



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 00103203.8

[45] 授权公告日 2005 年 3 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1191588C

[22] 申请日 2000.3.16 [21] 申请号 00103203.8

[30] 优先权

[32] 1999. 3. 16 [33] JP [31] 069908/1999

[32] 2000. 2. 28 [33] JP [31] 051779/2000

[71] 专利权人 东芝株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 山田祐司 田村雅贵 木村盛一郎

末永敏博 荒谷政志朗 顿宫雄一

审查员 杜江峰

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

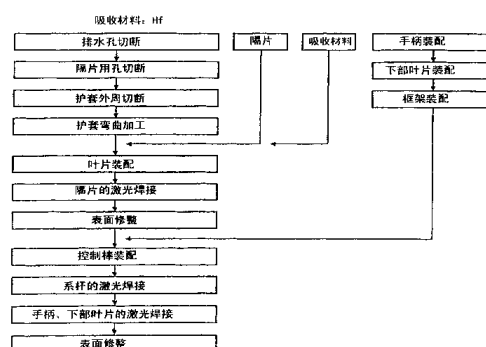
代理人 黄剑锋

权利要求书 3 页 说明书 22 页 附图 25 页

[54] 发明名称 核反应堆控制棒的制造方法及制造装置

[57] 摘要

本发明提供一种核反应堆控制棒制造方法及制造装置。包括：在护套上切断用于冷却中子吸收材料的排水孔及护套外周的第一工序；将在第 1 工序切断的护套弯曲加工成] 字形状的第 2 工序；在由第 2 工序形成的护套凹部内夹入中子吸收材料的第 3 工序；对叶片与上述系杆、叶片与手柄及叶片与下部叶片依次进行焊接的第 4 工序；对由第 4 工序焊接的各部分进行表面修整的第 5 工序。



1、一种核反应堆控制棒的制造方法，该控制棒是由中子吸收材料、护套构成的叶片、固定该叶片的系杆、分别固定在该系杆和上述叶片上的手柄及下部叶片构成的，其特征在于，包括下列工序：

第1工序，在上述护套上切断用于冷却上述中子吸收材料的排水孔及护套外周；

第2工序，将由上述第1工序切断的上述护套弯曲加工成コ字形状；

第3工序，在由上述第2工序弯曲加工形成的上述护套的凹下部内夹入上述中子吸收材料；

第4工序，对上述叶片与上述系杆、上述叶片与手柄、及上述叶片与上述下部叶片依次进行焊接；

第5工序，对由上述第4工序焊接了的各部分进行表面修整。

2、如权利要求1所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征是，在上述第4工序进行所述焊接时，

在焊缝坡口正上方或者从焊缝坡口位置平行错开2mm以内的位置上通过光学系统照射YAG激光或CO₂激光而进行焊接。

3、如权利要求2所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征是，

使从1焊道或从第1焊道的目标位置起在0.1—2.0mm范围内错开而使多个焊道重叠。

4、如权利要求2所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征是，

使上述激光在2mm以内进行圆周运动的状态下一边前进一边照射。

5、如权利要求 2 所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征是，在上述光学系统中具有的聚光透镜这一边、放入棱镜，使该棱镜以激光轴为中心进行旋转，同时通过对上述棱镜照射激光，使上述激光的焦点位置相对于上述聚光透镜而旋转。

6、如权利要求 1 所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征是，在上述第 4 工序进行所述焊接时，

在焊缝坡口正上方或者从焊缝坡口位置平行错开 3mm 以内的位置上进行 TIG 焊接。

7、如权利要求 1 所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征在于：

在第 1 工序中通过激光切断进行排水孔及护套外周的加工。

8、如权利要求 1 所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征在于：

在第 3 工序中为了对护套的与系杆接合端面不整齐进行取齐，通过激光切断进行取齐。

9、如权利要求 1 所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征在于：

在第 3 工序中为了对护套的与系杆相接合的端面不整齐进行取齐，通过剪切切断进行取齐。

10、如权利要求 1 所记载的核反应堆控制棒的制造方法，其特征是，在上述第 4 工序进行所述焊接时，

在上述系杆上设有 2 条狭缝，在该狭缝中插入上述叶片的凸出部，朝着上述叶片和上述系杆的交界处，照射上述激光。

11、一种核反应堆控制棒的制造装置，该控制棒由借助弯曲加工形成的护套的凹部内插入中子吸收材料的多个叶片、固定这多个叶片的系杆、固定于该系杆和叶片的上端部的手柄、及固定于系杆和叶片

的下端部的下部叶片构成，其特征在于：

该制造装置设有分别对多个叶片与系杆、上述手柄与上述下部叶片进行焊接的焊接装置；

上述焊接装置包括：安装有摄像装置的加工头；使该加工头移动到上述各个焊接部的设计上的焊缝坡口位置的移动装置；对由上述摄像装置所摄的图像信号进行处理的图像处理装置；从由该图像处理装置处理过的图像数据中检测出实际焊缝坡口位置的检测装置；对由该检测装置所检测出的焊缝坡口位置与设计上的焊缝坡口位置进行比较后，计算上述加工头与焊缝坡口位置的偏差的运算处理装置；使上述加工头只移动由该运算处理装置所求出的上述加工头的偏差量加上上述加工头与上述摄像装置间偏移量的距离那样地把控制命令发给上述移动装置的控制装置。

12、一种核反应堆控制棒的制造装置，该控制棒由中子吸收材料、护套构成的叶片、固定该叶片的系杆、固定在该系杆和叶片上的手柄及下部叶片构成，其特征在于包括：

用于放置作为被焊接物的上述各个控制棒并进行焊接的加工台；TIG 焊枪；安装在该 TIG 焊枪上对上述被焊接物的焊缝坡口附近进行摄像的摄像装置；从由该摄像装置所摄的图像中检测焊缝坡口位置的图像处理装置；对由图像处理装置所得到的焊缝坡口位置和上述设计上的焊缝坡口位置进行比较并计算其偏差的运算处理装置；使 TIG 焊枪或加工台移动由该运算处理装置求得的焊缝坡口位置的偏差加上 TIG 焊枪间的偏移量的距离的伺服马达；及驱动控制该伺服马达的控制装置；

上述 TIG 焊枪和加工台至少各设置 2 台，使其同时或交替进行焊接。

核反应堆控制棒的制造方法及制造装置

技术领域

本发明涉及一种通过激光焊接或 TIG 焊接使构件相互接合的核反应堆控制棒的制造方法及制造装置。

背景技术

图 24 模式化表示沸水型核反应堆压力容器内部结构的一个例子。下面对其概要进行说明。

在图 24 中，作为冷却材料的水，在从堆心下部沿着含有燃料的燃料棒 1 的间隙上升的同时被加热后沸腾。核反应堆的输出随着控制棒 2 的拔出或插入而变化。这时，当拔出控制棒 2 时反应功率增加，而插入控制棒 2 时反应功率减少。

这里，通过图 25 模式化表示的上述控制棒 2 结构一例的透视图进行说明。如图 25 (a) 所示、控制棒 2 的构成大体分为叶片 3、安装在叶片 3 上端的手柄 4、安装在叶片 3 下端部的下部叶片 5。特别是叶片 3 如图 25 (b) 所示，由中子吸收材料 6 及其装放该材料的护套 7、为确保水流过护套 7 内的中子吸收材料 6 间的部分而被插入的隔片 8 构成。

4 块叶片 3 构成一组，将各个结合端装在系杆 9 上，整个接合成十字架形。

在现有的制造这样的核反应堆控制棒 2 时，用下面的方法进行。图 26 表示控制棒制造步骤的一例。

如图 26 所示、切断护套 7 的外周并切断排水孔之后，将护套 7 弯曲加工成] 字形。而且对形成] 字形的护套端面进行取齐后，在

护套 7 的内侧插入放有作为中子吸收材料 6 碳化硼 (B_4C) 的管子, 组装成叶片 3。

在由上述方法制作的框架上固定叶片并组装成控制棒, 在其上焊接系杆、手柄及下部叶片, 最后用金属丝刷进行修整。

另外, 在采用 B_4C 的中子吸收材料的类型中是不采用隔片 8 的。

以上是中子吸收材料采用 B_4C 的情况, 下面对中子吸收材料中采用铪 (Hf) 的这一类型进行说明。

如图 26 所示, 切断护套 7 的外周并切断排水孔之后, 将护套 7 弯曲成为] 字形。而且对形成] 字形的护套 7 的端面取齐后, 在护套 7 的内侧插入作为中子吸收材料铪 Hf 板及隔片 8 后, 进行护套 7 与隔片 8 的焊接, 用金属丝刷进行修整后加工成叶片 3。

在由上述方法制作的叶片 3 上安装系杆 9, 手柄 4, 下部叶片 5, 进行焊接, 最后用金属丝刷进行修整。

在这样制造核反应堆控制棒时, 要在进行护套 7 的切断, 弯曲加工, 组装叶片 3, 还要组装系杆 9、手柄 4、下部叶片 5 的各框架之后, 进行叶片 3、系杆 9、手柄 4、下部叶片 5 的焊接及护套 7 与隔片 8 的焊接。

现有的这些构件的焊接是采用由手动 TIG 焊接。该 TIG 焊接是在惰性气体环境中使非消耗性的钨电极和母材之间产生电弧, 进行焊接的方法。

但是, 这种手动的 TIG 焊接, 由于输入热量很大, 所以加工后的变形很大, 特别是焊接变形显著, 很多情况下要对该变形一边矫正一边进行焊接。另外, 由于焊接加工速度慢, 有生产率低的问题。

发明的内容

本发明是为了解决以上问题而作出的, 目的在于提供一种核反应堆控制棒的制造方法及制造装置, 其可以使输入热量少, 能抑制加工

后的变形，并且可以提高焊接速度、提高生产率。

本发明为了达到上述目的，用下面所述的方法及装置制造核反应堆的控制棒。（1）一种核反应堆控制棒的制造方法，该控制棒是由中子吸收材料、护套构成的叶片、固定该叶片的系杆、分别固定在该系杆和上述叶片上的手柄及下部叶片构成的，其特征在于，包括下列工序：

第1工序，在上述护套上切断用于冷却上述中子吸收材料的排水孔及护套外周；

第2工序，将由上述第1工序切断的上述护套弯曲加工成]字形状；

第3工序，在由上述第2工序弯曲加工形成的上述护套的凹下部内夹入上述中子吸收材料；

第4工序，对上述叶片与上述系杆、上述叶片与手柄、及上述叶片与上述下部叶片依次进行焊接；

第5工序，对由上述第4工序焊接了的各部分进行表面修整。

（2）如上述（1）所述的核反应堆控制棒的制造方法，其特征是，在上述第4工序进行焊接时，

在焊缝坡口正上方或者从焊缝坡口位置平行错开2mm以内的位置上通过光学系统照射YAG激光或CO₂激光而进行焊接。

（3）如上述（2）所述的核反应堆控制棒制造方法，其特征是，在上述第4工序进行上述照射时，

使从1焊道或从第1焊道的目标位置起在0.1—2.0mm范围内错开而重叠多个焊道。

（4）如上述（2）所述的核反应堆控制棒制造方法，其特征是，在上述第4工序进行上述照射时，

使上述激光在2mm以内进行圆周运动的状态下一边前进一边照

射。

(5) 如上述(2)所述的核反应堆控制棒的制造方法,其特征是,在上述第4工序进行上述照射时,

在上述光学系统中具有的聚光透镜这一边、放入棱镜,使该棱镜以激光轴为中心进行旋转,同时通过对上述棱镜照射激光,使上述激光的焦点位置相对于上述聚光透镜而旋转。

(6) 如上述(1)所述的核反应堆控制棒的制造方法,其特征是,在上述第4工序进行上述焊接时,

在焊缝坡口正上方或者从焊缝坡口位置平行错开3mm以内的位置上进行TIG焊接。

(7) 如上述(1)所述的核反应堆控制棒的制造方法,其特征是,在第1工序中由利用高压氮气的激光切断工艺进行排水孔及护套外周的加工。

(8) 如上述(1)所述的核反应堆控制棒的制造方法,其特征是,在第3工序中为了对护套的与系杆接合端面不整齐进行取齐,采用高压氮的激光切断工艺进行取齐。

(9) 如上述(1)所述的核反应堆控制棒的制造方法,其特征是,在第3工序中为了对护套的与系杆相接合的端面不整齐进行取齐,用剪切切断工艺进行取齐。

(10) 如上述(1)所述的核反应堆控制棒的制造方法,其特征是,在上述第4工序进行焊接时,

在上述系杆上设有2条狭缝,在该狭缝中插入上述叶片的凸出部,朝着上述叶片和上述系杆的交界处照射上述激光。

(11) 一种核反应堆控制棒的制造装置,该控制棒由借助弯曲加工形成的护套的凹部内插入中子吸收材料的多个叶片、固定这多个叶片的系杆、固定于该系杆和叶片的上端部的手柄、及固定于系杆和叶

片的下端部的下部叶片构成，其特征在于：

该制造装置设有分别对多个叶片与系杆、上述手柄与上述下部叶片进行焊接的焊接装置；

上述焊接装置包括：安装有摄像装置的加工头；使该加工头移动到上述各个焊接部的设计上的焊缝坡口位置的移动装置；对由上述摄像装置所摄的图像信号进行处理的图像处理装置；从由该图像处理装置处理过的图像数据中检测出实际焊缝坡口位置的检测装置；对由该检测装置所检测出的焊缝坡口位置与设计上的焊缝坡口位置进行比较后，计算上述加工头与焊缝坡口位置的偏差的运算处理装置；使上述加工头只移动由该运算处理装置所求出的上述加工头的偏差量加上上述加工头与上述摄像装置间偏移量的距离那样地把控制命令发给上述移动装置的控制装置。

(12) 如上述(11)所述的核反应堆控制棒的制造装置，其特征在于：

该焊接装置具有，夹入叶片且只从外部可存取地被用于加工焊缝坡口的冷铁、及用于束缚该冷铁和上述叶片的固定夹具。

(13) 一种核反应堆控制棒的制造装置，该控制棒由中子吸收材料、护套构成的叶片、固定该叶片的系杆、固定在该系杆和叶片上的手柄及下部叶片构成，其特征在于、包括：

用于放置作为被焊接物的上述控制棒并进行焊接的加工台；输出YAG激光或CO₂激光的激光振荡器；传输由该激光振荡器振荡的激光、并具有由聚光透镜聚束在上述被焊接物上的光学系统的加工头；安装在该加工头上、对上述被焊接物的焊缝坡口附近进行摄像的摄像装置；从由该摄像装置所摄的图像中检测焊缝坡口位置的图像处理装置；对从图像处理装置所得到的焊缝坡口位置和上述设计上的焊缝坡口位置进行比较、计算其偏差的运算处理装置；使上述加工头或加工

台移动由运算处理装置求得的焊缝坡口位置的偏差加上上述摄像装置和上述加工头间的偏移量的距离的伺服马达；及驱动控制上述伺服马达的控制装置；

上述加工头或加工台至少各设置2台，在上述激光振荡器和上述加工头之间设置可移动式反射镜。

(14) 一种核反应堆控制棒的制造装置，该控制棒由中子吸收材料、护套构成的叶片、固定该叶片的系杆、固定在系杆和叶片上的手柄及下部叶片构成，其特征在于、包括：

用于放置作为被焊接物的上述各个控制棒并进行焊接的加工台；TIG 焊枪；安装在该 TIG 焊枪上对上述被焊接物的焊缝坡口附近进行摄像的摄像装置；从由该摄像装置所摄的图像中检测焊缝坡口位置的图像处理装置；对由图像处理装置所得到的焊缝坡口位置和上述设计上的焊缝坡口位置进行比较并计算其偏差的运算处理装置；使 TIG 焊枪或加工台移动由该运算处理装置求得的焊缝坡口位置的偏差加上 TIG 焊枪间的偏移量的距离的伺服马达；及驱动控制该伺服马达的控制装置；

上述 TIG 焊枪和加工台至少各设置2台，使其同时或交替进行焊接。

如上所述，若采用本发明，借助激光焊接，能减少输入热量、能抑制加工后变形，而且能提供一种可提高焊接速度、提高生产率的核反应堆控制棒的制造方法及其制造装置。

本发明的这些和其他目的、优点及特征将通过结合附图对本发明的实施例的描述而得到进一步说明。

附图的简要说明

图1是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第1实施例的工序图。

图 2 (a) 是说明脉冲振幅振荡时的条件的图。

(b) 是说明连续振荡时的条件的图。

图 3 (a) - (c) 是在上述实施例中, 表示激光照射位置或 TIG 焊枪位置的模式图。

图 4 是表示在上述实施例中, 使激光旋转时的激光照射位置的模式图。

图 5 是表示在上述实施例中, 使用棱镜使 YAG 激光旋转的装置的概要构成断面图。

图 6 是表示在上述实施例中, 使用棱镜使 CO₂ 激光旋转的装置的概要构成断面图。

图 7 (a)、(b) 是表示在上述实施例中, 焊接中使用的固定夹具的平面图及断面图。

图 8 (a) 是表示与上述同样的固定夹具整体装配状态的立体图。

(b) 是 (a) 的叶片和系杆结合部 A 的放大图。

(c) 是沿着 (b) 的 B—B 线的断面图。

(d) 是用另一种方法的叶片和系杆间结合部 A 的放大图。

(e) 是沿着 (d) 的 C—C 线的断面图。

图 9 表示固定叶片和系杆的状态的固定夹具的正视图。

图 10 表示用两台焊接机在系杆上焊接各叶片时的系统结构例的顶视图。

图 11 是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 2 实施例的工序图。

图 12 是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 3 实施例的工序图。

图 13 表示说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 4 实施例中焊接隔片时所用装置的概要构成图。

图 14 表示上述实施例中驱动控制系统的方框图。

图 15 表示上述实施例中自动焊接隔片时的程序图。

图 16 表示自动焊接系杆时的程序图。

图 17 是本发明的 5 实施例中焊接隔片时所用的装置的概要结构图。

图 18 是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 6 实施例的工序图。

图 19 是表示用于实施例中通过自动 TIG 焊机焊接隔片和护套的焊接条件的一例。

图 20 是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 7 实施例的工序图。

图 21 表示作为本发明的第 8 实施例，用自动 TIG 焊机进行隔片焊接时的程序图。

图 22 是表示用自动 TIG 焊机进行系杆焊接时的程序图。

图 23 是表示在本发明的第 9 实施例中隔片焊接时所用装置的概要结构图。

图 24 是表示沸水型反应堆的压力容器内部结构一例的概况图。

图 25 (a) 是说明上述控制棒结构的立体图。

(b) 是叶片的断面图。

图 26 是用于说明现有核反应堆控制棒制造步骤一例的工序图。

本发明的具体实施方式

图 1 表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 1 实施例的工序图。关于控制棒的结构件将参照图 25 进行说明，此处的中子吸收材料采用铪 Hf。

首先，采用激光在护套 7 上对用于冷却中子吸收材料 6 的排水孔进行切断，对用于确保中子吸收材料 6 和护套 7 间隙的隔片 8 所设置的开孔进行切断，然后对护套外周进行切断。

这样,在对护套外周进行切断及对开孔切断时采用激光是为了保持高的精度。也可以不用激光而用拔模及剪切进行开孔。最好切断后加上用于确认弯曲的位置的激光划线。

接着借助弯曲加工将护套 7 形成 π 字形,在该 π 字形的内侧插入隔片 8 和中子吸收材料 6 后,用激光对隔片 8 和护套 7 进行焊接。

这时采用隔片 8 是为了确保中子吸收材料 6 的固定及护套 7 与中子吸收材料 6 间的间隙。

这里,用激光对隔片 8 和护套 7 加工时的加工条件的一例如图 2 (a)、(b) 所示。

图 2 (a) 是脉冲振幅振荡时的条件。图 2 (b) 是连续振荡时的条件。二者都是 YAG 激光,连续振荡的焊接比较稳定,但使用哪一种都可以。

图 3 模式化表示激光照射的位置。激光照射位置如图 3 (a) 所示,基本上是在对应于隔片 8 的护套 7 的焊缝坡口的正上方,但是为了确保根部焊道,如 (b) 所示、在 0.1—2.0mm 范围内从焊缝坡口错开也可以。

另外,当焊道宽度很窄时,如图 3 (c) 所示、还有在焊缝坡口的正上方或者在焊缝坡口在 2mm 范围内将多条焊道重叠地进行激光照射的方法。即从 1 道或第 1 道的目标位置、在 0.1—2.0mm 的范围内错开使多条焊道重叠。

图 4 是模式化表示使激光一边进行圆周运动一边照射的激光照射位置。使激光在直径 2mm 以内一边作圆周运动一边前进地进行照射。

用图 3、图 4 中所示的方法,在宽的范围内可得到稳定的焊道,可使焊缝坡口线确实熔化,能确保背面的根部焊道。

作为使激光进行圆周运动的方法,还有使加工头或加工台机械地旋转的方法。但是当采用该机械的方法时,使加工速度增加数 m/min 左右时,圆周运动将变成椭圆形。

图 5 是表示使用棱镜使激光旋转的装置概要构成图。在图 5 中,20 为加工头,在该加工头 20 的激光入射部上连接有从激光振荡器导入激光的光导纤维 10,在加工头内从激光入射端向射出端、空开适

当的间隔、通过支撑构件分别进行支撑长焦点透镜 11、棱镜 12、聚光透镜 13，这时支撑棱镜 12 的支撑构件，由周面具有齿部的旋转体可自由旋转的支撑，通过在加工头 20 的外围所设置的马达 15 使齿轮 14 旋转，可借助与齿轮 14 啮合的齿部使该旋转传递到旋转体。27 是控制棱镜 12 旋转速度的控制器，

在这样的激光旋转装置中，当是 YAG 激光时，从振荡器通过光导纤维 10 将 YAG 激光导入到加工头 20。该激光在加工头 20 内通过长焦点透镜 11 变成平行光，导入到的棱镜 12，再通过聚光透镜 13 照射在加工面上。

这时，通过马达 15 使齿轮 14 旋转，就可以使棱镜 12 以数 m/min 的高速在数 mm 的范围内使焦点位置旋转。

上述是 YAG 激光时的构成，但在 CO₂ 激光时也可以通过同样的激光旋转装置使激光进行圆周运动。

图 6 表示 CO₂ 激光时的构成例，与 YAG 激光时的构成不同的部分是没有长焦点透镜 11，其他与图 5 相同。

下面参照图 7 对焊接中使用的夹具进行说明。

本夹具如图 7 (a)、(b) 所示，全部由铜构成，夹入护套 7 地配置在其上下面上，，作为激光焊接时冷铁 16 使用。在该冷铁 16 的两面上与隔片 8 的位置相对应，设置有倒圆锥状的孔 16 a，在焊接隔片 7 时，可以存取图 5 或图 6 的加工头 20。

另外，该冷铁 16 也可以使用在对下述的系杆焊接中。

最后通过金属丝刷修整，使焊接后的焊道表面光滑。

在上述方法中，中子吸收材料 6、隔片 8 放置在护套 7 内，一体化后称为叶片 3。

接着在系杆 9 上安置 4 片叶片 3，还分别安置手柄 4 及下部叶片 5。

图 8 是表示将这些构件安置在固定夹具 17 上的状态。

如图 8 所示，至少采用 3 个以上固定夹具 17，将叶片 3，手柄 4

及下部叶片 5 安置在系杆 9 上。这时, 固定夹具 17 如图 9 所示, 分割为上下二等分, 在其上半部 17a 和下半部 17 b 之间、在 4 片叶片 3 及其中心部安置十字形的系杆 9。另外, 在离手柄 4 近的固定夹具 17 的外周面上形成齿部, 在与该齿部啮合的齿轮 18 上连接马达 19, 通过该马达 19 将旋转力传送给固定夹具 17, 使加工位置可以变更。

另外, 系杆 9 和叶片 3 并不是全线都是焊缝坡口, 如图 8 (b) 中的放大图所示, 焊缝坡口长度为 3—8 cm 左右, 不焊接的地方是为了使用作冷却材料的水通过, 而形成护套 7 和系杆 9 离开的状态。

系杆 9 如图 8 (c) 中的断面所示, 为了容易与护套 7 对位而设有凹窝, 将图中箭头所示的位置作为焊缝坡口。

另一种方法如图 8 (c) 所示, 在用激光对叶片 3 和系杆 9 进行焊接时, 使叶片 3 和系杆 9 间的固定牢固, 并通过叶片的加工精度防止焊缝坡口线偏离, 而且为了容易而可靠地对焊缝坡口线照射激光, 在系杆 9 上设有 2 条狭缝, 将叶片 3 的凸出部插入该狭缝中, 如同图 8 (e) 的断面所示, 使激光朝着构成叶片 3 和系杆 9 的交界处的图中箭头所示的位置进行照射。

图 10 表示在这种状态所安置的控制棒各结构件中, 用 2 台焊接机在系杆 9 上焊接各叶片时的系统构成例的顶视图。在图 10 中、51 是使加工头 20 在径向和长度方向驱动的头驱动机构, 52 是通过该头驱动机构 51 在系杆 9 上焊接叶片 3 的端面的焊接机, 53 是控制这些焊接机 52 及头驱动机构 51 的控制装置。

焊接系杆 9 的焊接条件与上述的图 2 (a)、(b) 所示的条件相同, 激光的照射位置基本上是焊缝坡口的正上方, 但是为了确保根部焊道, 也可以从焊缝坡口错开 2mm 的范围内。

另外, 当焊道宽度很窄时, 还有从焊缝坡口正上方或焊缝坡口开始 2mm 的范围内使多条焊道重叠进行激光照射的方法, 为了进一步加宽焊道宽度还有使激光进行圆周运动的方法。由于这些方法也与图 3、图 4 所示的隔片 8 的焊接相同, 所以在此省略对其说明。

另外，为了减低焊接变形，将冷铁 16 安置在与加工头 20 不干扰的地方，此处安置在处于垂直方向上下部的叶片 3 上。

手柄及下部叶片也同时用激光焊接。而且焊接后的表面用金属丝刷修整使其光滑。

这样、在本发明的第 1 实施例的核反应堆控制棒制造方法中，包括：在护套上切断排水孔、隔片用孔、外周；对护套 7 弯曲加工，在进行过该弯曲加工的护套 7 中间夹入中子吸收材料 6 和隔片 8；对护套 7 的隔片用孔和隔片 8 通过激光进行焊接而形成一体的叶片 3；接着对叶片 3 和系杆 9 用激光进行焊接；然后对叶片 3 和手柄 4 也用激光进行焊接；再对叶片 3 和下部叶片 5 用激光进行焊接后，对各焊接部用金属丝刷进行修整。

这样，由于在核反应堆控制棒的焊接中通过使用 YAG 激光可以降低焊接时输入的热量，所以可以抑制加工后的变形，进而与 TIG 焊接相比、由于可以加快焊接的加工速度，因而能提高生产率。

图 11 表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 2 实施例的工序图。关于控制棒的构件将参照图 25 进行说明。这里中子吸收材料采用 Hf。

首先利用激光在护套 7 上对用于冷却中子吸收材料 6 的排水孔进行切断，对用于确保中子吸收材料 6 和护套 7 间的间隙的隔片 8 设置用的开孔进行切断，然后，对护套外周进行切断。

这样、在护套外周的切断及开孔切断时采用激光是为了保持高的精度，也可以不用激光而用拔模及剪切进行开孔。切断后为了确认弯曲的位置最好用激光进行划线。

接着、用弯曲加工使护套 7 形成] 字形，在该] 字形的内侧插入隔片 8 和中子吸收材料 6，进行叶片 3 的装配。第 2 实施例与第 1 实施例不同点是不进行隔片 8 的激光焊接，只进行 TIG 焊接的定位焊。

在这一状态下，在系杆 9 上安置 4 片叶片，并分别安置手柄 4

及下部叶片 5。该安置状态如上述的图 8 所示。至少使用 3 个以上固定夹具 17，将叶片 3、手柄 4 及下部叶片 5 安置在系杆 9 上。这时，固定夹具 17 如图 9 所示，分割为上下二等分，在其上半部 17a 和下半部 17b 之间放置各零件。

另外，系杆 9 是为了容易与护套 7 的对位而设有凹窝，将系杆 9 和护套 7 的交界处作为焊缝坡口。

焊接系杆 9 的焊接条件与上述的图 2 (a)、(b) 中所示的条件相同，激光的照射位置基本上是在焊缝坡口的正上方，但是为了确保根部焊道，也可以在 2mm 范围内从焊缝坡口错开。

另外，当焊道宽度很窄时，还有从焊缝坡口的正上方或离焊缝坡口 2mm 范围内使多条焊道重叠进行激光照射的方法，为了进一步加宽焊道宽度还有使激光进行圆周运动的方法。由于这些方法也与图 3、图 4 所述的方法相同，所以在此省略对其说明。

另外，为了减低焊接变形，将冷铁 16 安置在与加工头 20 不干扰的叶片 3 上。

手柄及下部叶片也同时用激光焊接。接着用激光进行隔片 8 的焊接，之后用金属丝刷修整使其表面光滑。

这样，本发明的第 2 实施例也可以得到与第 1 实施例相同的作用效果。

图 12 是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 3 实施例的工序图。关于控制棒的构件将参照图 25 进行说明。此处中子吸收材料使用 B_4C 。使用 B_4C 的控制棒的特点是不采用使护套 7 的间隙保持一定的隔片 8。

首先，采用激光在护套 7 上对用于冷却中子吸收材料 6 的排水用孔进行切断，然后切断护套外周。

这样、在对护套外周的切断及开孔切断时采用激光是为了保持高的精度，也可以不用激光而用拔模及剪切进行切断。切断后为了确认弯曲的位置最好用激光进行划线。

接着用弯曲加工使护套 7 形成] 字形, 在该] 字形的内侧插入中子吸收材料 6, 进行叶片 3 的装配。

在此状态下, 在系杆 9 上安置 4 片叶片, 并分别安置手柄 4 及下部叶片 5。这一安置状态与上述的图 8 所示相同。至少使用 3 个以上固定夹具 17, 将叶片 3、手柄 4 及下部叶片 5 安置在系杆 9 上。这时, 固定夹具 17 如图 9 所示分割成上下 2 等分, 在其上半部 17a 和下半部 17b 之间安置各零件。

另外, 系杆 9 为了容易与护套 7 对位而设有凹窝, 将系杆 9 和护套 7 的交界处作为焊缝坡口。

焊接系杆 9 的焊接条件与上述的图 2 (a)、(b) 中所示的条件相同, 激光的照射位置基本上是在焊缝坡口的正上方, 但是为了确保根部焊道, 也可以在 2mm 范围内从焊缝坡口错开。

另外, 当焊道宽度很窄时, 还有从焊缝坡口的正上方或在离焊缝坡口 2mm 的范围内使多条焊道重叠进行激光照射的方法, 为了进一步加宽焊道宽度还有使激光进行圆周运动的方法。由于这些方法也与图 3、图 4 所述的方法相同, 所以在此省略其说明。

另外, 为了减低焊接变形, 将冷铁 16 安置在与加工头 20 不干扰的叶片 3 上。

手柄及下部叶片也同时用激光焊接。

这样, 本发明的第 3 实施例也可以得到与第 1 实施例及第 2 实施例相同的作用效果。

图 13 是模式化表示用于说明本发明的第 4 实施例中的隔片焊接的装置。

如图 13 所示, 从护套 7 的上部通过隔片焊接用的孔可以看见隔片 8。为此通过在加工头 20 上安装的 CCD 摄像机 21 对孔进行确认。

图 14 表示自动隔片焊接装置的方框图。如图 14 所示, 由 CCD 摄像机 21 识别的孔的图像信息, 首先由图像处理装置 22 变换为形状信息, 识别圆的中心座标, 将该座标信息输入到运算处理装置 23

中。在运算处理装置 23 中与座标和预先作为加工数据而存储的孔的中心座标进行比较, 检测出孔的偏差量。该信息通过操作控制器 24 反馈到数值控制装置 25, 驱动 NC 伺服马达 26。

图 15 表示自动焊接隔片的程序图。

在图 15 中, 首先移动加工头 20, 决定加工原点。其中包括 CCD 摄象机 21 的加工原点。将加工头 20 移动到某个隔片的中心位置, 如图 14 所示, 由 CCD 摄像机 21、图像处理装置 22 及运算处理装置 23 检测出位置偏差。使加工头只移动该位置的偏差量加上加工头 20 和 CCD 摄像机 21 的偏移量的距离。

在此状态下开始移动加工头 20, 当开始激光束照射时开始焊接。并且在焊接结束时停止激光束照射, 加工头 20 的移动也停止。

这样, 对叶片一面隔片的焊接结束后再进行相反一面隔片的焊接。

以上是隔片焊接的情况, 系杆焊接时也同样采用上述图 13 及图 14 所示的装置进行。

图 16 表示自动焊接系杆时的程序图。

在图 16 中, 首先移动加工头 20, 决定加工原点。接着如图 8(d)、(e) 的放大图所示, 在系杆 9 和护套 7 的焊接位置上, 护套 7 一侧有凸出部, 在系杆 9 一侧有凹窝。使加工头 20 移动到该护套 7 凸出部一侧端部, 即加工的原点, 由 CCD 摄象机 21、图像处理装置 22 及运算处理装置 23 检测出加工的始点位置偏差。同样将加工头 20 移动到护套 7 的凸出部的另一侧的端部、即加工的终点, 由 CCD 摄像机 21、图像处理装置 22 及运算处理装置 23 检测出加工的终点位置偏差。然后使加工头 20 只移动加工始点偏差量加上加工头 20 和 CCD 摄像机 21 的偏移量的距离。

在这样的状态下开始加工头 20 的移动, 当开始激光束照射时焊接开始。并且当焊接结束时停止激光照射, 加工头 20 的移动也停止。

这样, 对叶片一面的系杆焊接结束后, 再依次进行其余面的系

杆焊接。

但是在上述的第1实施例和第2实施例中,在焊接焊道宽度是0.1—2.0mm的狭窄焊接时,当焊缝坡口位置与激光照射位置的偏差较大时,利用激光焊接本身是比较困难的。

在第4实施例中为了解决这一问题,由加工头20上安装CCD摄像机21和图像处理装置22检测焊缝坡口位置,修正激光照射位置,就可以进行精度高的隔片焊接及系杆焊接,可使焊接自动化。

这样,在本发明的第4实施例中,在加工头20上安装CCD摄像机21,通过数值控制(NC)使CCD摄像机21移动到设计上的焊缝坡口位置,由CCD摄像机21取得焊接部附近的图像,将该图像信息传送给图像处理装置22,通过该图像处理装置22从图像中检测出实际的焊缝坡口位置,即在护套7的隔片用孔和隔片8的焊接时,从焊缝坡口检测出隔片8的中心座标,或者在叶片3和系杆9的焊接、叶片3和手柄4的焊接、叶片3和下部叶片5的焊接时,从焊缝坡口位置检测出各焊接的始点和终点,通过运算处理装置23对实际的焊缝坡口位置和设计上的焊缝坡口位置进行比较,计算激光照射位置的偏差,使加工头20只移动在该激光照射位置的偏差量加上加工头20和CCD摄像机21的偏移量的距离,然后照射激光。

因此,即使设计上的焊缝坡口位置和实际的焊缝坡口位置有偏差,也可以使焊缝坡口线确实熔化,进一步可确保护套背面的根部焊道,并可以实现焊接工艺的自动化。这样可以降低焊接时的输入热量,抑制加工后的变形。进而由于加快焊接的加工速度,因而能使生产率生产率提高。

图17是模式化表示本发明的5实施例中的隔片焊接用的装置。加工头部分的构成是与图13所示相同的,同样的构件用相同的符号。

如图17所示,在对至少2台加工台28上放置的护套7进行隔片焊接时,在各护套上安置加工头20。

另一方面,由作为焊接机设置的激光振荡器29输出的激光被其

光路中配置的可变反射镜 30 反射, 通过光导纤维 31 导入到一个加工头 20 上, 从加工头 20 将激光照射到焊接部位。另外, 当对另一个加工头 20 上导入激光时, 将可变反射镜 30 移动到与激光不干扰的位置后, 由激光光路所配置的固定反射镜 32 进行反射, 通过光导纤维 31 导入到另一个加工头 20 上, 从该加工头 20 对焊接部位照射激光。

这时 1 台激光振荡器 29 的激光至少对于二台加工头在不同时间使用, 可进行所谓的时间分光, 可以有效利用激光振荡器。

根据在各加工头 20 上安装的 CCD 摄像机 21 识别的孔的图像信息, 由自动控制进行的隔片焊接的结构, 与图 14 和图 15 所述的第 3 实施例相同, 这里省略对其说明。

因此, 采用这样的装置可以实现焊接工艺自动化, 并且通过调整焊缝坡口位置, 可以使焊缝坡口线确实熔化, 进而确保护套背面的根部焊道, 并可实现焊接工艺自动化。

图 18 是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 6 实施例的工序图。关于控制棒的构件将参照图 25 进行说明。此处吸收材料采用 H_f 。

首先利用激光在护套 7 上对用于冷却中子吸收材料 6 的排水孔进行切断, 对用于确保中子吸收材料 6 和护套 7 间间隙的设置隔片 8 的开孔进行切断, 然后对护套外周进行切断。

这样, 在护套外周进行切断及对开孔切断时采用激光是为了保持高的精度。也可以不用激光而用拔模及剪切进行切断。切断后为了确认弯曲的位置最好用激光划线。

然后用弯曲加工使护套形成 J 字形。

这时, 由于与护套 7 的系杆接合的端面一侧容易出现不整齐, 所以用激光切除不整齐的部分。也可以不用激光而用剪切进行。

在该 J 字形的内侧插入隔片 8 和吸收材料 6 后, 通过自动 TIG 焊接机对隔片 8 和护套 7 进行焊接。

这时使用隔片 8 是为了确保吸收材料 6 的固定及护套 7 与中子吸收材料 6 间隙。

图 19 表示隔片 8 和护套 7 用的自动 TIG 焊接机的焊接条件的一例。

TIG 焊接机的焊枪位置与第 1 实施例中所述的图 3 (a) 一样,基本上是对应于隔片 8 的护套 7 上的焊缝坡口正上方,但是为了确保根部焊道,也可以如 (b) 所示在 0.1—3.0mm 范围内从焊缝坡口错开。

用图 3 所示的方法,可获得稳定的焊道,使焊缝坡口线确实熔化,可确保背面的根部焊道。

由于 TIG 焊接中使用的夹具与图 7 相同,因而这里省略对其说明。

最后通过砂轮机修整使焊接后的焊道表面光滑。

在上述方法中,将吸收材料 6、隔片 8 放置在护套 7 内,一体化后作成叶片 3,接着系杆 9 上安置 4 片叶片 3、手柄 4 及下部叶片 5 也分别安置。

将这些构件安置在固定夹具 17 上的状态与图 8 (a) 及图 9 相同。故省略其说明。

另外,系杆 9 和叶片 3 并不是全线都是焊缝坡口,如图 8 (b) 的放大图所示,焊缝坡口长度为 3—8cm 左右,不焊接的地方是为使用作冷却材料的水通过而使护套 7 和系杆 9 处于离开的状态。

系杆 9 如同图 8 (c) 中的断面所示,为了容易与护套的对位而设置有凹窝,图中箭头所指的位置为焊缝坡口。

在此状态所安置的控制棒的各构件中,由两台 TIG 焊接机在系杆 9 上焊接各叶片时的系统结构与图 10 相同。

焊接系杆 9 的焊接条件,与上述图 19 所示的条件相同,TIG 焊枪 20 的位置基本上是焊缝坡口的正上方,但是为了确保根部焊道,也可以在 3mm 的范围内从焊缝坡口错开。

另外为了减低焊接变形，将冷铁 16 安置在与焊枪 20 不干扰的地方，这里是安置在处于垂直方向上下部的叶片 3 上。

手柄及下部叶片也同时用 TIG 焊接机焊接。而且，焊接后的表面通过表面修整使其光滑。

这样，本发明的第 6 实施例的核反应堆控制棒制造方法中，在护套上切断排水孔、隔片用孔、外周；对护套 7 进行弯曲加工使其弯曲，在进行过该弯曲加工的护套 7 中间夹入中子吸收材料 6 和隔片 8；对护套 7 的隔片用孔和隔片 8 用 TIG 焊接机进行焊接、形成一体的叶片 3；接着对叶片 3 和系杆 9 由 TIG 焊接机进行焊接；然后对叶片 3 和手柄 4 也由 TIG 焊接机进行焊接；再对叶片 3 及下部叶片 5 用 TIG 焊接机进行焊接后；对各焊接部用金属丝刷进行修整。

这样，在核反应堆控制棒的焊接中由于用 TIG 焊接机焊接时可以降低输入热量，所以可抑制加工后的变形。又由于同时使用代替两个加工头的 TIG 焊枪 20，可以使生产率提高。

图 20 是表示用于说明本发明的核反应堆控制棒制造方法的第 7 实施例的工序图。关于控制棒的构件将参照图 25 进行说明。此处的吸收材料采用 H_f 。

首先利用激光在护套 7 上对用于冷却中子吸收材料 6 的排水孔进行切断，对用于确保中子吸收材料 6 和护套 7 间间隙的设置隔片 8 的开孔进行切断，然后对护套外周进行切断。

这样，在护套外周进行切断及开孔切断时采用激光是为了保持高的精度。也可以不用激光而用拔模及剪切进行切断。切断后为了确保弯曲的位置最好用激光划线。

然后由弯曲加工使护套形成] 字形。

这时，与护套 7 的系杆接合的端面一侧容易出现不整齐，所以用激光切除不整齐的部分。也可以不用激光而用剪切进行。

在该] 字形的内侧插入隔片 8 和中子吸收材料 6，进行叶片 3 的装配，但第 7 实施例与第 6 实施例不同点是不进行隔片 8 的激光焊

接，而只用 TIG 焊接进行定位焊。

在此状态下，在系杆 9 上安置 4 片叶片，并分别安置手柄 4 及下部叶片 5。

将这些构件安置在固定夹具 17 上的状态，与图 8 (a)及图 9 相同，省略对其说明。

焊接系杆 9 的焊接条件，与上述图 19 所示的条件相同，TIG 焊枪 20 的位置基本上是焊缝坡口的正上方，但是为了确保根部焊道，也可以在 3mm 的范围内从焊缝坡口错开。

另外，为了降低焊接变形，将冷铁 16 安置在与焊枪 20 不干扰地方的叶片 3 上。

手柄及下部叶片也同时用激光焊接，接着用激光对隔片 8 进行焊接后，通过表面修整使其表面光滑。

这样，本发明的第 7 实施例也可以得到与本发明的第 6 实施例相同的作用效果。

图 21 是表示本发明的第 8 实施例用自动 TIG 焊接机进行隔片焊接的程序。

隔片自动焊接装置的结构及其控制装置与图 13 及图 14 相同，这里省略对其说明。

在图 21 中，首先移动代替加工头的焊枪 20，决定加工原点。其也包括 CCD 摄像机 21 的加工原点。将焊枪 20 移动到某一隔片的中心位置，如图 14 所示，

由 CCD 摄像机 21、图像处理装置 22 及运算处理装置 23 检测出位置偏差。使焊枪只移动该位置偏差量加上焊枪 20 与 CCD 摄像机 21 的偏移量的距离。

在这样的状态下，开始焊枪 20 的移动。当开始 TIG 焊接时焊接开始。并当焊接结束时焊接电弧停止，焊枪的移动也停止。

这样，当叶片的一面的隔片焊接结束时，再进行相反一面的隔片焊接。

以上是隔片焊接的情况，但系杆焊接时也可与上述一样进行。

图 22 是表示由自动 TIG 焊接机进行系杆焊接时的程序。

在图 22 中首先移动代替加工头的焊枪 20，决定加工原点。接着如图 8 (d)、(e) 放大图所示，在系杆 9 和护套 7 的焊接位置上，护套 7 一侧有凸出部，而在系杆 9 一侧有凹窝。使图 14 所示焊枪 20 移动到该护套 7 凸出部一侧的端部，即加工的原点，由 CCD 摄像机 21、图像处理装置 22、及运算处理装置 23 检测出加工始点的位置偏差。同样将焊枪移动到护套 7 凸出部的另一侧的端部，即加工的终点，通过 CCD 摄像机 21、图像处理装置 22、及运算处理装置 23 检测出加工终点的位置偏差。使焊枪只移动加工始点的偏差量加上焊枪与 CCD 摄像机 21 的偏移量的距离。

在这样的状态下，开始焊枪 20 的移动。当开始 TIG 焊接时焊接开始。并且当焊接结束时焊接电弧停止，焊枪的移动也停止。

这样，当叶片的一面的系杆焊接结束后，再依次进行另一面的系杆焊接。

但是，在上述的第 6 实施例及第 7 实施例中，当焊缝坡口位置和焊枪位置的偏差很大时，焊接本身将会产生困难。

第 8 实施例为了解除这些问题，用在焊枪 20 上安装的 CCD 摄像机 21 和图像处理装置 22 检测焊缝坡口位置，修整焊枪的位置，可以高精度的进行隔片焊接及系杆焊接，可以使焊接实现自动化。

这样，在本发明的第 8 实施例中，在焊枪 20 上安装 CCD 摄像机 21，用数值控制 (NC) 将 CCD 摄像机 21 移动到设计上的焊缝坡口位置，由 CCD 摄像机 21 取得焊接附近的图像，将该图像信息传输给图像处理装置 22，通过该图像处理装置 22 从图像中检测出实际焊缝坡口位置，即在对护套 7 的隔片用孔和隔片 8 的焊接时，从焊缝坡口位置起始的隔片 8 的中心座标，或者在焊接叶片 3 和系杆 9 时、焊接叶片 3 和手柄 4 时、叶片 3 和下部叶片 5 接时，检测从焊缝坡口位置分别起始的各个焊接的始点和终点位置通过运算处理装置 23 对

实际的焊缝坡口位置与设计上焊缝坡口位置进行比较，计算 TIG 焊枪的位置偏差，使焊枪只移动该焊枪位置的偏差量加上焊枪与 CCD 摄像机 21 的偏移量的距离，然后进行 TIG 焊接。

因此，即使设计上的焊缝坡口位置与实际的焊缝坡口位置有偏差，也可以使焊缝坡口线确实熔化，进而可确保护套背面的根部焊道，并且可以实现焊接工序的自动化。这样可以降低焊接时的输入热量，抑制加工后的变形。通过同时使用两个焊枪，可以使生产率进一步提高。

图 23 是模式化表示本发明的第 9 实施例中的隔片焊接中使用的装置。关于加工头部分的结构由于与图 25 相同，所以相同的构件加有同一标号。

如图 23 所示，在对至少二台加工台 28 上放置的护套 7 进行隔片焊接时，在各个护套 7 上安置有 TIG 焊接机 29 的焊枪 20。

根据安装在各焊枪上的 CCD 摄像机 21 识别的孔的图像信息，由自动控制进行隔片焊接的结构，由于与图 14 和图 21 中所述的第 8 实施例相同，故省略对其说明。

因此，使用这样的装置可以实现焊接工序自动化，并且通过对焊缝坡口位置进行调整，可使焊缝坡口线确实熔化，进而可确保护套背面的根部焊道，并可以实现焊接工序的自动化。

如上所述，若采用本发明，借助激光焊接，能减少输入热量、能抑制加工后变形，而且能提供一种可提高焊接速度、提高生产率的核反应堆控制棒的制造方法及其制造装置。

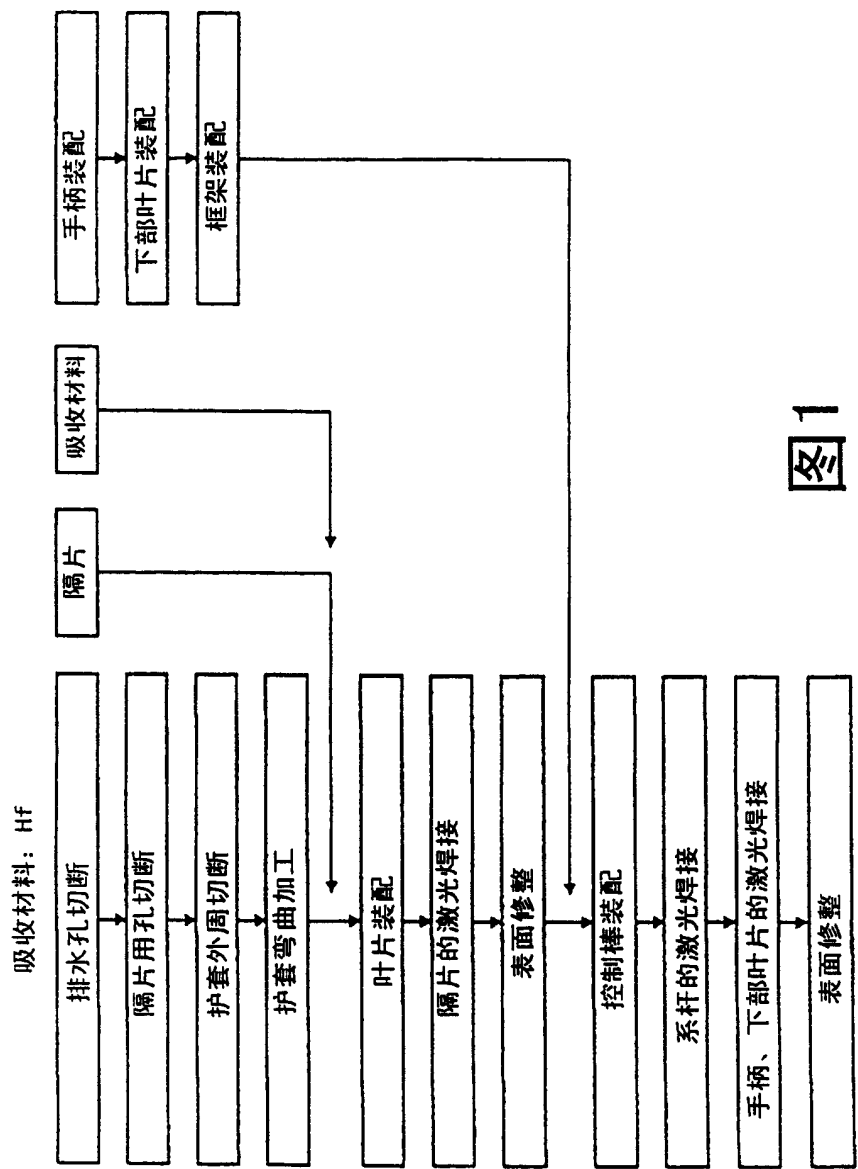


图1

(a)

输出 (W)	聚光直径 (mm)	峰值输出 (W)	频率 (Hz)	负荷率 (%)	加工速度 (m/min)	透镜 (英寸)
500~2000	0.5~1.0	500~2000	10~1000	10~60	0.1~10	5~10

(b)

输出 (W)	聚光直径 (mm)	加工速度 (m/min)	透镜 (英寸)
500~2000	0.5~1.0	0.1~10	5~10

图2

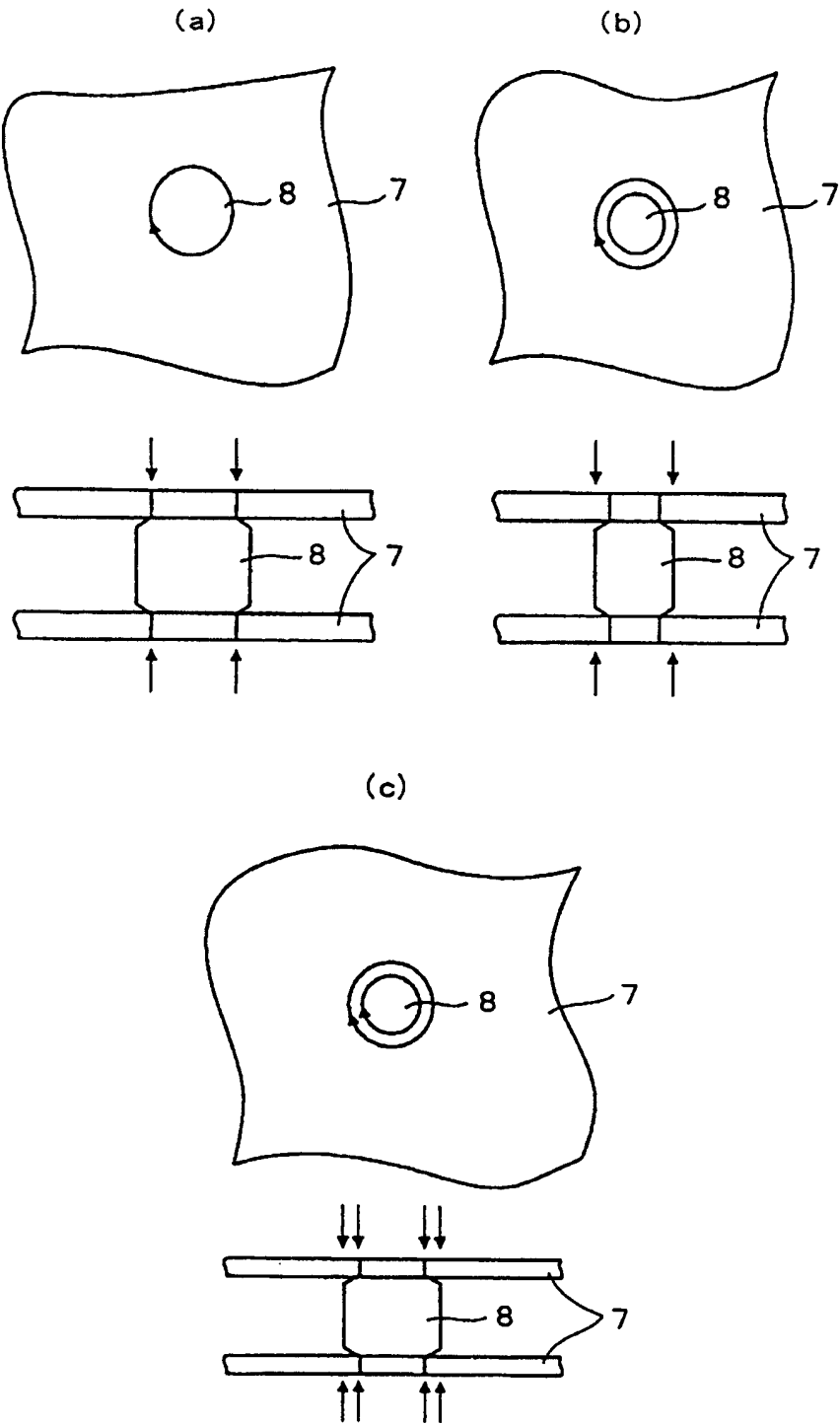


图3

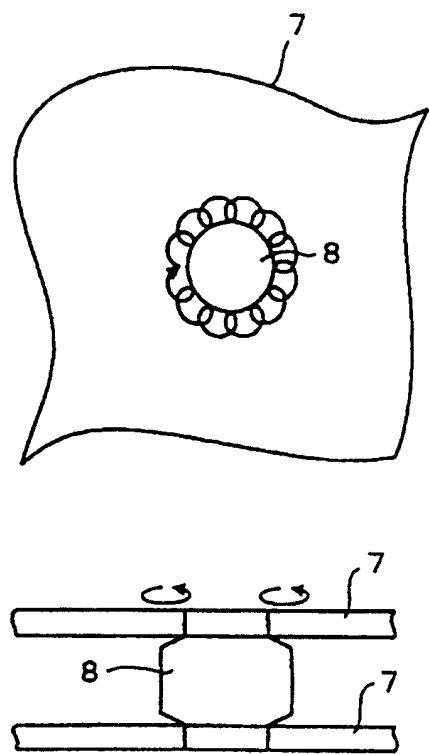


图4

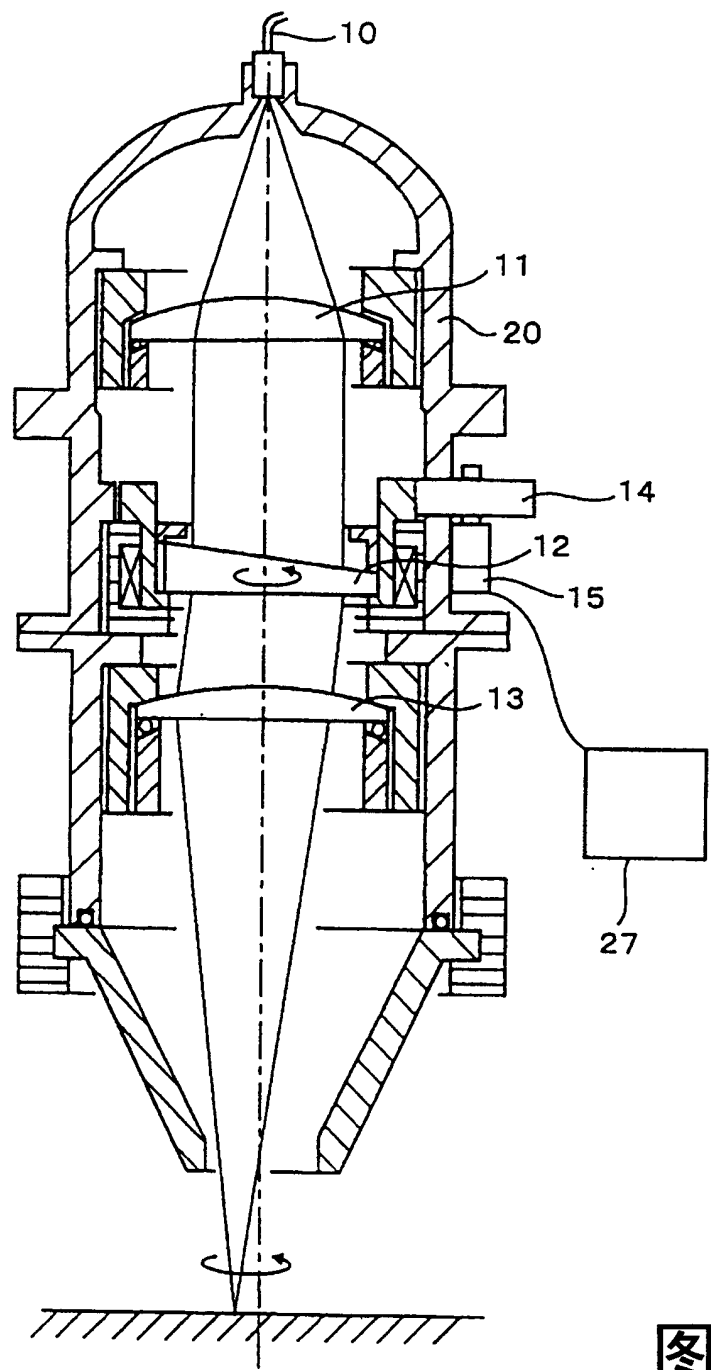


图5

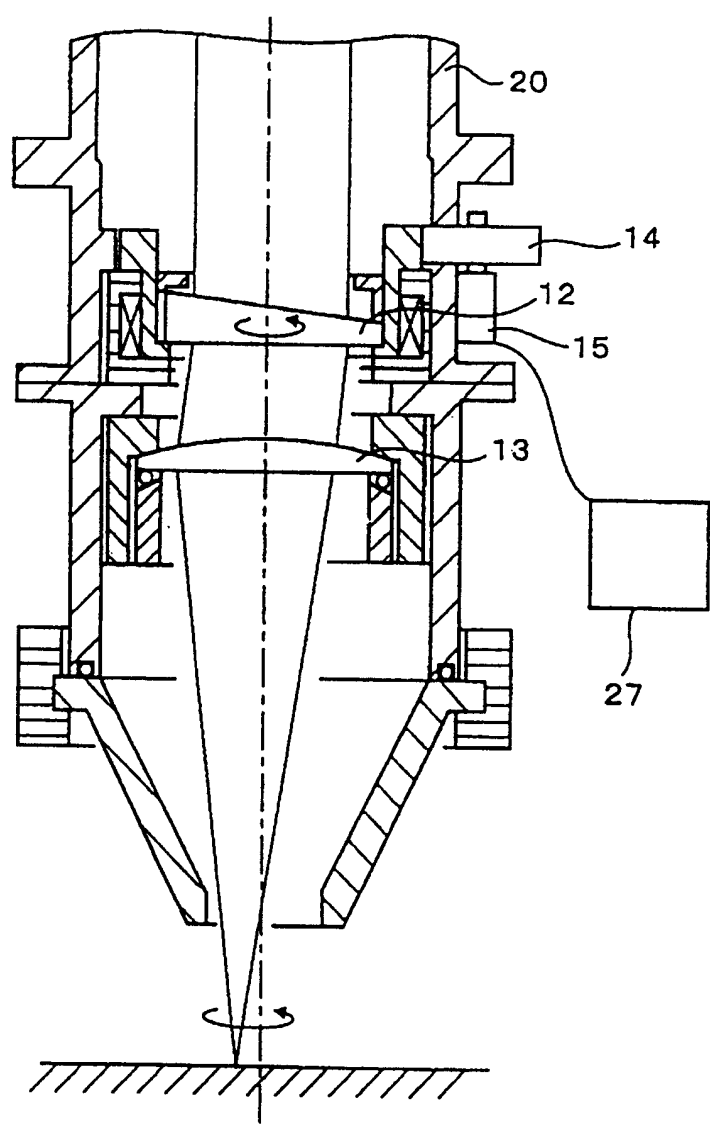


图6

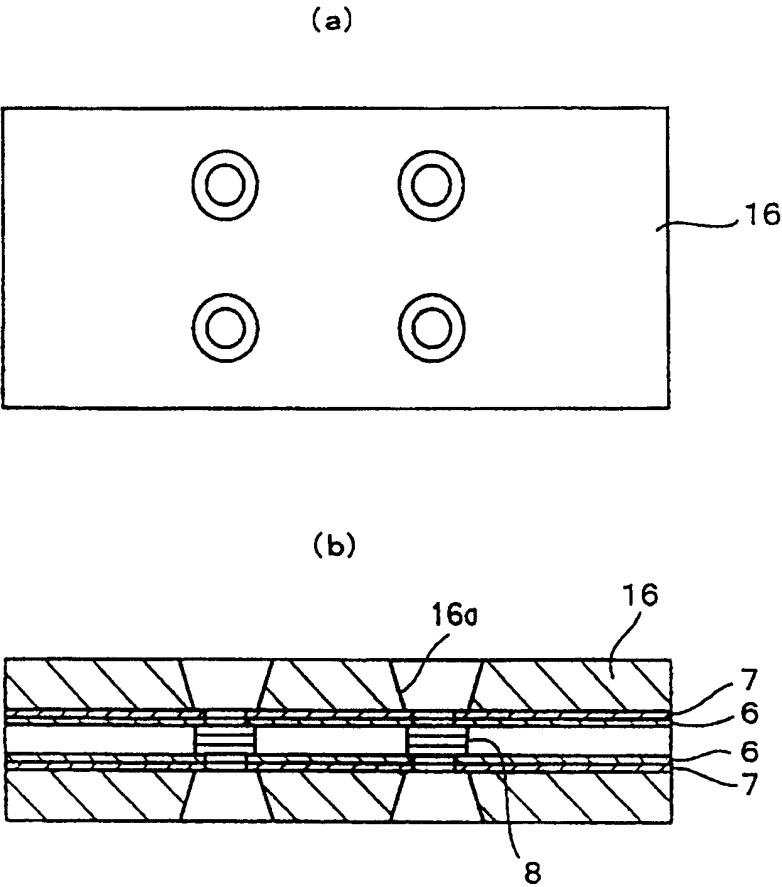


图7

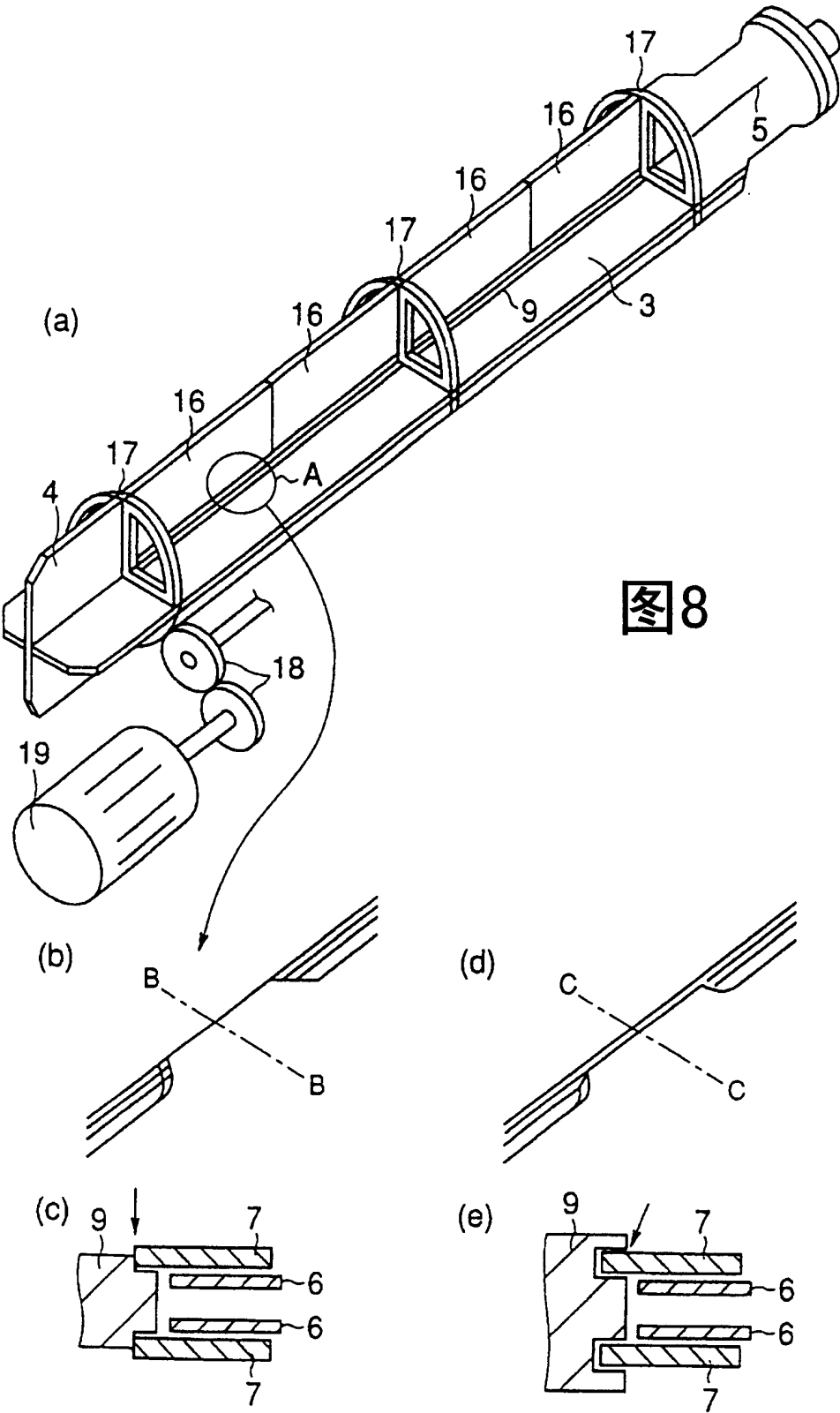


图8

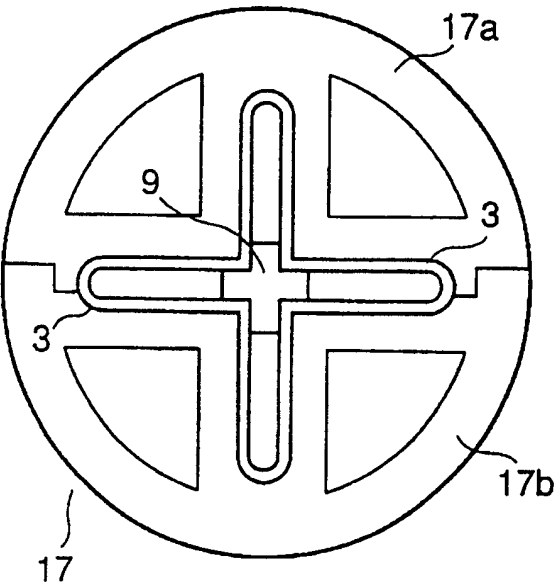


图9

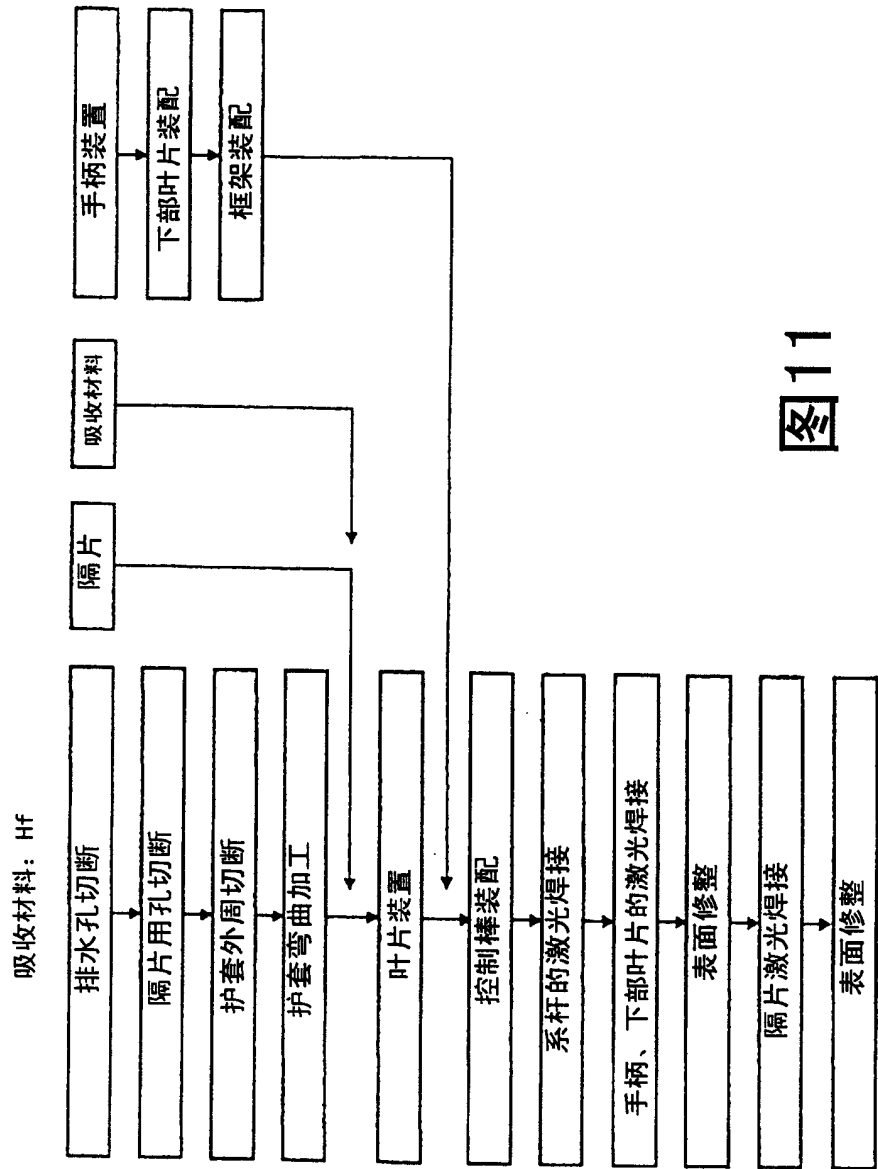


图11

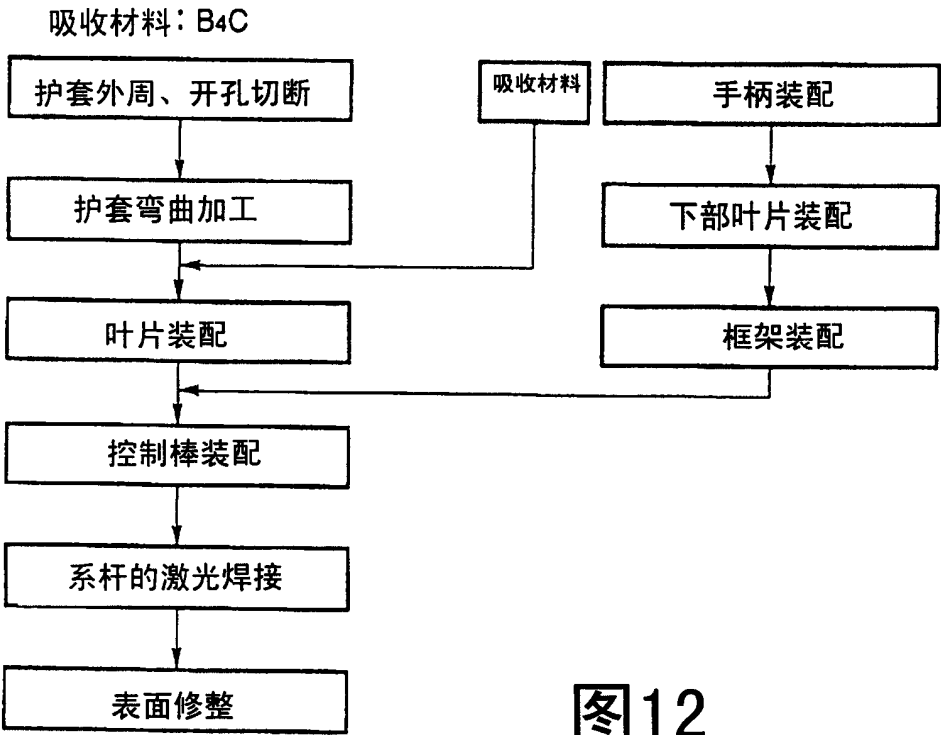


图12

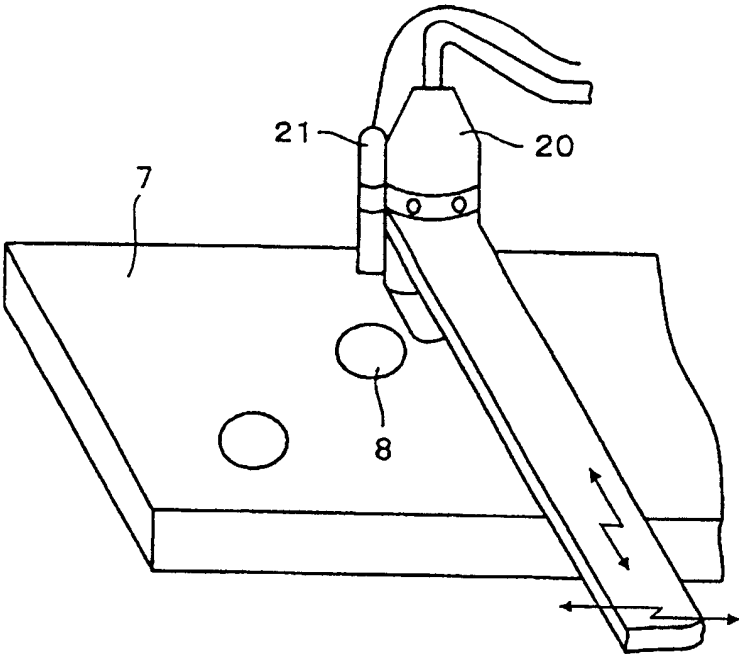


图13

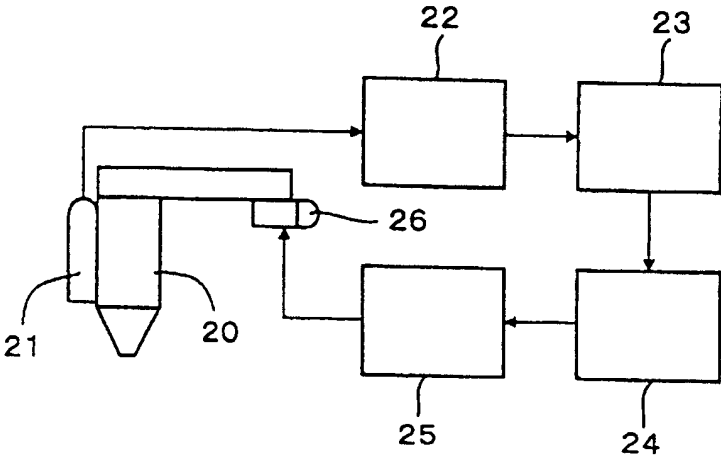


图14

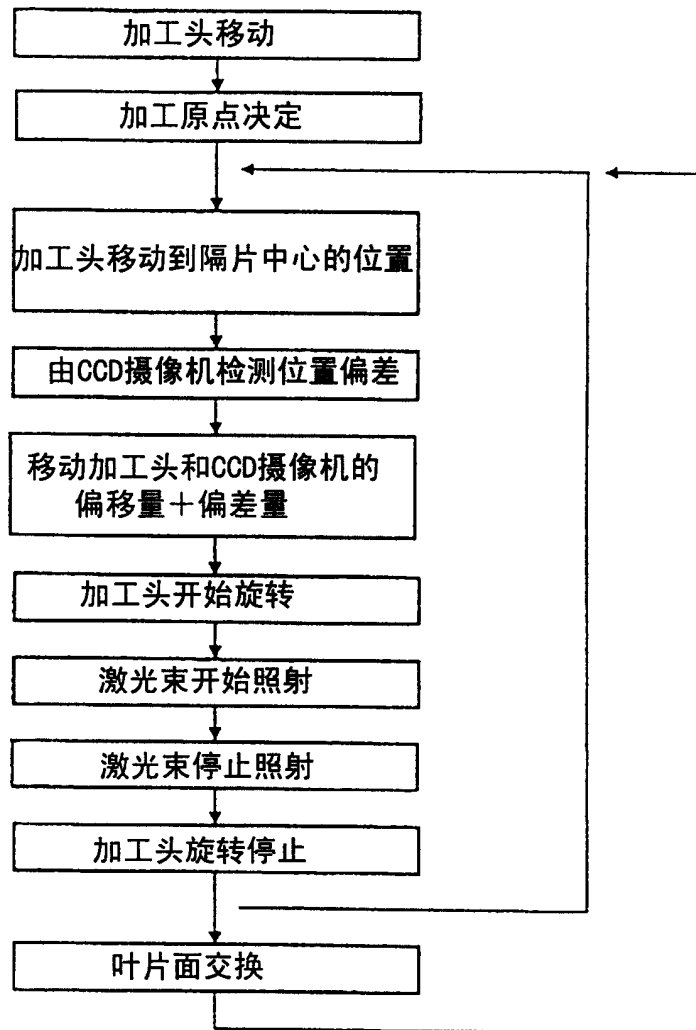


图15

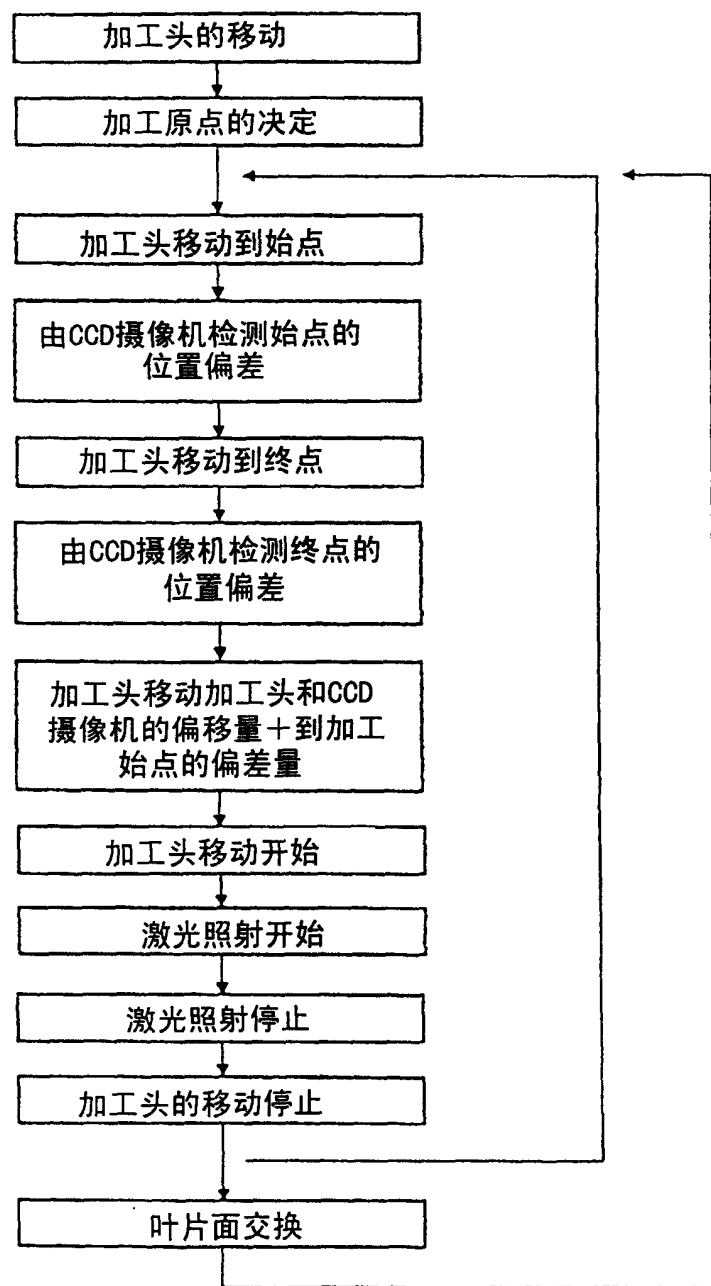


图16

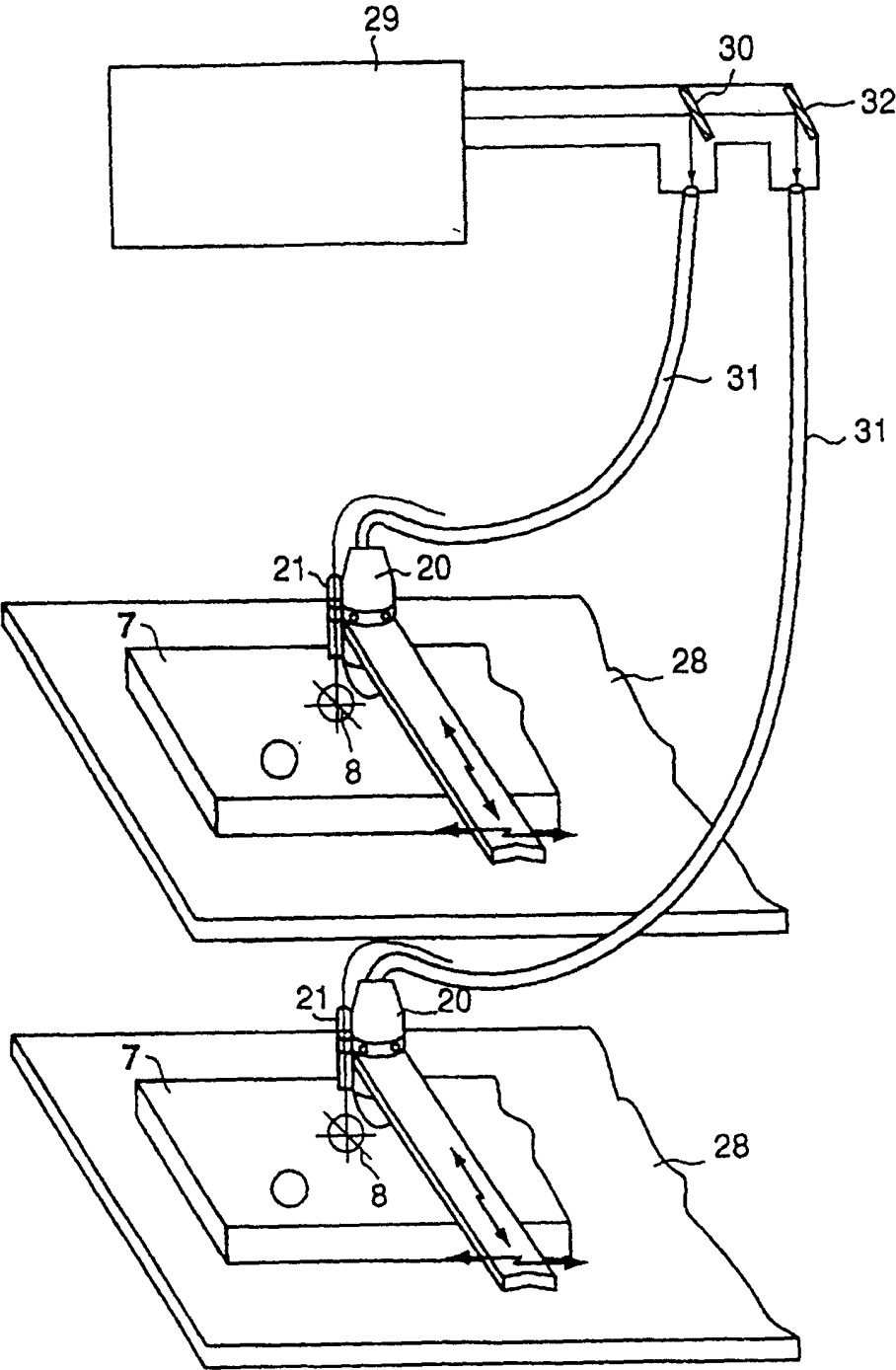


图17

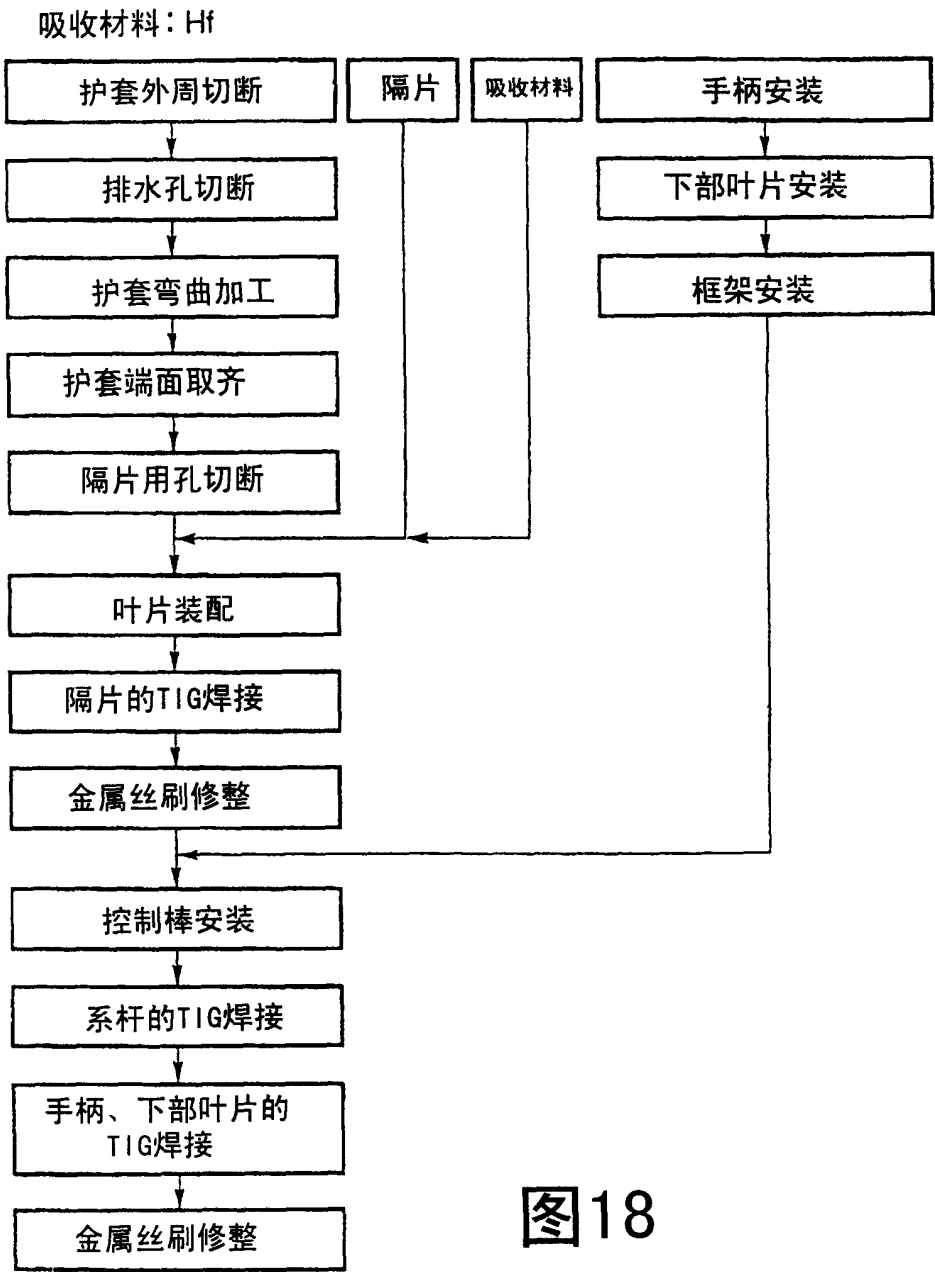


图18

焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	焊接速度 (cm/min)
30~100	7~11	3~15

图19

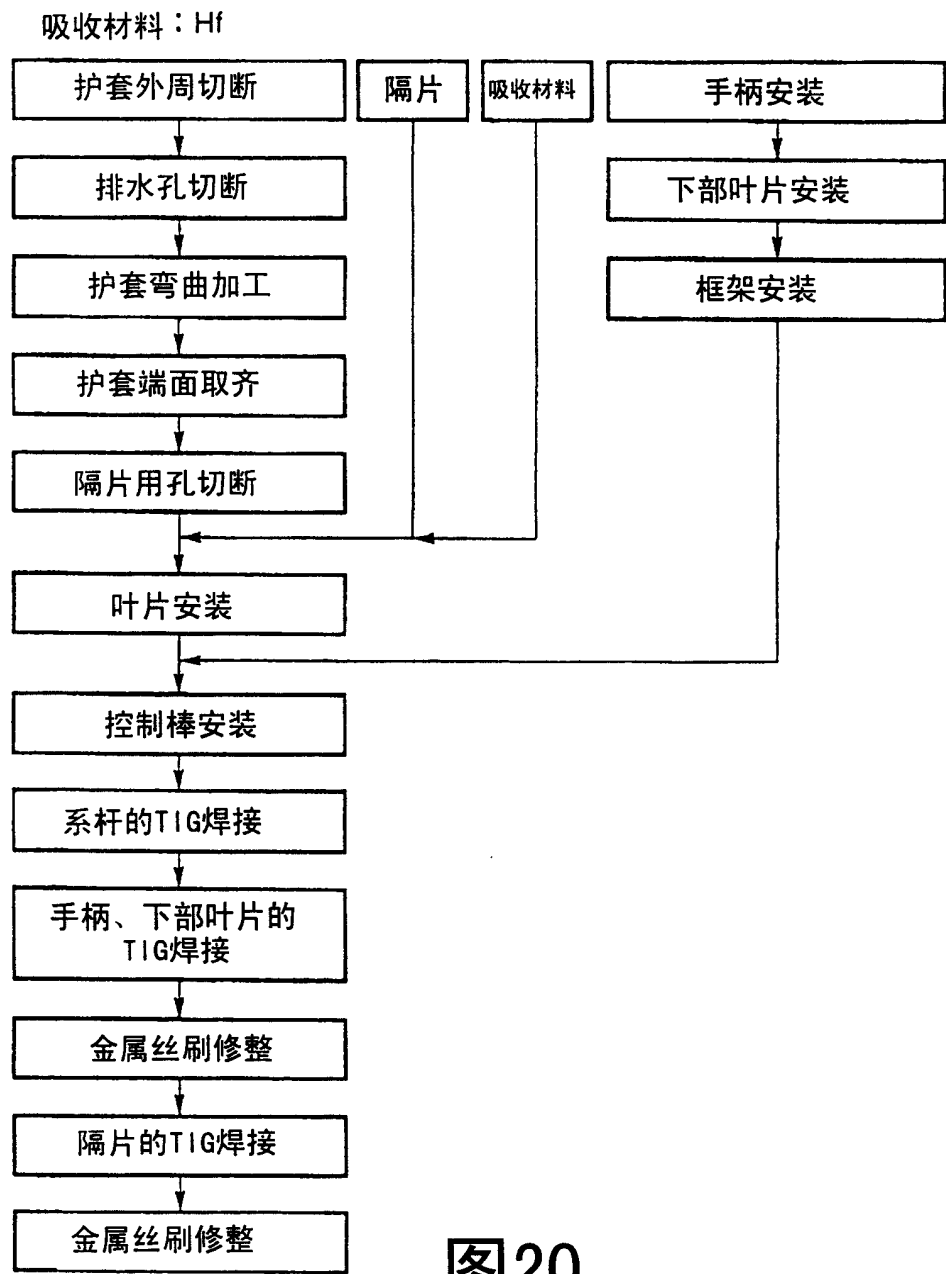


图20

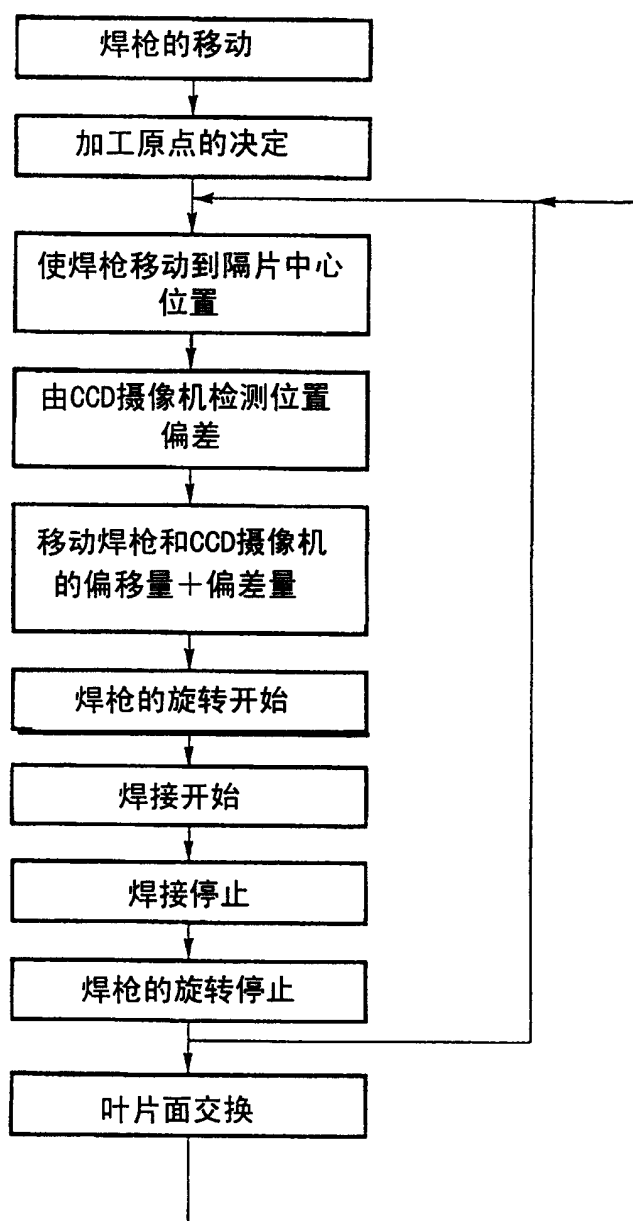


图21

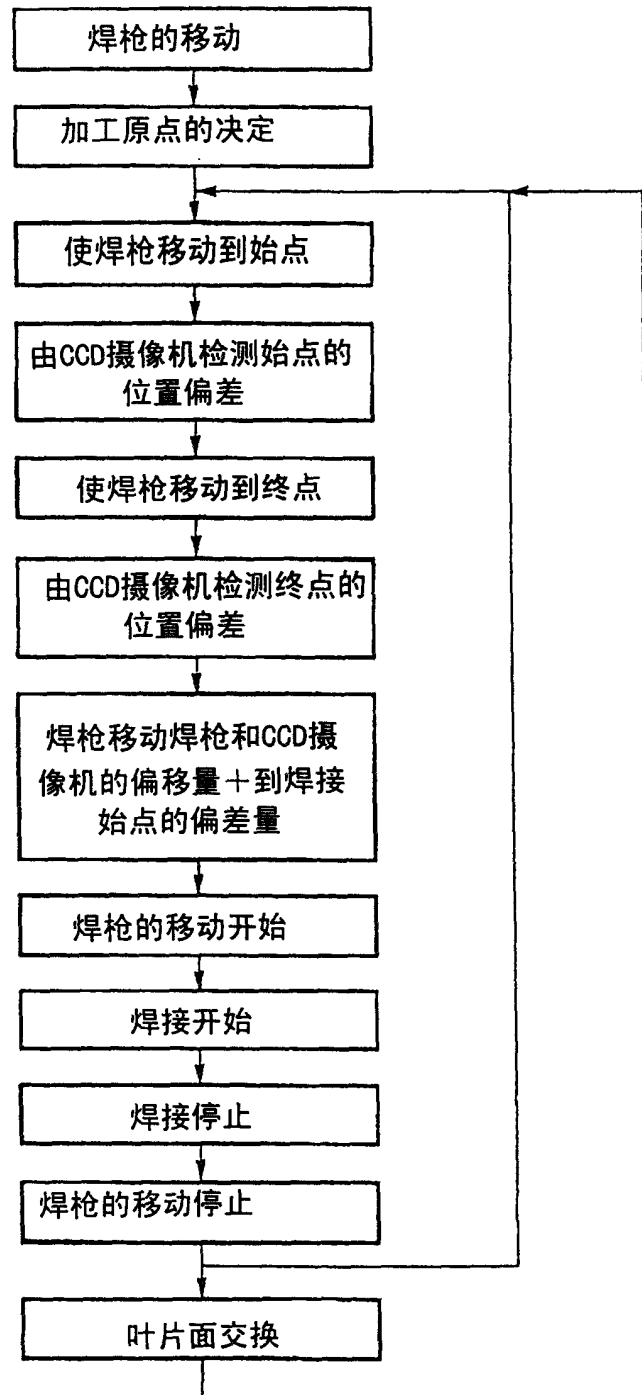


图22

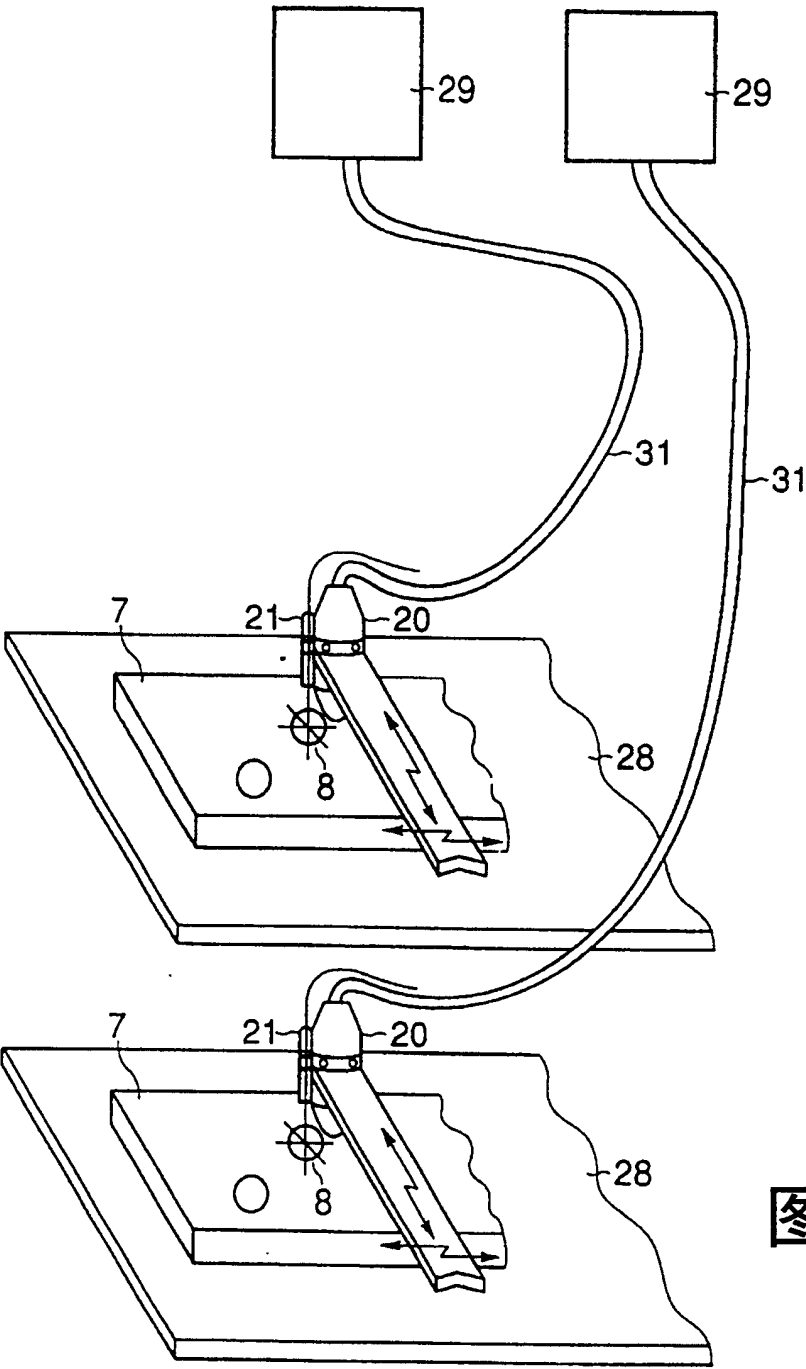


图23

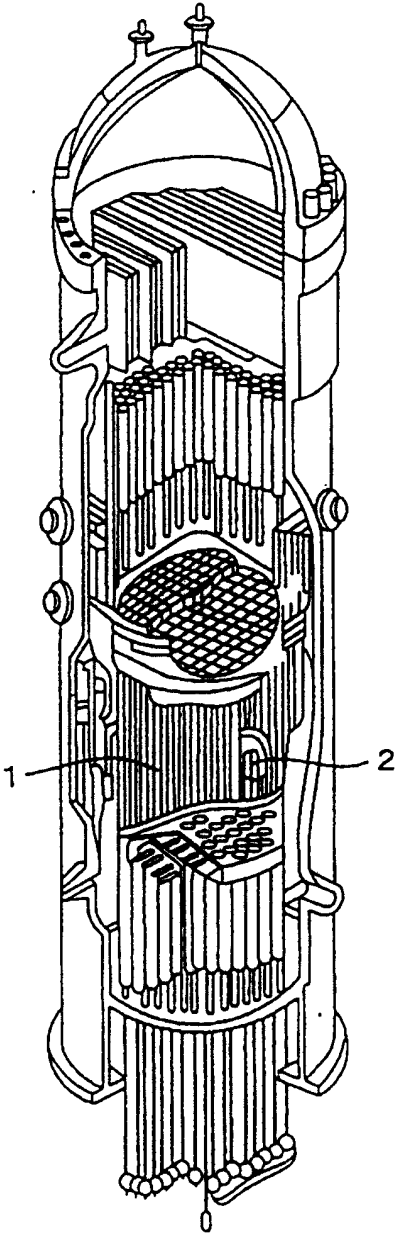


图24

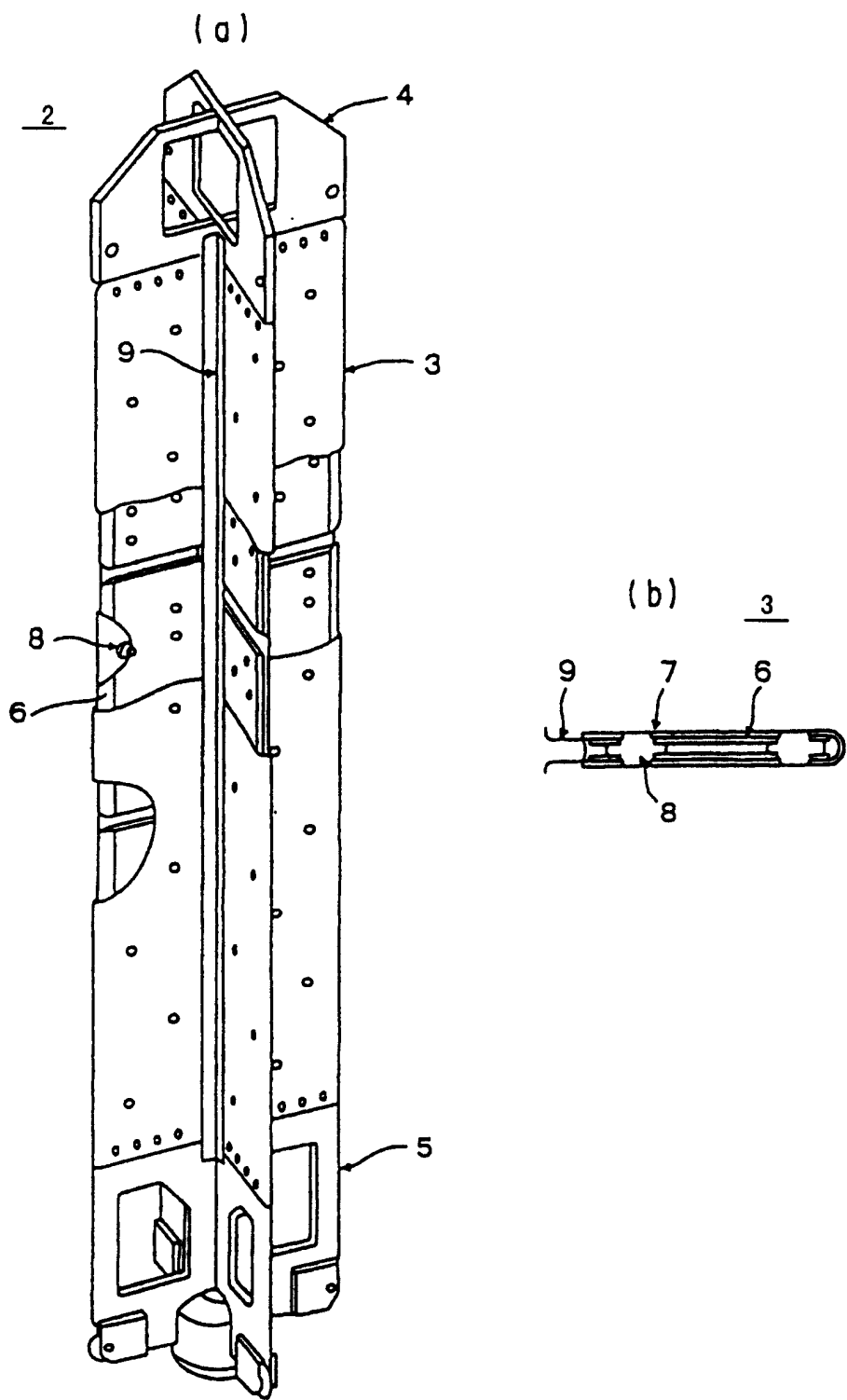


图25

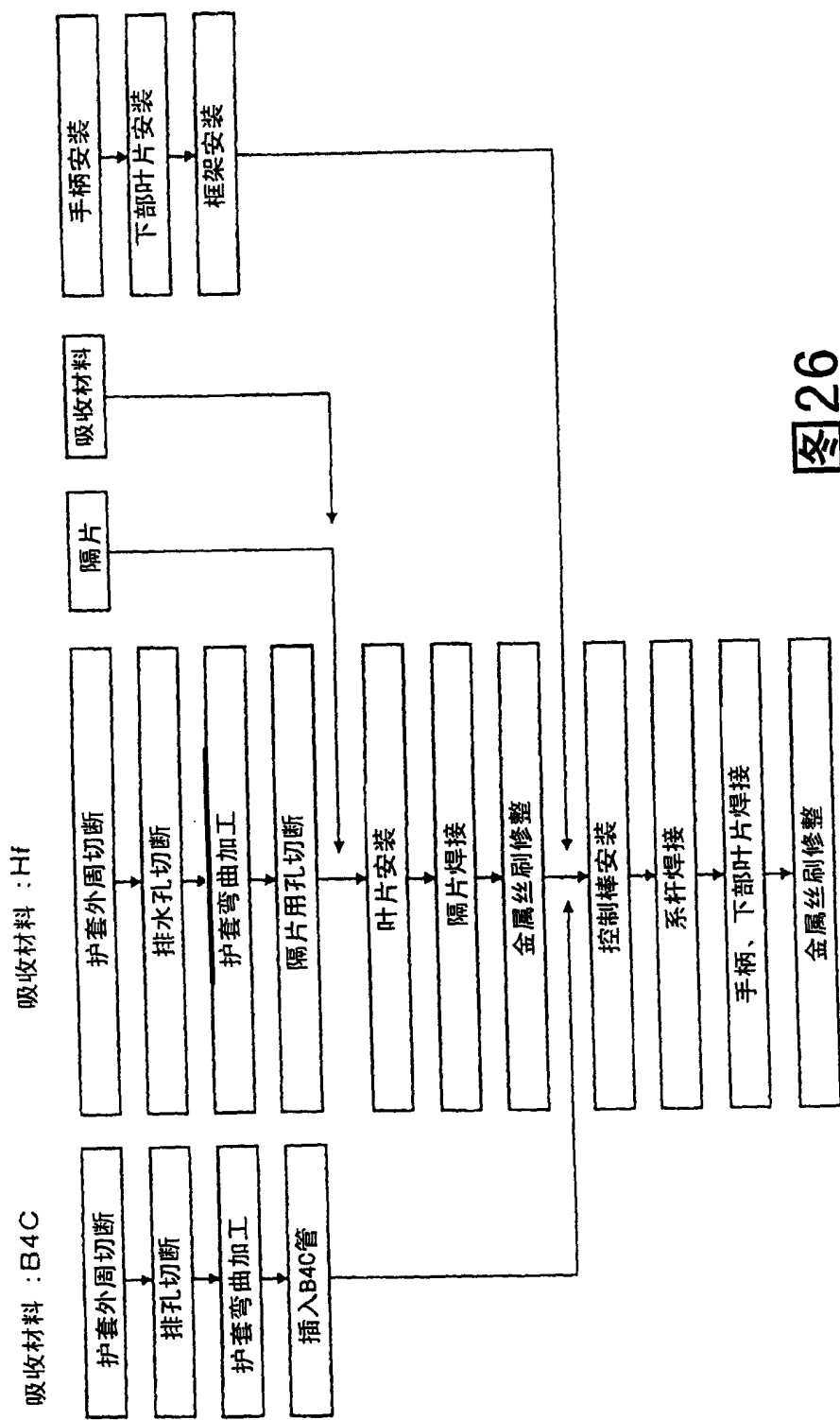


图26