

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 97194517.9

[45]授权公告日 2002 年 3 月 6 日

[11]授权公告号 CN 1080315C

[22]申请日 1997.3.13 [24]颁证日 2002.3.6

[21]申请号 97194517.9

[30]优先权

[32]1996.3.15 [33]JP [31]59801/96

[32]1996.9.27 [33]JP [31]257114/96

[32]1996.9.27 [33]JP [31]257115/96

[32]1996.9.27 [33]JP [31]257116/96

[32]1996.9.27 [33]JP [31]257117/96

[32]1996.9.27 [33]JP [31]257118/96

[86]国际申请 PCT/JP97/00806 1997.3.13

[87]国际公布 WO97/34018 英 1997.9.18

[85]进入国家阶段日期 1998.11.10

[73]专利权人 株式会社神户制钢所

地址 日本兵库县神户市

[72]发明人 根上卓也 国井和扶 稻叶晋一

清水正贤 小林勋 竹中芳通

松村俊秀 浦上昭 鲸井隆司

土屋脩 杉山公男 伊东修三

菊池晶一

审查员 徐 川

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

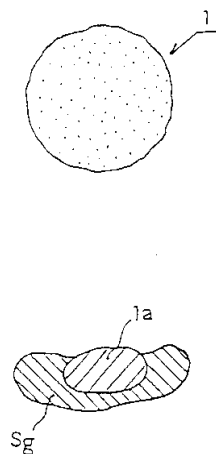
代理人 卢新华 罗才希

权利要求书 5 页 说明书 41 页 附图页数 18 页

[54]发明名称 生产金属铁的方法及设备

[57]摘要

本发明涉及一种生产金属铁的方法,其中用含有氧化铁如铁矿石等物及碳质还原剂如煤等物的压块为原料,并通过加热使氧化铁还原。从而产生金属铁。在此还原过程中,在压块表面生成由金属铁构成的外壳,并不断增大,而渣在壳中聚集。此还原持续到金属铁壳中基本上无氧化铁为止。接着,进一步加热以使金属铁和渣熔化。金属铁水与熔渣相互分离,从而得到金属化率很高的金属铁。通过使用本发明的生产金属铁的设备,能有效地实施上述方法,而且不仅可用高铁含量的氧化铁,而且可用铁含量很低的氧化铁连续而高产地产出高纯度的金属铁。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1. 金属铁的制造方法，它包括
加热起始压块，从而形成被还原的压块；
其中所述的起始压块包括：

- 5 (i) 氧化铁
 (ii) 碳质还原剂；
 而所述的被还原的压块包括：
 (iii) 外壳，它包括金属铁及
 (iv) 所述外壳中的熔渣

10 并使金属铁与所述熔渣分离。

2. 权利要求 1 的方法，其中所述金属铁与所述熔渣的分离是通过
加热所述被还原的压块，从而使所述外壳的一部分熔化，并且让所述的
渣从所述外壳中流出。

15 3. 权利要求 2 的方法，其中在加热分离金属铁过程中所述外壳中
的金属铁被渗碳，从而降低了含有金属铁的所述外壳的熔点。

4. 权利要求 1 的方法，它还包括
使所述的渣形成聚集物；和
使所述聚集物与所述金属铁分离。

20 5. 权利要求 2 的方法，其中所述的加热是在不低于所述渣的熔点，
而高于所述金属铁的熔点的最高温度下进行。

6. 权利要求 1 的方法，还包括加热所述被还原的压块，从而熔化
所述金属铁，并使所述金属铁与所述熔渣分离。

25 7. 权利要求 1 的方法，其中在加热期间，所述氧化铁的还原是首
先经固相还原，然后是经液相还原，而所述加热持续到基本上无氧化铁
存在为止。

8. 权利要求 1 的方法，其中所述的被还原的压块含 5%（重量）或
更少的 FeO。

9. 权利要求 8 的方法，其中所述的被还原的压块含 2%（重量）或
更少的 FeO。

30 10. 权利要求 1 的方法，其中所述的外壳是封闭而连续的。

11. 权利要求 1 的方法，其中所述的加热在 1350 到 1540℃ 的温度
下进行。

12. 权利要求 1 的方法，其中所述的起始压块是粒状或团块状的，而且在其沿水平方向移动的同时，通过加热而经受还原。

13. 权利要求 12 的方法，其中所述的起始压块被置于铁带上，然后所述起始压块在沿水平方向移动的同时，通过加热而经受还原，所述
5 铁带有边缘部分，在铁带的所述边缘部位处形成挡板，以防止所述起始压块从所述铁带上落下。

14. 权利要求 1 的方法，其中所述起始压块为粒状或团块状，而且当其被置于水平板上的同时，通过加热而经受还原。

15. 权利要求 1 的方法，其中所述起始压块为粒状或团块状，而且
10 在其滚动的同时，通过加热而经受还原。

16. 权利要求 1 的方法，其中所述起始压块为粒状或团块状，而且在其下落的同时，通过加热而经受还原。

17. 权利要求 1 的方法，其中所述起始压块为细长状，而且在其以竖直方位向下移动的同时，通过加热而经受还原。

18. 权利要求 17 的方法，其中连续形成细长状的起始压块，并将其送入通过加热而进行还原的区段中。

19. 权利要求 17 的方法，其中所述细长状的起始压块包含用作其支撑体的铁网。

20. 权利要求 17 的方法，其中所述细长状的起始压块包含用作其
20 芯的铁棒或丝。

21. 权利要求 1 的方法，其中所述起始压块为细长状，并在其沿斜面下移时，通过加热而经受还原。

22. 权利要求 21 的方法，其中在铁带上将所述起始压块连续送入通过加热进行还原的区段。

25 23. 制造金属铁的设备，包括：

(a) 热还原设备，用于加热起始压块获得被还原的压块，

其中，所述起始压块包括：

(i) 氧化铁

(ii) 碳质还原剂；

30 而所述的被还原的压块包括：

(iii) 外壳，它包括金属铁及

(iv) 所述外壳中的熔渣；和



- (b) 加热-熔化设备, 用于使含有金属铁和渣的所述壳熔化; 及
- (c) 分离器, 用于使该熔化的金属铁与熔渣分离。

24. 权利要求 23 的设备, 其中所述起始压块为粒状或团块状, 而所述热还原设备包括在该起始压块沿水平方向移动的同时, 通过加热使之还原的机构。

25. 权利要求 24 的设备, 其中所述机构包括循环转动构件及位于所述转动构件上的并用于将起始压块置于其上的炉床。

26. 权利要求 25 的设备, 其中所述的炉床在其上设置有以一定的间隔的分离构件, 以防止起始压块与其它压块之间的粘附。

27. 权利要求 26 的设备, 其中所述分离构件包括脱硫剂。

28. 权利要求 23 的设备, 其中所述的加热-熔化设备包括倾斜底板, 用于当所述被还原的压块在其上滚动或滑动的同时, 通过加热使该被还原的压块熔化。

29. 权利要求 23 的设备, 其中所述起始压块为粒状或团块状, 而所述热还原设备包括一种当该起始压块被置于水平板上的同时, 通过加热使其还原的机构。

30. 权利要求 29 的设备, 其中所述热还原设备包括:

具有水平板的送料构件, 用于间断地输送放在所述水平板上的起始压块;

加热机构, 用于加热起始压块得到被还原的压块; 和
卸料构件, 用于将被还原的压块从所述送料构件中卸下。

31. 权利要求 30 的设备, 其中所述卸料构件是一种用于使所述送料构件的位置能在水平位置和倾斜位置间交替变动的倾动构件。

32. 权利要求 30 的设备, 其中所述的卸料构件是一种用于将被还原的压块从所述送料构件上推出的推动构件。

33. 权利要求 30 的设备, 其中一种铁支撑物被置于所述送料构件上, 并适于与被还原的压块一起被卸下。

34. 权利要求 30 的设备, 其中设置有分离物件, 并以一定间隔置于所述输送料构件上, 从而防止起始压块和被还原的压块之间的粘附。

35. 权利要求 34 的设备, 其中所述分离构件包括脱硫剂。

36. 权利要求 30 的设备, 其中所述加热-熔化设备包括倾斜底板, 用于当被还原的压块于其上滚动和滑动的同时, 通过加热熔化该被还原

的压块。

37. 权利要求 23 的设备，其中起始压块为粒状或团块状，而所述热还原设备包括一种使起始压块滚动的同时，通过加热使该压块还原的机构。

5 38. 权利要求 37 的设备，其中所述热还原设备包括：

滚动机构；

用于加热起始压块的热还原构件，所述滚动机构包括使该压块在其上滚动的表面；以及

将该被还原的压块从所述表面卸下的卸料装置。

10 39. 权利要求 38 的设备，其中所述热还原-熔化设备包括所述热还原设备及所述加热熔化设备的一体化装置，所述热还原-熔化装置包括：

滚动机构；

15 用于通过加热使起始压块还原并熔化被还原的压块的机构，所述滚动机构包括用于使起始压块和被还原的压块沿倾斜方向逐渐向下滚动的倾斜表面；及

用于将被还原的压块从所述倾斜表面卸下的卸料装置。

40. 权利要求 38 或 39 的设备，其中所述的滚动表面由槽状构件的内表面构成。

20 41. 权利要求 40 的设备，其中所述槽状构件的内表面为弧形、V 形或 U 形。

42. 权利要求 38 或 39 的设备，其中所述表面包括具有弧形、V 形或 U 形的槽状构件的内表面，并沿该槽状构件的长度方向倾斜。

25 43. 权利要求 23 的设备，其中起始压块为粒状或团块状，而所述热还原设备在当起始压块下落的同时，通过加热将其还原。

44. 权利要求 43 的设备，包括热还原-熔化设备，该设备包括所述热还原设备及所述加热熔化设备的一体化装置，其中所述热还原-熔化设备包括：

使粒状压块下落的下落空间；及

30 用于当粒状的起始压块和被还原的压块下落的同时，通过依次加热，使起始压块被加热而得到所述被还原的压块并熔化粒状的被还原压块的加热构件。

45. 权利要求 44 的设备，其中所述分离器包括没入的堤堰，用于接收从上方落入其一侧的熔渣和铁水以及将熔渣从其一侧排出，而将铁水从其另一侧排出。

46. 权利要求 23 的设备，其中起始压块为细长状，而所述热还原设备在当起始压块以竖直方位向下移动的同时，通过加热将其还原。

47. 权利要求 23 的设备，其中起始压块为细长状，而所述热还原设备包括向下倾斜的表面，用于使起始压块沿所述向下倾斜表面移动的同时，通过加热使其还原。

48. 权利要求 46 或 47 的设备，其中在所述热还原设备的原料送入侧设置有助于连续形成细长压块的设备。

49. 权利要求 23 的设备，它还包括运送可用于输送其上的起始压块的铁带的装置，置于所述铁带上的起始压块通过加热而经受还原和熔化。

50. 权利要求 49 的设备，其中起始压块为粒状或团块状，而所述铁带具有边沿部位，在其边沿部位形成挡板，以防止起始压块从所述铁带落下，所述铁带将其上的起始压块沿水平方向送入热还原炉中，以通过加热还原该起始压块。

51. 权利要求 49 的设备，其中起始压块为细长状，还包括：
成形装置，用于连续成形细长状的起始压块；及
将该细长状的起始压块送到所述铁带上的装置。

说明书

生产金属铁的方法及设备

技术领域

- 5 本发明涉及一种获得金属铁的方法，按该法通过用含碳物料作还原剂，经加热使含在铁矿石等物中的氧化铁经受还原。本发明更具体说是涉及一种生产高纯金属铁的有效方法，按该法，铁的氧化物被有效地还原成金属铁，而含于铁的氧化物源如铁矿石中的包括脉石等物的渣组分同时被熔化，并与金属铁完全分离，本发明还涉及于本发明的工业化生产金属铁的方法和设备。

背景技术

- 15 生产直接还原铁的常规方法是用还原性气体将含氧化铁的铁矿石或球团直接还原而得到还原铁，以 Midrex 法为代表的竖炉法是一个例子。在这种类型的生产直接还原铁的方法中，由天然气等物制成的还原气体强制地从位于竖炉底部的风咀进入竖炉，以还原铁的氧化物，从而得到还原铁。

- 20 近年来，特别使人感兴趣的一种生产还原铁的方法是用诸如煤之类的碳质物料取代天然气。这种方法已被付诸实践，而且被叫做 SL/RN 法，按该法，用煤作还原剂，通过加热使经焙烧的用铁矿石制的球团还原。

US. 3, 443, 931 公开了另一种生产还原铁的方法，按此法，将粉碎的铁矿石和粉碎的煤的混合物烧结，然后通过回在回转炉中于高温气氛中加热使这种经烧结的物料还原，结果得到还原铁。

- 25 用上述方法制得的还原铁作为铁源直接地，或以压块的形式加到电炉中。由于近年来回收利用的废钢的趋势增长，所以对还原铁特别感兴趣，这里因为它可用作废钢中所含杂质的稀释剂。

- 30 但是，常规方法不包括将含于铁矿石等物和碳质物料（如煤等物）中的成渣组分如 SiO_2 、 Al_2O_3 及 CaO 与所产生的铁水分离。因而，所得的还原铁含铁量相当低（金属铁中的铁纯度低）。在实际生产中，这些渣组分是在后续的精炼过程中被分离和去除的。但渣量增加不仅降低了精炼铁水的产率，而且还增加了电炉的运行成本。因而，要求还原铁是富铁的，而且渣组分的含量相当低。为满足这些要求，则上述的生产

还原铁的常规方法就必须采用富铁的铁矿石，这就使得对炼铁原料的选择性变窄。

5 另外，上述常规方法的目的是要获得作为炼铁工序中的中间产物的经还原的固体产物。因而，在将还原铁送往下一精炼过程之前，就需如运输、贮存、形成团块及冷却等附加步骤。这些步骤包括大量的能量损失，而造块步骤需要过量的能量及特殊的装备。

10 此外，熔融还原法如 DIOS 法是已知的，按该法将铁的氧化物直接还原而得到铁水。按此法，将铁矿石预还原至约 30 - 50 % 的铁纯度，然后在铁熔池中使铁水经受碳的直接还原反应，从而得到金属铁。但此法有些问题：由于需要两个步骤，即在熔池中的预还原和终还原，所以使作业变得复杂，此外，由于铁熔池中的熔融的铁的氧化物（FeO）与炉子的耐火材料直接接触，从而使耐火材料明显受损。

15 日本专利公开 56 - 19366 公开了一种方法，其中通过加热，使金属氧化物、固体碳质材料和造渣材料的烧结块还原，从而将被还原的金属封在渣壳之中，同时又保持烧结块的形状，然后熔化渣壳，以使金属与渣分离。这种方法必须产生足量的渣来将被还原的金属铁完全封住，以防金属铁再氧化。因而必须增加造渣材料的含量。此外，此法可能生成 FeO 含量相当高的渣，这样，在实际应用中，就产生了明显损坏设备耐火衬的严重问题。

20 因此，获得一个生产含渣组分相当低的金属铁的方法是十分重要的，因为此法为金属铁产品增加了更多的价值，降低了电炉的运行费用，及提供了对原材料的灵活选择。

25 由于含大量氧化铁的渣熔化耐火材料，为将耐火材料的损坏保持最小，因此在工业上能实施这种炼铁工艺，即在还原过程中能减少伴生的渣中的氧化铁含量的炼铁工艺是十分重要的。

发明内容

30 鉴于以上所述完成了本发明。本发明的目的在于提供一种用于炼铁的方法和设备，按该法和设备中，能容易和有效地用铁含量相当低或相当高的铁矿石生产固态或液态的并且很纯的金属铁，并不会因熔融的氧化铁与炉子的耐火材料直接接触而损坏耐火材料。

按照本发明的炼铁方法，通过加热使与碳质还原剂一起被压制的铁的氧化物还原，从而得到金属铁，该法有如下几种情况：

(1) 借助于因加热而发生的还原, 产生和形成含金属铁的外壳。通常这种还原持续到该壳中基本上无氧化铁存在为止, 而在此期间, 渣在壳中聚集。

5 (2) 借助于因加热而发生的还原, 产生和增大金属铁外壳, 这种还原持续到壳中基本上无氧化铁存在为止, 而加热则还要持续到使产生于此壳中的渣自壳中流出为止。

(3) 借助于因加热而发生的还原, 产生和增大金属铁的外壳, 而且这种还原持续到壳中基本上无氧化铁时为止, 而加热持续到使熔融的金属铁与熔渣分离。

10 (4) 借助于因加热而发生的还原, 产生和形成金属铁外壳, 而且这种还原持续到壳中基本上无氧化铁为止, 而在此过程中, 壳中聚集了渣, 然后使这种聚集的渣与金属铁分离。

为使上述的情况(2)具体化, 将金属铁壳的一部分熔化, 以便使熔渣从壳的内部流出。在此情况下, 或为了使上述情况(3)具体化, 15 在存有碳质还原剂时持续进行渗碳, 从而降低金属铁外壳的熔点, 借此迅速将部分和全部金属铁壳熔化。

当使上述(1) - (4)中任一情况具体化时, 可将用于进行还原的最高加热温度控制在不低于伴生的渣的熔点, 而又不高于金属铁壳的熔点, 以便更有效地进行生成金属铁的反应。这个还原步骤可以是固相 20 还原 - 铁的氧化物通过此而还原, 也可以是液相还原, 该还原持续进行到基本上没有主要由 FeO 构成的铁的氧化物为止, 借此可提高所得的金属铁的纯度。

下文中所用的术语“还原持续到金属铁壳中基本上不存在铁的氧化物为止”指的是, 按定量而论, 通过加热而进行的还原持续到主要由 25 FeO 构成的铁的氧化物的含量最好是降到 5 % (重量) 或更少, 更优选是降到 2 % (重量) 或更少。按不同的观点, 这也意指因加热而进行的还原持续到与金属铁相分离的渣中的主要是 FeO 构成的铁的氧化物的含量最好不大于 5 % (重量), 更优选是 2 % 或更少。

这样得到的高铁纯度的金属铁及伴生的渣可通过进一步加热而熔 30 化, 从而因比重差而彼此分离。可供选择的是, 可通过急冷使之凝固, 再经破碎, 以便使用磁力使金属铁与渣分离, 或用其它的任何筛分法使之分离。这样就能得到金属化率不少于 95 %, 或在某些情况下不少于 98

%的高铁纯度的金属铁。

在实施上述的本发明的方法时，含有碳质还原剂的氧化铁压块可以是粒状的或是团块，而且可以下列任何方式进行还原：

1) 使该压块沿水平方面移动。

5 2) 将该压块置于铁带上，在该带的两边缘部位设有挡板以防压块从铁带上落下，压块沿水平方向移动。

3) 将压块置于水平表面上。

4) 使压块翻滚。

5) 压块落下。

10 此外，还可以下列任何方式，通过加热使压块被拉长或缩短。

6) 使被拉长的压块沿垂直方向下落。

方式6) 可按如下具体化：

6-1) 连续制备细长的压块，然后将其供入因加热而进行还原的区段，该细长的压块包括：

15 6-1-1) 铁制的，并包装此细长压块的支撑网。

6-1-2) 作为压块芯的铁条。

最好采用上述的铁网或铁条，因为它防止细长的压块在其向上移动时，因其自重而于其中间部位断裂。

7) 使细长的压块沿一倾斜表面向下移动。

20 方式7) 可按如下具体化：

7-1) 将细长的压块置于铁带之上，然后连续送入因加热而进行还原的区段。

通过采用上述任何方式，就更有效地实施了上述的生产金属铁的方法。

25 用于按本发明生产金属铁的设备，实施了上述生产金属铁的方法，它具有以下基本结构。

通过加热而还原含有碳质还原剂的氧化铁压块来生产金属铁的设备包括：

30 热还原设备，它用于通过加热还原压块，从而形成含金属铁的外壳及壳内的渣；

用于熔化外壳及渣的设备；及

将铁水与熔渣分开的分离器。

在上述的生产金属铁的设备中，当压块为粒状或团块时，则上述热还原设备可包括在使压块以水平方向移动的同时，通过加热使之还原的机构。这种机构的较佳实施方式是一种循环的回转机构，该机构包括循环的回转构件及位于该构件之上的，用于将压块置于其上的炉床。可按一定的间隔在炉床上设置分离构件，以防压块相互粘结。这种分离构件最好用脱硫剂构成，以便在经过加热而进行还原的过程中还进行脱硫。

上述机构还可以铁带的形式具体化，该带包括在其两边缘形成的挡板，以防压块从铁带上落下，该铁带用于沿水平方面输送其上的压块并使之在水平输送的过程中因加热而被还原。

上述熔化设备的较佳实施方案还包括用于使被还原的压块在其上滚动或滑动的、及用于经加热而熔化这些滚动或滑动压块的倾斜底板。

当压块为粒状或是团块时，这种热还原设备的另一优选实施方案可包括送料构件，它包括水平板，该送料构件用于间断地将压块加在水平板上，该设备还包括用于将压块从送料构件卸下的卸料构件及用于加热此压块的加热机构。该卸料构件可以是倾动构件，它使送料构件的位置在水平位置和倾斜位置间交替变换，或是用于将压块从送料构件中推出，以便平稳地卸下压块的推动构件。

可在送料构件上设置铁支架，而且该支架适于与压块一起卸载。最好在送料构件上按一定的间隔设置分离构件（最好是用脱硫剂构成的）以防压块相互粘结。

送料构件的优选实施方案可包括一种铁带，以便连续地输送其上的压块，并使之经受加热还原。这就避免已还原的压块熔化及粘附地堆积在炉子的内表面上的问题。当采用此实施方案时，用于输送压块的铁带与还原的金属铁一起熔化，结果都变成铁水。

上述熔化设备的优选实施方案可包括倾斜的底板，它用于在使其上的压块滚动或滑动时，通过加热将其熔化。

为了更有效地通过加热进行还原，上述热还原设备最好可包括：

- 用于使压块滚动的同时，又通过加热使之还原的机构，或
- 滚动机构，它包括使压块在其上滚动的滚动表面，及将压块从滚动表面上卸下的卸料装置，以及用于加热压块的热还原构件。

可将上述的热还原设备和熔化设备一体化以构成热还原熔化设备，它包括滚动机构，该机构包括倾斜的滚动表面，以便使压块沿倾斜

方向逐渐滚下，该设备还包括用于将压块从倾斜表面卸下的卸料区段，该设备还包括通过加热使压块还原和熔化的机构。这就能通过加热使还原和熔化连续而有效地进行。

在上述热还原-熔化设备中，滚动表面最好包括具有弧形、V形或槽形的凹槽构件的内表面，而且该滚动表面沿该槽状构件的长度倾斜。这使加热还原和熔化能较平稳地进行。

接受粒状或结块状压块的热还原设备的另一实施方案可包括使压块下落，并通过加热使下落的压块还原的机构。可供选择的是，一体化地包括热还原设备及熔化设备的热还原-熔化设备还可包括使粒状压块下落的空间，以及用于在粒状压块下落的同时，通过后续的加热使之还原和熔化的加热构件。

分离器最好包括一没入的堤堰，它用于接受从上落在其一侧的熔渣和铁水，以及用于将熔渣自其一侧放出，而将铁水从其另一侧放出。这样就连续而快速地将熔渣和铁水相互分离。

当采用细长的压块时，该热还原设备可包括用于在细长的压块以垂直位置向下移动，或沿向下倾斜的表面移动的同时，通过加热使之还原的机构。这使得细长的压块在以垂直方位下移动，或沿向下倾斜表面下移时通过加热被连续还原。

当采用细长的压块时，可用送料器将细长的压块连续送到铁带上，以便连续地将铁带上的细长压块送入热还原设备中，于此，细长的压块因加热而还原。在此情况下，该铁带与产生于还原过程中的金属铁一起于熔化过程中熔化，然后以铁水的形态被收集起来。

本发明的用于生产金属铁的设备最好还包括用于输送运送其上的压块的铁带的装置，从而该装置将铁带上的压块供入热还原设备及熔化设备，以便通过加热将其还原和熔化。在此情况下，当压块为粒状或为结块时，该铁带可包括形成于其两边缘部的挡板，以防压块从铁带上落下，并可在该热还原设备中沿水平方向输送其上的压块，以便通过加热将压块还原。当压块为细长的形态时，可以提供使细长压块连续成形，并将细长的压块送于铁带上的装置，从而可连续形成细长压块并使之经受加热还原和熔化。所用的铁带在熔化设备中熔化，从而与通过还原而产生的金属铁熔合，然后以铁水的形态被收集起来。

附图简介

当联系附图进行考虑时,通过参照以下的详细描述则将更容易完全理解本发明及其很多附加的优点,其中:

图1(A)-(F)是压块的剖面图,它示意性地说明当实施本发明的方法时的还原反应的进程。

5 图2是展示在不同温度下经加热还原的球团的剖面的一组照片。

图3是一组照片,它展示了在1500℃的还原温度下,当还原时间改变时所看到的被还原的球团外观的变化。

图4是展示在1500℃的还原温度下,被还原的球团的金属化率与还原时间的关系曲线。

10 图5是展示在1500℃的还原温度下,渣组分的含量变化与还原时间的关系曲线。

图6是展示在1500℃的还原温度下,被还原的球团中的FeO含量变化与还原时间的关系曲线。

15 图7是展示在1500℃的还原温度下,被还原的球团中碳含量的变化与还原时间关系曲线。

图8是说明按照本发明一实施方案的还原炼铁法的示意性流程图。

图9是展示本发明的生产金属铁的设备的实施方案2的示意性剖面视图。

20 图10是展示本发明的生产金属铁的设备的实施方案3的示意性顶剖面视图。

图11是沿图10中的Z-Z和Y-Y线截取的示意性剖面视图。

图12是展示本发明的生产金属铁的设备的实施方案4的示意性剖面视图。

图13是沿图12中的A-A线截取的示意性剖面视图。

25 图14是展示本发明的生产金属铁的方法和设备的实施方案5的剖面视图。

图15是展示本发明的生产金属铁的方法和设备的实施方案6(采用悬浮法)的示意性剖面视图。

30 图16是展示本发明的生产金属铁的方法和设备的实施方案7(用还原过程中产生的还原气体作燃料)的示意性剖面视图。

图17是本发明的生产金属铁的方法和设备的实施方案8的示意性剖面视图。

图 18 是展示本发明的生产金属铁的方法和设备的实施方案 9 的示意性剖面视图。

图 19 是展示本发明的生产金属铁的方法及设备的实施方案 10 的示意性剖面视图。

5 图 20 是展示本发明的生产金属铁的方法及设备的实施方案 11 的示意性剖面视图。

图 21 是展示本发明的生产金属铁的方法及设备的实施方案 12 的示意性剖面视图。

10 图 22 是展示本发明的生产金属铁的方法及设备的实施方案 13 的示意性剖面视图。

实施本发明的最佳方式

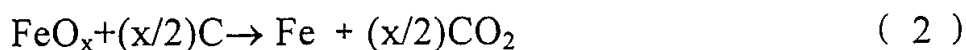
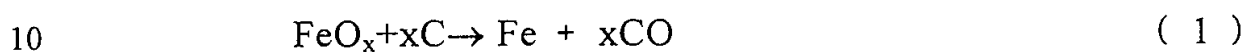
15 本发明的生产金属铁的方法包括将由含铁的氧化物的铁矿石及煤等起碳质还原剂作用的物质构成的粉碎的混合物压成颗粒、球团或任何其它的形状。此法的特点在于：通过加热进行还原产生金属铁外壳，并且该壳不断生长。还原持续到壳内基本上不存在氧化铁为止。

20 在研究可替代间接炼铁法，如使用高炉的方法，及替代直接炼铁法，如上文提及的 SL/RN 法的新的生产金属铁方法的过程中，本发明人发现：当在非氧化性气氛中加热粉碎的氧化铁和碳质还原剂的粒状、球团或任何其它形状的压块时，出现以下现象。当加热压块时，压块中所含的碳质还原剂以如下方式将氧化铁还原：从压块的周边持续还原，然后在还原前期生成的金属铁扩散，并在压块的表面上结在一起，结果在压块的周边上形成金属铁外壳。接着在该壳中有效地进行碳质还原剂对氧化铁的还原，从而在很短的时间内建立一种状态，即在壳中不存在任何氧化铁。这样产生的金属铁粘附在外壳的内表面上，由此，壳不断增大。另一方面，大部分副产物渣，在金属外壳中聚集，所述的渣是由含铁的氧化物源如铁矿石的脉石以及碳质还原剂中的灰分产生的。因此具有相当高的铁纯度，并构成该外壳的金属铁就可与聚集的渣有效地分离。

30 这种在还原过程中发生的、并将于下文通过参照照片陈述的现象被认为是按如下方式发生的。图 1 (A) - 1 (F) 展示了压块的剖面图，这些图示意性地说明在实施本发明的方法时发生的现象。当由含氧化铁的物料和碳质还原剂构成的、并具有图 1 (A) 所示形状的压块在非氧

化性气氛中被加热，比如加热到 1450 - 1500 °C 时，氧化铁的还原从压块 1 的周边开始进行，然后所生成的金属铁扩散并结成一体，从而形成金属铁壳 1a（图 1（B））。接着，由于继续加热，如图 1（C）所示，存在于壳 1a 中的碳质还原剂和由碳质还原剂与氧化铁间的反应而
5 生成的 CO 将壳 1a 中的氧化铁迅速还原。这样生成的金属铁 Fe 粘附在壳的内表上，由此，壳不断生长。另一方面，如图 1（D）所示，由上述脉石等物生成的大部分副产物渣 Sg，在由外壳 1a 所限定的腔体中聚集。

这种通过加热进行的还原由下式表达：



$$Y = y_1 + y_2 \quad (3)$$

其中 Y：还原所需的碳的化学当量（摩尔）

y_1 ：以式（1）表示的反应所需的碳量（摩尔）

15 y_2 ：以式（2）表示的反应所需的碳量（摩尔）

当用含氧化铁的物料和碳质还原剂制造压块时，这样调节氧化铁和碳质还原剂间的混合比调节到使碳质还原剂的量不小于以式（3）表示的理论当量。这使得加热还原能有效地进行。

如上所述，根据本发明，在还原前期，通过加热在压块 1 的周边上
20 形成金属铁壳 1a，然后在由壳 1a 所限定的内腔中进一步进行还原，从而大大提高还原效率。最好将还原的最高加热温度控制到不低于伴生的渣的熔点，而又不高于金属铁壳 1a 的熔点。若加热温度等于或高于金属铁壳 1a 的熔点，则所产生成的金属铁将立即熔融及聚集；因而形不成金属铁壳，并且不能有效地进行后续的还原反应。另外，若未还原的
25 熔融的氧化铁从金属铁外壳 1a 的内部流出，则它很可能损坏炉子的耐火材料。另一方面，当将还原的最高加热温度控制到不低于伴生的渣的熔点时，副产物渣融化并聚集，而金属铁扩散并结成一体；结果，如图 1（C）和（D）所示，金属铁壳 1a 因此而增大，同时使渣 Sg 与壳 1a 分离。

30 如上所述，本发明的关键特性在于“形成金属铁外壳，还原反应在其中有效地进行”，在常规的间接和直接炼铁法中，未利用此特性，而且该特性使通过加热的还原大为增强。金属铁壳 1a 因压块内所含的碳

质还原剂逐步还原此压块而不断增大。一旦形成了金属铁外壳 1a，则碳质还原剂及所生成的 CO 在壳 1a 中使还原持续。因此，通过加热而进行的还原所需的气氛不必是还原性的，但可以是非氧化性的气氛，如 N₂ 气氛，这与常规方法是明显不同的。

5 还原氧化铁所需的所有的还原剂均存在于球团中。无需任何的外加还原剂；在还原过程中既不需加固态的，也不需加气态的还原剂。在该工艺中所用的还原剂可以仅是存在于压块中的碳质还原剂。此外，金属铁壳可与炉中的气氛接触；无需覆盖或遮盖此外壳。

10 上述的通过加热而进行的还原基本上以固相还原的形式进行，它不会使金属外壳熔化。可以想见的是，由于以下原因，在还原反应的后期或末期，也进行液相反应。由于在金属铁壳 1a 内存有碳质还原剂和由该还原剂的还原反应而生成的 CO，所以可以相信在金属铁壳 1a 内保持着高度的还原性气氛，结果使还原效率明显提高。在这种高度还原性的气氛中，在壳 1a 内生成的金属铁被渗碳，从而使其熔点逐步下降。
15 结果，在还原反应的后期或末期，部分压块熔化，从而使氧化铁经受液相还原。通过设定比较低的还原温度，还原可全然以固相进行。然而，还原温度越高，则还原的反应系数也越高，因而较高的还原温度对于在短时间内完成还原反应是有利的。因此，此还原反应以液相还原而结束是符合要求的。

20 上述还原反应完成与否，可通过测量因加热还原而产生的气体气氛中的 CO 或 CO₂ 的浓度而确定。换言之，按适当的时间间隔从还原反应炉内抽出气体。当从此气体中未测到 CO 或 CO₂ 时，就表明还原反应完成。此法利用了这样的事实，即通过加热而进行的这种还原包括用碳质还原剂本身进行的还原反应和用因碳质还原剂和氧化铁间的反应所生
25 成的 CO 进行的还原反应。在氧化铁全部被还原后，就不再生成 CO 和 CO₂。

在实践中，无需将该反应持续到 CO 和 CO₂ 气体的释放完为止。本发明人已确认，这取决于用于还原的炉子的内部容积，但当炉子气体中的 CO 和 CO₂ 的浓度降到 2 %（体积）或更低时，就有不小于 95 %（重
30 量）的氧化铁被还原；当该气体浓度降到约 1 %（体积）或更低时，就有不少于 98 %（重量）的氧化铁被还原。

在图 1（D）所示的状态下，主要由 FeO 构成的、并含于压块中

铁的氧化物基本上全被还原成金属铁(氧化铁的含量即还原进程的标志, 通常不大于 5 % (重量), 而且经实验证明不大于 2 % (重量), 或不大于 1 % (重量), 而且一些主要由 FeO 构成的、并熔入熔渣 Sg 的内部聚集物中的铁的氧化物也大部被还原(渣内所含的、主要由 FeO 构成的铁的氧化物即还原进程的标志, 通常不大于 5 % (重量), 而实验证明不大于 2 % (重量) 或不大于 1 % (重量))。因此, 通过使压块在图 1 (D) 所示的状态下急冷, 用破碎机将其金属铁壳破碎, 再从渣中将金属铁磁选出来, 就可有效地得到铁纯度相当高的金属铁。另一方法是, 在建立了图 1 (D) 的状态后可以同样的温度或更高的温度继续加热, 借此将金属铁壳 1a 部分或全部熔化, 从而使渣与金属铁分离, 这将于下文描述。

当由于需要, 在建立起图 1 (D) 的状态后, 在稍高的温度下继续加热时, 部分金属铁壳 1a 比如象图 1 (E) 所示那样熔化。这使得伴生的渣 Sg 从壳 1a 内流出, 从而有助于金属铁与渣分离。另一方法是, 可持续加热以建立起图 1 (E) 所示的状态, 借以使全部金属铁壳熔化和集聚, 以便与事先已熔化和集聚的渣中分离。然后用破碎机等处理这样制得的、处于图 1 (E) 或 1 (F) 状态的物质, 以便只破碎易碎的渣, 而将金属铁以聚集态留下。将这种经破碎的物质用合适网眼的筛子过筛或经磁选, 从而很容易得到高铁纯度的金属铁。此外, 可利用金属铁和渣之间的比重差来使熔融的金属铁与渣分离。

金属铁壳不仅可在完成还原反应之后通过较高温度下加热而熔化, 而且还可以通过渗碳降低金属铁壳熔点而使之熔化。在金属铁壳中进行的还原的最后阶段, 强还原性的内部气氛使已还原的铁渗碳, 结果使已还原的铁的熔点下降。因此, 甚至通过保持这种还原温度不变, 金属铁壳也会因熔点下降而熔化。

本发明可用的碳质还原剂包括煤、焦炭或其它的类似的经干馏处理过的碳质材料、石油焦或任何其它形式的碳质材料。在实际应用中, 将矿物煤粉碎、过筛而得到待用的煤粉, 而且也将焦炭粉碎。此外, 比如作为废物收集起来的、含有碳质材料的高炉粉尘也可被使用。但是为了有效地通过加热进行还原反应, 欲采用的碳质还原剂的含碳量最好不少于 70 % (重量), 更优选的是不少于 80 % (重量)。然而, 诸如高炉粉尘之类的其中含有氧化铁和碳质还原剂的物料则不限于此量。比如,

在高炉粉尘的情况下，其含碳量可能不少于 20 %（重量）。此外，为增大碳质还原剂的比表面积，其粒度以不大于 2mm 为佳，更好是不大于 1mm。同样，为了通过增大铁矿石或含氧化铁物料的比表面积来提高还原反应的效率，其粒度以不大于 2mm 为好，更好是不大于 1mm。

5 按此实施方案，将氧化铁、碳质还原剂，需要时还有粘结剂均匀混合，然后形成团块、颗粒、料块、球团、棒或其它形式的压块，然后通过加热使所得的压块还原。混入的碳质还原剂的量不小于按理论上化学计算的、以上述式（1）-（3）表示的还原反应所需的当量。以式（1）和（2）表示的 y_1 和 y_2 的量随材料条件（化学成分、粒度、球团大小等）改变。但是理论的化学当量通过在规定温度下还原球团的小型还原设备中测定所产生的气体中的 CO 和 CO₂ 的浓度而定。球团随碳质还原剂加入，还原剂的量稍大于按式（1）还原所需的量。碳质还原剂最好在考虑到消耗量或为使金属铁壳熔点降低的渗碳量的情况下以超量地使用。

15 如上所述，加热还原期间的最高温度不低于副产物渣的熔点，又不高于金属铁壳的熔点。但是未必能足以绝对地预定最高温度，因为渣的温度随铁矿石或其它氧化铁源中所含的脉石量及随渣中所含的氧化铁量而变。但还原温度最好为 1350 - 1540 °C，优选为 1400 - 1540 °C，更优选为 1430 - 1500 °C。这种还原温度范围产生的金属铁在金属化率方面，铁纯度高达 95 %（重量）以上，一般不低于 98 %（重量），最好时不低于 99 %（重量）。

20 至于副产物渣，其主要由 FeO 构成的铁的氧化物的含量降至不大于 5 %（重量），一般不大于 2 %（重量），或在更为适宜的加热还原的条件下，不大于 1 %（重量）。这个特点对于防止因熔融的氧化铁与炉子的直接接触而引起的对炉壁耐火材料的损坏是有益的。按照上述的常规还原炼铁法，当铁矿石等物中所含的氧化铁经加热被碳质还原剂还原时，或经还原而得的金属铁与伴生的渣分离时，大量的、主要由 FeO 组成的铁的氧化物留在渣中未被还原，结果引起对炉子耐火材料的破坏。按照本发明，渣中所含的、主要由 FeO 组成的铁的氧化物大部分被还原，从而几乎没有，或即便有，量也是很少的氧化铁留在渣中未被还原。因而不仅在还原步骤中，而且在后续的渣分离步骤都不会出现破坏炉子耐火材料的问题。

由于如此获得的金属铁的铁纯度相当高，而且不含渣组分，因此，只要它作为炼钢过程中的稀释剂，就可被原封不动地使用。但是，由于这种金属铁含大量的杂质，如硫和磷，所以，若这些杂质带来任何问题，则需将其精炼，以便减少这些杂质。此外，可调整金属铁的碳含量。

5 该金属铁可形成连续的封闭的壳。在这种状态下，若不是全部也是大部分还原的铁以单片或块状与渣分离。即使该壳部分或完全被熔化后，大部分还原的铁仍为单片或块状。

当实施本发明时，最好不使生成的金属铁壳在熔渣聚集时熔化，而且在使渣与金属铁分离的后续步骤中，也不使金属铁熔化。这种作法将使所得的金属铁中所含的硫和磷的量减至最小。下面将描述这种作法的机理。还原完成之后，如果金属铁与熔渣一起熔融，则熔渣中所含的部分硫和磷会与熔融的金属铁相混。但，若在还原步骤或后续的渣分离步骤，为使渣与金属铁分离而使金属铁保持固态，仅渣被熔化时，则碳质还原剂，如煤中所含的硫和磷就溶于熔渣中，而后与渣一起被去除，从而
15 而使进入金属铁的硫和磷减至最少。

下面以实施方案的方式详述本发明，这些实施方案不构成对本发明的限制。不违背本发明的要旨的变化和改进都是可能的。

实施方案 1：

将成分示于表 1、平均粒径不大于 $45\mu\text{m}$ 的煤粉（碳质还原剂）、
20 铁矿石（含铁物料）和粘结剂（膨润土）以表 1 中所示的混合比混合。将所得的混合物制成直径 17mm 的大致为球形的球团。使这样制成的球团在非氧化性气氛中于 1400°C 、 1450°C 及 1500°C 加热还原 20 分钟，然后冷却。观察这种还原球团的截面。图 2 展示了其截面的典型照片。在所有表中“T”表示“总合”，“M”表示“金属”。

25

30

表 1
造球条件

铁矿石	混合比 (%) 80.3	T.Fe (%) 69.7	FeO (%) 38.5	SiO ₂ (%) 1.7	Al ₂ O ₃ (%) 0.44	CaO (%) 0.5
煤	混合比 (%) 18.5	总碳 (%) 83.5	固定碳 (%) 78.4	挥发分 (%) 17.1	灰分 (%) 4.5	
粘结剂	混合比 (%) 1.2	SiO ₂ (%) 69.2	Al ₂ O ₃ (%) 14.7	CaO (%) 0.9		
球团	T.Fe (%) 56.1	总碳 (%) 15.4	挥发分 (%) 14.4	SiO ₂ (%) 3.3	Al ₂ O ₃ (%) 0.9	CaO (%) 0.5

由图 2 可知，在经 1400 ℃ 和 1450 ℃ 的温度下加热还原的球团中，金属铁壳在其表面上形成，同时金属铁在积累时粘附在该壳的内表面上，而渣与该壳分离地聚集在该壳所限定的内部空间中。在经温度 1500 ℃ 的加热还原的球团中，似乎在还原反应完成后，金属外壳一旦形成就熔化，然后熔融的金属铁和熔渣分别凝固成相互分离的有金属光泽的金属铁和玻璃体（图 2 中相应的照片仅表示经破碎去除渣后而得的金属铁）。表 2 示出了被还原的球团的化学成分，表 3 示出了玻璃状渣的化学成分。

表 2
被还原球团的化学成分
还原时间: 20 分

单位: % (重量)

还原温度	1400 °C	1450 °C	1500 °C
T.Fe	94.20	94.33	99.10
M.Fe	89.42	93.02	98.88
FeO	4.70	0.79	0.28
SiO ₂	2.21	1.44	0.22
Al ₂ O ₃	1.02	0.45	0.01
CaO	0.43	0.20	0.01
总碳	0.60	0.42	0.49
S	0.062	0.068	0.072
金属化率 (%)	94.93	98.61	99.78

5

表 3
玻璃体的化学成分

单位: % (重量)

M.Fe	FeO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
8.46	0.18	4.47	57.53	1.55

从表 2 可知, 在以 1500 °C 的温度还原的球团中, 椭圆形的、具有金属光泽的凝固的金属铁 (见图 2) 几乎不含任何渣组分。因而具有不小于 99 % (重量) 的金属化率的该还原的金属铁基本上与渣完全分离。另一方面, 在以 1400 °C 和 1450 °C 的温度还原的球团中, 仍保持金属铁壳, 而其化学成分似乎表明氧化铁还原不充分。但由图 2 可知, 在那些球团中, 金属壳已与壳中所集聚之渣分离。这意味着可通过下列方法得到高铁纯度的粒状金属铁: 通过破碎被还原的球团, 然后经磁分离收集金属铁; 以较高温度持续加热使部分金属铁壳熔化, 从而使熔渣自壳内流出, 再使金属铁与渣分离; 或以较高温度持续加热, 以使全部金属铁壳熔化, 然后使熔化的金属铁和熔渣彼此分开。

图 3 展示了在 1500 °C 的还原温度下, 还原时间由 3 分变到 15 分时所看到的球团外观的变化。表 4 展示了与每个还原时间相对应的还原球

团的化学成分。图 4 - 7 分别展示了金属化率、渣组分含量、氧化铁含量和碳含量随还原时间的各自变化。

表 4

还原时间对还原的球团化学成分的影响

单位: % (重量)

还原时间(分)	3	5	6	9	12	15
T.Fe	83.75	92.35	98.50	98.75	99.03	98.98
M.Fe	71.75	92.16	98.04	98.08	98.30	98.40
FeO	14.01	0.23	0.27	0.29	0.20	0.34
SiO ₂	4.04	3.42	0.22	0.18	0.27	0.27
Al ₂ O ₃	1.49	1.34	0.29	0.01	0.01	0.01
CaO	0.64	0.56	0.03	0.01	0.01	0.01
总碳	5.57	0.79	0.51	0.46	0.48	0.68
S	0.061	0.064	0.066	0.066	0.071	0.074
金属化率(%)	85.67	99.79	99.53	99.32	99.26	99.41

从图 3 可知, 加热开始 3 分钟后, 未见球团外观有任何特别变化。但, 由表 4 可知, 球团中氧化铁已发生明显的还原。开始加热 5 分钟后, 球团表面出现明显的金属光泽, 这表明已形成金属铁壳。此外, 金属铁的总铁 (T.Fe) 含量超过 90 % (重量)。 6 分钟后, T.Fe 含量已高达不低于 98 % (重量) (见表 4)。

此时看到部分金属铁壳熔化, 从而使熔渣从壳内流出。 9 分钟后, 大部分金属铁壳熔化并聚集成煎蛋状, 其中金属铁集于相当于蛋黄的部位, 而玻璃状的渣聚集于围绕金属铁的、相当于蛋白的部位。此后, 金属铁和渣的形状稍有改变, 如从表 4 可知, 金属铁中的 T.Fe 浓度表明几乎没有进一步提高。这说明球团中所含氧化铁的还原反应进行得很快, 而且在形成金属铁壳的同时已几乎完成, 而金属铁壳一旦形成, 在壳中建立起增强的还原条件下, 此后金属铁与渣的分离随着时间进行。从表 4 和图 4 - 7 可知, 开始加热还原 6 分钟后, 所得的金属铁中的渣和 FeO 含量已降到很低的程度, 从而得到了金属化率不小于 99 % 的金属铁。

很显然的是, 若由含氧化铁的物料和碳质还原剂构成的压块所含的碳质还原剂高达等于或大于还原压块中所含的氧化铁所需的当量, 那么

在约 1400 °C 或更高的温度下加热压块时，则在加热的最初阶段将于压块的周边形成金属铁壳，接着金属铁壳内的氧化铁迅速还原，同时熔渣与金属铁分离。当还原温度升高到 1500 °C 时，在很短的时间内进行还原反应及金属铁与渣的分离，从而以很高的产率得到铁纯度很高的金属铁。

图 8 展示了说明本发明一实施方案的流程图。将粉碎的含氧化铁的物料和粉碎的碳质还原剂与粘结剂一起混合，然后形成球团或其它形式的压块。将这样形成的球团或压块在炉内以不小于 1400 °C 的温度加热还原。在还原步骤期间，金属铁壳于还原的最初阶段形成，然后在壳内进行还原反应，同时熔渣积聚在壳中。在分离阶段，将被还原的物料冷却而凝固，然后将所得的凝固物料破碎，接着通过磁分离等法收集金属铁。另一方法是，加热可进一步持续到金属铁熔化，从而利用熔融的金属铁与熔渣间的比重差将两者分离。若需要，可将收到的金属铁精炼，以去除硫和磷之类的杂质，此外可调整金属铁的碳含量。

下面将以实施方案的方式描述上述的炼铁方法。如下所述，本发明的方法和设备可按工业规模具体实施。

实施方案 2：

按本发明的实施方案 2 的炼铁方法，通过加热使含碳质还原剂的球状或团块状的氧化铁压块（后文可称作压块）还原，从而产生金属铁。具体地说，将上述压块沿水平方向输送的同时使之加热还原。在此还原过程中，金属铁构成的外壳生成并增大，而渣则在壳内集聚。这种还原持续到壳内不存在氧化铁为止。接着，在壳内含渣聚集物的壳形压块从输送构件的端部卸入后续的熔化过程，于此，壳和渣的聚集物被熔化，然后分离为熔渣和铁水。

由于压块中含有碳质还原剂，则在压块本身中进行还原，从而产生金属铁（壳）及渣（壳内）。所得的物料被熔化，接着利用二者间的比重差被分成铁水和熔渣。

压块中所含的碳质还原剂的量必须至少为还原氧化铁所需的量，最好再加上使还原铁渗碳所需的量，以便使还原铁（金属铁）伴随渗碳而生成。构成壳的固态（未熔的）已还原的铁为多孔状，因而易于再氧化。可通过使压块中的碳质还原剂的量超过上述的“还原原始氧化铁所需的量加上使还原铁渗碳所需的量”来防止这种再氧化。这是因为产自压块

的 CO 气体在压块周围建立了一种非氧化性气氛。即，压块含的碳质还原剂的量最好为“还原原始氧化铁所需的量加使还原铁渗碳所需的量加与氧化相关的损失量”。

5 进而，在实施方案 2 中，在沿水平方向输送压块，并通过加热使之还原的同时，最好另行再供以碳质还原剂。

在上述过程中，事先使碳质还原剂以“还原原始氧化铁所需的量”加“使还原铁渗碳的量”加“与氧化相关的损失量”含于压块中。但也可使碳质还原剂以“还原原始氧化铁所需的量”含于压块中，然后在加热还原的过程中以“使还原铁渗碳所需的量加上与氧化相关的损失量”
10 将碳质还原剂另行加入。另一方法是，可使碳质还原剂以“还原原始氧化铁所需的量加上使还原铁渗碳所需的量”于压块中，然后在加热还原的过程中，从外部以“与氧化相关的损失量”另行加入碳质还原剂。以这种方式，可另行加入碳质还原剂，以弥补短缺。在这些情况中的任何情况下，“还原原始氧化铁所需量”的碳质还原剂使金属铁壳得以以良
15 好的方式形成，而同时渣在壳中聚集。

通过使用粉状碳质还原剂，它可附着在压块表面上，从而防止各压块烧结在一起而变成大的烧结块或烧结地粘附在炉壁上，因而有助于压块的操作。

“使还原的铁渗碳所需的量”或“与氧化相关的损失量”的碳质还原剂可在金属铁（还原的铁）熔化时另行加入。在此情况下，在熔化过程中进行渗碳，而由碳质还原剂产生的 CO 气体则在压块周围保持非氧化性气氛，从而防止金属铁再氧化。
20

根据实施方案 2 的生产金属铁的设备实施上述生产金属铁的方法。即，提供一种通过还原含有碳质还原剂的氧化铁的粒状或团块状压块以
25 生产金属铁的装置，它包括能以水平方向运送压块的运送构件及用于加热压块的热还原机构的热还原设备；具有用于通过加热使压块熔化的熔化的机构的熔化设备，所述压块是从热还原设备中的运送构件的输送端部卸下的；以及置于熔化设备之后的、用于使熔渣和铁水分离的分离器。

30 通过使用实施方案 2 的设备，可用压块连续生产铁水。

进而，按实施方案 2，用于沿水平方向运送压块的运送构件最好采用循环带系统，并具有其上可放置压块的炉床。

还有，按实施方案 2，炉床最好具有以一定的间隔排列于其上的分隔件，以防压块粘结在一起。分隔件的例子包括板状的耐火材料。通过使用分隔件，可防压块烧结在一起而变成相当大的团块，从而有利于压块的操作。

5 此外，该分隔件最好用脱硫剂作成。在此情况下，构成分隔件以易于炉床分离，从而将脱硫剂与还原的压块一起加于熔化设备中。因而，可在熔化设置中进行脱硫。这种由脱硫剂制成的分隔件例如可以是板状的或是粉堆集形状。

10 可采用粘附在压块表面上的粉状脱硫剂。这就防止了压块烧结在一起从而变成相当大的团块，或因烧结而粘附在炉壁上。此外，由于将粘附在压块上的脱硫剂加于熔化设备中，所以可在该熔化设备中进行脱硫。这类脱硫剂的例子包括石灰石。

在实施方案 2 中，熔炼设备最好有倾斜的底板，以便压块在该倾斜底板上滚动或滑动时通过加热将其熔融。

15 通过使用这种倾斜底板的实施方案，压块在熔化设备中可平稳地向后续的分离器移动。当压块在倾斜底板上向下移动时，其熔化程度提高，并基本上变均匀态（没有熔化程度不同的压块混合存在），从而有效地将压块熔化。

下面参照图 9 详述实施方案 2。

20 图 9 是展示本发明的生产金属铁设备的示意性剖面视图。

该生产金属铁的装置具有热还原设备 123、熔化设备 112 及分离器 113。热还原设备 123 有作为运送构件的、用来将压块 104 置于其上的炉床 146，以及使炉床 146 水平移动的辊子 147。这种运送构件采用循环的带状系统，其中团球式的炉床被装在带式运输机上，而辊子 147 由
25 外设的驱动装置（未示）使之转动，该热还原设备 123 具有作为热还原机构的还原燃烧器 148，它用于将由耐火材料制的炉壁 105 围成的热还原炉 105 的内部加热至预定温度。载有压块 104 的炉床 146 通过热还原炉的内部，从而水平运送压块 104。如图 9 所示，设有三座热还原炉 150，每座都可按还原阶段调整到所需的温度。

30 热还原设备 123 之后是熔化设备 112，它位于炉床 146 的输出端（输送件的下流）。熔化设备 112 具有作为熔化机构的熔化燃烧器 161，它用于加热由耐火材料制的炉壁封住的熔化设备 112 的内部。熔化设备

112 还有用于将压块 104 导向下一工艺过程（分离器 113）的倾斜底板 151。挡堰 152 位于熔化设备 112 和后面的分离器 113 之间。分离器 113 收集铁水 154 及熔渣 153。分离器 113 具有渣出口 155 和铁水出口 156。

热还原炉 150 和熔化设备 112 分别有废气出口 149 和 157。

5 下面，通过参照图 9 陈述生产金属铁的工艺过程。

将由碳质还原剂如煤等和氧化铁如铁矿石等构成的经粉碎的混合物压制成例如颗粒状。这样形成的压块含有“还原原始氧化铁所需量加上使被还原的铁渗碳所需量加上与氧化相关的损失量”的碳质还原剂。

10 将压块 104 置于热还原设备 123 的入口处（于图 9 的左侧）的炉床 146 上，然后将其一个接一个地运送通过热还原设备（向图 9 的右侧送）。通过调整还原燃烧器 148 的火焰强度来调节热还原炉 150 内的温度，以便使之低于将要产生的金属铁壳的熔化温度，而又不低于将要生成的渣的熔化温度。通过加热将压块 104 还原。

15 按照这种热还原工艺，还原首先在压块 104 的周边部位进行，从而形成由金属铁构成的壳。接着通过壳内的由碳质还原剂本身及因碳质还原剂的热分解而产生的 CO 的还原使氧化铁的还原反应在壳内有效进行。因而，所产生的金属铁聚集以使壳增大，而且生成的渣也熔融而聚集。结果，在此热还原过程中，金属化率明显增加，而混入渣中的氧化铁的量明显减少。

20 上述还原持续到压块 104 中基本上不存有氧化铁为止。根据这种还原的要求调节炉床 146 的移动速度。由于混入渣中的氧化铁的量可通过充分的还原而减少，所以可防止后面的熔化设备 112 的耐火材料（炉壁）在压块 104 在熔化设备 112 中熔化时被氧化铁破坏。炉床 146 经过的热还原炉 150 的长度可根据还原所需的时间及炉床 146 的移动速度而定。

25 如前所述，在热还原炉 150 内的还原期间，压块 104 内所含的碳质还原剂使已还原的铁渗碳，而产生于压块 104 的 CO 气体在压块 104 周围建立起非氧性气氛，从而防止被还原的铁再被氧化。

30 在还原基本结束时，压块 104 由金属铁壳和聚集在壳内的渣组成，然后在移动炉床 146 上，在至少壳为固态的同时，被送往熔化设备 112。在熔化设备 112 中，在倾斜底板 151 上向下（向分离器 113）滚动或滑动的压块 104 遇热而熔化。熔化设备 112 内的温度被设定为不仅熔化渣，而且还熔化金属铁壳。

即使是在被导向入熔化设备 112 的压块 104 中还残留少量未还原部分（在热还原炉 150 中，还原进行到金属铁壳中基本上不存在氧化铁为止，但在某些情况下会残留不大于 5 %（重量）或不大于 2 %（重量）的氧化铁），但这种未还原部分在熔化期间可通过加热而被还原。在此情况下，熔化设备可补充碳质还原剂。

正在熔化的压块 104 停留在挡堰 152 后面，而已熔的物料溢过挡堰 152 而被集于分离器 113 中。

由于熔渣 153 和熔铁 154 比重不同，所以它们在分离器 113 中相互分开，从而熔渣集于熔铁之上，结果形成两层。从渣出口 155 将这样分开的渣 153 放出，同时从铁水出口 156 将铁水 154 放出。

如上所述，可以不小于 95 %，或在某些情况下不小于 98 % 的金属化率来有效地得到铁水态的高度还原的金属铁。另外，由于氧化铁在热还原过程中进行了高度还原，所以混入伴生的熔渣中的氧化铁的量很少。因此，可防止熔化设备的耐火材料被混入熔渣中的氧化铁破坏性地熔化。

分离器 113 最好设置有加热喷烧咀或电加热设备，以便将熔渣 153 和铁水加热到更高的温度而提高其流动性，从而可使熔渣 153 和铁水 154 易于相互分离，因而有助将它们分别放出。

由于从废气出口 149 和 157 排放的废气有很高的温度并含有可燃气 20 体，所以可将废气作为燃料气体送往燃烧器 148 和 161。废气还可作为热源使压块 104 干燥或预热，或使燃料和助燃空气预热。废气也可不经利用就排放。

实施方案 3：

在本发明的实施方案 3 的生产金属铁的方法中，含有碳质还原剂的 25 球形或团块状的氧化铁压块（下文称之为压块）通过加热而还原，从而生成金属铁。具体地说，将上述压块置于一水平表面上，同时通过加热将其还原。在这种还原过程中，金属铁构成的壳形成并增大，而且渣在壳内聚集。这种还原持续到壳内基本上不存在氧化铁为止。接着，壳状的、其内含渣聚集物的压块从水平表面上卸下，接着经加热熔化。将所得的熔融物料分离成熔渣和铁水。

如前所述，由于压块中含有碳质还原剂，所以还原在压块本身中进行，因而生成金属铁（壳）和渣（壳内）。将所得的物料熔化，然后利

用比重差将其分成铁水和熔渣。

与实施方案 2 相似，压块中所含的碳质还原剂的量必须至少是还原氧化铁所需的量，较好是再加上使已被还原的铁渗碳的量。更好是，碳质还原剂的量是“还原原始氧化铁所需量加上使已还原铁渗碳所需量加上与氧化相关的损失量”。

还有，在实施方案 3 中，最好在置于水平表面上的压块被加热还原的同时，另外加入碳质还原剂。

还有，同实施方案 2，可使碳质还原剂以“还原原始氧化铁所需的量”含于压块中，而且可在加热还原过程中以“使已还原的铁渗碳所需的量加上与氧化相关的损失量”从外部另行加入碳质还原剂。另一方法是，可使碳质还原剂以“还原原始氧化铁所需的量加上使已还原的铁渗碳所需的量”含于压块中，并且在加热还原过程中以“与氧化相关的损失量”从外部另行加入碳质还原剂。以这种方式，可另行加入碳质还原剂，以补充短缺。

还与实施方案 2 相同的是，通过使用粉状碳质还原剂，可使它附着在压块表面上，从而防止压块烧结在一起而变成相当大的团块，或因烧结而粘附在炉壁上，因而有助于压块的操作。

也如前所述，可在金属铁（已还原的铁）熔化的同时，碳质还原剂以“使已还原的铁渗碳所需的量”或“与氧化相关的损失量”另行加入。在此情况下，在熔化过程中进行渗碳，而且由碳质还原剂所产生的 CO 气体在压块周围维持一种非氧化性的气氛，从而防止了金属铁再氧化。

实施方案 3 的生产金属铁的设备实施了上述生产金属铁的方法。即，提供一种通过还原含有碳质还原剂的氧化铁的球状或团块状压块以生产金属铁的装置，它包括：热还原设备，它具有用于在将压块载于水平表面上的同时，断续地运送压块的运送构件、能将压块从该运送构件中卸下的卸料构件，以及用于加热压块的热还原机构；熔化设备，它具有用于通过加热熔化从热还原设备卸下的压块的熔化机构；分离器，它置于熔化设备之后，用于使熔渣与铁水相互分离。

通过使用实施方案 3 的设备，可用压块连续生产铁水。

此外，在实施方案 3 中，该卸料构件最好是一种能在水平和倾斜位置之间交替变换运送构件位置的倾动构件。另一方法是，该卸料构件最好是用将压块从运送构件中推出的推动构件。最好该运送构件也是倾

动构件并具有推动构件。通过采用倾动构件或推动构件作卸料构件，即使在加热还原过程中压块烧结在一起而变成相当大的团块时，也能将其平稳地导入熔化设备中。

与实施方案 2 一样，在实施方案 3 中，在运送构件上置有铁支撑物，从而它与压块一起卸下。同样在此情况下，即使当压块在加热还原期间烧结在一起而成为相当大的团块或粘附在铁支撑物上时，压块也能平稳地被导入熔化设备中。

此外，最好在运送构件上面设置按一定间隔排列的分离构件，以防团块粘结在一起。分离构件的例子包括板状的耐火材料。通过采用分离构件，可防压块烧结在一起而成为相当大的团块，从而有利于压块的操作。

也如前所述，这种分离构件最好用脱硫剂制成。在此情况下，构成了易与炉床分开的分离构件（脱硫剂），从而将此脱硫剂与已被还原的压块一起加于熔化设备中。因而，可在熔化设备中进行脱硫。这种用脱硫剂制成的分离构件例如可以是板状的或是粉末堆集形状。

可使用粘附在压块表面上的粉状脱硫剂。这样就防止了压块烧结在一起而变成相当大的团块，或因烧结而粘结在炉壁上。此外，由于粘附在压块上的粉状脱硫剂被加于熔化设备中，所以可在其中进行脱硫。这类脱硫剂的例子包括石灰石。

在实施方案 3 中，熔化设备最好具有倾斜底板，以便当压块在此倾斜底板上滚动或滑动时通过加热而熔化。

通过采用倾斜底板，压块在熔化设备中向后续的分选器平稳地移动。当压块在倾斜底板上向下移动时，其熔化程度逐渐提高，因而熔化程度不同的压块不会混合地存在（在倾斜底板上的每一部位，熔化程度是大致一致的），因而能有效地使压块熔化。

下面将参照图 10 和 11 描述实施方案 3。

图 10 和 11 展示了本发明的生产金属铁的设备的实施方案 3，其中，图 10 展示了该设备水平截面的顶视图，而图 11 是沿图 10 中的 Z - Z 和 Y - Y 线截取的剖面视图。

该生产金属铁的装置具有热还原设备 223、熔化设备 212 及分离器 213。热还原设备 223 由压块准备室 202 和 209 以及热还原炉 210 组成。热还原设备 223 具有运载压块 204 的小车（运送构件）207，小车 207

在压块准备室 202 和 209 及热还原炉 210 之间移动。小车 207 具有一倾动机构（未示），以便在水平位置和倾斜位置之间交替改变压块运载板（炉床）的位置。压块准备室 202 和 209 分别有进料口 217 和 218，以便将压块 204 经其从压块准备室 202 和 209 的外部输入。热还原炉 210 有还原喷烧咀 211（热还原机构）及用于排放所产生的废气的废气出口 221。

熔化设备 212 位于热还原炉 210 的外侧，并具有熔化喷烧咀 216（加热熔化机构）及废气出口 222。熔化设备 212 还有将压块导向下一工艺过程（分离器 213）的倾斜底板 224。

10 在熔化设备 212 之后的分离器 213 收集熔渣 254 和铁水 253，并具有渣出口 219 及铁水出口 220。

下面将参照图 10 和 11 描述生产金属铁的过程。

15 事先将由碳质还原剂如煤等和氧化铁如铁矿石等构成的粉状混合物压成压块。如实施方案 2 中所述，这种压块含有“还原原始氧化铁所需量加上使被还原的铁渗碳所需量加上与氧化相关的损失量”的碳质还原剂。此外，在实施方案 3 中，将粉状脱硫剂如粉状石灰石粘附在压块表面上。

20 将压块 204 经一进料口 217 送入压块准备室 202 中，以便将其置于小车 207（水平位置）上。载有压块 204 的小车 207 移入热还原炉 210。在热还原炉 210 中压块 204 经加热而还原，该炉的温度用还原喷烧咀 211 调节，以使其不低于产生的渣的熔点而又不高于金属铁壳的熔点。在此还原过程中，小车 207 保持其水平位置，即压块 204 在被置于水平板（炉床）上的同时通过加热被还原。

25 在这一热还原过程中，还原首先在压块 204 的周边部位进行，从而形成金属铁构成的壳。接着，通过在壳内由碳质还原剂本身及通过其热解而产生的 CO 使氧化铁的还原反应在壳内有效地进行。因而，所产生的金属铁聚集而使壳增大，而所产生的渣也熔化而聚集。即当还原进行时，压块 204 产生了金属铁壳，并且增大。结果，在这种热还原过程中，金属化率大为提高，而混在渣中的氧化铁的量大为减少。

30 上述还原持续到压块 204 中基本上无氧化铁存在为止。由于混入渣中的氧化铁的量可通过充分进行还原而减少，所以可防止后面的熔化设备 212 的耐火材料（炉壁）在压块 204 于熔化设备 212 中熔化时被氧化

铁损坏。

如前所述，由于粉状脱硫剂粘附在压块 204 的表面上，所以防止了压块 204 在还原期间烧结在一起而成为相当大的团块，或因烧结而粘结在炉壁上。

5 此外，如前所述，在热还原炉 250 中进行的还原期间，压块 204 中所含的碳质还原剂使已被还原的铁渗碳，而产自压块 204 的 CO 气体在压块 204 周围形成非氧化性气体，从而防止已还原的铁再氧化。

在还原基本结束时，压块 204 则由金属铁壳及集于壳内的渣聚集体组成。在此阶段，倾动构件使小车 207 倾斜（由图 11 中的虚线表示）。10 由于至少压块 204 的壳为固态，故压块 204 在小车 207 的倾斜的炉床上向下移动，从而从热还原炉 210 中被卸入熔化设备 212 中。空车 207 返回压块准备室 202，以便再经进料口 217 装载压块 204。

按本发明，由于小车 207 倾斜，以便将压块 204 从热还原炉 210 导入熔化设备 212，所以即使未用脱硫剂而形成了相当大的经加热还原的15 压块 204 的团块时，也可将这种结团的压块 204 平稳地导入熔化设备 212 中。

由于在熔化设备 212 内将温度调节到不仅能熔化渣，而且能熔化金属铁壳，所以压块 204 在熔化设备 212 中熔化。由于压块 204 在倾斜底板 224 上向下滚动或滑动（朝分离器 213），所以它会遇热而熔化。所20 得的熔融物质被导入分离器 213。

即使在被引入熔化设备 212 中的压块 204 中留有少量未还原部分（还原在热还原炉 250 中进行到金属铁壳中基本上无氧化铁存在时为止，但仍残留不大于 5 %（重量）的氧化铁，在某些情况下氧化铁量不大于 2 %（重量）），这些未还原部分在熔化过程中通过加热被还原。25 在此情况下，熔化设备 212 可补充碳质还原剂。

由于熔渣 254 和铁水 253 的比重不同，所以它们可在 213 中相互分离，以致熔渣 254 集于铁水 253 之上，从而形成两层。将分离的渣 254 从渣出口 219 放出，而铁水 253 从铁水出口 220 放出。

如上所述，可以得到铁水状的高度还原的金属铁，其金属化率不小于 95 %，或在某些情况下不小于 98 %。进而，由于在热还原过程中进行了高度的还原，所以混入伴生的渣中的氧化铁量很少。因而，可防止30 熔化设备 212 的耐火材料被混入熔渣中的氧化铁破坏性地熔化。

与上述的实施方案 2 中一样，分离器 213 最好设置有加热喷烧咀或电加热设备，以便将熔渣 254 和铁水 253 加热到更高的温度，从而提高其流动性，以便更易使熔渣 254 和铁水 253 相互分开，从而有助于将它们分别排放。

- 5 由于热还原设备 223 还具有压块准备室 209，所以压块 204 也可经进料口 218 进入该室，以便被置于小车 207 上（水平位置）。载有压块 204 的小车 207 进入热还原炉 210，于此，压块 204 以类似于上述的方式经加热而还原。从压块准备室 202 和 209，以交替的方式将压块 204（载于小车 207 上的）间断地引入热还原炉 210 中。当来自压块准备室 10 209 和 202 之一的压块 204 被还原时，可将压块 204 供入另一压块准备室 209 或 202，从而减少输送和还原压块 204 所需的时间。

- 由于来自废气出口 221 和 222 的废气有较高的温度及含有可燃气
体，所以可将废气作为燃料气体供入喷烧咀 211 和 216。还可将废气作
为干燥或预热压块 204 或预热燃料和助燃空气的热源使用。也可不经利
15 用将废气排放。

- 在图 10 和 11 的生产金属铁的设备中，热还原设备 223 用一倾动构
件作卸料构件，它将小车 207（送料构件）的位置从水平位置变为倾斜
位置，以便将压块 204 从热还原设备 223 卸入熔化设备 212。卸料构件
不限于此，还可以是如将小车 207 上的压块 204 推出，以便将其从热还
20 原设备 223 卸下的推动构件。另一方法是，可将铁支撑物置于小车 207
上，而压块 204 可放在此支撑物上，从而可将压块 204 与此铁支撑物一
起从热还原设备 223 中卸出。这种通过推动或与铁支撑物一起卸料的方
法，即使在压块 204 聚结成相当大的块状时也可将其顺利导入熔化设备
212 中。

25 实施方案 4：

- 在实施方案 4 中，含碳质还原剂的粒状或团块状的氧化铁压块（后
文称之为压块）通过加热被还原，从而产生金属铁。具体说是，上述压
块经滚动而被均匀地加热，从而被有效地还原。在这种还原过程中，产
生了金属铁构成的壳，并且增大，还原进行到壳内基本上不存在有氧化
30 铁为止。接着，内部含有渣聚集物的壳状压块经进一步加热而熔化，随
后分离成熔渣和铁水。由于使压块滚动，故而防止其在加热还原过程中
烧结在一起而变成相当大的团块，或因烧结而粘结在炉壁上。

图 12 是一示意性剖面视图，它展示了本发明的生产金属铁设备的实施方案 4。图 13 是沿图 12 中的 A - A 线截取的生产金属铁的设备
的剖面视图。在图 12 和 13 中，标号 301 表示热还原 - 熔化设备，而标
号 302 表示分离器。热还原 - 熔化设备 301 及分离器 302 由耐火材料构
成，或衬以耐火材料。

热还原 - 熔化设备 301 由槽状构件 303 和盖子构件 304 构成。槽状
构件 303 有一弧形内表面，即用于滚动的倾斜表面 308，而且构件 303
沿槽的长度倾斜（沿图 12 的右 - 左方向）。槽状构件 303 由支撑辊 307
支撑，而且沿箭头 B 的方向摆动。因此，用于滚动的倾斜表面 308 可摆
动。由于压块 305 在摆动的倾斜表面上滚动，所以压块 305 逐渐沿倾斜
方向向下移动（向图 12 的右方），在热还原 - 熔化设备 301 中，于倾
斜的底侧（于图 12 的右侧）设置有用作热还原 - 熔化构件的喷烧咀
306。喷烧咀 306 在热还原 - 熔化设备 301 中形成热还原气氛（图 12
的左区）及熔化气氛（图 12 的右区）。在图 12 中，标号 309 代表排放
喷烧咀 306 所产生的废气的出口。

通过压制由碳质还原剂如煤等及氧化铁如铁矿石等的混合物，形成
了压块 305。经加料口 310 将这种压块 305 加到热还原 - 熔化设备 310
中。如上所述，压块 305 在滚动的同时逐渐沿倾斜方向（向图 12 右方）
移动，在此期间，压块 305 因喷烧咀 306 的加热而还原和熔化。经过位
于滚动的倾斜表面 308 的底端部处的卸料段 311，将所得的熔融物质卸
入分离器 302 中。将热还原 - 熔化设备 301 内的温度调节到使热还原区
的温度低于所生成的金属铁壳的熔点，而又不低于所生成的渣的熔点，
以及熔化区的温度能使已还原的金属铁及所生成的渣均可熔化。

在热还原 - 熔化设备 301 中进行的热还原过程中，还原首先在压块
305 的周边部位进行，从而形成由金属铁形成的壳。接着，由于在壳内
由碳质还原剂本身及其热解而产生的 CO 的还原作用，在壳内能有效地
进行氧化铁的还原反应。因而所产生的金属铁聚集以增大壳，并且所生
成的渣也熔化而聚集。结果，在此热还原过程中，金属化率大为增加，
而混入渣中的氧化铁的量大为减少。

上述还原持续到压块 305 内基本上不存有氧化铁为止。根据还原的
要求，调节压块 305 的移动速度（下降速度）。通过调节用于引起滚动
的倾斜表面 308 的倾角，或通过在于引起滚动的倾斜表面 308 上沿与

该倾斜表面 308 的倾斜方向呈垂直的方向上形成多个长形凸缘，可有效地调节压块 305 移动速度。已被还原并由金属铁壳和壳内的渣聚集物构成的压块 305，如前所述，在热还原 - 熔化设备 301 的下游区通过加热被熔化。

5 在分离器 302 中，由于比重较小的熔渣分离地浮在铁水 F 的表面上，被分开的熔渣 S 经渣出口 321 放出，而铁水 F 经铁水出口 322 放出。

在上述实施方案 4 中，压块 305 在该具有用于引起滚动的倾斜表面 308 的热还原 - 熔化设备 301 中，通过加热被还原和熔化。另一方法是，热还原 - 熔化设备 301 可构成热还原设备，其中的喷烧咀 306 仅用作还
10 原压块 305 的热还原构件，而且压块 305 仅经受加热还原。在此情况下，分离器 302 可设置有喷烧咀、电加热器等，从而具有熔化设备的功能，或可在热还原设备及分离器之间设置熔化设备，以便在单独的熔化设备中进行熔化。此外，可设置多个喷烧咀 306，以致一些喷烧咀 306 用于保持热还原气氛，而其它的喷烧咀 306 则用于保持熔化气氛。分离器 302
15 最好设置有加热喷烧咀或电加热设备，以便再将熔渣 S 和铁水 F 加热到更高的温度，从而提高其滚动性，使熔渣 S 和铁水 F 更易于相互分离，以便更易于将其分别放出。

在上述实施方案 4 中，为引起滚动设置了倾斜表面 308，从而压块 305 可自然地沿倾斜方向向下移动。引起滚动的表面不限于倾斜表面，
20 而且可构成可动的结构，以便它在压块 305 还原时保持水平位置，然后在压块 305 还原完毕时呈倾斜状态。另一方法是，可设置一些机械装置来将已还原过的压块 305 送往分离器侧，而同时该表面仍保持水平。上述的用于引起滚动的倾斜表面 308（或用于引起滚动的水平表面）可作成弧形，但不限于此。它也可作成另外的形状包括 V 形、U 形等，
25 只要压块能在其上滚动即可。

压块 305 中所含的碳质还原剂的量必须是至少还原氧化铁所需的量，最好再加上使已还原的铁渗碳所需的量，以便使被还原的铁伴随着渗碳生成。包含外壳的固态（未熔的）已还原的铁为多孔状，因而它很可能被再氧化。通过在压块 305 中掺入额外量的碳质还原剂可防再氧
30 化，这是因为从压块 305 中生成的 CO 气在压块 305 周围形成非氧化性气氛。即压块 305 最好含有“还原原始氧化铁所需量加上使已还原的铁渗碳所需的量加上与氧化相关的损失量”的碳质还原剂。

还有，在实施方案 4 中，最好在使压块滚动并因加热而还原时，另外供应碳质还原剂。

按上述建议，事先以“还原原始氧化铁所需的量 + 使已还原的铁渗碳所需的量 + 与氧化相关的损失量”含有碳质还原剂。但，类似于实施方案 2 等，压块可含“还原原始氧化铁所需的量”的碳质还原剂，以“使已还原的铁渗碳所需的量加上与氧化相关的损失量”在加热还原过程中另外加入碳质还原剂。另一方法是，压块中可含“还原原始氧化铁所需量加上使已还原的铁渗碳所需量”的碳质还原剂，再于加热还原过程中另从外部加入“与氧化损失相关的损失量”的碳质还原剂。以这种方式另加碳质还原剂，以补偿短缺。

如前所述，通过使用粉状碳质还原剂，可使这种粉状碳质还原剂粘附在压块表面上，从而防止压块烧结在一起而成相当大的团块，或因烧结而粘附在炉壁上，因而易助于压块的操作。

在金属铁（已还原的铁）熔化时，热还原 - 熔化设备 301 可补充碳质还原剂，以补充碳质还原剂的短缺，以便使由该碳质还原剂所生成的 CO 气体在压块 305 周围形成非氧化性气氛，从而防止金属铁被再氧化。因而，最好是，在熔化金属铁的过程中，以补充短缺的量另外加入碳质还原剂，或碳质还原剂事先以超过需要的量含于压块 305 中，以便即使在因还原过程中还原不完全而残留一些氧化铁时，这些残留的氧化铁也可在熔化过程中完全被还原。

根据以上对实施方案 4 的描述，压块 305 在被加到热还原 - 熔化设备 301（或热还原设备）中之前，对其不作任何处理。为减少热还原 - 熔化设备 301 的滚动表面的长度（即图 12 中的倾斜方向上的长度），以缩短加热还原所需的时间，可在压块 305 被加到热还原 - 熔化设备 301 中之前，对其进行预还原。在此情况下，需在热还原 - 熔化设备 301（或热还原设备）的上游设置预还原设备。

实施方案 5 - 7

在实施方案 5 - 7 中，含有碳质还原剂的粒状或团块状的氧化铁压块通过加热被还原，从而生成金属铁。具体地说，上述团块在下落的同时通过加热而被还原。在还原过程中，由金属铁构成的壳生成并增大，而渣在壳内聚集。这种还原持续到壳内基本上不存有氧化铁为止。壳状的内部含有渣聚集物的压块被进一步加热，结果在下落的过程中熔化，

接着被分成熔渣和铁水。进而，通过向该加热还原过程增加一个连续形成粒状压块前过程，就可连续进行下面一系列工艺过程：制备用作金属铁原料的粒状压块；加热还原压块；及分离由还原产生的金属铁与渣。

在上述的加热还原过程中，首先从粒状压块的表面进行还原，从而形成由金属铁构成的壳。接着，由碳质还原剂本身以及通过其热解而产生的 CO 的还原作用，在壳内有效地进行 CO 与氧化铁的还原反应。因而，所产生的金属铁粘结在一起而聚集，同时生成的渣被熔化而聚集。结果，在这种热还原过程中，金属化率明显提高，混入渣中的氧化铁的量明显减少。

在位于加热还原段下面的区段中，实施进一步加热以熔化金属铁壳。所得的熔融物质落入位于下面的分离器中，于此处，铁水与熔渣因它们的比重不同而彼此分离。因此，可有效地得到铁水态的高度还原的金属铁。此外，由于氧化铁在热还原过程被充分还原，所以混入伴生的熔渣中的氧化铁量相当少。因而，熔化设备的耐火材料就可免于遭混于熔渣中的氧化铁的破坏性地熔化。

图 14 展示了本发明实施方案 5 的示意性剖面视图，它图示了典型的生产金属铁的方法和设备。在图 14 中，标号 401 代表螺旋形输送设备；402 代表还原-熔化炉，它具有进行加热、还原及熔化的下落空间；403 代表从外部间接加热还原-熔化炉 402 的加热区段；404 代表接收从上落下的熔渣和熔融的金属铁及其相互分开的分离器炉。为了在这种生产金属铁的设备中实施，将由碳质还原剂如煤等和氧化铁如铁矿石等物以及需要时还有粘结剂一起构成的混合物压成颗粒，从而形成粒状的压块 D。将粒状的压块 D 供入输送设备 401 中，以便将其连续地从输送设备 401 的尾部加入到还原-熔化炉 402 的顶部。

在图 14 中，先期制得的粒状压块 D 用输送设备 401 被连续加入到还原-熔化炉 402 中。另一方法是，可在输送设备 401 的上游处设置连续压制设备，如盘式造球机，以便连续制造粒状压块 D，并用输送设备 401 将其送入还原-熔化炉 402 中。由于制造、输送及加热还原粒状压块 D 的一系列过程可连续进行，所以这种方案是特别好的。

还原-熔化炉 402 由设在其周围的加热区段 403 间接加热。当送入的粒状压块 D 在还原-熔化炉 402 中下落时，从各粒状压块 D 的表面进行还原，从而在其表面上形成主要由经还原而产生的金属铁构成的

壳。由碳质还原剂生成的及因其热解而生成的 CO 在壳中形成强还原气氛，从而明显加快了壳内的氧化铁的还原。因而，通过根据粒状压块 D 的下落速度正确地确定还原 - 熔化炉 402 的长度以及加热温度，则在金属壳中形成的强还原气氛能有效地还原壳内的氧化铁，从而达到不小于 95 %，在某些情况下不小于 98 % 的金属化率。

在生成金属铁的过程中所生成的渣，在低于金属铁的熔化温度下在粒状压块 D 的金属铁壳的内部熔化。这样的熔渣和金属铁壳以分离状态熔结在一起。当粒状压块 D 在还原 - 熔化炉 402 中进一步下落并被进一步加热时，金属铁壳也熔化了。熔化的金属铁和熔渣一起落入位于下面的分离器炉 404 中。在分离器炉 404 中，比重较小的熔渣 S 分离地浮在铁水 F 的表面上。因而，熔渣 S 在铁水 F 表面附近从分离器炉 404 中排出，而铁水 F 则从分离器炉 404 的底部排出。

在实施方案 5 中，在分离器炉 404 中设置有浸入的堤堰 408。由于熔渣 S 和铁水 F 间的比重差，熔渣 S 浮在埋入的堤堰 408 一侧的铁水 F 的表面上，并在铁水表面附近的位置被排出。铁水 F 在埋入的堤堰 408 下面流向该埋入的堤堰的另一侧（向图 14 的右侧），然后从分离器炉 404 的底部排出。这种方案能较有效地将铁水 F 与熔渣 S 分离。

除了上述的方案，即其中设置有埋入的堤堰 408，以便使粒状压块 D 的熔融物料落在和堆积在该埋入的堤堰 408 的一侧的方案外，还可利用以加热装置用于加热积于埋入堤堰 408 一侧的熔渣 S 的方案。在此情况下，即使当含有某些未充分还原部分的粒状压块 D 的熔融物料落入分离器炉 404 时，熔渣层被再加热，从而完成还原反应。因而，进一步提高了金属化率。

在图 14 中，标号 406 代表废气出口。废气可不经任何利用而经相应的废气出口 406 排放。但，由于废气温度很高，并含可燃气体，所以它可被用作燃料气体而供入位于加热段 403 处的喷烧咀 405 中，结果使得与加热相关的燃料消耗下降。在上面的描述中，还原 - 熔化炉 402 是从外部间接加热的。但，可将喷烧咀装在还原 - 熔化炉 402 内，以直接加热粒状压块 D。

本发明希望这样地实施，即当粒状压块 D 以其重量落入还原 - 熔化炉 402 中时，还原基本上完成，而且还原的铁在还原 - 熔化炉 402 的下部熔化，并以熔融态落入分离器炉 404 中。所以，为了根据粒状压块 D

的下落速度确保充分的滞留时间，必须将还原-熔化炉沿垂直方向延长至相当大的长度。还有，为降低粒状压块 D 的下落速度，在还原-熔化炉 402 中设置挡板，或设置导板以使粒状压块 D 旋转而下都是有效的。但，若将下落速度控制构件，如挡板或导板装在还原-熔化炉 402 的较下区段，通过加热还原已产生的，而且通过进一步加热而开始熔化的金属铁会粘附和堆积在下落速度控制构件上，结果导致妨碍连续运行的风险。因而，希望将这些下落速度控制构件装在金属铁开始熔化位置的上部。

图 15 展示了本发明实施方案 6 的示意性剖面视图，实施方案 6 的构成可使得粒状压块 D 的下落速度降低而又无须按装下落速度控制构件等物。在实施方案 6 中，分离器炉 404 在还原-熔化炉 402 的底部以整体形成。此外，在紧靠还原-熔化炉 402 和分离器炉 404 的交界处的上方的位置将高温非氧化性气体送入这样构成的炉子中，从而以非氧化性气体的上升气流迫使下落的粒状压块 D 悬浮。结果，可增加粒状压块 D 在还原-熔化炉 402 中的滞留时间。在此情况下，在悬浮的粒状压块 D 经受加热还原时，在粒状压块 D 的表面上形成金属铁壳，而且在壳内进行还原反应。接着，当这样形成的金属铁壳因进一步加热而熔化时，铁水熔合而增大。该增大的铁水下落。因而，根据抵御该上升气流对粒状压块 D 的阻尼适当调节非氧化性气体的流速，使还原-熔化炉 402 中的粒状压块 D 的滞留时间可按需要调节。因此，当粒状压块 D 滞留于还原-熔化炉 402 中时，可充分地进行加热还原。这种为还原而进行的加热可以通过输入高温非还原性气体而进行直接加热或以通过使用装在还原-熔化炉 402 周围的喷烧咀等物进行间接加热来进行。

图 16 展示了本发明实施方案 7 的示意性剖面视图。实施方案 7 是这样结构的，即可利用将还原-熔化炉 402 中产生的还原气体作为间接加热还原-熔化炉 402 的燃料。如前所述，为有效地进行还原反应，本发明所用的粒状压块 D 含大量的碳质还原剂，所以还原-熔化炉 402 中的气体含可燃气体，并因而可有效地被用作燃料气体。因此，为利用这种可燃气体，按下述方式构成实施方案 7。用喷烧咀 405 从外部对还原-熔化炉 402 间接加热，而还原气体经还原熔化炉 402 的上炉壁排出，然后被引入周围的喷烧咀区 403，于此将可燃气体用作燃料。所产生的废气经废气出口 406 排出。由于用于加热的燃料量可以减少，所以

这种方案是较好的。

还有，在实施方案 5 - 7 中，如上述其它实施方案中所述，上述的粒状压块 D 中的碳质还原剂被消耗，首先在还原过程中被氧化铁的还原消耗，然后消耗于因还原而生成的金属铁的渗碳。经受熔化过程的固态还原铁为多孔状，因而易于再氧化。为防止还原铁再氧化，粒状压块 D 中必须含有足以抗再氧化的碳质还原剂，以便通过碳质还原剂的燃烧而生成的 CO 气体在落入还原 - 熔化炉 402 中的粒状压块 D 的周围形成非氧化性气氛。为此，粒状压块 D 中含碳质还原剂的量至少为“还原原始氧化铁所需量加上使已还原的铁渗碳所消耗的量加上与炉中的氧化相关的损失量”。此外，为防止还原铁再氧化，可以另外加碳质还原剂或 CO 气体到还原 - 熔化炉 402 的下部或分离器炉 404 中以补充其短缺量。

由于采用了在分离器炉 404 中补充碳质还原剂或事先在粒状压块 D 中含有超需要量的碳质还原剂的方法，即使当某些于还原 - 熔化炉中未完全还原的氧化铁落入分离器炉中时，这些氧化铁可在分离器炉 404 中完全还原。

按照上述的实施方案 5 - 7，粒状压块 D 在加入到还原 - 熔化炉之前未经任何处理。为缩短还原 - 熔化炉 402 的长度，从而缩短加热还原所需的时间，可在粒状压块 D 加入还原 - 熔化炉 402 之前将其进行预还原。在此情况下，必须在还原 - 熔化炉上游处设置预还原设备。

还有，在实施方案 5 - 7 中，如上述其它实施方案所述，分离器炉 404 最好设置有加热喷烧咀或电加热设备，以便将熔渣和铁水进一步加热到较高的温度，从而提高其流动性，以便使熔渣和铁水更易于彼此分离，以有助于其分别排放。

25 实施方案 8 和 9

在实施方案 8 和 7 中，通过加热使含有碳质还原剂的氧化铁的细长压块还原，从而产生金属铁。具体地说，上述细长的压块以垂直方位向下移动时，被加热还原。在这一还原过程中，产生了由金属铁构成的壳，并不断增大，而渣在壳内聚集。接着，其中含有渣聚集物的金属铁壳在向下移动的过程中被进一步加热而熔化，随后被分离成熔渣和铁水。还有，通过向加热还原过程增加一个连续形成细长压块的前期过程，就可连续进行下列的一系列工艺过程，即制备用作制金属铁原料的细长压

块；加热还原细长压块；及分离经过还原而产生的金属铁与渣。

在上述加热还原过程中，还原首先在细长的压块的表面进行，从而形成由金属铁构成的壳。接着，由于碳质还原剂本身及其热解而生成的CO的还原作用，在壳内有效地进行CO与氧化铁的还原反应。因而，
5 产生的金属铁粘结在一起而聚集，同时生成的渣熔化而聚集。结果，在此热还原过程中，金属化率大为上升，而混入渣中的氧化铁量大为减少。

在位于加热还原段下面的区段中，进行进一步加热，以便熔化金属铁壳。由铁水和熔渣组成的熔融物质落入位于下面的分离器中，于此铁
10 水和熔渣因其不同的比重而相互分离。因而可以得到铁水状的高度还原的金属铁。此外，由于氧化铁在热还原过程中被充分还原，所以混入伴生的熔渣中的氧化铁量极少。因而可防熔化设备的耐火材料被混于熔渣中的氧化铁的破坏性地熔化。

图 17 展示了本发明的实施方案 8 的示意性剖面视图，它图示了生
15 产金属铁的方法和设备。在图 17 中，标号 501 表示给料器；502 表示压制-输送辊（具有压制设备和输送设备的二项功能）；503 表示热还原炉；504 表示作为分离器用的分离器炉。由碳质还原剂如煤等和氧化铁如铁矿石等以及需要时还有粘结剂一起组成的混合物 E 沿箭头 H 方向供于给料器 501 中。压制-输送辊 502 连续将混合物 E 压成具有特定
20 形状（通常为板状、方棒状或圆棒状）和一定大小的细长压块 G，然后将以垂直方位将细长压块 G 送入热还原炉 503 中。“垂直方位”基本上指的是悬垂方，但由于输送设备的精度，在输送段稍有（如 $\pm 5^\circ$ ）倾斜，这并不违背本发明的实质。

热还原炉 503 具有用作加热构件的喷烧咀 505。当细长的压块 G 在
25 热还原炉 503 中下降时，细长的压块 G 被喷烧咀 505 的火焰直接加热。结果还原从细长压块 G 的表面向其内部进行，由此如前所述，在表面上形成主要由因还原而生成的金属铁构成的壳。由碳质还原剂及因其热解而生成的 CO 在壳内形成强还原性气氛，从而大大加快壳内的氧化铁还原。因而，根据热还原炉 503 的长度，正确控制细长压块 G 的下降速度
30 及加热条件，可在金属铁壳中形成强还原性气氛而有效地将壳内的氧化铁还原，从而得到不小于 95 %，或在某些情况下不小于 98 % 的金属化率。

在生成金属铁的过程中生成的渣，在低于金属铁熔化温度下在金属铁壳中熔化。这样熔化的渣与金属铁壳以分离状态熔合。当细长的压块 G 进一步向热还原炉 503 的下部移动时，经进一步加热而熔化金属铁壳。熔化了金属铁与熔渣一起落入位于下面的分离器炉 504 中。在分离器炉 504 中，比重较小的熔渣 S 分离地浮在铁水 F 的表面上。因而在铁水 F 表面附近处将熔渣从分离器炉 504 中排出，而铁水 F 则从分离器炉 504 的底部排出。

在图 17 中，标号 506 代表废气出口。如前所述，废气可不经利用地经废气出口 506 排出。但，由于废气温度高，并含有可燃气体，所以最好将其用作供喷烧咀 505 用的燃料气体。在图 17 中，标号 507 表示气密部位。

本发明可以这样具体实施，即仅通过加压将上述混合物压成细长的压块 G。最好是如图 17 所示那样，在围有铁制的支撑网的同时加压压制该混合物，以便使细长压块 G 在持续下降时破裂的风险不存在。这种支撑网 K 与经加热还原而生成的金属铁最终熔合在一起，然后落入分离器炉 504 中。因而，采用铁制支撑网 K 是适宜的。可将铁芯（一种钢绞线或具有用来增加支撑效果的粗糙表面的铁丝也是可用的）作为加强件插入细长压块 G 的中心部位来取代用支撑网 K 的外加强件。

实施方案 9：

图 18 展示了本发明实施方案 9 的示意性剖面视图。除了将由碳质还原剂、氧化铁及粘结剂构成的混合物 E 经螺旋送料器 501a 送往压制-输送辊 502，及用设置在热还原炉 503 周围的喷烧咀 505 对其间接加热之外，实施方案 9 和 8 基本相似。

在上述实施方案 8 和 9 中，压制-输送辊 502 同时压制混合物 E 及输送细长压块 G。但，可采用分开的装置来进行压制和输送。另一方法是，可用单独的设备事先制备细长的压块 G，并可将这样制得的细长压块 G 供入热还原炉 503 中。

上述细长的压块 G 中所含的碳质还原剂首先在还原过程中消耗于还原氧化铁，然后消耗于因还原而生成的金属铁的渗碳。经熔化过程的固态还原铁为多孔态，因而易于再氧化。为防止还原铁再氧化，如前所述，细长压块 G 中必须含有足以抗再氧化的碳质还原剂，以便因碳质还原剂燃烧而生成的 CO 气体在热还原炉中的向下移动的细长压块 G 的周

围形成非氧化性气氛。为此，细长压块 G 所含的碳质还原剂的量必须至少为“还原原始氧化铁所需的量加上使已还原的铁渗碳所需的量加上与炉内的氧化相关的损失量”。此外，为防止还原铁再氧化，可另外将补充短缺量的碳质还原剂或 CO 气体加到热还原炉 503 下部或分离器炉

5 504 中。

如前所述，通过采用在分离器炉 504 中补充碳质还原剂的方法或事先在细长压块 G 中含有超过所需量的碳质还原剂的方法，即使有些在热还原炉 503 中未完全还原的氧化铁落入分离器炉 504 中，也会在该炉 504 中将其完全还原。

10 在上述的实施方案 8 和 9 中，细长压块 G 在加到热还原炉 503 中之前未经任何处理。为减少热还原炉 503 的长度以缩短加热还原所需的时间，可在将细长压块 G 加到热还原炉 503 中之前将其预还原。在此情况下，须在热还原炉 503 上游设置预还原设备。如图 18 所示，也在分离器炉 504 中设置浸入的堤堰，以便铁水 F 与熔渣 S 能有效地相互分离。

15 在实施方案 8 和 9 中，分离器炉 504 最好也设置加热喷烧咀或电加热设备，以便将熔渣和铁水进一步加热至较高的温度，以提高其流动性，从而使熔渣和铁水易于相互分离，以更有利于其分别排放。

实施方案 10

按照本发明实施方案 10 的生产金属铁的方法，将含有碳质还原剂的粒状（包括球团状）或团块状的氧化铁压块在铁带上输送，并通过加
20 热使之还原，从而产生金属铁。在此还原过程中，在压块表面上生成由金属铁构成的壳，并不断增大，而且渣在壳内聚集。接着，内部含有渣聚集物的、壳状的压块在铁带上运送的同时被进一步加热，以便使金属铁壳、渣和用于运送的铁带熔化。将所得的熔融物分离成熔渣和铁水。
25 按照此实施方案，也可连续进行下列一系列工艺过程，即加热还原团块；进一步加热熔化所生成的金属铁和渣；及将铁水和熔渣相互分离。

图 19（a）是一示意性剖面视图，它展示了用于实施上述方法的生产金属铁的设备。在图 19（a）中，标号 601 表示铁带；602 表示退火炉；603 表示成形段；604 表示给料器；605 表示热还原炉；606
30 表示熔化炉；607 表示分离器炉。

本实施方案用铁带 601 作运送原料压块的手段。铁带 601 经退火炉 602 时被退火而变软。在成形段 603 处，将经过这样退过火的铁带成形

为两边竖直上弯的槽状（见图 19（b）中所示的局部横截面图）。将这样形成的铁带连续送入热还原炉 605 中。将由碳质还原剂如煤等和氧化铁如铁矿石等及需要时还有粘结剂一起组成的混合物压成某种形状如球团的原料压块。经位于热还原炉 605 上游侧的给料器 604 将这样制得的原料压块置于铁带 601 上。在铁带 601 上将原料压块向图 19 的右方连续输送。在热还原炉 605 的侧壁或顶板上设置有加热喷烧咀（未示），以便通过加热使原料压块依次干燥和还原。如上所述，在热还原过程中，由于压块中含有固体还原剂，所以还原由各压块的表面进行，从而在压块的表面上形成主要由因还原而生成的金属铁构成的壳。此外，由碳质还原剂及其热解所产生的 CO 在壳内形成强还原性气氛，从而明显加速壳内的氧化铁还原。因而，根据热还原炉 605 的长度，正确确定铁带 601 的移动速度及加热条件等，在金属铁壳中形成的强还原气氛就将壳内的氧化铁有效地还原，从而得到不小于 95 %、在某些情况下不小于 98 % 的金属化率。

在生成金属铁的过程中产生的渣，在低于使金属铁熔化温度下在金属铁壳内熔化。这样熔化的渣在金属铁壳内，并与之分离地聚集。当在热还原炉 605 的下游处的熔化炉 606 中进一步加热金属铁壳状的、其内含有渣聚集物的压块时，金属铁壳、其内的渣及铁带 601 全被熔化。所得的熔融物质流向分离器炉 607。在分离器炉 607 中，比重较小的熔渣 S 浮在铁水 F 的表面上。因而，在铁水 F 表面附近的位置将熔渣 S 从分离器炉 607 中排出，而铁水 F 则从分离器炉的底部排出。

在图 19 中，标号 608 表示废气出口。废气可不经任何利用经废气出口 608 排放。但，由于废气温度高，并含可燃气体，所以希望将其送往热还原炉 605 中用作喷烧咀的燃料气体，或用作助燃空气的热源。从给料器 604 输出的原料压块最好是球团状的及预干燥的，并且由于通过采用预还原压块可缩短了热还原炉 605 的长度，所以这种压块最好是经预还原的。可将用于制备球团等状压块的压制设备置于给料器附近，以便将在压制设备中制成的原料压块输入给料器 604。通过采用这种方案，就可将制备原料压块的过程和加热还原过程组成一个连续过程。

只要不违背上述的本发明的要旨，可以适当修改上述生产金属铁设备的实际设计。当然，这类改进是在本发明的技术范围之内的。在运行时，可适当选择上述的条件及设定值（运行温度、碳质还原剂的使用形

式及用量、废气利用等)。

实施方案 11

按照本发明实施方案 11 的生产金属铁的方法，象上述的实施方案 10 一样，连续制备含碳质还原剂的细长的氧化铁原料压块，并将其置于铁带上连续送入热还原炉中，并于该炉中通过加热还原而产生金属铁。因此，加热还原、加热熔化及分离金属铁的一系列工艺过程都是连续进行的。当铁带上被运送的细长压块经受加热还原时，在细长压块的表面上生成由金属铁构成的壳，并不断增大，而渣则在壳内聚集。接着，壳状的、内部含有含聚集物的压块，当在铁带下被运送时，得到进一步加热，以便使金属铁壳、渣及用于运送的铁带熔化。将所得的熔融物分成熔渣和铁水。

图 20 (a) 是示意性剖面视图，它展示了用于实施上述方法的生产金属铁的设备。在图 20 (a) 中，标号 601 表示铁带； 603 表示成形段； 609 表示螺旋给料器； 605 表示热还原炉； 606 表示熔化炉； 607 表示分离器炉。

连续制备细长的压块，并将其置于铁带 601 上，以便于将压块运入热还原炉 605 中。即如图 20 所示，将螺旋给料器 609 与成形段结合起来。将由碳质还原剂、氧化铁及粘结剂一起组成的混合物送入螺旋给料器 609，它将该混合物送入成形段 603。通过供以混合物和铁带 601，成形段 603 将捏合混合物成形为具有一定截面的并置于铁带 601 上的细长形压块（见图 20 (b) 中所示的局部横剖面视图），然后将这样形成的细长压块和铁带 601 一起送入热还原炉 605 中。细长压块可为平板状或棒状，但为了增大表面积，以便通过加热有效地干燥和还原，其形状最好为沿长度方向形成细长的凸凹形。

在本实施方案中，由于细长状的压块被连续置于铁带上，所以不会有压块从铁带 601 上滚落。因而铁带 601 可以是平的。此外，不仅可沿水平方向，而且还可呈所需向下倾斜的方向输送铁带 601。

热还原炉 605 包括上游的干燥段和下游的还原段。在干燥和热还原段的侧壁和顶板上设置有加热喷烧咀（未示），以便通过加热使细长压块依次干燥和还原。如前所述，在热还原过程中，由于细长压块中含固体还原剂，所以还原从其表面开始进行，从而在细长压块的表面上形成主要由因还原而生成的金属铁组成的壳。此外，由碳质还原剂及因其热

解而生成的 CO 在壳内形成强还原性气氛，从而大为加速壳内的氧化铁还原。因此，根据热还原炉 605 的长度，正确确定铁带 601 的移动速度、加热条件等，在金属铁壳内形成的强还原性气氛就将壳内的氧化铁有效地还原。

5 在生成金属铁的过程中产生的渣在低于金属铁的熔化温度下熔化。这样熔化的渣与金属铁壳分离地聚集在其内。当于位于热还原炉 605 下游处的熔化炉 606 中进一步加热金属铁壳状的、其内含有渣聚集物的细长压块时，金属铁壳，其内的渣及铁带全被熔化。所得的熔融物质流向分离器炉 607。在分离器炉 607 中，熔渣 S 和熔铁 F 以如前所述的方式相互分离。

10 上述用于金属铁的实际设计，只要不违背本发明的上述要旨则可作适当的修改。当然这类修改是在本发明的技术范围之内。在运行时，上述条件及设定值（运行温度、碳质还原剂的用量及使用形式、废气利用等）都可作适当选择。

15 实施方案 12：

按照本发明实施方案 12 的生产金属铁的方法，用几个并联设置的压制设备，并联地连续制备含碳质还原剂的细长氧化铁压块。将这样制成的细长压块沿一倾斜表面并联地连续送于加热 - 干燥 - 还原炉中，并通过加热而还原。然后将因还原而生成金属铁及伴生的渣引入熔化炉。将所得的熔融物送入分离器，于此将铁水与熔渣相互分开，从而获得金属铁。

25 图 21 是一示意性的剖面视图，它展示了用于实施上述方法的生产金属铁的设备。图 22 是该设备的示意性平面图。在图 21 和 22 中，标号 701 表示给料器；702 表示压制设备；703 表示用作干燥、还原及熔化炉的加热炉；704 表示分离器炉；705 表示细长压块。

30 在本实施方案中，如于图 21 和 22 中所示，在细长的分离器炉 704 的一侧或两侧（在图 21 和 22 中为一侧）设置有具有向分离器炉 704 倾斜的斜表面的加热炉 703。如图 22 所示，每个加热炉 703 的上端部都设置有跨越其宽度的喷烧咀设备及数个压制装置（沿垂直于图 21 的纸面方向）。每个加热炉 703 制备板状或棒状的细长压块 705，并沿加热炉 703 的倾斜表面将其送入加热炉 703。细长压块 705 随着沿倾斜表面下移时，通过加热使其干燥和还原。如前所述，在这种热还原设备中，由

于细长压块 705 中含有固态碳质还原剂，所以还原从各细长压块 705 表面开始进行，从而在其表面上形成主要由经还原而产生的金属铁构成的壳。此外，由碳质还原剂及其热解而生成的 CO 在壳内形成强还原性气氛，从而使壳内氧化铁的还原大为加快。

- 5 因还原而生成的金属铁及伴生的渣被进一步加热，并于加热炉 703 的下游部熔化。所形成的熔融物流向分离器炉 704。一些被送入加热炉 703 的细长压块 705，同时经受上述的经加热而发生的还原和熔化。

因而，通过按熔化炉 703 的长度正确确定细长压块的移动速度、加热条件等，就在此细长压块 705 表面上形成金属铁壳，而且于该壳中形成的强还原性气氛有效地将壳内的氧化铁还原，从而得到不小于 95%，有时不小于 98% 的金属化率。这样产生的金属铁及伴生的渣经进一步加热而熔化。所形成的熔融物流入分离器炉 704。

在分离器炉 704 中，比重较小的熔渣 S 浮在铁水 F 的表面上。因而，熔渣在铁水 F 表面附近处排出，而铁水 F 则从分离器炉 704 的底部排出。

用户可对上述设备按需要进行调整，根据加热炉 703 的加热段的规模或加热能力，通过调节细长压块的大小、数量、送料速度等调整每单位时间所生产的金属铁量，或用户可按目标生产率很容易设计和建造设备。

- 20 只要不违背本发明的上述要旨，用于生产金属铁的上述设备的实际结构可作适当修改。当然，这类修改在本发明的技术范围之内。在运行时，上述的条件及设定值（运行温度、碳质还原剂的用量及使用方式、废气利用等）可适当选择。

当本发明按上述实施方案 2 - 12 具体实施时，如前所述在热还原过程中，为使氧化铁在固态下充分还原，所生成的渣必须在低于经还原而生成的金属铁的熔化温度下熔化。为满足这一要求，必须将压块（或细长压块）中所含的渣组分（混于通常被用作原始氧化铁的铁矿石和碳质还原剂中的脉石组分）的组成控制得使生成的渣的熔点低于渗碳前和渗碳后的已还原铁的熔点。因而，在某些情况下，在压制过程中向压块（或细长压块）的原始混合物中加 Al_2O_3 、 SiO_2 、 CaO 等，从而降低生成的渣的熔点是合乎要求的。

本发明不限于上述各实施方案。根据本发明的实质，可能有各种修

改和变动，并且均包括在本发明的范围之内。

工业实用性

5 如上所述，按照本发明，含碳质还原剂的氧化铁压块经受加热还原，在还原的初始阶段，形成了金属铁壳。一旦形成了金属铁壳，在金属铁壳中形成的强还原条件下，使氧化铁还原，因而还原反应迅速而有效地进行。因此，本发明的方法可借助加热还原，在短时期内有效地生产金属化率不小于95%或在某些情况下不小于98%的高铁纯度的金属铁，这是用常规的直接炼铁法所不能达到的。可通过急冷使这样得到的铁纯度相当高的金属铁和伴生的渣凝固，然后破碎，以便使用磁力的方法，
10 或用任何其它筛分方法，将金属铁与渣分离，或通过进一步加热，以便以其比重差而进行相互分离。

进而，本发明的方法可使渣中的氧化铁含量很低，从而它不会破坏炉子的耐火材料，这种破坏作用通常是因熔融的氧化铁与耐火材料接触而产生的。

15 本发明的生产金属铁的设备可以工业规模按上面推荐的生产金属铁的新技术有效地运行，并可在相当短的时间内，用高铁含量的原始氧化铁，甚至用低铁含量的铁源，如铁矿石等物有效地生产金属化率不小于95%，在某些情况下不小于98%的高铁纯度的金属铁。通过使用上述生产金属铁的方法和设备，在还原过程中伴生的渣中所混入的氧化铁
20 量明显减少，从而由熔融氧化铁所引起的对热还原设备、熔化设备、分离器、分离器炉等的耐火材料的破坏能减至最小。

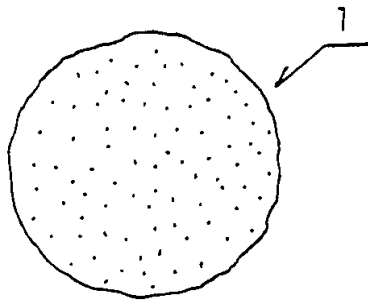


图 1A

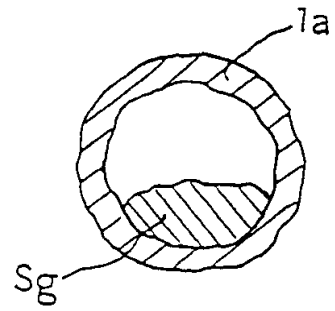


图 1D

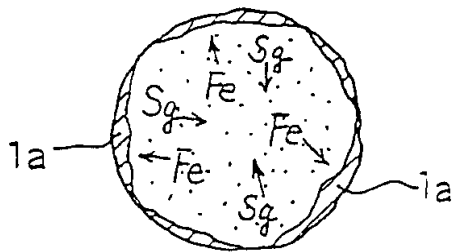


图 1B

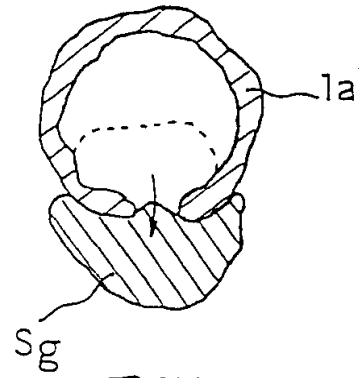


图 1E

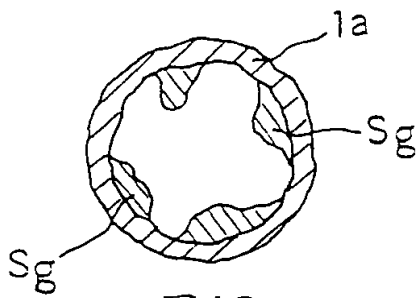


图 1C

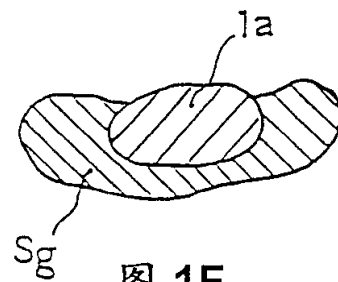
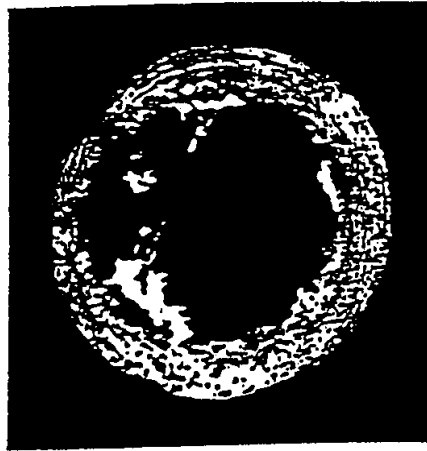
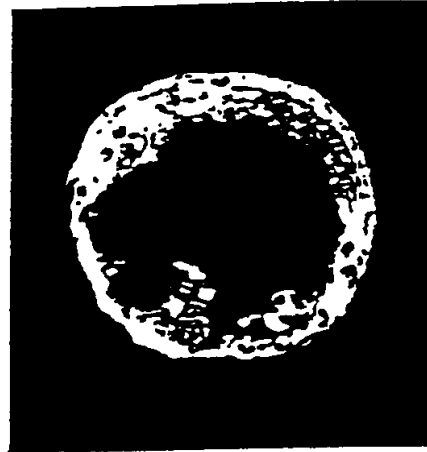


图 1F

1400°C



1450°C



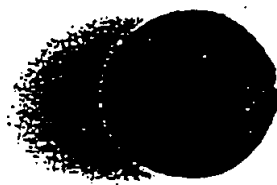
1500°C



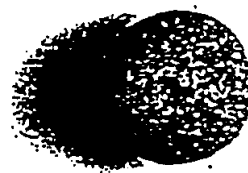
图 2

开始还原后
经过的时间

3分



5分



6分



9分



15分



图 3

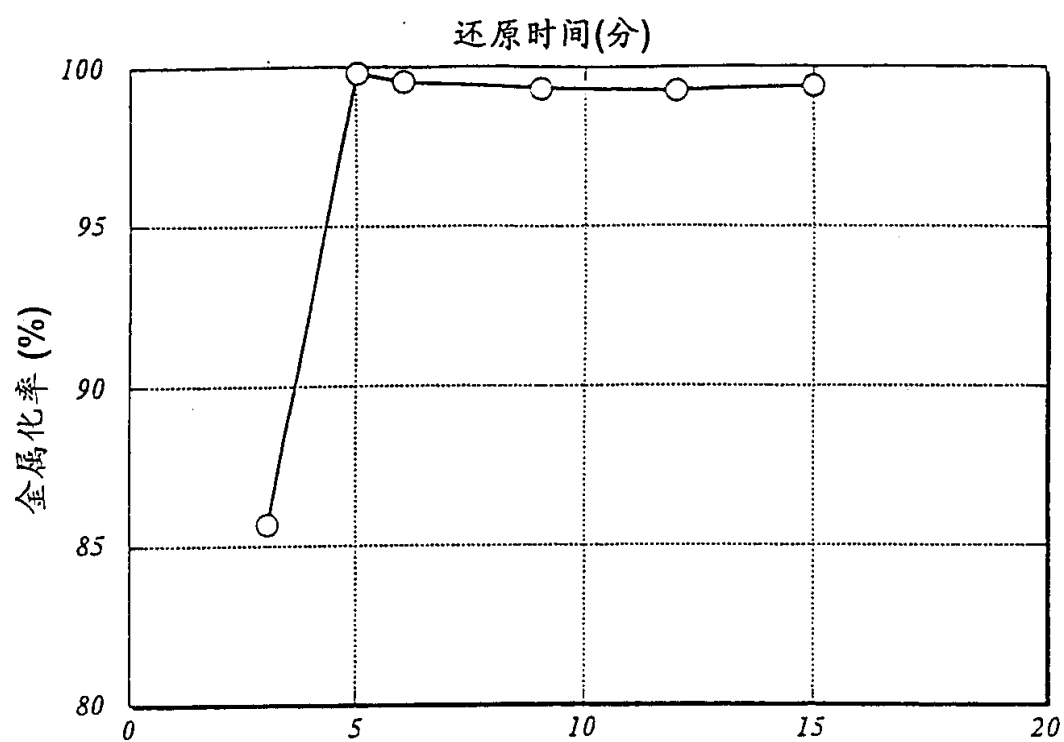


图 4

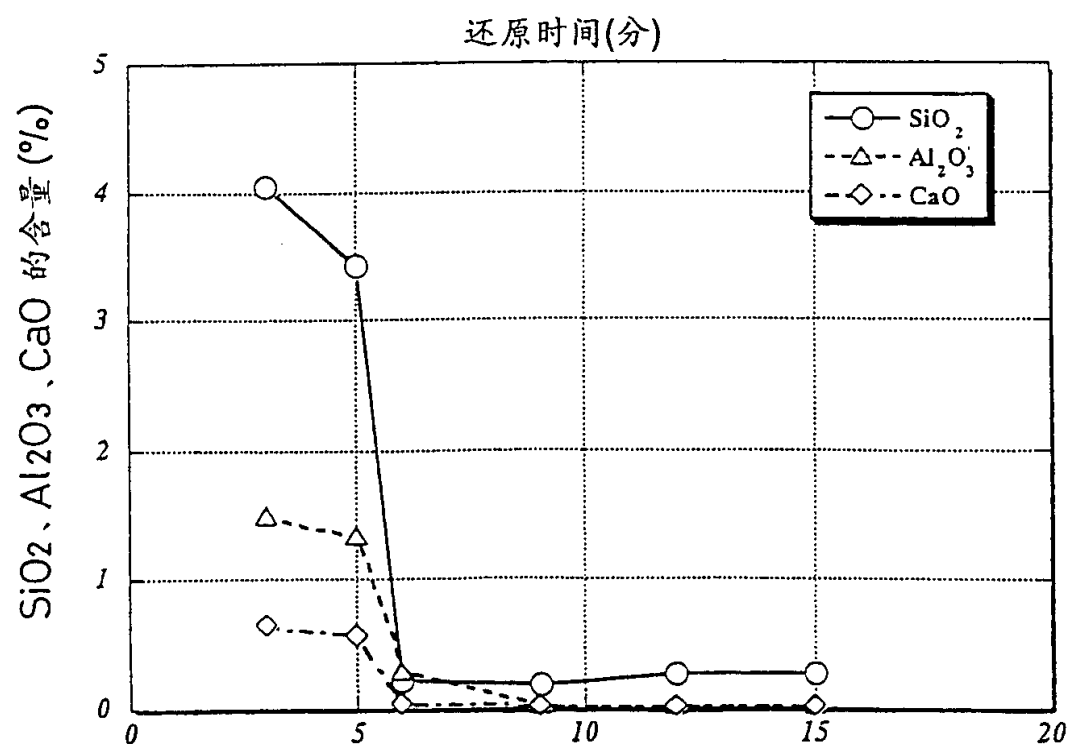


图 5

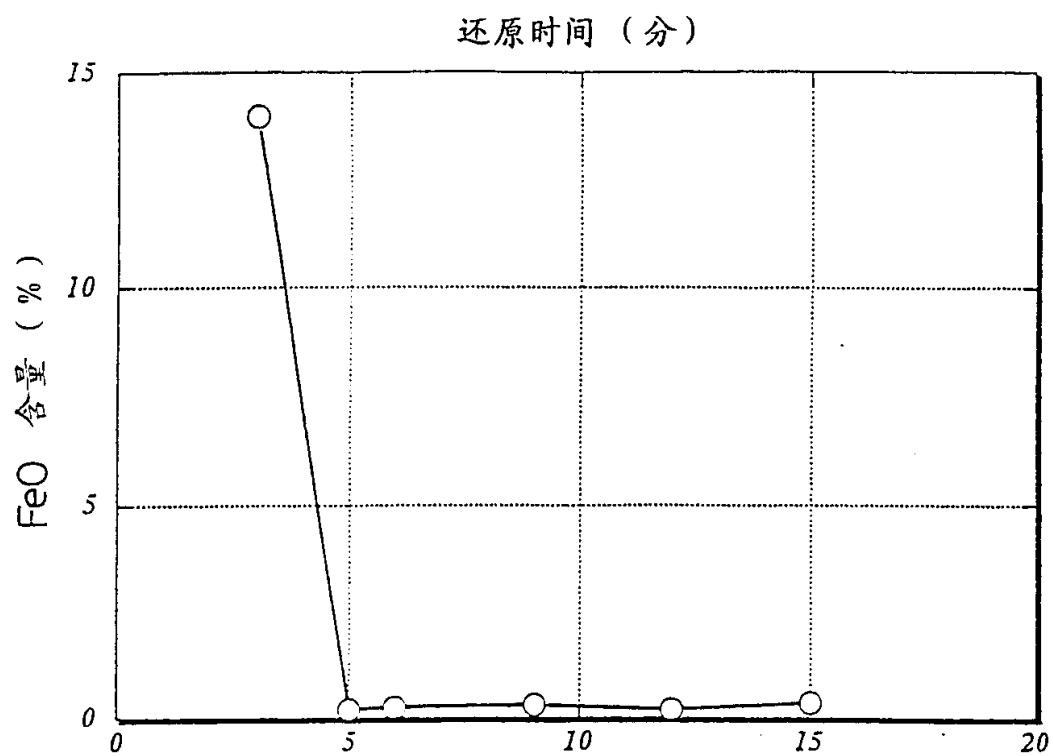


图 6

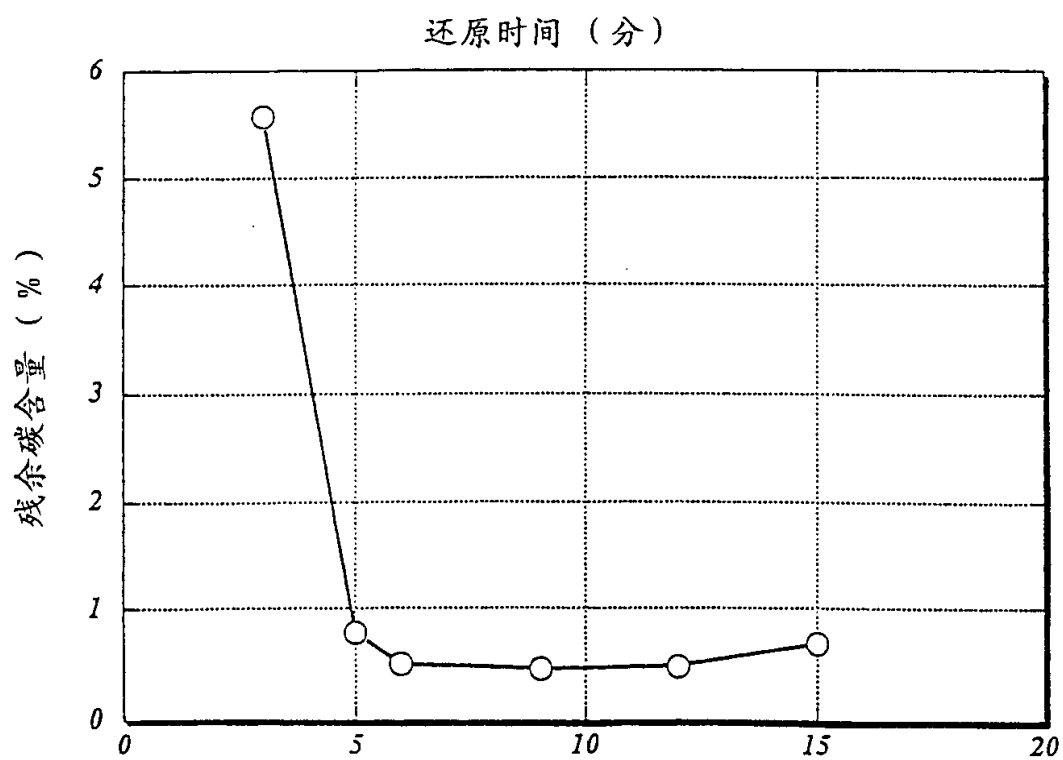


图 7

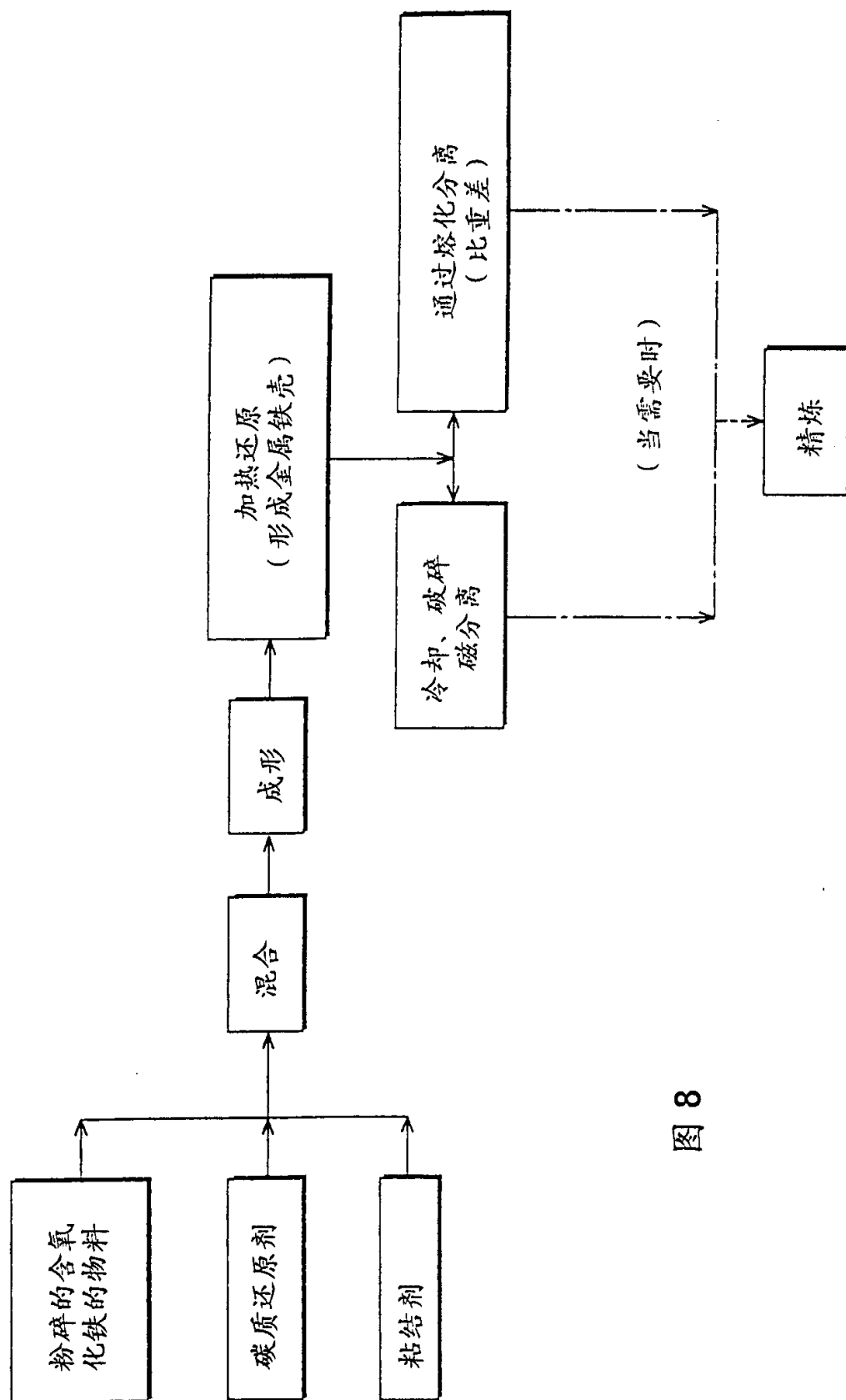


图 8

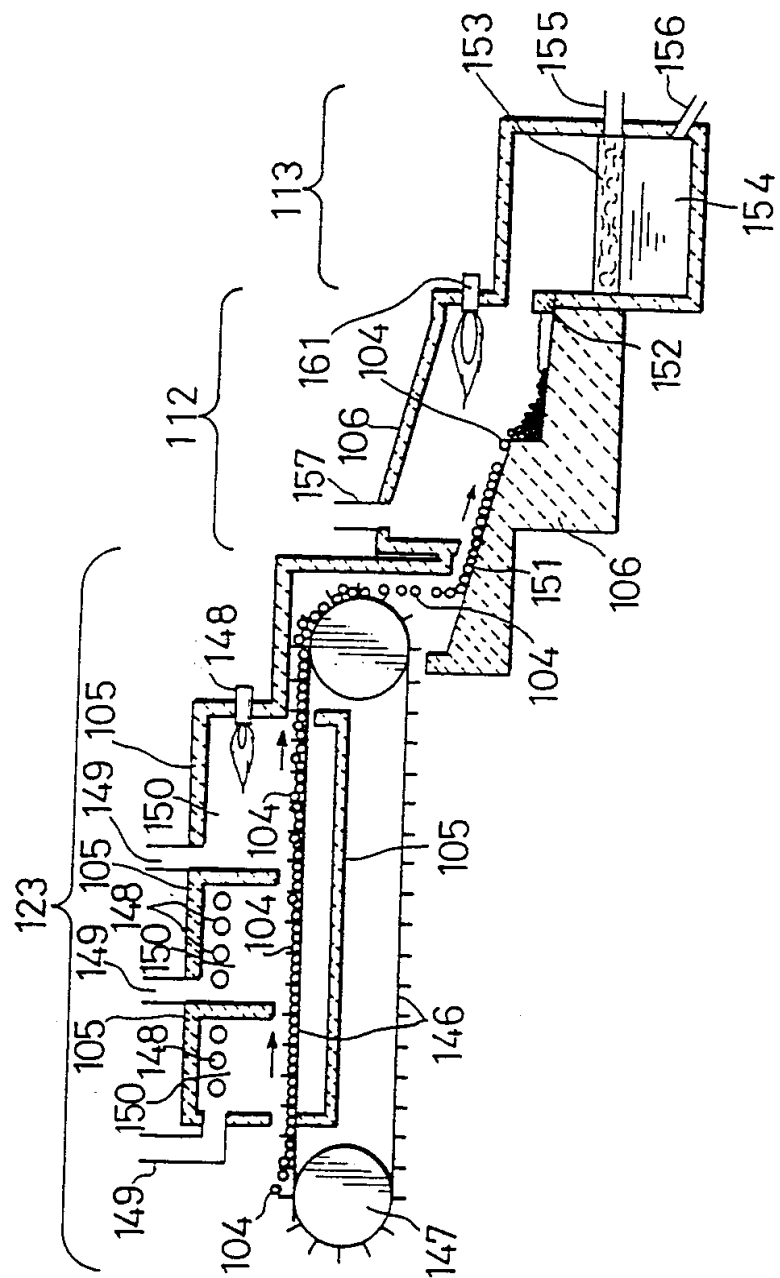


图 9

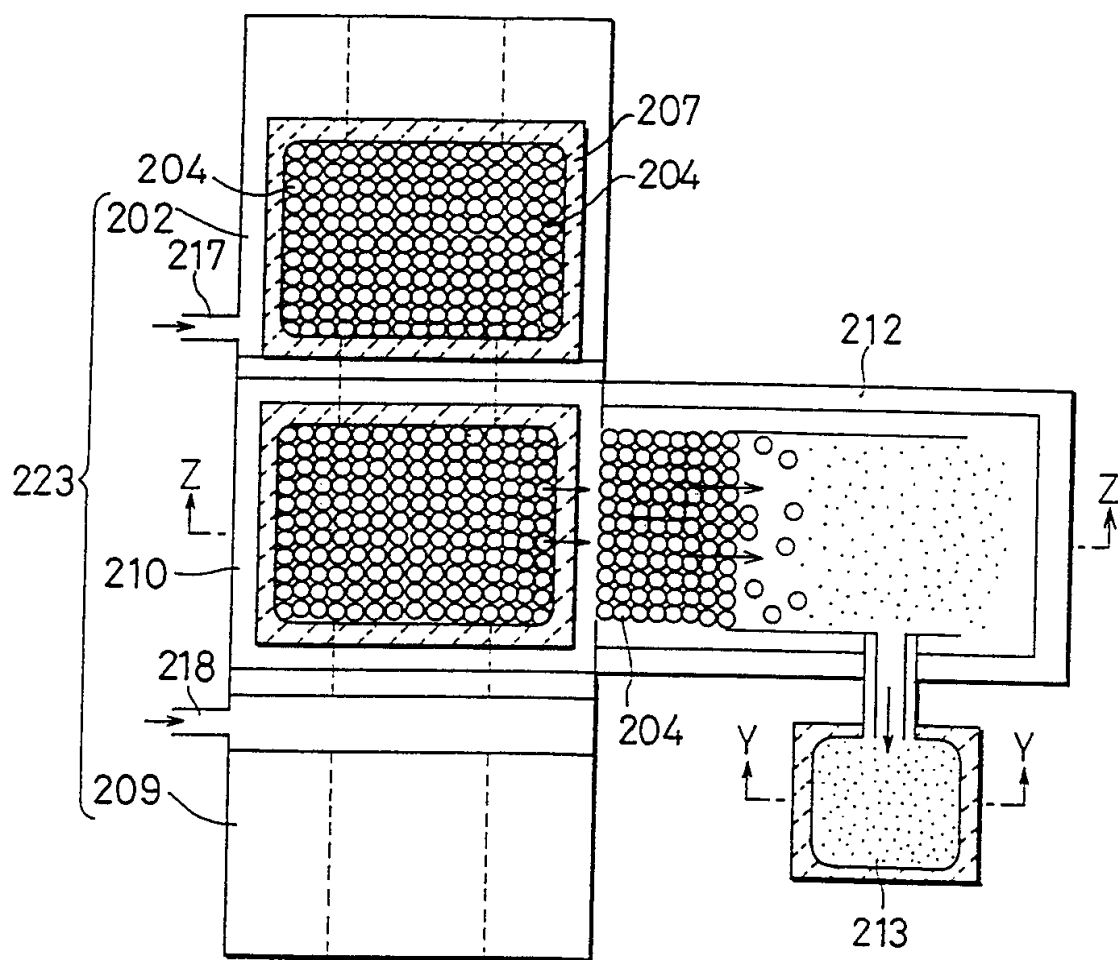


图 10

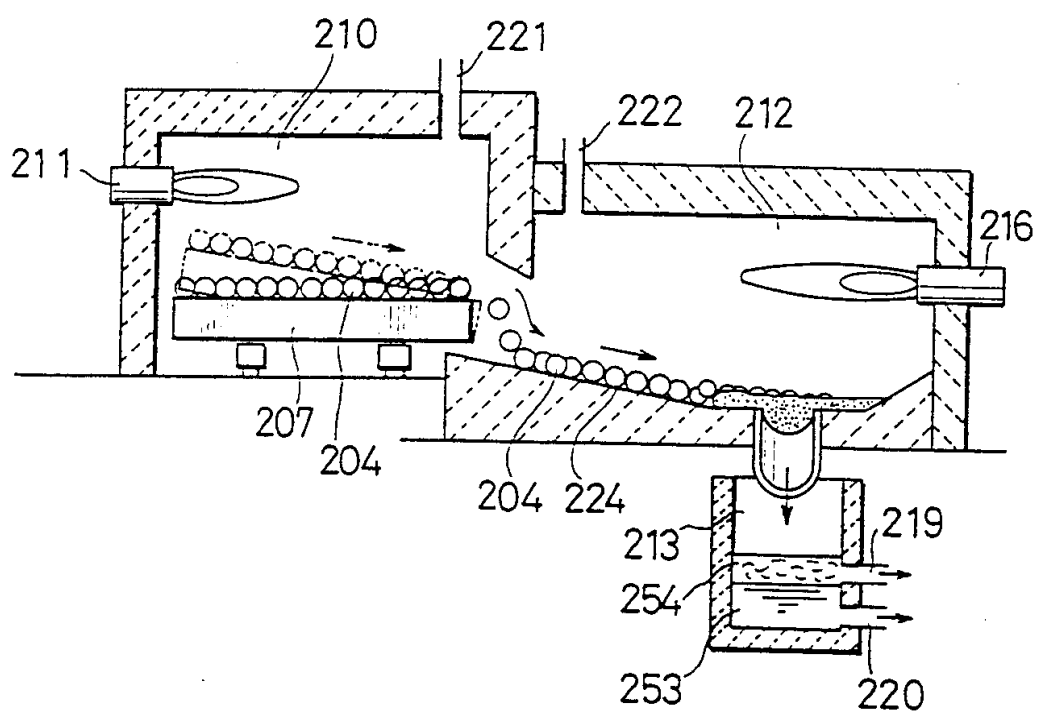


图 11

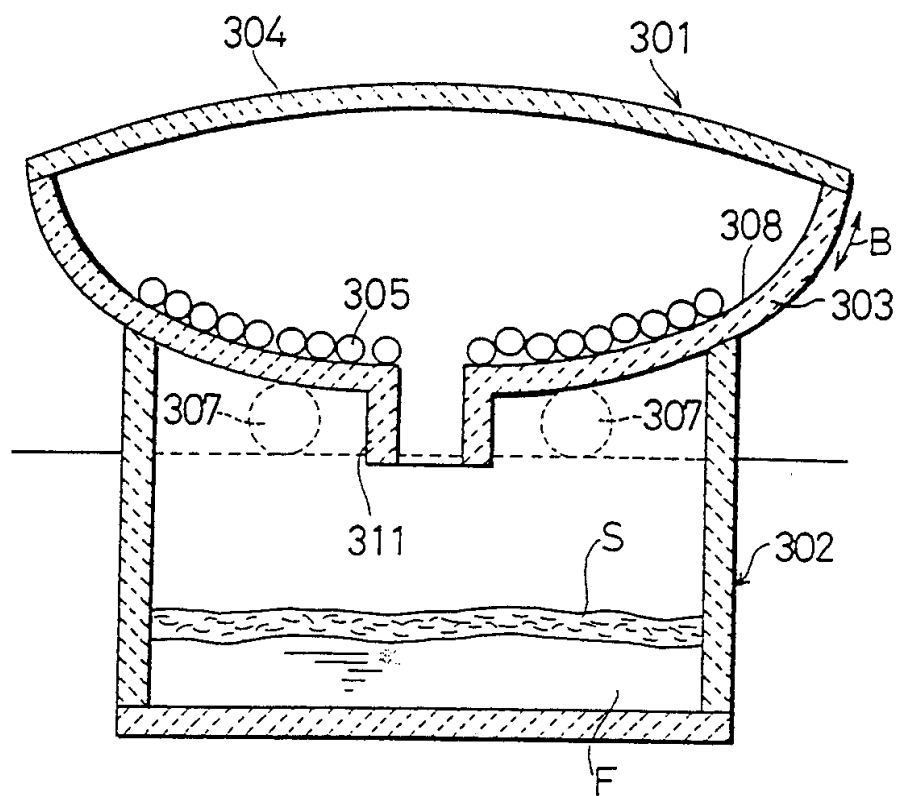


图 13

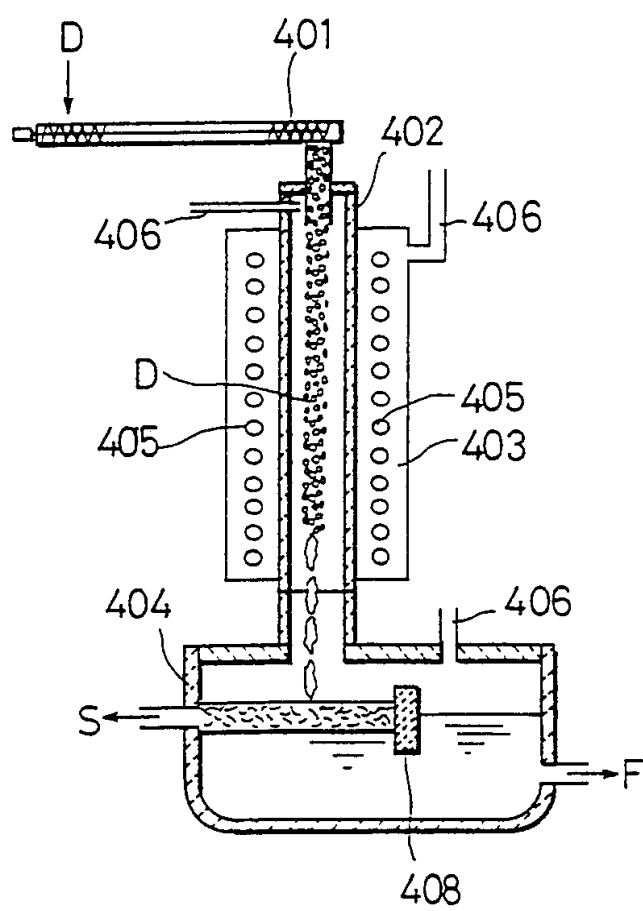


图 14

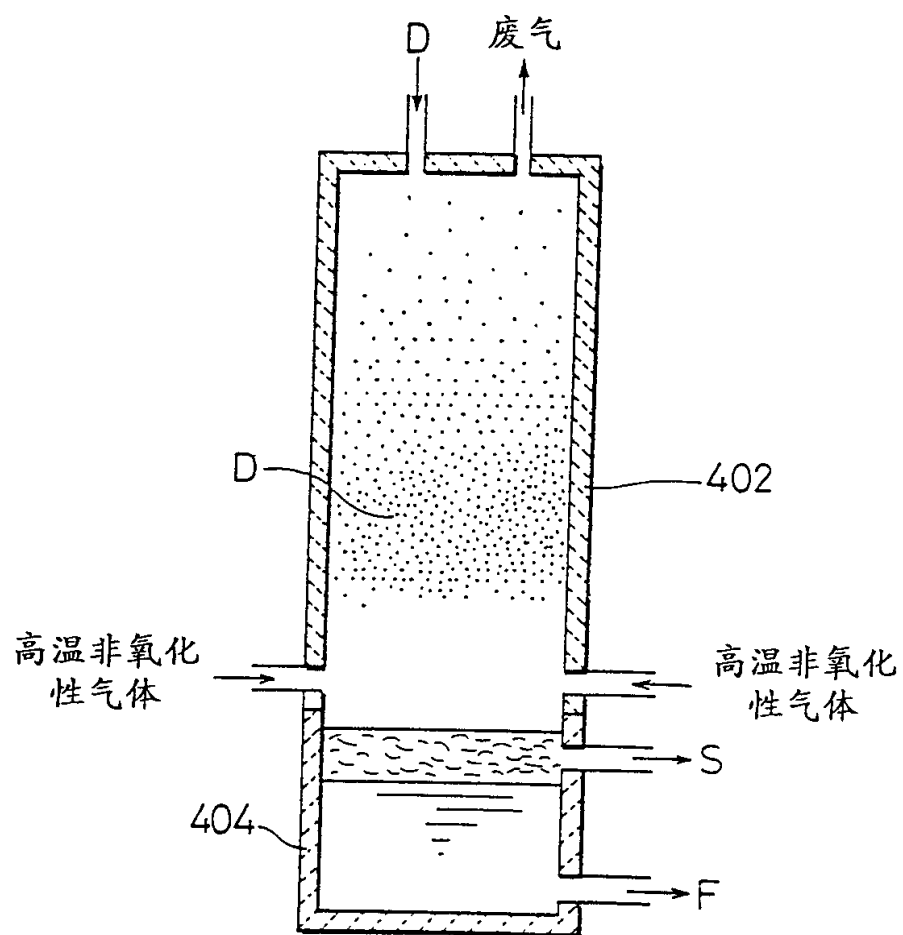


图 15

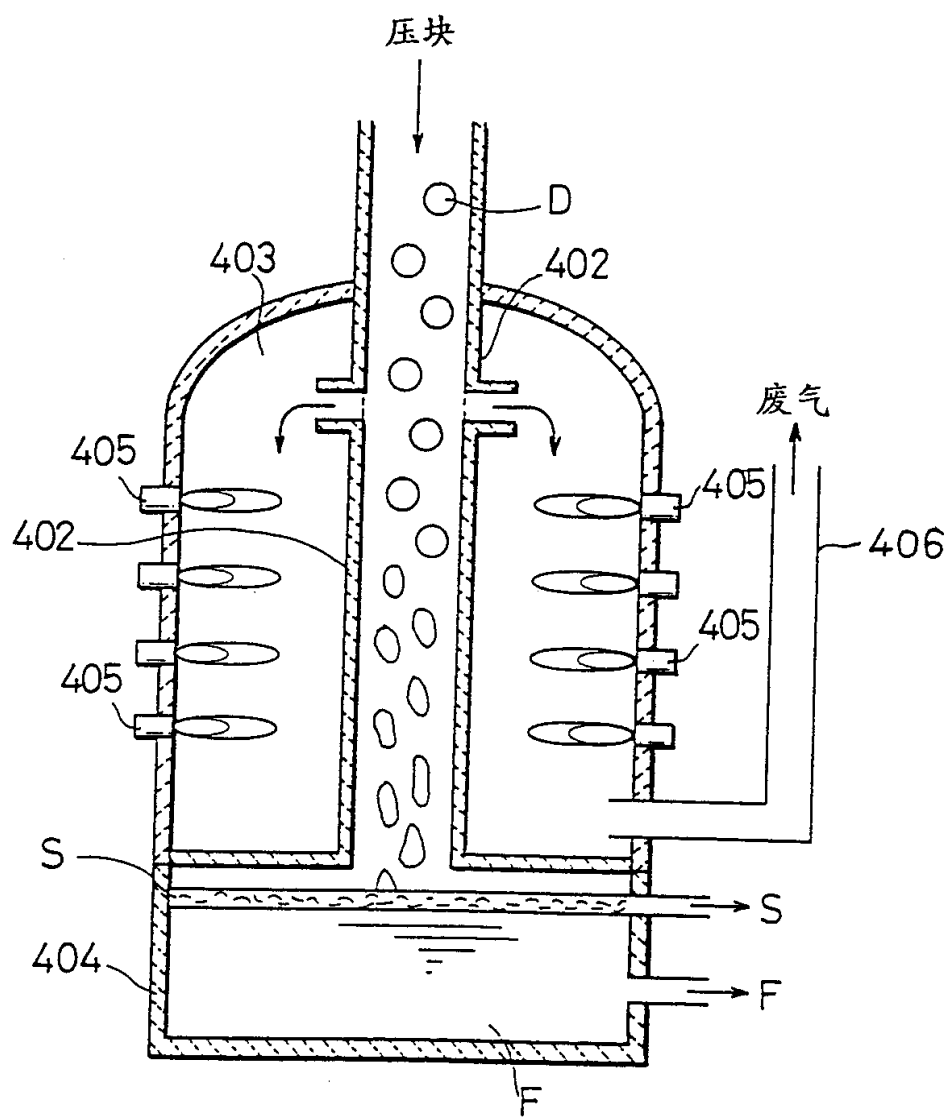


图 16

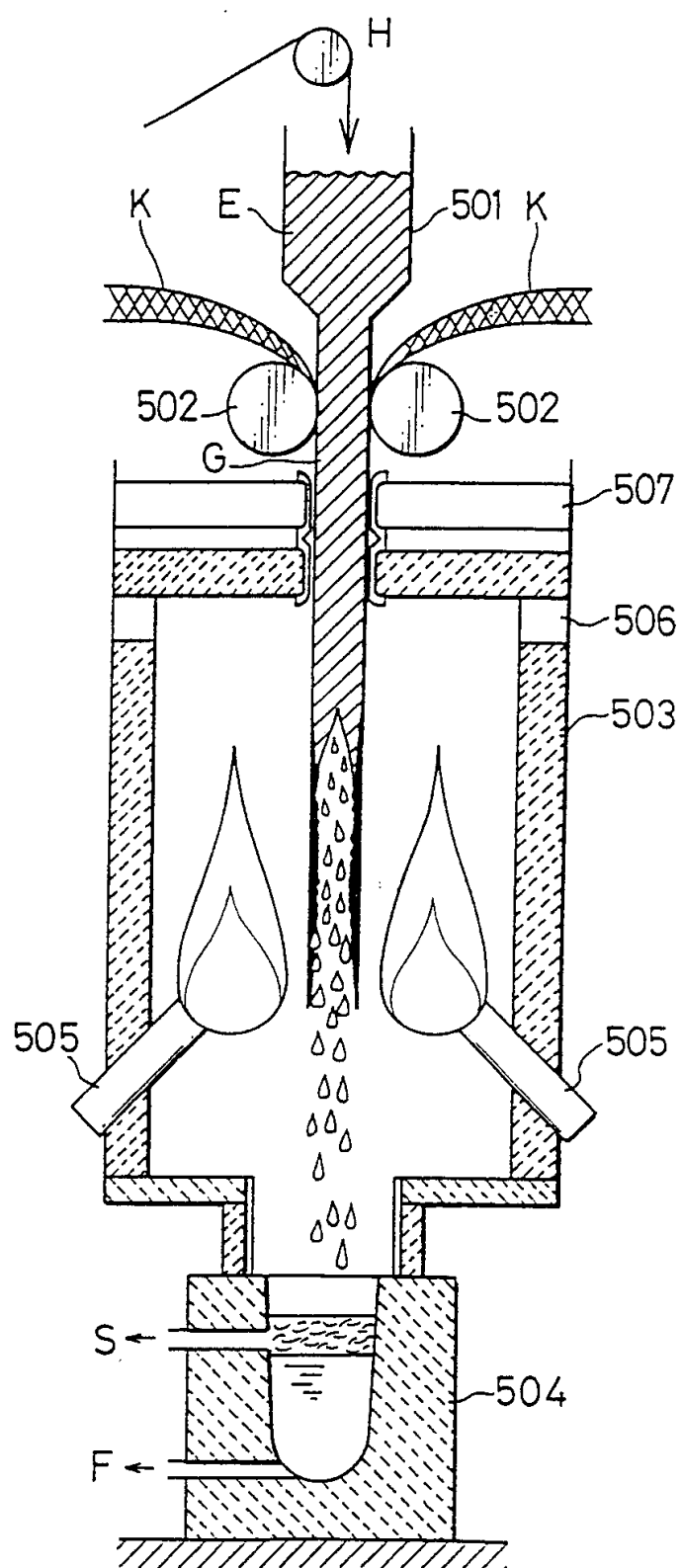


图 17

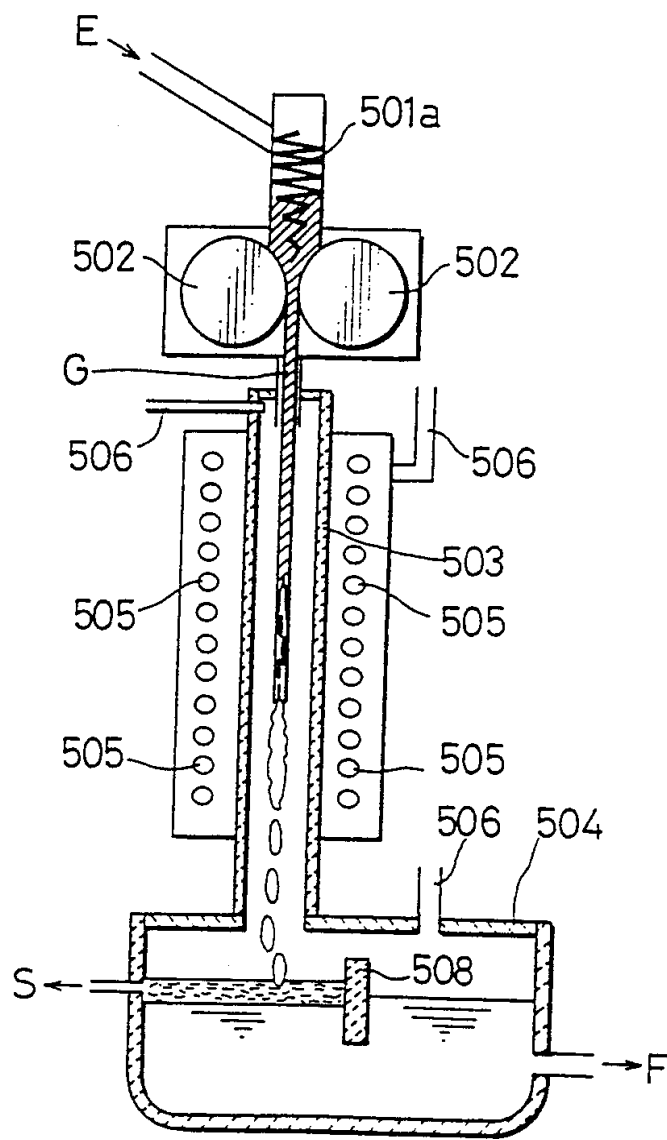


图 18

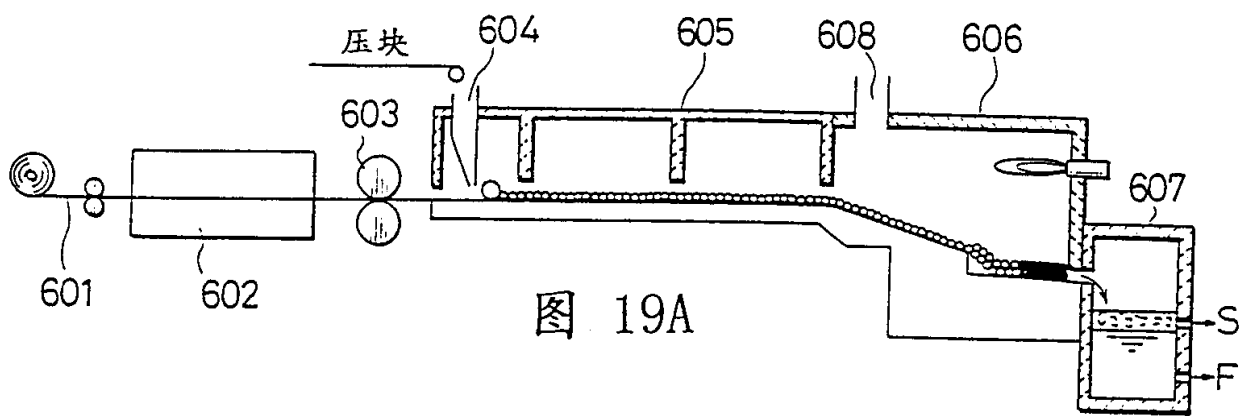


图 19A

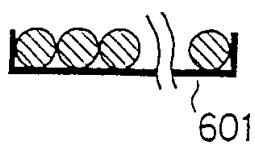


图 19B

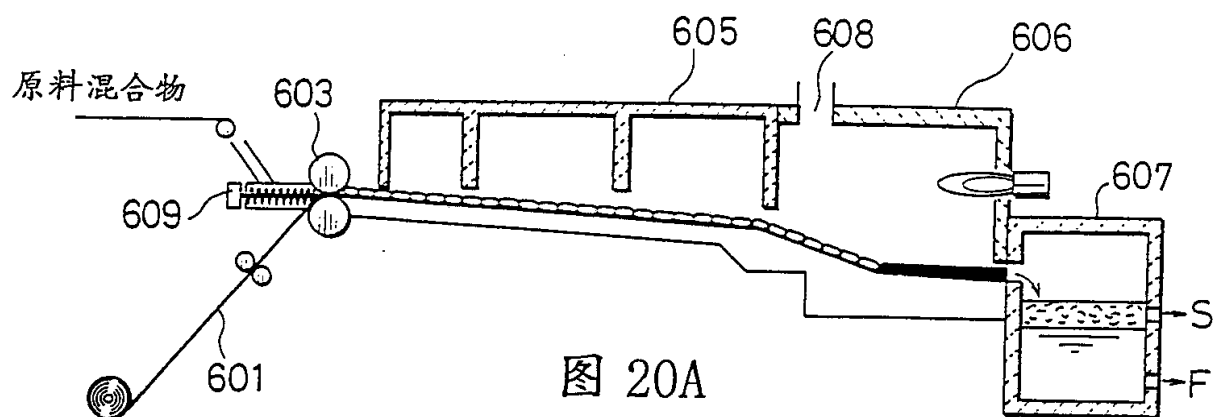


图 20A



图 20B

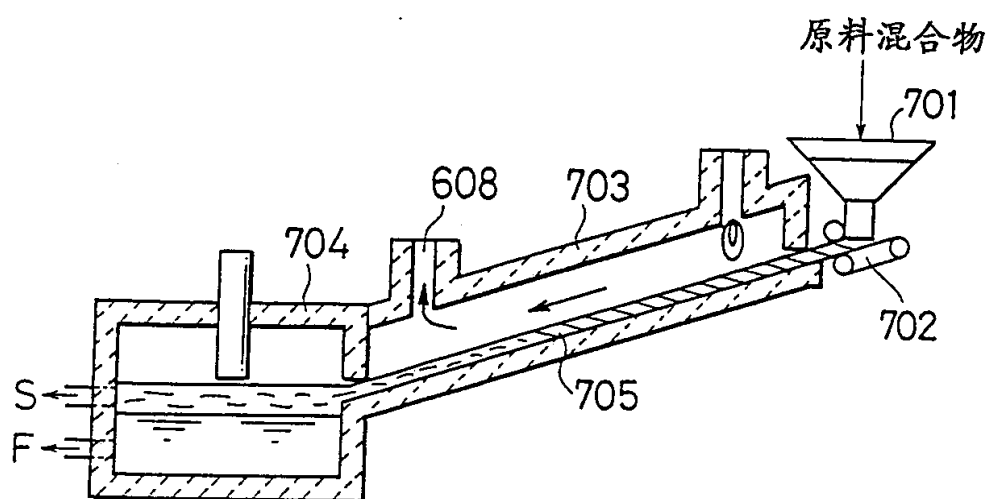


图 21

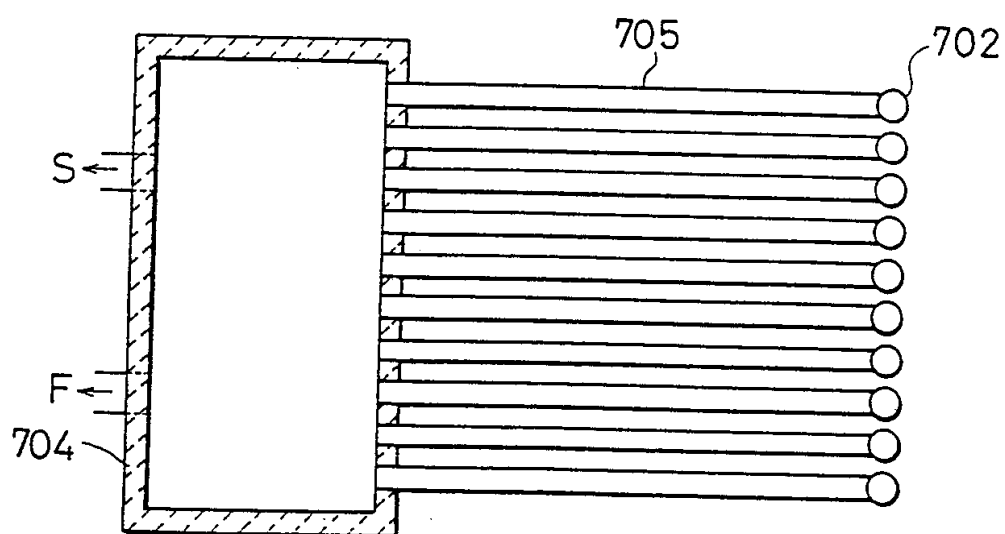


图 22