

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C21B 13/06

C21B 13/10 C21B 13/14

F27B 9/18



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98812926.4

[45] 授权公告日 2003 年 11 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1128231C

[22] 申请日 1998.12.9 [21] 申请号 98812926.4

[30] 优先权

[32] 1997.12.10 [33] LU [31] 90182

[32] 1998.1.29 [33] LU [31] 90206

[32] 1998.2.4 [33] LU [31] 90212

[86] 国际申请 PCT/EP98/08005 1998.12.9

[87] 国际公布 WO99/29910 德 1999.6.17

[85] 进入国家阶段日期 2000.7.4

[71] 专利权人 保尔·沃特公司

地址 卢森堡德艾尔森斯

[72] 发明人 罗曼·弗里登 托马斯·汉斯曼

马克·索尔维

审查员 王琳

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

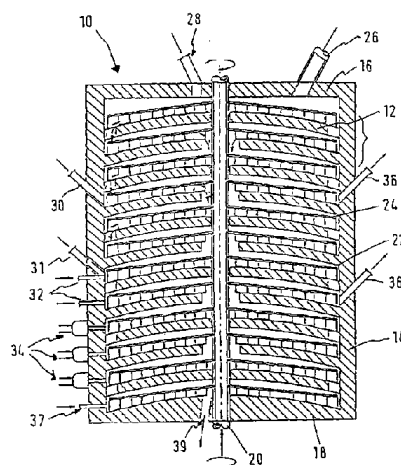
代理人 李晓舒

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称 在多级炉中直接还原铁的制造工艺

[57] 摘要

本发明涉及在多级炉中直接还原铁的制造工艺。矿石连续地引入该多级炉中，并沉积在该炉的顶级，然后逐步输送到诸下级。还原剂沉积在最顶级，和/或沉积在最顶级下面的其中一级，并与所述的矿石反应，形成直接还原的铁，后者与还原剂的残渣一起在该多级炉底级的区域内排出。该工艺过程所需时间较短，故降低了制造成本，而且，工艺过程的工况易于控制。



1. 一种在多级炉中直接还原铁的制造工艺，该炉具有一个叠一个的几个级，在诸下级中为高温，其中，
- 5 矿石连续地被引入该多级炉中，并沉积在顶级，然后逐步输送到诸下级；
- 固态或液态的还原剂至少沉积在最顶级；
- 含氧气体通过侧壁的下侧馈送到该多级炉，并与部分所述的还原剂起反应，以形成还原气体，该还原气体与矿石起反应，以形成直接还原的铁；
- 10 该直接还原的铁与该多级炉底级区域内还原剂的残渣一起排出。
2. 根据权利要求1所述的制造工艺，其特征在于，一个或多个下级由布置在该炉壁中的燃烧器加热。
3. 根据权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，该制造工艺发生在过压状态下。
- 15 4. 根据权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，还原剂引入到该多级炉的不同的级。
5. 根据前述权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，过量的还原剂引入该多级炉中。
6. 根据前述权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，粗颗粒的还原剂引入该多级炉的较高级中；细颗粒的还原剂引入该多级炉的较低级中。
- 20 7. 根据前述权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，气态还原剂，如一氧化碳或氢气通过最后一级或最后二级中专用的喷嘴(37)馈送。
8. 根据前述权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，任何未用过的还原剂从该多级炉中排出以后从残渣中分开。
- 25 9. 根据权利要求8所述的制造工艺，其特征在于，所述的未用过的还原剂在外部燃烧室中燃烧，所产生的热馈送到该多级炉中。
10. 根据前述权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，该炉的一级或多级可间接加热。
- 30 11. 根据前述权利要求1或2所述的制造工艺，其特征在于，含重金属氧化物的氧化铁灰尘或炉渣引入该炉中，所述的诸氧化物在那里被还原，

该重金属挥发。

12. 根据权利要求 11 所述的制造工艺，其特征在于，该挥发的重金属在它们形成的那一级分别排放。

在多级炉中直接还原 铁的制造工艺

5

本发明涉及在多级炉中直接还原铁的制造工艺。

直接还原铁的制造发生在采用固态或气态的还原剂使氧化铁直接还原的制造工艺中。例如，在高温下与二氧化碳作用而生成一氧化碳还原气体的碳载体可用作固态还原剂。

10 这种类型的工艺过程例如可在—旋转炉膛的炉子中实现，也即在具有一可旋转环形炉底的炉子中，该炉子在其顶侧用耐火材料作炉衬并用一壳体围住。透过该壳体并加热该壳体的内部到所需 1000 °C 以上的反应温度的燃烧器安装在该壳体的顶端。

氧化铁与还原剂一起散布在旋转炉膛的规定处，并通过旋转炉膛的旋转
15 引入所述壳体的内部，它在那里因高温与还原剂发生反应，在旋转炉膛大约旋转一圈后，成为直接还原的铁。在该工艺过程中，氧化铁和还原剂在装入到旋转炉膛的耐火炉衬上以后，在实际的还原反应开始以前，必须首先加热到所需的反应温度。这种反应通过从燃烧器产生的热废气传输到装入的材料中的热量而发生在旋转炉装料区旋转方向的边界面上。

20 因为装入材料的导热率较低，所以在诸装入材料层内达到所需的反应温度以前的加热阶段会耗费相当长的时间。由于加热速率确定旋转炉膛的旋转速度，所以，加热阶段愈长，则旋转炉膛式炉子的生产率愈低。

还原工艺取决于与矿石接触的还原气体的浓度。然而，因为整个炉子仅由单个的工艺处理空间组成，所以在炉子的各个区域内的气体成分几乎不受
25 影响。在传统的工艺过程中，CO 从还原剂到矿石的扩散以及 CO₂ 从矿石到还原剂的扩散不受影响。

金属化程度达到一定程度，还原速度减小，当金属化程度达到 85 ~ 95 % 时，还原过程通常会被阻断。为还原残留的氧化物而延长工艺过程的时间是很不经济的。

30 德国专利 DE 1225673 涉及一级叠一级的多级炉内铁矿石干燥还原的工艺过程。该铁矿石装入顶级，然后逐步输送到诸下一级。在诸下级(诸还原级)

中馈送还原气体,以还原铁矿石。在诸上级中,该铁矿石通过该上升的还原气体燃烧预热到所需的还原温度。一固态还原剂在引入该多级炉之前可与该铁矿石混合。来自诸上还原级至少其中一级中的部分还原气体被排出并馈送到诸下还原级至少其中一级中去。

- 5 海绵状铁在一级叠一级的多级炉中的生产工艺过程从美国专利 US 2089782 文献中已被人们所知。铁矿石加入顶级并逐步输送到诸下级。固态还原剂装入到下面诸级的一级中。该铁矿石在诸下级(诸还原级)中还原。还原所需的热能由该多级炉底级下面提供的电热熔化物提供。在诸上级中,该铁矿石由从诸还原级上升的还原气体预热。

- 10 因此,本发明的任务是推出另一种直接还原铁的工艺方法。

根据本发明,上述问题是这样解决:它借助于一种在一个叠一个的多级炉子中直接还原铁的制造工艺,以及在下级中的高温,其中:

矿石连续地引入所述的多级炉中,沉积在顶级并逐步输送到诸下级;

固体或液体还原剂沉积在最顶级,并(或)沉积在它下面的其中一级;

- 15 含氧气体馈送到诸下级,并与还原剂起反应,以形成还原气体,还原气体与矿石起反应以形成直接还原的铁;

将直接还原的铁与还原剂的残渣一起在多级炉的底级区域内排出。

- 20 本发明的突出优点在于,工艺过程的空间细分为不同的区域,各种固体从顶端连续向下移动,而气体从底部向上移动。通过将工艺过程空间细分为不同的区域,各工艺过程的工况可在各不同的区域内测量和控制,甚至对各级进行测量和控制或选择性进行测量和控制。

固态的、液态的或气态的还原剂均可考虑用作还原剂。

- 25 在该工艺过程中,可装入细颗粒的矿石,并通过选择性的过程控制和连续循环来避免结块。这对于采用会形成灰粉的还原剂特别有利。可轻易实现还原剂的灰粉从铁中分离。这种分离例如可在加热级通过筛渣法而实现。另一方面,在温度低于 700 °C 的局部冷却以后,可通过磁分离器从灰粉和过量的还原剂中将直接还原的铁分离出来。因此,由于在多级炉中连续的搅拌而防止铁的结块,可以采用上述这种工艺。所以,直接还原的铁可生成细颗粒的形状,并易于用磁分离器拾取。以这种方法获取的直接还原的铁,其质量
30 与还原剂残渣的数量无关。

获得的铁随后加工成弹丸或煤球状,或直接引入熔炼炉(电炉等)中进一

步处理。

如果需要,产生的还原剂残渣与其它任何未用过的还原剂一起在燃烧器中燃烧,产生的热馈送至本发明的炉中。

因此,可以采用具有较高灰份的低价还原剂,和(或)采用相对过量的还原剂来实现这种工艺。

在必需采用过量还原剂的情况下,处理残渣是有利的,以便将未用过的还原剂分离出来,再使用。如果未用过的还原剂以足够粗的形式存在,则可通过例如筛选残渣的方法来分离。这些未用过的还原剂可直接引入到多级炉中。

然而,还原剂也可在几个级中分开加入。

于是,有可能在多级炉的较高处引入粗颗粒的还原剂(1 ~ 3 毫米);而在较低处加入细颗粒的还原剂(< 1 毫米)。结果,大大避免了尘土与废气的排放,以及,由细颗粒还原剂加速的反应发生在下面的较低处。

粗颗粒的装入可减小还原剂的消耗,这是因为,小颗粒通过上级废气的消耗快于铁矿石还原所必需的速度。

根据一个最佳实施例,矿石在馈送到多级炉以前先加以干燥并用多级炉的、热气进行预热,然后与还原剂接触。矿石最好加热到至少 200 °C,或最好加热到 350 °C。在这种情况下,加热和干燥的时间不应超过 10 到 20 分钟,以防止矿石在还原气氛中粘连。

然而,矿石在装入到多级炉以前,至少与部分所需的还原剂混合。

通过在炉子较下级中有选择地加入还原剂,可将炉内的还原剂调节到最佳浓度,从而获得较好的金属化程度。

所有上升的气体,包括还原剂的挥发成分可在矿石干燥厂的炉子上部或多级炉的外部完全燃烧。如果合适,对于还原剂和炉内废气的余热可以这种方式获得最大效益。

矿石借助于安装在多级炉各级上的诸挡栅连续地循环,并逐步输送到下一层的级中。按这种方式,矿石较在传统的炉内更快的干燥和加热。还原剂通过诸挡栅在矿石下快速混合,并快速加热到反应温度。通过连续循环可防止还原剂和矿石的结块。循环速率取决于诸如挡栅的几何形状、各层的厚度等多种因素。在各级中存在的矿石和所有还原剂以及直接还原的铁应至少每一到三分钟循环一次,其结果,大大防止了它们的凝聚。

有可能对那些级有选择地注射含氧的气体，在那儿，热的需求通过过量处理气体的燃烧而满足。

较为有利的是，采用温度至少为 350 °C 的含有氧气的气体。

气态还原剂可在多级炉的底级附加地注射。因此使矿石更完全地还原，

5 根据进一步的最佳实施例，引入还原剂那一级以下的一级或多级可用燃烧器加热。

为了不使采用燃料系统管道供气的炉子下部还原气体的浓度降低，能量也可间接提供，也即采用辐射加热。

10 根据另一个最佳实施例，气体从多级炉的一个或多个级中排出。这些热气随后可通过 CO₂ 洗涤器以减少气体量并增加气体的还原潜能；或通过一含碳的附加反应器，从而，存在于热气中的二氧化碳与碳反应，根据发生炉气体的平衡原理生成一氧化碳，从而增加气体的还原潜能。由一氧化碳充实的气体随后返回到多级炉中。

15 如果必要，上述这些附加物可引入那个级下面的多级之中的一级，那个级是指引入还原剂的一级。

在这种情况下，较为有利的是，在引入上述附加物那一级的上一级排放气体。

20 根据一个最佳实施例，诸气体在规定一级下方的多级炉中排放，并随后在这一级的上方重新注射到炉内。含有碳和重金属的氧化铁灰尘可在这一级引入炉内。重金属的氧化物在那里还原，然后，重金属挥发，这一级产生的气体分开排放。

25 为了获得生产率的进一步提高，多级炉可在规定的过压下工作。与用直径大约为 50 米的水密封件密封的旋转炉相反，在多级炉中，密封很容易实现，它在驱动轴上仅有小尺寸的密封件。在这种情况下，必须提供材料馈送和去除的压力锁。

本发明的实施例将在下面根据诸附图加以描述。

图 1 为用于直接还原铁的多级炉的纵截面图；

图 2 为用于直接还原铁的另一型式多级炉的纵截面图。

30 图 1 表示一多级炉 10 的纵截面图，它含有一个叠一个共 11 级(标号 12)。这些自支撑的级 12 和壳体 14、炉盖 16 和炉底 18 均用耐火材料制造。

一轴 20 安装在该多级炉的中心，在各自的级上突出的诸挡栅 22 固定在

该轴 20 上。

诸挡栅 22 是以这种方式设计的：它们使在一级上的材料从内侧向外，然后在下一级从外侧向内而循环，以便输送材料从顶端向下通过整个多级炉。

- 5 矿石可分开或与还原剂一起装入该多级炉内。于是，矿石可在炉外干燥并与还原剂混合，然后，混合物沉积在最顶级，或者，矿石和还原剂可分开装入炉内，在第一级和(或)在下面诸级的一级上矿石与还原剂接触。

- 在矿石被带到第一级以后，它通过挡栅 22 循环而输送到该级的边缘，在那儿通过为输送到下一级而提供的几个开口下落。矿石从那儿输送到该多
10 级炉的中心，然后下落到下一级。在此期间，矿石通过与级接触而被加热，并使热气上升到大约 $600^{\circ}\text{C} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。

所述的轴 20 和诸挡栅 22 由空气冷却，以及诸开口 24 提供在诸挡栅上，空气通过诸开口 24 而流入多级炉的内部，并在那里用来后燃烧。

- 一通风管 26 和开口 28 提供在该多级炉 10 的炉盖 16 中。各种气体可通
15 过该通风管从该多级炉排放。矿石可通过该开口 28 沉积在顶级。

- 至少一进口 30 提供在该多级炉 10 的侧壁中，一般在上数第三级。所述的还原剂通过该进口 30 引入至炉内。这些还原剂可呈气态、液态或固态状。该还原剂为一氧化碳、氢、天然气、石油和石油衍生物或诸如褐煤焦、石油焦、鼓风炉残渣、煤或类似的固体碳载体。在该炉 10 较下级引入的碳
20 载体通过所述的挡栅 22 与加热的矿石混合。在通过多级炉 10 的运输过程中，存在于矿石内的氧化铁通过高温和一氧化碳逐渐还原成金属铁。

- 多个喷嘴 32 提供在下半侧壁中，空气或其它含氧的气体通过喷射输送到炉 10 内，以便注射含氧的、热气($350^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$)。由于高温和氧的存在，某些碳燃烧成二氧化碳，它与过量的碳作用而转换成一氧化碳。一氧化碳最
25 终使氧化铁还原成金属铁。由于这种反应以吸热为主，故把诸燃烧器 34 安装在该多级炉的下部是合乎逻辑的，它可确保该炉底级均匀一致的高温。气体或煤粉燃烧器可用于该实施例中。

- 这些燃烧器 34 可用带有空气的气体或煤粉点火燃烧，进行预热或附加地加热。取决于氧与燃料之间的数量比，可产生附加的还原气体；或在空气
30 过量的情况下，可获得处理气体的后燃。在煤粉点火燃烧的情况下，在该燃烧器中可产生过量的一氧化碳。对于外部燃烧室，可防止燃烧过的煤灰进入

炉内而与直接还原的铁混合。该燃烧室的温度以这种方式来选择：产生的炉渣能够以液态而放出并处理成玻璃状。一氧化碳的产生降低了该炉 10 内固体碳载体的消耗，从而也降低了产品中的灰份。

在该多级炉的侧壁中，于中间级的高度处提供多个开口 36，热气可通过诸开口 36 从炉中排除。

在最后一级或最后二级配备一种装置，以便通过多个专用的喷嘴 37 馈送例如一氧化碳或氢气一类的气态还原剂。矿石的还原可在已增加还原潜能的气氛中完成。

直接还原的铁随后与还原剂的灰粉一起通过该多级炉 10 底部 18 中的出口 39 排出。

通过在该多级炉 10 和装置的不同点处控制固态的、液态的和气态的还原剂和含有氧气的诸气的馈送，以在各关键处排出过量的气体，有可能精确地控制矿石的还原，并在最佳状态下实施该工艺过程。

图 2 表示与图 1 十分类似的一多级炉 10。

该多级炉 10 也允许使用例如含铁的已被污染的可疑废料来生产直接还原的铁。

例如，来自炼钢厂电炉或炼钢炉的含氧化铁的被污染废料(它实际上不含任何碳)可与矿石一起通过炉盖 16 中的开口 28 馈送到该多级炉 10 中。含有氧化铁和含有诸如轧钢厂含油残渣一类的大量碳的废料，或者来自冲天炉废气滤清器的废料可通过一专用开口 31 馈送到该多级炉 10。

由于这些含碳和氧化铁的产品通常被重金属污染，故在该炉中大量向上流动的气体可通过侧壁中的废气排放连接件 38 从该炉内沉积含碳氧化铁那一级以下的级排放，并通过该级以上的进气管 40 重又注射到炉 10 内。因而，铁废料引入那一级上的气体是少量的。在铁废料中存在的重金属在引入该炉内后立即还原并挥发。然后它们通过侧壁中的出口 42 从炉 10 内该级上在少量的气体中排放。于是，具有较多重金属量的小容积气体可被单独清除。由于废气量少，故在诸相应级上气体流速较低，故只有少量的废料随废气一起排出。其结果，废气中重金属的浓度相当高。

存在于诸废料中的氧化铁与馈送到炉内的矿石一起还原成铁。

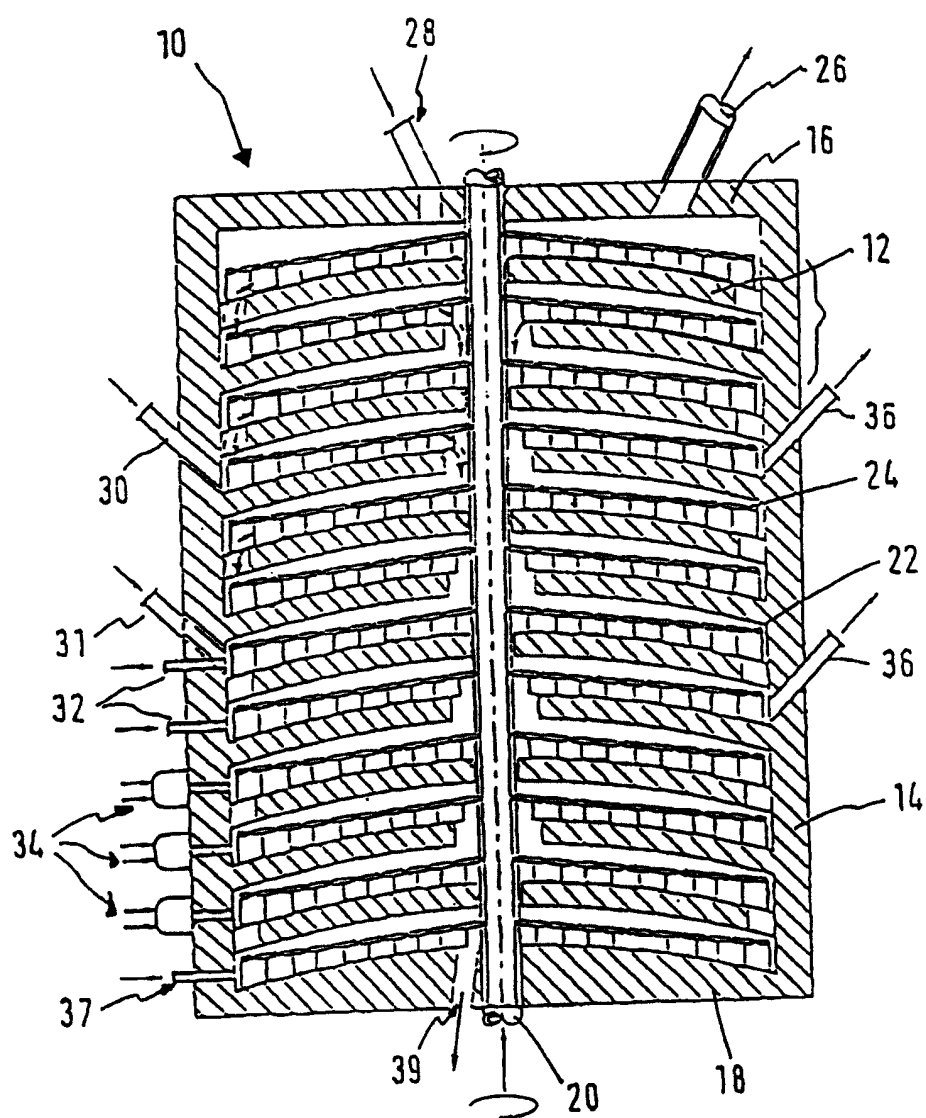


图 1

