[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
C21B 13/14

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97192779.0

[45]授权公告日 2001 年 7 月 18 日

[11]授权公告号 CN 1068631C

[22]申请日 1997.3.3 [24]颁证日 2001.4.19
[21]申请号 97192779.0
[30]优先权
[32]1996.3.5 [33]AT [31]A416/1996
[86]国际申请 PCT/AT97/00045 1997.3.3
[87]国际公布 WO97/33006 德 1997.9.12
[85]进入国家阶段日期 1998.9.3
[73]专利权人 奥地利钢铁联合企业阿尔帕工业设备制造公司
地址 奥地利林茨
[72]发明人 E·艾克伯格 G·施雷 F·勒菲 J·迪艾尔 G·罗森菲勒内
[56]参考文献

AT394201A	1992. 2.25
AT396255A	1993. 6.26
DE2546502A	1977. 4.28
DE3608150C	1987. 6. 2
EP0027320A	1981. 4.22
EP0487856A	1992. 6. 3
JP5306718A	1978. 6. 5
US1742750A	1930.10. 7

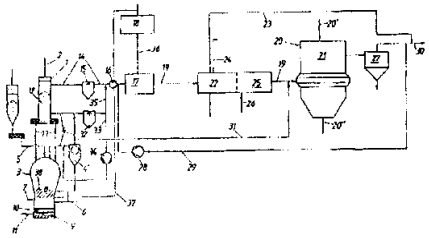
审查员 徐 川
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 段承恩

权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 生产生铁水或钢水预产品的工艺和实施该工艺的设备

[57]摘要

本发明涉及从铁矿石以及可任选填料构成的炉料，生产生铁水或 钢水预产品的方法，其中所述的铁矿石优选具有块状和/或球团形态。在上述工艺过程中，所采用的炉料在至少一个初次还原区(12)中直 接还原成海绵铁。在提供合碳材料(10)和含氧气体的条件下，该海 绵铁在一个熔融气化区(8)中熔化。生成了一种含有 CO 和 H_2 的还 原气体，并通入所述的还原区(12)在那里发生化学反应，并作为排 出气体排出。该排出气体提供给一个消耗装置(20)。为了使用具有 高固定 C 含量的含碳材料和使 O_2 的消耗量比较低，向熔融气化区 (8)通入一种 CO_2 含量高的气体，该气体在熔融气化区(8)中与含碳材料反应生成 CO，其中所述气体的 CO_2 含量远高于所述排出气 体的 CO_2 含量，并优选在超过 40%；而所述气体的 CO 含量(如果含 有 CO)远低于所述排出气体的 CO。



ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1. 由炉料生产生铁水或钢水预产品的方法，包括以下步骤:

在还原区中将所述炉料还原成海绵铁，所述还原区形成于还原反应器中;

在提供含碳材料和含氧气体的条件下，所述海绵铁在形成于熔炉气化器内的熔融气化区中熔化，并生成含有 CO 和 H_2 的还原气体;

将生成的含有 CO 和 H_2 的还原气体通入还原区以使其能够还原铁的氧化物；并且

将排出气体从还原区中排出，所述排出气体通向一个消耗装置，所述的方法的特征在于所述排出气体排出后要经过 CO_2 去除处理，并且将至少部分在 CO_2 去除过程中分离的 CO_2 含量高的废气通入熔融气化区中，并与含碳材料反应形成 CO。

2. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于将所述含 CO_2 的气体通入在熔融气化区中形成的运动床的下底部。

3. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于将所述含 CO_2 的气体与所述含氧气体一起通入在熔融气化区中形成的运动床的下底部。

4. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于所述含 CO_2 的气体与粉尘一起送入熔融气化区中。

5. 根据权利要求 4 的方法，其特征在于所述的粉尘已经从在熔融气化区中生成的还原气体中分离出来，并且再循环回到在熔融气化区中。

6. 根据权利要求 2 的方法，其特征在于所述含 CO_2 的气体在送入熔融气化区之前要进行脱硫处理。

7. 根据权利要求 1 的方法，其特征在于在至少一个还原区中形成所述进行 CO_2 去除处理的排出气体，而所述经 CO_2 净化处理的排出气体在至少另一还原区中用作还原气体，该气体可任意地经加热，用于还原颗粒状含有金属氧化物的材料。

8. 根据权利要求 7 的方法，其特征在于一部分从加热过程排放的

烟道气送入熔融气化区中。

9. 根据权利要求 7 的方法，其特征在于在 CO_2 去除处理过程分离的废气用于加热，该气体具有高的 CO_2 含量。

10. 根据权利要求 7 的方法，其特征在于在还原区进行反应的还原气体用于加热，并且产生的至少部分烟道气送入熔融气化区中。

11. 由炉料生产生铁水或钢水预产品的方法，包括以下步骤:

在还原区中将所述炉料还原成海绵铁，所述还原区形成于还原反应器中;

在提供含碳材料和含氧气体的条件下，所述海绵铁在形成于熔炉气化器内的熔融气化区中熔化，并生成含有 CO 和 H_2 的还原气体;

将生成的含有 CO 和 H_2 的还原气体通入还原区以使其能够还原铁的氧化物；并且

将排出气体从还原区中排出，所述排出气体通向一个消耗装置，所述的方法的特征在于一部分形成于还原区中的排出气体经过至少部分燃烧，并且将烟道气送入熔融气化区中，并与含碳材料反应形成 CO。

12. 根据权利要求 11 的方法，其特征在于在将所述烟道气通入熔融气化区之前使冷却气体与该烟道气混合。

13. 根据权利要求 11 的方法，其特征在于所述烟道气在通入熔融气化区之前或是以换热方式冷却用于加热一种气体，或是为了产生水蒸气而冷却。

14. 根据权利要求 7 的方法，其特征在于在与来自还原区的排出气体混合之后，在还原区中形成的排出气体至少部分经 CO_2 去除处理。

15. 实施根据权利要求 1 至 10 的方法的设备，包含：一个还原反应器（1）用于还原铁矿石；一个熔炉气化器（3）；一个输送还原气体的进气导管（4），该导管将所述的熔炉气化器（3）与所述的还原反应器（1）连接起来；一个输送在所述还原反应器（1）中生成的还原产物的导管（13），该导管将所述还原反应器（1）与熔炉气化器（3）连接起来；一个排放排出气体的导管（14），该导管从所述的还原反应器（1）引出；输送含氧气体和含碳材料的进料导管（6、7），该导管通

入所述的熔炉气化器（3）中；一个位于所述的熔炉气化器（3）的用于出生铁和炉渣的料口（11）；所述的设备的特征在于还原反应器（1）的排放排出气体的导管（14）要经过 CO_2 去除设备（17）导通，而用于排放分离出来的含 CO_2 的废气的废气导管（36，37，37'）从 CO_2 去除设备（17）引出而与熔炉气化器（3）相通。

16. 实施根据权利要求 11至 14 的方法的设备，包含：一个还原反应器（1）用于还原铁矿石；一个熔炉气化器（3）；一个输送还原气体的进气导管（4），该导管将所述的熔炉气化器（3）与所述的还原反应器（1）连接起来；一个输送在所述还原反应器（1）中生成的还原产物的导管（13），该导管将所述还原反应器（1）与熔炉气化器（3）连接起来；一个排放排出气体的导管（14），该导管从所述的还原反应器（1）引出；输送含氧气体和含碳材料的进料导管（6、7），该导管通入所述的熔炉气化器（3）中；一个位于所述的熔炉气化器（3）的用于出生铁和炉渣的料口（11）；所述的设备的特征在于从排放排出气体的导管引出的排出气体支导管通向燃烧装置，而从该燃烧装置引出的排放烟道气的导管通入熔炉气化器中。

17. 根据权利要求 15 或 16 的设备，其特征在于所述的气体导管（37，37'）通入熔炉气化器（3）的下部，大致位于熔炉气化器（3）中形成的流态化床（38）的下底部的高度。

18. 根据权利要求 15 或 16 的设备，其特征在于所述的气体导管（37）与一个用于含氧气体的进料导管（6）一起通入熔炉气化器（3）。

19. 根据权利要求 15 或 16 的设备，其特征在于所述的气体导管（37'）与一个用于向熔炉气化器（3）供给粉尘的进料导管一起通入熔炉气化器（3）。

20. 根据权利要求 15 或 16 的设备，其特征在于所述的气体导管（37'）与一个用于向熔炉气化器（3）供给粉尘的进料导管一起通入熔炉气化器（3），其中所述粉尘经过一个燃烧器（39）送入熔炉气化器。

21. 根据权利要求 19 的设备，其特征在于在用于还原气体的进料

导管（4）中，设置一个粉尘分离器（4'），它通过一个粉尘再循环导管连接到熔炉气化器（3）上，其中所述的进料导管（4）将熔炉气化器（3）与还原反应器（1）连接起来，并且所述的气体导管（37'）与所述粉尘再循环导管一起通过一个粉尘燃烧器（39）通入熔炉气化器（3）。

22. 根据权利要求 15 或 16 的设备，其特征在于在所述的气体导管（36，37）中设置了一个脱硫装置（18）。

23. 根据权利要求 15 或 16 的设备，其特征在于安装了两个还原反应器（1，20），它们通过初次还原反应器（1）的排放排出气体的导管（14）相互连接，并且通过 CO_2 去除设备（17）相互气流导通，其特征在于从 CO_2 去除设备（17）排出的排出气体任意地经加热装置（22，25）而通入二次还原反应器（20）。

24. 根据权利要求 23 的设备，其特征在于一个用于排放所述二次还原反应器（20）的排出气体的传输导管（29）通入一个 CO_2 去除设备（17）。

25. 根据权利要求 23 的设备，其特征在于一个用于排放所述二次还原反应器（20）的排出气体的传输导管（29）通入所述的 CO_2 去除设备（17）用于去除所述二次还原反应器的排出气体中的 CO_2。

26. 根据权利要求 23 的设备，其特征在于一个废气支导管（42）从所述的 CO_2 去除设备（17）引出并通入所述的加热装置（22），以便提供作为一种加热气体的废气，从该加热装置（22）引出排放烟道气的烟道气排放导管（39，40）与熔炉气化器（3）相互气流导通。

27. 根据权利要求 24 的设备，其特征在于一个废气支导管（42）从所述的 CO_2 去除设备（17）引出并通入所述的加热装置（22），以便提供作为一种加热气体的废气，从该加热装置（22）引出排放烟道气的烟道气排放导管（39，40）与熔炉气化器（3）相互气流导通。

28. 根据权利要求 24 的设备，其特征在于将一个换热器置于所述的烟道气排放导管中。

29. 根据权利要求 26 的设备，其特征在于将一个换热器置于所述

的烟道气排放导管中。

30. 根据权利要求 28 的设备，其特征在于置于所述的烟道气排放导管中的所述换热器用于加热一种含氧气体。

31. 根据权利要求 29 的设备，其特征在于置于所述的烟道气排放导管中的所述换热器用于加热一种含氧气体。

32. 根据权利要求 15 或 16 的设备，其特征在于所述铁矿石具有块状和/或球团形态。

说　明　书

生产生铁水或钢水预产品的工艺和实施该工艺的设备

本发明涉及用含有铁矿石和任选熔剂的炉料出发，生产生铁水或钢水预产品的方法和实施该方法的设备。其中所述的炉料优选具有块状和/或球团形态，该炉料在一个还原反应器内形成的还原区中直接还原成海绵铁。在提供含碳材料和含氧气体的条件下，该海绵铁在一个熔融气化区中熔化，同时生成了一种含有 CO 和 H_2 的还原气体，该气体通入所述的还原区在那里发生化学反应，并作为排出气体排出。此后该排出气体通向一个消耗装置。

从 DE - C - 4037977 中知道了一种方法，根据该专利，为了降低生产海绵铁或生产由海绵铁熔化得到的生铁的成本，由于所述的排出气体量比较大又含有大量的一氧化碳和氢，因此，该气体要通入一个充当消耗装置的二次还原区，该气体在经过处理以后用于还原额外的含铁材料。

采用上述已知方法，如果具有高固定 C 含量的含碳材料在熔炉气化器气化，就可能在所述熔炉气化器中出现过热现象。这类含碳材料有无烟煤和各类可煅烧的石油焦炭等等。这类已知方法另一个缺点是生产单位还原剂所消耗的 O_2 量较高，这是由于熔炉气化器中一氧化碳的生成完全靠含碳材料与氧的气化反应。

从 US-A-1 742 750 中知道，在一个高炉工艺中，向高炉的下部鼓入 CO_2，O_2 和任选的 H_2O，其中含碳材料通过与上述气体反应生成了一种还原气体，而高炉的下部的温度也得到控制。还原含有铁的氧化物材料过程中生成的含有 CO 和 CO_2 的气体，从上述高炉排出后，经过处理得到一种含有 O_2 和 CO_2 的气体，可以再次鼓入所述高炉中。该气体的成分并未在 US-A-1 742 750 中明确给出。

本发明的目标是避免上述这些缺点和难点并创造一种方法以及一

种实施该方法的方案，以便能够使用具有高固定 C 含量的含碳材料。此外，要使煤炭气化所消耗的 O_2 量降低。

根据本发明，上述目的可通过以下办法达到：将一种 CO_2 含量高的气体送入熔融气化区并在那里与含碳材料反应生成 CO，其中所述气体的 CO_2 含量远高于所述排出气体的 CO_2 含量，并优选在超过 40%；并且如果含有 CO，所述气体的 CO 含量远低于所述排出气体

的 CO。

AT－B－394.201 涉及一种与起初描述类似的方法，根据该方法，随同一部分在所述熔炉气化器中生成并具有很低 CO_2 含量的热还原气体一起，使含 CO_2 的排出气体在一个洗涤器中冷却、净化，并根据技术要求进行脱硫处理，然后用作一种燃气轮机的燃料气体。采用该方法，能满足环境保护要求的一种燃料气体的制备工艺的花费比较高，而且也需要相当大的投资。

从 AT－B－394.201 中知道，可以将还原阶段的排出气体作为一种吸热的含氧气体送入燃料气化器的流态化床。由于所述排出气体的 CO_2 含量约在 25%～35%，仍然比较低，此外还充满了粉尘，因此其效果也比较小。该方法的一个缺点是与所述的排出气体一起，相当高含量的一氧化碳进入了所述的熔炉气化器，这些一氧化碳必须要先冷却而在熔炉气化器中又要再次加热。该部分一氧化碳作为一种缓冲气体在所述熔炉气化器中流过，这会带来由此产生的所有缺点（压降，不必要的高功率压缩机，能量消耗增大等等）。

AT－B－394.201 的又一个缺点是必须提供一个用于还原剩余气体的脱硫装置，而根据本发明，如果还原气体中的硫可转移到液相中，这样一个装置就根本不需要，或者只为从 CO_2 去除设备排放的废气提供这样一个脱硫装置。

本发明方法的优点描述如下：

根据本发明，通过引入 CO_2 含量高的气体，使 CO_2 根据方程 $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ 发生化学反应。一氧化碳的形成增大了还原气体的体积并可以用于还原反应。二氧化碳生成一氧化碳的反应是吸热的，籍此通过引入适当量的 CO_2 含量高的气体可以将熔炉气化器中调整到预想的温度，因而避免了过热。

这样根据本发明，大量使用具有高固定 C 含量和本质上挥发性组分很低的含碳材料，例如无烟煤和各类可煅烧的石油焦炭等等是切实可行的，而如果不同时使用 CO_2 含量高的气体以施加降温作用，由于过热的影响是不允许大量使用所述含碳材料的。而且，每摩尔 CO_2 和一摩

尔碳可以生成二摩尔一氧化碳，在熔炉气化器中由CO_2含量高的废气生成的一氧化碳增大了用于还原铁的氧化物的还原气体的体积。

根据本发明的方法的另一个优点是生成单位还原剂所消耗的O_2量下降了，这是因为在熔炉气化器中部分含碳材料不使用O_2而是使用二氧化碳生成一氧化碳。因而提供O_2所需的能量也显著降低了。这样，根据本发明的方法，可以降低向大气排放的CO_2量，这符合关于减少CO_2排放的多伦多声明（Toronto Declaration），其中CO_2被认为是使气候变迁的主要原因。

如果预热CO_2含量高的气体，可以进一步降低熔炉气化器中的O_2消耗量，因为可以燃烧更少的送入熔炉气化器中的含碳材料中的固定C。

本发明的另一个目标源于以下问题:

根据现有技术，所述排出气体的处理通常要首先经过在一个洗涤器中清洗，除去固体颗粒，从而显著降低了该气体的温度。此后根据DE－C－4037977去除该排出气体中的CO_2，因为CO_2不利于进一步将该废气用作一种还原气体；在所述排出气体中还原剂含量会过低。已知有多种方法从排出气体中去除CO_2，例如通过压力脉动吸收工艺或CO_2化学洗涤。根据DE－C－4037977可以在很大程度上利用在排出气体中化学键合的能量，但在净化排出气体时产生的含CO_2的废气造成一个问题，因为该废气必须以一种与环境相容的方式处理掉。

该废气含有CO，H_2，CH_4和H_2S，由于环境保护的原因不能在这种状态下排入大气。这也是它只能有条件地适于可能的二次处理的原因。因此，通常要将该废气中的硫化合物去除。到目前为止，可采用不同的方法进行该脱硫过程，例如通过所谓的“Stretford洗涤”或通过在活性炭上的催化氧化等方法进行。所有这些方法都是昂贵的并需要额外的材料，例如活性炭或吸附剂，这些材料需要单独储存和处理。

显然知道可将含有CO_2的废气烧掉。然而，这种燃烧处理需要提

供用于点燃和增碳以支持燃烧的气体，因为含有 CO_2 的废气只具有低的热值。

本发明的另一个目标是避免所述这些缺点和难点，本发明额外的目的是提供一种有效的方法，以利用还原矿石时排出的气体，例如在生成海绵铁时进行的直接还原所排出的气体，而同时避免现有技术方法所带来的难点。特别是切实可行地以一种环境相容的方式处理和排放含有 CO_2 的废气并且在本发明方法和设备的能量条件下，最大限度地利用该气体。而且，与分离 CO_2 同时出现的、分离 H_2S 所带来的所有问题也同样以一种环境相容的方式解决。

根据本发明，该目标通过以下方法达到，该方法是用含有铁矿石并可任选熔剂的炉料生产生铁水或钢水预产品的方法，所述的铁矿石优选具有块状和/或球团形态，所述炉料在还原反应器（1）中形成的一个还原区（12）中直接还原成海绵铁，在提供含碳材料和含氧气体的条件下，所说的海绵铁在熔炉气化器（3）内形成的一个熔融气化区（8）中熔化，同时生成了一种含有 CO 和 H_2 的还原气体，该气体通入所述的还原区（12）并在那里发生化学反应，并作为排出气体排出，其中，所说的排出气体通向一个消耗装置（20），所述的方法的特征在于向熔融气化区（8）引入一种 CO_2 含量高的气体，该气体在熔融气化区（8）中与含碳材料反应生成 CO，其中所述气体的 CO_2 含量远高于所述排出气体的 CO_2 含量，并优选在超过 40%；并且如果含有 CO，所述气体的 CO 含量远低于所述排出气体的 CO。其中至少一部分在去除 CO_2 过程中分离出来的废气(CO_2 含量高)通入熔融气化区中并在那与碳反应生成 CO。

根据本发明，不仅会使所述 CO_2 去除设备排出的高的 CO_2 产率降低，而且会增加其中的额外 CO 含量以便进一步为一个消耗装置所利用，从而有效地降低了其中的 CO_2 含量。根据本发明，如果排出气体可为一个二次还原区使用，那么就不必将该排出气体中的 CO_2 百分含量降低到现有技术的水平。

如果采用石油焦炭，将在去除 CO_2 同时分离出的 H_2S 也送入所述

熔炉气化器是有好处的，籍此其中的硫可以转移到已经在熔炉气化器中熔化的液相中。而通过已知的方法可以简单地从所述的熔炉气化器中脱硫，而且与从所述的还原气体中除去气态的 H_2S 相比，可以以更容易更节能的方式脱硫。

根据本发明一个优选的实施方案，将 CO_2 含量高的气体送入熔融气化区中形成的流态化床的下底部，在那可以更有效地进行 CO_2 与 C 的化学反应。

优选地，将 CO_2 含量高的气体与含氧气体一起送入所述的熔融气化区。然而，在这种情况下，含有 CO_2 的气体不能含有任何可燃成分，不然就必须为含氧气体和所述含有 CO_2 的气体提供单独的导管，只有在熔炉气化器中的燃烧器中才能一起流过。

特别优选的是将CO_2含量高的气体与要送入熔融气化区的粉尘一起送入熔融气化区，其中CO_2含量高的所述气体与粉尘一起送入所述的熔融气化区，所述的粉尘是从熔融气化区中生成的还原气体中分离出来的，需要在熔融气化区中进行再循环。铁与CO_2发生再氧化反应是吸热的，会导致温度降低，从而发生失控的氧化反应的危险减小了。在此可以将CO_2含量高的气体与目前使用的氮气混合充当传输气体，从而降低气体体系中氮气的富集。从体系中去除氮是比较困难的，而且输送因氮气而增大的气体体积造成更多的能耗，其中氮气必须完全通过缓冲气体形式一起输送。

为了生产具有极低硫含量的生铁和钢的预产品，要送入熔融气化区的CO_2含量高的气体需要在送入熔融气化区之前进行脱硫处理。

根据本发明的方法可以在以下特别优选的方式下实施：排出气体在至少一个初次还原区中形成后经过CO_2去除处理，并且去除了CO_2的该排出气体作为还原气体在至少一个二次还原区中使用，并任选地在加热后，用于还原粒状的含金属氧化物的材料，尤其是含铁的氧化物的材料，并在所述的二次还原区中发生化学反应。这样做的原因在于所述的初次还原区排出气体去除CO_2后得到的气体，作为一种用于所述二次还原区的还原气体，含有特别高的还原剂含量。如上所述，这是由于在熔炉气化器内生成的还原气体中含有过多的一氧化碳（增大的CO/CO_2比），从所述的初次还原区排出的气体中去除CO_2的处理，并不一定要按目前要求的办法进行。例如，可以直接将一部分所述排出气体通入所述二次还原区中，而不进行去除CO_2处理。

在此优选的是将至少一部分来自加热过程的烟道气送入熔融气化区，并适宜地将去除CO_2时分离出来的CO_2含量高的废气用于加热，其中，更优选的是将在一个二次还原区中反应后的还原气体用于加热，并且将至少一部分这样形成的烟道气送入所述熔融气化区。

如果至少部分地燃烧在所述初次还原区生成的一部分排出气体，并且将烟道气送入所述熔融气化区中以及在这之前使所述烟道气与一种冷却气体混合，那么气体的利用情况就特别好。

如果所述烟道气在送入熔融气化区之前，在换热器中冷却而将一种气体，优选的是在本工艺中使用的一种含氧气体加热，那么就工艺总体上而言冷却所述烟道气就特别有意义。换热器加热也可以用于生产作为一种氧化剂使用的水蒸气。

在此将所述二次还原区形成的排出气体至少部分地也同样进行 CO_2 去除处理是有好处的，而该处理优选的是在与来自初次还原区的排出气体混合以后，而在此分离出来的、具有高的 CO_2 含量的废气，也至少部分送入熔融气化区中，在那与碳进行化学反应生成 CO。

一种实施本方法的设备，包含一个还原反应器用于还原铁矿石，所述铁矿石优选具有块状和/或球团形态；一个熔炉气化器；一个输送还原气体的进气导管，该导管将所述的熔炉气化器与所述的还原反应器连接起来；一个输送在所述还原反应器中生成的还原产物的导管，该导管将所述还原反应器与熔炉气化器连接起来；一个排放排出气体的导管，该导管从所述的还原反应器引出；输送含氧气体和含碳材料的进料导管，该导管通入所述的熔炉气化器中；一个位于所述的熔炉气化器的用于出生铁和炉渣的料口；所述的设备的特征在于有一个气体导管通入所述熔炉气化器用于传输一种 CO_2 含量高而 CO 含量尽可能低的气体。

根据一个优选的实施方案，所述还原反应器的排放排出气体的导管要经过一个 CO_2 去除设备，而从该设备引出一个用于排放分离出来的含 CO_2 的废气的导管，该导管与熔炉气化器相导通。

相应地，所述气体导管通入熔炉气化器的下部，大致在熔炉气化器内形成的流态化床的下底部，其中，如果没有爆炸的危险（大致为 100 % 的氧化剂和 0 % 的还原剂），所述气体导管最好与输送含氧气体的导管一起通入所述熔炉气化器。

根据一个优选的实施方案，所述气体导管与一个向所述的熔炉气化器输送粉尘的进料导管一起通入所述的熔炉气化器，优选的是通过一个燃烧器将粉尘送入熔炉气化器中，其中，在输送还原气体的导管中可以适当地设置一个粉尘分离器，该导管将熔炉气化器与还原反应

器连接起来，所述分离器通过一个粉尘再循环导管与熔炉气化器相连，而所述的气体导管与所述粉尘循环导管一起通过一个粉尘燃烧器通入熔炉气化器。

为了得到一种具有尽可能低的硫含量的产品，在所述气体导管中设置了一个脱硫装置。

一个优选的实施方案的特征在于安装了两个还原反应器，它们通过初次还原反应器的排出气体导管相互连接，而通过 CO_2 去除设备相互气流导通，其中从 CO_2 去除设备排出的气体通过一个加热装置通入二次还原反应器。

在此相应地一个用于排放所述二次还原反应器的排出气体的传输导管通入一个 CO_2 去除设备，优选地通入所述二次还原反应器的 CO_2 去除设备。

根据一个优选的实施方案，为了提供一种加热气体，一个废气的支导管从 CO_2 去除设备通入所述的加热装置，从该加热装置引出一个用于排放烟道气的烟道气排放导管，该导管与熔炉气化器是气流导通的。

相应地，从排放排出气体的导管出发，一个排出气体的支导管通向一个燃烧装置，从该装置引出一个排放烟道气的导管通入熔炉气化器。

一个更优选的实施方案，其特征在于一个换热器，优选地用于加热一种含氧气体例如空气，设置在所述的排放烟道气的导管中。热空气可用于矿石预热，干燥等等。

以下参照几个示意地表示于附图的典型实施方案，更为详细地阐述本发明，其中所附图 1 至 5 中的每一个都以流程示意图形式图解了一个工艺的变种。

块状铁矿石和/或球团状的铁矿石经一个传输装置 2，通过一个未在附图中描述的推进装置，从顶端送入由初次竖炉构成的还原反应器 1 中，有时也加入熔剂用于形成一个运动床。竖炉 1 与一个熔炉气化器 3 相连，在熔炉气化器 3 中由煤炭和含氧气体生成一种还原气体并通过

一个进料导管 4 和一个气体净化装置 4'送入竖炉 1 中，该气体净化装置 4'选择性地设置在导管 4 中用于干除尘。

“运动床”一词是指一个连续运动的物料流，其中的可运动的颗粒与还原气体气体接触。优选地，利用一个在重力作用下连续向下运动的物料流。

不采用竖炉 1，也可以使用具有文丘里（ Venturi ）流态化床，一个循环流态化床，一个流态化床的反应器或具有链式炉箅的反应器或具有回转管式窑的反应器作为还原反应器。

熔炉气化器 3 具有一个用于固体含碳材料进料导管 3，一个用于含氧气体的进料导管 6 以及任选的进料导管 7，该导管用于在室温下为液态或气态含碳材料如各种碳氢化合物以及用于煅烧的熔剂。在熔炉气化器 3 中，熔融生铁 9 和熔融炉渣 10 聚集在熔融气化区 8 的下面，并通过料口 11 排出。

铁矿石在竖炉 1 中的一个直接还原区 12 中还原为海绵铁，并利用例如传输加料器等装置通过一个传输导管 13，与在直接还原区 12 中煅烧的熔剂一起送入熔炉气化器 3，所述导管 13 将竖炉 1 与熔炉气化器 3 连接起来。一个排放排出气体的导管 14 通入竖炉 1 的上部，该导管 14 用于排放在直接还原区 12 中由还原气体生成的排出气体。

从导管 14 流出的排出气体首先在洗涤器 15 中进行净化以尽可能完全地去除粉尘颗粒并降低水蒸气含量，以便随后可以进一步使用。此后所述的排出气体通过一个压缩机 16 通入一个 CO_2 去除设备 17（例如一个 CO_2 洗涤器或一个压力脉动吸收设备）以便尽可能完全地去除 CO_2。从所述 CO_2 去除设备 17 排放出来的废气任选地送入一个脱硫装置 18。这样的去除了 CO_2 的排出气体通过一个还原气体进气导管 19 送入一个二次还原反应器，该反应器是竖炉 20 并类似竖炉 1 也具有一个运动床并按照逆流原理运转。在该二次竖炉 20 中块状和/或球团状铁矿石在一个还原区 21 中直接还原。矿石进料导管用数字 20'表示，海绵铁的出料装置用 20''表示。

因为所述排出气体经过净化后已经被显著冷却，因而该气体在送

入所述二次还原竖炉 20 之前要进行加热。加热要经过两个阶段：首先净化后的排出气体在第一阶段要经过一个加热装置 22 的间接加热，所述加热装置 22 是一个热交换器。所述热交换器 22（换热器）通过净化后的排出气体运转，该气体从二次还原竖炉 20 通过一个导管 23 排出。除此以外，含氧气体（氧以分子形式存在）例如空气通过一个导管 24 提供给热交换器 22 的燃烧器。随后，加热过的排出气体经过二次燃烧，即在二次燃烧装置 25 中部分净化过的排出气体在提供氧 26 条件下燃烧。采用这种方法，所述净化后的排出气体达到在二次还原竖炉 20 中还原所需的温度，该温度优选在 600 ~ 900 ℃之间，但可能会更高，特别是在使用包覆的炉料的情况下。

为了除尘和降低水蒸气含量，从二次还原竖炉 20 中排出的气体也要经过在排出气体洗涤器 27 中的净化和冷却，此后可用于进一步的使用。所述排出气体的一部分经过导管 23 提供给热交换器 22 。在二次还原竖炉 20 中产生的另一部分排出气体，经压缩机 28 同样送入 CO_2 去除设备 17 中，即通过导管 29 通入排出气体排放导管 14 ，去除了 CO_2 的所述气体随后作为一种循环的还原气体送入二次还原竖炉 20 中。在二次还原竖炉 20 产生的排出气体的一部分通过排出气体导管 30 继续传输以供其它用途使用。

通过一个从进料导管 4 引出的一个支导管 31，在熔炉气化器 3 中生成的还原气体的一部分，流经一个旋风除尘器 4'，而不加洗涤即不流经一个洗涤器，在热态下经过支导管 31 与还原气体混合物混合，该气体混合物是由循环还原气体与去除了 CO_2 的排出气体构成的，在混合之前所述还原气体混合物要流经热交换器 22 和二次燃烧装置 25 。通过这种方式，在熔炉气化器 3 中生成的还原气体的显热传给了在二次还原竖炉 20 发生的直接还原过程，从而得到了有效利用。藉此不仅节约了在 CO_2 去除设备 17 上的费用、减小了热交换器 22 和二次燃烧装置 25 的尺寸，而且还能在所述过程中节约能源。

从还原气体分支出来的热气体在通过旋风除尘器 4'后仍然具有残余粉尘含量，但是这可以通过不造成有害作用的体系来解决，因为所

述热的分支出来的还原气体与循环的还原气体以及去除了 CO_2 的排出气体混合，通过稀释作用显著降低了粉尘含量。因此设想不会对二次还原竖炉 20 中发生的直接还原过程产生有害影响。

为了在送入气体净化装置 4'之前，调节从熔炉气化器 3 排出的非常热的还原气体的温度，特别是为了将该气体冷却到适合竖炉 1 的直接还原反应的温度，一部分所述的还原气体经过一个洗涤器 32，并通过具有压缩机 34 的导管 33 再循环回到进料导管 4。为了控制体系的压力，通过一个补偿导管 35 可以任选地将还原气体与从竖炉 1 排出的气体混合。

所述还原气体的相当大的体积流量并未流经 CO_2 去除设备 17 就送入二次还原竖炉 20，考虑到在所述还原气体流动方向上只是随后与从 CO_2 去除设备 17 出来的还原气体这部分进行混合，这样可以大大减小 CO_2 去除设备 17 的尺寸。

根据在图 1 中描述的实施方案，通过一个废气导管 36 从 CO_2 去除设备 17 排出的含 CO_2 的废气，送入一个脱硫装置 18 并在脱硫后排掉。从 CO_2 去除设备 17 排放的废气可以在比该设备上其它位置的高得多的效率下进行脱硫，因为从 CO_2 去除设备 17 排放的废气的硫含量是所述排出气体的 3 倍，特别是该脱硫过程由二次直接还原过程的运行特性决定。

从废气导管 36，部分 CO_2 含量高的废气通过一个支导管 37 送入熔炉气化器 3，即在熔炉气化器 3 中形成的流态化床 38 的下底部的上面送入。

在流态化床 38 中，所述废气中的 CO_2 与碳在熔炉气化器 3 中按照方程 $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ 发生化学反应。生成的一氧化碳上升穿过流态化床 38 并增大了还原气体气流及其中的还原剂的比例。由于二氧化碳气体生成一氧化碳的反应是吸热的，因此在熔炉气化器 3 中的过热得以可靠地避免，而这种过热在使用具有高固定 C 的煤炭时总是可能发生的。

根据图 2 所示的特定的实施方案，一部分 CO_2 含量高的废气通过

从支导管37上分支出来的导管37'输送到一个粉尘燃烧器39，在粉尘分离器4'分离的还原气体的粉尘通过该燃烧器39再送到熔炉气化器3，并与通过输送粉尘燃烧器39的粉尘一起送入熔炉气化器3中。在此CO_2含量高的废气可以替代一部分用于输送粉尘到粉尘燃烧器39的氮，籍此可以获得减少所述还原气体中缓冲气体氮的好处。

根据图3，只有已经再循环到熔炉气化器3中的从CO_2去除设备17出来的含CO_2的废气要进行脱硫处理，并且支导管37与将氧引入熔炉气化器3的进料导管6一起通入熔炉气化器3中。

以下通过一个实施例更为详细地阐述本发明方法。

在由铁矿石球团在熔炉气化器3中生产生铁水的过程中，产生大约100t/h的生铁以及大约155,000Nm^3/h的排出气体。这些排出气体在一个CO_2去除设备17中去除了CO_2以后，送入二次还原竖炉20用于铁矿石的二次还原。从还原竖炉1出来的排出气体具有大约37vol.%的CO_2含量。因此，在CO_2去除设备17中会产生57,350Nm^3/h的CO_2。

在这些CO_2中的约10,500Nm^3/h再循环到熔炉气化器3，在熔炉气化器3使用了100%的无烟煤作为含碳材料。采用该方法，一方面可将反应温度降低到工艺控制所需的程度，即通过在熔炉气化器3中CO_2与碳发生吸热反应以降低反应温度，另一方面，由于CO_2与碳的反应可生成2倍于CO_2体积的CO，因而可以生成约21,000Nm^3/h的CO。其中额外部分的CO随后可以用于所述二次还原竖炉20。从CO_2去除设备17排放的具有高含量CO_2的废气中约18%可以以有效益的方式进行再利用。

以下更为详尽地阐述本发明方法的热平衡，然而，其中只有超过所述熔炉气化器中发生熔化还原所需的热量以外的能量部分才会被更为仔细地考虑。在此我们的目标是描述纯的1Nm^3CO_2的作用，其中为了方便计算，假定CO_2，C和O_2处于25℃并且反应产物CO的温度是1060℃。在此反应$CO_2 + C \rightarrow 2CO$的焓是$\Delta H=+238KJ/mol$。反应$O_2 + 2C \rightarrow 2CO$的焓是$\Delta H=-156KJ/mol$。因此，对1Nm^3CO_2就需要提供1.53Nm^3O_2，其中消耗1Nm^3CO_2和2.17kgC可生成5Nm^3CO。

根据示于图 4 的实施方案，通过烟道气排放导管 39 从加热装置 22 排放出来的烟道气的至少一部分，通过设置了压缩机 41 的支导管 40 送入熔炉气化器 3 中。同样这些烟道气具有很高的 CO_2 含量和很低的 CO 含量。为了加热通向二次还原反应器 20 的还原气体，可以切实可行地对从 CO_2 去除设备排放的废气额外地加以利用，使所述废气通过一个废气支导管 42 通向加热装置 22，如图 4 中的破折线所示。

根据示于图 5 的实施方案，从还原反应器 1 排放的一部分排出气体通过一个排出气体支导管 43 和一个压缩机 44，在一个燃烧装置 45 中进行燃烧，而该过程中产生的烟道气的至少一部分通过一个排放烟道气的导管 46 送入熔炉气化器 3 中。在所述排放烟道气的导管中，最好设置一个换热器例如用于加热所述煤炭气化过程所需的氧。如果完全燃烧了所述排出气体而又没有随后与一种冷却气体混合，这时上述过程就特别有必要，因为完全燃烧会造成温度很高。然而，燃烧也可以在上述排出气体与一种气体混合以后进行或者甚至进行部分燃烧。

本发明可以进行各种改进而不局限于本说明书中典型实施方案的详细描述。例如，也可以设置两个或几个初次还原竖炉 1，其中可以将它们的排出气体收集起来在去除了 CO_2 以后送入至少一个二次还原竖炉 20。还可以通过一个单独的去除 CO_2 的设备，将从还原竖炉 20 循环出来的排出气体输送出来，其中该 CO_2 去除设备可以是一个重整炉并与还原竖炉 1 的 CO_2 去除设备相互独立运转。

说 明 书 附 图

图 1

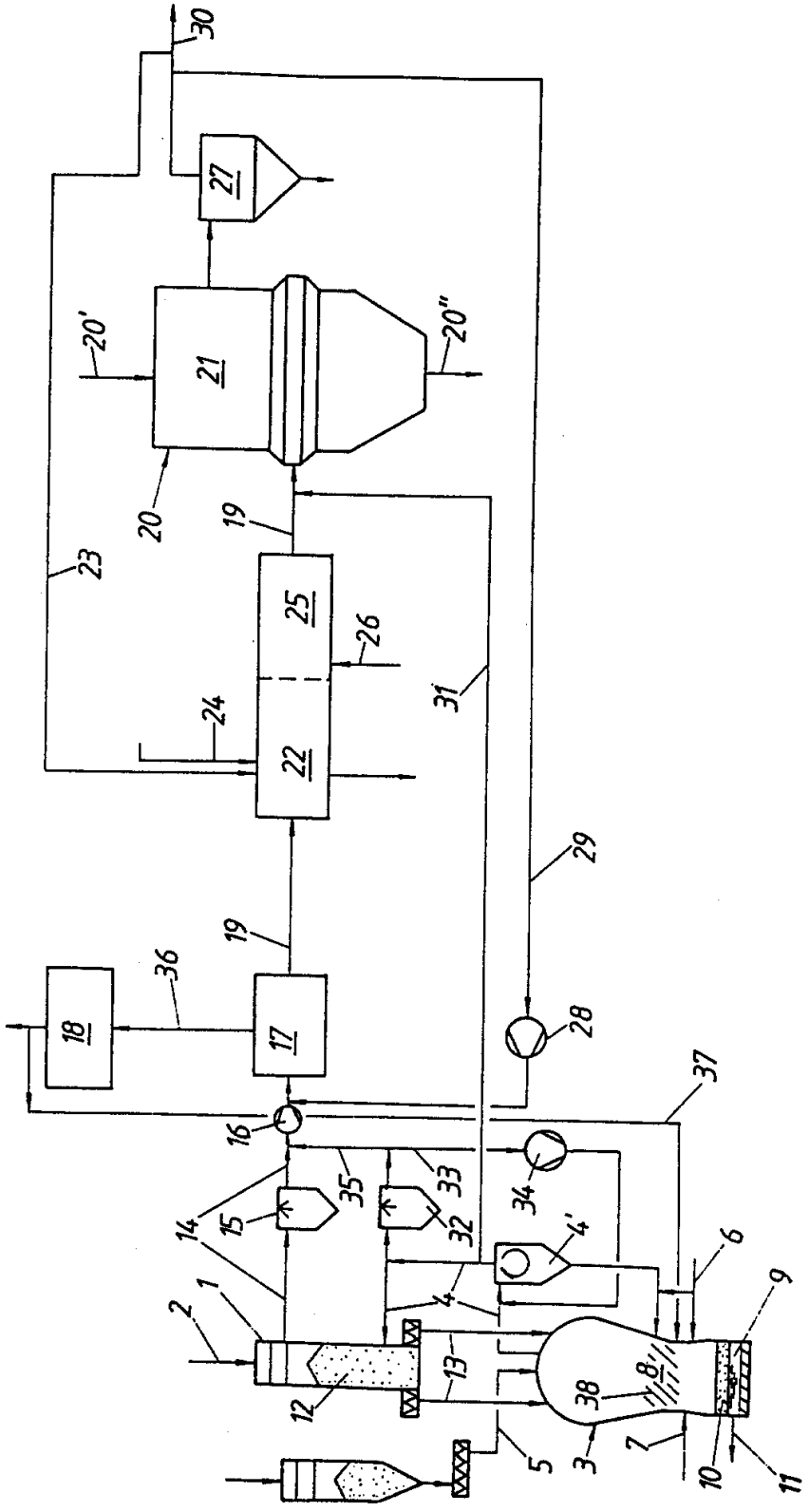

30
27
20'
21
20''
20
19
23
25
26
24
22
31
29
19
36
18
17
28
37
16
35
33
34
14
15
32
4'
6
1
4
9
2
13
8''
38
12
3
7
10
11
5

图 2

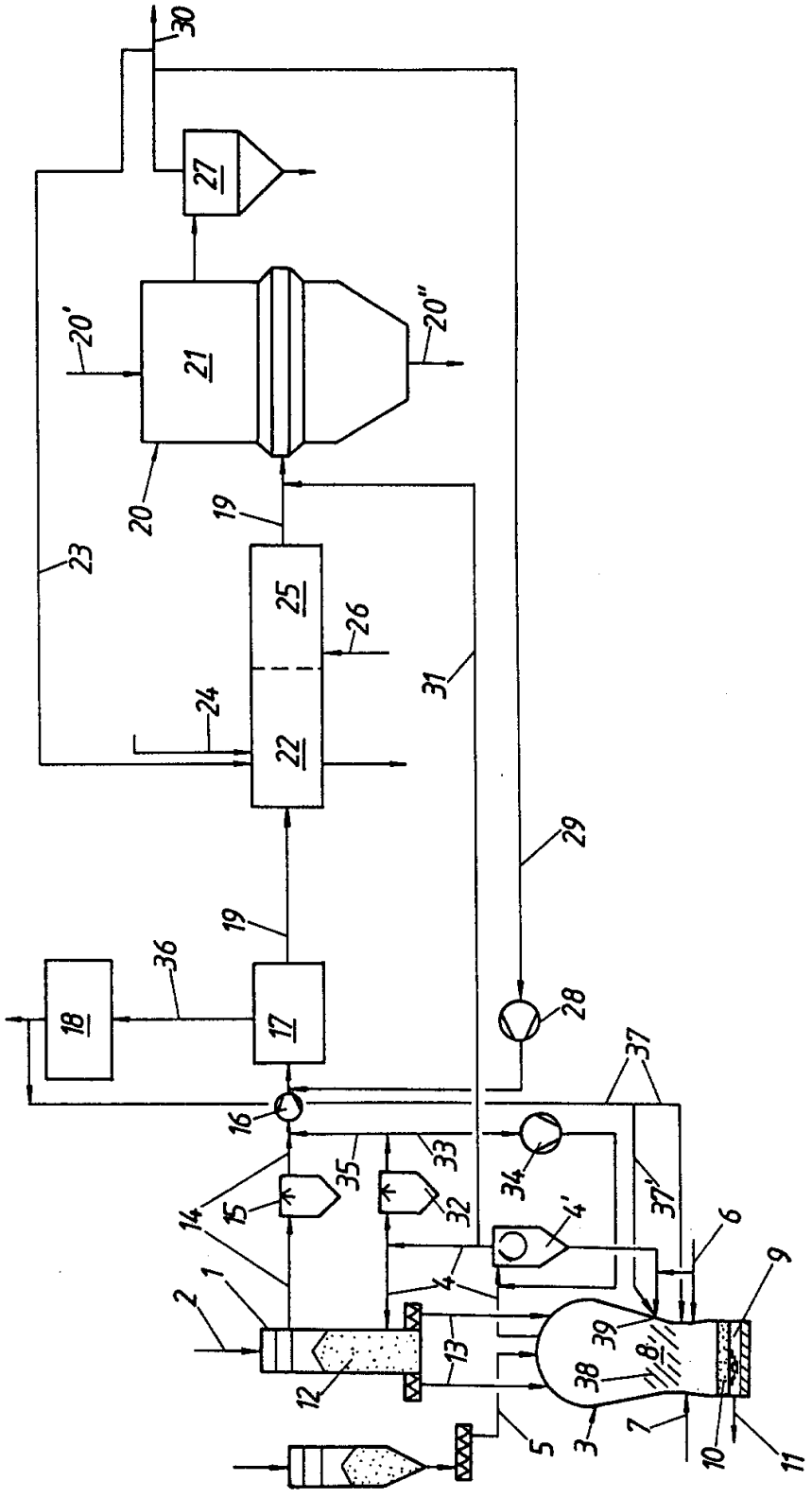

30
27
20'
21
20"
20
19
23
25
26
24
22
31
19
29
36
18
17
28
37
16
35
33
34
14
15
32
4'
37'
6
2
1
4
9
39
13
8'
38
12
5
3
7
10
11

图 3

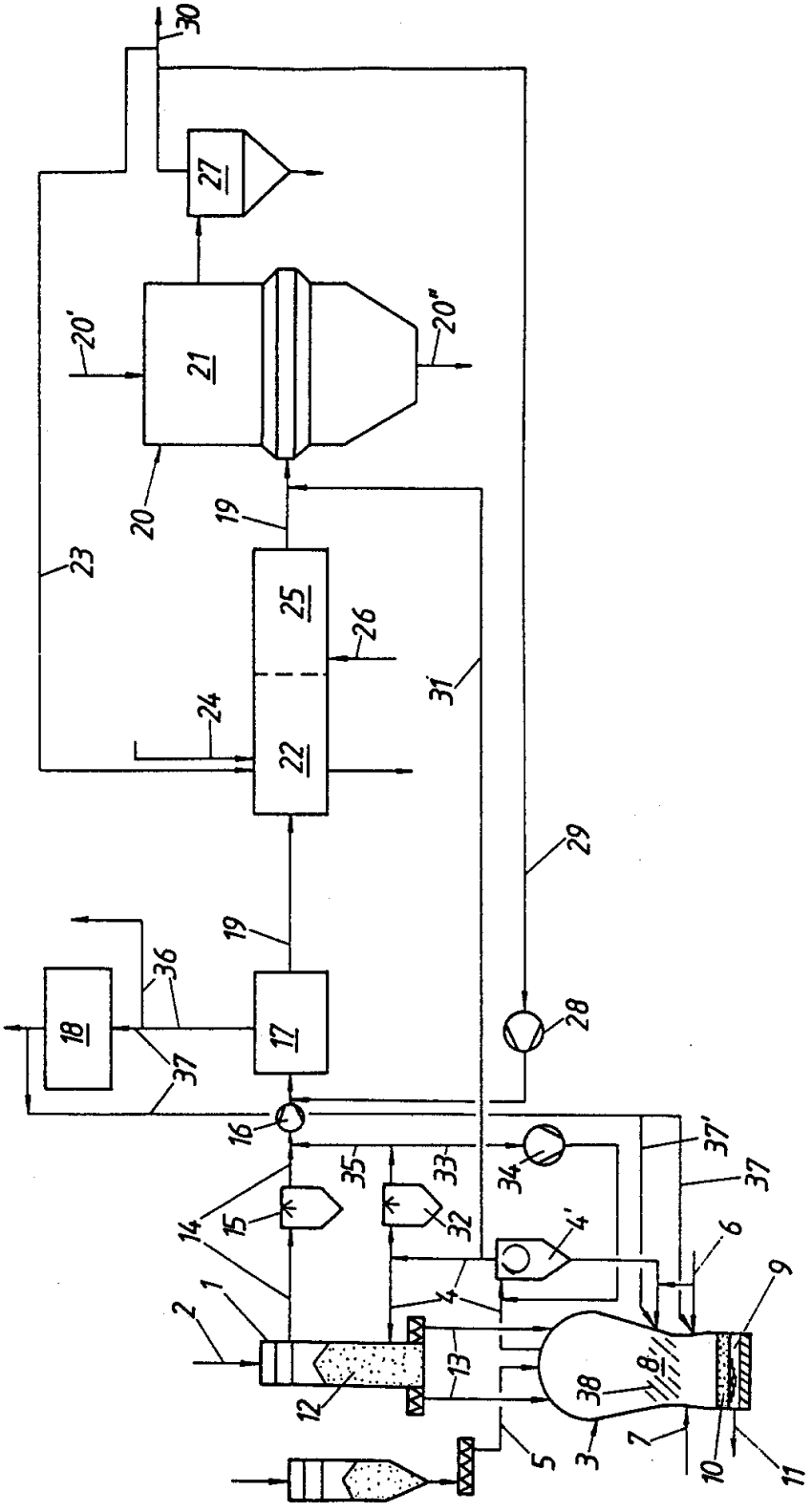

30
27
20'
21
20"
20
19
23
25
26
24
22
31
29
19
36
18
17
28
37
16
37'
35
33
34
37
14
15
32
4'
6
1
4
9
2
13
8
38
12
3
7
10
11
5

图 4

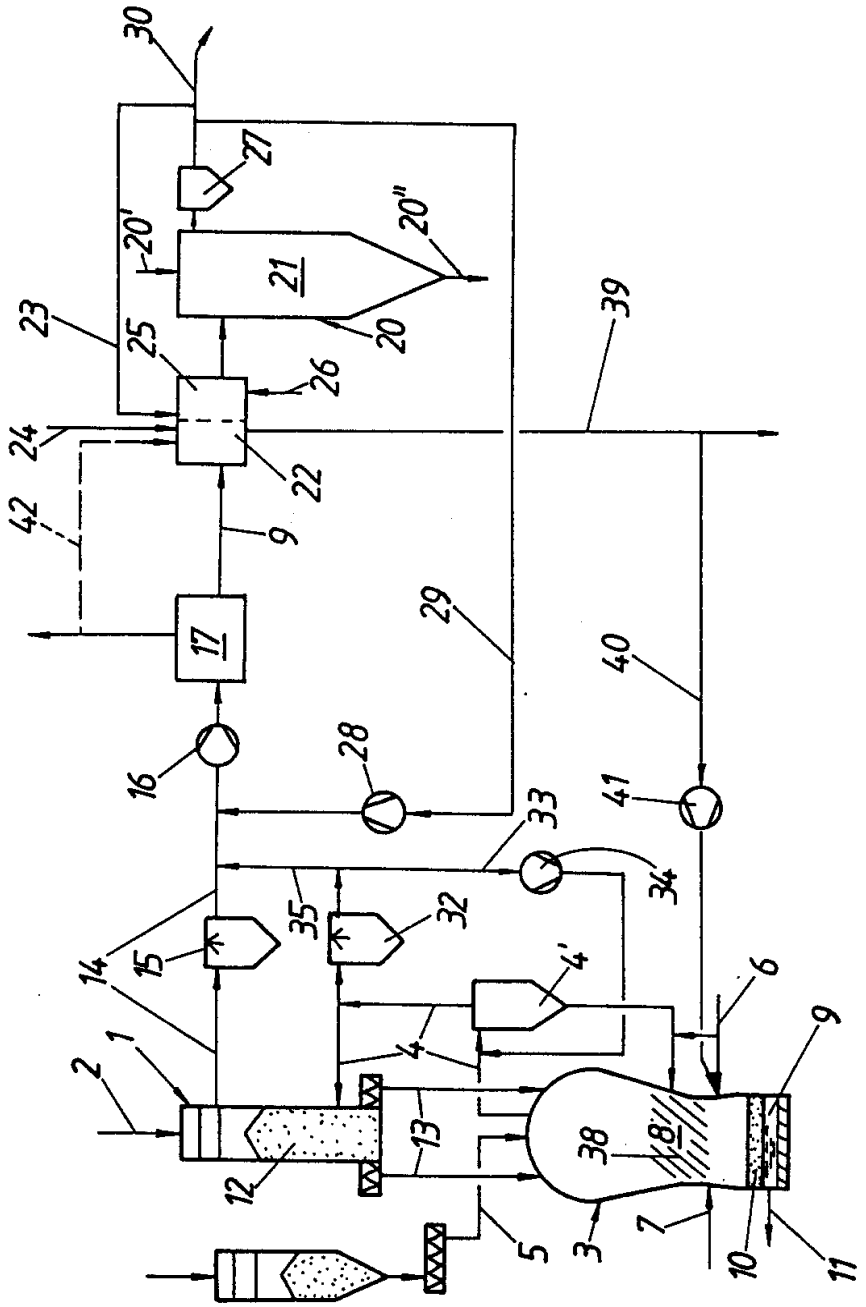

30
27
20'
20''
21
20
23
25
26
39
24
22
42
9
17
29
40
16
28
41
33
34
35
32
14
15
4'
6
2
1
4
9
13
38
8'
12
3
7
10
11
5

图 5

