指尺寸小于 13mm 的颗粒。

[0044] 典型地,可处理的颗粒尺寸分布为颗粒具有的主要尺寸在大约 13mm 至 100mm 的范围内的一种尺寸分布。

[0045] 可按要求来选择颗粒尺寸分布。选择颗粒尺寸分布的一个相关因素可为颗粒表面的温度成为颗粒质量平均温度的量度所需的时间。另一相关因素可以是针对特定的颗粒尺寸分布“调节”微波能量特征(即,频率等)所能达到的程度。颗粒尺寸分布,特别是分布的下端,在考虑较大矿石生产量的矿石分选时特别重要。

[0046] 术语“微波能”在本文中理解成意思为具有在 0.3GHz 至 300GHz 范围内的频率的电磁辐射。

[0047] 步骤(a)可包括使用脉冲或连续微波能来加热开采材料。

[0048] 步骤(a)可包括在开采材料颗粒中导致细微开裂。

[0049] 尽管在一些情况下特别期望步骤(a)导致开采材料颗粒的细微开裂,但优选的是步骤(a)不会在那时导致颗粒的显著破裂。

[0050] 步骤(a)可包括用于将开采矿石暴露在微波能下的任何适合的一个或多个步骤。

[0051] 一种选择在于:容许开采矿石自由下落至经过微波能发生器的传送槽,如以本申请人名义的国际公布 W003/102250 中所述。

[0052] 另一种选择但不是唯一其它的选择在于:使矿石经过在水平设置的传送带或其它适合的材料移动床上的微波腔体。

[0053] 移动床可为混合移动床,其中,微波发生器定位成将矿石暴露在微波下,如以本申请人名义的国际公布 W006/034553 中所述。

[0054] 术语“移动混合床”理解为表示以下的床:所述床当颗粒移动经过一个或多个微波暴露区域时使矿石颗粒混合,从而在颗粒移动经过所述一个或多个区时使得颗粒相对于其它颗粒和入射微波能改变位置。

[0055] 分选步骤(c)可为用于基于热分析的结果来分选颗粒的任何适合的一个或多个步骤。

[0056] 例如,步骤(c)可包括使用流体射流如空气或水射流来使向下流动的颗粒流偏转。

[0057] 开采材料可为矿石形式,其中,贵重材料为矿物化形式,如金属硫化物或金属氧化物。

[0058] 申请人特别关注含铜矿石,其中,铜表现为硫化物矿物。

[0059] 申请人还关注含钼矿石,其中,钼表现为硫化物矿物。

[0060] 申请人还关注含镍矿石,其中,镍表现为硫化物矿物。

[0061] 申请人还关注含铀矿石。

[0062] 申请人还关注含有铁矿物的矿石,其中,铁矿物中的一些具有不成比例的较高水平的不需要的杂质。

[0063] 申请人还关注金刚石矿石,其中,矿石具有含金刚石矿物和诸如石英的金刚石贫瘠的矿物的混合物。

[0064] 根据本发明,还提供了用于分选诸如所开采的矿石的开采材料的设备,所述设备包括:

[0065] (a) 微波处理站,所述微波处理站用于使开采材料颗粒暴露在微波能下;

[0066] (b) 热分析站,所述热分析站用于检测来自于微波处理站的颗粒之间的热差异,所述热差异表示能作用于分选颗粒的基础的颗粒之间的成分差异;

[0067] (c) 热分析系统,所述热分析系统用于分析来自于热分析站的数据,以确定颗粒之间的成分差异,且基于成分作出关于将颗粒分选成种类的决定;以及

[0068] (d) 分选机,所述分选机基于热分析来分选颗粒;以及

[0069] (e) 用于对将供给到微波处理站的进给材料中温度变化进行补偿的系统。

[0070] 温度补偿系统可包括:在将开采材料供给到微波处理站之前将进给材料预热至给定背景温度的组件。

[0071] 温度补偿系统可包括用于对将供给到微波处理站的开采材料的温度进行监测的传感器,且热分析系统可构造成用以在分析来自于热分析工作站的数据时考虑开采材料中的温度变化。

[0072] 温度补偿系统可包括喷水器或其它适合装置,用于使进给材料润湿以降低进给材料的温度。

[0073] 热分析站可与微波处理站关联布置,使得颗粒具有足够的时间来用于使通过在微波处理工作站暴露在微波能下而在颗粒中产生的热量传递至颗粒各处,以使每个颗粒的表面的温度为颗粒各处的质量平均温度的量度。

[0074] 所述设备可包括如传送带或带的组件,用于将开采材料的颗粒从微波处理站输送至热分析站。

[0075] 根据本发明,还提供了一种用于从开采材料如所开采的矿石中回收贵重材料如重金属的方法,所述方法包括根据上述方法来分选开采材料,且以及随后对包含贵重材料的颗粒进行处理和回收贵重材料。

#### 附图说明

[0076] 本发明还参照附图以举例的方式进行了进一步描述,附图为简图,示出了根据本发明的分选方法的一个实施例。

#### 具体实施方式

[0077] 实施例是以从低等级的含铜矿石中回收为铜的形式的贵重金属的方法为背景描述的,其中,铜表现为铜矿物,如黄铜矿。典型地,矿石包含 30wt. %至 40wt. %的贫瘠颗粒。在该实施例中,本方法的目的在于分离贫瘠颗粒和含铜颗粒。含铜颗粒然后可按要求处理以从颗粒中回收铜。在下游的回收步骤之前分离含铜颗粒会显著地提高这些步骤处理的材料的平均等级。

[0078] 应当注意的是,本发明不限于这些矿石和作为待回收的贵重材料的铜。

[0079] 参看附图,具有 10cm 至 25cm 的颗粒尺寸的矿石颗粒 3 形式的进给材料通过传送机 5(或其它适合的传送装置)供给到微波能处理站 7,且移动经过微波能发生器 9,并暴露在为连续微波或脉冲微波形式的微波能中。

[0080] 如下文更为详细描述的那样,采用了一个或多个步骤来确保在所述方法中解决进给材料的温度变化。

[0081] 取决于颗粒的成分,微波能引起颗粒的局部加热。具体而言,取决于颗粒是否包

含对微波能敏感的铜矿物,如黄铜矿,将颗粒加热至不同程度。如上文所述,申请人发现具有典型小于 0.5wt. % 的较小铜浓度的颗粒通过铜对微波能的高敏感性而被加热至虽然小但却可检测或可测量的程度。这是关于低等级矿石的重要发现,这是因为其意味着颗粒中相对较低的铜浓度能够产生可检测到或可测量到的温度升高。然而,如上文所述,申请人还发现存在时间效应,所述时间效应涉及在颗粒中产生的热量在何时将变为可由热分析检测到。该时间效应为铜矿物是位于颗粒内还是位于表面上和颗粒尺寸的函数。具体而言,申请人发现上述颗粒尺寸需要至少 5 秒、典型至少 5 秒至 10 秒的时间周期,来容许在每个颗粒内的热传递,以使得存在大致均匀即平均的颗粒(包括颗粒表面)质量温度,因此,热分析提供了关于颗粒的准确信息。换言之,颗粒的表面温度为颗粒的质量平均温度。

[0082] 在该实施例中,热分析的基础为包含较高水平的铜矿物的颗粒将变得比贫瘠颗粒更热。

[0083] 颗粒能在传送带 5 上形成相对较深的床。床的深度和带的速度与微波发生器的功率及微波频率相互关联。关键的要求在于使颗粒充分暴露在微波能中,以将颗粒中的铜矿物加热至容许这些颗粒从贫瘠颗粒中热识别出来所需的程度。尽管并未总是这样,但典型的是贫瘠颗粒包括比铜矿物敏感度小的材料,且在暴露在微波能中时如果不是完全未被加热,也是未被显著地加热。次要要求在于在包含铜的颗粒内产生显著的温度变化,以便导致颗粒的细微开裂,而不在此阶段使颗粒破裂。细微开裂在颗粒的下游处理时会是特别有利的。例如,细微开裂使得浸出液在下游浸出处理中可以更好地接近颗粒,以便从颗粒中除去铜。此外,例如,细微开裂使得在任何下游破碎步骤中可以更好地使颗粒破裂。要点在于,细微开裂趋于出现在颗粒内的温度梯度为最高的位置,在颗粒的铜矿物与脉石材料之间的交界面处。结果,当矿石随后被磨碎时(为下游处理的典型情况),鉴于交界面处的细微开裂,铜矿物与脉石材料的分离就更为容易,从而产生了分散的铜矿物和脉石颗粒。这种优选的释出对下游处理是有利的。

[0084] 经过微波处理站 7 的颗粒从传送带 5 的端部下落到下方传送带 15 上,且在该带上被输送经过红外辐射检测站 11,在该红外辐射检测站 11 处,通过红外照相机 13(或其它适合的热检测设备)观察颗粒,并对颗粒进行热分析。传送带 15 以比传送带 5 更快的速度工作,以容许颗粒沿带 15 散开。这在颗粒的下游处理这方面很有帮助。

[0085] 站 7 和 11 之间的间距基于传送带的速度进行选择,以容许典型为至少 5 秒的足够的时间用于使颗粒在每个颗粒内被均匀地加热。

[0086] 有利的是,上游处理条件被选择为使颗粒具有足够的保持热量来用于热分析,而不需要对颗粒另外的加热。如果需要另外的加热,则其能由任何适合的方式提供。

[0087] 在一种操作模式中,热分析基于高于阈值温度和低于阈值温度的颗粒之间的区别。颗粒然后能被分类为“较热”的颗粒和“较冷”的颗粒。颗粒的温度与颗粒中的铜矿物的量有关。因此,如果颗粒包含至少“y”wt. % 的铜,则具有给定颗粒尺寸范围和在给条件下加热的颗粒将具有达到高于阈值温度“x”度的温度升高。阈值温度最初能基于经济因素选择,且随这些因素的变化而进行调整。贫瘠的颗粒通常在暴露于微波能时不会被加热至阈值温度以上的温度。

[0088] 一旦由热分析识别出,则较热的颗粒就与较冷的颗粒分离,且较热的颗粒随后经处理来从颗粒中回收铜。取决于环境,较冷的颗粒可在与较热颗粒不同的工艺流程中处理,

以便从较冷的颗粒中回收铜。

[0089] 当颗粒沿自带 15 上的自由下落轨迹移动时,通过从传送带 15 的端部被投出且由压缩空气射流(或其它适合的流体射流,如水射流)有选择地偏转来将颗粒分离,从而分成两股流 17、19。就此而论,热分析识别传送带 15 上每个颗粒的位置,且空气射流在将颗粒分析为将被偏转的颗粒之后启动预设时间。

[0090] 取决于具体的情形,脉石颗粒可通过空气射流偏转,或包含高于阈值浓度的铜的颗粒可通过空气射流偏转。

[0091] 较热的颗粒变为精矿进给流 17,且被转移以用于下游处理,下游处理典型包括磨碎、浮选来形成精矿,且然后进一步处理来从颗粒中回收铜。

[0092] 较冷的颗粒可变为副产品废物流 19,且以适合的方式进行处置。并非总是这样的情况。较冷的颗粒具有较低浓度的铜矿物,且可对于回收而言有足够的价值。在此情况下,较冷的颗粒可输送至适合的回收处理,如浸出。

[0093] 如上文所述,使用暴露于微波能的颗粒的质量平均温度作为分选颗粒的基础,其意思是含铜颗粒与贫瘠颗粒之间通常存在相对较小的温度差异,例如,大约 5℃至 10℃,尤其是在处理低等级矿石时。因此,重要的是最大限度地减小颗粒的温度“噪音”,以便颗粒中由于暴露于微波能而造成的温度变化可在颗粒的下游热分析中容易识别出来。温度“噪音”的一个实例为分选方法的进给材料中的颗粒的基础温度的变化。这些温度变化可对热分析具有显著影响,且可使分析结果失真。具体而言,颗粒的热分析可将颗粒的表观温度变化归因于由于暴露在微波能下的颗粒的加热,而非由进给材料中的颗粒的基础温度变化造成的变化。基础温度的变化可由许多气候相关的因素和工作因素造成。例如,一批进给材料可从已经暴露在较热天气下数星期的料堆中获得,且具有相对较高的基础温度,且连续的一批进给材料可直接从矿山获得,且处于较低的温度。通过进一步举例,由于使开采矿石破碎至分选方法所需颗粒尺寸的粉碎能量,基础温度可存在差异。

[0094] 因此,所述方法包括对供给到所述方法的开采材料中的温度变化进行补偿。温度补偿可包括:在供应将暴露于微波能下的开采材料之前,将进给材料预热至给定的背景温度。作为备选,温度补偿可包括有选择地将足够的微波能供给开采材料,以对供给到所述方法的开采材料中的温度变化进行补偿。温度补偿的另一但不是唯一的其它选择为:对供给到所述方法的开采材料的温度进行监测,并且在分析在热分析步骤中获得的数据时考虑进给材料的温度变化。温度补偿的另一但不是唯一的其它选择为:在可能是需要时,使将供给到所述方法的开采材料润湿以冷却进给材料。温度补偿的另一但不是唯一的其它选择为:在受控温度条件下堆存开采材料,将所述堆存材料用作所述方法的进给材料。

[0095] 可在不脱离本发明的精神和范围的情况下对上述本发明实施例进行一些修改。

[0096] 举例来说,尽管实施例包括使用在水平设置的传送带 15 上位于加热矿石颗粒上方的红外照相机进行热分析,但本发明并不限于此,且本发明扩展至照相机的其它可能布置,以及扩展至使用其它种类的热成像分析。一个这样的布置包括容许加热颗粒向下自由下落,且布置红外照相机用来观察向下飞行通路的部分。

[0097] 通过进一步举例,尽管实施例包括使用空气和水射流来使颗粒有选择地偏转,但本发明并不限于此,且本发明扩展至使用其它类型空气和水的偏转装置和用于使颗粒偏转的其它选择。

[0098] 通过进一步举例, 尽管实施例包括使用两个传送带 5、15 来输送矿石经过微波处理站 7 和热分析站 7, 其中下方的带与上方的带相比以较高的速度行进, 以便分离带上的颗粒, 从而促进对颗粒进行更清楚的热分析, 但本发明并不限于此, 且本发明扩展至任何适合的备选布置。

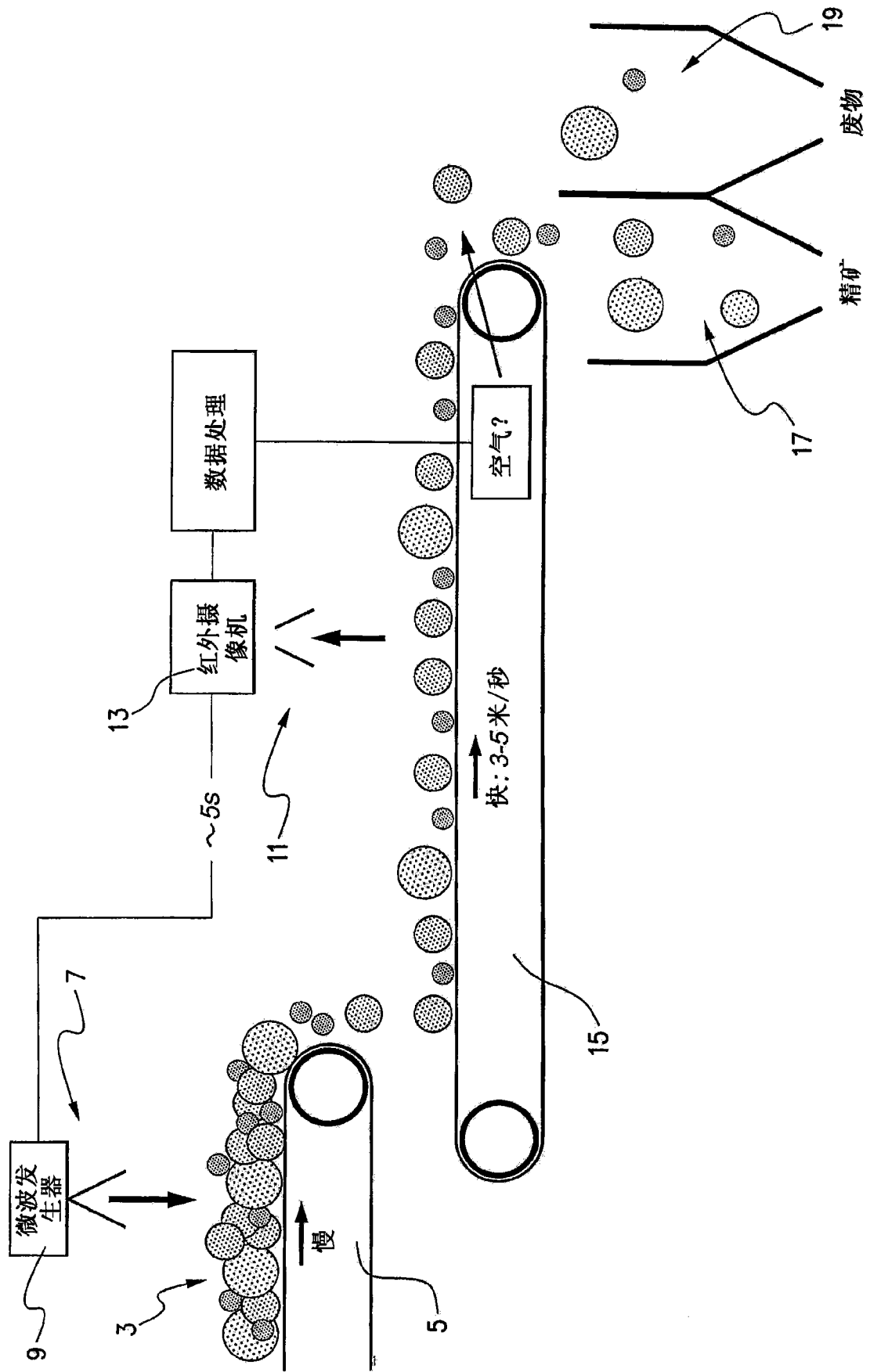


图 1