

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C21B 11/00

C21B 11/02



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01809524.0

[45] 授权公告日 2005 年 10 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1222627C

[22] 申请日 2001.4.11 [21] 申请号 01809524.0

[30] 优先权

[32] 2000.4.17 [33] AU [31] PQ6950

[86] 国际申请 PCT/AU2001/000419 2001.4.11

[87] 国际公布 WO2001/081637 英 2001.11.1

[85] 进入国家阶段日期 2002.11.15

[71] 专利权人 技术资源有限公司

地址 澳大利亚维多利亚

[72] 发明人 罗德尼·J·德赖 彼得·D·伯克

审查员 艾变开

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

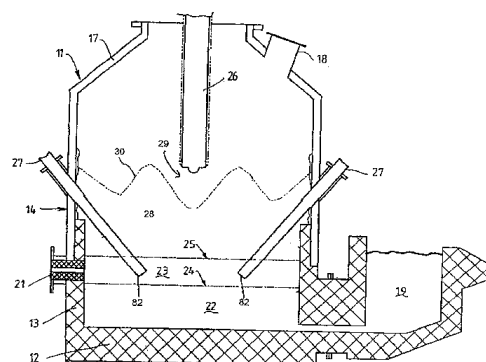
代理人 范明娥 张平元

权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 5 页

[54] 发明名称 直接熔炼工艺和装置

[57] 摘要

本发明公开了一种从铁材料生产金属的以熔融浴为基的直接熔炼工艺和装置。该工艺包括将呈固体材料的原料和载气以至少 40m/s 的速度，喷入熔融浴中，通过至少一个具有内径为 40~200mm 的输送管的向下延伸的固体喷管，安装喷管要使喷管的出口端中心轴与水平轴成 20~90 度的角。原料喷入熔融浴中产生至少 $0.04\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 的表面气流，至少部分通过浴中喷射材料的反应。气流使熔融料以溅液、液滴和液流向上喷射，形成一种扩展的熔融浴区，气流和向上喷射的熔融料引起物料在熔融浴中的基本运动，并强烈混合熔融浴。选择原料时，就总体而言，原料在熔融浴中的反应是吸热的。工艺还包括至少通过一个氧气喷管将含氧气体喷入容器的上部区，并后燃烧由熔融浴中释放的可燃气体。



1. 一种由含铁材料生产金属, 也包括金属合金的直接熔炼工艺, 包括步骤:

5 (a) 在金属熔炼容器内形成熔融金属和熔融渣的浴,

(b) 以至少 40m/s 速度, 通过具有内径为 40~200mm 的输送管的向下延伸的固体喷管, 将呈固体材料的原料和载气喷入到熔融浴中, 其安装要使喷管出口端的中心轴与水平轴形成 20~90 度的角, 在熔融浴中产生至少为 $0.04\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 的表面气流, 其中 m^2 与通过熔融浴的水平截面的面积有关, 至少部分通过在浴中喷入料的反应, 引起熔融料以溅液、液滴、和液流向上喷射, 并形成扩展的熔融浴区, 气流和向上喷射的熔融物引起熔融浴中物料的基本移动, 并使熔融浴强烈混合, 所选择的原料, 就总体来说, 要使原料在熔融浴中的反应是吸热的; 和

10

(c) 通过至少一个氧气喷管, 将含氧气体喷入到容器的上部区域, 并后燃烧由熔融浴释放的可燃气体, 由此, 在扩展熔融浴区内熔融物上浮, 之后又降下, 很方便地将热量传递到熔融浴中。

15

2. 根据权利要求 1 的工艺, 步骤(b)包括将原料喷入到熔融浴内, 以使原料穿过熔融浴的较低区域内。

3. 根据权利要求 1 或 2 的工艺, 步骤(b)包括通过喷管, 以 80~100m/s 的速度, 将原料喷入到熔融浴中。

20

4. 根据权利要求 3 的工艺, 步骤(b)包括通过喷管, 以质量流速至多达 $2.0\text{t}/\text{m}^2/\text{s}$, 而将原料喷入到熔融浴中, 其中 m^2 与喷管输送管的截面面积有关。

5. 根据权利要求 1 记载的工艺, 步骤(b)包括通过喷管, 以固/气比为 10-25kg 固/ Nm^2 气, 将原料喷入熔融浴中。

25

6. 根据权利要求 5 的工艺, 固/气比为 10-18kg 固/ Nm^3 气。

7. 根据权利要求 1 记载的工艺, 步骤(b)包括通过多个固体喷管, 将原料喷入熔融浴中, 并至少产生 $0.04\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 的气流。

8. 根据权利要求 1 记载的工艺, 步骤(b)中, 熔融浴中产生的气流, 在熔融浴的规定静态表面, 至少为 $0.04\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 。

30

9. 根据权利要求 8 的工艺, 其中, 在熔融浴中, 气流的流速率至少为

0.2Nm³/s/m²。

10. 根据权利要求 9 的工艺, 其中, 气流速率至少为 0.3Nm³/s/m²。

11. 根据权利要求 1 的工艺, 其中, 步骤(b)中, 熔融浴中产生的气流速率小于 2Nm³/s/m²。

5 12. 根据权利要求 1 的工艺, 其中, 步骤(c)中, 喷入到熔融浴中的含氧气体是空气或富氧空气。

13. 根据权利要求 12 的工艺, 其中, 步骤(c)包括将空气或富氧空气以 800-1400℃ 的温度, 和 200-600m/s 的速度, 至少通过一个氧气喷管喷入到容器内, 并迫使扩展熔融浴区在远离喷管的低端区域内, 围绕着喷管低端
10 形成一个“自由”空间, 具有的熔融料浓度低于扩展熔融浴区中的熔融料浓度, 喷管的安装, 要使(i)喷管的中心轴与水平轴形成 20-90° 的角, (ii) 喷管伸入容器中的距离至少等于喷管低端的外径, 和(iii)喷管的低端在熔融浴的静态表面上至少 3 倍于喷管低端外径的距离处。

14. 根据权利要求 1 记载的工艺, 其中, 步骤(c)包括以旋转运行方式
15 使含氧气体喷入容器内。

15. 根据权利要求 1 记载的工艺, 包括将熔融铁中的溶解的碳量, 控制在至少为 3wt%, 并在强烈还原条件下保持熔渣, 以导致渣中的 FeO 量小于 6wt%。

16. 根据权利要求 15 记载的工艺, 包括将熔融铁中的溶解的碳量, 控
20 制在至少为 3wt%, 并在强烈还原条件下保持熔渣, 以导致渣中的 FeO 量小于 5wt%。

17. 根据权利要求 1 记载的工艺, 包括使熔融料被喷射到扩展熔融浴区上的顶部空间内。

18. 根据权利要求 1 记载的工艺, 其中, 步骤(c)包括后燃烧可燃烧的气体, 以使后燃烧的量至少为 40%, 其中后燃烧量定义如下:

$$\frac{[CO_2] + [H_2O]}{[CO_2] + [H_2O] + [CO] + [H_2]}$$

其中:

[CO₂]=废气中 CO₂ 的体积 %

[H₂O]=废气中 H₂O 的体积 %

30 [CO]=废气中 CO 的体积 %

$[H_2]$ =废气中 H_2 的体积 %

19. 一种通过直接熔炼工艺从含铁材料生产金属的装置, 该装置包括一个固定的非倾斜容器, 该容器含有金属和渣的熔融浴, 并包括一个较低区域和该较低区域上的扩展熔融浴区, 该扩展熔融浴区由来自较低区域的气流所形成, 该气流载带着熔融料从较低区向上流动, 该容器包括:

- (a) 由耐火材料形成的炉床, 它具有和熔融浴低区域接触的基座和侧壁,
- (b) 侧壁从炉床的侧壁向上延伸, 并与熔融浴的上部区域和气流连续空间相接触, 其中, 与气流连续空间接触的侧壁包括水冷却板和板上的渣层,
- (c) 至少一个喷管向下延伸到容器内, 向熔融浴上的容器内喷入含氧气体,
- (d) 至少一个喷管以至少 40m/s 的速度向熔融浴中喷入为含铁材料的原料和/或碳质材料和载气, 喷管的定位, 要使喷管出口端的中心轴与水平轴向下形成 $20 \sim 90^\circ$ 的角, 喷管具有内径为 40 ~ 200mm 的用于注入原料的输送管, 和
- (e) 从容器排放熔融金属和渣的装置。

20. 根据权利要求 19 的装置, 其中供料喷管的定位要使喷管的出口端位于熔融浴的金属层静态表面上 150-1500mm 处。

直接熔炼工艺和装置

5 本发明是关于生产熔融金属(也包括金属合金)用的工艺和装置,尤其是决不是仅仅从含铁材料,像矿石、部分还原矿石和含金属废液,生产铁。

本发明尤其关于从含铁材料生产熔融金属的基于熔融金属槽的直接熔炼工艺和装置。

一个众所周知的生产熔融含铁金属的熔融槽基的直接熔炼工艺是 DIOS
10 工艺。DIOS 工艺包括预还原步骤和熔炼还原步骤。在 DIOS 工艺中,利用熔炼还原容器中排出的废气,在流化床中使矿石(-8mm)预热(750 °C)和预还原(10~30 %),该容器含有金属和熔渣的熔融浴,而熔渣在金属上形成一厚层。在工艺的预还原步骤中,分离矿石的细组分(-3mm)和粗组分(-8mm),将煤和预热、预还原的矿石(通过 2 个供料线)从炉顶连续不断地送入熔炼还原
15 炉内。矿石熔融,并在熔渣的厚层中形成 FeO,煤在渣层中分解成炭和挥发物质。通过专门设计的喷氧管吹入氧以改进泡沫渣中的二次燃烧。喷氧,以燃烧熔炼还原反应产生的一氧化碳,由此产生的热量传递到熔融渣。在渣/金属和渣/炭的内表面上还原 FeO。从熔炼还原容器的底部,将搅拌气送入热金属浴中,以改进热传递效率并提高渣/金属内表面的还原。定时排出渣和
20 金属。

另一个众所周知的生产熔融含铁金属的直接熔炼工艺是 AISI 工艺。AISI 工艺也包括预还原步骤和熔炼还原步骤。在 AISI 工艺中,预热和部分预还原的铁矿粒、煤或焦炭粉和助熔剂从顶部装入压力熔炼反应器内,该反应器含有金属和熔渣的熔融浴。煤在渣层中脱去挥发成份,铁矿石粒在渣中
25 熔融,然后在渣中被碳(焦炭)还原。工艺条件导致渣起泡。工艺中产生的一氧化碳和氢以后在渣层中或刚好在其上进行燃烧,对吸热的还原反应提供所需要的能量。顶部吹入氧通过中心水冷管,而氮通过反应器底部的风口,以确保有效搅拌而将后燃烧的热能易于传递到熔融浴中。工艺废气在供入使矿粒预热和预还原成 FeO 或方铁体的竖型炉内之前,在热旋风器内除尘。

30 再一个众所周知的直接熔炼工艺是国际申请 PCT/AU 96/00197(WO 96/31627)中,以申请人的名字所命名的一般称为 HIs melt 工艺,作为反应介

质，依赖于熔融金属层。

如国际申请中描述的 HIs melt 工艺包括：

(a) 在容器中形成熔融金属和渣的浴，

(b) 向浴中喷入：

5 (i) 含金属原料，通常是金属氧化物；和

(ii) 固体含碳物料，通常是煤，用作金属氧化物的还原剂和能源，
和

(c) 在金属层中熔炼含金属原料成为金属。

10 HIs melt 工艺还包括将含氧气体喷射到浴上的空间，而后燃烧反应气体，如由浴中释放出的 CO 和 H₂，并将产生的热传递到浴中，以提供熔炼金属原料所需要的热能。

HIs melt 工艺还包括在浴的规定静态面上的空间内形成过渡区，其中有熔融物料的良好上浮物和随后降下的熔融物滴、或飞溅物、或液流，这对通过浴上后燃烧反应气产生的热能传递到浴中提供了一种有效介质。

15 如国际申请中描述的 HIs melt 工艺，其特征是通过容器的侧面部分向浴中喷入的载气、金属原料、和固体碳料而形成了一个过渡区，与浴接触和/或从浴上，使载气和固体料穿过浴，而引起熔融料被喷射到浴表面上的空间内。

20 HIs melt 工艺，如国际申请中所描述的是对 HIs melt 工艺早期方案的改进，由底部向浴中喷入气体和/或碳质料而形成过渡区，这引起由浴中被喷射熔融物的液滴、溅液和液流。

申请人对直接熔炼工艺进行了广泛的研究和中间工厂的试验工作，并对这种工艺取得了一系列的显著发现。

25 概括地说，本发明提供了一种从铁材料生产金属(也包括金属合金)的直接熔炼工艺，包括如下步骤：

(a) 在冶金容器内形成熔融金属和熔融渣的浴，

30 (b) 以至少 40m/s 的速度通过向下延伸的具有内径为 40 ~ 200mm 的输送管的固体喷管，向熔融浴中喷入固体原料和载气。该喷管的安装，要使喷管出口端的中心轴与水平轴形成 20 ~ 90 度的角，并且在熔融浴中以至少 0.04Nm³/s/m² 产生表面气流(其中 m² 与通过熔融浴水平截面的面积有关)，至少部分通过在浴中喷入物的反应，引起熔融物以溅液、液滴、和液流向上喷

射，并形成一个扩展的熔融浴区，气流和向上喷射的熔融物引起熔融浴中物料的基本移动，并使熔融浴得到强烈混合，所选择的原料，在总体上要使供料在熔融浴中的反应是吸热的；和

- 5 (c) 通过至少一个氧气喷管，将含氧气体喷入到容器的上部区域，并随后燃烧由熔融浴释放出的可燃气体，由此在扩展熔融浴区内熔融物上浮，之后又降下，很方便地将热量传递到熔融浴中。

扩展的熔融浴区的特征是有高容积的气体空隙部分，贯穿熔融物。

气体空隙的容积部分至少是扩展熔融浴区容积的 30 %。

- 10 由以上描述的熔融浴中的气体流动产生熔融物的溅液、液滴和液流。虽然申请人不希望被以下说明所限定，但申请人仍相信以低气流速度的湍流搅拌方式和以高气流速度的喷射方式，都能产生溅液、液滴和液流。

气体流动和向上喷射的熔融物引起物料进入和离开熔融浴的主要移动。

固体料包括铁质材料和/或碳质材料。

- 15 上述扩展熔融浴区是与上述 AISI 工艺中产生的泡沫渣层完全不同。

优选的是，步骤(b)包括将供料喷入熔融浴中，以使供料穿透熔融浴的较低区域。

优选的是，扩展的熔融浴区在熔融浴较低区域形成。

- 20 优选的是，步骤(b)包括通过喷管，以 80 ~ 100m/s 的速度，将供料喷入到熔融浴中。

优选的是，步骤(b)包括通过喷管，以质量流速高达 $2.0\text{t/m}^2/\text{s}$ ，将供料喷入到熔融浴中，其中 m^2 与喷管输送管的截面面积有关。

优选的是，步骤(b)包括通过喷管，以固/气比为 10 ~ 25kg 固/ Nm^3 气，将供料喷入到熔融浴中。

- 25 更优选的是，固/气比为 10 ~ 18kg 固/ Nm^3 气。

优选的是，步骤(b)中产生的熔融浴中的气流，在熔融浴的静态面上至少为 $0.04\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^3$ 。

更优选的是，在熔融浴中的气流的流速率至少为 $0.2\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^3$ 。

更优选的是，气流速率是至少 $0.3\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^3$ 。

- 30 优选的是，气流速率小于 $2\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^3$ 。

熔融浴中的气流，部分是用从底部和/或侧壁使气体喷入熔融浴中，优选

是从熔融浴的较低区域而产生的。

优选的是，含氧气体是空气或富氧空气。

优选的是，该工艺包括通过一个氧气喷管以 800-1400 °C 和 200-600m/s 的速度将空气或富氧空气喷入容器中，迫使扩展熔融浴区在远离喷管的喷管
5 低端区域内，并围绕着喷管低端形成一个“自由”空间，它具有的熔融料浓度低于扩展熔融浴区中的熔融料浓度，喷管的安装要这样：(i)喷管的中心轴相对于水平轴形成 20-90° 的角。(ii)喷管伸入到容器中的距离至少等于喷管低端的外径，和(iii)喷管的低端离熔融浴的静态面上至少 3 倍于喷管低端外径的距离处。

10 优选的是，围绕喷管低端的自由空间内，熔融料的浓度为空间容积的 5 % 或更少。

优选的是，围绕喷管低端的自由空间是个半球形容积，其直径至少 2 倍于喷管低端的外径。

优选的是，围绕喷管低端的自由空间不大于 4 倍的喷管低端的外径。

15 优选的是，空气中或富氧空气中，至少 50 %，最好至少 60 % 的体积氧，在围绕喷管低端的自由空间中被燃烧。

优选的是，工艺包括以旋转运行方式将空气或富氧空气喷入容器中。

术语“熔炼”应理解为一种热处理过程，其中发生还原铁质供料的化学反应以生产液体金属。

20 文中熔融浴的“静态面”术语，应理解为在工艺条件下熔融浴的表面，其中，没有气/固喷入，因此也就没有浴搅拌。

优选的是，工艺包括相对于容器中的熔融铁金属，保持高的渣存量。

容器中的渣量，即渣存量直接影响扩展的熔融浴区中的渣量。

与金属相比渣的相当低的热传递特性，对减少从扩展熔融浴区到水冷却
25 侧壁和通过容器侧壁从容器的热损失方面是很重要的。

通过适宜的工艺控制，扩展熔融浴区中的渣可在侧壁上形成一个层或多个层，这对从侧壁的热损失增加了阻力。

因此，通过改变渣存量，可增加或减少扩展熔融浴区中和在侧壁上的渣量，因此能通过容器侧壁控制热损失。

30 渣可在侧壁上形成“湿”层或“干”层。“湿”层包括粘附在侧壁上的凝结层，半固体(软块)层，和外层液膜。“干”层是基本上所有渣都凝结的层。

容器中渣量也提供一种控制后燃烧程度的量度。

具体地，如果渣存量太低，将增加金属在扩展熔融浴区中暴露，因此，增加了金属氧化和碳在金属中溶解，以及增加对减少后燃烧的潜能和引起降低后燃烧，尽管在扩展熔融浴区中金属对热量向金属层传递具有正效应。

- 5 此外，如果渣存量太高，一个或多个含氧气体喷管/风口将在扩展熔融浴区中被埋没，这将减小顶部空间反应气向喷管或各喷管/风口端部的移动，结果减少后燃烧的潜能。

容器中的渣量，即，渣存量可通过金属和渣的排放速率进行控制。

- 10 通过改变金属原料、碳质料和助熔剂向容器内的供料速率，以及诸如含氧气体喷入速率等运行参数，可控制容器中渣的产量。

优选的是，工艺包括控制熔融铁中溶解碳的量，至少为3重量%，并在强的还原条件下保持该渣的量，以导致渣中的FeO量小于6重量%，最好小于5重量%。

- 15 优选的是至少主要在熔融浴的较低区域内，熔炼铁质材料成为金属。容器的这个区域不变地总是高浓度金属区。

实际上，在容器的其他区域内仍有一部分铁质材料被熔炼成金属。然而，本发明工艺的目的，和本工艺与现有工艺之间的主要不同点是在熔融浴较低区域内达到铁材料的最大熔炼。

- 20 工艺步骤(b)可包括通过多个固体喷管喷入供料，并在熔融浴中产生至少0.04Nm³/s/m²的气流。

铁质材料和碳材料可通过同一个或不同的喷管喷入。

优选的工艺包括引起熔融料喷射到扩展熔融浴区上。

后燃烧的量至少为40%，这里后燃烧定义如下：

$$\frac{[CO_2] + [H_2O]}{[CO_2] + [H_2O] + [CO] + [H_2]}$$

- 25 式中：

[CO₂]=废气中CO₂的体积%

[H₂O]=废气中H₂O的体积%

[CO]=废气中CO的体积%

[H₂]=废气中H₂的体积%

- 30 扩展的熔融浴区很重要，有2个原因。

其一，熔融料的上升，而后下降是使反应气体后燃烧所产生热转送至熔融浴的一种有效方式。

其二，扩展熔融浴区中的熔融料，尤其是渣，是通过容器侧壁减少热损失的有效方式。

- 5 本发明工艺的优选方案和现有工艺之间的主要不同是，在优选方案中，主要熔炼区是熔融浴的较低区域，而主要氧化(即热产生)区是在扩展熔融浴区之上和较上区域，这些区域在空间能很好地分开，在两个区域之间，通过熔融金属和渣的物理移动，进行热传送。

- 10 根据本发明还提供一种通过直接熔炼工艺从铁材料生产金属的装置，该装置包括一个固定的非倾斜的容器，该容器含有金属和渣的熔融浴，还包括一个较低区域和在该较低区域上的扩展熔融浴区，该扩展熔融浴区由来自较低区域的气流所形成，该气流载带着熔融料从较低区向上流动，该容器包括：

- 15 (a) 由耐火材料形成的炉床，具有和熔融浴较低区域接触的基体和侧壁，

(b) 侧壁从炉床侧向上延伸，并与熔融浴的上区域和气流连续空间接触，其中，与气流连续空间接触的侧壁包括水冷却板和板上的渣层，

(c) 至少一个喷管向下延伸到容器内，向熔融浴上的容器中喷入含氧气体，

- 20 (d) 至少一个喷管向熔融浴中以至少 40m/s 的速度喷入为铁材料的原料和/或碳质材料和载气，喷管的安装，应使喷管出口端的中心轴与水平轴向下形成 20~90° 的角，喷管具有用于喷入原料的输送管，该输送管的内径为 40~200mm；和

(e) 用于从容器排放熔融金属和渣的装置。

- 25 优选的是，原料喷管的安装，要使喷管的出口端位于离熔融浴的金属层的规定静态表面上 150-1500mm 处。

- 30 优选的是，原料喷管包括一个中心管，通过该中心管输送固体颗粒物料；围绕中心管的环形冷却夹套，贯穿其长度的主要部分，该夹套限定一个位于中心管周围的内部延伸的环形水流通通道，一个位于内部水流通通道周围的外部延伸的环形水流通通道，和在冷却夹套的前端处，有连接内部和外部水流通道的环形端通道；在夹套的后端区域处，有用于使水注入夹套的内部环形

水流通通道中的水注入装置；在夹套的后端区域处，有用于使水从外部环形水流通通道排出的水排出装置，由此提供了冷却水，沿着内部延伸环形通道流向夹套的前端，然后，通过端部流动通道装置，并反向通过外部延伸环形水流通通道，其中环形端部通道向外平滑弯曲，并反向从内部延伸环形通道到外部延伸环形通道，并且水流通过端部通道的有效截面积小于内部和外部延伸环形水流通通道的水流截面积。

通过实例并参考附图进一步描述本发明。

图 1 是示意说明本发明工艺和装置优选实施方案的垂直剖面图。

图 2A, 2B 是在线 A-A 上连结以形成图 1 所示固体喷管之一的纵向剖面图。

图 3 是通过喷管后端的放大纵向剖面图。

图 4 是通过喷管前端的放大剖面图。

图 5 是图 2B 中线 5-5 处的横向剖面图。

如下的描述是熔炼铁矿石生产熔融铁的内容，应当理解本发明并不限于这种应用，可适用于任何合适的铁矿和/或精矿 - 包括部分还原的金属矿和返炉废料。

图 1 所示的直接熔炼装置包括冶炼容器，以 11 标出。容器 11 具有炉床，炉床包括底座 12 和由耐火砖形成的侧壁 13，侧壁 14 从炉床侧壁 13 向上延伸形成圆柱体，该圆柱体包括由水冷却板(未示出)形成的上部柱体和由水冷却板(未示出)形成的较低柱体，具有耐火衬里，炉顶 17，废气排放口 18，连续排放熔融金属的前炉床 19，和排放熔融渣的排放口 21。

使用中，在静态条件下，容器含有铁和渣的熔融浴，它包括熔融金属层 22，和金属层 22 上的熔渣层 23。

术语“金属层”，应理解为主要是金属的浴区。

通常熔融浴的规定静态面上方的空间，在下文中称之为“顶部空间”。

由数字 24 标注的箭头指出了金属层 22 的规定静态面的位置，由数字 25 标注的箭头指出了渣层 23(即熔融浴)的规定静态面的位置。

术语“静态面”，应理解为没有气体的固体喷入容器内时的表面。

容器装有向下延伸的热空气喷管 26，用于输送热空气流进入容器的上区域和由熔融浴释放的后燃烧反应气。喷管 26 在喷管低端的外径为 D，喷管要这样安装：

(i) 喷管 26 的中心轴与水平轴形成 $20 \sim 90^\circ$ (图 1 中示出喷管 26 以 90° 安装),

(ii) 喷管 26 延伸到容器中的距离, 至少等于喷管低端的外径 D , 和

(iii) 喷管 26 的低端离熔融浴的静态面上的距离, 至少 3 倍于喷管低端
5 外径 D 。

容器还装有固体喷管 27(示出 2 个), 通过侧壁 14 向下向内延伸并进入熔融浴中, 其喷管 27 的出口端 82 对水平面形成 $20-70^\circ$ 角, 用于喷入夹带在贫氧载气中的铁矿、固体碳质料, 助熔剂而送入熔融浴中。喷管 27 定位的选择, 要使它们的出口端 82 处于金属层 22 的静态面 24 上。喷管 27 的这一
10 位置可减小因与熔融金属接触所造成的危害风险, 也能通过强的内部冷却水以冷却喷管 27, 而没有因水与容器中熔融金属相接触的风险。尤其是, 喷管 27 的位置的选择, 要使出口端 82 处于金属层 22 的静态面 24 上的 150-1500mm 的范围内。必须指出, 在这样的连接中, 虽然图 1 所示的喷管 27 伸入到容器中, 但喷管 27 的出口端可以与侧壁 14 齐平。参照图 2-5 更详细地
15 描述喷管 27。

使用中, 铁矿石、固体碳料(主要是煤)、和助溶剂(通常是石灰和氧化镁)夹杂在载气(主要是 N_2)中, 至少以 40m/s , 最好 $80-100\text{m/s}$ 的速度, 通过喷管 27 喷入到熔融浴中。固体料/载气的冲力足以使固体料和气体穿透到熔融浴的低区内。脱除煤的挥发物, 并由此, 在较低浴区内产生气体。部分碳溶
20 入到金属中, 部分仍以固体碳保留下来。铁矿石被熔炼成金属, 熔炼反应产生一氧化碳气体。气体被输送到较低浴区的, 并通过脱除挥发成分而产生而熔炼产生了使熔融金属、固体碳、和渣(由于固/气/喷射的结果排入低浴区内)从较低浴区产生显著的上浮力, 这就产生了熔融金属和渣的溅液、液滴和液流向上运动, 而这些溅液、液滴和液流在其通过熔融浴的上区域移动时夹带着渣, 由上述喷入的载气和浴反应产生的气流, 至少是熔融浴静态面的
25 $0.04\text{Nm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ (即表面 25)的气流。

熔融金属、固体碳和渣的上浮力在熔融浴中形成主要的搅拌, 结果是熔融浴的容积扩展, 并形成扩展的熔融浴区 28, 它具有以箭头 30 指出的面。搅拌的范围是这样的, 熔融料的主要运动存在于熔融浴中(包括熔融料进入和
30 离开较低浴区的运动), 并使熔融浴强烈地混合到整个熔融浴中温度比较均匀的范围内, 每个区域通常为 $1450-1550^\circ\text{C}$, 具有 30° 量级的温度变化。

此外，向上的气流以超出扩展熔融浴区 28 喷射一些熔融料(主要是渣)，而到达侧壁 14 的上部柱壁上，并到达扩展熔融区 28 上和炉顶 17 上。

总之，扩展的熔融浴区 28 是一个内部具有气泡的液体连续容积。

除了上述外，在使用中，温度为 800-1400 °C 的热空气，以 200-600m/s 的速度，通过喷管 26 排出，并穿过扩展熔融浴区 28 的中心区，并围绕着喷管 26 的端部周围形成一个基本上无金属/渣的空间 29 。

通过喷管 26 送入的热空气流，使扩展熔融浴区 28 内和围绕喷管 26 端部的自由空间 29 内的后燃烧反应气 CO 和 H₂，在气体空间内产生 2000 °C 或更高的高温。在气体喷射区内，热量被传递到熔融料的上升和降下的溅液、液滴和液流中，然后热部分传递到整个熔融浴内。

自由空间 29 对获得高水平的后燃烧是很重要的，因为它能够使扩展熔融浴区 28 上的空间中所夹带气体进入到喷管 26 的端部区域内，由此可提高反应气体有效地与后燃烧的接触。

喷管 26 的位置、通过喷管 26 的气流速率、和熔融料的溅液、液滴和液流的向上运动的相结合的作用，围绕喷管 26 的低区形成扩展熔融浴区 28 。这种成形的区域通过对侧壁 14 产生辐射而对热传递提供了一部分屏障。

而且，熔融料的上升和降下的液滴、溅液和液流，是使热量从扩展的熔融浴区 28 向熔融浴传递的有效方式，结果是在侧壁 14 的区域内的区域 28 的温度为 1450-1550 °C 的量级。

图 2 ~ 5 说明了固体喷管的结构。

如这些图所示，每个喷管 27 包括一个中心管 31，通过该管输送固体料，并以贯穿其长度的主要部分围绕中心管 31 的环形冷却夹套 32 。中心管 31 由碳/合金钢形成，贯穿其长度的大部分形成套管 33 ，在它的前端是不锈钢部分 34 ，从冷却夹套 32 前端伸出作为喷咀。中心管 31 的前端部分 34 ，通过焊接在不锈钢部分 34 上的短钢接合器部分 35 ，与中心管的碳/合金钢部分 33 连接，并通过螺纹 36 与碳/合金钢部分连接。

中心管 31 有内衬直通前端部分 34 ，它通过一系列铸造陶瓷管而形成有薄陶瓷衬 37 。中心管 31 的后端，通过管接头 38 连接到 T-构件 39 ，通过该构件，粒状固体料由增压流动化载气，如 N₂，输送。

环形冷却夹套 32 包括一个长的中空环形构件 41 ，该构件由外管和内管 42 ， 43 形成，并由前端连接器件 44 和延长的环形结构 45 进行内连接，环

形结构 45 配置在中空环形结构 41 内，以致将结构 41 的内部分成内部延长
环形水流通 46 和外部延长环形水流通 47。延长管状结构 45 由一个焊
接到加工的碳钢前端构件 49 上的长碳钢管 48 所形成，构件 49 安装在中空
管状结构 41 的前端连接器 44 内，以形成一个环形端流动通道 51，该通道
5 内连接到内部和外部水流通 46，47 的前端上。

环形冷却夹套 32 的后端配置有水入口 52，通过入口冷却水流可直接进
入内部环形水流通 46 中，而水出口 53，通过该水出口，水从喷管后端处
的外部环形通道 47 排出。因此，在喷管的使用中，冷却水向喷管下方流动，
通过内部环形水流通 46，然后向外转向，围绕着前环形端通道 51 进入外
10 部环形通道 47，通过该通道 47，沿着喷管反向流动，通过出口 53 而流出。
这就确保了最冷的水与进来的固体料，进行热传递关系，以确保这种材料在
其从喷管前端排出之前，不熔融或燃烧，并能够有效冷却通过喷管中心喷入
的固体材料，以及有效冷却喷管前端和外部表面。

管 42 的外部表面和中空环形结构 41 的前端部件 44 加工成矩形凸出件
15 54 的规则图形，每一个都具有凹槽或楔形截面，以致使凸出部分是呈向外成
形为枝状，并对于在喷管外部表面上的渣固化形成起到键控作用。在喷管上
渣的固化有助于减小喷管金属组分的温度。现已发现，使用中，凝结在喷管
前端或尖端的渣，起到了作为喷管延伸作用的固体料延伸管的形成基础，这
就进一步防止喷管的金属组分暴露于容器内的严酷的运行条件下。

20 现已发现，保持围绕环形端流动通道 51 中的高速水流，对冷却喷管尖
端是非常重要的。最理想的是将该区域的水流速度保持在 10m/s 的量级，以
获得最大的热传递。为了加大该区域的水流速率，通过通道 51 的水流的有效
截面，很明显要降低到内部环形水流通 46 和外部水流通 47 的有效截
面以下。内管形结构 45 的前端部件 49 的加工形状和定位，要使来自内环形
25 通道 46 前端的水流，通过向内缩小或锥形喷管的流动通道部件 61，以在进
入端部流动通道 51 之前，减小涡流和损失。端部流动通道 51 在水流方向上
也能减小有效的流动面积，以致保持围绕通道弯曲部分和返回到外部环形水
流通 47 中已增加的水流速度。以这种方式，可以在冷却夹套的尖端区域
获得所需要的高的水流速率，而不会在喷管的其他部分内形成过分压降和堵
30 塞的危险。

为了在围绕尖端通道 51 的适宜的冷却水速度并使热传递波动减至最

小，绝对重要的是在管状结构 45 的前端部件 49 和中空环形结构 41 的端部部件 44 之间保持恒定的控制间距。由于喷管组件的热膨胀和收缩不同，这就产生了问题。尤其是，中空环形结构 41 的外管部件 42 比该结构的内管部件 43 暴露于更高的温度内，因此该结构的前端，以图 4 点线 62 所示的方式，
5 向前滚动。当喷管暴露于熔炼容器的运行条件下时，对于组件 44、49 之间的间距产生一种趋势，限制了通道 51 的打开。反之，当运行时，如温度降低的话，通道趋于关闭。为了克服这一问题，中空环形结构 41 的内管 43 后端部用一个滑动件 63 支撑，以使它相对于该结构的外管 42 可轴向移动，内环管形结构 45 的后端也固定在滑动件 64 上，并通过一系列的环形间隔的连接
10 器楔子 65，连接到结构 41 的内管 43 上，以使管 43 和 45 能一起轴向移动。此外，中空环形结构 41 的端件 44，49 和管形结构 45，通过一系列的环形间隔的销子 70，进行定位内连接，以在喷管夹套的热膨胀和收缩下能保持适当的间距。

通过与水流导管结构 68 相连接的环 66，对管形结构 45 的内端部提供了
15 了滑动构件 64，该导管结构 68 限定了水的入口 52 和出口 53，并由 O-环密封件 69 密封。同样通过固定到水流导管结构 68 上的环形法兰盘 71，对结构 41 的内管 43 的后端提供了滑动构件 63，并由 O-环密封件 72 密封。环形柱塞 73 定位在环形法兰盘 71 内，并通过螺纹将 80 连接到结构 41 的内管 43 背端上，以封闭水入口导管腔室 74，该腔室接收由入口 52 进来的冷却水流。
20 柱塞 73 在环形法兰盘 71 上的硬表面内滑动，并配有 O-环 81，82。由柱塞 73 提供的滑动密封，不仅由于结构 41 不同的热膨胀，可使内管 43 移动，而且也可使管 43 移动，以适应结构 41 因冷却夹套中超压水而产生的任何移动。如果不管什么原因，冷却水流的压力过高时，结构 41 的外管不得不向外，而柱塞 73 可使内部管移动，因而可缓解压力的上升。柱塞 73 和环形法
25 兰盘 71 之间的内空间 75，通过排放孔 76 而放空，以使柱塞移动和排出通过柱塞泄漏的水。

在环形冷却夹套 32 的后部分配置有外加劲管 83，更下面部分为喷管，并限定了环形冷却水通道 84，通过该通道，冷却水的分流通水入口 85 和水出口 86 而流过。

30 主要的冷却水以流速 $100\text{m}^3/\text{hr}$ ，最大运行压力 800kpa ，流经冷却夹套，而在夹套的尖端区域产生的水流速度为 $10\text{m}/\text{min}$ 。冷却夹套的内部分和外部

分可承受 200 ℃量级的温度差。喷管运行时，在滑动构件 63, 64 内管 42 和 45 的移动是很大时，但是，在所有的运行条件下，端部通道 51 的有效流动截面面积基本上能保持恒定。

必须理解本发明并不对论述的结构细节进行限定，而且许多改进和变
5 更，都将落入本发明的精神和范畴之内。

另一方面，还应指出氧气喷管可以与固体喷管形成一个整体，也可以是固体喷管上体的形成部分。

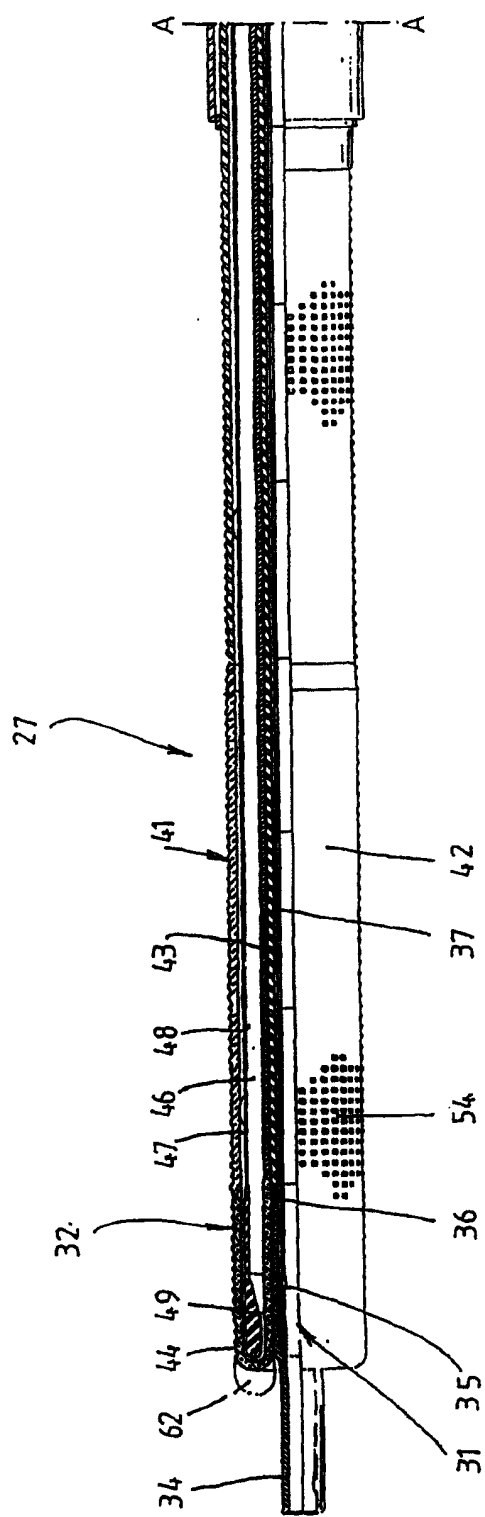


图 2A

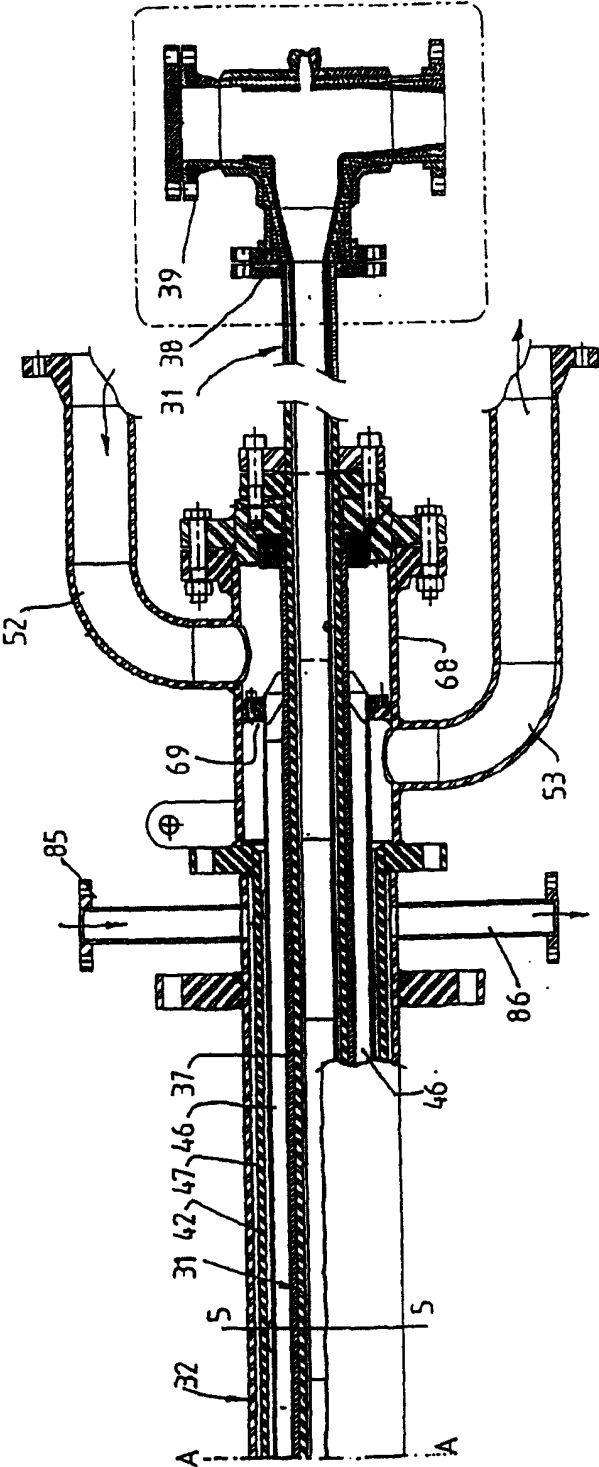


图 2B

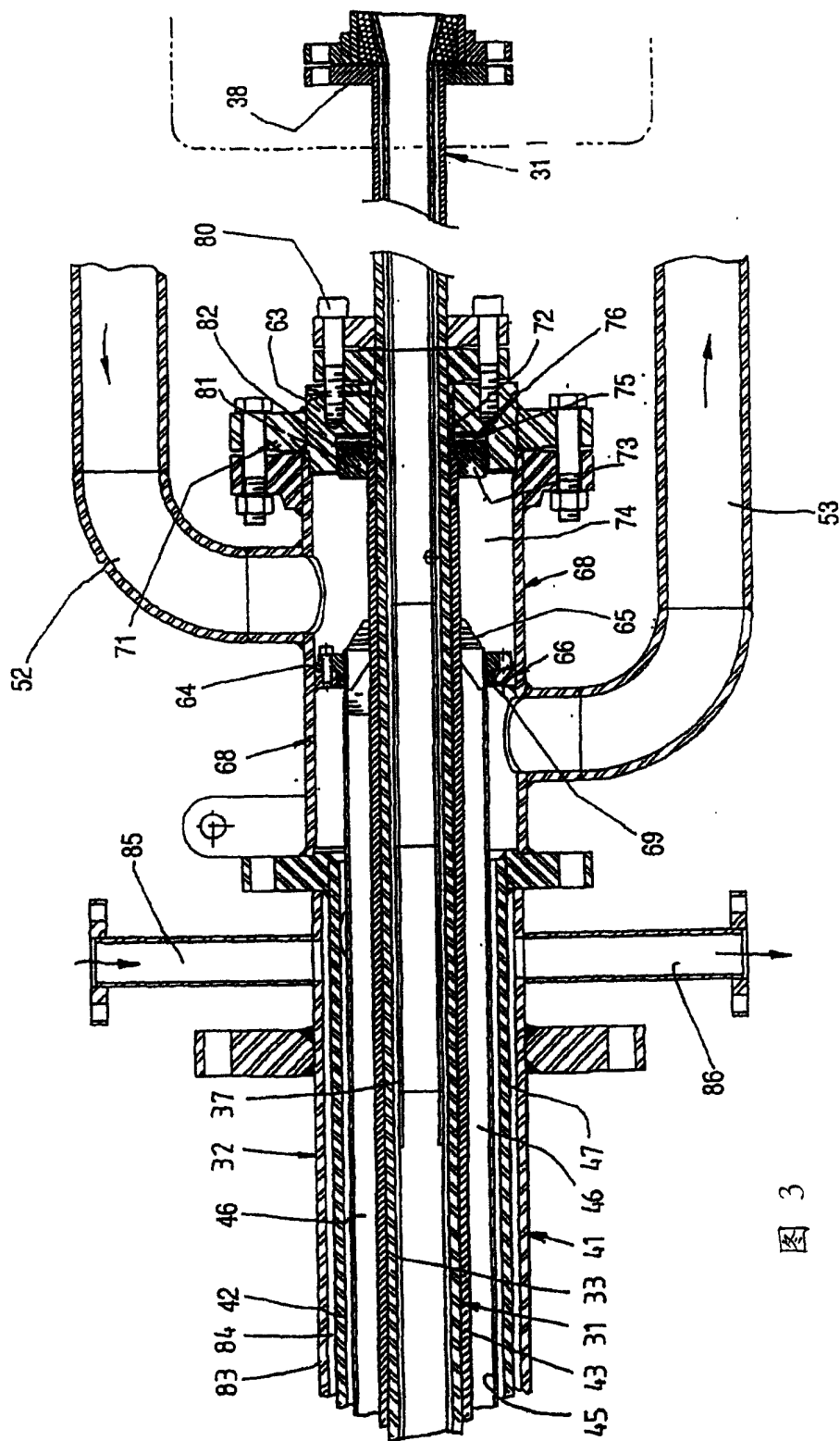


图 3

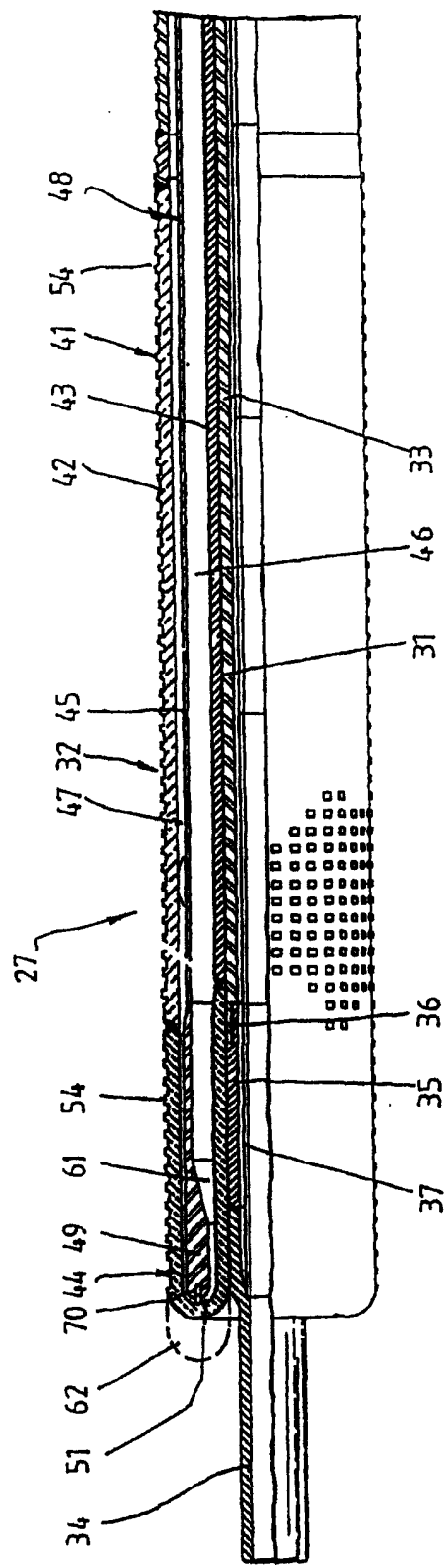


图 4

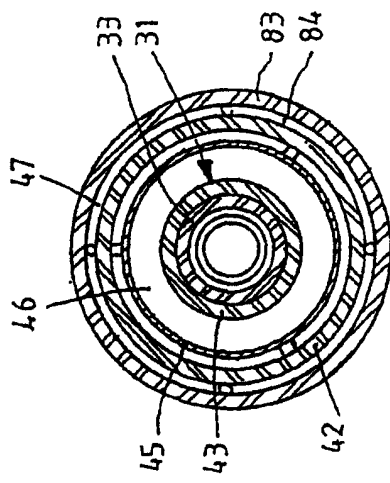


图 5