



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104227235 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201410259248. X

(22) 申请日 2014. 06. 12

(30) 优先权数据

2013-125923 2013. 06. 14 JP

(71) 申请人 日立汽车系统株式会社

地址 日本茨城县

(72) 发明人 张旭东 小林信章 茂木康广

矢出典洋

(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 11038

代理人 吕林红

(51) Int. Cl.

B23K 26/21 (2014. 01)

B23K 26/14 (2014. 01)

F02M 61/18 (2006. 01)

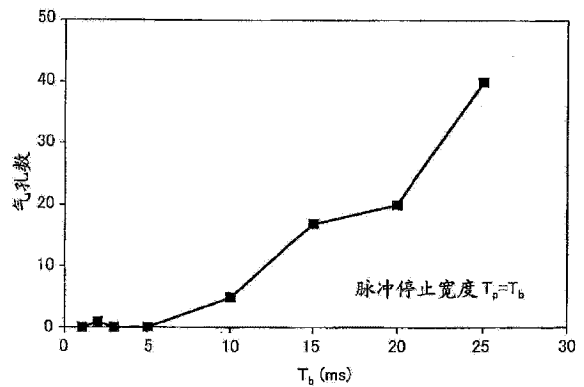
权利要求书1页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

激光焊接方法、焊接构件以及燃料喷射阀

(57) 摘要

本发明提供一种激光焊接方法、焊接构件以及燃料喷射阀,其在熔焊深度较浅、并且要求连续焊接部的深熔焊型(小孔型)激光焊接中抑制气孔。在该激光焊接方法中,对被焊接部件照射周期性地改变激光输出功率的激光,并通过深熔焊型激光焊接进行焊接,使激光照射时间(T_p)为小孔达到所要求的熔焊深度为止的形成时间,使激光停止时间(T_b)为比所述小孔的中间部闭合为止的时间短的时间。



1. 一种激光焊接方法,其特征在于,
在该激光焊接方法中,对被焊接部件照射周期性地改变激光输出功率的脉冲激光,并通过深熔焊型激光焊接进行焊接,
使激光照射时间为小孔达到所要求的熔焊深度为止的形成时间,
使激光停止时间为比所述小孔的中间部闭合为止的时间短的时间。
2. 根据权利要求 1 所述的激光焊接方法,其特征在于,
使所述脉冲激光的脉冲频率为 100Hz 以上。
3. 一种焊接构件,其特征在于,该焊接构件包括:
第 1 被焊接部件;
第 2 被焊接部件;以及
焊道,使所述第 1 被焊接部件与所述第 2 被焊接部件搭接,自所述第 1 被焊接部件的一侧照射周期性地改变激光输出功率的脉冲激光并通过深熔焊型激光焊接而形成该焊道;
所述脉冲激光,使激光照射时间为小孔达到所要求的熔焊深度为止的形成时间,
使激光停止时间为比所述小孔的中间部闭合为止的时间短的时间。
4. 根据权利要求 3 所述的焊接构件,其特征在于,
使所述脉冲激光的脉冲频率为 100Hz 以上。
5. 一种燃料喷射阀,其特征在于,该燃料喷射阀包括:
喷嘴板,其设有用于喷射燃料的喷射孔;
喷嘴主体;以及
焊道,使所述喷嘴板与所述喷嘴主体搭接,自所述喷嘴板的一侧照射周期性地改变激光输出功率的脉冲激光并通过深熔焊型激光焊接而形成该焊道;
所述脉冲激光,使激光照射时间为小孔达到所要求的熔焊深度为止的形成时间,
使激光停止时间为比所述小孔的中间部闭合为止的时间短的时间。
6. 根据权利要求 5 所述的燃料喷射阀,其特征在于,
使所述脉冲激光的脉冲频率为 100Hz 以上。
7. 根据权利要求 5 所述的燃料喷射阀,其特征在于,
所述焊道通过连续的环形焊接而构成。
8. 根据权利要求 5 所述的燃料喷射阀,其特征在于,
所述喷嘴板采用镍材或者将镍材与其他金属复合而成的复合原材料。

激光焊接方法、焊接构件以及燃料喷射阀

技术领域

[0001] 本发明涉及对被焊接部件进行激光焊接的激光焊接方法、焊接构件以及燃料喷射阀。

背景技术

[0002] 激光焊接因成为热源的激光的能量密度较高而可获得低应变、高速度、高精度的焊接接头,所以在各方面中进行使用。在汽车领域中,将多个被焊接部件搭叠焊接到不锈钢、碳钢等的铁钢材料、铝合金、镍合金等的金属材料。

[0003] 例如,燃料喷射阀的喷射喷嘴(焊接构件)通过将具有燃料喷射孔的喷嘴板(被焊接部件)和提供燃料路径的喷嘴主体(被焊接部件)焊接而制造。对喷嘴板与喷嘴主体之间的焊接要求低应变、高精度,另外,希望焊接速度为高速,因此使用了激光焊接。激光焊接的方法包括热传导型激光焊接和深熔焊型(小孔型)激光焊接这两种方法。

[0004] 热传导型激光焊接是如下方法:通过向被焊接部件的表面照射激光,用被焊接部件吸收所照射的激光并使激光转换为热量,使热能热传导至材料内部而熔融被焊接部件,从而对被焊接部件进行焊接。该焊接方法是焊道的表面宽度比焊道的熔焊深度大的类型的焊接,容易形成熔焊深度较浅、表面宽度较宽的焊道。因此,在要求熔焊深度较深、表面宽度较窄、焊接变形较小的焊接的情况下,不能应用热传导型激光焊接。

[0005] 另一方面,深熔焊型(小孔型)激光焊接是如下方法:若向被焊接部件的表面照射的激光的功率密度(每个单位面积的激光输出功率)达到 $106\text{W}/\text{cm}^2$ 以上,则由金属材料构成的被焊接部件的金属表面的温度达到金属的沸点以上,产生等离子体,并且金属蒸气自激光的照射点激烈飞溅,该金属蒸气的反作用力导致熔融金属面凹陷。然后,激光在凹陷(小孔)之中反复进行反射并且入射,形成较深且较细的小孔,从而对被焊接部件进行焊接。该焊接方法相比于热传导型激光焊接能够加深焊道的熔焊深度。另外,该焊接方法能够使焊道的熔焊深度成为焊道的表面宽度的几倍以上。

[0006] 现状下,燃料喷射阀的喷嘴板使用薄板的不锈钢的轧制材料作为喷嘴板材料使用,喷嘴主体与喷嘴板的激光焊接应用了热传导型激光焊接工序。

[0007] 另外,为了实现燃料喷射、生产效率的提高,开发有使用电铸法下的含 Ni 的材质并能够实现燃料微粒化、提高喷射性能的特殊燃料通路、以及设有喷射孔的厚板的喷嘴板。这种增加了板厚的喷嘴板与喷嘴主体的焊接需要应用深熔焊型(小孔型)激光焊接。

[0008] 深熔焊型(小孔型)激光焊接因焊接条件的不同而导致小孔不稳定,存在焊接后的焊接部产生气孔这一问题。为了解决这种气孔,公开有使用设定了适当的脉冲宽度或者频率的脉冲激光使小孔稳定、从而抑制气孔的激光焊接方法。

[0009] 例如,在专利文献 1(日本特开 2001-205464 号公报)中公开了一种激光焊接方法:对于激光的脉冲宽度的设定,在小孔变得不稳定而气孔急剧增加之前取消激光的照射,使小孔保持稳定地闭合,从而防止气孔的生成。

[0010] 另外,在专利文献 2(日本特开 2002-224867 号公报)中公开了如下特征的激光

焊接方法：以使激光输出功率以与金属熔融池的固有频率一致的频率周期性地变动的方式进行焊接。

[0011] 【现有技术文献】

[0012] 【专利文献】

[0013] 专利文献 1：日本特开 2001 - 205464 号公报

[0014] 专利文献 2：日本特开 2002 - 224867 号公报

发明内容

[0015] 发明要解决的课题

[0016] 然而，在专利文献 1 所公开的激光焊接方法中，虽然对脉冲宽度（激光照射时间）的设定进行公开了，但是对于停止激光的照射之后的时间（激光停止时间）的设定方法未进行公开。若延长激光停止时间，则焊道将变得间断，不能应用于要求连续的焊道的情况。另外，若缩短激光停止时间，则将产生与连续波的激光焊接相同的小孔的变动，气孔的抑制效果消失。

[0017] 另外，专利文献 2 所记载的焊接方法是在激光输出功率为几 kW 以上、熔焊深度为几 mm ~ 几十 mm 的情况下得到的结果。但是未公开有能够与燃料喷射阀这种熔焊深度最大仅为 1mm 左右的激光焊接相对应的脉冲的频率。

[0018] 因此，本发明的课题在于提供一种在熔焊深度较浅（例如小于 1mm）并且要求连续焊接部的深熔焊型（小孔型）激光焊接中抑制气孔的激光焊接方法、焊接构件以及燃料喷射阀。

[0019] 解决课题的技术方案

[0020] 为了解决这样的课题，本发明的激光焊接方法的特征在于，在该激光焊接方法中，对被焊接部件照射周期性地改变激光输出功率的脉冲激光，并通过深熔焊型激光焊接进行焊接，使激光照射时间为小孔达到所要求的熔焊深度为止的形成时间，使激光停止时间为比所述小孔的中间部闭合为止的时间短的时间。

[0021] 另外，本发明的焊接构件的特征在于，该焊接构件包括：第 1 被焊接部件；第 2 被焊接部件；以及焊道，其通过如下方式形成，使所述喷嘴板与所述喷嘴主体搭接，自所述喷嘴板的一侧照射周期性地改变激光输出功率的脉冲激光并通过深熔焊型激光焊接；所述脉冲激光，使激光照射时间为小孔达到所要求的熔焊深度为止的形成时间，使激光停止时间为比所述小孔的中间部闭合为止的时间短的时间。

[0022] 另外，本发明的燃料喷射阀的特征在于，该燃料喷射阀包括：喷嘴板，其设有用于喷射燃料的喷射孔；喷嘴主体；以及焊道，其通过如下方式形成，使所述喷嘴板与所述喷嘴主体搭接，自所述喷嘴板的一侧照射周期性地改变激光输出功率的脉冲激光并通过深熔焊型激光焊接；所述脉冲激光，使激光照射时间为小孔达到所要求的熔焊深度为止的形成时间，使激光停止时间为比所述小孔的中间部闭合为止的时间短的时间。

[0023] 发明效果

[0024] 根据本发明，能够提供在熔焊深度、并且要求连续焊接部的深熔焊型（小孔型）激光焊接中抑制气孔的激光焊接方法、焊接构件以及燃料喷射阀。

附图说明

[0025] 图 1 的 (a) 是本实施方式的焊接构件的纵剖视图, (b) 是本实施方式的焊接构件的自顶端侧观察的俯视图。

[0026] 图 2 是表示本实施方式的焊接构件的深熔焊型激光焊接所使用的激光输出功率波形的图。

[0027] 图 3 是表示本实施方式中的激光照射开始后 0.1ms 时刻的小孔的生成机构的剖面示意图。

[0028] 图 4 是表示本实施方式中的激光照射开始后 2.0ms 时刻的小孔与熔融池的状态的剖面示意图。

[0029] 图 5 是表示本实施方式中的激光照射开始后 5.0ms 时刻的小孔与熔融池的状态的剖面示意图。

[0030] 图 6 是表示本实施方式中的激光照射停止后 5.0ms 时刻的小孔与熔融池的状态的剖面示意图。

[0031] 图 7 是表示本实施方式中的焊道的状态的剖面示意图。

[0032] 图 8 是表示比较例 1 中的激光照射开始后 10.0ms 时刻的小孔与熔融池的状态的剖面示意图。

[0033] 图 9 是表示比较例 1 中的焊道的状态的剖面示意图。

[0034] 图 10 是表示比较例 2 中的激光照射停止后 10.0ms 时刻的小孔与熔融池的状态的剖面示意图。

[0035] 图 11 是表示激光停止时间和在焊道内产生的气孔数之间的关系的图表。

具体实施方式

[0036] 以下,适当地参照附图并且详细地说明用于实施本发明的方式(以下称作“实施方式”)。此外,在各图中,对共同的部分标注相同的附图标记并省略重复的说明。

[0037] 《燃料喷射阀的喷射喷嘴(焊接构件)F》

[0038] 使用图 1 对本实施方式的焊接构件 F 进行说明。此外,本实施方式的焊接构件 F 例如是汽车的内燃机所使用的燃料喷射阀(也称作注射器)的喷射喷嘴 F。以下,说明本实施方式的焊接构件 F 为燃料喷射阀的喷射喷嘴 F 的情况。图 1 的 (a) 是本实施方式的焊接构件 F 的纵剖视图,图 1 的 (b) 是本实施方式的焊接构件 F 自顶端侧观察的俯视图。此外,图 1 的 (a) 是沿图 1 的 (b) 的 A—A 线剖切的纵剖视图,图 1 的 (b) 是沿图 1 的 (a) 的箭头 B 方向观察焊接构件 F 的俯视图。

[0039] 如图 1 的 (a) 所示,燃料喷射阀的喷射喷嘴(焊接构件)F 是通过对喷嘴板(被焊接部件)1 与喷嘴主体(被焊接部件)2 进行深熔焊型(小孔型)激光焊接而形成焊道 3、然后用搭叠接头(搭叠焊接接头)接合的焊接构件。此外,在图 1 中仅示出了燃料喷射阀的顶端部的喷射喷嘴 F,省略了利用作为燃料喷射阀的其他构成部分的针(阀体)、柱塞、螺线管等公知的技术构成的说明。

[0040] <喷嘴板 1、喷嘴主体 2>

[0041] 喷嘴板 1 是通过电镀法制造的、利用含镍量 50% 以上的金属材料形成为圆板形状且板厚 t 为例如 0.50mm 的薄板材料。喷嘴主体 2 利用马氏体类不锈钢等的钢铁材料形成

为大致筒状。

[0042] 如图 1 的 (a) 所示,形成为大致筒状的喷嘴主体 2 在其内部的连通路具有供针(阀体)抵接的阀座 21,并在顶端中心部形成有与后述的喷嘴板 1 的中央室 11 连通的连通孔 22。

[0043] 如图 1 的 (a) 所示,在喷嘴板 1 的背面(与喷嘴主体 2 接触的一侧的面)设有凹部,通过使喷嘴板 1 与喷嘴主体 2 接合,形成中央室 11、连通路 12(参照图 1 的 (b))以及涡旋室(回旋室)13。另外,形成有自涡旋室 13 与喷嘴板 1 的表面(和与喷嘴主体 2 接触的一侧相反的一侧的面)连通的喷射孔 14。中央室 11 形成于与喷嘴主体 2 的连通孔 22 对应的位置。如图 1 的 (b) 所示,连通路 12 形成为自中央室 11 沿喷嘴板 1 的径向延伸,并与涡旋室 13 连通。涡旋室 13 形成有四个,在各涡旋室 13 的中心形成有用于喷射燃料的喷射孔 14。

[0044] 从喷射喷嘴(焊接构件)F 喷射的燃料自喷嘴主体 2 的连通孔 22 流入喷嘴板 1 的中央室 11,然后经由四个连通路 12 流入涡旋室 13。然后,自连通路 12 流入涡旋室 13 的在燃料涡旋室 13 的内部回旋,并自位于涡旋室 13 的中心的喷射孔 14 喷射。此外,在图 1 的 (a) 中,燃料自喷射孔 14 向纸面的上方喷射。

[0045] 此外,在图 1 中,说明了喷射喷嘴(焊接构件)F 在喷嘴板 1 上形成有四个喷射孔 14 的情况,但并不限于此,既可以是三个以下,也可以是五个以上。另外,说明了针对一个涡旋室 13 形成有一个喷射孔 14 的情况,但并不限于此,也可以针对一个涡旋室 13 形成两个以上的喷射孔 14。另外,也可以在中央室 11 中形成有喷射孔 14。另外,喷射孔 14 的形状并不限于圆形,也可以适当地改变成椭圆形、多边形、长孔形状、圆弧形等。另外,对于喷射孔 14 的位置、直径也能够适当地改变。

[0046] <焊道 3>

[0047] 燃料喷射阀的喷射喷嘴(焊接构件)F 通过使喷嘴板 1 与喷嘴主体 2 搭接,然后自该搭接面的喷嘴板 1 的表面(和与喷嘴主体 2 接触的一侧相反的一侧的面)侧照射激光 5(参照后述的图 3 等)而形成金属材料熔融后的熔融池 3a(参照后述的图 4 等),从而形成深熔焊型(小孔型)激光焊接焊道 3,利用搭接接头(搭接焊接接头)将喷嘴板 1 与喷嘴主体 2 之间接合。另外,如图 1 的 (b) 所示,焊道 3 沿喷嘴板 1 的周缘部(包围中央室 11、连通路 12、涡旋室 13 的范围)被环形焊接(整周焊接)。通过如此环形焊接,将喷嘴板 1 与喷嘴主体 2 之间的交界面 4 的缝隙密封,从而能够可靠地防止燃料自交界面 4 漏出。

[0048] 在该深熔焊型(小孔型)激光焊接中,例如能够使用波长为 1070nm~1080nm 的光纤激光,但是也可以使用其他波长的激光 5(参照后述的图 3 等)。另外,自未图示的激光发送器产生激光,使激光经由传送路径并用聚光透镜(未图示)聚光,将激光 5(参照后述的图 3 等)照射到喷嘴板 1 的表面。

[0049] 另外,作为保护气体,为了防止熔融金属的氧化,使用 Ar(氩气)使用。此外,作为保护气体并不限于 Ar(氩气),也可以使用氮气、He(氦气)或者它们的混合气体。

[0050] 图 2 是表示本实施方式的焊接构件 F 的深熔焊型(小孔型)激光焊接所使用的激光输出功率波形的图。

[0051] 作为焊接条件,例如能够适当地设定为,使图 2 所示的脉冲波形的激光最大输出功率为 100W~600W,使脉冲宽度(激光照射时间) T_p 为 5ms 以下,使脉冲与脉冲的间隔即

脉冲停止宽度（激光停止时间） T_b 为 5ms 以下，使焊接速度为 4.0mm/s ~ 100mm/s，使照射到喷嘴板 1 的表面的激光的光斑直径为 0.05mm ~ 0.3mm。

[0052] （本实施方式的脉冲波形控制）

[0053] 接下来，使用图 3 ~ 图 6 说明小孔 6 的形成以及消失。此外，在本实施方式中，以在使脉冲宽度 T_p 为 5ms、使脉冲停止宽度 T_b 为 5ms 的条件下进行焊接的情况为例，说明自激光脉冲照射开始至马上进行下一次脉冲照射之前的小孔 6 的行为。图 3 是表示本实施方式中的激光照射开始后 0.1ms 时刻的小孔的生成机构的剖面示意图。图 4 是表示本实施方式中的激光照射开始后 2.0ms 时刻的小孔 6 与熔融池 3a 的状态的剖面示意图。图 5 是表示本实施方式中的激光照射开始后 5.0ms 时刻的小孔 6 与熔融池 3a 的状态的剖面示意图。图 6 是表示本实施方式中的激光照射停止后 5.0ms 时刻的小孔 6 与熔融池 3a 的状态的剖面示意图。此外，图 3 ~ 图 6（以及后述的图 7 ~ 图 10）表示剖视图，为了便于说明，省略了阴影的图示。

[0054] 如图 3 所示，通过使照射到喷嘴板 1 的表面的激光 5 的功率密度（每个单位面积的激光输出功率）达到例如 $10^6\text{W}/\text{cm}^2$ 以上，使喷嘴板 1 以及喷嘴主体 2 的金属表面的温度达到金属的沸点以上，产生等离子体的同时金属蒸气 7 自激光 5 的照射点激烈地飞溅，利用该金属蒸气 7 的反作用力在熔融金属面上形成凹陷 6a。

[0055] 之后，伴随着激光照射时间的增加，金属蒸气 7 的产生量增加。另外，激光 5 在小孔 6 与熔融池 3a 的交界面（小孔 6 的壁）反复进行反射并且照射到小孔 6 的内部。结果，例如如图 4 所示，直到激光照射开始后 2.0ms 为止，小孔 6 逐渐变深，同时在小孔 6 的周边形成熔融池 3a，熔融池 3a 的体积逐渐增加。

[0056] 然后，如图 5 所示，若激光照射时间达到 5ms，则小孔 6 达到最深部，小孔 6 的形状也相对稳定。在该情况下，小孔 6 内的金属蒸气 7 的压力将小孔 6 维持为恒定的深度。

[0057] 在图 3 ~ 图 5 所示的小孔 6 产生然后达到最深部的过程中，在金属蒸气 7 自小孔 6 的内部向小孔 6 外飞溅时，处于小孔 6 外的保护气体被卷入小孔 6 的内部。因此，在小孔 6 的内部中不仅含有金属蒸气 7，也含有保护气体。

[0058] 这里，在小孔 6 达到最深部之后，若进一步继续激光 5 的照射，则虽然小孔 6 的深度不太增加，但激光 5 过度照射到小孔 6 的底部的一侧的壁上，将会在与激光移动方向相反的一侧产生凹陷 8（参照后述的图 8）。在熔融金属自这样的状态进行凝固时，卷入凹陷 8 的保护气体直接进入熔融池 3a，并在在凝固之后在焊接金属的内部残留保护气体，成为产生气孔 9（参照后述的图 9）的原因之一。

[0059] 对此，在本实施方式中，通过将脉冲宽度 T_p 设定为 5ms 以下，如图 5 所示，在小孔 6 稳定地到达最深部之后，停止激光 5 的照射。由此，趁着在激光 5 过度照射到小孔 6 的底部的一侧的壁上、在与激光移动方向相反的一侧未产生凹陷 8（参照后述的图 8）时结束小孔 6 的形成阶段，移至闭合小孔 6 的阶段。由此，防止在激光照射过程中产生气孔。

[0060] 然后，在激光照射时间达到 5ms ($T_p = 5.0\text{ms}$) 之后停止激光 5 的照射。这样，在图 6 中示出停止激光照射然后经过 5ms 的情况下的小孔的状态。通过停止激光照射，减少金属蒸气 7 的产生量，因此小孔 6 内的压力急剧减少，小孔 6 将在短时间内闭合。

[0061] 但是，小孔 6 的闭合方法并非自底部到开口部逐渐闭合，而是受熔融池 3a 的熔融金属的影响可能先从小孔 6 的中间部 3b 起闭合。在小孔 6 的中间部先于底部闭合的情况

下,残留在比闭合后的中间部靠下的小孔 6 中的保护气体直接进入熔融金属内,并在凝固过程中成为气孔 9。

[0062] 对此,在本实施方式中,由于使脉冲停止宽度 T_b 为 5ms,因此在小孔 6 的中间部先于底部闭合之前开始接下来的脉冲激光的照射(参照图 2)。由此,防止小孔 6 的中间部先闭合,并防止在激光照射停止过程中产生气孔。

[0063] 以上述那种脉冲波形反复进行激光照射与停止的过程,从而周期性地小孔 6 的形成过程与消失过程的同时使焊接继续进行。结果,得到图 7 所示那种不产生气孔的焊道。

[0064] 图 7 是表示本实施方式中的焊道 3 的状态的剖面示意图。

[0065] 如图 7 所示,通过使用上述脉冲波形的深熔焊型(小孔型)激光焊接,获得具备焊道 3 的搭叠焊接接头。在该搭叠焊接接头中,例如,形成于喷嘴板 1 的表面的焊道 3 的剖面形状的表面宽度为 0.6mm,自喷嘴板 1 的表面至焊道 3 的底部的整体熔焊深度为 0.8mm。另外,如上述那样,喷嘴板 1 的板厚为 0.5mm,自交界线(交界面 4)至焊道的底部的深度为 0.30mm。

[0066] 用显微镜对具有这样的焊道 3(焊道剖面形状)的搭叠焊接接头观察焊接部的组织以及缺陷。结果,在焊接部中未确认到焊接裂纹、气孔,接合不良等的焊接缺陷。

[0067] (比较例 1)

[0068] 接下来,使用图 8 说明比较例 1 中的小孔的状态与气孔的产生。图 8 是表示比较例 1 中的激光照射开始后 10.0ms 时刻的小孔 6 与熔融池 3a 的状态的剖面示意图。即,图 8 所示的比较例 1 是自图 5 所示的激光照射时间达到 5ms 时刻进一步继续激光照射、并使激光照射时间为 10ms(即,脉冲宽度 $T_p = 10.0ms$)的情况。

[0069] 自图 5 所示的小孔 6 已到达最深部的状态起即使继续激光照射,如图 8 所示,小孔 6 的深度也几乎不增加。另一方面,在小孔 6 与熔融池 3a 的交界面(小孔 6 的壁)反射的激光 5 过度照射到小孔 6 的底部的一侧的壁上,在壁面处在金属蒸发时的反作用力下向与激光移动方向相反的一侧产生凹陷 8。卷入这样的小孔 6 的底部的凹陷 8 的保护气体成为气泡而直接进入熔融池 3a,沿图 8 的箭头所示的热流移动到熔融池 3a 中,因此在之后的凝固过程中不能自熔融池 3a 向外脱离,在焊道 3 的内部产生气孔 9。

[0070] 图 9 是表示比较例 1 中的焊道 3 的状态的剖面示意图。

[0071] 图 9 所示的比较例 1 中的焊道 3 的形状与尺寸与图 7 所示的本实施方式中的焊道 3 的形状与尺寸大致相同,但在比较例 1 中的焊道 3 中,在焊接金属内部观察到多个气孔 9。

[0072] (比较例 2)

[0073] 接下来,使用图 10 说明比较例 2 中的小孔的状态与气孔的产生。图 10 是表示比较例 2 中的激光照射停止后 10.0ms 时刻的小孔 6 与熔融池 3a 的状态的剖面示意图。即,图 10 所示的比较例 2 是自图 6 所示的激光停止时间达到 5ms 的时刻起进一步继续激光照射停止、并使激光停止时间为 10ms(即,脉冲停止宽度 $T_b = 10.0ms$)的情况。

[0074] 在激光照射时间达到 5ms 的时刻,小孔 6 已稳定地到达最深部,在于小孔 6 的底部的一侧的壁上形成凹陷 8(参照图 8)之前停止激光照射。但是,由于之后的激光停止时间为 10ms,因此直至小孔 6 的中间部 3b 闭合为止的时间进一步延长,因此在停止激光照射的期间内,小孔 6 的中间部 3b 先于底部闭合。结果,残留在中间部 3b 以下的小孔 6 中的保护

气体直接进入熔融金属内,并在凝固过程中成为气孔 9。

[0075] <总结>

[0076] 图 11 是表示激光停止时间和产生于焊道内的气孔数之间的关系的图表。改变脉冲停止宽度 T_b 并且制作焊接样品,并对制作成的焊接样品进行 X 射线透过检查,测量了焊接部的气孔数量。此外,使脉冲宽度 T_p 与脉冲停止宽度 T_b 相等 ($T_p = T_b$)。

[0077] 如图 11 所示,得知在使脉冲宽度 T_p 与激光停止时间 T_b 为 5ms 以下(脉冲周期 $T (= T_p + T_b)$ 10ms 以下、脉冲频率 100Hz 以上)的情况下,焊接金属部的气孔几乎为零。另一方面,若使脉冲宽度 T_p 与激光停止时间 T_b 大于 5ms,则焊接金属部的气孔数量急剧增加。

[0078] 附图标记的说明

[0079] 1 喷嘴板(被焊接部件);2 喷嘴主体(被焊接部件);3 焊道;3a 熔融池;3b 中间部;4 交界面;5 激光;6 小孔;6a 凹陷;7 金属蒸气;8 凹陷;9 气孔;11 中央室;12 连通路;13 涡旋室(回旋室);14 喷射孔;21 阀座;22 连通孔;F 喷射喷嘴(焊接构件、燃料喷射阀); T_p 脉冲宽度(激光照射时间); T_b 脉冲停止宽度(激光停止时间)。

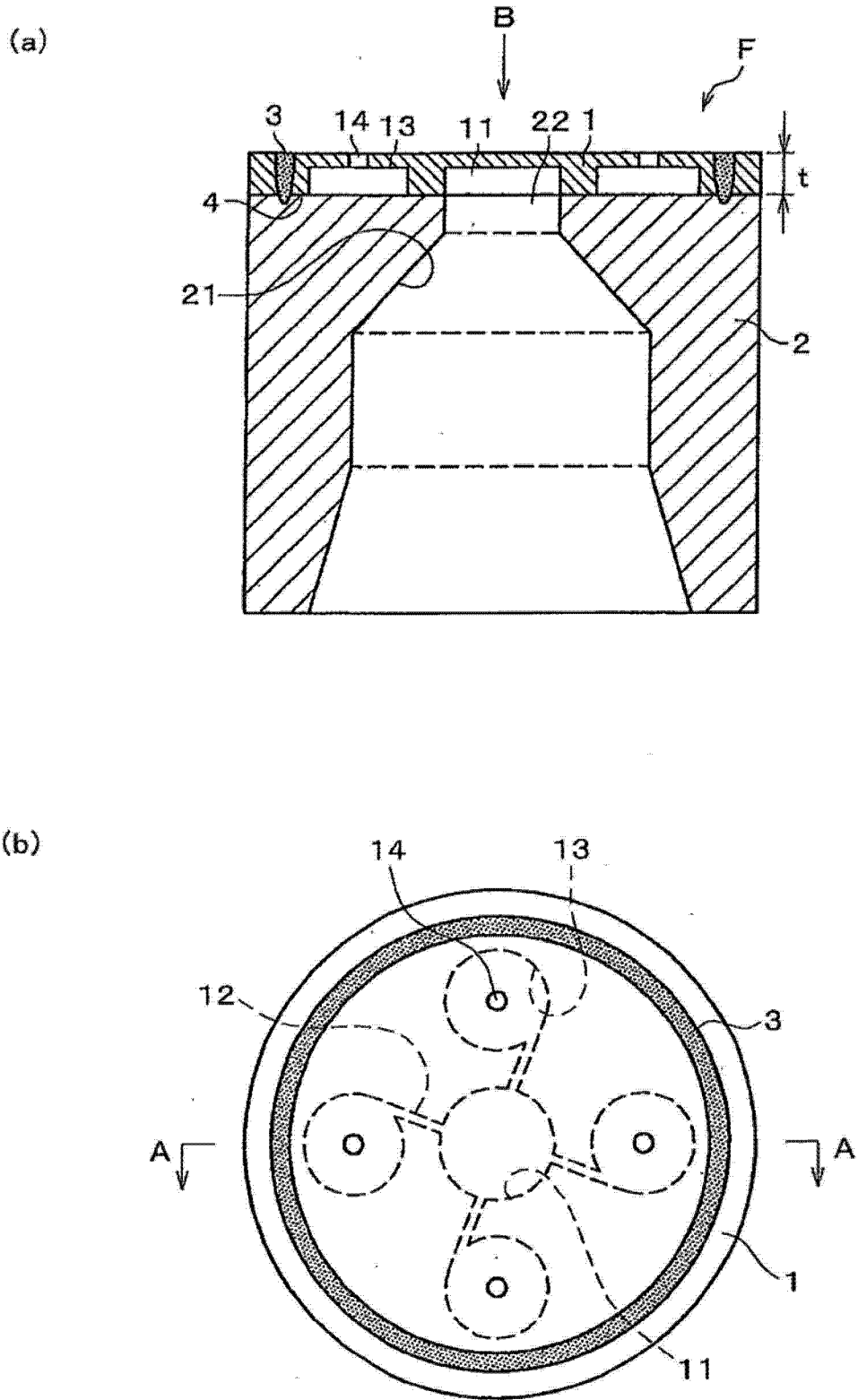


图 1

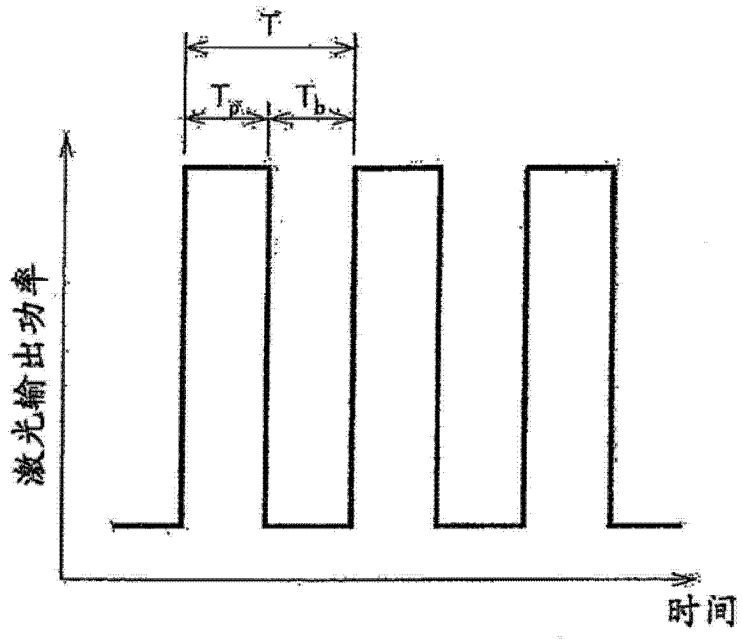


图 2

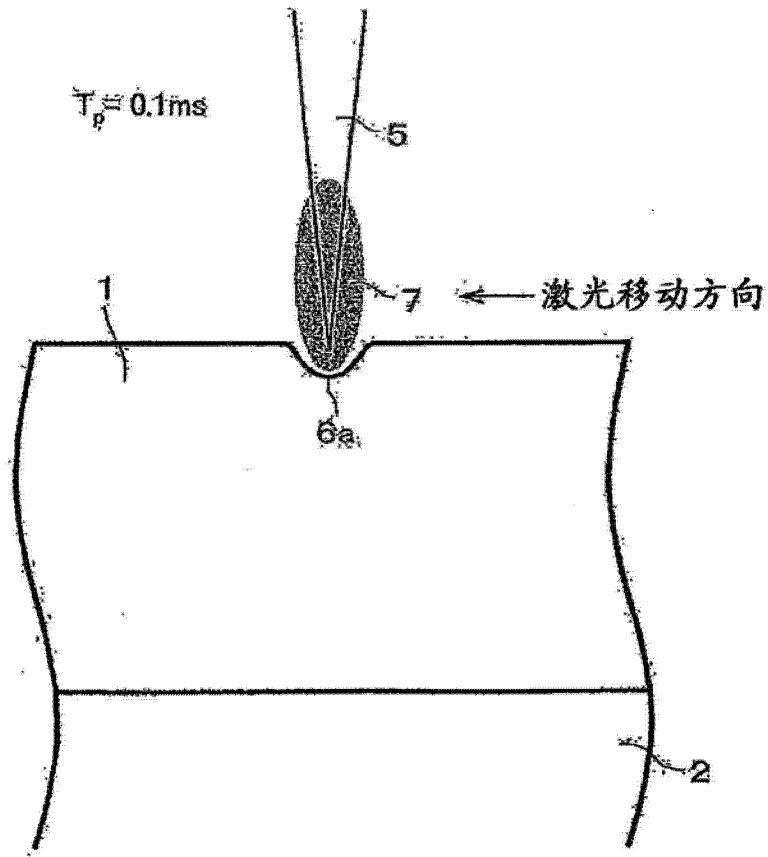


图 3

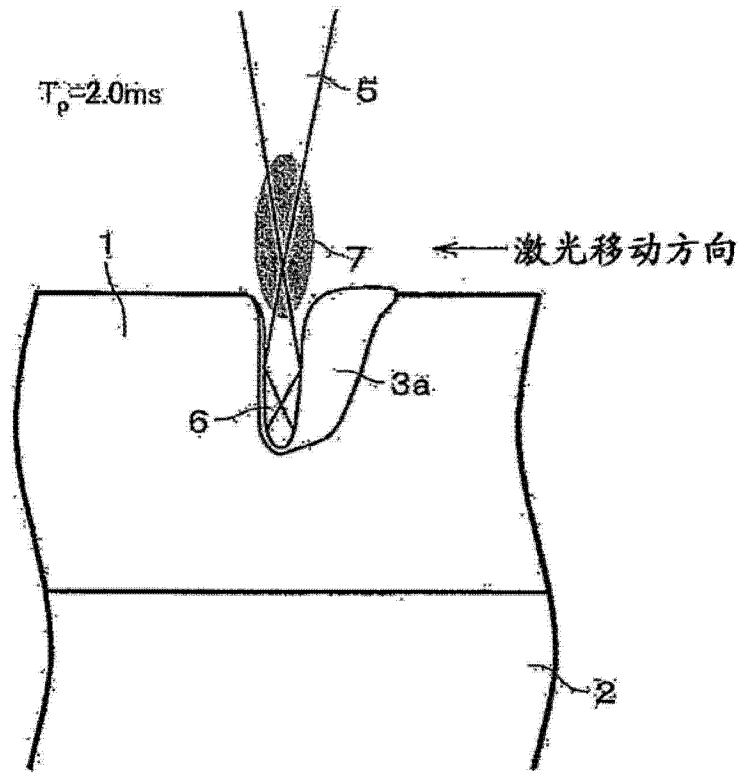


图 4

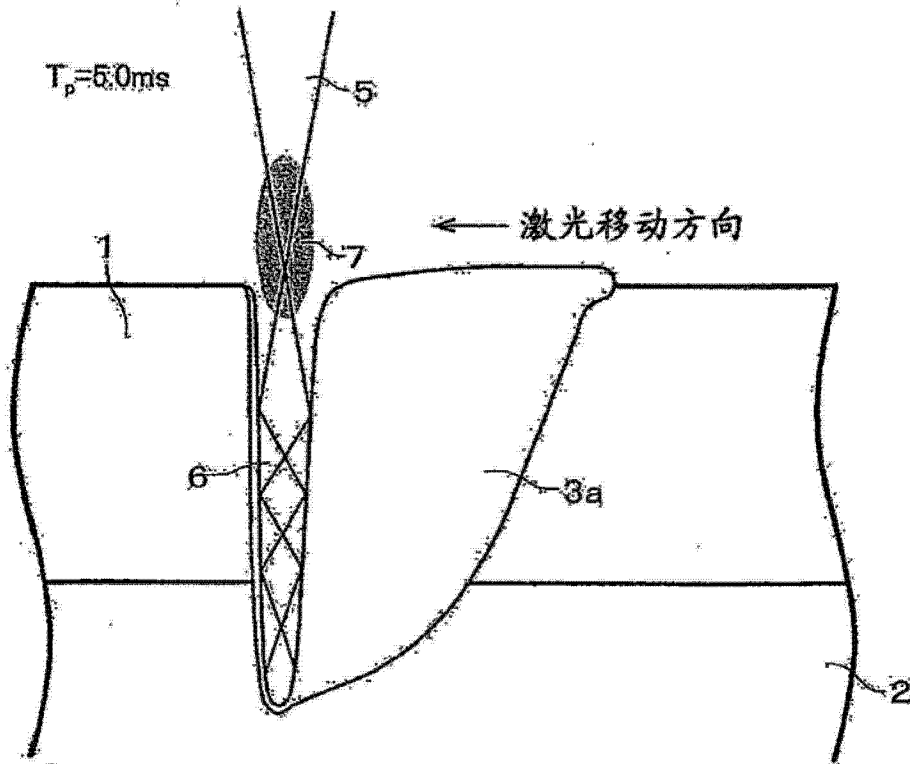


图 5

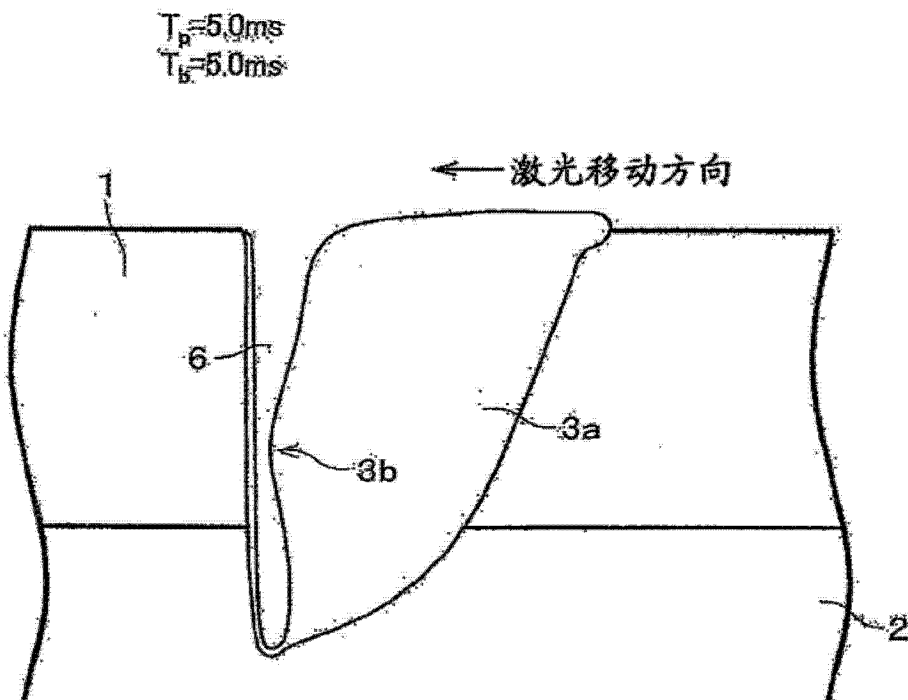


图 6

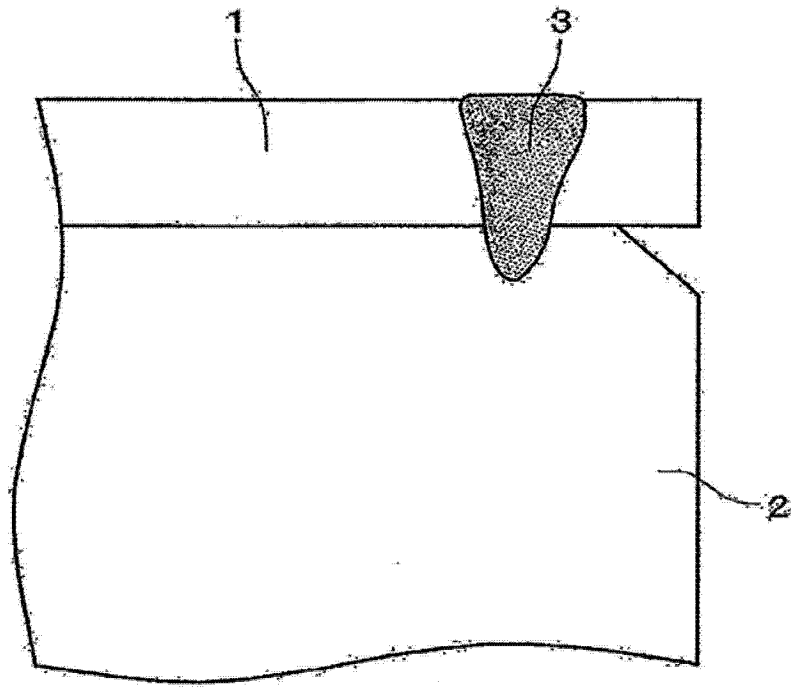


图7

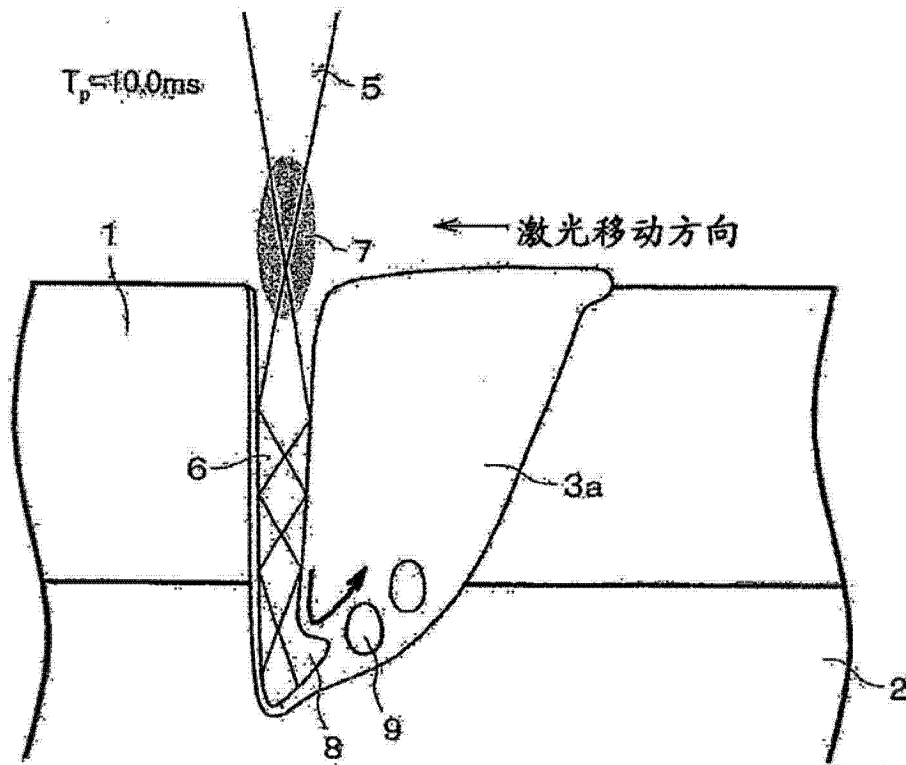


图8

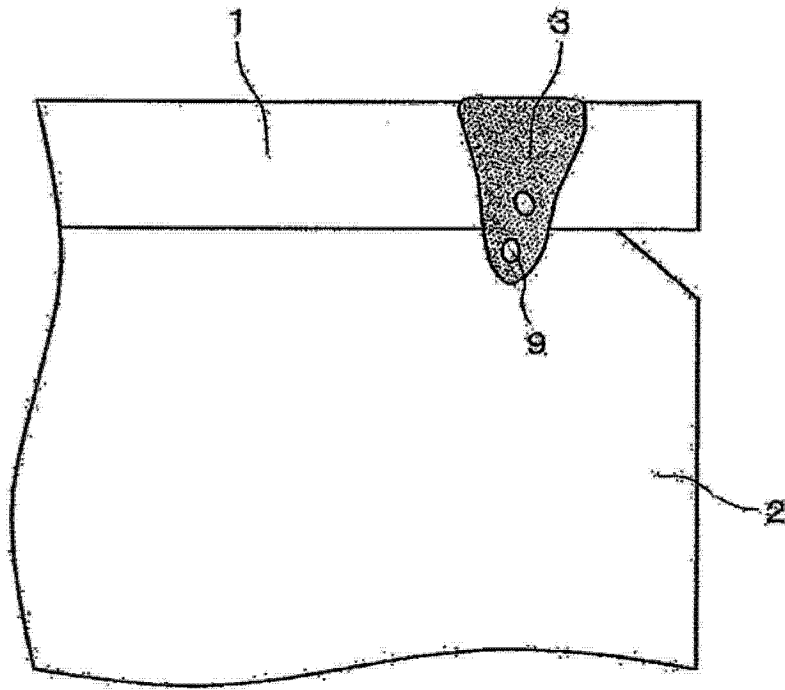


图9

$T_p=5.0ms$
 $T_b=10.0ms$

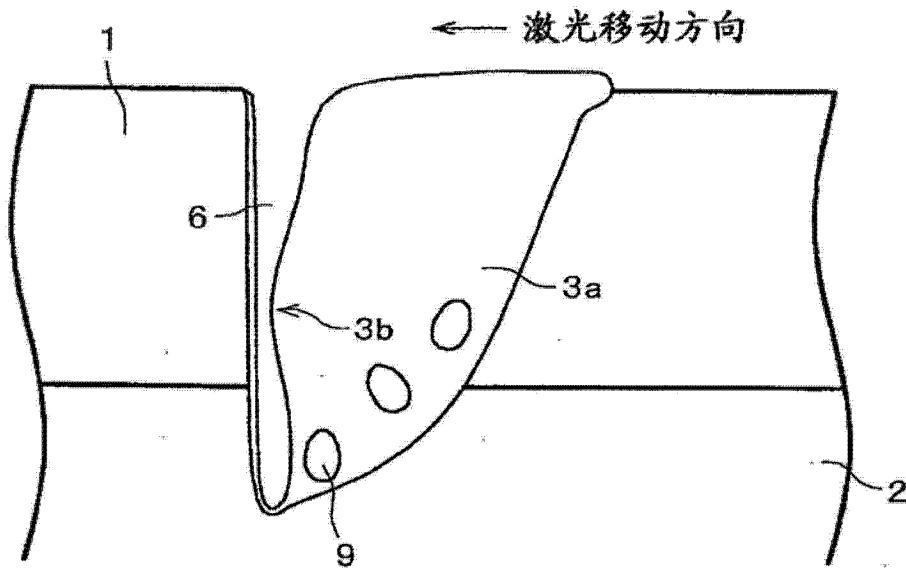


图10

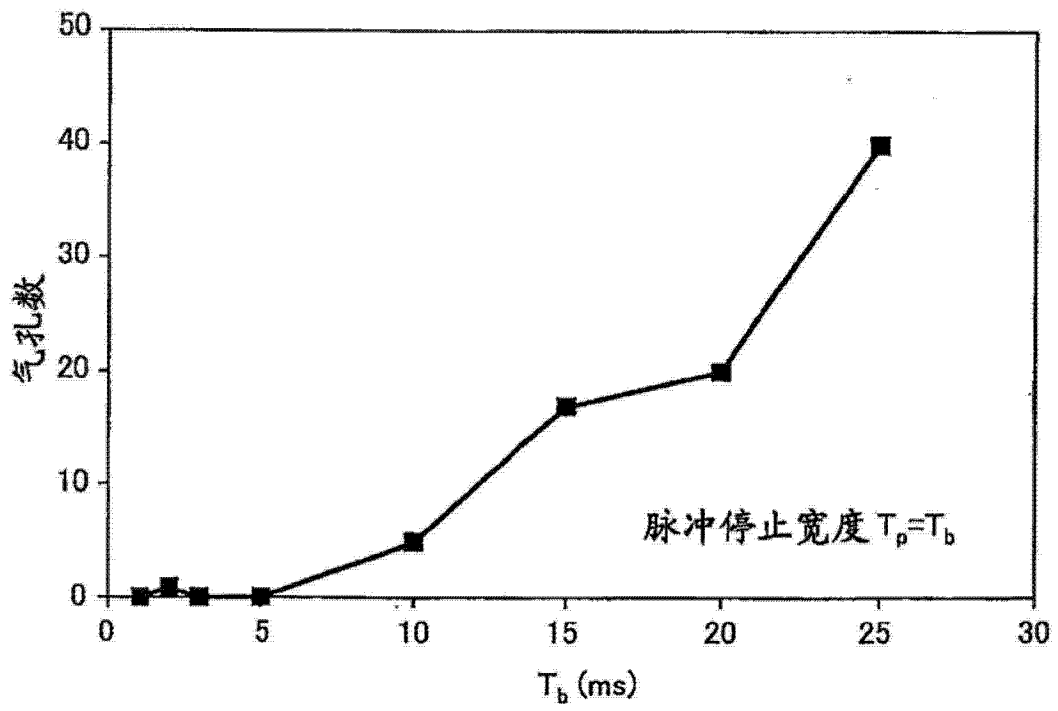


图 11