

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

C21B 13/00

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95191907.5

[45]授权公告日 1999年4月7日

[11]授权公告号 CN 1042840C

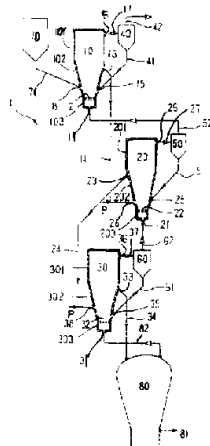
[22]申请日 95.12.28 [24]续证日 99.2.6
 [21]申请号 95191907.5
 [30]优先权
 [32]94.12.31 [33]KR [31]40302/94
 [86]国际申请 PCT/KR95/00182 95.12.28
 [87]国际公布 WO96/21045 英 96.7.11
 [85]进入国家阶段日期 96.8.30
 [73]专利权人 浦项综合制铁株式会社
 地址 韩国庆尚道
 共同专利权人 产业科学技术研究所
 沃斯特-阿尔彼纳工业建筑构件有限公司
 [72]发明人 李日玉 金容河 丁凤镇 金倅久
 弗兰茨·赫泽柏格
 [56]参考文献
 CN1090331A 1994. 8. 3 C21B13/14
 CN87106305A 1988. 3. 30 C21B13/00
 审查员 徐川

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
 代理人 易咏梅

权利要求书 8 页 说明书 12 页 附图页数 2 页

[54]发明名称 铁矿石颗粒的流态化床型还原设备及方法
 [57]摘要

用于有效地还原粒度范围宽的细铁矿石的还原设备及方法,包括按顺序布置的—干燥/预热炉、—用于预还原的第一还原炉和—用于最终还原的第二还原炉,每座炉子都用起泡流态化床工作并各自与—用于捕获废气中所含的铁矿石粉尘的旋风除尘器相连,每座炉子都具有—均匀地向上扩大的圆锥形,从而大大地减少细颗粒的扬析,提高还原效率和提高还原气体的利用率。



ISSN 1000-8427-4

权 利 要 求 书

1.一种用于铁矿石颗粒的流态化床型还原设备,它包括一个炉子,该炉子的主体设有一个矿石入口,一个还原气体入口,一个装设在所述炉子下部的的气体分配器,一个矿石出口和一个废气出口,其特征为,所述还原设备包括:

一用于干燥和/预热供自料斗的细铁矿石的干燥/预热炉,该干燥/预热炉包括一第一大的上圆柱形段,一第一中间圆锥形段和一第一小的下圆柱形段,具有锥形形状的第一中间圆锥形段均匀地向上扩大,所述的干燥/预热炉进一步包括一装设在第一小圆柱形段底部的第一气体入口、一装设在第一小圆柱形段上部的第一分配器、一装设在第一圆锥形段的一个侧壁部分上的第一矿石入口、一设置在第一圆锥形段的另一侧壁部分上的第一矿石出口、一装设在第一圆锥形段的另一侧壁部分上的第一粉尘状矿石入口以及一装设在第一大圆柱形段上部的第一废气出口;

一用于最终还原已经在干燥/预热炉中经过干燥和预热的细铁矿石的还原炉,该还原炉包括一第二大的上圆柱形段、一第二中间圆锥形段和一第二小的下圆柱形段,具有锥形形状的第二中间圆锥形段均匀地向上扩大,所述还原炉还包括一装设在第二小圆柱形段底部的第二气体入口、一装在第二小圆柱形段上部的第二分配器、一设置在第二圆锥形段的一个侧壁部分上的第二矿石入口、一设置在第二圆锥形段的一个侧壁部分上的第二矿石出口、一装设在第二圆锥形段的另一侧壁部分上的第二粉尘状矿石入

口、以及一装设在第二大圆柱形段上部的第二废气出口；

一第一旋风除尘器，用于捕获从干燥/预热炉排放出来的废气中所含的粉尘状铁矿石并将捕获到的粉尘状铁矿石回收至干燥/预热炉，同时又向外排放没有粉尘状铁矿石的经净化的废气，该第一旋风除尘器通过一第一废气管线与第一废气出口相连，通过一第一粉尘状矿石排放管线与第一粉尘状矿石入口相连，并以其顶部与一通向大气的第一经净化废气管线相连；

一第二旋风除尘器，用于捕获从还原炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石并将捕获到的粉尘状铁矿石回收至还原炉，同时又向干燥/预热炉供应没有粉尘状铁矿石的经过净化的废气，该第二旋风除尘器通过一第二废气排放管线与第二废气出口相连，通过一第二粉尘状矿石排放管线与第二粉尘状矿石入口相连，并通过一第二经净化废气管线与第一气体入口相连；

一第一导管线，用于连接第一矿石出口和第二矿石入口，以使铁矿石颗粒通过它供给；

一第二导管线，用于将第二矿石出口连接至一熔炉燃气发生器，以使铁矿石颗粒通过它供往熔炉燃气发生器；以及

一用于将第二气体入口连至熔炉燃气发生器的废气管线。

2.如权利要求1所述的流态化床型还原设备，其特征为，第一和第二圆锥形段具有 3° 至 25° 的锥角。

3.如权利要求1或2所述的流态化床型还原设备，其特征为，第一和第二导管线在其弯曲部分设有供气口，用以向每个对应的导管线供应少量的气体。

4.如权利要求1或2所述的流态化床型还原设备，其特征为，

每个第一和第二圆锥形段分别具有是其下端内径的 5.0 至 9.0 倍的高度，每个第一和第二大圆柱形段分别具有是其各自的对应圆锥形段上端的内径的 2.0 至 4.0 倍的高度。

5.如权利要求 3 所述的流态化床型还原设备，其特征为，每个第一和第二圆锥形段分别具有是其下端内径的 5.0 至 9.0 倍的高度，并且每个第一和第二大圆柱形段具有是其各自的对应圆锥形段上端的内径的 2.0 至 4.0 倍的高度。

6.一种用于铁矿石颗粒的流态化床型还原设备，它包括一个炉子，该炉子的主体设有一个矿石入口，一个还原气体入口，一个装设在所述炉子下部的气体分配器，一个矿石出口以及一个废气出口，其特征为，所述还原设备包括：

一用于干燥和预热供自料斗的细铁矿石的干燥/预热炉，该干燥/预热炉包括一第一大的上圆柱形段，一第一中间圆锥形段和一第一小的下圆柱形段，具有锥形形状的第一中间圆锥形段均匀地向上扩大，所述干燥/预热炉进一步包括一设置在第一小圆柱形段底部的第一气体入口、一装在第一小圆柱形段上部的第一分配器、一设置在第一圆锥形段的一个侧壁部分上的第一矿石入口、一设置在第一圆锥形段的另一侧壁部分上的第一矿石出口、一设置在第一圆锥形段的另一侧壁部分上的第一粉尘状矿石入口以及一装设在第一大圆柱形段上部的第一废气出口；

一用于预还原已经在干燥/预热炉中经过干燥和预热的细铁矿石的第一还原炉，该还原炉包括一第二大的上圆柱形段、一第二中间圆锥形段和一第二小的下圆柱形段，具有锥形形状的第二中间圆锥形段均匀地向上扩大，所述第一还原炉进一步包括一装设

在第二小圆柱形段底部的第二气体入口、一装在第二小圆柱形段上部的第二分配器、一装设在第二圆锥形段的一个侧壁部分上的第二矿石入口、一装设在第二圆锥形段的一个侧壁部分上的第二矿石出口、一装设在第二圆锥形段的另一侧壁部分上的第二粉尘状矿石入口以及一装设在第二大圆柱形段上部的第二废气出口；

一用于最终还原已经在第一还原炉中经过预还原的细铁矿石的第二还原炉，该还原炉包括一第三大的上圆柱形段、一第三中间圆锥形段和一第三小的下圆柱形段，具有锥形形状的第三中间圆锥形段均匀地向上扩大，第二还原炉还进一步包括一装设在第三小圆柱形段底部的第三气体入口、一装在第三小圆柱形段上部的第三分配器、一装设在第三圆锥形段的一个侧壁部分上的第三矿石入口、一装设在第三圆锥形段的另一个侧壁部分上的第三矿石出口、一装设在第三圆锥形段的另一侧壁部分上的第三粉尘状矿石入口、一设置在第三圆锥形段的另一侧壁部分上的第三粉尘状矿石出口以及一装在第三大圆柱形段上部的第三废气排放口；

一第一旋风除尘器，用于捕获在从干燥/预热炉排放出来的废气中所含的粉尘状铁矿石并将捕获到的粉尘状铁矿石颗粒回收至干燥/预热炉，同时又向外排放没有粉尘状铁矿石颗粒的净化过的废气，该第一旋风除尘器通过一第一废气排放管线与第一废气出口相连，通过一第一粉尘状矿石排放管线与第一粉尘状矿石入口相连，并以其顶部与一通向大气的第一经净化废气管线相连；

一第二旋风除尘器，用于捕获从第一还原炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石并将捕获到的粉尘状铁矿石回收至第一还原炉，同时又向干燥/预热炉供应没有粉尘状铁矿石的净化过的废

气，该第二旋风除尘器通过一第二经净化废气管线与第二废气出口相连，通过一第二粉尘状矿石排放管线与第二粉尘状矿石入口相连，并通过一第二经净化废气管线与第一气体入口相连；

一第三旋风除尘器，用于捕获从第二还原炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石并将捕获到的粉尘状铁矿石回收至第二还原炉，同时又向第一还原炉供应没有粉尘状铁矿石的净化过的废气，该第三旋风除尘器通过一第三废气管线与第三废气出口相连，通过一第三粉尘状矿石排放管线与第三粉尘状矿石入口相连，并通过一第三经净化废气管线与第二气体入口相连；

一第一导管线，用于连接第一矿石出口和第二矿石入口，以使铁矿石颗粒通过它供给；

一第二导管线，用于连接第二矿石出口和第三矿石入口，以使铁矿石颗粒通过它供给；

一用于将第三矿石出口连至一熔炉燃气发生器的第三导管线；以及

一用于将第三气体入口连至熔炉燃气发生器的废气管线。

7.如权利要求1所述的流态化床型还原设备，其特征为，它还包括至少一个还原炉，该还原炉包括一大的上圆柱形段，一中间圆锥形段和一小的下圆柱形段，中间圆锥形段具有均匀地向上扩大的锥形。

8.如权利要求6或7所述的流态化床型还原设备，其特征为，每个圆锥形段有一 3° 至 25° 的锥角。

9.如权利要求6所述的流态化床型还原设备，其特征为，第一和第二导管线在其弯曲部分设有供气口，用以向每个对应的导管

线供应少量的气体。

10.如权利要求6所述的流态化床型还原设备,其特征为,每个圆锥形段具有是其下端内径的5.0至9.0倍的高度,而每个大圆柱形段具有是其各自的对应圆锥形段上端的内径的2.0至4.0倍的高度。

11.如权利要求9所述的流态化床型还原设备,其特征为,每个圆锥形段具有是其下端内径的5.0至9.0倍的高度,而每个大圆柱形段具有是其各自的对应圆锥形段上端的内径的2.0至4.0倍的高度。

12.一种用于采用一种流态化床型还原设备还原铁矿石的方法,其中形成一还原铁矿石的起泡流化床,其特征为,所述方法包括下列步骤:

在一具有均匀地向上扩大的圆锥形的流态化床型干燥/预热炉中干燥和预热处于起泡的流态化状态下的细铁矿石;以及

在具有均匀地向上扩大的圆锥形流态化床型还原炉中最终还原处于起泡的流态化状态下的经过干燥/预热的铁矿石。

13.如权利要求12所述的方法,其特征为,在干燥/预热炉或还原炉的净空区的气体速度保持为流态化相关炉子中具有平均粒度的铁矿石颗粒所需最小气体速度的1.0至3.0倍。

14.如权利要求12或13所述的方法,其特征为,供往还原炉的气体压力为2至4个大气压,在干燥/预热炉或还原炉中产生的压力降为0.3至0.6个大气压。

15.如权利要求12或13所述的方法,其特征为,供往还原炉的气体温度为800至900℃,在干燥/预热炉或还原炉中产生的温

度降为 30 至 80 ℃。

16.如权利要求 14 所述的方法,其特征为,供往还原炉的气体温度为 800 至 900 ℃,在干燥/预热炉或还原炉中产生的温度降为 30 至 80 ℃。

17.如权利要求 12 或 13 所述的方法,其特征为,铁矿石颗粒在干燥/预热炉或还原炉中的停留时间为 30 至 50 分钟。

18.如权利要求 14 所述的方法,其特征为,铁矿石颗粒在干燥/预热或还原炉中的停留时间为 30 至 50 分钟。

19.如权利要求 15 所述的方法,其特征为,铁矿石颗粒在干燥/预热炉或还原炉中的停留时间为 30 至 50 分钟。

20.如权利要求 16 所述的方法,其特征为,铁矿石颗粒在干燥/预热炉或还原炉中的停留时间为 30 至 50 分钟。

21.一种用于采用一种流态化床型还原设备还原铁矿石的方法,其中形成一还原铁矿石的起泡流化床,其特征为,所述方法包括下列步骤:

在具有均匀地向上扩大的圆锥形流态化床型干燥/预热炉中干燥和预热处于起泡的流态化状态下的铁矿石颗粒;

在具有均匀地向上扩大的圆锥形第一流态化床型还原炉中还原处于起泡的流态化状态下的经过干燥/预热的细铁矿石;以及

在具有均匀地向上扩大的圆锥形第二流态化床型还原炉中最终还原处于起泡的流态化状态的经过预还原的细铁矿石。

22.如权利要求 21 所述的方法,其特征为,在每个干燥/预热炉、第一还原炉和第二还原炉的净空区的气体速度保持为是流态化有关联炉子中具有平均粒度的铁矿石颗粒所需最小气体速度的

1.0 至 3.0 倍。

23.如权利要求 21 或 22 所述的方法，其特征为，供往第二还原炉的气体压力为 2 至 4 个大气压，在干燥/预热炉、第一还原炉或第二还原炉中产生的压力降为 0.3 至 0.6 个大气压。

24.如权利要求 21 或 22 所述的方法，其特征为，供往第二还原炉的气体温度为 800 至 900 ℃，在每个干燥/预热炉、第一还原炉和第二还原炉中产生的温度降为 30 至 80 ℃。

25.如权利要求 23 所述的方法，其特征为，供往第二还原炉的气体温度为 800 至 900 ℃，在每个干燥/预热炉、第一还原炉和第二还原炉中产生的温度降为 30 至 80 ℃。

26.如权利要求 21 或 22 所述的方法，其特征为，铁矿石颗粒在每个干燥/预热炉、第一还原炉和第二还原炉中的停留时间为 20 至 40 分钟。

27.如权利要求 23 所述的方法，其特征为，铁矿石颗粒在每个干燥/预热炉、第一还原炉和第二还原炉中的停留时间为 20 至 40 分钟。

28.如权利要求 24 所述的方法，其特征为，铁矿石颗粒在每个干燥/预热炉、第一还原炉和第二还原炉中的停留时间为 20 至 40 分钟。

29.如权利要求 25 所述的方法，其特征为，铁矿石颗粒在每个干燥/预热炉、第一还原炉和第二还原炉中的停留时间为 20 至 40 分钟。

说明书

铁矿石颗粒的流态化 床型还原设备及其使用方法

本发明涉及一种在生铁或工业纯铁过程中用于还原细铁矿石的流态化床型还原设备，以及一种用这种设备还原铁矿石颗粒的方法，更具体一些，涉及一种能够有效地还原处于稳定的流态化状态的尺寸范围较宽的细铁矿石的流态化床型还原设备，以及一种采用该设备还原细铁矿石的方法。

从经过还原的铁矿石生铁的传统方法通常包括采用高炉的方法和采用竖炉的方法。在后一种方法中，在竖炉中被还原的铁矿石要在电炉中熔化。

就用高炉生铁的方法而论，要用大量的焦炭作为热源和还原剂。按照这一方法，铁矿石要以烧结矿的形式加入，以便改进透气性和还原作用。为此，采用高炉的传统方法需要一个用于生产焦煤的炼焦炉和用于生产烧结矿的设备。因此，采用高炉的方法是一种需要巨额投资和高能量消耗的方法。由于高质量的炼焦煤在世界上分布不均，同时它的储藏量正在减少，因此它的短缺随着钢产量的增加而变得更加严峻。另一方面，用竖炉还原铁矿石的方法需要一个预热步骤，以使铁矿石球团化。由于这种方法还采用天然气作为热源和还原剂，因此它有一个缺点，即它在商业上只能在天然气易于保证供应的地区实现。

最近，有一种熔化还原法，它作为一种新的生铁制造方法已经引起了注意，它能用非焦化煤代替焦炭从铁矿石生铁。

这种熔化还原法一般采用这样一个系统，其中，在单独的炉子中被预还原的铁矿石在熔炼炉中被全部还原，以产生铁水。在还原炉中，铁矿石在被熔化以前以固相被还原。换句话说，装入还原炉中的铁矿石在与从熔炼炉中产生的热还原气体接触时被还原。

在此方法中所用的还原过程可按照铁矿石与还原气体接触的情况分

为移动床型和流态化床型。众所周知，用于还原尺寸分布宽的细铁矿石的最有希望的方法之一是流态化床型法，其中，铁矿石以流态化状态被还原气体还原，该还原气体通过装在反应器下部的分配器来供应。

在日本专利公开公报 No.平成 3 - 215621 中公开了流态化床型还原炉的一个例子。如图 1 所示，此炉子包括一圆柱形还原炉 91 和一旋风除尘器 95。当通过入口 92 加入铁矿石，同时通过管路 93 和分配器 96 以适当的流量将还原气体送入还原炉 91 时，铁矿石在分配器的上方形成一流态化床，从而能与还原气体混合并被其搅拌。在此状态下，铁矿石可由还原气体还原。送入炉子中的还原气体在铁矿石颗粒层中形成气泡，好似液体被煮沸，然后，该还原气体穿过颗粒层上升，由此形成一铁矿石颗粒的流态化床。因此，此流态化床是一个起泡流态化床。经过还原的铁矿石通过出口 94 排出还原炉 91。

就在上述公开文献中公开的流态化床型还原设备而言，需要在形成有效的流态化床时使还原气体的流量减至最小，这样，不仅减少了铁矿石的扬析，而且提高了还原气体的效率。为达到此目的，如果在流态化床中，还原气体沿流态化床纵轴的流量不变，铁矿石颗粒的颗粒尺寸就应当严格地限制在一定的范围内。换句话说，用于形成有效的流态化床所需要的还原气体的速度应当控制在最小的流态化速度和极限速度之间。因此，对于这样一种流态化床型还原炉来说，应当按照铁矿石颗粒的粒度对其进行筛分，从而使只有那些颗粒范围差不多的铁矿石才能被装入还原炉中。如果在流态化粗铁矿石（这种铁矿石在低的气体速度下不会被流态化）所需要的高气体速度下进行这一操作，由于细铁矿石的极限速度小于工作的气体速度，将会导致大量的细铁矿石扬析。其结果将使旋风除尘器的除尘效率大大降低，从而加大原材料的损失。另外，由于细铁矿石在还原炉中的平均停留时间短于粗铁矿石的，所以使环流的细铁矿石的还原率下降。

发明人根据他们的研究和试验结果提出了本发明，它可以解决在传统方法中会遇到的上述问题。

因此，本发明的目的在于提供一种流态化床型还原设备和一种用此设备还原细铁矿石的方法，它们可以有效地还原处于稳定的流态化状态

的尺寸范围较宽的细铁矿石，从而可以大大地减少颗粒的扬析，提高还原率，并提高还原气体的效率。

根据此目的，发明了一种设备，它包括按顺序布置的多级流态化床型炉。在此系统中，将每个反应器都做成锥形，亦即反应器的直径沿向上的方向增加，以便能稳定地流态化颗粒尺寸范围宽的细铁矿石。该还原设备包括一用于干燥和预热细铁矿石颗粒的炉子，和至少一个用于还原经过干燥/预热的铁矿石的还原炉。

根据本发明的一个方面，本发明提供了一种用于还原细铁矿石的流态化床型还原设备，它包括：一干燥/预热炉，用于干燥和预热由一料斗供给的处于起泡的流态化状态的铁矿石；一用于收集从干燥/预热炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石的第一旋风除尘器；一用于最终还原经过干燥/预热的处于起泡的流态化状态的铁矿石的还原炉；和一用于收集从还原炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石的第二旋风除尘器。此后，称此设备为两级流态化床型还原设备。

根据本发明的另一个方面，本发明提供了一种用于还原细铁矿石的流态化床型还原设备，它包括：一干燥/预热炉，用于干燥和预热由一料斗供给的处于起泡的流态化状态的细铁矿石；一用于收集从干燥/预热炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石的第一旋风除尘器；一第一还原炉，用于预还原经过干燥/预热的处于起泡的流态化状态的铁矿石；一用于收集从第一还原炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石的第二旋风除尘器；一第二还原炉，用于最终还原经过预还原的处于起泡的流态化状态的铁矿石；以及一用于收集从第二还原炉排出的废气中所含的粉尘状铁矿石的第三旋风除尘器。此后，称此设备为三级流态化床型还原设备。

按照本发明的再一个方面，本发明提供了一种用于还原尺寸分布宽的细铁矿石的方法，它包括下列步骤：在一圆锥形流态化床中干燥和预热处于起泡的流态化状态的铁矿石，该圆锥形流态化床的直径沿向上的方向加大；在一圆锥形流态化床中最终还原处于起泡的流态化状态的经过干燥/预热的铁矿石，该圆锥形流态化床的直径沿向上的方向加大。此后，称此方法为两级还原法。

按照本发明的又一个方面，本发明提供了一种还原尺寸分布宽的细

铁矿石的方法，它包括下列步骤：在一圆锥形流态化床中干燥和预热处于起泡的流态化状态的铁矿石，该圆锥形流态化床的直径沿向上的方向加大；在一第一圆锥形流态化床中预还原处于起泡的流态化状态的经过干燥/预热的铁矿石，该第一圆锥形流态化床的直径沿向上的方向加大；以及在一第二圆锥形流态化床中最终还原处于起泡的流态化状态的经过预还原的铁矿石，该第二圆锥形流态化床的直径沿向上的方向加大。此后，称此方法为三级还原法。

本发明的其它目的和方面可从配合附图对实施例的描述中得到清楚的了解，这些附图是：

图 1 是表示传统的还原铁矿石的流态化床型还原炉的示意图；以及图 2 是表示按照本发明的用于还原铁矿石的流态化床型还原设备的示意图。

在图 2 中，示出了根据本发明的用于还原尺寸分布宽的细铁矿石的三级流态化床型还原设备。

如图 2 所示，三级流态化床型还原设备 1 包括一用于干燥和预热处于起泡的流态化状态的铁矿石的炉子 10，铁矿石作为原料由料斗 70 供给。一第一旋风除尘器 40 与上述干燥/预热炉 10 相连，该旋风除尘器用于收集从干燥/预热炉 10 排出的废气中所含的粉尘状铁矿石。在干燥/预热炉 10 的下面，设有一第一还原炉 20，用于接受从干燥/预热炉 10 排出的经过干燥/预热的铁矿石。在第一还原炉 20 中，经过干燥/预热的矿石在起泡的流态化状态下被预还原。一第二旋风除尘器 50 与第一还原炉 20 相连，用以收集从第一还原炉 20 排出的废气中所含的粉尘状铁矿石。在第一还原炉 20 的下面还设有一第二还原炉 30。该第二还原炉 30 接受来自第一还原炉 20 的经过预还原的铁矿石并最终将处于起泡的流态化状态的经过预还原的铁矿石还原。一第三旋风除尘器 60 与第二还原炉 30 连接，以便收集从第二还原炉 30 排出的废气中所含的粉尘状铁矿石。

将干燥/预热炉 10 做成均匀地向上扩张的圆锥形。具体的说，干燥/预热炉 10 包括一大的上圆柱形段 101，一中间圆锥形段 102 和一小的下圆柱形段 103。干燥/预热炉 10 在其底部设有一第一气体入口 11，以接受来自第一还原炉 20 的废气。在圆锥形段 102 与小圆柱形段 103 之间装

有一第一分配器 12，以均匀地分布通过第一气体入口 11 供给的废气。

在圆锥形段 102 的侧壁的一部分上设有一第一矿石入口 18，通过此入口，铁矿石经过矿石供应管线从料斗 70 装入。在圆锥形段 102 的侧壁的和设有第一矿石入口 18 的部分相对的另一部分上，干燥/预热炉 10 有一第一矿石出口 13 和一第一粉尘状矿石入口 15，出口 13 用于从干燥/预热炉 10 中排出经过干燥/预热的铁矿石，而入口 15 用于接受被第一旋风除尘器 40 捕获的粉尘状铁矿石颗粒。

在大的圆柱形段 101 的上部设有一第一废气出口 16。此第一废气出口 16 通过第一废气管线 17 与第一旋风除尘器 40 相连。

第一旋风除尘器 40 的顶部装有第一净化气体排放管线 42，用于向外排放来自第一旋风除尘器 40 的经过净化的废气。在第一旋风除尘器 40 的底部，联结有第一粉尘状矿石排放管线 41 的一端，而第一粉尘状矿石排放管线 41 的另一端则连接着装在干燥/预热炉 10 的圆柱形段 102 上的第一粉尘状矿石入口 15，以使被第一旋风除尘器 40 捕获的粉尘状铁矿石被回收回到干燥/预热炉 10 中。

与干燥/预热炉 10 相似，第一还原炉 20 的形状也被做成均匀地向上扩张的圆锥形。也就是说，第一还原炉 20 包括一大的上圆柱形段 201、一中间圆锥形段 202 和一小的下圆柱形段 203。第一还原炉 20 在其底部也装有一第二气体入口 21，以接受来自第二还原炉 30 的废气。在圆锥形段 202 与小圆柱形段 203 之间装有一第二分配器 22，以均匀地分布通过第二气体入口 21 供给的废气。

在圆锥形段 202 的一个侧壁部分上，第一还原炉 20 有一第二矿石出口 23，和一第二矿石入口 28，出口 23 用于排出在第一还原炉 20 中经过预还原的铁矿石，而入口 28 用于接受来自干燥/预热炉 10 的经过干燥/预热的铁矿石颗粒。在圆锥形段 202 的另一侧壁部分上，第一还原炉 20 有一第二粉尘状矿石入口 25，用于接受被第二旋风除尘器 50 捕获的粉尘状铁矿石。

在大圆柱形段 201 的上部设有一第二废气出口 26。此第二废气出口 26 通过第二废气管线 27 与第二旋风除尘器 50 相连。

第二旋风除尘器 50 的顶部与第二经净化废气管线 52 的一端相连。

第二旋风除尘器 50 的底部与第二粉尘状矿石排放管线 51 相连。

第二经净化废气管线 52 的另一端与装在干燥/预热炉 10 底部的第一气体入口 11 相连，以便将在第二旋风除尘器 50 中除去铁矿石的废气送入干燥/预热炉 10 中。第二粉尘状矿石排放管线 51 的另一端与装在第一还原炉 20 的圆锥形段 202 上的第二粉尘状矿石入口 25 相连，由此使被第二旋风除尘器 50 捕获的粉尘状铁矿石被回收到第一还原炉 20 中。

第一还原炉 20 的第二矿石入口 28 用第一导管线 14 与干燥/预热炉 10 的第一矿石出口 13 相连。

与第一还原炉 20 相似，将第二还原炉 30 也做成均匀地向上扩张的圆锥形。也就是说，第二还原炉 30 包括一大的上圆柱形段 301、一中间圆锥形段 302 和小的下圆柱形段 303。第二还原炉 30 在其底部也装有一第三气体供应口 31，用以接受来自一熔炉燃气发生器 80 的废气。在圆锥形段 302 与小圆柱形段 303 之间装有一第三分配器 32，以均匀地分布通过第三气体入口 31 供给的废气。

在圆锥形段 302 的一个侧壁部分上，第二还原炉 30 有一第三矿石入口 38，用于接受来自第一还原炉 20 的经过预还原的铁矿石。在圆锥形段 302 的另一侧壁部分上，第二还原炉 30 有一第三粉尘状矿石入口 35 和一第三矿石出口 33，入口 35 用于接受被第三旋风除尘器 60 捕获的粉尘状铁矿石，而出口 33 用于排放在第二还原炉 30 中被最终还原的铁矿石。

在大圆柱形段 301 的上部，第二还原炉 30 有一第三废气出口 36，它通过第三废气管线 37 与第三旋风除尘器 60 相连。

第三旋风除尘器 60 的顶部与第三经净化废气管线 62 的一端相连。第三旋风除尘器 30 的底部与第三粉尘状矿石排放管线 61 的一端相连。

第三经净化废气管线 62 的另一端与装在第一还原炉 20 底部的第二气体入口 21 相连，以便向第一还原炉 20 供应在第三旋风除尘器 60 中除去铁矿石的废气。第三粉尘状矿石排放管线 61 的另一端与装在第二还原炉 30 的圆锥形段 302 上的第三粉尘状矿石入口 35 相连，从而使被第三旋风除尘器 60 捕获的粉尘状铁矿石被回收到第二还原炉 30 中。

第二还原炉 30 的第三矿石入口 38 用第二导管线 24 与第一还原炉

20 的第二矿石出口 23 相连。

第三矿石出口 33 通过第三导管线 34 与熔炉燃气发生器 80 相连，而第三气体入口 31 通过一废气管线 82 与熔炉燃气发生器 80 相连。

熔炉燃气发生器 80 的底部与生铁排放线 81 相连，排放线 81 用于排放在熔炉燃气发生器 80 中通过熔化还原作业所产生的生铁。

在第一导管线 14 的弯曲部分装有一供气口 P，用于向第一导管线 14 供应少量的气体，以防止导管线 14 由被送入导管线 14 的铁矿石颗粒堵塞。为此，在第二导管线 24 的弯曲部分也装设了另一供气口 P。

虽然本发明是以三级流态化床型还原设备的实施例来描述的，但是它也可以按两级流态化床型的形式予以构造或改进。两级流态化床型还原设备与三级流态化床型还原设备的构造基本相同，只是它只包括一个还原炉，该炉子可以是第一还原炉 20 或是第二还原炉 30。在此情况下，在干燥/加热炉中经过干燥和预热的铁矿石颗粒在唯一的炉子中几乎全部被还原。

干燥/预热炉 10、第一还原炉 20 和第二还原炉 30 的圆锥形段 102、202 和 302 最好具有从 3° 至 25° 的锥角。

干燥/预热炉 10、第一还原炉 20 和第二还原炉 30 的圆锥形段 102、202 和 302 最好还具有是其下端内径的 5.0 至 9.0 倍的高度。另一方面，干燥/预热炉 10、第一还原炉 20 和第二还原炉 30 的大圆柱形段 101、201 和 301 最好具有是每个相应的圆锥形段上端的内径的 2.0 至 4.0 倍的高度。

现在描述用本发明的流态化床型还原设备生产还原铁或熔融生铁的方法。

如图 2 所示，放在料斗 70 中的铁矿石通过矿石供应线 71 和第一矿石入口 18 送入干燥/预热炉 10。干燥/预热炉 10 还从第一还原炉 20 依次经过第二旋风除尘器 50、第二经净化废气管线 52 和第一气体入口 11 被供以废气。此废气靠第一分配器 12 在干燥/预热炉 10 中均匀地分散。送入干燥/预热炉 10 的铁矿石颗粒由均匀散布的气体形成起泡的流态化床，并在流态化床中被干燥和预热。此后通过第一矿石出口 13 和第一导管线 14 将经过干燥/预热的铁矿石送往第一还原炉 20。

废气依次经过第一废气出口 16 和第一废气管线 17、第一旋风除尘器 40 和第一经净化废气管线 42 从干燥/预热炉 10 向外排出，在炉子 10 中，铁矿石由被排放前的废气干燥和预热。废气中所含的粉尘状铁矿石被第一旋风除尘器 40 捕获，然后通过第一粉尘状矿石排放管线 41 和第一粉尘状矿石入口 15 被回收至干燥/预热炉 10 中。

此后，送入第一还原炉 20 的经过干燥/预热的铁矿石在由依次通过第三旋风除尘器 60、第三经净化废气管线 62、第二气体入口 62 和第二分配器 22 被送入第一还原炉 20 中的废气形成起泡的流态化床的同时被预还原。经过预还原的铁矿石通过第二矿石出口 23 和第二导管线 24 被送往第二还原炉 30。

在第一还原炉 20 中，来自第二还原炉 30 的废气用于预还原铁矿石，然后依次通过第二废气出口 26 和第二废气管线 27、第二旋风除尘器 50 和第二经净化废气管线 52 从第一还原炉 20 排出，接着被送入干燥/预热炉 10 中。废气中所含的粉尘状铁矿石被第二旋风除尘器 50 捕获，然后经过第二粉尘状矿石排放管线 51 和第二粉尘状矿石入口 25 被回收至第一还原炉 20 中。

同时，送入第二还原炉 30 中的经过预还原的铁矿石在由废气形成起泡的流态化床的同时被最终还原，而该废气是由熔炉燃气发生器 80 产生并通过废气管线 82、第三气体入口 31 和第三分配器 32 送入第二还原炉 30 的。被最终还原的铁矿石通过第三矿石出口 33 和第三导管线 34 被送往熔炉燃气发生器 80。

由熔炉燃气发生器 80 产生的废气首先用于在第二还原炉中最终还原铁矿石，以后在经过第三废气排放口 36 和第三废气管线 37、第三旋风除尘器 60 和第三经净化废气管线 62 排出以后被送入第一还原炉 20。废气中所含的粉尘状铁矿石被第三旋风除尘器 60 捕获，然后经过第三粉尘状矿石排放管线 61 和第三粉尘状矿石入口 35 被回收至第二还原炉 30。

使装入熔炉燃气发生器 80 的铁矿石颗粒熔化，从而产生熔融的生铁（铁水）。

另一方面，最好将干燥/预热炉 10、第一还原炉 20 和第二还原炉 30

中每一个的净空区的气体速度保持是用于在相关炉子中流态化具有平均粒度的铁矿石颗粒所需最小气体速度的 1.0 至 3.0 倍之间。

对于干燥/预热炉 10，第一还原炉 20 和第二还原炉 30，炉子中的压力降最好在 0.3 至 0.6 个大气压的范围内，而在炉子中的温度降最好为 30 至 80 °C。最好还要使供给第二还原炉 30 的气体的压力和温度分别为 2 至 4 个大气压和 800 至 900 °C。

铁矿石颗粒在每个炉子中的停留时间最好为 20 至 40 分钟。

虽然本发明的方法是按照用三级流态化床型还原设备还原细铁矿石来描述的，但是它也可以在两级流态化床型还原设备中来还原细铁矿石。如上所述，两级流态化床型还原设备的结构与三级流态化床型还原设备的结构基本上相同，只是它只包括一个还原炉。在采用两级流态化床型还原设备的情况下，在干燥/预热炉中经过干燥和预热的铁矿石在唯一的炉子中几乎完全被还原。

在此情况下，干燥/预热炉或唯一的还原炉的净空区内的气体速度最好保持为是用于在相关炉子中流态化具有平均粒度的铁矿石颗粒所需最小气体速度的 1.0 至 3.0 倍。

对于干燥/预热炉或唯一的还原炉而言，在炉子中产生的压力降最好为 0.3 至 0.6 个大气压，而在炉子中产生的温度降最好在 30 至 80 °C 的范围内。最好还要使供给还原炉的气体的压力和温度分别为 2 至 4 个大气压和 800 至 900 °C。

铁矿石颗粒在每个炉子中的停留时间最好为 30 至 50 分钟。

从上面的描述中可明显地看出，按照本发明所采用的每个炉子都被做成锥形，也就是说，炉子的直径朝向上的方向增加，从而能稳定地流态化粒度范围大的铁矿石颗粒。采用这种形状，就有可能不仅保证粗铁矿石颗粒的流态化，还可以更稳定地流态化细铁矿石颗粒，从而获得有效的细铁矿石还原。根据本发明，细铁矿石的还原是通过多个阶段（例如三阶段）完成的，此三个阶段包括干燥/预热阶段，第一还原阶段和第二还原阶段，它们都具有不同的工序。根据本发明，可以有效地利用从每个炉子中产生的废气，从而减少燃料消耗。

现在将更详细地说明，为什么用按照本发明的炉子结构能有效地还

原细铁矿石的原因。由于本发明的炉子的截面积是朝着炉子的上端逐步加大的，炉子中的气体速度朝着炉子的上端逐渐减小。因此，大部分分布于装在炉子下部分配器附近的粗铁矿石颗粒可在高的气体速度下很好地被流态化。另一方面，大部分分布在炉子上部的细铁矿石颗粒可以在被遏制成不扬析时在中/低气体速度下被恰当地流态化。因此，不管粒度如何，铁矿石颗粒在炉子中的停留时间可以保持不变。于是，粒度范围宽的铁矿石可以在保持稳定的流态化状态的同时被有效地还原。本发明的还原设备包括按顺序布置的多级流态化床型炉子，即，用于干燥和预热细铁矿石的干燥/预热炉，用于预还原经过干燥/预热的细铁矿石的第一还原炉，以及用于最终还原经过预还原的铁矿石颗粒的第二还原炉。在此设备中，将从每个炉子中产生的废气用作前面的还原阶段的还原气体，从而增大了还原气体的利用率。因此，本发明的设备和方法提供了有重大意义的经济效益。

参考下面的例子，可以更好地了解本发明；但是，只打算用此例子来说明本发明，并不能将其认为是对本发明的范围的限制。

实施例

现在准备了一套具有如图 2 所示结构的流态化床型还原设备。此流态化床型还原设备具有下列尺寸：

1) 每个流态化床型炉子（干燥/预热炉，第一还原炉和第二还原炉）的内径和高度

- 圆锥形段下端的内径： 0.3m；
- 圆锥形段的高度： 1.9m；
- 圆锥形段上端的内径： 0.7m；
- 每个圆柱形段的高度： 2.0m；
- 圆锥形段的锥角； 6°

然后将细铁矿石装入如上所述制造的流态化床型还原设备的干燥/预热炉 10 中，同时通过都装在第二还原炉 30 上的第三气体入口 31 和第三气体分配器 32 将还原气体送往第二还原炉 30。

细铁矿石在由还原气体形成起泡的流态化床的同时被还原和预热。在已经干燥和预热以后，将铁矿石送往第一还原炉 20，它们在该炉子中

又被预还原。在已经被预还原以后，将铁矿石送往第二还原炉 30，然后使其被最终还原。此后将来自第二还原炉 30 的铁矿石送往熔炉燃气发生器 80。在熔炉燃气发生器中，铁矿石被熔化。在上述过程中采用了下列条件：

2) 铁矿石颗粒的加入与排放

- 细铁矿石的成份

T.Fe:62.36%，SiO₂:5.65%，Al₂O₃:2.91%，S:0.007%，以及 P：

0.065%；

- 颗粒尺寸范围

小于 0.25mm=22%；0.25mm~1.0mm=28%，以及 1.0mm ~ 5.0mm = 50 %；

- 进料速度

20kg/min

- 第三矿石排放口的排放速度

14.3kg/min

3) 还原气体：

- 成份：CO：65%，H₂:25%，以及 CO₂+H₂O:10%；

- 温度：850℃左右；以及

- 压力：3.3kgf/cm²

4) 每个炉子（干燥/预热炉，第一还原炉和第二还原炉）中的气体速度

- 圆锥形段下端的气体速度：1.5m/s，以及

- 圆锥形段上端的气体速度：0.27m/s

从开始还原经过了 60 分钟以后，开始排放经过还原的铁矿石。在此试验中，气体的平均利用率约为 25%，而平均还原率则为 87%。由粉尘状铁矿石的扬析引起的铁矿石损耗为 0.5%。根据这一结果可以得出下述结论，即与铁矿石的损耗一贯为 8% 至 10% 的传统圆柱形流态化床相比，本发明大大地减少了铁矿石的损耗。

从上面的说明中可以明显地看出，本发明，一种流态化床型还原设备和一种用该设备还原铁矿石颗粒的方法，能够在还原炉中遏制粉尘状

铁矿石的扬析，从而减少铁矿石的损耗，同时提高还原率。根据本发明，还原设备包括三座流态化床型炉子，从而提高了废气的利用率，并减少燃料消耗。

虽然为了说明的目的已公开了本发明的优选实施例，但是那些熟悉本领域的技术人员都应当明白，在不脱离所附权利要求书中所公开的范围和精神的前题下可以有各种改进、补充和删减。例如，虽然本发明是联系两级或三级流态化床型还原设备和利用此设备的还原方法而作出说明的，但是它也可以用于至少能在四个流态化阶段中还原铁矿石颗粒的还原设备和方法。

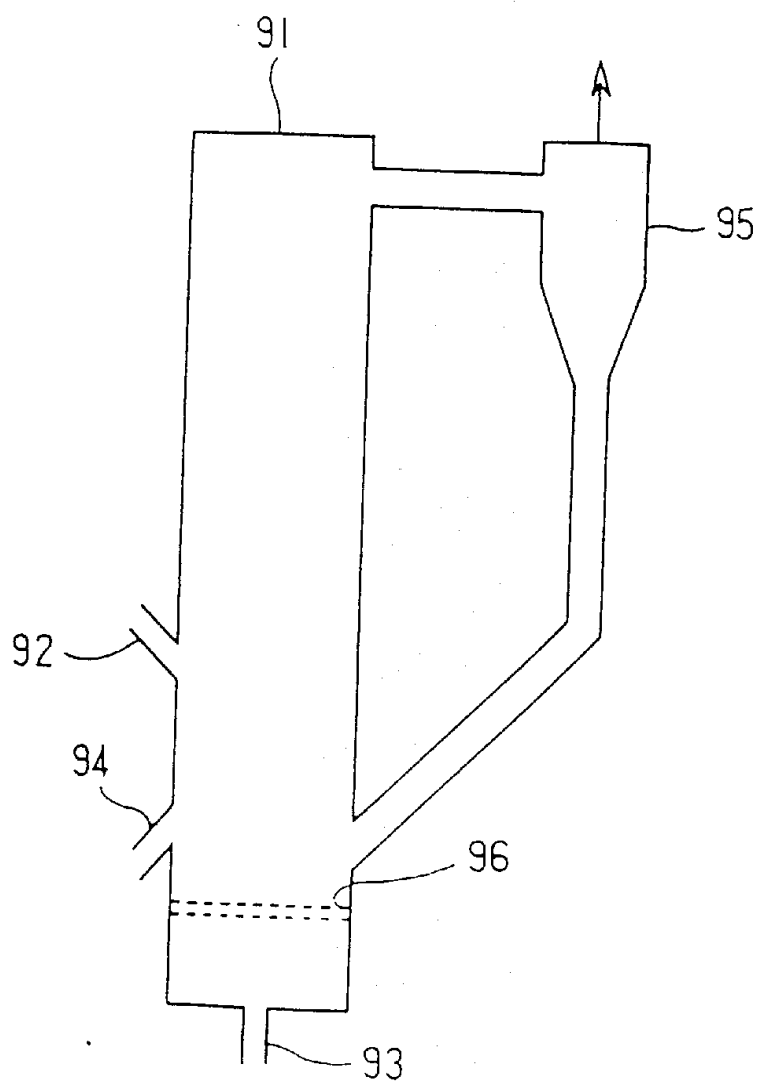


图 1

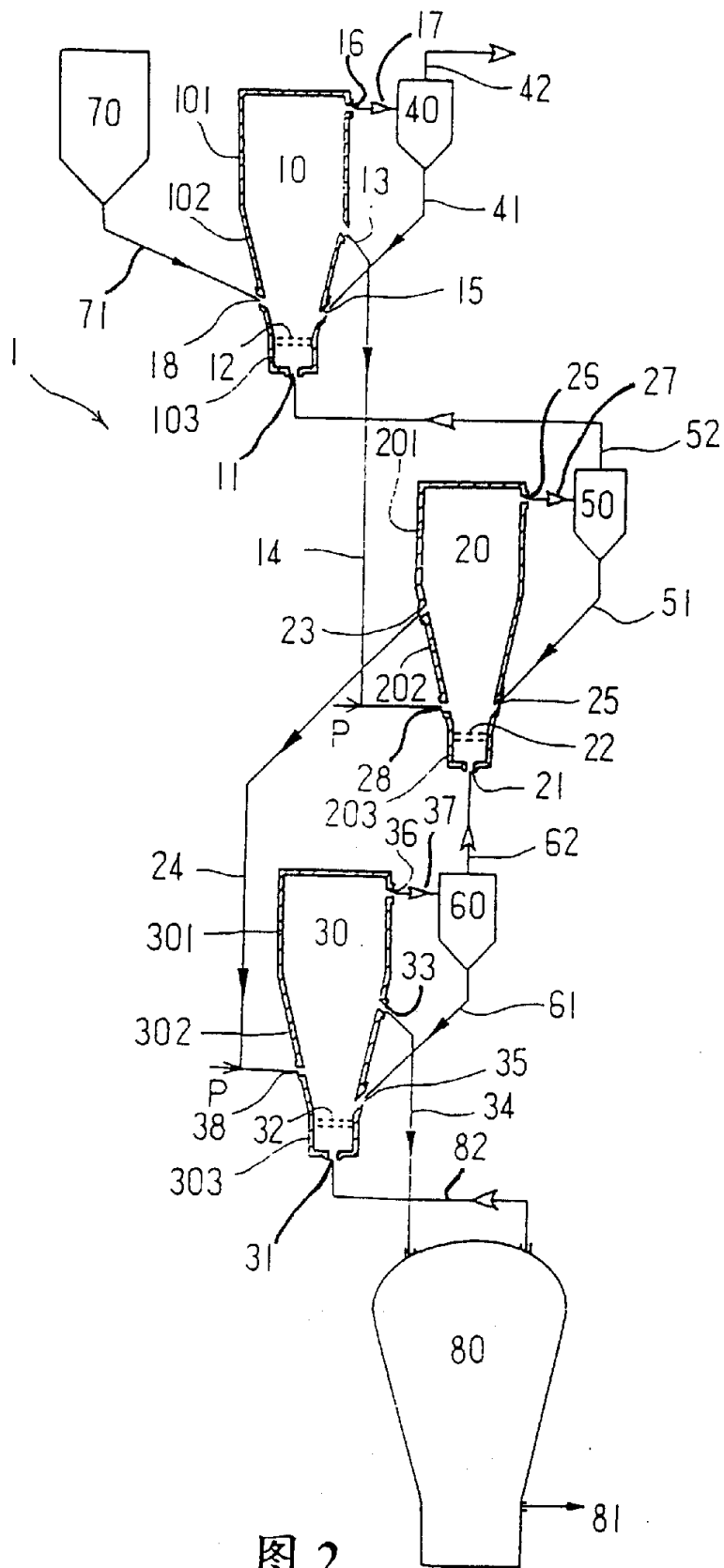


图 2