



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113260725 A

(43) 申请公布日 2021.08.13

(21) 申请号 201980087767.3

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

(22) 申请日 2019.08.16

代理人 蔡利芳 杨明钊

(30) 优先权数据

2018904334 2018.11.14 AU

2019902400 2019.07.05 AU

(51) Int.Cl.

G22B 1/22 (2006.01)

B02C 23/08 (2006.01)

B03B 9/00 (2006.01)

B03B 7/00 (2006.01)

B03B 11/00 (2006.01)

B03D 3/00 (2006.01)

B01D 21/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.07.02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/AU2019/050867 2019.08.16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/097668 EN 2020.05.22

(71) 申请人 铁桥运营私人有限公司

地址 澳大利亚西澳大利亚州

(72) 发明人 安德鲁·格雷厄姆·汉密尔顿

杰拉尔德·迈克尔·拉罗萨

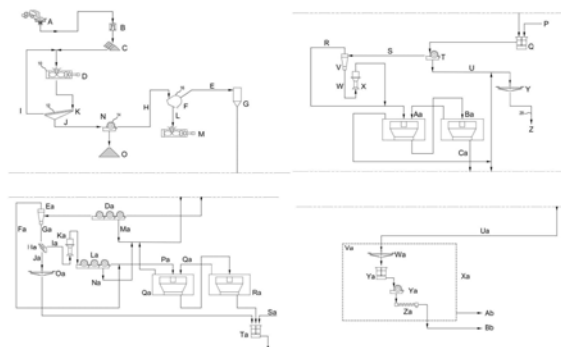
权利要求书2页 说明书21页 附图17页

(54) 发明名称

用于加工磁铁矿的方法和设备

(57) 摘要

一种用于加工磁铁矿铁矿石的设备,包括筛,所述筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机,并将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机;并且包括CCD浓缩机型系统,用于产品品位的提高。



1. 一种用于加工磁铁矿铁矿石的设备,包括筛,所述筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机,并且将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机;并且包括逆流倾析 (CCD) 浓缩机型系统,用于产品品位的提高。

2. 根据权利要求1所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中所述高品位精矿浓缩机被布置成将溢流转向到尾矿储存设施,并将底流供应到过滤机进料罐。

3. 根据权利要求2所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中来自所述再研磨磨机的所有材料被供应到磁选机,所述磁选机将非磁性材料转向到所述尾矿储存设施,并将磁性材料供应到一个或更多个CCD脱泥浓缩机。

4. 根据权利要求3所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中,所述一个或更多个脱泥浓缩机被布置成将溢流转向到所述尾矿储存设施,并将底流供应到所述过滤机进料罐。

5. 根据权利要求4所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中所述设备包括旋风分离器,所述旋风分离器被布置成将溢流供应到所述一个或更多个CCD脱泥浓缩机,并将底流供应到所述筛用于筛分。

6. 根据权利要求5所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中所述设备提供产品升级回路,由此能够增加铁的按质量计的含量百分比以保证特定品位。

7. 根据权利要求6所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中所述设备提供产品升级回路,由此能够增加铁的按质量计的含量百分比以保证铁 (Fe) 的按重量计至少67%的含量的品位。

8. 根据权利要求7所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中所述高品位精矿浓缩机能够提供高品位磁铁矿产品,例如总产品的25%处于至少68%的铁品位。

9. 根据权利要求7所述的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,其中所述产品升级回路通过仅加工15%-20%的被供应至所述旋风分离器的材料来最小化另外的研磨,并确保最终精矿产品为在45 μm 的 P_{98} (筛),以实现至少67%的Fe和小于6%的 SiO_2 的目标品位。

10. 一种用于加工磁铁矿铁矿石的设备,包括筛,所述筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机并将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机;并且包括CCD浓缩机型系统,用于产品品位的提高。

11. 一种用于加工磁铁矿铁矿石时的设备,所述设备包括筛,所述筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机并将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机;并且包括逆流倾析 (CCD) 浓缩机型系统,用于产品品位的提高。

12. 根据权利要求11所述的设备,其中所述设备提供产品升级回路,由此通过在进一步的水力分离加工之前去除矿泥 (精矿旋风分离器),并且通过经由井架筛,随后是再研磨磨机和磁选机,将最终产品流中的+45微米材料限制到<2wt%,以限制筛上料质量损失,能够将铁的质量含量从磁铁矿进料流的64wt%至65wt%的总Fe增加以保证铁 (Fe) 的按重量计至少67%含量的品位,同时损失最小。

13. 一种磁铁矿铁矿石加工设备,所述设备包括筛,所述筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机并将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机,所述设备包括逆流倾析 (CCD) 浓缩机型系统,用于产品品位的提高。

14. 根据权利要求13所述的磁铁矿铁矿石加工设备,其中所述设备包括旋风分离器,所述旋风分离器被布置成将溢流供应至一个或更多个CCD脱泥浓缩机,并将底流供应至所述

筛用于筛分,所述设备还包括产品升级回路,所述产品升级回路通过仅加工15%-20%的被供应至所述旋风分离器的材料来最小化另外的研磨,并确保最终精矿产品为在45 μm 的 P_{98} (筛),以实现至少67%的Fe和小于6%的 SiO_2 的目标品位。

用于加工磁铁矿的方法和设备

发明领域

[0001] 本发明涉及一种用于加工磁铁矿的方法和设备,并且更具体但不排他地,涉及一种通过在将磁铁矿加工成适合于国际运输的形式时减少能量消耗而具有改进的成本效益的用于加工磁铁矿的方法和设备。

[0002] 发明背景

[0003] 已知开采铁矿石用于生产钢以及类似物。铁矿石是澳大利亚的最重要的出口产品之一,然而申请人已经确认这样的问题,即由于铁矿石产品的品质并且特别是按重量计的产品的纯度(即,按重量计的产品的百分比,其实际上是铁),一些赤铁矿铁矿石可能具有在国际市场上的较低的合意性和定价。

[0004] 铁矿石是可以从中经济地提取金属铁的岩石和矿物。铁本身通常以磁铁矿(Fe_3O_4 , 72.4%的Fe)、赤铁矿(Fe_2O_3 , 69.9%的Fe)、针铁矿($\text{FeO}(\text{OH})$, 62.9%的Fe)、褐铁矿($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$, 55%的Fe)或菱铁矿(FeCO_3 , 48.2%的Fe)的形式被发现。虽然铁是地壳中第四最丰富的元素,包括约5%,但绝大部分被结合在硅酸盐矿物或更罕见地碳酸盐矿物中。从这些矿物中分离纯铁的热力学障碍是巨大的并且是能量密集的,因此由人类工业使用的所有铁源利用相对较稀有的铁氧化物矿物,主要是赤铁矿。

[0005] 申请人已经确认,随着资源被逐渐使用,直接运输铁矿石(Direct-Shipping iron-Ore, DSO)矿床(通常由赤铁矿组成)的品位越来越差,这种较低的品位是合意性和定价下降的主要贡献者。相比之下,申请人已经确认磁铁矿精矿品位通常为超过按重量计66%的铁,并且通常是低磷、低铝、低钛和低二氧化硅的,并且需要溢价。然而,存在这样的问题,即加工磁铁矿通常不具有成本效益,因为它需要大量的能量和水。本发明的实施例寻求提供加工磁铁矿铁矿石的方法,该方法通过使用较少的能量和/或水而具有改进的成本效益。

[0006] 发明概述

[0007] 根据本发明的一个方面,提供一种加工磁铁矿铁矿石的方法,该方法包括使用高压磨辊(HPGR)来破碎磁铁矿的步骤。

[0008] 优选地,使用高压磨辊的步骤将磁铁矿从至少80mm的进料粒度分布破碎至8mm的进料粒度分布。更优选地,使用高压磨辊的步骤将磁铁矿从至少80mm、100%通过(F_{100} 80mm)的进料粒度分布破碎至8mm、100%通过(F_{100} 8mm)的进料粒度分布。

[0009] 在至少一种特定制造/型号的机器的情况下,使用高压磨辊的步骤包括使用具有在 $4\text{N}/\text{mm}^2$ 的压力和2.7m/s的辊速操作的2.4m直径 \times 2.2m宽的辊的高压磨辊。

[0010] 优选地,还包括使用筛来产生一致产品的步骤,以及使用干式磁选(DMS)单元来丢弃非磁性材料的步骤。更优选地,干式磁选单元具有复合材料构造鼓(composite material construction drum)。可选地,该鼓可以由其他材料诸如碳纤维或芳纶纤维(kevlar)形成。

[0011] 优选的是该方法还包括使颗粒穿过空气分级机的步骤,该空气分级机将供应至袋滤室的细颗粒(fines)与粗颗粒分离,该粗颗粒被供回至另外的高压磨辊,用于将颗粒从 F_{100} 6-8mm研磨至 P_{80} 60-100 μm 。

[0012] 根据本发明的另一个方面,提供用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括具有复合材料制造鼓(composite fabrication drum)的干式磁选(DMS)单元,该干式磁选单元被用于丢弃非磁性材料。

[0013] 优选地,用于加工磁铁矿铁矿石的设备包括破碎磁铁矿的高压磨辊(HPGR)。更优选地,用于加工磁铁矿铁矿石的设备包括用于将筛下颗粒与筛上颗粒(oversize particle)分离的干筛,筛上颗粒被再循环返回通过高压磨辊。

[0014] 甚至更优选地,用于加工磁铁矿铁矿石的设备包括另外的高压磨辊(HPGR),该另外的高压磨辊用于将颗粒从 $F_{100} 6-8\text{mm}$ 研磨至 $P_{80} 60-100\mu\text{m}$;和空气分级机,该空气分级机用于将待提取的材料与待供回至另外的高压磨辊用于另外的研磨的材料分离。

[0015] 根据本发明的另一个方面,提供了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括用于破碎磁铁矿的第一高压磨辊、用于选择性地材料供回到第一高压磨辊的干筛、用于选择性地粗材料供应到第二高压磨辊的空气分级机、用于进一步研磨磁铁矿、将材料返回到空气分级机的第二高压磨辊,和用于丢弃非磁性材料的干式磁选(DMS)单元,其中干式磁选单元在与第一高压磨辊和第二高压磨辊相关联的两个供回环路之外。

[0016] 还公开了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括上游旋风分离器和用于研磨颗粒的磨机,其中上游旋风分离器被布置成通过将上游旋风分离器的溢流材料转向以绕过磨机并通过将上游旋风分离器的底流材料供应到磨机来作为分流器操作。

[0017] 优选地,磨机是高强度研磨磨机(High Intensity Grinding mill,HIG磨机)的形式。

[0018] 优选的是,磨机被布置在设备中,没有到磨机的任何供回路径。

[0019] 在一种形式中,旋风分离器被布置成将约25%的材料转向以绕过磨机。

[0020] 优选地,旋风分离器被布置成将磨机周围的精细研磨的材料转向,以防止过度研磨进料材料,并且从而减少总体磨机功耗。

[0021] 在优选的形式中,磨机被配置成以相当低的能量研磨模式操作,在该研磨模式中允许难磨颗粒(difficult particles)以高于待通过后续加工步骤被加工和/或丢弃的目标研磨尺寸通过开路配置。

[0022] 优选地,该设备包括下游脱泥浓缩机(downstream deslime thickener),其中下游脱泥浓缩机被供应来自磨机和来自上游旋风分离器的溢流的材料。更优选地,下游脱泥浓缩机被布置成以上升速率使来自磨机和来自上游旋风分离器的溢流的材料脱泥,以丢弃二氧化硅和非磁性材料。

[0023] 优选地,下游脱泥浓缩机被布置成以上升速率使来自磨机和来自上游旋风分离器的溢流的材料脱泥,以与质量损失相比相对低的磁性材料损失来丢弃二氧化硅和非磁性材料。更优选地,下游脱泥浓缩机被布置成以8-10m/h的高上升速率使来自磨机和来自上游旋风分离器的溢流的材料脱泥,以与质量损失相比相对低的磁性材料损失来丢弃二氧化硅和非磁性材料。

[0024] 优选的是,下游脱泥浓缩机被布置成使得来自下游脱泥浓缩机的溢流被转向到尾矿储存设施,而来自下游脱泥浓缩机的底流被向前供应用于另外的加工。

[0025] 优选地,该设备包括磁选机,该磁选机被布置成将磁性材料运送到所述精矿旋风分离器(cons cyclone),并将非磁性材料转向到尾矿储存设施。更优选地,所述磁选机提供

湿式磁选。

[0026] 还公开了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括用于研磨矿石颗粒的磨机,其中该磨机是立式搅拌磨机(Vertical Stirred Mill,VSM)的形式。

[0027] 在优选的形式中,第二回路研磨已经穿过第一磨机回路的较难磨材料;来自第一磨机回路的磨机产品被进一步加工以去除非磁性材料(经由脱泥浓缩机和清选机磁选机(cleaner magnetic separator)),其中磁性精矿流经由旋风分离器(以去除细颗粒)和高频低振幅振动筛被进一步分级,其中高频低振幅振动筛筛上流用作第二级开路磨机系统的进料。

[0028] 更优选地,尽管第二级开路磨机系统以比第一级回路更高能量的研磨模式操作,但是到第二级回路的进料仅是到第一级磨机回路的进料流的12%-18%,因此通过仅研磨较大的、较低流量、较难磨的材料使总体磨机功率消耗最小化。

[0029] 还公开了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括被布置成将底流材料运送至高频振动筛并将溢流材料运送至下游CCD脱泥浓缩机的精矿旋风分离器。

[0030] 还公开了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括筛,该筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机,并将筛下材料(undersize material)运送至高品位精矿浓缩机。

[0031] 优选地,高品位精矿浓缩机被布置成将溢流转向到尾矿储存设施,并将底流供应到过滤机进料罐。更优选地,来自再研磨磨机的所有材料被供应到磁选机,该磁选机将非磁性材料转向到尾矿储存设施,并将磁性材料供应到一个或多个脱泥CCD浓缩机。

[0032] 在一种优选的形式中,一种或更多种脱泥浓缩机被布置成将溢流转向到尾矿储存设施,并将底流供应到过滤机进料罐。更优选地,该设备包括旋风分离器(cyclone separator),该旋风分离器被布置成将溢流供应到所述一个或多个脱泥浓缩机,并将底流供应到所述筛用于筛分。甚至更优选地,该设备提供产品升级回路,由此能够增加铁的按质量计的百分比含量以保证特定品位。

[0033] 优选地,该设备提供产品升级回路,由此能够增加铁的质量百分比含量,以保证按重量计至少67%含量的铁(Fe)的品位。

[0034] 在一种形式中,高品位精矿浓缩机能够提供高品位磁铁矿产品,例如总产品的25%处于至少68%的Fe品位。

[0035] 优选地,产品升级回路通过仅加工15%-20%供应到精矿旋风分离器的材料来最小化另外的研磨,并确保最终精矿产品的 P_{98} 为45 μm (筛),以实现至少67%的Fe和小于6%的 SiO_2 的目标品位。

[0036] 还公开了使磁铁矿脱水的方法,包括通过磁铁矿的磁性从磁铁矿中提取水的步骤,由此磁铁矿在磁引力下聚集在一起(pull together),从而将水向外挤压并远离磁铁矿。

[0037] 优选地,该方法包括使用磁鼓(magnetic drum)以使磁铁矿朝向该鼓压缩自身,从而从磁铁矿中排出水的步骤。更优选地,该鼓被布置成使得磁铁矿材料在排出水之后在重力作用下从磁鼓脱落。甚至更优选地,磁铁矿沿着带式过滤机被供应,该带式过滤机允许水从磁铁矿向下滴落并通过带式过滤机。

[0038] 还公开了用于使磁铁矿脱水的设备,包括磁鼓,该磁鼓被布置成使磁铁矿朝向鼓压缩自身,从而从磁铁矿中排出水。

[0039] 优选地,该设备包括传送带式过滤机(conveyor belt filter),该传送带式过滤机被布置成使得沿着带式过滤机的上表面传送的磁铁矿将在磁铁矿内的磁引力下向下压缩自身,使得水从磁铁矿中排出并通过传送带式过滤机排水。

[0040] 更优选地,该设备被配置成实现小于或等于10%w/w的目标水分含量。

[0041] 根据本发明的另一方面,提供了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,包括用于将磁铁矿铁矿石破碎成颗粒的第一高压磨辊(HPGR)和用于研磨颗粒的第二高压磨辊(HPGR)。

[0042] 优选地,第一高压磨辊将磁铁矿铁矿石从至少80mm、100%通过($F_{100}80\text{mm}$)的进料粒度分布破碎至8mm、100%通过($F_{100}8\text{mm}$)的进料粒度分布。

[0043] 在优选的形式中,第二高压磨辊将颗粒从至少80mm、100%通过($F_{100}80\text{mm}$)的进料粒度分布破碎至8mm、100%通过($F_{100}8\text{mm}$)的进料粒度分布。

[0044] 根据本发明的另一方面,提供了经由两级HPGR回路加工低水分磁铁矿矿体的方法,该方法允许HPGR的优化以从80mm的上限尺寸(top size)工作以产生 $80\mu\text{m}$ 的 P_{80} 的产品,以减少功耗。

[0045] 优选地,第一HPGR回路和筛处于闭合回路中,并且第二HPGR回路和空气分级机/袋滤室系统闭合。

[0046] 更优选地,两个回路通过干式磁选来分离,以在第二回路之前去除非磁性废料,从而减少第二HPGR回路的通量和另外的研磨。

[0047] 根据本发明的另一方面,提供了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,包括上游旋风分离器和用于研磨颗粒的磨机,其中上游旋风分离器被布置成通过将上游旋风分离器的溢流中的材料转向以绕过磨机并通过将上游旋风分离器的底流中的材料供应到磨机来作为分流器操作,并且其中该设备包括被设置为将磁性材料运送到所述上游旋风分离器并且将非磁性材料转向的磁选机。

[0048] 优选地,磁选机被布置成将非磁性材料转向到尾矿储存设施。

[0049] 根据本发明的另一方面,提供了当用于加工磁铁矿铁矿石时的设备,该设备包括筛,该筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机,并将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机;以及包括逆流倾析(Counter Current Decantation,CCD)浓缩机型系统,用于产品品位的提高。

[0050] 优选地,该设备提供产品升级回路,由此通过在进一步的水力分离加工之前去除矿泥(精矿旋风分离器),并且通过经由井架筛(derrick screen),随后是再研磨磨机和磁选机,将最终产品流中的+45微米材料限制到 $<2\text{wt}\%$,以限制筛上料质量损失,能够将铁的质量含量从磁铁矿进料流的 $64\text{wt}\%$ 至 $65\text{wt}\%$ 的总Fe增加以保证铁(Fe)的按重量计至少 67% 含量的品位,同时损失最小。

[0051] 根据本发明的另一方面,提供了磁铁矿铁矿石加工设备,该设备包括筛,该筛被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机,并将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机;该设备包括逆流倾析(CCD)浓缩机型系统,用于产品品位的提高。

[0052] 优选地,该设备包括旋风分离器,该旋风分离器被布置成将溢流供应到一个或多个CCD脱泥浓缩机,并将底流供应到所述筛用于筛分,该设备还包括产品升级回路,该产品升级回路通过仅加工 15% - 20% 的供应到旋风分离器的材料来最小化另外的研磨,并且确保最终精矿产品为在 $45\mu\text{m}$ 的 P_{98} (筛),以实现至少 67% 的Fe和小于 6% 的 SiO_2 的目标品位。

[0053] 根据本发明的另一方面,提供了一种将细磁铁矿精矿($P_{80L} \leq 45\mu\text{m}$ 或更具体地 P_{80L} 为 $25\mu\text{m}-35\mu\text{m}$)脱水至 $\leq 10\% \text{w/w}$ 水分含量的方法,所述方法使用如上文所描述的用于使磁铁矿脱水的设备,其中经脱水的磁铁矿被从鼓中排出并使用传送带式过滤机来进一步脱水,该传送带式过滤机被布置成使得沿着带式过滤机的上表面传送的磁铁矿将在磁铁矿内的磁引力下向下压缩自身,使得水被进一步从磁铁矿中排出并通过传送带式过滤机排水。

[0054] 附图简述

[0055] 本发明的优选实施方案将参考附图将仅通过非限制性实施例方式来描述,在附图中:

[0056] 图1是总体“2级”加工流程图,包括模块1至7;

[0057] 图2示出了模块1和2;

[0058] 图3示出了模块3;

[0059] 图4示出了模块4;

[0060] 图5示出了模块5,包括模块5A、模块5B和模块5C;

[0061] 图6示出了模块6;

[0062] 图7示出了模块7;

[0063] 图8示出了组合的模块3和模块4;

[0064] 图9示出了组合的模块5A和模块5B;

[0065] 图9a示出了可选的流程图,该流程图在图9上进一步扩展,以展示研磨已经通过第一磨机回路的较难磨材料的第二回路;

[0066] 图10示出了模块5C;和

[0067] 图11至图18示出了高压过滤的替代方案,即脱水磁鼓,随后是带式过滤机。

[0068] 详述

[0069] 参考图1至图18,示出了根据本发明的优选实施方案的用于加工磁铁矿的方法和设备。

[0070] 图1以其整体示出了2级加工,而图2示出了模块1和模块2中的一级破碎和二级破碎。转到图3,示出了加工磁铁矿铁矿石的方法,包括使用高压磨辊(HPGR)10来破碎磁铁矿的步骤。应当注意的是,高压磨辊10用于三级破碎模式,而不是研磨模式。

[0071] 在所描述的实施例中,使用高压磨辊10的步骤使磁铁矿从至少80mm的进料粒度分布破碎至8mm的进料粒度分布。更优选地,使用高压磨辊10的步骤使磁铁矿从至少80mm、100%通过($F_{100} 80\text{mm}$)的进料粒度分布破碎至8mm、100%通过($F_{100} 8\text{mm}$)的进料粒度分布。

[0072] 在一种特定制造/型号的机器的情况下,使用高压磨辊10的步骤可以包括使用具有在 $4\text{N}/\text{mm}^2$ 的压力和 $2.7\text{m}/\text{s}$ 的辊速操作的 2.4m 直径 $\times 2.2\text{m}$ 宽的辊的高压磨辊10。

[0073] 该方法还可以包括使用干筛12以产生一致产品的步骤,以及使用干式磁选(DMS)单元14以丢弃非磁性材料的步骤。干式磁选单元14可以具有复合材料制造鼓,以避免由钢鼓中的涡流现象引起的过热。

[0074] 转到图4,该方法还包括使颗粒穿过空气分级机16的步骤,该空气分级机16将供应至袋滤室18的细颗粒与粗颗粒分离,该粗颗粒被供回到另外的高压磨辊20,用于将颗粒从 $F_{100} 6-8\text{mm}$ 研磨至 $P_{80} 60-100\mu\text{m}$ 。

[0075] 在另一方面中,提供了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,包括具有复合材料制造鼓的干式磁选(DMS)单元14,该干式磁选单元14被用于丢弃非磁性材料。

[0076] 在图3中,用于加工磁铁矿铁矿石的设备包括破碎磁铁矿的高压磨辊(HPGR)10。用于加工磁铁矿铁矿石的设备包括用于将筛下颗粒与筛上颗粒(oversize particle)分离的干筛12,所述筛上颗粒被再循环返回通过高压磨辊10。

[0077] 在图4中,用于加工磁铁矿铁矿石的设备包括用于将颗粒从 F_{100} 6-8mm研磨至 P_{80} 60-100 μ m的另外的高压磨辊(HPGR)20;以及空气分级机16,该空气分级机16用于将待提取的材料与待供回至另外的高压磨辊20用于另外的研磨的材料分离。

[0078] 转到图8,图8示出了组合的模块3和模块4,在另一方面,提供了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括用于破碎磁铁矿的第一高压磨辊10、用于选择性地将材料供回至第一高压磨辊10的干筛12、用于选择性地将粗材料供回至第二高压磨辊20的空气分级机16、用于进一步研磨磁铁矿材料以返回到空气分级机16的第二高压磨辊20,和用于丢弃非磁性材料的干式磁选(DMS)单元14,其中干式磁选单元14在与第一高压磨辊10和第二高压磨辊20相关联的两个供回环路之外。

[0079] 参照图9,还公开了以模块5A和模块5B形式的用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括上游旋风分离器22和用于研磨颗粒的磨机24,其中上游旋风分离器22被布置成通过将上游旋风分离器22的溢流中的材料转向以绕过磨机24并通过将上游旋风分离器22的底流中的材料供应到磨机24来作为分流器操作。

[0080] 磨机24可以是以高强度研磨磨机(HIG磨机)的形式。磨机24可以被布置在设备中,没有到磨机24的任何供回路径。

[0081] 在一种形式中,旋风分离器22被布置成将约25%的材料转向以绕过磨机24。旋风分离器22可以被布置成将磨机周围精细研磨的材料转向,以防止过度研磨进料材料,并且从而减少总体磨机功耗。磨机可以被配置为以相当低的能量研磨模式操作,在该模式中允许难磨颗粒以高于待通过后续加工步骤被加工和/或丢弃的目标研磨尺寸通过开路配置。

[0082] 如在图9中所示,该设备包括下游脱泥浓缩机26(并且可能多于一个),其中下游脱泥浓缩机26被供应来自磨机24和来自上游旋风分离器的溢流的材料。更优选地,下游脱泥浓缩机26被布置成以上升速率使来自磨机24和来自上游旋风分离器22的溢流的材料脱泥,以丢弃二氧化硅和非磁性材料。

[0083] 在一种特定形式中,下游脱泥浓缩机被布置成以上升速率使来自磨机24和来自上游旋风分离器22的溢流的材料脱泥,以与质量损失相比相对低的磁性材料损失来丢弃二氧化硅和非磁性材料。具体地,下游脱泥浓缩机26可以被布置成以8-10m/h的高上升速率使来自磨机24和来自上游旋风分离器22的溢流的材料脱泥,以与质量损失相比相对低的磁性材料损失来丢弃二氧化硅和非磁性材料。

[0084] 下游脱泥浓缩机可以被布置成使得来自下游脱泥浓缩机26的溢流被转向到尾矿储存设施28,而来自下游脱泥浓缩机26的底流被向前供应用于进一步加工。

[0085] 还如图9中所示,该设备包括磁选机30,该磁选机30被布置成将磁性材料运送到所述上游旋风分离器22,并将非磁性材料转向到尾矿储存设施28。更优选地,所述磁选机30提供湿式磁选。

[0086] 在另一方面,存在用于加工磁铁矿铁矿石的设备,该设备包括用于研磨矿石颗粒

的磨机24,其中磨机24是以高强度研磨磨机(HIG磨机)的形式。

[0087] 参照图10中示出的模块5C,还公开了用于加工磁铁矿的设备,该设备包括筛32(其可以是以高频振动筛的形式),该筛32被布置成将筛上材料运送至再研磨磨机34,并将筛下材料运送至高品位精矿浓缩机36。

[0088] 高品位精矿浓缩机36被布置成将溢流转向到尾矿储存设施28,并将底流供应到过滤机进料罐38。来自再研磨磨机34的所有材料被供应到磁选机40,该磁选机40将非磁性材料转向到尾矿储存设施28,并将磁性材料供应到一个或多个脱泥浓缩机42。

[0089] 一个或多个CCD脱泥浓缩机42被布置成将溢流转向到尾矿储存设施28,并将底流供应到过滤机进料罐38。该设备包括旋风分离器44,所述旋风分离器44被布置成将溢流供应到所述一个或多个脱泥浓缩机42,并将底流供应到所述筛32用于筛分。该设备因此提供产品升级回路,由此能够增加铁的按质量计的百分比含量以保证特定品位。

[0090] 在一种形式中,该设备可以提供产品升级回路,由此能够增加铁的按质量计的百分比含量,以保证按重量计至少67%含量的铁(Fe)的品位。

[0091] 高品位精矿浓缩机36能够提供高品位磁铁矿产品,例如总产品的25%处于至少68%的Fe品位。

[0092] 产品升级回路能够通过仅加工15%-20%的供应到旋风分离器44的材料来最小化另外的研磨,并确保最终精矿产品为在45 μ m的P₉₈(筛),以实现至少67%的Fe和小于6%的SiO₂的目标品位。

[0093] 参照图11至图18,还公开了使磁铁矿46脱水的方法,该方法包括通过磁铁矿46的磁性从磁铁矿46中提取水的步骤,由此磁铁矿46在磁引力下聚集在一起,从而将水向外挤压并远离磁铁矿46。图11示出了可以实施该方法的容器47,而图12至图18示出了脱水设备的更多细节。

[0094] 该方法可以包括使用磁鼓48(参见图13和图15)以使磁铁矿46朝向鼓48压缩自身,从而从磁铁矿46中排出水的步骤。该鼓48可以被布置成使得磁铁矿46材料在排出水之后在重力下从磁鼓48脱落。在一种形式中,磁铁矿46可以沿着带式过滤机50被供应,该带式过滤机50允许水从磁铁矿46向下滴落并通过带式过滤机50。

[0095] 还公开了用于使磁铁矿脱水的设备,该设备包括磁鼓48,该磁鼓48被布置成使磁铁矿朝向鼓48压缩自身,从而从磁铁矿中排出水。

[0096] 该设备可以包括传送带式过滤机50,该传送带式过滤机50被布置成使得沿着带式过滤机50的上表面传送的磁铁矿将在磁铁矿内的磁引力下向下压缩自身,使得水从磁铁矿中排出并通过传送带式过滤机50排水。

[0097] 更优选地,该设备被配置成实现小于或等于10%w/w的目标水分含量。

实施例

[0098] 1. 词汇表

[0099] 表1: 术语表

[0100] 缩写 定义

[0101] BBWi 邦德球磨功指数(Bond Ball Work Index)

[0102] CCD 逆流倾析

[0103]	CHF	精矿处理设施
[0104]	COS	粗矿石库存 (Coarse Ore Stockpile)
[0105]	CWi	破碎功指数 (Crushing work index)
[0106]	DMS	干式磁选
[0107]	dt/h	干公吨每小时
[0108]	DTR	戴维斯管回收 (Davis Tube Recovery)
[0109]	F ₈₀	进料粒度分布-80%通过
[0110]	Fe	铁
[0111]	FORTESCUE/FMG	Fortescue Metals Group Ltd
[0112]	G	高斯
[0113]	g/t	克每公吨
[0114]	HPGR	高压磨辊
[0115]	kg	千克
[0116]	km	千米
[0117]	kW	千瓦
[0118]	kWh/t	千瓦时每公吨
[0119]	μm	微米
[0120]	m	米
[0121]	m ³ /h	立方米每小时
[0122]	mFe	磁铁
[0123]	mm	毫米
[0124]	Pa	帕斯卡
[0125]	Mtpa	百万公吨每年
[0126]	dMtpa	千万公吨每年
[0127]	O/F	溢流
[0128]	O/S	筛上料
[0129]	P ₈₀	产品粒度分布-80%通过
[0130]	P ₉₈	产品粒度分布-98%通过
[0131]	ROM	原矿 (Run of Mine)
[0132]	rpm	每分钟转数
[0133]	SiO ₂	二氧化硅
[0134]	t/h	公吨每小时
[0135]	t/m ² h	公吨每平方米每小时,指特定的沉降速率
[0136]	TSF	尾矿储存设施
[0137]	U/F	底流
[0138]	U/S	筛下料
[0139]	VS	可变速度
[0140]	VSD	可变速度驱动
[0141]	w/w	重量/重量

[0142] WMS 湿式磁选

[0143] 2.NORTH STAR 2级装置

[0144] 2级装置被设计成加工32%的DTR MR的62.5Mtpa的ROM进料,从而以30 μ m的标称P₈₀生产20dMtpa的磁铁矿精矿产品,该磁铁矿精矿产品包含67.1%的Fe和5.6%的SiO₂,其中磁性Fe回收率为100%(与ROM进料的实验室DTR测试工作结果相比)。

[0145] 主要工艺装置由以下干式装置设施和湿式装置设施组成:

[0146] • 一级破碎

[0147] • 二级破碎

[0148] • 三级HPGR破碎/筛分

[0149] • HPGR研磨/空气分级

[0150] • 通过磁选和脱泥的细研磨

[0151] • CMS精矿升级回路

[0152] • 精矿和尾矿浓缩

[0153] • 至港口的陆路管道

[0154] • 在港口的精矿过滤和储存设施。

[0155] 2.1总体工艺流程图

[0156] 已经在超过5年进行了大量的测试工作程序和工艺建模以建立和验证用于工艺流程图的设计的基础。该测试已经利用了来自金刚石岩心钻探以及初始采矿操作的材料。大量的实验室和供应商测试已经通过1级示范装置和按照2级流程图配置的位置的中试装置的操作而被验证和确认。

[0157] North Star、Eastern Limb和Glacier Valley低水分矿体能够实现使用两级破碎、HPGR、筛分和空气分级机的干法工艺,取代了更常规(和更高能量)的球磨和旋风分离的湿法工艺。使用更高效的搅拌式再研磨磨机用于后续湿法加工进一步减少了能耗。

[0158] 基于来自1级示范装置的操作数据以及在供应商实验室和在North Star中试装置的大量测试工作,开发了2级流程图,其将装置划分为以下七个模块区域:

[0159] • 模块1-一级破碎

[0160] • 模块2-二级破碎

[0161] • 模块3-三级破碎

[0162] • 模块4-研磨

[0163] • 模块5-精细研磨

[0164] • 模块6-尾矿

[0165] • 模块7-脱水(港口)

[0166] 在图1中示出总体2级加工流程图。

[0167] 2.2工艺装置

[0168] 2级工艺装置被设计成加工32%的ROM进料DTR MR的62.5Mtpa ROM进料,以生产20Mtpa的磁铁矿精矿产品,该磁铁矿精矿产品包含67.1%的Fe和5.6%的SiO₂。

[0169] 表3示出了用于2级装置的主要设备的概述。

[0170] 表3:2级主要设备概述

[0171]

设备	详情	单元的数量	每单元装机功率 (kW)
一级破碎机	63"-130"(1.6m-3.3m)半移动式回转破碎机, 用于 1,250mm 的最大进料尺寸	2	1,500
二级破碎机	1,050kW 圆锥破碎机, 用于 400mm 的最大进料尺寸	6	1,050
筛	3.6m 宽×7.3m 长的香蕉筛 (banana screen)	10	90
三级破碎 HPGR	在 4N/mm ² 的压力和 2.7m/s 的辊速操作的 2.4m 直径×2.2m 宽的辊	4	2×5,100 或 5,700
干式磁选机	单鼓, 1.22m 直径×4.0m, 3000 高斯	20	7.5
空气分级机-静态/动态	6.1m 直径, 0.76Mm ³ /h	12	2,520
袋滤室	全尺寸 - 25,000m ² 布面积 (cloth area),	6	1,056

	一级研磨 HPGR	在 4N/mm^2 的压力和 $2.0\text{-}2.2\text{m/s}$ 的辊速操作的 2.2m 直径 \times 2.0m 宽的辊	8	$2\times 3,400$
	粗选机湿式磁选机 (Rougher Wet Magnetic Separator)	单鼓, 1.2m 直径 \times 3.05m , 1150 高斯	64	11
	上游旋风分离器	直径 250mm , 8 组, 每组 16 个旋风分离器	128	N/A
	精细研磨机	HIG 磨机 5000(2.4m 直径, 50,000 升)	8	5,000
	脱泥浓缩机	4+1 17m 直径 CCD	5	N/A
	清选机湿式磁选机 (Cleaner Wet Magnetic Separator)	三鼓, 每个 1.2m 直径 \times 3.05m , 1000 高斯	48	33
	精矿旋风分离器	直径 250mm , 4 组, 每组 22 个旋风分离器	88	N/A
[0172]	高频振动筛	带有三块 SWG48-30DF280 钢夹层板的高频振动多点进料 48-90MS-3 筛	88	1.8
	再研磨磨机	HIG 磨机 5000(2.4m 直径, 50,000 升)	2	5,000
	再清选机湿式磁选机 (ReCleaner Wet Magnetic Separator)	三鼓, 每个 1.2m 直径 \times 3.05m , 1000 高斯	7	33
	精矿清选机/浓缩机	2+1 17m 直径 CCD	3	N/A
	高品位精矿浓缩机	26m 直径的高速率浓缩机	1	15
	尾矿浓缩机	69m 直径的高速率浓缩机	3	30
	尾矿输送泵	离心泵	10	1,680
	精矿输送泵	正排量泵	4	1,060
	精矿浓缩机(港口)	50m 直径的高速率浓缩机	1	30
	精矿过滤机(港口)	脱水鼓 w/真空带式过滤机	8	40

[0173] 3. 工艺描述

[0174] 3.1 模块1-一级破碎 (F_{100} 1.2m 至 P_{100} 400mm)

[0175] 从采矿操作的准备的ROM指中,ROM矿石被装载到Caterpillar 793F或同等的后倾翻斗卡车中,并且被拖到两台回转式一级破碎机中。一级破碎机接收具有 310mm 的平均 F_{80} 尺寸(基于重ANFO爆炸模型)并处于 0.6% 的平均含水量的矿石。基于 21kWh/t 的设计 CWi ,两个一级破碎机各自能够提供具有 $140\text{-}160\text{mm}$ 的 P_{80} 的破碎产品,该破碎产品被输送到模块2中的

下游二级破碎。

[0176] 在约76.5% (6700h/a) 的运行利用率 (on-stream utilisation) 下, 每个一级破碎机将标称加工4630t/h的材料, 并具有6,600t/h的设计生产率。这种额外的产能允许采矿以从50/50的分流比直至最大60/40的分流比向每个一级破碎机 (以及随后的下游二级破碎机) 供应。

[0177] 参见图2。

[0178] 3.2模块2-二级破碎 (F_{100} 400mm至 P_{100} 80mm)

[0179] 二级破碎的目的是在将材料运送到粗矿石库存 (COS) 之前减小一级破碎机产品的尺寸。六个锥形二级破碎机各自以1,540t/h的标称生产率操作, 其中运行利用率为76.5%。矿石以40mm至45mm的 P_{80} 从破碎机中排出, 并被运送至COS。COS由允许材料根据目标质量回收范围 (低、中和高) 被堆放的四个库存组成。来自在线磁分析的数据的移动平均时间延迟将有助于径向堆垛机 (radial stacker) 以将破碎的材料引导至对应的堆。

[0180] COS通过在需要推土机向前推动材料用于下游加工之前, 提供高达12h的有效储存, 而作为上游模块1和模块2 (运行利用率为76.5%) 与装置其余部分之间的断点, 装置其余部分以84.5%的运行利用率操作。COS下方的四个裙式供应机微调共混物, 以确保至下游模块3的均匀的大量回收进料。

[0181] 参见图2: 模块1和模块2。

[0182] 3.3模块3-三级破碎 (F_{100} 80mm至 P_{100} 8mm)

[0183] 向North Star 2流程图中引入通过HPGR的三级破碎, 以允许向一级研磨的一致精细的进料。来自粗矿石库存的二级破碎矿石 (F_{100} 80mm) 被供应到HPGR破碎回路中, 以产生小于6至8mm的产品。四个破碎HPGR由十个干燥的双层香蕉筛封闭以产生一致的产品。对于20Mtpa精矿生产流程图, 8,340t/h的矿石在通过模块3的HPGR 2.25次并从43mm的 F_{80} 进料中被破碎之后, 以4.2mm的 P_{80} 离开筛下物。

[0184] 筛下物随后被供应至二十个干式磁选 (DMS) 单元, 以有效地丢弃二氧化硅和非磁性材料, 然后被运送至更下游的一级研磨。已经基于IBO装置数据和测试工作选择了8mm的上限尺寸的流程图。因此, DMS操作将在3000G稀土型干式鼓上加工32%的MR进料, 并剔除总质量的17% (主要是二氧化硅和其他非磁性材料), 其中低磁性材料损失为1.5%。参见图3。

[0185] 对于20dMtpa精矿生产流程图, DMS废料 (reject) 等同于标称组成为16.3%的Fe和51.8%的 SiO_2 的10.5dMtpa材料, 其被送往干尾矿堆。参见图3: 模块3。

[0186] 3.4模块4-一级研磨 (F_{100} 6-8mm至 P_{80} 60-100 μ m)

[0187] 在研磨服务 (grinding service) 中的8个HPGR在具有空气分级的闭路中操作, 以产生80 μ m的 P_{80} 的产品, 以供应给湿式装置。当接收具有 ≤ 20.8 kWh/t的BBWi的进料并以490%的循环负荷操作时, HPGR产品排放的目标是排放产品按质量计的20%为 $\leq 80\mu$ m。

[0188] 小于6mm的模块3产品材料与再循环的HPGR研磨产品一起被传送到空气分级机进料仓。十个空气分级系统并行操作, 以去除由目标为约80 μ m的 P_{80} 的HPGR产品产生的细颗粒。对于每个AC系统, 矿石通过可变速度空气分级机振动进料器从AC进料仓的底部撤出, 以向静态分离器 (Static Separator) 提供恒定的供应速率。

[0189] 空气分级机系统是三产品分离器, 由静态分离器和动态分离器组成。静态区段从空气分级机中分离“较粗的细颗粒”部分 (cut), 其然后被空气传送到动态分离器。在动态分

分离器内,细颗粒被进一步细化,目标是以 $80\mu\text{m}$ 的 P_{80} 和 $<2\text{mm}$ 的上限尺寸将出口产品输送到袋滤室。将从空气分级机的静态区段和动态区段排出的粗材料合并,并运送到HPGR研磨进料仓。

[0190] 动态分级机产品(P_{80} $80\mu\text{m}$)部分经由袋滤室系统被回收,并经由带盖的传送机被运输至六个搅拌的粗浆料罐,在粗浆料罐中添加工艺水以使细颗粒浆化至 $50\% \text{w/w}$ 的固体密度。然后,浆料被泵送到两个搅拌的RMS进料罐,其中浆料被进一步稀释至 $30\% \text{w/w}$ 的固体密度,然后被供应到粗选机湿式磁选回路。参见图4。

[0191] 3.5模块5-细研磨(F_{80} $80\mu\text{m}$ 至 P_{80} $35\mu\text{m}$)

[0192] 模块5由如在图5中描绘的湿式浓缩装置组成。

[0193] 该模块被进一步细分如下:

[0194] • 模块5A-由粗选机湿式磁选(WMS)和旋流分级组成

[0195] • 模块5B-由细研磨和脱泥组成

[0196] • 模块5C-由清选机湿式磁选(WMS)和精矿产品升级回路组成。

[0197] 在模块5A中,来自模块4的空气分级机细颗粒以 $30\% \text{w/w}$ 的固体密度被泵送到粗选机WMS(RMS)单元。RMS单元是带有陶瓷铁素体磁体的单鼓,其在 1150G 的磁场强度操作。对于 20dMtpa 精矿生产流程图,RMS单元将总质量的 38% 剔除至尾矿,同时将磁性Fe(mFe)损失限制到 1.8% 。RMS精矿被运送至水力旋风分离器,以去除 $35\mu\text{m}$ 的 $<P_{80}$ (激光)的细颗粒材料,然后被运送到搅拌磨机,该搅拌磨机被设计成研磨成 $35\mu\text{m}$ 的 P_{80} (激光)的产品尺寸。因此,运送到水力旋风分离器的材料的 25% 被运送到溢流,并绕过搅拌磨机,以减少由于过度研磨导致的功耗。

[0198] 在模块5B中,开路搅拌磨机被用于以 $105\mu\text{m}$ 的 F_{80} (筛)研磨水力旋风分离器底流,以产生 $35\mu\text{m}$ 的 P_{80} (激光)的产品并消耗 9kWh/t 功率。细研磨产品然后与水力旋风分离器溢流合并,并被运送到脱泥回路。

[0199] 2级脱泥回路以高上升速率(基于O/F的 $8-10\text{m/h}$)操作,以允许低密度、高二氧化硅含量的固体(在 59% 至 63% 的 SiO_2 浓度高达 22% 的质量)的显著去除,同时在被运送至CMS回路之前将mFe损失限制到 1.5% 。对于 20dMtpa 精矿生产流程图,由于其较小的直径且随后较低的水消耗,提出5个CCD(4个并联,之后1个串联)用于脱泥回路。

[0200] 在模块5C中,来自模块5B的脱泥产品以 $20\% \text{w/w}$ 的固体密度被泵送到清选机WMS(CMS)单元。CMS单元是带有陶瓷铁素体磁体的斯蒂芬森型三鼓(triple drum Stephenson type),其在 1000G 的磁场强度操作。对于 20Mtpa 精矿生产流程图,CMS单元将总质量的 13% 剔除至尾矿,同时将磁性Fe(mFe)损失限制到 0.6% 。

[0201] 取决于所加工的矿体,清选机精矿将在 $64-67\%$ 的Fe范围中。测试工作已经表明,对于North Star和Eastern Limb矿床,在 $>45\mu\text{m}$ 的尺寸级分(size fraction)中Fe品位的显著降低。因此,模块5C的其余部分被统称为精矿产品升级回路,在该精矿产品升级回路中采用加工步骤来确保最终精矿产品为在 $45\mu\text{m}$ 的 P_{98} (筛),以便实现 67.1% 的Fe和 5.6% 的 SiO_2 的最终产品品位目标。升级回路中的设备包括:

[0202] • 精矿旋风分离器-溢流包含约 60% 的 $24\mu\text{m}$ 的 P_{80} (激光)的输入(inlet)清选机精矿质量,并且被运送到CCD清选机;

[0203] • 高频振动筛-底流包含约 60% 的输入精矿,旋风分离器U/F被运送到高品位精矿

浓缩机；

[0204] • 高品位 (HG) 精矿浓缩机-进一步将高速率浓缩机中的高频振动筛U/S品位提升至68%-69%的Fe的产品品位；

[0205] • 再研磨磨机-以69 μ m的F₈₀(筛)再研磨高频振动筛O/S以产生26-30 μ m的P₈₀(激光)产品,并消耗12.2kWh/t的功率；

[0206] • 再清选机湿式磁选机-通过RCMS(再清选机湿式磁选)单元以20%w/w的固体密度加工再研磨磨机产品,该RCMS单元由带有陶瓷铁素体磁体的在1000G的磁场强度操作的斯蒂芬森型三鼓(triple drum Stephenson type)组成。RCMS单元将总质量的16%剔除至尾矿,同时将磁性Fe(mFe)损失限制到1.5%。

[0207] • CCD清选机-在以高上升速率(基于O/F的8-10m/h)操作的2级脱泥回路中加工精矿旋风分离器O/F和RCMS精矿,以允许另外去除低密度、高二氧化硅含量的固体(在45%的SiO₂浓度高达8%的质量),同时将mFe损失限制到1.1%。

[0208] 升级回路去除约7%的输入清选机精矿质量,以达到67.2%的Fe品位,其中估计磁损失为1%。HG和CCD浓缩机产品在精矿储存罐中合并,并且随后通过陆路管道被泵送到模块7港口。

[0209] 3.6模块6-尾矿

[0210] 将来自RMS、CMS和RCMS的湿尾矿与来自RMS脱泥和CCD清选机O/F流的溢流合并,并且在泵送到尾矿储存设施(TSF)之前,被运送到三个尾矿高速率浓缩机。尾矿浓缩机被设计为达到62%w/w固体的底流密度,同时以0.3t/m²h的比沉降速率和5m/h的上升速率操作。基于测试工作,絮凝剂添加已经被设计为40g/t,并且絮凝剂添加被视为缓解策略,用于减少为脱泥回路提供补充水的工艺水中的残余絮凝剂的量。参见图6。

[0211] 对于20dMtpa精矿生产流程图,32Mtpa固体经由7km的浆料管道被输送至TSF,所述32Mtpa固体具有18%的Fe和包含19.4G1/a水的52%SiO₂的估计组成。

[0212] 参见图6:模块6。

[0213] 3.7模块7-脱水(港口)

[0214] 将62%w/w固体的密度的2,700dt/h浆料泵送约135km到港口。基于测试工作(Paterson&Cooke),使用1.8Pa的屈服应力和40mPa.s的塑性粘度用于泵送计算。浆料以在55%至68%w/w的范围内的固体密度以1.7至1.8m/s的速度被泵送。

[0215] 港口过滤设施是基于磁鼓和带式过滤机,并且包括浓缩机、过滤机进料罐、过滤机和辅助设备,如在图7中所示。16个鼓和8个带式过滤机以一定过滤速率操作以达到 $\leq 10\%$ w/w的目标水分含量。

[0216] 参见图7:模块7。

[0217] 注释:工艺流程

[0218] 要考虑的明显新的和有创造性的区域是组合的模块3/4、组合的模块5A/5B和模块5C。

[0219] 模块3三级破碎和模块4研磨:新的流程图允许:

[0220] • 优化以促进HPGR更好地工作以最大化HPGR,以较低的功耗促进材料的微开裂,其中:

[0221] • 模块3的输入进料尺寸可以优选地在80mm的上限尺寸(并且可能至100mm)运行,

以减少上游二级破碎的负载量。

[0222] • 从模块4离开的进料尺寸为 $80\mu\text{m}$ 的 P_{80} (并可能低至 $60\mu\text{m}$) ,以分别改进下游磁选机和塔式磨机的磁释放和功率减少。

[0223] • 在两个回路之外发生的干式磁选允许被运送到DMS的优化尺寸(上限尺寸为6-8mm) ,以在低磁损失(在1.5%的磁损失的17%的质量损失) 有效地丢弃二氧化硅和非磁性材料。而且,在DMS在回路外部的情况下,这减轻对两个独立回路的输入进料ROM质量回收波动的影响。

[0224] 参见图8。

[0225] 模块5a&5b细研磨:新的流程图允许:

[0226] • 通过经由将旋风分离器溢流中材料的约25%转向到下游脱泥浓缩机而使用上游旋风分离器作为“功率”分离器,来优化磨机功率。

[0227] • 以高上升速率(10m/h) 对磨机和旋风分离器溢流磁铁矿产品进行脱泥,以在低磁损失(在1.5%磁损失(MFe)时22%的质量损失) 有效地丢弃二氧化硅和非磁性材料,以确保离开下游CMS单元的更好的操作性能。

[0228] 参见图9。

[0229] 参照图9a,示出了如在图9中所描绘的进一步扩展权利要求1-14的替代流程图,以展示研磨已经通过第一磨机回路的较难磨材料的第二回路(项目24)。来自项目24的磨机产品被进一步加工以去除非磁性材料(经由脱泥浓缩机和清选机磁选机),其中磁性精矿流经由旋风分离器(以去除细颗粒) 和低频低振幅振动筛被进一步分级,其中高频低振幅振动筛筛上料流用作第二级开路磨机系统的进料。尽管该第二级开路磨机系统以比第一级回路更高能量的研磨模式操作,但是到第二级回路的进料仅是到第一级磨机回路的进料流的12%-18%,因此通过仅研磨较大的、较低的流量、较难磨的材料来最小化总体磨机功耗。

[0230] 模块5c产品升级回路:新的流程图允许:

[0231] • 保证对于工程考虑的所有矿体的67+%的铁品位。通常将品位为64+%的Fe提升到67+%的Fe,具有到模块5c的进料的<10%的质量损失(或者原始ROM进料的2-3%)。

[0232] • 升级回路通过仅加工15%-20%的CMS精矿材料来最小化另外的研磨,并且确保最终精矿产品为在 $45\mu\text{m}$ 的 P_{98} (筛),以达到67+%的Fe和<6%的 SiO_2 的目标品位。

[0233] • 提供高品位磁铁矿产品的潜力,即总产品的25%处于>68%的Fe品位。

[0234] 参见图10。

[0235] 如从上文将理解的,本发明的实施例提供了用于加工磁铁矿铁矿石的设备,包括用于将磁铁矿铁矿石破碎成颗粒的第一高压磨辊(HPGR) 和用于研磨颗粒的第二高压磨辊(HPGR)。有利的是,申请人已经确定通过具有进行破碎操作的第一HPGR和进行研磨操作的第二HPGR来实现能量节约。由于振动、产品太细、缺乏机器的空隙和颤动,先前从未预期HPGR可以用于减小8mm,100%通过($F_{100}8\text{mm}$) 的进料粒度分布以生产 $80\mu\text{m}$ 的 P_{80} 的产品。申请人已经确认了材料中的粘度,HPGR从二氧化硅剪切铁矿石材料的能力,并且已经应用创造性来实现能够实现显著能量和成本节约的布置。本发明涉及凭借发明人的知识、专长、独创性和时间投入而已经实现的出人意料的结果。

[0236] 在一种形式中,第一高压磨辊可以将磁铁矿铁矿石从至少80mm、100%通过($F_{100}80\text{mm}$) 的进料粒度分布破碎至8mm、100%通过($F_{100}8\text{mm}$) 的进料粒度分布。第二高压磨辊

将颗粒从至少80mm、100%通过($F_{100}80\text{mm}$)的进料粒度分布破碎至8mm、100%通过($F_{100}8\text{mm}$)的进料粒度分布。

[0237] 有利地,提供了经由两级HPGR回路加工低水分磁铁矿矿体的方法,该方法允许HPGR的优化以从80mm的上限尺寸(top size)工作以产生 $80\mu\text{m}$ 的 P_{80} 产品,以减少功耗。第一HPGR回路可以与筛处于闭合回路中,并且第二HPGR回路可以与空气分级机/袋滤室系统闭合。这两个回路可以通过干式磁选来分离,以在第二回路之前去除非磁性废料,从而减少第二HPGR回路的通量和另外的研磨。

[0238] 有利地,本发明的实施例通过(a)在进一步的水力分离加工之前去除矿泥(精矿旋风分离器);以及(b)经由井架筛,随后是再研磨磨机和磁选机,将最终产品流中的+45微米材料限制到 $<2\text{wt}\%$,以限制筛上料质量损失,来确保由磁铁矿进料流的64-65wt%的总Fe获得67%的Fe品位,同时质量损失最小。

[0239] 有利地,本发明提供了一种将细磁铁矿精矿($P_{80L}\leq 45\mu\text{m}$ 或更具体地 P_{80L} 为 $25\mu\text{m}-35\mu\text{m}$)脱水至 $\leq 10\% \text{w/w}$ 水分含量的方法,所述方法使用用于使磁铁矿脱水的设备,其中经脱水的磁铁矿被从鼓中排出并使用传送带式过滤机来进一步脱水,该传送带式过滤机被布置成使得沿着带式过滤机的上表面传送的磁铁矿将在磁铁矿内的磁引力下向下压缩自身,使得水被进一步从磁铁矿中排出并通过传送带式过滤机排水。

[0240] 虽然上文已经描述了本发明的多种实施方案,但是应当理解,它们仅仅通过示例的方式而不是通过限制的方式呈现。对于相关领域的技术人员来说将明显的是,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,在本发明中可以做出形式和细节上的多种改变。因此,本发明不应受任何上文描述的示例性实施方案的限制。

[0241] 在本说明书中对任何先前的出版物(或来源于其的信息)或对任何已知的事项的引用不是并且不应当被视为承认或确认或以任何形式暗示该先前的出版物(或来源于其的信息)或已知的事项形成本说明书涉及的所致力于的领域中的公知常识的一部分。

[0242] 在整个本说明书和所附的权利要求中,除非上下文另有要求,否则词语“包含(comprise)”以及变型诸如“包含(comprises)”和“包含(comprising)”将被理解为意味着包含所陈述的整数或步骤或整数或步骤的组但不排除任何其他整数或步骤或整数或步骤的组。

[0243] 附图中参考字母的解释

[0244] 图1

[0245] A 一级破碎($\times 2$)

[0246] B 二级破碎($\times 6$)

[0247] C 粗矿石库存

[0248] D 高压磨辊(4)

[0249] E 细颗粒

[0250] F 空气分级机($\times 10$)

[0251] G 袋滤室($\times 6$)-4个全尺寸/2个半尺寸

[0252] H 磁性材料

[0253] I 筛上料

[0254] J 筛下料

- [0255] K 干筛(×10)
- [0256] L 粗料
- [0257] M 高压磨辊(×8)
- [0258] N 干式磁选(×20)
- [0259] O 粗废渣库存
- [0260] P 水添加
- [0261] Q 粗料转移罐(×2)
- [0262] R 旋风分离器溢流
- [0263] S RMS磁性材料
- [0264] T 粗选机湿式磁选(×58)
- [0265] U RMS非磁性材料(non-mags)
- [0266] V RMS脱泥浓缩机溢流
- [0267] W 旋风分离器底流
- [0268] X 细研磨磨机(×7)
- [0269] Y 尾矿浓缩机(×3)
- [0270] Z 至尾矿储存设施
- [0271] Aa 溢流
- [0272] Ba RMS脱泥LFCU(4×1)
- [0273] CA RMS脱泥底流
- [0274] Da 清选机湿式磁选(×44)
- [0275] Ea CMS磁性材料
- [0276] Fa 旋风分离器溢流
- [0277] Ga 旋风分离器底流
- [0278] Ha 井架筛(×80)
- [0279] Ia 筛上料
- [0280] Ja 筛下料
- [0281] Ka 再研磨磨机(×2)
- [0282] La 再清选机湿式磁选(×6)
- [0283] Ma CMS非磁性材料
- [0284] Na RCMS非磁性材料
- [0285] Oa 高品位精矿浓缩机
- [0286] Pa RCMS磁性材料
- [0287] Qa 溢流
- [0288] Ra CCD清选机LFCU(2×1)
- [0289] Sa 水添加
- [0290] Ta 精矿储存罐(×4)
- [0291] Ua 至港口的精矿管道
- [0292] Va 精矿过滤器进料罐(×4)
- [0293] Wa 精矿浓缩机

- [0294] Xa 港口精矿处理设施
- [0295] Ya 脱水鼓(×16)
- [0296] Za 精矿过滤机(×8)
- [0297] Ab PW返回到OPF
- [0298] Bb 待储存的精矿产品
- [0299] 图2
- [0300] Cb 模块1
- [0301] Db 一级破碎
- [0302] Eb 模块2
- [0303] Fb 二级破碎(×3)
- [0304] Gb 粗矿石库存
- [0305] 图3
- [0306] Hb 来自COS的新鲜进料
- [0307] Ib 高压磨辊
- [0308] Jb 干筛
- [0309] Kb 筛上料
- [0310] Lb 筛下料
- [0311] Mb 磁性材料
- [0312] Nb 到模块4
- [0313] Ob 干式磁选
- [0314] Pb 非磁性材料
- [0315] Qb DMS废渣
- [0316] 图4
- [0317] Rb 来自模块3
- [0318] Sb 空气分级机(静态/动态)
- [0319] Tb 细颗粒
- [0320] Ub 磁性材料
- [0321] Vb 粗料
- [0322] Wb 袋滤室
- [0323] Xb 传送料斗
- [0324] Yb 高压磨辊
- [0325] Zb 水添加
- [0326] Ac RMS进料罐
- [0327] Bc 至模块5A
- [0328] 图5
- [0329] Cc 来自模块4
- [0330] Dc 模块5A
- [0331] Ec 旋风分离器溢流
- [0332] Fc RMS磁性材料

- [0333] Gc 粗选机湿式磁选(×58)
- [0334] Hc 水添加
- [0335] Ic RMS进料罐
- [0336] Jc RMS脱泥浓缩机溢流
- [0337] Kc 旋风分离器底流
- [0338] Lc RMS非磁性材料
- [0339] Mc 细研磨磨机(×7)
- [0340] Nc RMS脱泥LFCU(4×1)
- [0341] Oc 至模块6
- [0342] Pc CMS磁性材料
- [0343] Qc 清选机湿式磁选(×44)
- [0344] Rc RMS脱泥底流
- [0345] Sc CMS非磁性材料
- [0346] Tc 模块5B
- [0347] Uc 再研磨磨机
- [0348] Vc CCD清选机LFCU(2×1)
- [0349] 图6
- [0350] Wc 模块5A-RMS非磁性材料
- [0351] Xc 模块5B-RMS脱泥O/F
- [0352] Yc 模块5C-CMS非磁性材料
- [0353] Zc 模块5C-RCMS非磁性材料
- [0354] Ad 模块5C-CCD清选机O/F
- [0355] Bd 尾矿浓缩机(×3)
- [0356] Cd 至尾矿储存设施
- [0357] 图7
- [0358] Dd 至港口的精矿管道
- [0359] Ed 精矿浓缩机
- [0360] Fd 精矿过滤机进料罐(×4)
- [0361] Gd 脱水鼓(×16)
- [0362] Hd 精矿处理设施
- [0363] Id 精矿过滤机(×8)
- [0364] Jd 待储存的精矿产品
- [0365] 图8
- [0366] Kd 新鲜进料
- [0367] Ld 模块3
- [0368] Md 高压磨辊
- [0369] Nd 模块4
- [0370] Od 筛上料
- [0371] Pd 筛下料

- [0372] Qd 干筛
- [0373] Rd 磁性材料
- [0374] Sd 空气分级机(静态/动态)
- [0375] Td 细颗粒
- [0376] Ud 粗料
- [0377] Vd 干式磁选
- [0378] Wd 非磁性材料
- [0379] Xd DMS废渣
- [0380] Yd 高压磨辊
- [0381] Zd 袋滤室
- [0382] Ae 传送料斗
- [0383] Be 水添加
- [0384] Ce RMS进料罐
- [0385] De 至模块5A
- [0386] 图9
- [0387] Ee 空气分级机细颗粒
- [0388] Fe 模块5a
- [0389] Ge 旋风分离器溢流
- [0390] He 模块5b
- [0391] Ie RMS精矿
- [0392] Je RMS尾矿
- [0393] Ke 磁选机
- [0394] Le 上游旋风分离器
- [0395] Me 至模块6
- [0396] Ne 旋风分离器底流
- [0397] Oe 至磨机进料罐
- [0398] Pe HIG磨机
- [0399] Qe 磨机产品罐
- [0400] Re 溢流
- [0401] Se 至尾矿
- [0402] Te 水添加
- [0403] Ue 底流
- [0404] Ve CCD1
- [0405] We CCD2
- [0406] Xe 脱泥浓缩机
- [0407] Ye 至CMS
- [0408] 图9a
- [0409] Ze 图9
- [0410] Af 清选机磁选

- [0411] Bf CMS尾矿
- [0412] Cf 精矿旋风分离器溢流细颗粒
- [0413] Df 精矿旋风分离器
- [0414] Ef 精矿旋风分离器底流
- [0415] Ff 高频低振幅振动筛
- [0416] Gf 筛下料/尺寸
- [0417] Hf 筛上料/尺寸
- [0418] If 第2级磨机回路
- [0419] Jf 磨机产品
- [0420] 图10
- [0421] Kf 来自模块5C部分A
- [0422] Lf CMS精矿
- [0423] Mf 旋风分离器溢流
- [0424] Nf 旋风分离器底流
- [0425] Of 筛上料
- [0426] Pf 井架筛
- [0427] Qf 筛下料
- [0428] Rf HG TH溢流
- [0429] Sf 高品位精矿浓缩机
- [0430] Tf 再研磨磨机
- [0431] Uf 再清选机湿式磁选
- [0432] Vf RCMS尾矿
- [0433] Wf RCMS精矿
- [0434] Xf 至尾矿模块6
- [0435] Yf 溢流
- [0436] Zf 底溢
- [0437] Ag CCD1
- [0438] Bg CCD2
- [0439] Cg CCD3
- [0440] Dg 水添加
- [0441] Eg CCD脱泥浓缩机
- [0442] Fg 过滤机
- [0443] Gg 进料罐
- [0444] Hg 至过滤模块7。

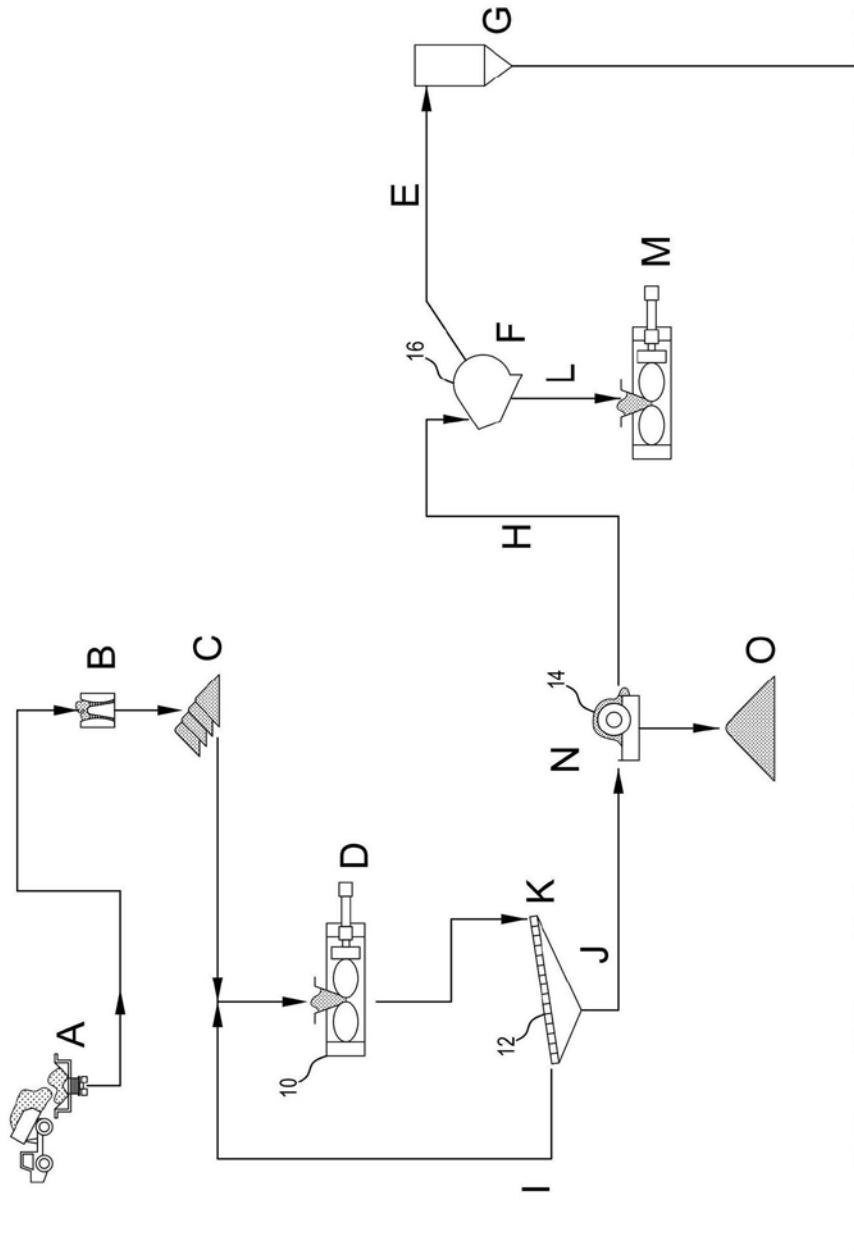


图1

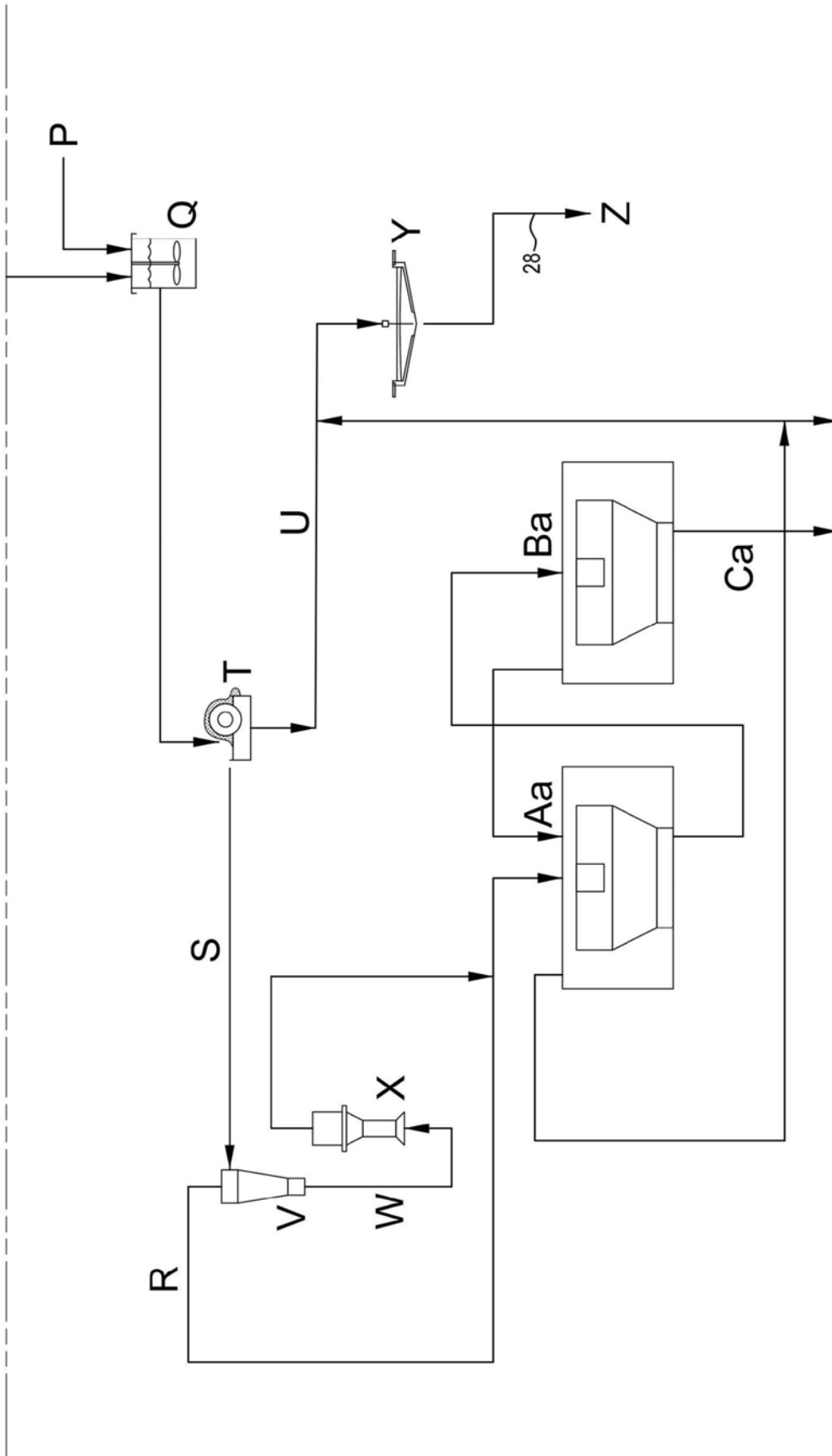


图1(续)

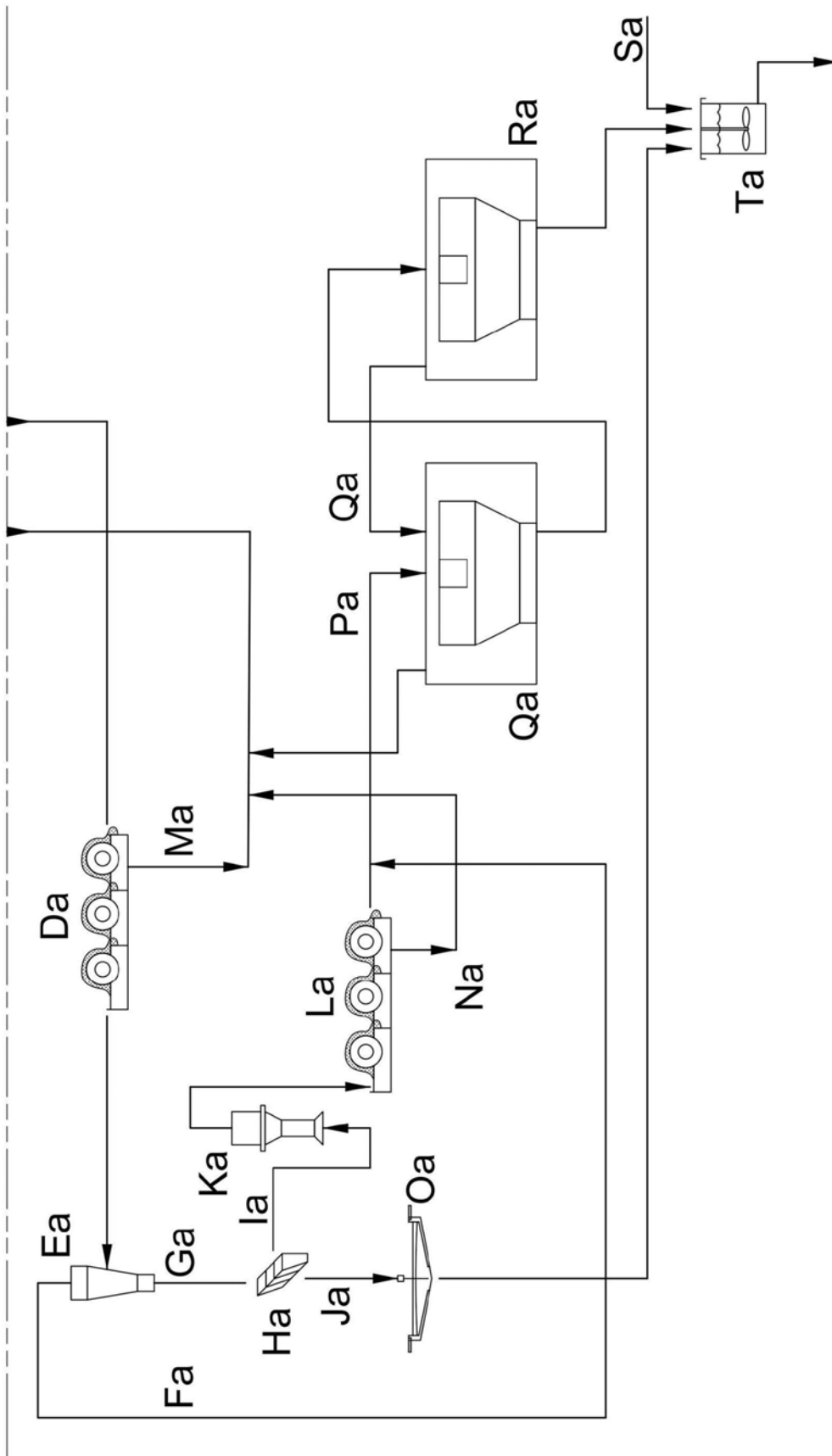


图1(续)

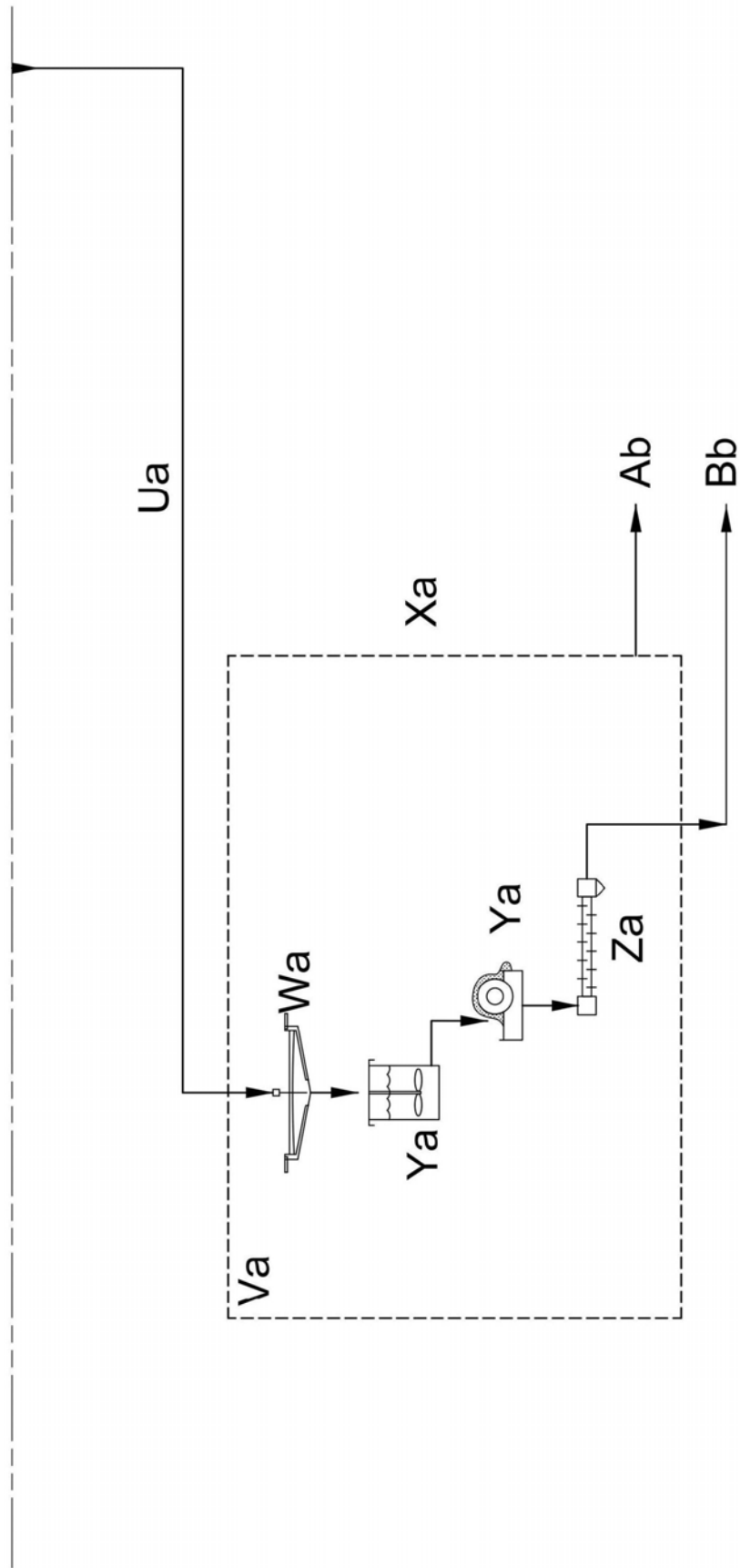


图1 (续)

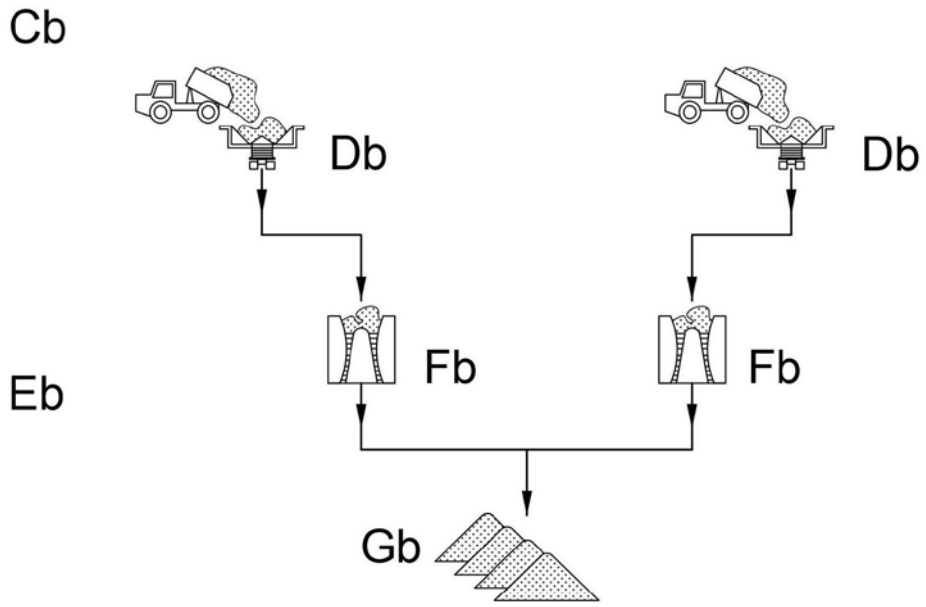


图2

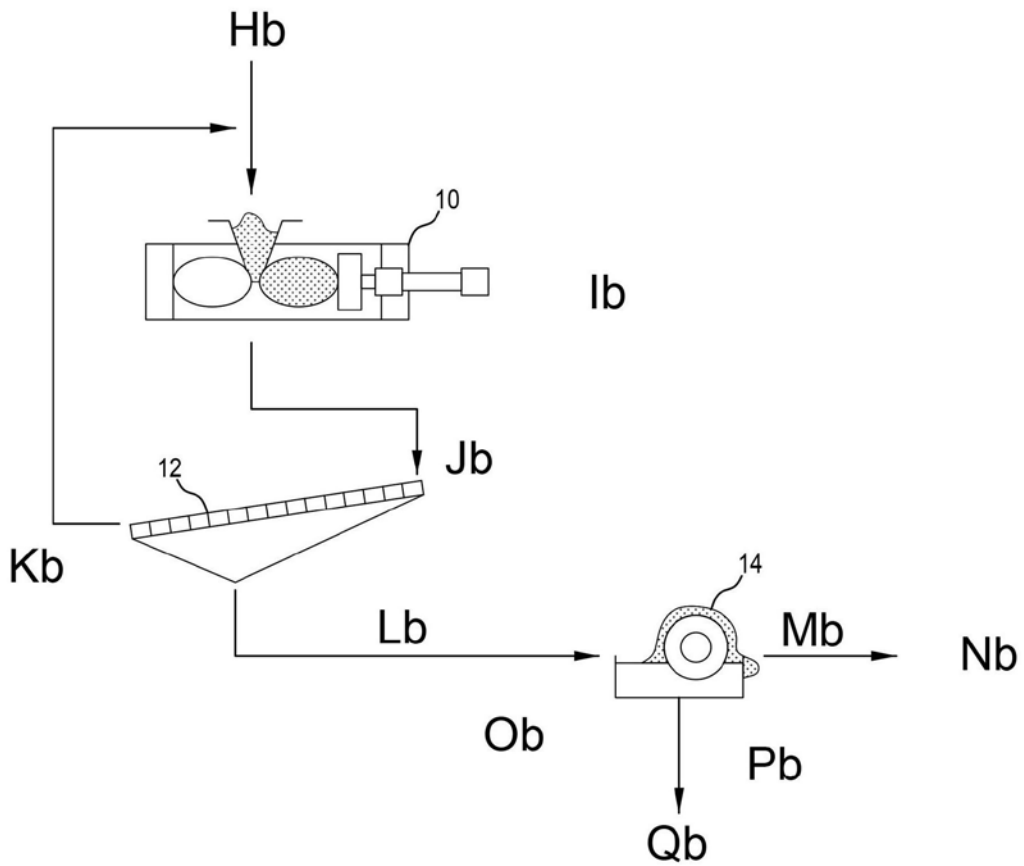


图3

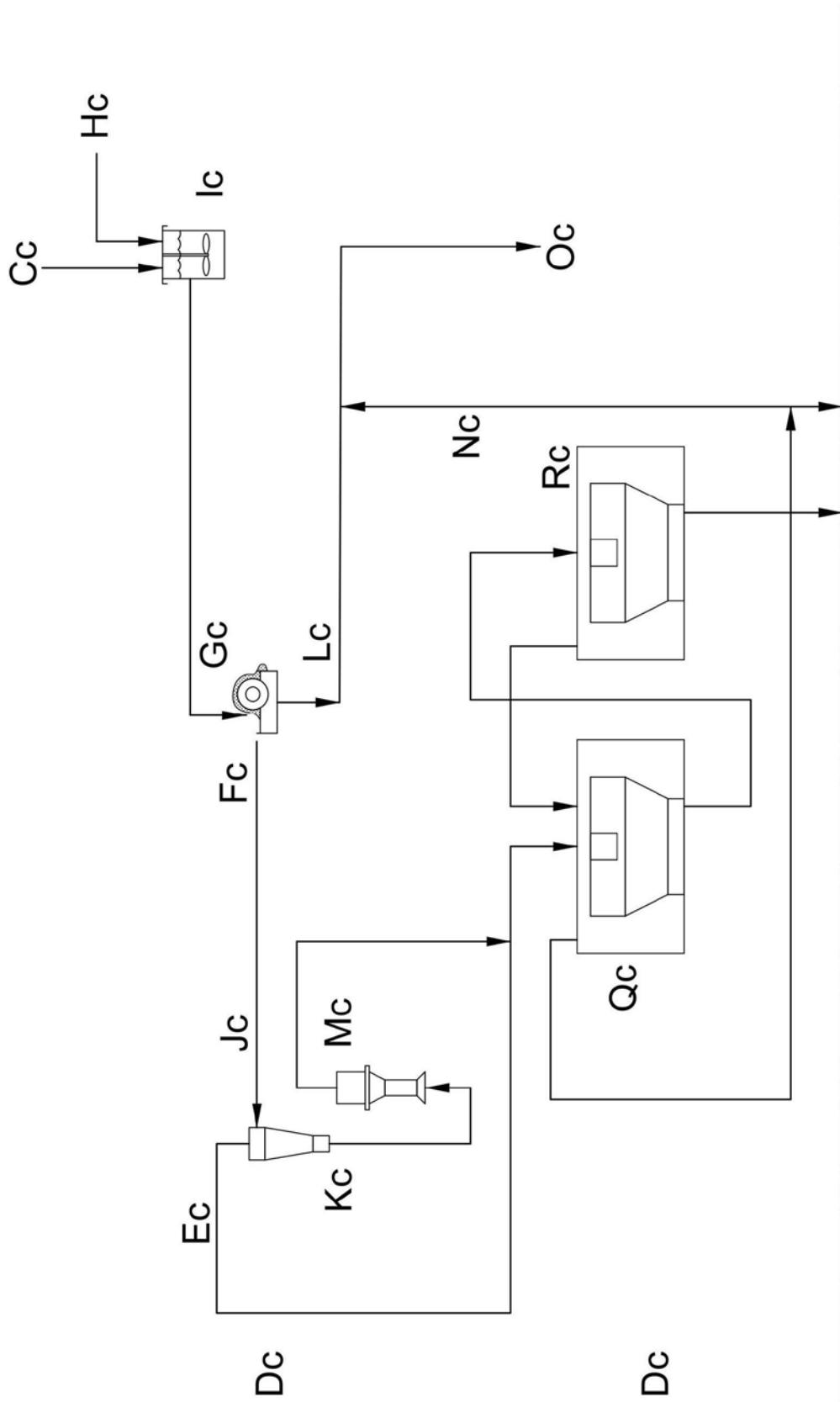


图5

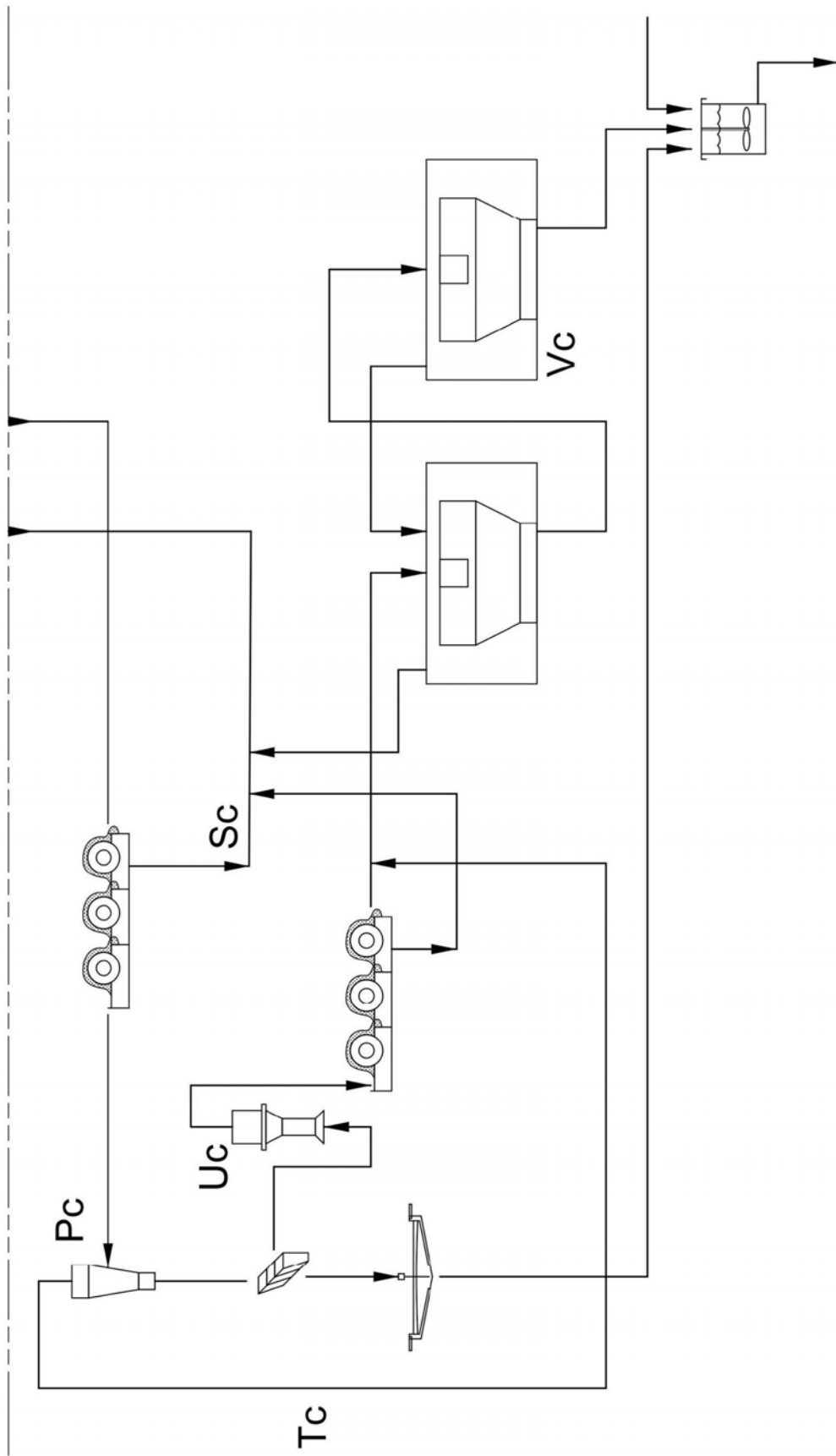


图5(续)

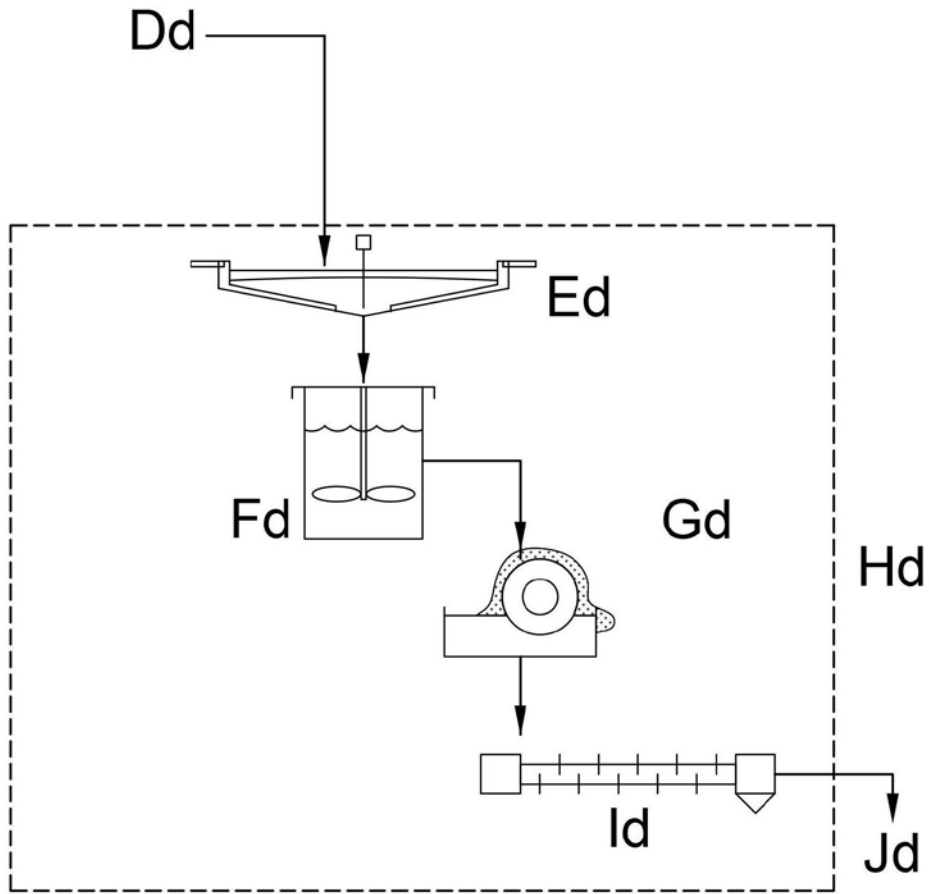


图7

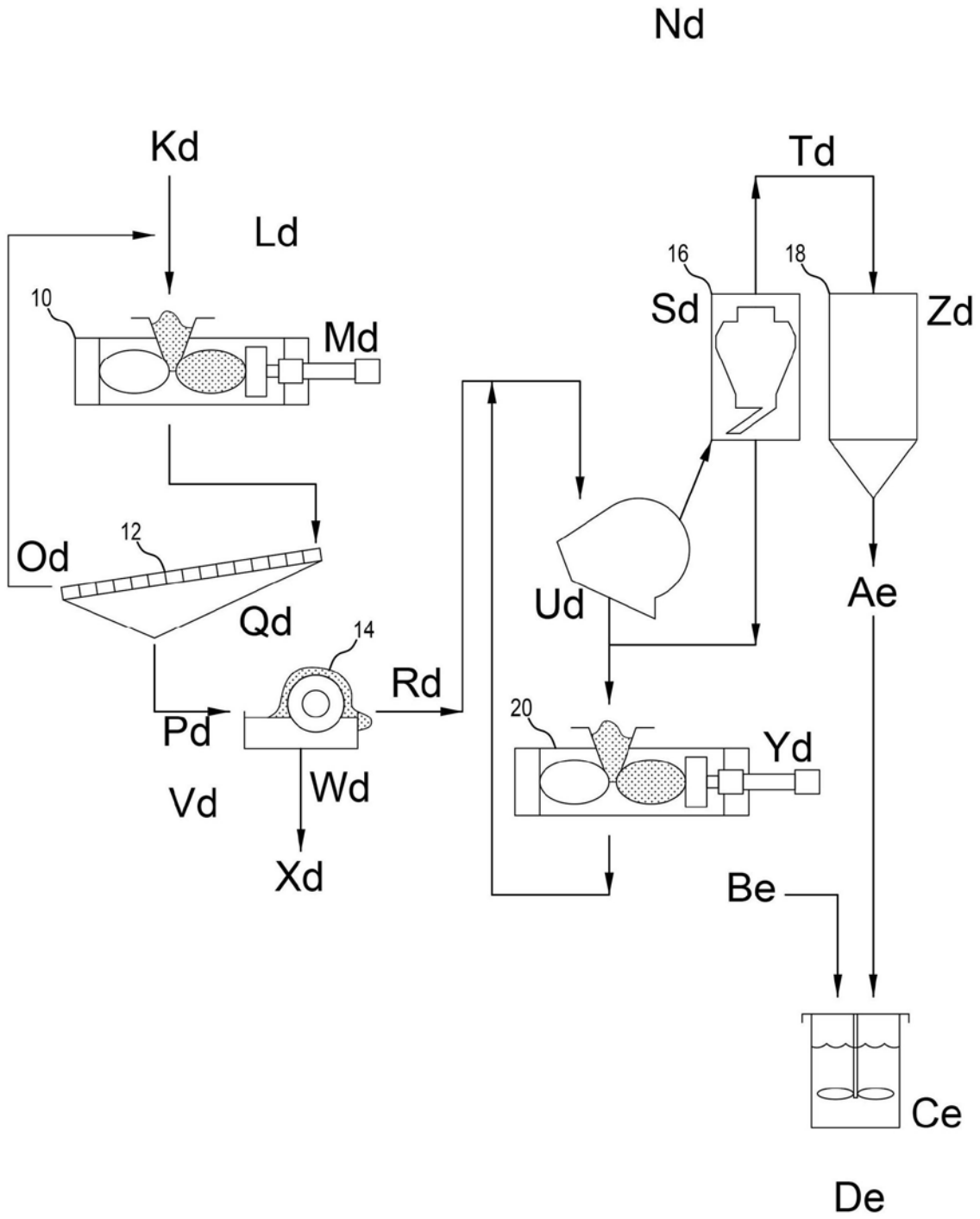


图8

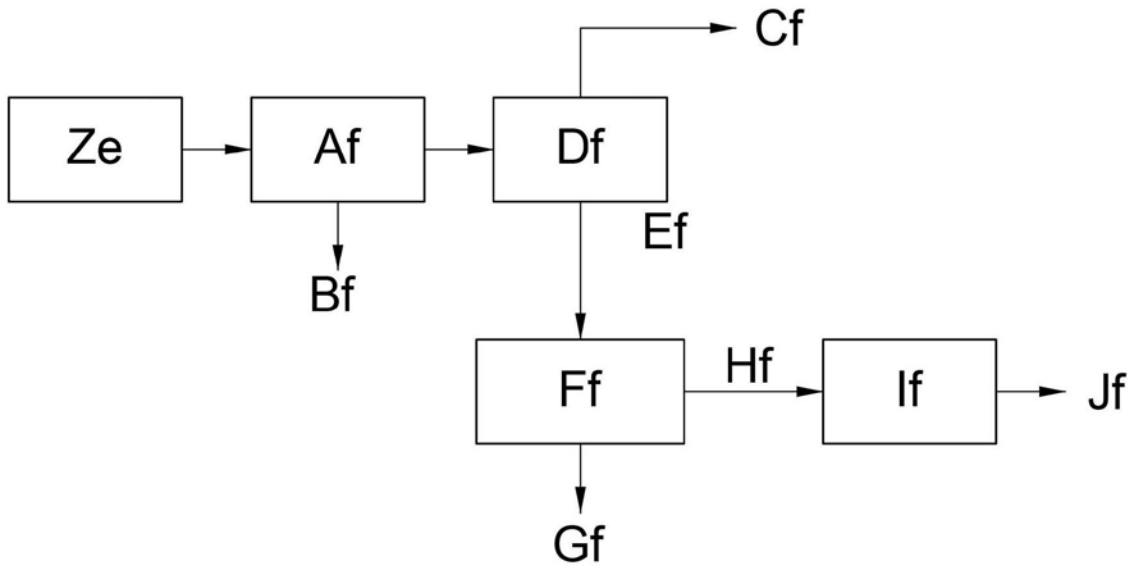


图9a

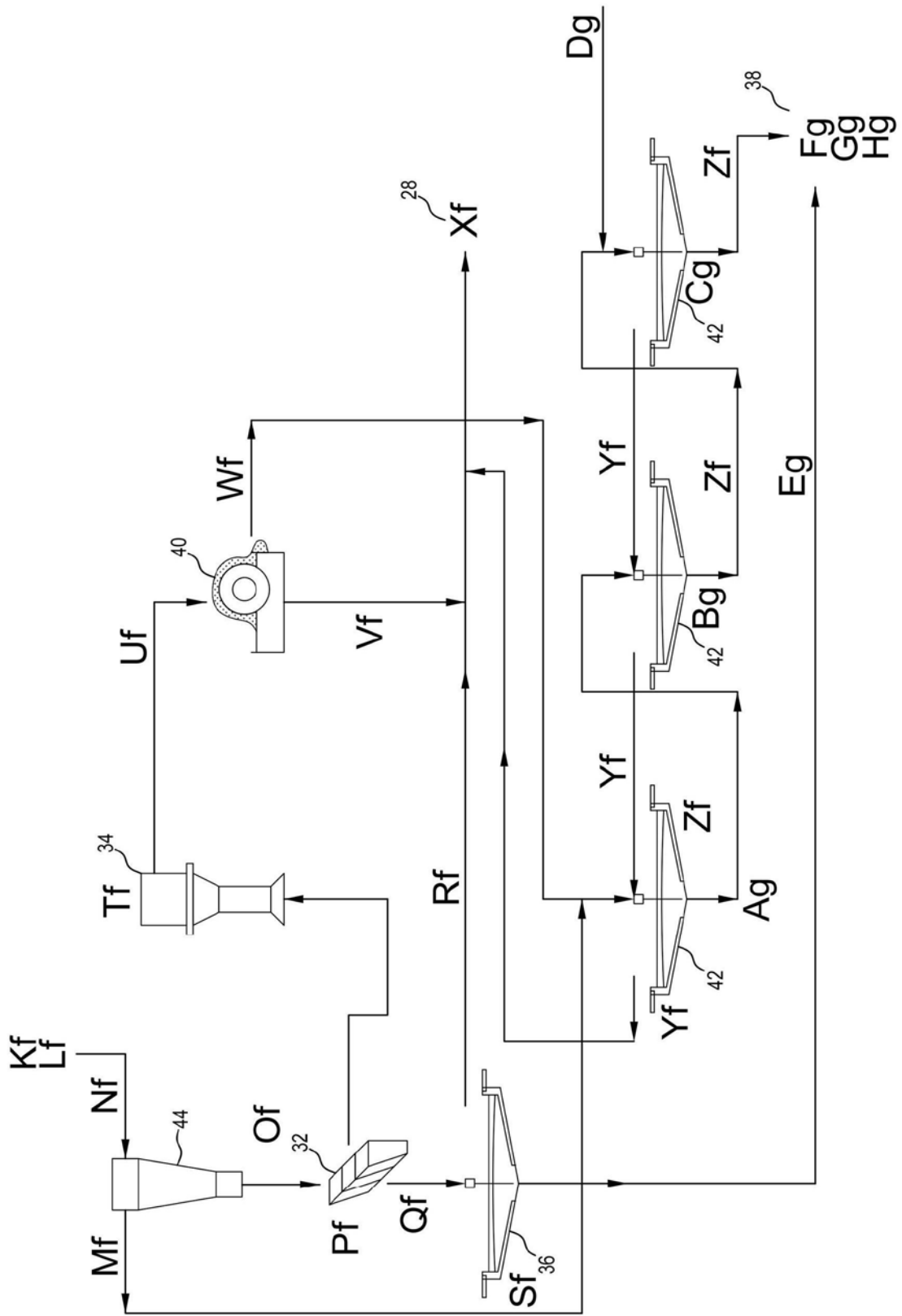


图10

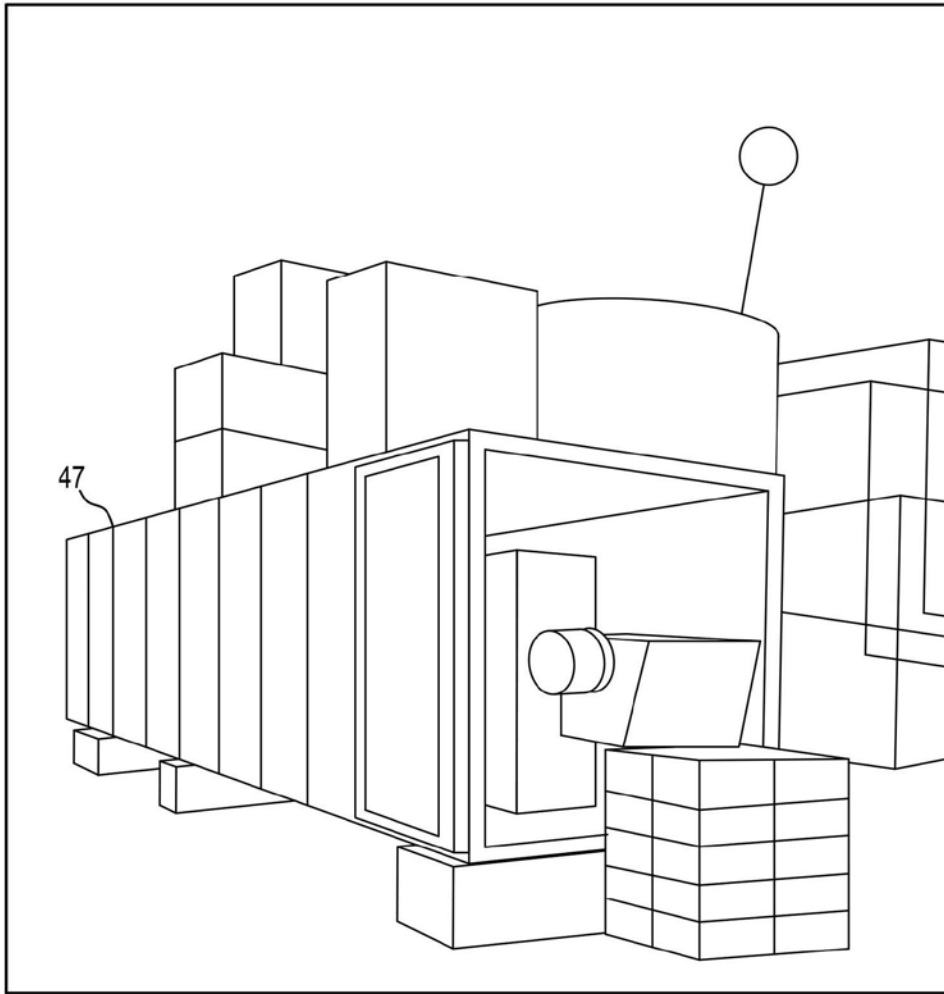


图11

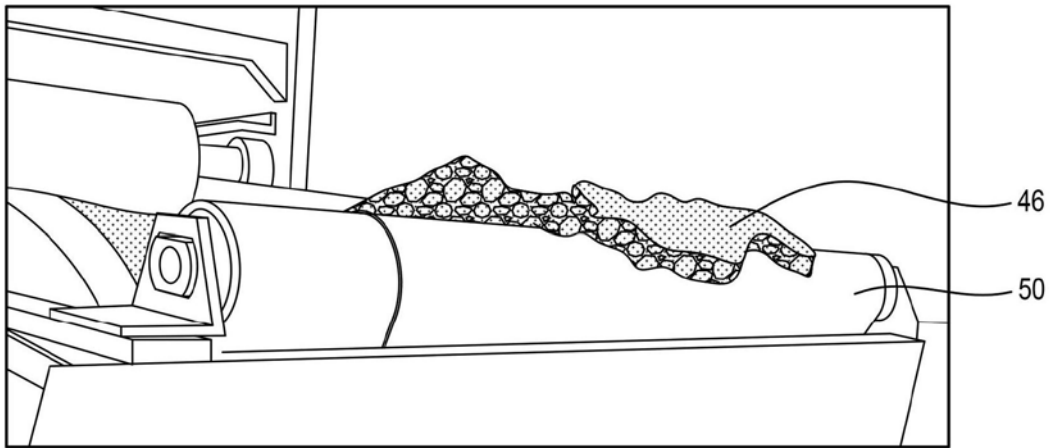


图12

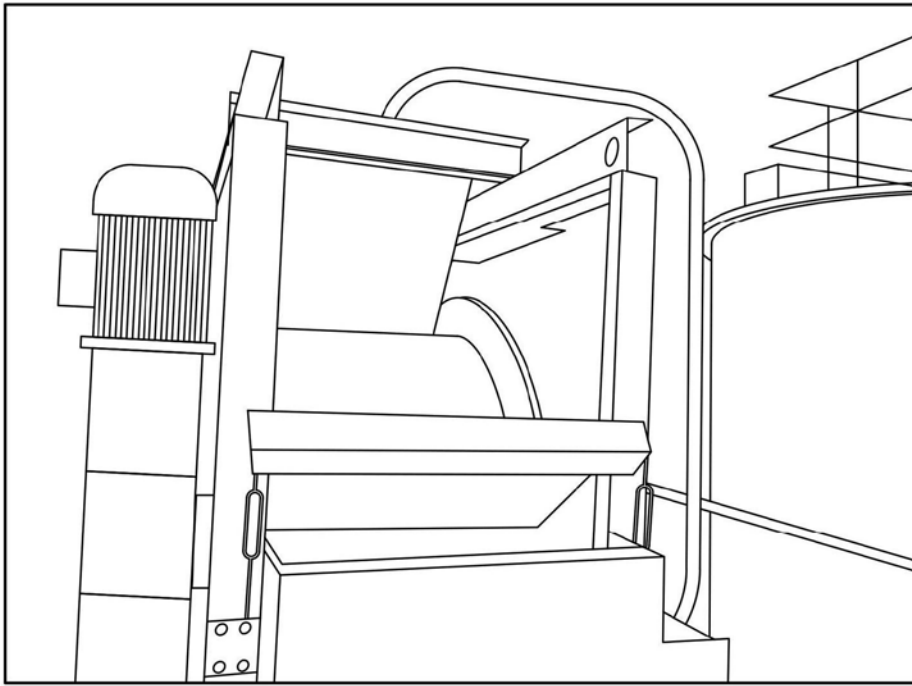


图13

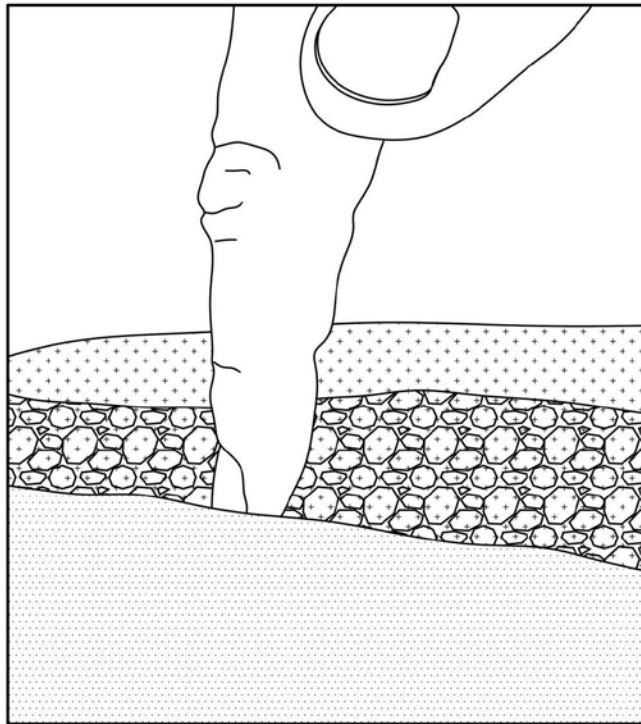


图14

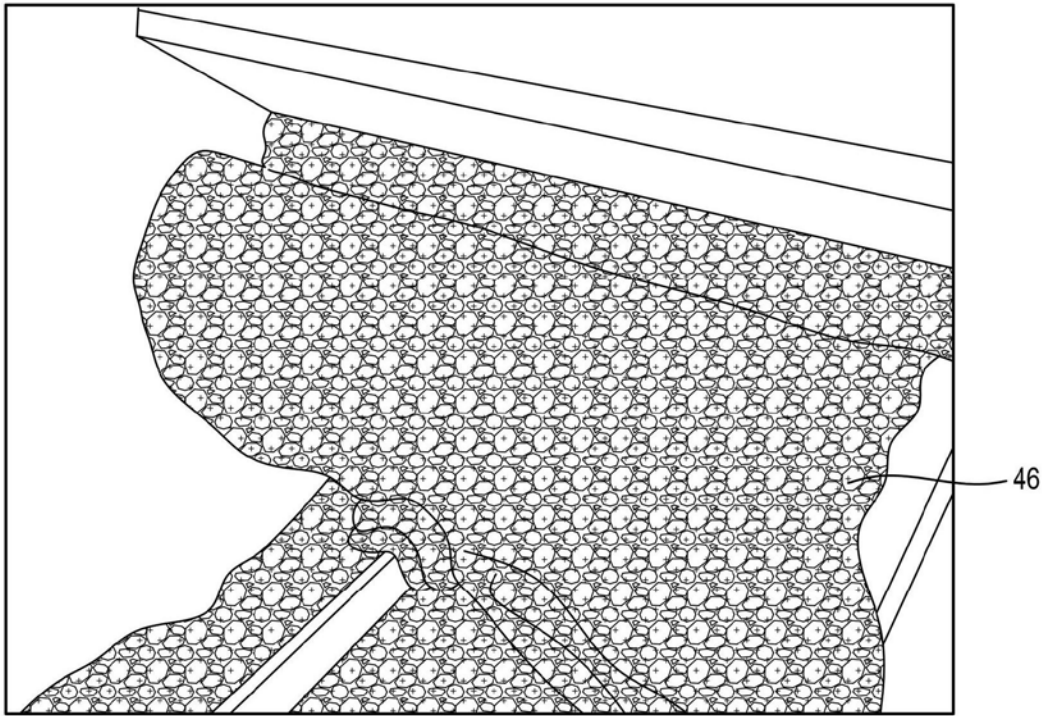


图15

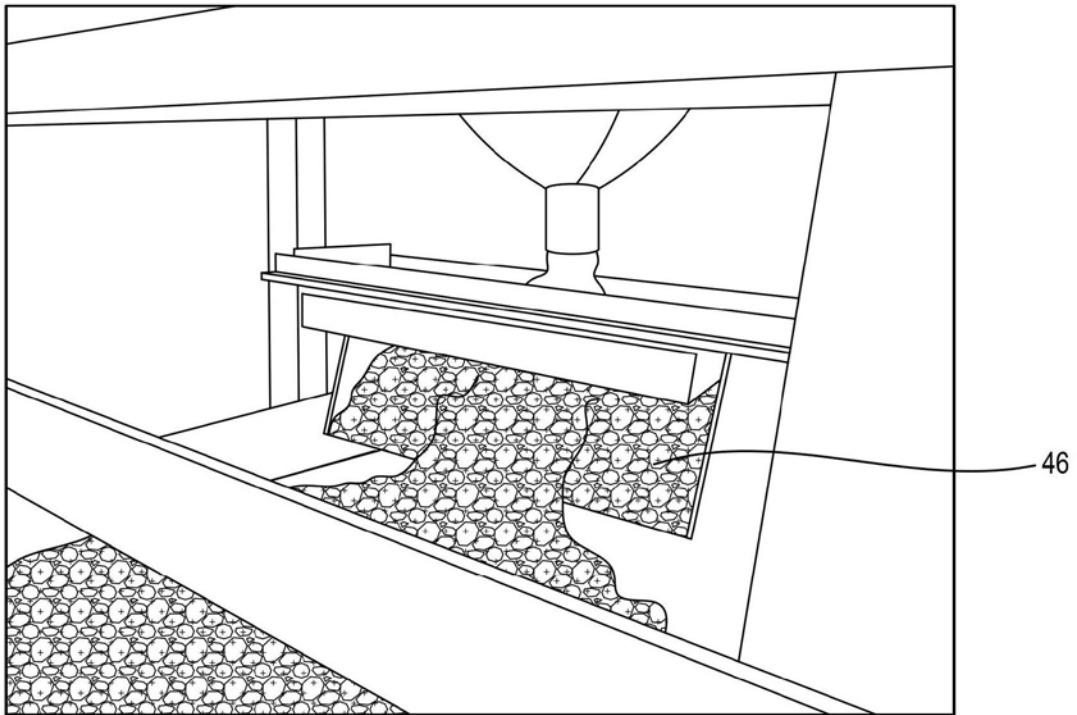


图16

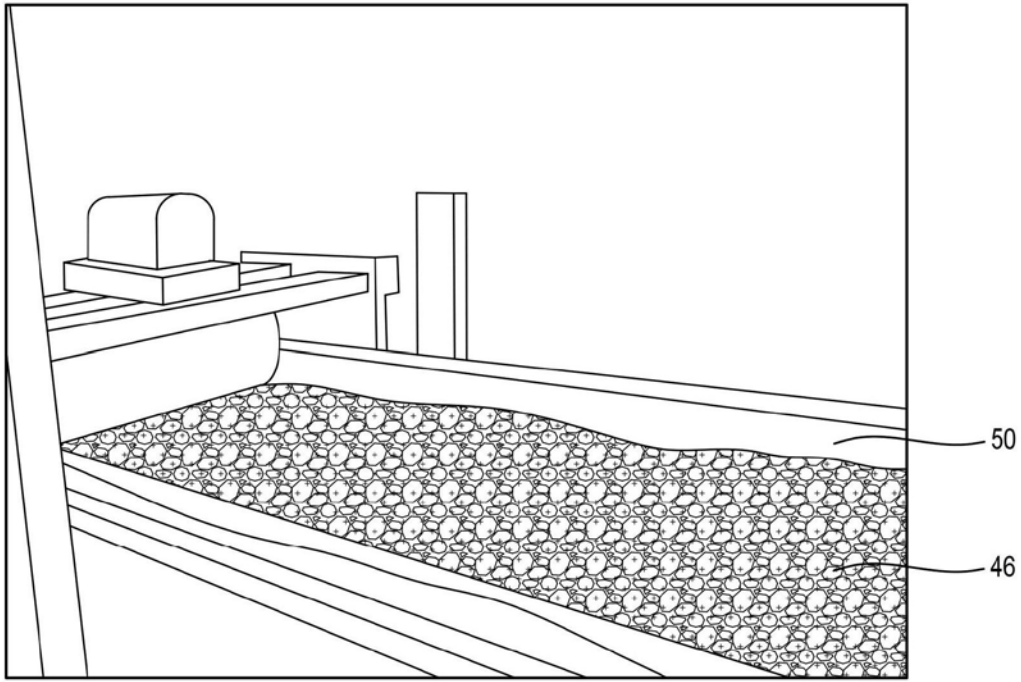


图17

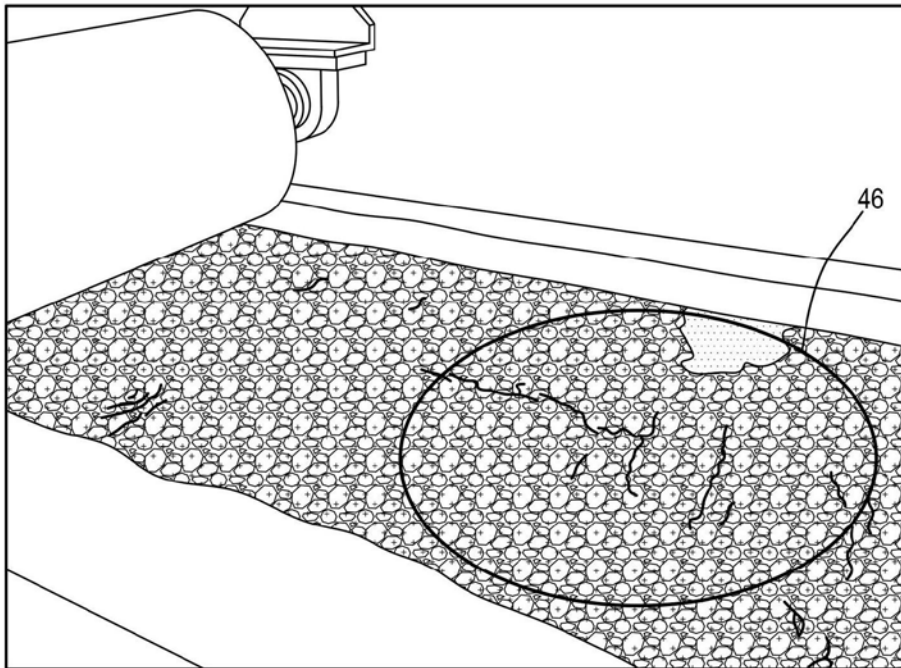


图18