



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111421220 B

(45) 授权公告日 2022.01.25

(21) 申请号 202010312943.3

(22) 申请日 2014.12.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111421220 A

(43) 申请公布日 2020.07.17

(30) 优先权数据
2014-013543 2014.01.28 JP
2014-109663 2014.05.28 JP
2014-109899 2014.05.28 JP

(62) 分案原申请数据
201480037919.6 2014.12.16

(73) 专利权人 日本轻金属株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 濑尾伸城 堀久司

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 胡曼

(51) Int.Cl.

B23K 20/12 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2001321965 A, 2001.11.20
JP 2013049072 A, 2013.03.14
US 2004074949 A1, 2004.04.22
JP 2003001440 A, 2003.01.08
WO 2013027532 A1, 2013.02.28
JP 2009136881 A, 2009.06.25
JP 2008284607 A, 2008.11.27
JP 2004141897 A, 2004.05.20
CN 101511522 A, 2009.08.19
US 2012193401 A1, 2012.08.02
US 6045028 A, 2000.04.04
JP 2003001440 A, 2003.01.08
CN 1810433 A, 2006.08.02

审查员 张莎莎

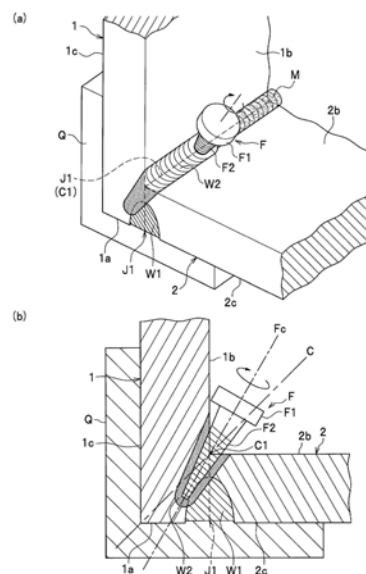
权利要求书3页 说明书20页 附图28页

(54) 发明名称

摩擦搅拌接合方法

(57) 摘要

技术问题在于提供一种能防止因金属不足而引起的接合不良的摩擦搅拌接合方法。在摩擦搅拌接合方法中,使用包括搅拌销(F2)的正式接合用旋转工具(F)将两个金属构件(1、2)接合,其特征是,包括:使两个金属构件(1、2)形成角度地对接,以形成对接部(J1)的对接工序;对在对接工序中形成的两个金属构件(1、2)所成的内角实施堆焊焊接,并通过焊接金属(M)将内角覆盖的堆焊焊接工序;以及仅使旋转的搅拌销(F2)插入内角,并使焊接金属(M)及两个金属构件(1、2)塑性流动化,来进行对接部(J1)的摩擦搅拌接合的内角接合工序。



1. 一种摩擦搅拌接合方法,使用包括搅拌销的旋转工具将两个金属构件接合,其特征在于,

所述旋转工具具有所述搅拌销和连接部,所述搅拌销越是远离所述连接部,其前端变得越细,

包括:

对接工序,在所述对接工序中,使两个所述金属构件形成角度地对接,以形成对接部;

辅助构件配置工序,在所述辅助构件配置工序中,将辅助构件配置于在所述对接工序中形成的两个所述金属构件所成的内角处;以及

内角接合工序,在所述内角接合工序中,仅使旋转的所述旋转工具的搅拌销插入所述辅助构件及所述内角,在仅使所述旋转工具的搅拌销与所述辅助构件及两个所述金属构件接触、使所述连接部与所述辅助构件和所述金属构件分开、并使所述搅拌销的基端部露出的状态下,使所述辅助构件及两个所述金属构件塑性流动化,来进行所述对接部的摩擦搅拌接合,

在所述内角接合工序中,在所述搅拌销的外周面上刻设有螺旋槽,当使所述旋转工具向右旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向左旋转,当使所述旋转工具向左旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向右旋转。

2. 如权利要求1所述的摩擦搅拌接合方法,其特征在于,

包括外角接合工序,在所述外角接合工序中,从两个所述金属构件所成的外角侧对所述对接部进行摩擦搅拌接合。

3. 如权利要求2所述的摩擦搅拌接合方法,其特征在于,

使在所述外角接合工序中形成的塑性化区域与在所述内角接合工序中形成的塑性化区域重叠。

4. 如权利要求1所述的摩擦搅拌接合方法,其特征在于,

包括外角接合工序,在所述外角接合工序中,从两个所述金属构件所成的外角侧对所述对接部进行焊接。

5. 如权利要求4所述的摩擦搅拌接合方法,其特征在于,

使在所述外角接合工序中形成的焊接金属与在所述内角接合工序中形成的塑性化区域重叠。

6. 如权利要求1所述的摩擦搅拌接合方法,其特征在于,

在所述对接工序中,使一方的所述金属构件的侧面与另一方的所述金属构件的端面对接,当一方的所述金属构件的侧面与另一方的所述金属构件的侧面所成的内角的角度为 α 的情况下,

在所述内角接合工序中,插入至两个所述侧面的交线的所述旋转工具的旋转中心轴位于假想基准面与一方的所述金属构件的侧面之间的位置处,所述假想基准面穿过所述交线且和所述侧面所成的角度为 $\alpha/2$ 。

7. 一种摩擦搅拌接合方法,使用包括搅拌销的旋转工具,将所要对接的面的形状互不相同的两个金属构件接合,其特征在于,

所述旋转工具具有所述搅拌销和连接部,所述搅拌销越是远离所述连接部,其前端变得越细,

包括：

对接工序，在所述对接工序中，将一方的所述金属构件与另一方的所述金属构件对接，来形成对接部；

辅助构件配置工序，在所述辅助构件配置工序中，在沿另一方的所述金属构件的周向形成的内角将辅助构件配置于所述对接部，并通过所述辅助构件将两个所述金属构件所成的内角覆盖；以及

接合工序，在所述接合工序中，仅将旋转的所述旋转工具的搅拌销插入所述辅助构件及所述内角，在仅使所述旋转工具的搅拌销与所述辅助构件及两个所述金属构件接触、使所述连接部与所述辅助构件和所述金属构件分开、并使所述搅拌销的基端部露出的状态下，在另一方的所述金属构件的周向范围内进行所述对接部的摩擦搅拌，

在所述接合工序中，在所述搅拌销的外周面上刻设有螺旋槽，当使所述旋转工具向右旋转时，所述螺旋槽形成随着从基端侧朝向前端侧而向左旋转，当使所述旋转工具向左旋转时，所述螺旋槽形成随着从基端侧朝向前端侧而向右旋转。

8. 如权利要求7所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

所述金属构件均呈板状，

在所述对接工序中，使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的背面对接。

9. 如权利要求7所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

一方的所述金属构件呈板状，

另一方的所述金属构件呈圆柱状，

在所述对接工序中，使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的端面对接。

10. 如权利要求7所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

一方的所述金属构件呈板状，

另一方的所述金属构件呈筒状，

在所述对接工序中，使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的端面对接。

11. 如权利要求7所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

一方的所述金属构件呈板状，

另一方的所述金属构件呈圆筒状，

在所述对接工序中，使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的端面对接。

12. 如权利要求7所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

在一方的所述金属构件上形成有通孔，

在所述对接工序中，用另一方的所述金属构件将所述通孔覆盖。

13. 如权利要求7所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

在一方的所述金属构件上形成有通孔，

在所述对接工序中，使所述通孔与另一方的所述金属构件的中空部连通。

14. 一种摩擦搅拌接合方法，使用包括搅拌销的旋转工具将两个金属构件接合，其特征

在于，

所述旋转工具具有所述搅拌销和连接部，所述搅拌销越是远离所述连接部，其前端变得越细，

包括：

对接工序，在所述对接工序中，通过使一方的金属构件的侧面与另一方的金属构件的端面对接来形成对接部，从而形成主视呈T字形的被接合金属构件；

辅助构件配置工序，在所述辅助构件配置工序中，将辅助构件配置于所述被接合金属构件的至少一方的内角，并用所述辅助构件将所述内角覆盖；以及

接合工序，在所述接合工序中，仅将旋转的所述旋转工具的搅拌销插入所述辅助构件及所述内角，在仅使所述旋转工具的搅拌销与所述辅助构件及所述被接合金属构件接触、使所述连接部与所述辅助构件和所述被接合金属构件分开、并使所述搅拌销的基端部露出的状态下，进行所述对接部的摩擦搅拌，

在所述接合工序中，在所述搅拌销的外周面上刻设有螺旋槽，当使所述旋转工具向右旋转时，所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向左旋转，当使所述旋转工具向左旋转时，所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向右旋转。

15. 如权利要求14所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

在所述辅助构件配置工序中，将所述辅助构件分别配置于所述被接合金属构件的两个内角，并用所述辅助构件将各内角覆盖，

在所述接合工序中，进行第一接合工序及第二接合工序，其中，在所述第一接合工序中，对所述被接合金属构件的两个内角中的一个进行摩擦搅拌，在所述第二接合工序中，对所述被接合金属构件的两个内角中的另一个进行摩擦搅拌，

在所述第二接合工序中，在使所述搅拌销进入在所述第一接合工序中形成的塑性化区域的同时进行摩擦搅拌。

16. 如权利要求15所述的摩擦搅拌接合方法，其特征在于，

在所述对接工序后，包括接头件配置工序，在所述接头件配置工序中，将包括两个工具插入面的接头件与所述被接合金属构件的正面抵接，

在所述接头件配置工序中，

使一方的所述辅助构件的露出面与所述接头件的一方的所述工具插入面共面，

并且使另一方的所述辅助构件的露出面与所述接头件的另一方的所述工具插入面共面。

摩擦搅拌接合方法

[0001] 本发明专利申请是国际申请号为PCT/JP2014/083286,国际申请日为2014年12月16日,进入中国国家阶段的申请号为201480037919.6,名称为“摩擦搅拌接合方法”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种摩擦搅拌接合方法。

背景技术

[0003] 在专利文献1中公开了如下技术,仅将旋转工具的搅拌销插入垂直对接而成的金属构件彼此的内角后,进行对接部的摩擦搅拌接合。现有的摩擦搅拌接合方法的旋转工具由于不包括轴肩部,且仅将旋转工具的搅拌销插入内角,因此,能进行摩擦搅拌,直至对接部的较深的位置处。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本专利特开2013-049072号公报

发明内容

[0007] 发明所要解决的技术问题

[0008] 但是,若是现有的摩擦搅拌接合方法,则由于无法用轴肩部对塑性流动化后的金属进行按压,因此,塑性流动化后的金属容易溢出到内角的外部。藉此,存在内角变得金属不足这样的问题。

[0009] 因而,本发明的技术问题在于提供一种摩擦搅拌接合方法,在从金属构件彼此的内角将对接部摩擦搅拌接合时,能够消除内角的金属不足。

[0010] 解决技术问题所采用的技术方案

[0011] 为了解决上述技术问题,本发明的摩擦搅拌接合方法使用包括搅拌销的旋转工具将两个金属构件接合,其特征是,所述旋转工具具有所述搅拌销和连接部,所述搅拌销越是远离所述连接部,其前端变得越细,包括:对接工序,在所述对接工序中,使两个所述金属构件形成角度地对接,以形成对接部;辅助构件配置工序,在所述辅助构件配置工序中,将辅助构件配置于在所述对接工序中形成的两个所述金属构件所成的内角处;以及内角接合工序,在所述内角接合工序中,仅使旋转的所述旋转工具的搅拌销插入所述辅助构件及所述内角,在仅使所述旋转工具的搅拌销与所述辅助构件及两个所述金属构件接触、使所述连接部与所述辅助构件和所述金属构件分开、并使所述搅拌销的基端部露出的状态下,使所述辅助构件及两个所述金属构件塑性流动化,来进行所述对接部的摩擦搅拌接合,在所述内角接合工序中,在所述搅拌销的外周面上刻设有螺旋槽,当使所述旋转工具向右旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向左旋转,当使所述旋转工具向左旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向右旋转。

[0012] 根据上述接合方法,由于通过在两个金属构件所成的内角预先进行焊接来形成焊接金属或是设置有辅助构件的状态下进行内角接合工序,从而能够补充金属不足,因此,能防止因金属不足引起的接合不良。此外,在进行堆焊焊接工序的情况下,能防止进行内角接合工序时金属构件彼此张开。

[0013] 此外,较为理想的是,包括外角接合工序,在所述外角接合工序中,从两个所述金属构件所成的外角侧对所述对接部进行摩擦搅拌接合。

[0014] 根据上述接合方法,能提高对接部的接合强度。

[0015] 此外,较为理想的是,使在所述外角接合工序中形成的塑性化区域与在所述内角接合工序中形成的塑性化区域重叠。

[0016] 根据上述接合方法,由于对接部的深度方向整体被摩擦搅拌,因此,能提高气密性及水密性,并且能提高接合强度。

[0017] 此外,较为理想的是,包括外角接合工序,在所述外角接合工序中,从两个所述金属构件所成的外角侧对所述对接部进行焊接。

[0018] 根据上述接合方法,能提高对接部的接合强度。

[0019] 此外,较为理想的是,使在所述外角接合工序中形成的焊接金属与在所述内角接合工序中形成的塑性化区域重叠。

[0020] 根据上述接合方法,由于对接部的深度方向整体被接合,因此,能提高气密性及水密性,并且能提高接合强度。

[0021] 此外,较为理想的是,在所述对接工序中,使一方的所述金属构件的侧面与另一方的所述金属构件的端面对接,当一方的所述金属构件的侧面与另一方的所述金属构件的侧面所成的内角的角度为 α 的情况下,在所述内角接合工序中,插入至两个所述侧面的交线的所述旋转工具的旋转中心轴位于假想基准面与一方的所述金属构件的侧面之间的位置处,所述假想基准面穿过所述交线且和所述侧面所成的角度为 $\alpha/2$ 。

[0022] 根据上述接合方法,通过使旋转工具朝一方的上述金属构件一侧倾斜,从而能将搅拌销插入至对接部的较深位置处,因此,能接合到对接部的较深位置处。

[0023] 此外,本发明的摩擦搅拌接合方法使用包括搅拌销的旋转工具,将所要对接的面的形状互不相同的两个金属构件接合,其特征是,所述旋转工具具有所述搅拌销和连接部,所述搅拌销越是远离所述连接部,其前端变得越细,包括:对接工序,在所述对接工序中,将一方的所述金属构件与另一方的所述金属构件对接,来形成对接部;辅助构件配置工序,在所述辅助构件配置工序中,在沿另一方的所述金属构件的周向形成的内角将辅助构件配置于所述对接部,并通过所述辅助构件将两个所述金属构件所成的内角覆盖;以及接合工序,在所述接合工序中,仅将旋转的所述旋转工具的搅拌销插入所述辅助构件及所述内角,在仅使所述旋转工具的搅拌销与所述辅助构件及两个所述金属构件接触、使所述连接部与所述辅助构件和所述金属构件分开、并使所述搅拌销的基端部露出的状态下,在另一方的所述金属构件的周向范围内进行所述对接部的摩擦搅拌,在所述接合工序中,在所述搅拌销的外周面上刻设有螺旋槽,当使所述旋转工具向右旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向左旋转,当使所述旋转工具向左旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向右旋转。

[0024] 根据上述摩擦搅拌接合方法,通过在对使金属构件对接而形成的内角预先实施堆

焊焊接或是配置辅助构件之后进行摩擦搅拌,从而能消除内角的金属不足。

[0025] 此外,较为理想的是,所述金属构件均呈板状,在所述对接工序中,使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的背面对接。

[0026] 此外,较为理想的是,一方的所述金属构件呈板状,另一方的所述金属构件呈圆柱状,在所述对接工序中,使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的端面对接。

[0027] 此外,较为理想的是,一方的所述金属构件呈板状,另一方的所述金属构件呈筒状,在所述对接工序中,使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的端面对接。

[0028] 此外,较为理想的是,一方的所述金属构件呈板状,另一方的所述金属构件呈圆筒状,在所述对接工序中,使一方的所述金属构件的正面与另一方的所述金属构件的端面对接。

[0029] 此外,较为理想的是,在一方的所述金属构件上形成有通孔,在所述对接工序中,用另一方的所述金属构件将所述通孔覆盖,或是使所述通孔与另一方的所述金属构件的中空部连通。

[0030] 根据上述摩擦搅拌接合方法,能将各种形状的金属构件彼此接合。

[0031] 此外,本发明的摩擦搅拌接合方法使用包括搅拌销的旋转工具将两个金属构件接合,其特征是,所述旋转工具具有所述搅拌销和连接部,所述搅拌销越是远离所述连接部,其前端变得越细,包括:对接工序,在所述对接工序中,通过使一方的金属构件的侧面与另一方的金属构件的端面对接来形成对接部,从而形成主视呈T字形的被接合金属构件;辅助构件配置工序,在所述辅助构件配置工序中,将辅助构件配置于所述被接合金属构件的至少一方的内角,并用所述辅助构件将所述内角覆盖;以及接合工序,在所述接合工序中,仅将旋转的所述旋转工具的搅拌销插入所述辅助构件及所述内角,在仅使所述旋转工具的搅拌销与所述辅助构件及所述被接合金属构件接触、使所述连接部与所述辅助构件和所述被接合金属构件分开、并使所述搅拌销的基端部露出的状态下,进行所述对接部的摩擦搅拌,在所述接合工序中,在所述搅拌销的外周面上刻设有螺旋槽,当使所述旋转工具向右旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向左旋转,当使所述旋转工具向左旋转时,所述螺旋槽形成为随着从基端侧朝向前端侧而向右旋转。

[0032] 根据上述摩擦搅拌接合方法,通过在预先将辅助构件配置于使金属构件对接而形成的内角之后进行摩擦搅拌,从而能消除内角的金属不足。

[0033] 此外,较为理想的是,在所述辅助构件配置工序中,将所述辅助构件分别配置于所述被接合金属构件的两个内角,并用所述辅助构件将各内角覆盖,在所述接合工序中,进行第一接合工序及第二接合工序,其中,在所述第一接合工序中,对所述被接合金属构件的两个内角中的一个进行摩擦搅拌,在所述第二接合工序中,对所述被接合金属构件的两个内角中的另一个进行摩擦搅拌,在所述第二接合工序中,在使所述搅拌销进入在所述第一接合工序中形成的塑性化区域的同时进行摩擦搅拌。

[0034] 根据上述摩擦搅拌接合方法,通过对两个内角进行摩擦搅拌,从而能提高接合部的气密性及水密性,并且能提高接合强度。此外,通过在使搅拌销进入一方的塑性化区域的状态下进行另一方的接合工序,从而能进一步提高气密性及水密性。

[0035] 此外,较为理想的是,在所述对接工序后,包括接头件配置工序,在所述接头件配置工序中,将包括两个工具插入面的接头件与所述被接合金属构件的正面抵接,在所述接头件配置工序中,使一方的所述辅助构件的露出面与所述接头件的一方的所述工具插入面共面,并且使另一方的所述辅助构件的露出面与所述接头件的另一方的所述工具插入面共面。

[0036] 根据上述摩擦搅拌接合方法,能将接合工序的旋转工具的插入位置设定于接头件。此外,通过使各辅助构件的露出面与接头件的两个工具插入面分别共面,从而能顺畅地进行摩擦搅拌。此外,由于能将两个接合工序的插入位置设定于一个接头件,因此,能提高作业效率。

[0037] 发明效果

[0038] 根据本发明的摩擦搅拌接合方法,当从两个金属构件所成的内角对对接部进行摩擦搅拌接合的情况下,能消除内角的金属不足。

附图说明

[0039] 图1(a)是表示本实施方式的正式接合用旋转工具的侧视图,图1(b)是表示正式接合用旋转工具的接合形态的剖视图。

[0040] 图2(a)是表示本实施方式的大型旋转工具的侧视图,图2(b)是表示小型旋转工具的侧视图。

[0041] 图3(a)是表示本发明的第一实施方式的对接工序的立体图,图3(b)是表示第一实施方式的外角接合工序的立体图。

[0042] 图4是表示第一实施方式的堆焊焊接工序的立体图。

[0043] 图5是表示第一实施方式的内角接合工序的图,其中,图5(a)是立体图,图5(b)是剖视图。

[0044] 图6(a)是表示本发明的第二实施方式的外角接合工序的立体图,图6(b)是表示第二实施方式的内角接合工序的剖视图。

[0045] 图7(a)是表示本发明的第三实施方式的对接工序及接头件配置工序的立体图,图7(b)是表示第三实施方式的外角接合工序的立体图。

[0046] 图8是表示第三实施方式的辅助构件配置工序的图,其中,图8(a)是立体图,图8(b)是图8(a)的I-I剖视图。

[0047] 图9是表示第三实施方式的内角接合工序的图,其中,图9(a)是立体图,图9(b)是剖视图。

[0048] 图10(a)是表示本发明的第四实施方式的外角接合工序的立体图,图10(b)是表示第四实施方式的内角接合工序的剖视图。

[0049] 图11(a)是表示本发明的第五实施方式的内角接合工序的剖视图,图11(b)是表示第五实施方式的二次外角接合工序(日文:再外隅接合工程)的剖视图。

[0050] 图12是表示本发明第一变形例的内角接合用架台的立体图。

[0051] 图13(a)是表示第六实施方式的金属构件彼此对接前的立体图,图13(b)是表示对接后的立体图。

[0052] 图14(a)是表示第六实施方式的堆焊焊接工序的立体图,图14(b)是表示接合工序

的立体图。

[0053] 图15 (a) 是表示第六实施方式的接合工序的剖视图,图15 (b) 是表示接合工序后的立体图。

[0054] 图16是表示第七实施方式的辅助构件配置工序的图,其中,图16 (a) 是立体图,图16 (b) 是侧视图。

[0055] 图17是表示第七实施方式的第二辅助构件的立体图。

[0056] 图18是表示第七实施方式的接合工序的立体图。

[0057] 图19 (a) 是表示第八实施方式的金属构件对接前的立体图,图19 (b) 是表示对接后的立体图。

[0058] 图20 (a) 是表示第八实施方式的堆焊焊接工序的立体图,图20 (b) 是表示接合工序的立体图。

[0059] 图21是表示第八实施方式的接合工序的立体图。

[0060] 图22是表示第九实施方式的辅助构件配置工序的图,其中,图22 (a) 是立体图,图22 (b) 是剖视图。

[0061] 图23 (a) 是表示第十实施方式的对接工序及堆焊焊接工序的剖视图,图23 (b) 是表示第一接合工序的剖视图。

[0062] 图24是表示第十实施方式的第二接合工序的剖视图。

[0063] 图25是表示第十一实施方式的对接工序及辅助构件配置工序的剖视图。

[0064] 图26是表示第十一实施方式的接头件配置工序的立体图。

[0065] 图27是表示第十一实施方式的第二接合工序的立体图。

[0066] 图28是表示第十一实施方式的第二接合工序的剖视图。

[0067] 图29是表示第十一实施方式的第二接合工序的剖视图。

具体实施方式

[0068] 参照附图,对本发明的实施方式进行详细说明。首先,对在本实施方式中使用的正式接合用旋转工具、大型旋转工具及小型旋转工具进行说明。

[0069] 如图1 (a) 所示,正式接合用旋转工具F由连接部F1和搅拌销F2构成。正式接合用旋转工具F例如由工具钢形成。连接部F1是与图1 (b) 所示的摩擦搅拌装置的转轴D连接的部分。连接部F1呈圆柱状,其形成有供螺栓紧固的螺纹孔B、B。

[0070] 搅拌销F2从连接部F1下垂,并与连接部F1同轴。搅拌销F2越是远离连接部F1,其前端变得越细。在搅拌销F2的外周面上刻设有螺旋槽F3。

[0071] 在本实施方式中,由于使正式接合用旋转工具F向右旋转,因此,螺旋槽F3形成为随着从基端朝向前端而向左旋转。换言之,若将螺旋槽F3从基端朝向前端描画,则螺旋槽F3从上方观察形成为向左旋转。

[0072] 另外,较为理想的是,当使正式接合用旋转工具F向左旋转时,将螺旋槽F3形成为随着从基端朝向前端而向右旋转。换言之,若将螺旋槽F3从基端朝向前端描画,则这种情况下的螺旋槽F3从上方观察形成为向右旋转。通过如上所述设定螺旋槽F3,从而在进行摩擦搅拌时,利用螺旋槽F3将塑性流动化后的金属朝搅拌销F2的前端侧引导。藉此,能减少溢出到被接合金属构件外部的金属的量。

[0073] 如图1 (b) 所示,当使用正式接合用旋转工具F进行摩擦搅拌接合时,仅将旋转的搅拌销F2插入金属构件1、2,使金属构件1、2与连接部F1一边分开,一边移动。换言之,以搅拌销F2的基端部露出的状态进行摩擦搅拌接合。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上,通过使摩擦搅拌后的金属硬化,而形成有塑性化区域W。

[0074] 虽然省略了具体的图示,但在进行后述的接合工序时,例如,能将正式接合用旋转工具F安装到在前端具有主轴单元等旋转驱动元件的机器人臂,来进行摩擦搅拌。根据这种摩擦搅拌装置,能容易地改变正式接合用旋转工具F的插入位置及插入角度等。

[0075] 如图2 (a) 所示,大型旋转工具G由轴肩部G1和搅拌销G2构成。大型旋转工具G例如由工具钢形成。轴肩部G1是与摩擦搅拌装置的转轴连接的部位,同时是对塑性流动化后的金属进行按压的部位。轴肩部G1呈圆柱状。为了防止流动化后的金属向外部流出,而使轴肩部G1的下端面形成凹状。

[0076] 搅拌销G2从轴肩部G1下垂,并与轴肩部G1同轴。搅拌销G2越是远离轴肩部G1,其前端变得越细。在搅拌销G2的外周面上刻设有螺旋槽G3。当使用大型旋转工具G来进行摩擦搅拌接合时,一边将旋转的搅拌销G2及轴肩部G1的下端面插入金属构件1、2,一边使旋转的搅拌销G2及轴肩部G1的下端面相对移动。

[0077] 如图2 (b) 所示,小型旋转工具H由轴肩部H1和搅拌销H2构成。小型旋转工具H形成比正式接合用旋转工具F及大型旋转工具G更小型。小型旋转工具H例如由工具钢形成。轴肩部H1是与摩擦搅拌装置的转轴连接的部位,同时是对塑性流动化后的金属进行按压的部位。轴肩部H1呈圆柱状。为了防止流动化后的金属向外部流出,而使轴肩部H1的下端面形成凹状。

[0078] 搅拌销H2从轴肩部H1下垂,并与轴肩部H1同轴。搅拌销H2越是远离轴肩部H1,其前端变得越细。在搅拌销H2的外周面上刻设有螺旋槽H3。当使用小型旋转工具H来进行摩擦搅拌接合时,一边将旋转的搅拌销H2及轴肩部H1的下端面插入金属构件1、2,一边使旋转的搅拌销H2及轴肩部H1的下端面相对移动。

[0079] (第一实施方式)

[0080] 接着,对本发明的第一实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在第一实施方式中,包括对接工序、接头件配置工序、外角接合工序、堆焊焊接工序以及内角接合工序。

[0081] 如图3 (a) 所示,对接工序是使金属构件1、2对接的工序。在对接工序中,使所要接合的金属构件1的侧面1b与金属构件2的端面2a对接,并且使金属构件1的端面1a与金属构件2的侧面2c处于共面。也就是说,在对接工序中,使金属构件1、2垂直地对接,并形成侧视呈L字形。在金属构件1、2所对接的部位处形成有对接部J1。金属构件1、2只要是能进行摩擦搅拌的金属,则不受特别限制,例如,只要从铝、铝合金、铜、铜合金、钛、钛合金、镁、镁合金等中适当选择即可。

[0082] 如图3 (b) 所示,接头件配置工序是将接头件3配置于金属构件1、2的工序。在本实施方式中,接头件3呈长方体,并由与金属构件1、2相同的材料形成。在接头件配置工序中,将接头件3配置于金属构件1、2的对接部J1的一端侧,来使接头件3的侧面与金属构件1的侧面1d及金属构件2的侧面2d抵接。接着,使接头件3的正面3a与金属构件1的端面1a及金属构件2的侧面2c共面,并且通过焊接进行临时接合。

[0083] 在接头件配置工序结束后,将金属构件1、2及接头件3载置于未图示的摩擦搅拌装

置的架台,并使用夹子等未图示的夹具将金属构件1、2及接头件3约束成无法移动。

[0084] 外角接合工序是从金属构件1、2的外角侧将金属构件1、2的对接部J1摩擦搅拌接合的工序。在外角接合工序中,使用大型旋转工具G。如图3(b)所示,在外角接合工序中,将大型旋转工具G插入接头件3的正面3a并使其向金属构件1、2侧相对移动后,直接进入对接部J1,并从金属构件1、2的外角侧(构成外角的面侧)对对接部J1进行摩擦搅拌接合。

[0085] 在外角接合工序中,在将轴肩部G1的下端面压入金属构件1、2的状态下,使大型旋转工具G相对移动。在大型旋转工具G的移动轨迹上形成有塑性化区域W1。在将对接部J1接合后,从金属构件1、2切去接头件3。

[0086] 如图4所示,堆焊焊接工序是对金属构件1、2的内角实施堆焊焊接的工序。在堆焊焊接工序中,在金属构件1、2的内角(由侧面1b和侧面2b构成的角部)处,进行堆焊焊接,以覆盖对接部J1。利用堆焊焊接工序,沿着对接部J形成焊接金属M。在本实施方式中,焊接金属M由与金属构件1、2相同的材料形成。

[0087] 如图5所示,内角接合工序是使用正式接合用旋转工具F来将金属构件1、2的内角接合的工序。在本实施方式的内角接合工序中,首先,如图5(a)所示,在构成金属构件1、2的外角的面上配置背面抵接件(日文:裏当材)Q。

[0088] 背面抵接件Q是截面呈L字形的金属制的构件,使其与金属构件1的侧面1c、端面1a及金属构件2的侧面2c接触。接着,将金属构件1、2及背面抵接件Q载置于未图示的摩擦搅拌装置的架台,并使用夹子等未图示的夹具将金属构件1、2及背面抵接件Q约束成无法移动。

[0089] 接着,在内角接合工序中,将旋转的正式接合用旋转工具F插入金属构件1、2的内角,并对对接部J1进行摩擦搅拌接合。在内角接合工序中,如图5(a)及图5(b)所示,使正式接合用旋转工具F的连接部F1与金属构件1、2分开,而仅将搅拌销F2从焊接金属M插入对接部J1。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W2。

[0090] 在内角接合工序中,正式接合用旋转工具F的插入角度只要适当设定即可,如图5(b)所示,在本实施方式中,较为理想的是,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴Fc朝金属构件1一侧倾斜来进行摩擦搅拌接合。也就是说,在本实施方式的内角接合工序中,插入侧面1b与侧面2b的交线C1的正式接合用旋转工具F的旋转中心轴Fc设定成穿过交线C1且位于假想基准面C与金属构件1的侧面1b之间的位置处,其中,上述假想基准面C与侧面1b和侧面2b所成的角度为 $\alpha/2$ (在本实施方式中, $\alpha=90^\circ$)。此外,在内角接合工序中,设置成使在内角接合工序中形成的塑性化区域W2与在外角接合工序中形成的塑性化区域W1在对接部J1上重叠。另外,在这种情况下,旋转中心轴Fc的位置不包含与侧面1b及假想基准面C重合的位置。

[0091] 根据以上所说明的本实施方式的摩擦搅拌接合,在对金属构件1、2的内角进行接合的内角接合工序中,由于不像现有那样使用按压块,而仅使搅拌销F2与金属构件1、2接触,因此,能抑制接合时的金属构件1的侧面1b及金属构件2的侧面2b的损伤。此外,由于不像现有那样使用按压块,因此,能对接合部分进行目视确认。藉此,由于能掌握接合状况等,因此,能提高操作性。

[0092] 此外,在本实施方式中,通过在进行了堆焊焊接之后,利用在堆焊焊接中形成的焊接金属M来进行内角接合工序,从而除了金属构件1、2之外,还能使焊接金属M塑性流动化,因此,能补充金属不足。藉此,能防止因金属不足引起的接合不良。此外,通过在内角接合工

序前进行堆焊焊接,从而能防止在进行内角接合工序时的金属构件1、2的张开(日文:目開き)。

[0093] 此外,在本实施方式中,由于还从金属构件1、2的外角对对接部J1进行摩擦搅拌接合,因此,能提高接合强度。此外,在本实施方式中,在对接部J1上,使在外角接合工序中形成的塑性化区域W1与在内角接合工序中形成的塑性化区域W2重叠,因此,能对对接部J1的深度方向整体进行摩擦搅拌。藉此,能使接合部的气密性及水密性提高,并且能进一步提高接合强度。

[0094] 此外,在本实施方式中,由于在堆焊焊接工序之前,在外角接合工序中将金属构件1、2的外角侧接合,因此,能防止在进行堆焊焊接工序时的金属构件1、2的张开。

[0095] 此外,在内角接合工序中,通过使正式接合用旋转工具F朝一方的金属构件1一侧倾斜,从而与例如沿着图5(b)所示的假想基准面C插入搅拌销F2的情况、即对于垂直的金属构件1、2以使侧面1b、2b和旋转中心轴Fc所成的角度为45°的方式插入的情况相比,能将搅拌销F2插入到对接部J1较深的位置处。藉此,能接合到对接部J1的较深的位置处。

[0096] 以上,对本发明的第一实施方式进行了说明,但能够适当地进行设计改变。例如,在本实施方式中,在进行了外角接合工序后进行内角接合工序,但也可以在进行了内角接合工序后进行外角接合工序。

[0097] 此外,也可以在进行了外角接合工序之前,使用小型旋转工具H,通过摩擦搅拌从金属构件1、2的外角对对接部J1进行临时接合。此外,还可以在进行了外角接合工序之前,通过焊接从金属构件1、2的外角对对接部J1进行临时接合。藉此,能防止进行外角接合工序时金属构件1、2的张开。

[0098] 此外,在本实施方式中,在外角接合工序中使用了大型旋转工具G,但也可以使用正式接合用旋转工具F。藉此,能在不对摩擦搅拌装置施加较大负荷的状态下,进行摩擦搅拌,直至对接部J1的较深位置处。

[0099] (第二实施方式)

[0100] 接着,对本发明的第二实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在第二实施方式中,包括对接工序、外角接合工序、堆焊焊接工序、内角接合工序。在第二实施方式中,在利用焊接进行外角接合工序这点上与第一实施方式有所不同。

[0101] 由于对接工序与第一实施方式大致相同,因此,省略说明。如图6(a)所示,外角接合工序是从金属构件1、2的外角侧对对接部J1进行焊接的工序。利用外角接合工序,在对接部J上形成有焊接金属M1。

[0102] 如图6(b)所示,由于堆焊焊接工序及内角接合工序与第一实施方式大致相同,因此,省略说明。在第二实施方式的摩擦搅拌接合方法中,除了对接部J1上形成有间隙S这点之外,能具有与第一实施方式大致相同的效果。此外,由于在进行堆焊焊接工序之前通过焊接将金属构件1、2的外角接合,因此,能防止堆焊焊接工序时的金属构件1、2的张开。

[0103] 另外,在本实施方式中,通过焊接进行了外角接合工序,但也可以使用小型旋转工具H,通过摩擦搅拌从金属构件1、2的外角侧对对接部J1进行外角接合工序。

[0104] 此外,如图6(b)所示,在第二实施方式中,在焊接金属M1与塑性化区域W2间产生了间隙S,但较为理想的是,使在外角接合工序中形成在金属构件1、2的外角处的焊接金属M1或形成在小型旋转工具H的移动轨迹处的塑性化区域(未图示)与在内角接合工序中形成的

塑性化区域W2重叠。藉此,对接部J1整体被接合,并能将间隙S填埋,因此,能提高水密性及气密性,并且能提高接合强度。

[0105] (第三实施方式)

[0106] 接着,对本发明的第三实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在第三实施方式中,包括对接工序、接头件配置工序、外角接合工序、辅助构件配置工序以及内角接合工序。

[0107] 如图7(a)所示,由于对接工序与第一实施方式大致相同,因此,省略说明。接头件配置工序是将接头件4配置于金属构件1、2的工序。在本实施方式中,接头件4呈三棱柱状,并由与金属构件1、2相同的材料形成。接头件4的截面为等腰直角三角形。

[0108] 在接头件配置工序中,将接头件4配置于金属构件1、2的对接部J1的一端侧,来使接头件4的侧面4c(呈三角形的面)与金属构件1的侧面1d及金属构件2的侧面2d抵接。接着,使接头件4的正面4a与金属构件1的端面1a及金属构件2的侧面2c共面,并且通过焊接进行临时接合。

[0109] 在接头件配置工序结束后,将金属构件1、2及接头件4载置于未图示的摩擦搅拌装置的架台,并使用夹子等未图示的夹具将金属构件1、2及接头件4约束成无法移动。

[0110] 如图7(b)所示,外角接合工序是从金属构件1、2的外角侧将金属构件1、2的对接部J1摩擦搅拌接合的工序。由于外角接合工序除了使用接头件4这点之外与第一实施方式大致相同,因此,省略详细的说明。

[0111] 如图8所示,辅助构件配置工序是将辅助构件9配置于金属构件1、2的内角的工序。辅助构件9呈三棱柱状,其由与金属构件1、2相同的材料形成。辅助构件9的截面为等腰直角三角形。辅助构件9以将对接部J1的延长方向覆盖的长度形成。

[0112] 在辅助构件配置工序中,使辅助构件9的侧面9a与金属构件1的侧面1b抵接,并且使侧面9b与金属构件2的侧面2b抵接。此外,辅助构件9的倾斜面9c与接头件4的倾斜面4b呈共面地配置。辅助构件9的截面形状只要根据金属构件1、2的对接角度(内角),以使侧面1b、2b与侧面9a、9b分别面接触的方式适当设定即可。此外,辅助构件9的大小只要适当设定成不会在后述的内角接合工序时导致金属不足、且使因摩擦搅拌而溢出的金属尽可能少的程度即可。

[0113] 如图9所示,内角接合工序是使用正式接合用旋转工具F来将金属构件1、2的内角接合的工序。在本实施方式的内角接合工序中,首先,如图9(a)所示,在构成金属构件1、2的外角的面上配置背面抵接件Q。

[0114] 背面抵接件Q是截面呈L字形的金属制的构件,使其与金属构件1的侧面1c、端面1a及金属构件2的侧面2c接触。接着,将金属构件1、2及背面抵接件Q载置于未图示的摩擦搅拌装置的架台,并使用夹子等未图示的夹具将金属构件1、2及背面抵接件Q约束成无法移动。

[0115] 接着,在内角接合工序中,将旋转的正式接合用旋转工具F插入接头件4的倾斜面4b,并使正式接合用旋转工具F朝向金属构件1、2相对移动。接着,在到达辅助构件9之后,就这样对辅助构件9及对接部J1进行摩擦搅拌接合。在内角接合工序中,如图9(a)及图9(b)所示,使正式接合用旋转工具F的连接部F1与金属构件1、2分开,而仅将搅拌销F2隔着辅助构件9插入对接部J1。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W2。由于正式接合用旋转工具F的插入角度与第一实施方式相同,因此省略说明。

[0116] 根据以上所说明的本实施方式的摩擦搅拌接合,在对金属构件1、2的内角进行接

合的内角接合工序中,由于仅使搅拌销F2与金属构件1、2接触,因此,能抑制接合时的金属构件1的侧面1b及金属构件2的侧面2b的损伤。

[0117] 此外,在本实施方式中,通过将辅助构件9配置于金属构件1、2的内角,对辅助构件9及金属构件1、2进行摩擦搅拌,从而除了金属构件1、2之外,辅助构件9也发生塑性流动化,因此,能补充金属不足。藉此,能防止因金属不足引起的接合不良。

[0118] 在本实施方式中,由于还从金属构件1、2的外角侧对对接部J1进行摩擦搅拌接合,因此,能提高接合强度。此外,在本实施方式中,在对接部J1上,使在外角接合工序中形成的塑性化区域W1与在内角接合工序中形成的塑性化区域W2重叠,因此,能对对接部J1的深度方向整体进行摩擦搅拌。藉此,能使接合部的气密性及水密性提高,并且能进一步提高接合强度。

[0119] 此外,由于在内角接合工序之前进行外角接合工序,因此,能防止辅助构件配置工序及内角接合工序中的金属构件1、2的张开。

[0120] 此外,在内角接合工序中,通过使正式接合用旋转工具F朝一方的金属构件1一侧倾斜,从而与例如沿着图9(b)所示的假想基准面C插入搅拌销F2的情况、即对于垂直的金属构件1、2以使侧面1b、2b和旋转中心轴Fc所成的角度为 45° 的方式插入的情况相比,能将搅拌销F2插入到对接部J1较深的位置处。藉此,能接合到对接部J1的较深的位置处。

[0121] 此外,由于使接头件4的倾斜面4b与辅助构件9的倾斜面9c共面,因此,能容易地进行内角接合工序。此外,通过在内角接合工序后将接头件4切除,从而能在可靠地将对接部J1的端部接合的同时,将金属构件1的侧面1d及金属构件2的侧面2d规整地进行精加工。

[0122] 以上,对第三实施方式进行了说明,但能够适当地进行设计改变。例如,在本实施方式中,在进行了外角接合工序后进行内角接合工序,但也可以在进行了内角接合工序后进行外角接合工序。

[0123] 此外,也可以在进行外角接合工序之前,使用小型旋转工具H,通过摩擦搅拌从金属构件1、2的外角对对接部J1进行临时接合。此外,还可以在进行了外角接合工序之前,通过焊接从金属构件1、2的外角对对接部J1进行临时接合。藉此,能防止进行外角接合工序时金属构件1、2的张开。

[0124] 此外,在本实施方式中,在外角接合工序中使用了大型旋转工具G,但也可以使用正式接合用旋转工具F。藉此,能在不对摩擦搅拌装置施加较大负荷的状态下,进行摩擦搅拌,直至对接部J1的较深位置处。

[0125] (第四实施方式)

[0126] 接着,对本发明的第四实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在第四实施方式中,包括对接工序、接头件配置工序、外角接合工序、辅助构件配置工序以及内角接合工序。在第四实施方式的外角接合工序中,在使用小型旋转工具H这点上与第三实施方式有所不同。

[0127] 由于对接工序及接头件配置工序与第三实施方式大致相同,因此,省略说明。如图10(a)所示,外角接合工序是从金属构件1、2的外角侧对对接部J1进行摩擦搅拌接合的工序。

[0128] 在外角接合工序中,一边将小型旋转工具H插入接头件4的正面4a来朝金属构件1、2侧相对移动,一边就这样使小型旋转工具H沿着对接部J1相对移动。在小型旋转工具H的移

动轨迹上形成有塑性化区域W3。

[0129] 如图10 (b) 所示,由于辅助构件配置工序及内角接合工序与第三实施方式大致相同,因此,省略说明。在第四实施方式的摩擦搅拌接合方法中,除了在对接部J1上形成有间隙S这点之外,能具有与第三实施方式大致相同的效果。此外,由于在进行辅助构件配置工序之前通过摩擦搅拌将金属构件1、2的外角接合,因此,能防止在辅助构件配置工序时金属构件1、2的张开。

[0130] 另外,在本实施方式中,使用小型旋转工具H通过摩擦搅拌接合进行外角接合工序,但也可以通过焊接从金属构件1、2的外角侧对接部J1进行外角接合工序。

[0131] 此外,如图10 (b) 所示,在第四实施方式中,在塑性化区域W2与塑性化区域W3间产生了间隙S,但较为理想的是,使在外角接合工序中形成在金属构件1、2的外角侧的塑性化区域W3或焊接金属(未图示)与在内角接合工序中形成的塑性化区域W2重叠。藉此,对接部J1整体被接合,并能将对接部J1的间隙S填埋,因此,能提高水密性及气密性,并且能提高接合强度。

[0132] (第五实施方式)

[0133] 接着,对本发明的第五实施方式的摩擦搅拌接合进行说明。在第五实施方式中,在进行二次外角接合工序这点上,与上述实施方式有所不同。在第五实施方式中,以与上述实施方式不同的部分为中心进行说明。

[0134] 图11 (a) 是表示第五实施方式的内角接合工序的剖视图。在第五实施方式中,在内角接合工序之前进行外角接合工序,在对接部J1的外角侧形成有塑性化区域W1。如图11 (a) 所示,例如,当将板厚较大的金属构件1、2接合时,存在即便进行了外角接合工序及内角接合工序,也无法将对接部J1整体摩擦搅拌接合的情况。

[0135] 也就是说,存在无法使在外角接合工序中形成的塑性化区域W1与在内角接合工序中形成的塑性化区域W2在对接部J1上重叠而产生间隙S的情况。在图6及图10的情况下,同样地也会在对接部J1内产生间隙S。

[0136] 这样,当在对接部J1上产生间隙S的情况下,较为理想的是,如图11 (b) 所示,使用正式接合用旋转工具F从金属构件1、2的外角侧对接部J1进行二次外角接合工序。在二次外角接合工序中,在仅使正式接合用旋转工具F的搅拌销F2与金属构件1、2接触的状态下进行摩擦搅拌。在二次外角接合工序中的正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W4。

[0137] 在二次外角接合工序中,由于使用正式接合用旋转工具F,因此,在不会对摩擦搅拌装置施加较大的负荷的状态下,能对接部J1的较深位置进行摩擦搅拌。藉此,由于能对接部J1产生的间隙S进行摩擦搅拌,因此,能提高对接部J1的水密性及气密性,并且能进一步提高接合强度。

[0138] (第一变形例)

[0139] 接着,对本发明的摩擦搅拌接合的第一变形例进行说明。在上述实施方式中,当进行内角接合工序时,在金属构件1、2的背面侧使用了背面抵接件Q,但也可以如图12所示使用内角接合用架台R。

[0140] 内角接合用架台R在呈长方体的金属构件的正面设置有凹部R1。凹部R1由第一倾斜面R1a和第二倾斜面R1b构成。第一倾斜面R1a和第二倾斜面R1b的内角例如成90度。

[0141] 在变形例的对接工序中,将金属构件1、2沿着凹部R1配置。此外,在接头件配置工序中,将接头件4、4配置在金属构件1、2的对接部J1的两侧。接头件4以使倾斜面4b朝向上方的方式配置。在配置了接头件4、4之后,用固定夹具R2、R2(仅示出单侧)将金属构件1、2及接头件4、4夹持并固定成无法移动。

[0142] 通过使用第一变形例的内角接合用架台R,从而只要将金属构件1、2及接头件4配置于凹部R1即可,因此,能容易地进行对接工序及接头件配置工序。此外,使用内角接合用架台R,能稳定地进行堆焊焊接工序、辅助构件配置工序或内角接合工序等。

[0143] 此外,在本实施方式中,将金属构件1、2的内角设定为 90° ,但也可以设定为其它角度。在这种情况下,通过适当地改变第一倾斜面R1a与第二倾斜面R1b的内角,从而能以各种角度将金属构件1、2对接。

[0144] (第六实施方式)

[0145] 接着,对本发明的第六实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,进行对接工序、堆焊焊接工序、接合工序。

[0146] 如图13所示,在本实施方式中,通过摩擦搅拌,将使金属构件10、20对接后形成的对接部J1接合。金属构件10、20是金属制的,其呈长方体(板状)。金属构件10、20由相同的材料形成。金属构件10、20的材料只要是能进行摩擦搅拌的金属,则不受特别限制,例如,只要从铝、铝合金、铜、铜合金、钛、钛合金、镁、镁合金等中适当选择即可。

[0147] 金属构件20比金属构件10小。也就是说,配置于上侧的金属构件20的背面20b的面积比配置于下侧的金属构件10的正面10a的面积小。

[0148] 对接工序是使金属构件10、20对接来形成对接部J1的工序。如图13(a)所示,在对接工序中,使金属构件20的背面20b与金属构件10的正面10a的中央部对接。由于金属构件10、20的所要对接的面(正面10a、背面20b)的形状互不相同,因此,通过对接会形成内角,并且金属构件10的正面10a的周围处于露出的状态。如图13(b)所示,内角是由金属构件10的正面10a和金属构件20的侧面20c构成的角部。内角在金属构件10的周向整体上形成。另外,权利要求书中的“所要对接的面的形状互不相同的两个金属构件”是指,也包括像本实施方式的金属构件10、20这样所要对接的面(正面10a、背面20b)的形状相似的情况在内的意思。

[0149] 堆焊焊接工序是在金属构件10的周向范围内对对接部J1进行堆焊焊接的工序。如图14(a)所示,在堆焊焊接工序中,在对接部J1的全周范围内进行TIG焊接或MIG焊接等堆焊焊接。通过进行堆焊焊接工序,从而能利用焊接金属U覆盖内角的全周。较为理想的是,焊接金属U的堆焊量设定成在进行了接合工序之后,不会在塑性化区域W(接合部)的正面形成凹槽或是焊接金属U不会从该正面突出的程度。

[0150] 接合工序是隔着焊接金属U将搅拌销F2插入内角,并在金属构件20的周向范围内进行摩擦搅拌的工序。如图14(b)所示,在接合工序中,使用正式接合用旋转工具F对对接部J1进行摩擦搅拌。首先,将朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入至设定于金属构件10的正面10a的开始位置S1处。

[0151] 使正式接合用旋转工具F朝设定于对接部J1的起点S2侧相对移动,在到达起点S2后,使正式接合用旋转工具F沿着对接部J1绕金属构件20旋转一圈。换言之,在接合工序中,以描画焊接金属U的方式进行摩擦搅拌。如图15(a)所示,在接合工序中,在仅使搅拌销F2与金属构件10、20及焊接金属U接触的状态下进行摩擦搅拌。也就是说,在使搅拌销F2的基端

侧露出的状态下进行摩擦搅拌。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W。搅拌销F2的插入角度只要适当设定即可,但在本实施方式中,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于铅垂面倾斜 45° 。

[0152] 如图15(b)所示,在使正式接合用旋转工具F绕金属构件20旋转一圈,经过起点S2而到达设定于对接部J1的终点E2后,使正式接合用旋转工具F朝正面10a侧相对移动。接着,在设定于正面10a的结束位置E1处,使正式接合用旋转工具F脱离。藉此,对接部J1中的塑性化区域W的始端(起点S2)与终端(终点E2)处于部分重合的状态。

[0153] 在使正式接合用旋转工具F从正面10a脱离后,在正面10a上残留有搅拌销F2的冲孔,但例如也可以实施对上述冲孔进行堆焊焊接等来对冲孔进行修补的修补工序。

[0154] 根据以上所说明的摩擦搅拌接合方法,通过在内角预先实施堆焊焊接,并从焊接金属U的上方对接部J1进行摩擦搅拌,从而能消除内角的金属不足。此外,在接合工序中,通过使塑性化区域W的始端和终端部分重合,从而能提高水密性及气密性。此外,通过在金属构件20的周向范围内连续地接合,从而能提高接合强度。

[0155] (第七实施方式)

[0156] 接着,对本发明的第七实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,在将第一辅助构件30及第二辅助构件31配置于对接部J1来进行摩擦搅拌这点上与第六实施方式有所不同。在第七实施方式的摩擦搅拌接合方法中,以与第六实施方式不同的部分为中心进行说明。

[0157] 在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,进行对接工序、辅助构件配置工序、接合工序。以与第六实施方式相同的方法进行对接工序。

[0158] 如图16(a)所示,辅助构件配置工序是在金属构件20的周向范围内在对接部J1上配置四个第一辅助构件30及四个第二辅助构件31的工序。第一辅助构件(辅助构件)30由金属形成,其呈三棱柱。第一辅助构件30只要是能进行摩擦搅拌的金属即可,但较为理想的是,像本实施方式这样,第一辅助构件30由与金属构件10、20相同的材料形成。

[0159] 第一辅助构件30截面呈直角三角形。第一辅助构件30的长度与金属构件20的各边的长度相等。如图16(b)所示,在辅助构件配置工序中,使第一辅助构件30的底面30a与金属构件10的正面10a面接触,使第一辅助构件30的竖立面30b与金属构件20的侧面20c面接触。在辅助构件配置工序中,将四个第一辅助构件30沿着金属构件20的四条边分别配置。

[0160] 第二辅助构件(辅助构件)31由金属形成,其呈四面体。第二辅助构件31只要是能进行摩擦搅拌的金属即可,但较为理想的是,像本实施方式这样,第二辅助构件31是与金属构件10、20相同的材料。

[0161] 如图17所示,第二辅助构件31的底面31a为等腰直角三角形。第二辅助构件31的竖立面31b、31b分别为等腰直角三角形。第二辅助构件31的竖立面31b、31b为与第一辅助构件30的端面30d(参照图16(b))相同的形状。如图16(a)所示,在辅助构件配置工序中,将第二辅助构件31分别配置于对接部J1的四个角落。

[0162] 在辅助构件配置工序中,使第二辅助构件31的底面31a与金属构件10的正面10a面接触。此外,使第二辅助构件31的竖立面31b、31b与相邻的第一辅助构件30的端面30d、30d分别面接触。藉此,内角(对接部J1)的周围被四个第一辅助构件30和四个第二辅助构件31覆盖。相邻的第一辅助构件30的倾斜面30c、30c与第二辅助构件31的倾斜面31c连续地配

置。较为理想的是,第一辅助构件30及第二辅助构件31的大小设定成在进行了接合工序之后,不会在塑性化区域W(接合部)的正面形成凹槽或是不会在该正面残留各辅助构件的程度。

[0163] 接合工序是隔着第一辅助构件30及第二辅助构件31将搅拌销F2插入内角,并在金属构件20的周向范围内进行摩擦搅拌的工序。如图18所示,在接合工序中,使用正式接合用旋转工具F对对接部J1进行摩擦搅拌。首先,将朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入至设定于金属构件10的正面10a的开始位置S1处。

[0164] 接着,使正式接合用旋转工具F朝设定于对接部J1的起点S2侧相对移动,在到达起点S2后,使正式接合用旋转工具F沿着对接部J1绕金属构件20旋转一圈。换言之,在接合工序中,以描画倾斜面30c、31c的方式进行摩擦搅拌。如图18所示,在接合工序中,在仅使搅拌销F2与金属构件10、20、第一辅助构件30及第二辅助构件31接触的状态下进行摩擦搅拌。也就是说,在使搅拌销F2的基端侧露出的状态下进行摩擦搅拌。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W。搅拌销F2的插入角度只要适当设定即可,但在本实施方式中,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于铅垂面倾斜45°。也就是说,以将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于倾斜面30c、31c垂直地设定的状态进行摩擦搅拌。

[0165] 在使正式接合用旋转工具F绕金属构件20旋转一圈,经过起点S2而到达设定于对接部J1的终点E2后,使正式接合用旋转工具F朝正面10a侧相对移动。接着,在设定于正面10a的结束位置E1处,使正式接合用旋转工具F脱离。藉此,对接部J1中的塑性化区域W的始端(起点S2)与终端(终点E2)处于部分重合的状态。

[0166] 在使正式接合用旋转工具F从正面10a脱离后,在正面10a上残留有搅拌销F2的冲孔,但例如也可以实施对上述冲孔进行堆焊焊接等来对冲孔进行修补的修补工序。

[0167] 根据以上所说明的摩擦搅拌接合方法,通过将第一辅助构件30及第二辅助构件31预先配置于内角,来从第一辅助构件30及第二辅助构件31的上方对对接部J1进行摩擦搅拌,从而能消除对接部J1的金属不足。

[0168] 此外,在接合工序中,通过使塑性化区域W的始端和终端部分重合,从而能提高水密性及气密性。此外,通过在金属构件20的周向范围内连续地接合,从而能提高接合强度。

[0169] 此外,在本实施方式中,通过将四个第二辅助构件31配置于金属构件20的四个角落,从而能将辅助构件配置在对接部J1的周围整体上。藉此,能高平衡性地对对接部J1整体进行摩擦搅拌。另外,在本实施方式中,第一辅助构件30及第二辅助构件31分体构成,但也可以使用由第一辅助构件及第二辅助构件一体形成而成的矩形框状的辅助构件。

[0170] 此外,在第六实施方式及第七实施方式的接合工序中,将摩擦搅拌的开始位置S1设定于金属构件10的正面10a,但也可以将供正式接合用旋转工具F插入的开始位置S1设定在对接部J1上。

[0171] (第八实施方式)

[0172] 接着,对本发明的第八实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,在对圆筒状的金属构件进行接合这点上与第六实施方式有所不同。在第八实施方式的摩擦搅拌接合方法中,以与第六实施方式不同的部分为中心进行说明。

[0173] 在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,进行对接工序、堆焊焊接工序、接合工序。在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,如图19(a)所示,将金属构件10与金属构件40接合。

[0174] 金属构件10呈长方体(板状)。在金属构件10的中央形成有沿板厚方向贯穿的通孔11。通孔11的形状没有特别限制,但在本实施方式中俯视呈圆形。另外,也可以不设置通孔11。

[0175] 金属构件40呈圆筒状。金属构件40的内径比通孔11的内径大。金属构件10、40均由能进行摩擦搅拌的金属形成。在本实施方式中,金属构件10、40由相同的材料形成。

[0176] 对接工序是使金属构件10、40对接的工序。如图19(b)所示,在对接工序中,使金属构件10的正面10a与金属构件40的端面40b对接。在对接工序中,以使通孔11与金属构件40的中空部连通的方式进行对接。由于金属构件10、40的所要对接的面(正面10a、端面40b)的形状互不相同,因此,通过对接会形成内角,并且金属构件10的正面10a的周围处于露出的状态。内角是由金属构件10的正面10a和金属构件40的外周面40a构成的角落部。内角在金属构件40的周向整体上形成。

[0177] 堆焊焊接工序是在金属构件40的周向范围内对对接部J2进行堆焊焊接的工序。如图20(a)所示,在堆焊焊接工序中,在对接部J2的全周范围内进行TIG焊接或MIG焊接等堆焊焊接。通过进行堆焊焊接工序,从而能利用焊接金属U覆盖内角的全周。较为理想的是,焊接金属U的堆焊量设定成在进行了接合工序之后,不会在塑性化区域W(接合部)的正面形成凹槽或是焊接金属U不会从该正面突出的程度。

[0178] 接合工序是隔着焊接金属U将搅拌销F2插入内角,并在金属构件40的周向范围内进行摩擦搅拌的工序。如图20(b)所示,在接合工序中,使用正式接合用旋转工具F对对接部J2进行摩擦搅拌。首先,将朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入至设定于对接部J2的开始位置S1处。

[0179] 接着,使正式接合用旋转工具F沿着对接部J2绕金属构件40旋转一圈。换言之,在接合工序中,以描画焊接金属U的方式进行摩擦搅拌。在接合工序中,在仅使搅拌销F2与金属构件10、40及焊接金属U接触的状态下进行摩擦搅拌。也就是说,在使搅拌销F2的基端侧露出的状态下进行摩擦搅拌。搅拌销F2的插入角度只要适当设定即可,但在本实施方式中,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于铅垂面倾斜 45° 。

[0180] 也可以在摩擦搅拌时,使正式接合用旋转工具F绕金属构件40移动,但在本实施方式中,正式接合用旋转工具F的位置固定,而使金属构件10、40绕铅垂方向轴旋转。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W。

[0181] 如图21所示,在使正式接合用旋转工具F绕金属构件40旋转一圈,经过开始位置S1而到达设定于对接部J1的终点E2后,使正式接合用旋转工具F朝正面10a侧相对移动。接着,在设定于正面10a的结束位置E1处,使正式接合用旋转工具F脱离。

[0182] 在使正式接合用旋转工具F从正面10a脱离后,会在正面10a上残留有搅拌销F2的冲孔,但例如也可以实施对上述冲孔进行堆焊焊接等来对冲孔进行修补的修补工序。

[0183] 根据以上所说明的第八实施方式的摩擦搅拌接合方法,也能起到与第六实施方式大致相同的效果。

[0184] (第九实施方式)

[0185] 接着,对本发明的第九实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。如图22所示,在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,在将辅助构件50配置于对接部J2这点上与第八实施方式有所不同。在第九实施方式的摩擦搅拌接合方法中,以与第八实施方式不同的部分为中心

进行说明。

[0186] 在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,进行对接工序、辅助构件配置工序、接合工序。以与第八实施方式相同的方法进行对接工序。

[0187] 辅助构件配置工序是在金属构件40的周向范围内将辅助构件50配置于对接部J2的工序。如图22(a)所示,辅助构件50呈圆环状,其截面为直角三角形。辅助构件50的内径与金属构件40的外径大致相同。在辅助构件配置工序中,将辅助构件50从金属构件40的端部侧插入。接着,如图22(b)所示,使辅助构件50的底面50a与金属构件10的正面10a面接触,使辅助构件50的竖立面50b与金属构件40的外周面40a面接触。藉此,内角(对接部J2)的周围被辅助构件50覆盖。

[0188] 辅助构件50只要是能进行摩擦搅拌的金属即可,但较为理想的是,像本实施方式这样,辅助构件50是与金属构件10、40相同的材料。

[0189] 接合工序是隔着辅助构件50将搅拌销插入内角,并在金属构件40的周向范围内进行摩擦搅拌的工序。虽然省略了具体的图示,但在接合工序中,使用正式接合用旋转工具F对对接部J2进行摩擦搅拌。首先,将朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入至设定于辅助构件50的倾斜面50c的开始位置处。接着,在仅使搅拌销F2与金属构件10、40及辅助构件50接触的状态下进行摩擦搅拌。

[0190] 在使正式接合用旋转工具F绕金属构件40旋转一圈而使塑性化区域部分重合后,在设定于对接部J2的终点处使正式接合用旋转工具F朝正面10a一侧相对移动。接着,在设定于正面10a的结束位置处,使正式接合用旋转工具F脱离。

[0191] 根据以上所说明的第九实施方式的摩擦搅拌接合方法,也能起到与第七实施方式大致相同的效果。此外,由于辅助构件50为圆环状,因此,能容易地进行辅助构件配置工序。

[0192] 另外,在第八实施方式及第九实施方式中,使用了圆筒状的金属构件40,但也可以使用圆柱状或板状的金属构件,来代替圆筒状的金属构件。在使圆柱状及板状的金属构件与图19(a)所示的金属构件10对接的情况下,通孔11被上述金属构件覆盖。此外,也可以使用呈其它平面形状的筒状的金属构件来代替圆筒状的金属构件40。

[0193] (第十实施方式)

[0194] 接着,对本发明的第十实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,进行对接工序、堆焊焊接工序、接合工序。

[0195] 如图23所示,在本实施方式中,通过摩擦搅拌,将使金属构件101、102对接后形成的对接部J1接合。金属构件101、102是金属制的,其呈长方体(板状)。金属构件101、102由相同的材料形成。金属构件101、102的材料只要是能进行摩擦搅拌的金属,则不受特别限制,例如,只要从铝、铝合金、铜、铜合金、钛、钛合金、镁、镁合金等中适当选择即可。

[0196] 对接工序是使金属构件101、102对接来形成对接部J1的工序。如图23(a)所示,在对接工序中,使金属构件102的端面102c与金属构件101的侧面101a的中央对接来形成对接部J1。通过对接工序,来形成由金属构件101、102构成的被接合金属构件。被接合金属构件主视呈T字形。在金属构件102的两侧形成有第一内角P1及第二内角P2。第一内角P1是由金属构件101的侧面101a和金属构件102的侧面102a构成的角落部。第二内角P2是由金属构件101的侧面101a和金属构件102的侧面102b构成的角落部。

[0197] 堆焊焊接工序是对对接部J1进行堆焊焊接的工序。如图23(a)所示,在堆焊焊接工

序中,在第一内角P1及第二内角P2的延长方向范围内进行TIG焊接或MIG焊接等堆焊焊接。通过进行堆焊焊接,第一内角P1及第二内角P2被焊接金属U1、U2分别覆盖。较为理想的是,焊接金属U1、U2的堆焊量设定成在进行了接合工序之后,不会在塑性化区域W1、W2(接合部)的正面形成凹槽或是焊接金属U1、U2不会从该正面突出的程度。

[0198] 接合工序是使用正式接合用旋转工具F对对接部J1进行摩擦搅拌的工序。如图23(b)及图24所示,在本实施方式中,接合工序进行第一接合工序和第二接合工序,其中,在上述第一接合工序中,对第一内角P1进行摩擦搅拌,在上述第二接合工序中,对第二内角P2进行摩擦搅拌。

[0199] 在第一接合工序中,使朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入第一内角P1,并以描出焊接金属U1的方式进行摩擦搅拌。如图23(b)所示,在第一接合工序中,在仅使搅拌销F2与金属构件101、102及焊接金属U1接触的状态下进行摩擦搅拌。也就是说,在使搅拌销F2的基端侧露出的状态下进行摩擦搅拌。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W1。搅拌销F2的插入角度只要适当设定即可,但在本实施方式中,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于铅垂面倾斜45°。

[0200] 在第二接合工序中,使朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入第二内角P2,并以描出焊接金属U2(参照图23(a))的方式进行摩擦搅拌。如图24所示,在第二接合工序中,在仅使搅拌销F2与金属构件101、102及焊接金属U2接触的状态下进行摩擦搅拌。也就是说,在使搅拌销F2的基端侧露出的状态下进行摩擦搅拌。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W2。搅拌销F2的插入角度只要适当设定即可,但在本实施方式中,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于铅垂面倾斜45°。

[0201] 在第二接合工序中,较为理想的是,将搅拌销F2插入到至少使塑性化区域W2与塑性化区域W1接触的程度,但在本实施方式中,设定成使搅拌销F2的前端进入塑性化区域W1。

[0202] 根据以上所说明的摩擦搅拌接合方法,通过预先对第一内角P1及第二内角P2实施堆焊焊接,来从焊接金属U1、U2的上方对对接部J1进行摩擦搅拌,从而能消除第一内角P1及第二内角P2的金属不足。

[0203] 此外,在本实施方式中,由于对两个内角(第一内角P1及第二内角P2)进行堆焊焊接,因此,能提高被接合金属构件的接合强度。藉此,能稳定地进行接合工序。

[0204] 此外,在本实施方式中,通过对两个内角(第一内角P1及第二内角P2)进行摩擦搅拌,从而,能提高接合部的气密性及水密性,并且能提高接合强度。此外,虽然有可能会在第一接合工序中形成的塑性化区域W1内出现接合缺陷,但通过像本实施方式这样,使搅拌销F2进入塑性化区域W1来进行摩擦搅拌,从而能对该接合缺陷进行修补。藉此,能进一步提高水密性及气密性。

[0205] 另外,关于堆焊焊接工序,在本实施方式中,对第一内角P1及第二内角P2两者进行了堆焊焊接,但只要对至少任意一方进行即可。

[0206] (第十一实施方式)

[0207] 接着,对本发明的第十一实施方式的摩擦搅拌接合方法进行说明。在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,在将第一辅助构件7及第二辅助构件8分别配置于第一内角P1及第二内角P2这点上与第十实施方式有所不同。在第十一实施方式的摩擦搅拌接合方法中,以与第十实施方式不同的部分为中心进行说明。

[0208] 在本实施方式的摩擦搅拌接合方法中,进行对接工序、辅助构件配置工序、接头件配置工序、接合工序。如图25所示,以与第十实施方式相同的方法进行对接工序。

[0209] 辅助构件配置工序是将第一辅助构件(辅助构件)7及第二辅助构件(辅助构件)8配置于对接部J1的工序。第一辅助构件7及第二辅助构件8由金属形成,其呈三棱柱。第一辅助构件7及第二辅助构件8以相同的形状形成。第一辅助构件7及第二辅助构件8只要是能进行摩擦搅拌的金属即可,但较为理想的是,像本实施方式这样,第一辅助构件7及第二辅助构件8由与金属构件101、102相同的材料形成。

[0210] 第一辅助构件7及第二辅助构件8截面呈等腰直角三角形。第一辅助构件7及第二辅助构件8的长度与对接部J1的长度相同。如图25所示,在辅助构件配置工序中,使第一辅助构件7的底面7a与金属构件101的侧面101a面接触,使第一辅助构件7的竖立面7b与金属构件102的侧面102a面接触。藉此,第一内角P1被第一辅助构件7覆盖。

[0211] 此外,在辅助构件配置工序中,使第二辅助构件8的底面8a与金属构件101的侧面101a面接触,使第二辅助构件8的竖立面8b与金属构件102的侧面102b面接触。藉此,第二内角P2被第二辅助构件8覆盖。

[0212] 较为理想的是,第一辅助构件7及第二辅助构件8的大小设定成在进行了接合工序之后,不会在塑性化区域W1、W2(接合部)的正面形成凹槽或是不会在该正面残留各辅助构件的程度。

[0213] 接头件配置工序是将接头件T配置于被接合金属构件的正面的工序。如图26所示,接头件T由与金属构件101、102相同的金属形成,其呈三棱柱。接头件T的截面为等腰直角三角形。接头件T包括底面T1、倾斜面T2、T3。

[0214] 在接头件配置工序中,使接头件T的底面T1与金属构件101的侧面101b共面,并且使接头件T的端面与被接合金属构件的正面(金属构件101的正面101d及金属构件102的正面102d)面接触。接着,通过焊接将接头件T与被接合金属构件临时接合。通过接头件配置工序,使接头件T的倾斜面(工具插入面)T2与第一辅助构件7的倾斜面(露出面)7c共面。此外,使接头件T的倾斜面(工具插入面)T3与第二辅助构件8的倾斜面(露出面)8c共面。

[0215] 接合工序是使用正式接合用旋转工具F对对接部J1进行摩擦搅拌的工序。如图27及图28所示,在本实施方式中,进行第一接合工序和第二接合工序,其中,在上述第一接合工序中,对第一内角P1进行摩擦搅拌,在上述第二接合工序中,对第二内角P2进行摩擦搅拌。

[0216] 在第一接合工序中,首先,将朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入至设定于接头件T的倾斜面T2的开始位置SP。在本实施方式中,以使正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于倾斜面T2垂直的方式插入。接着,使正式接合用旋转工具F朝向被接合金属构件方向相对移动。

[0217] 在正式接合用旋转工具F到达第一辅助构件7之后,就这样以描出倾斜面7c的方式对对接部J1进行摩擦搅拌。也就是说,使正式接合用旋转工具F从被接合金属构件的正面(金属构件101的正面101d及金属构件102的正面102d)侧朝纵深方向相对移动。如图28所示,在第一接合工序中,在仅使搅拌销F2与金属构件101、102及第一辅助构件7接触的状态下进行摩擦搅拌。也就是说,在使搅拌销F2的基端侧露出的状态下进行摩擦搅拌。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W1。搅拌销F2的插入角度只要适当设定即

可,但在本实施方式中,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于铅垂面倾斜 45° 。也就是说,以将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于倾斜面7c垂直地设定的状态进行摩擦搅拌。

[0218] 如图27所示,在第二接合工序中,首先,将朝右旋转的正式接合用旋转工具F插入至设定于接头件T的倾斜面T3的开始位置。在本实施方式中,以使正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于倾斜面T3垂直的方式插入。接着,使正式接合用旋转工具F朝向被接合金属构件方向相对移动。

[0219] 在正式接合用旋转工具F到达第二辅助构件8之后,就这样以描出倾斜面8c的方式对对接部J1进行摩擦搅拌。如图29所示,在第二接合工序中,在仅使搅拌销F2与金属构件101、102及第二辅助构件8接触的状态下进行摩擦搅拌。也就是说,在使搅拌销F2的基端侧露出的状态下进行摩擦搅拌。在正式接合用旋转工具F的移动轨迹上形成有塑性化区域W2。搅拌销F2的插入角度只要适当设定即可,但在本实施方式中,将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于铅垂面倾斜 45° 。也就是说,以将正式接合用旋转工具F的旋转中心轴相对于倾斜面8c垂直地设定的状态进行摩擦搅拌。

[0220] 在第二接合工序中,较为理想的是,将搅拌销F2插入到至少使塑性化区域W2与塑性化区域W1接触的程度,但在本实施方式中,设定成使搅拌销F2的前端进入塑性化区域W1。在结束接合工序之后,将接头件T从被接合金属构件切除。

[0221] 根据以上所说明的摩擦搅拌接合方法,通过预先将第一辅助构件7及第二辅助构件8分别配置于第一内角P1及第二内角P2,来从第一辅助构件7及第二辅助构件8的上方对对接部J1进行摩擦搅拌,从而能消除第一内角P1及第二内角P2的金属不足。

[0222] 此外,在本实施方式中,通过对两个内角(第一内角P1及第二内角P2)进行摩擦搅拌,从而能提高接合部的气密性及水密性,并且能提高接合强度。此外,虽然有可能会在第一接合工序中形成的塑性化区域W1内出现接合缺陷,但通过像本实施方式这样,使搅拌销F2进入塑性化区域W1来进行摩擦搅拌,从而能对该接合缺陷进行修补。藉此,能进一步提高水密性及气密性。

[0223] 此外,通过配置接头件T,从而能将接合工序的正式接合用旋转工具F的开始位置(插入位置)设定于接头件T。此外,由于能将第一接合工序及第二接合工序的开始位置(插入位置)设定于一个接头件T,因此,能提高作业效率。此外,通过使接头件T的倾斜面(工具插入面)T2与第一辅助构件7的倾斜面(露出面)7c设定成共面,并且使接头件T的倾斜面(工具插入面)T3与第二辅助构件8的倾斜面(露出面)8c设定成共面,从而能顺畅地进行接合工序。

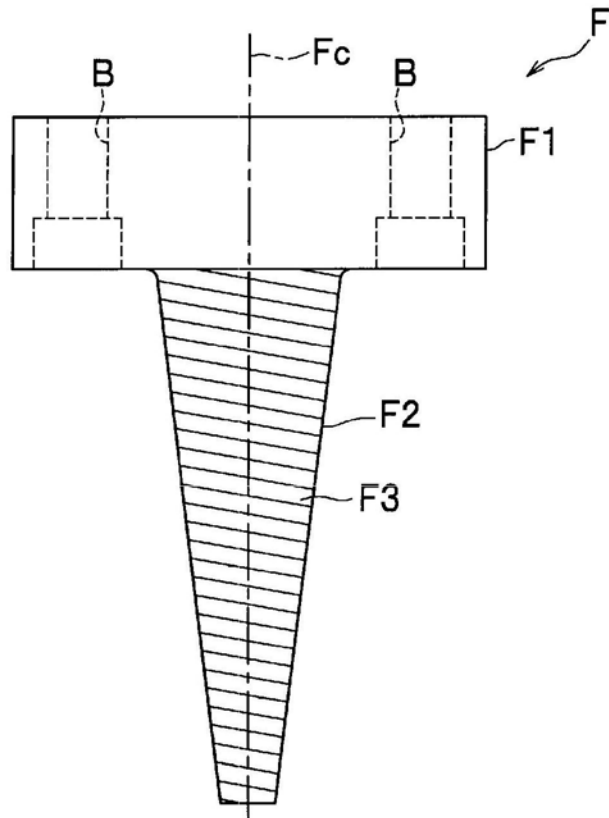
[0224] 另外,在本实施方式中,由于第一辅助构件7及第二辅助构件8为三棱柱,因此,能使供搅拌销F2插入的面、即在内角中露出的露出面成为倾斜面7c、8c,但不限于此。第一辅助构件及第二辅助构件中的供搅拌销F2插入的面(露出面)也可以是曲面。在这种情况下,较为理想的是,也对接头件T的工具插入面的形状进行改变,以与该曲面共面。藉此,能顺畅地进行接合工序。

[0225] 此外,在第十实施方式中,也可以使用接头件T进行接合工序。在这种情况下,较为理想的是,也使接头件T的各工具插入面与焊接金属U1、U2的露出面设定成基本共面。

[0226] (符号说明)

- [0227] 1 金属构件
- [0228] 1a 端面
- [0229] 1b 侧面
- [0230] 1c 侧面
- [0231] 1d 侧面
- [0232] 2 金属构件
- [0233] 2a 端面
- [0234] 2b 侧面
- [0235] 2c 侧面
- [0236] 2d 侧面
- [0237] 3 接头件
- [0238] 4 接头件
- [0239] 7 第一辅助构件(辅助构件)
- [0240] 8 第二辅助构件(辅助构件)
- [0241] 9 辅助构件
- [0242] 10 金属构件
- [0243] 20 金属构件
- [0244] 30 第一辅助构件(辅助构件)
- [0245] 31 第二辅助构件(辅助构件)
- [0246] 40 金属构件
- [0247] 50 辅助构件
- [0248] C 假想基准面
- [0249] C1 交线
- [0250] F 正式接合用旋转工具
- [0251] F1 连接部
- [0252] F2 搅拌销
- [0253] G 大型旋转工具
- [0254] H 小型旋转工具
- [0255] M 焊接金属
- [0256] U1 焊接金属
- [0257] U2 焊接金属
- [0258] J1 对接部
- [0259] J2 对接部
- [0260] T 接头件
- [0261] W 塑性化区域
- [0262] W1~W4 塑性化区域。

(a)



(b)

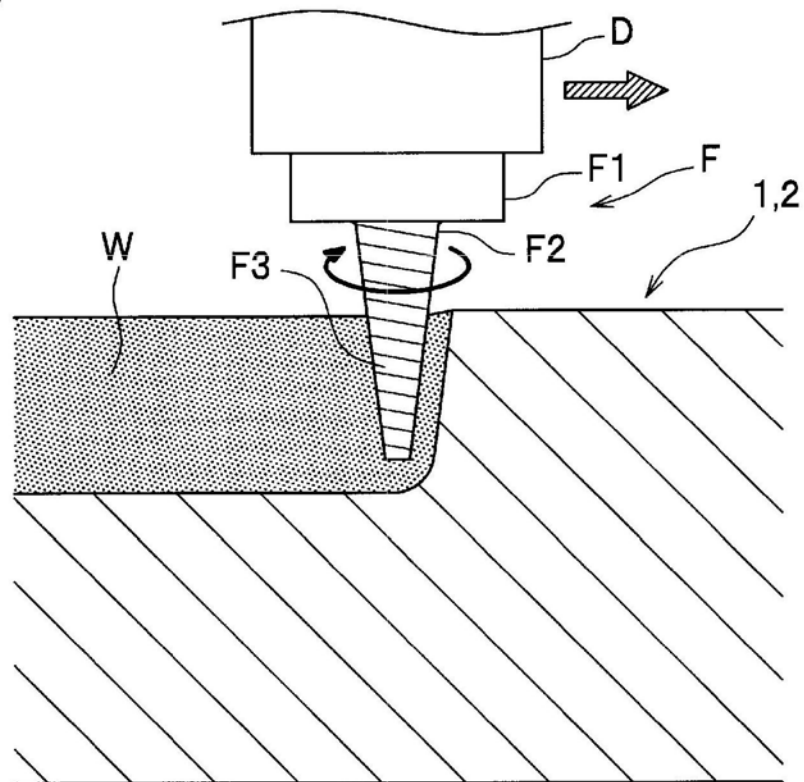
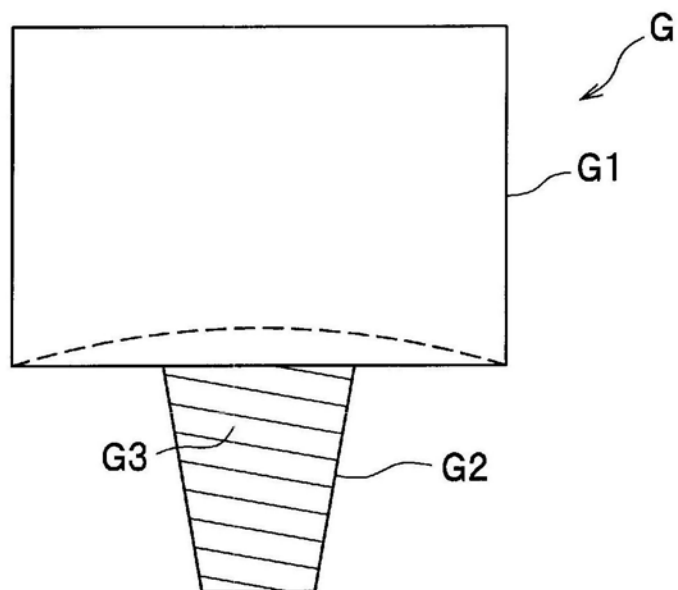


图1

(a)



(b)

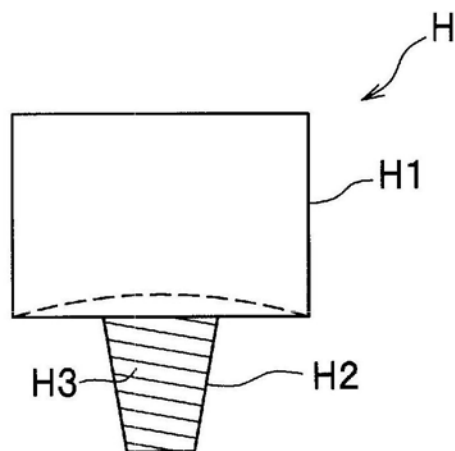
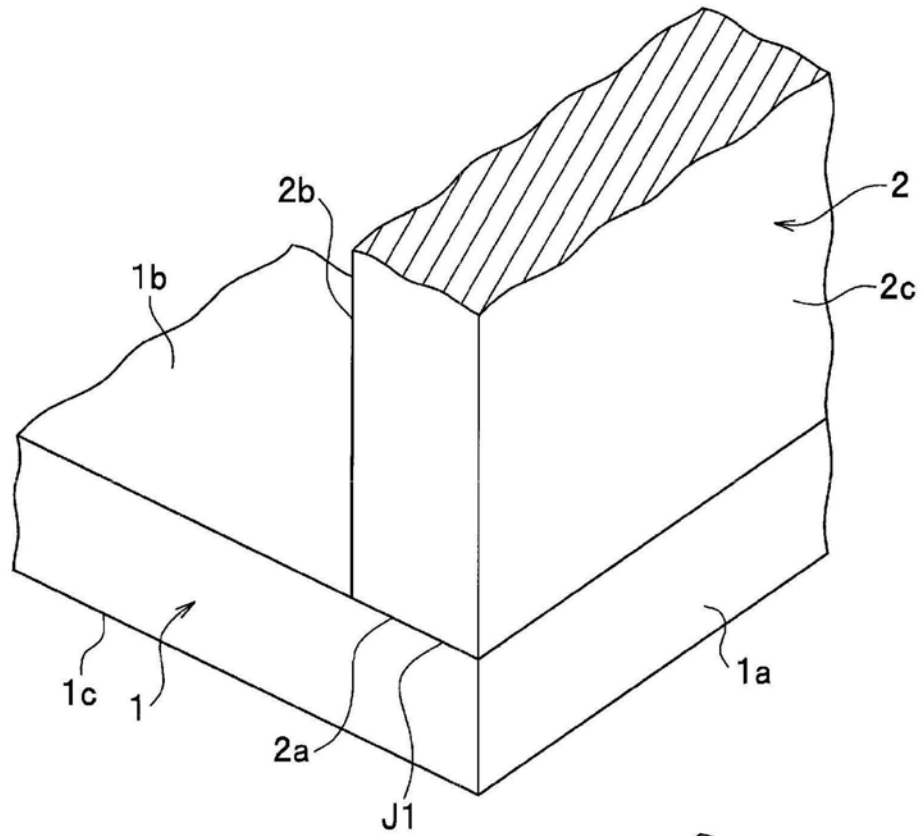


图2

(a)



(b)

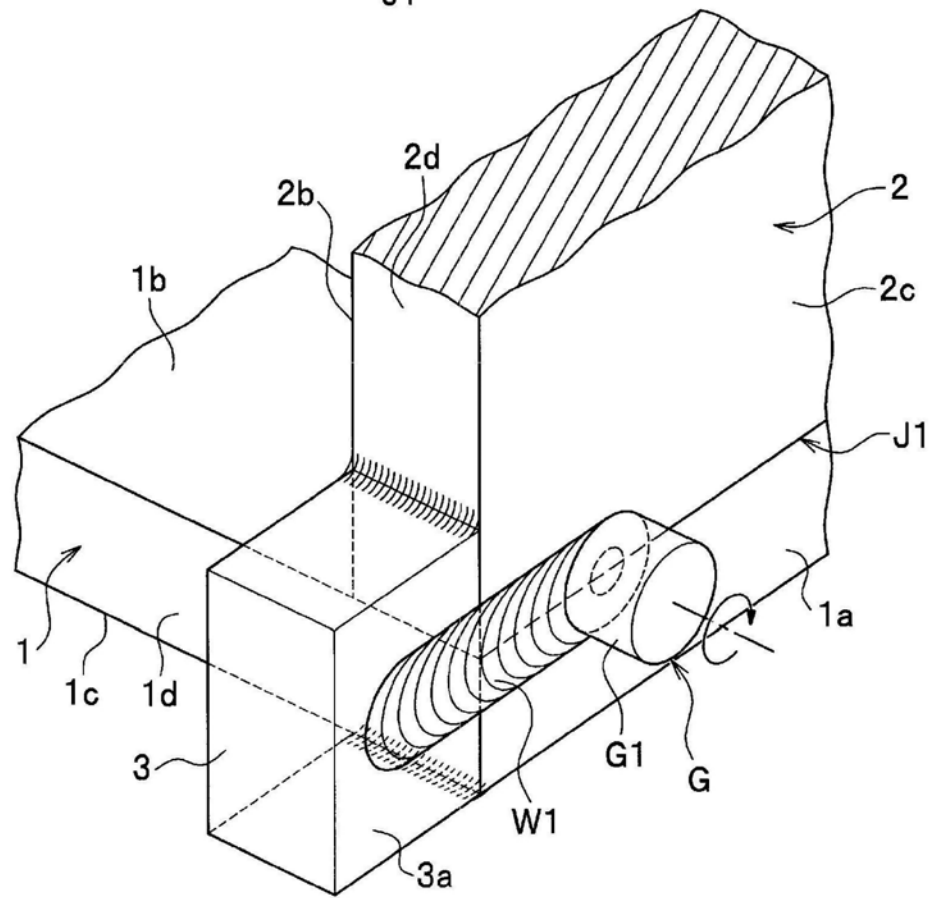


图3

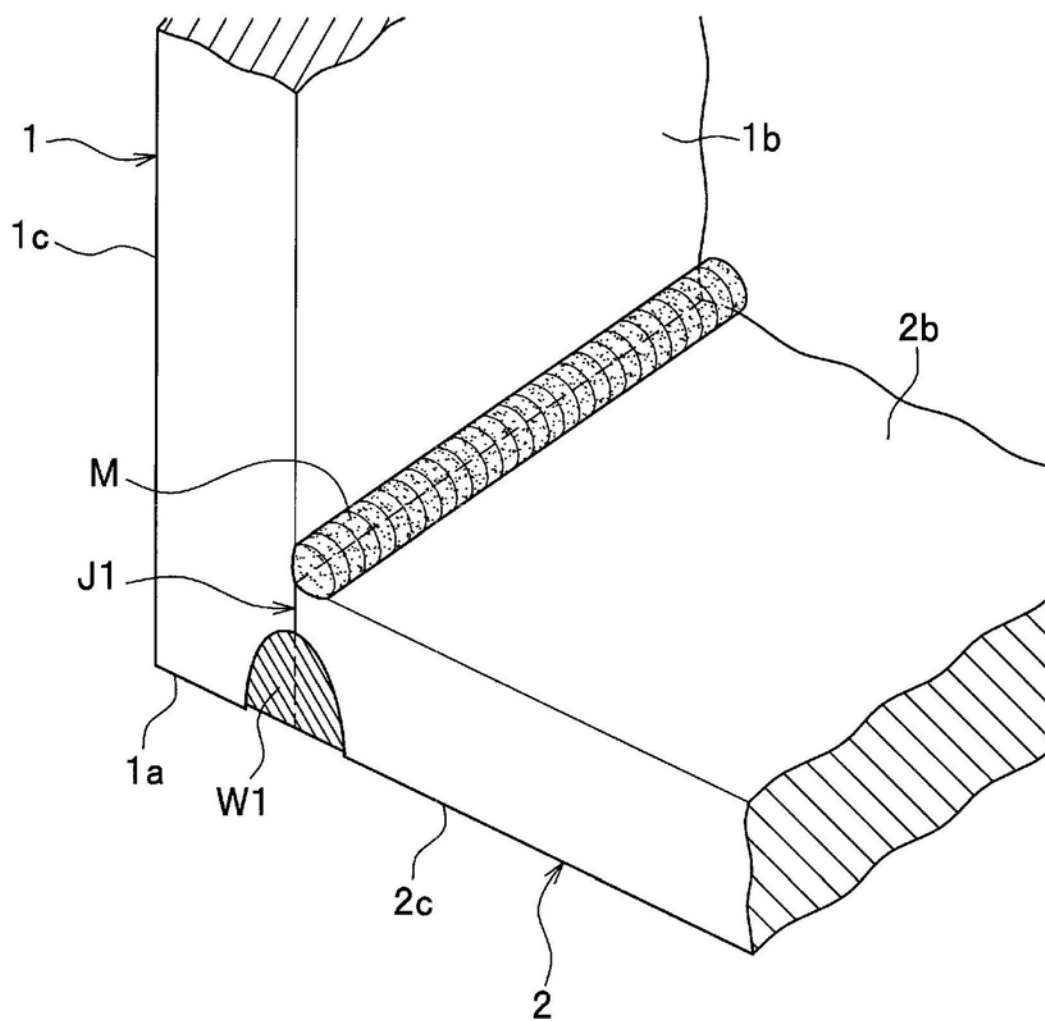


图4

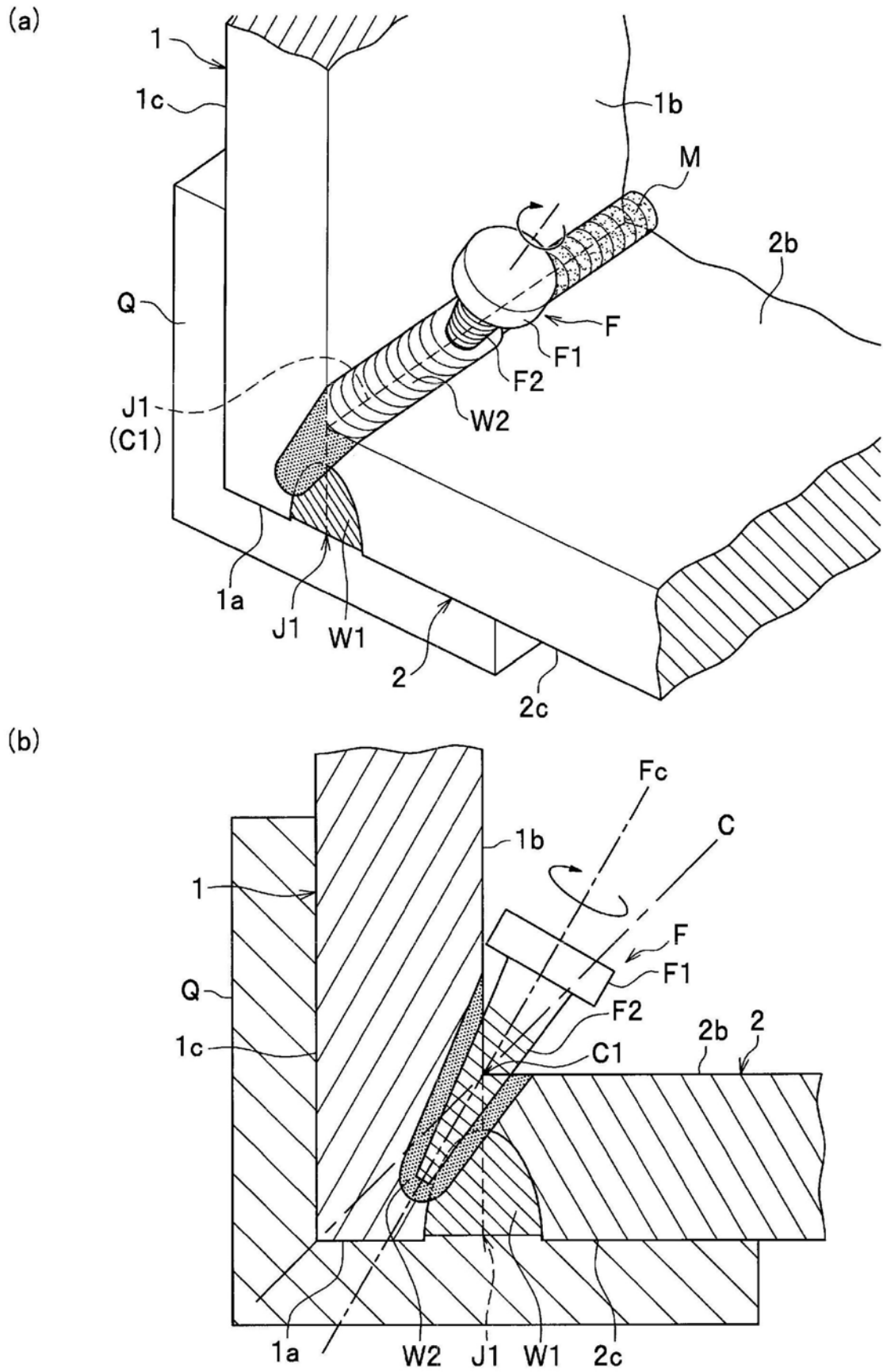


图5

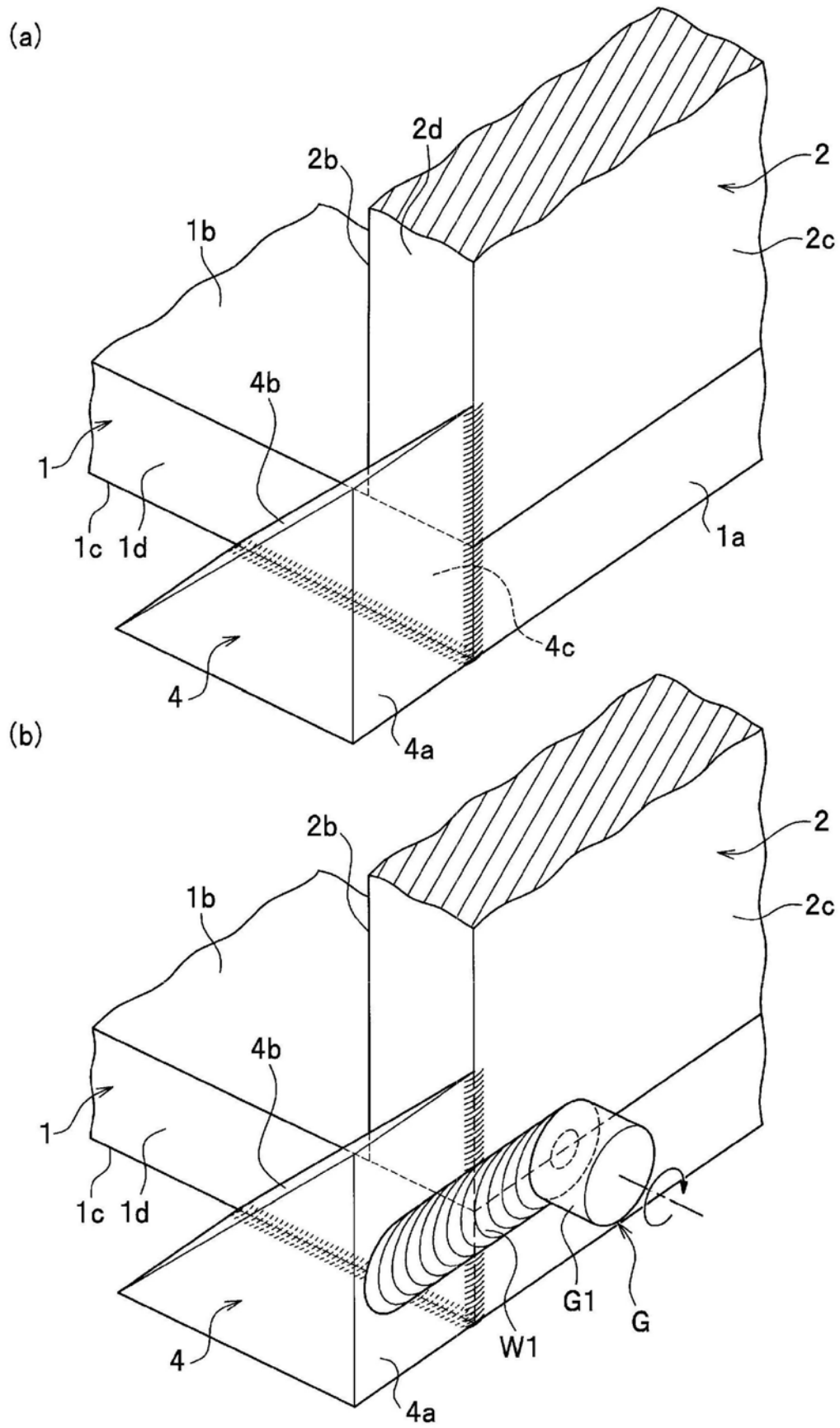


图7

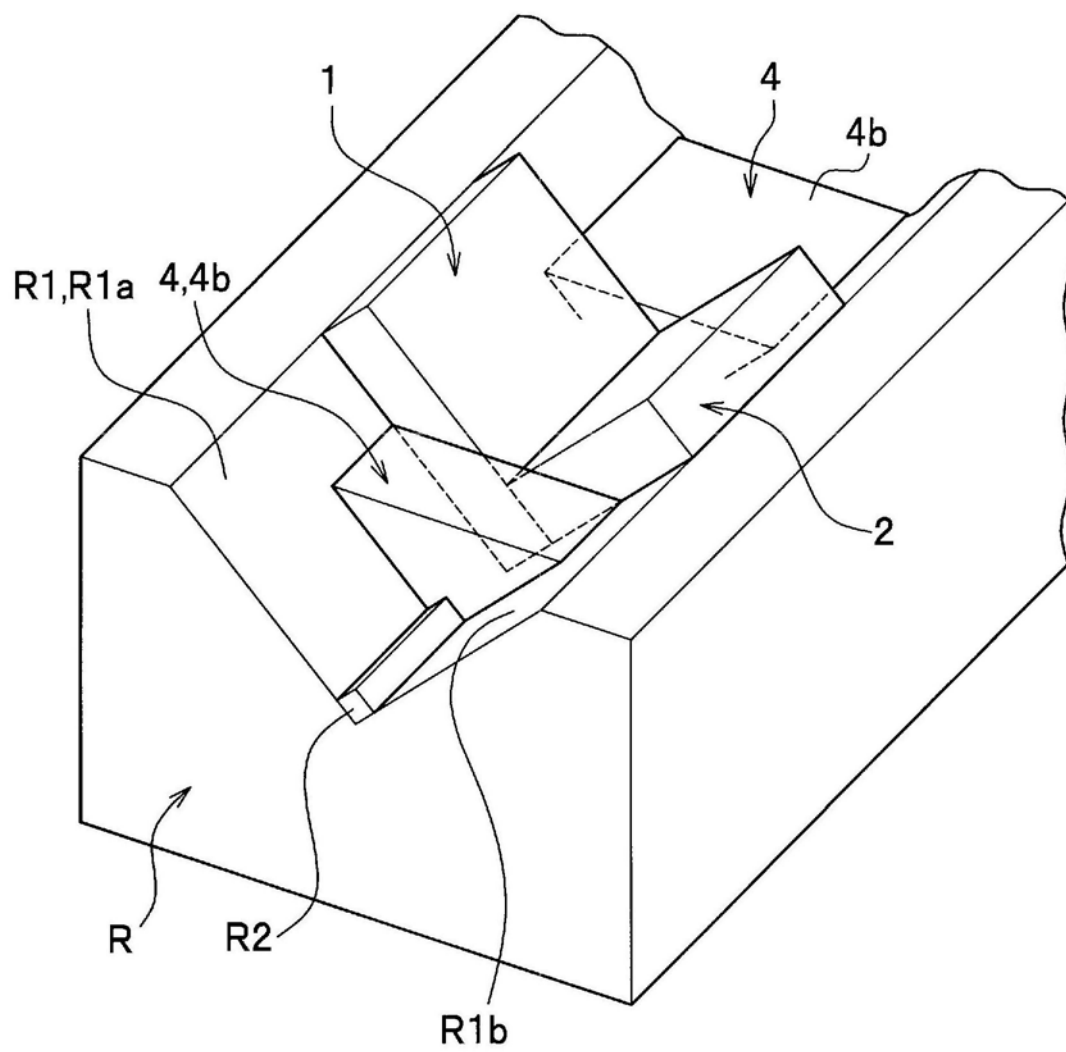


图12

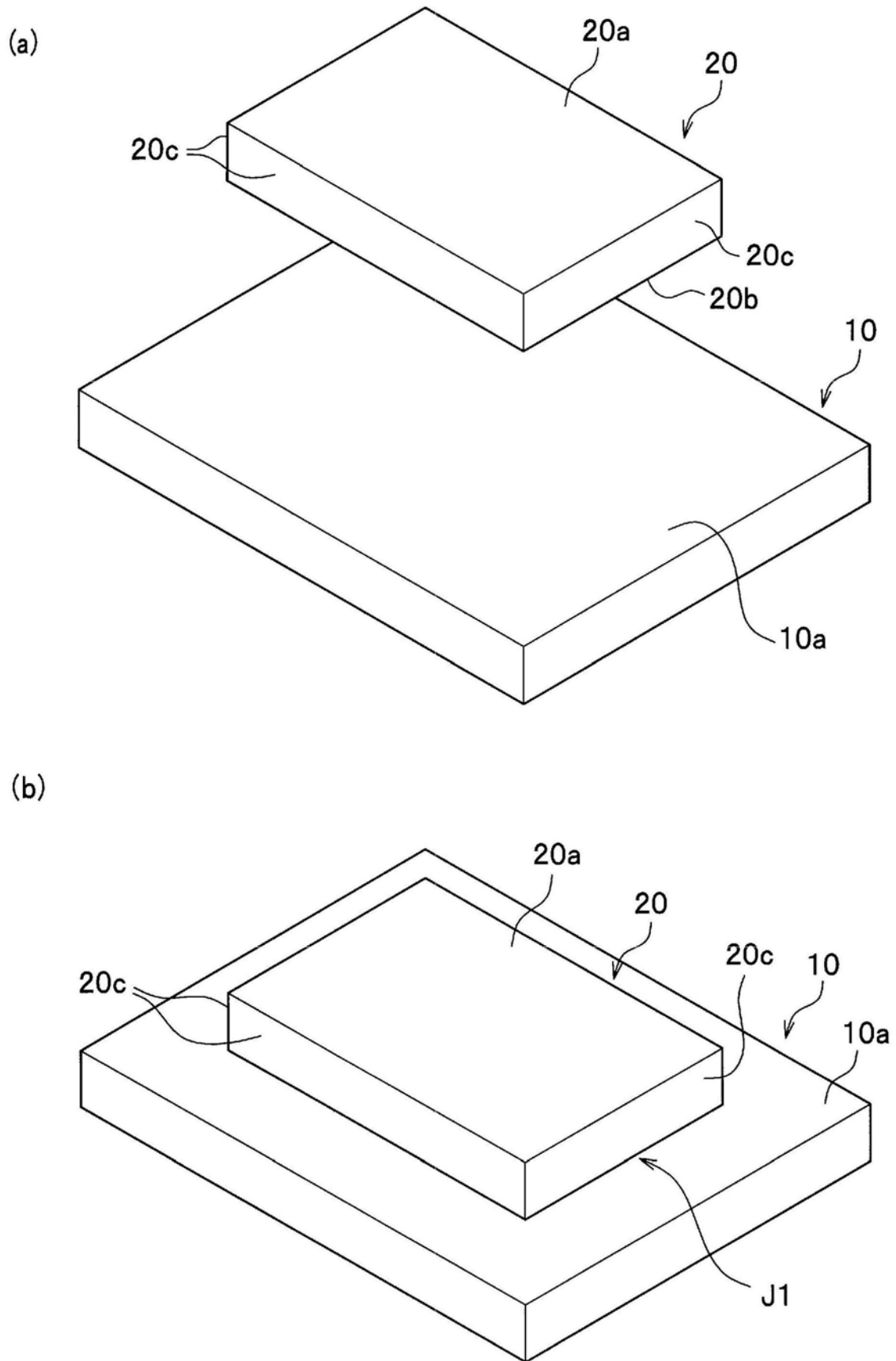


图13

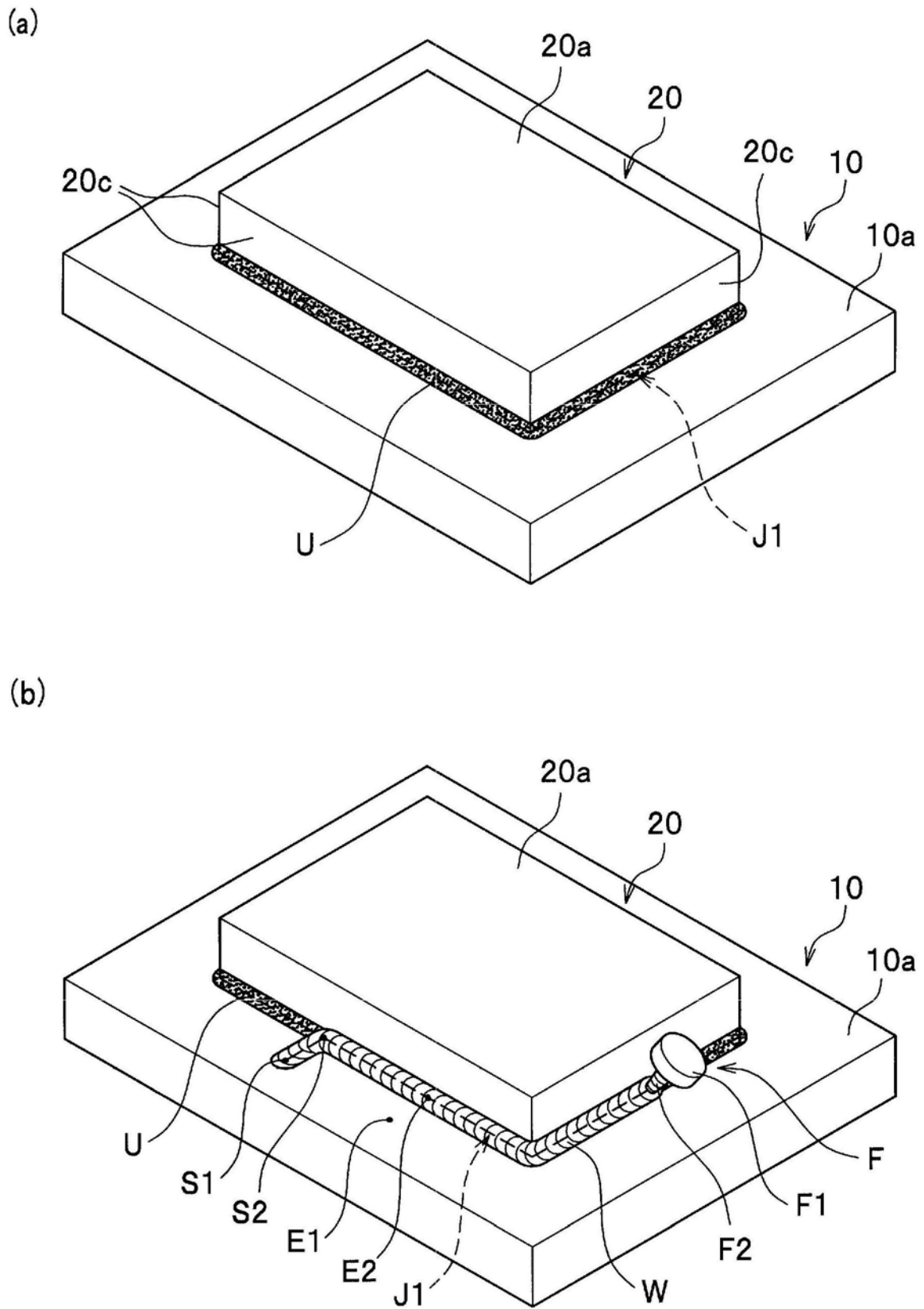
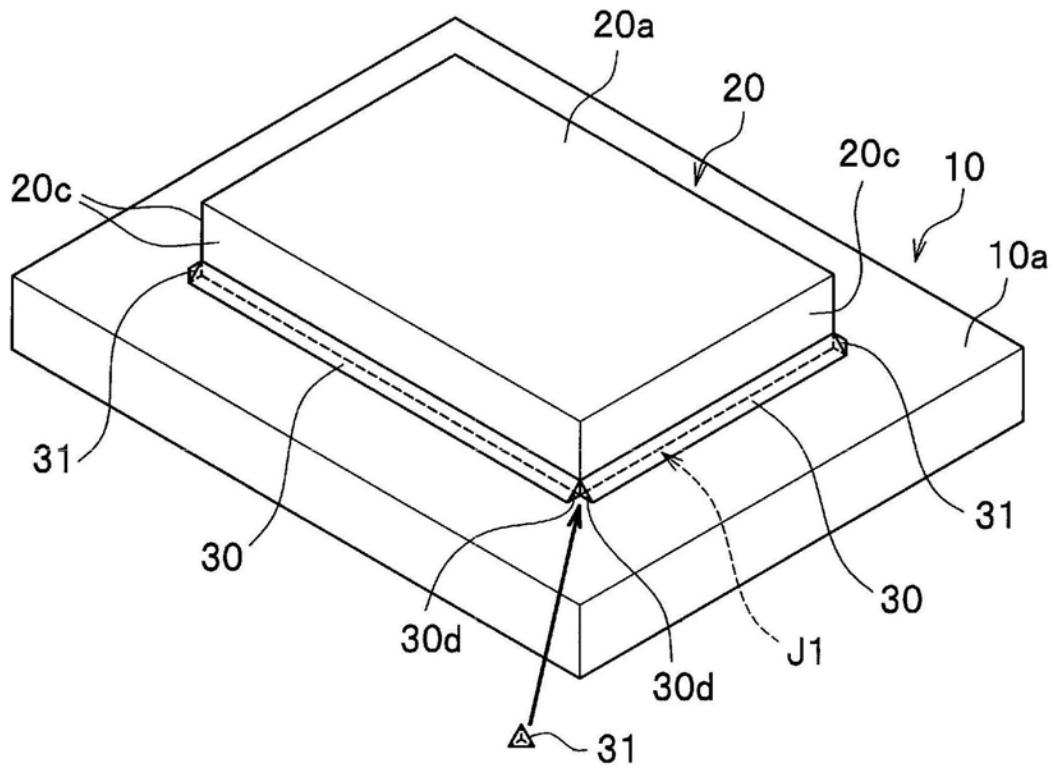


图14

(a)



(b)

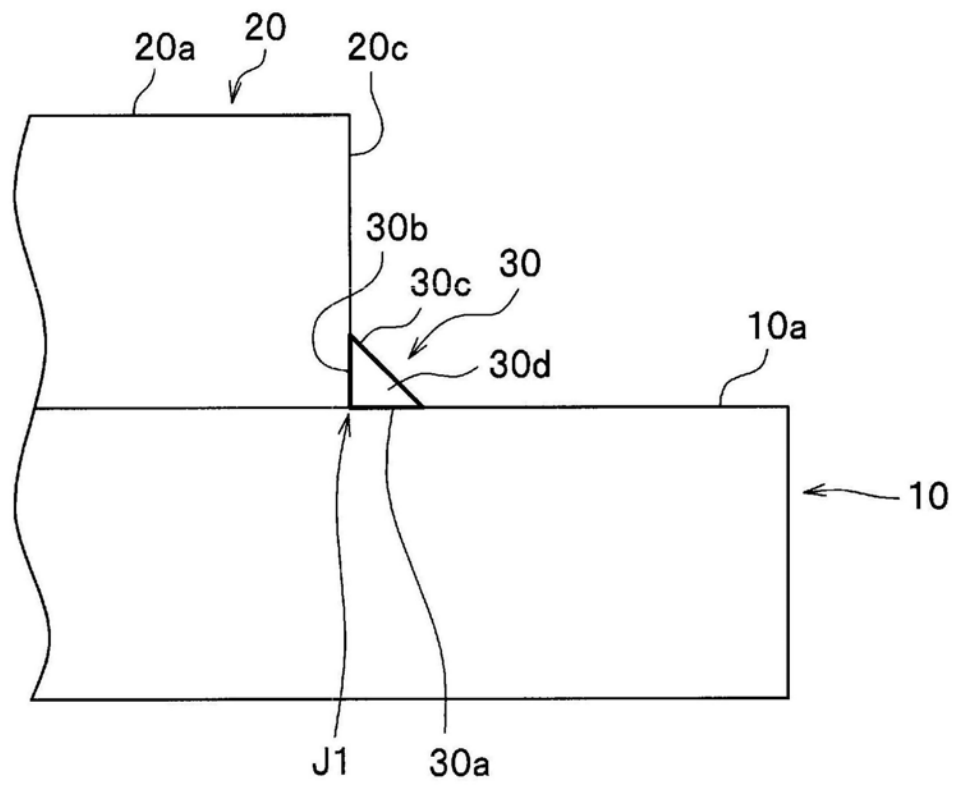


图16

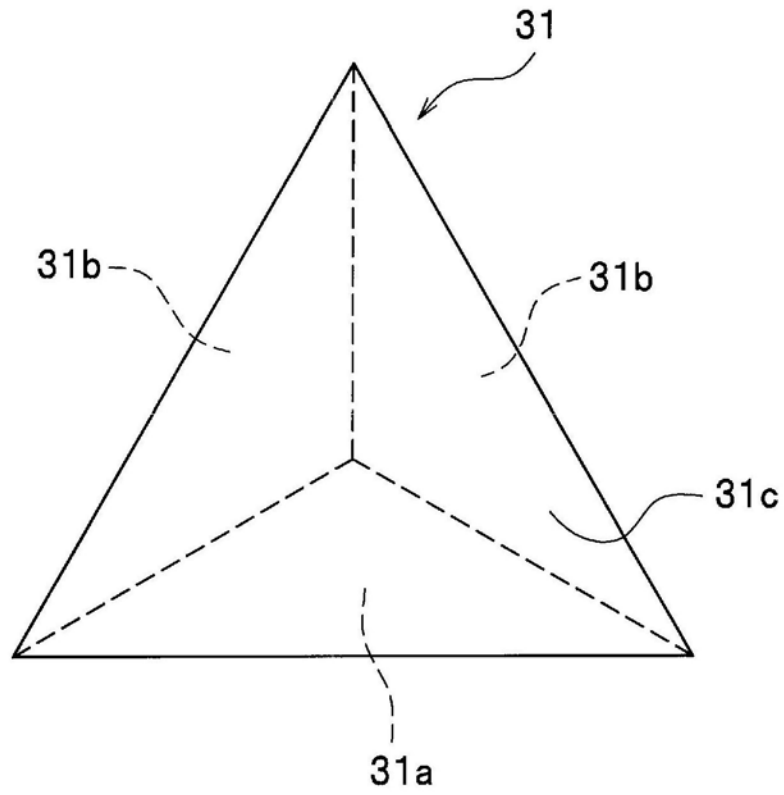


图17

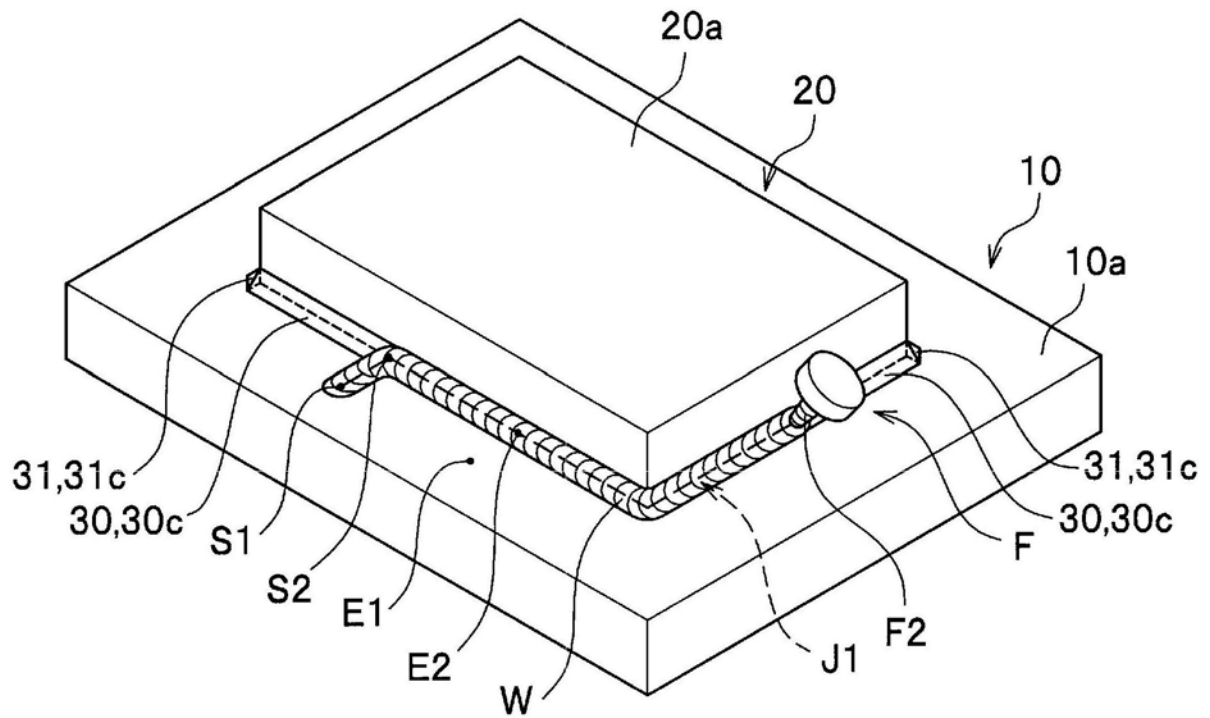


图18

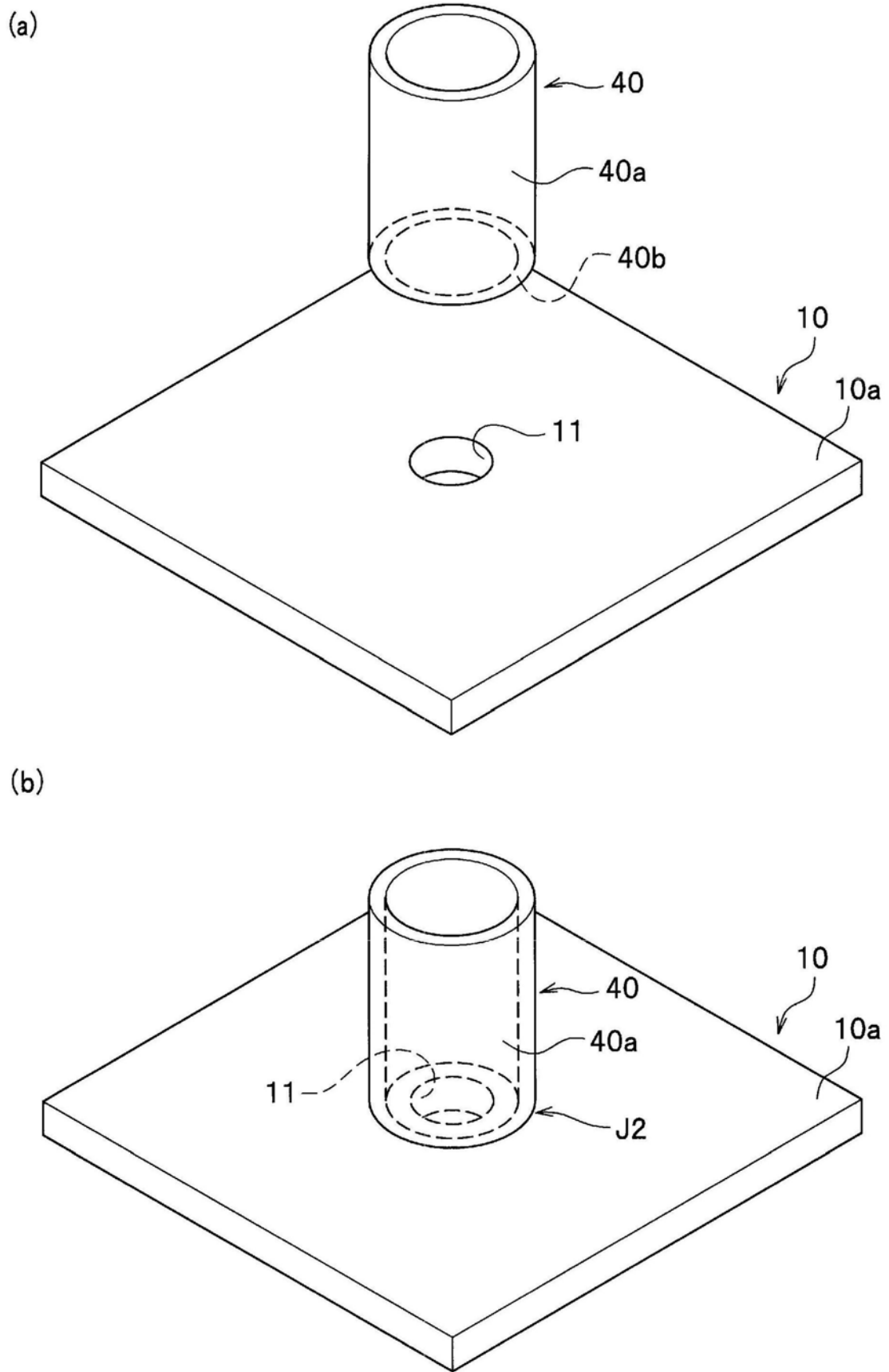


图19

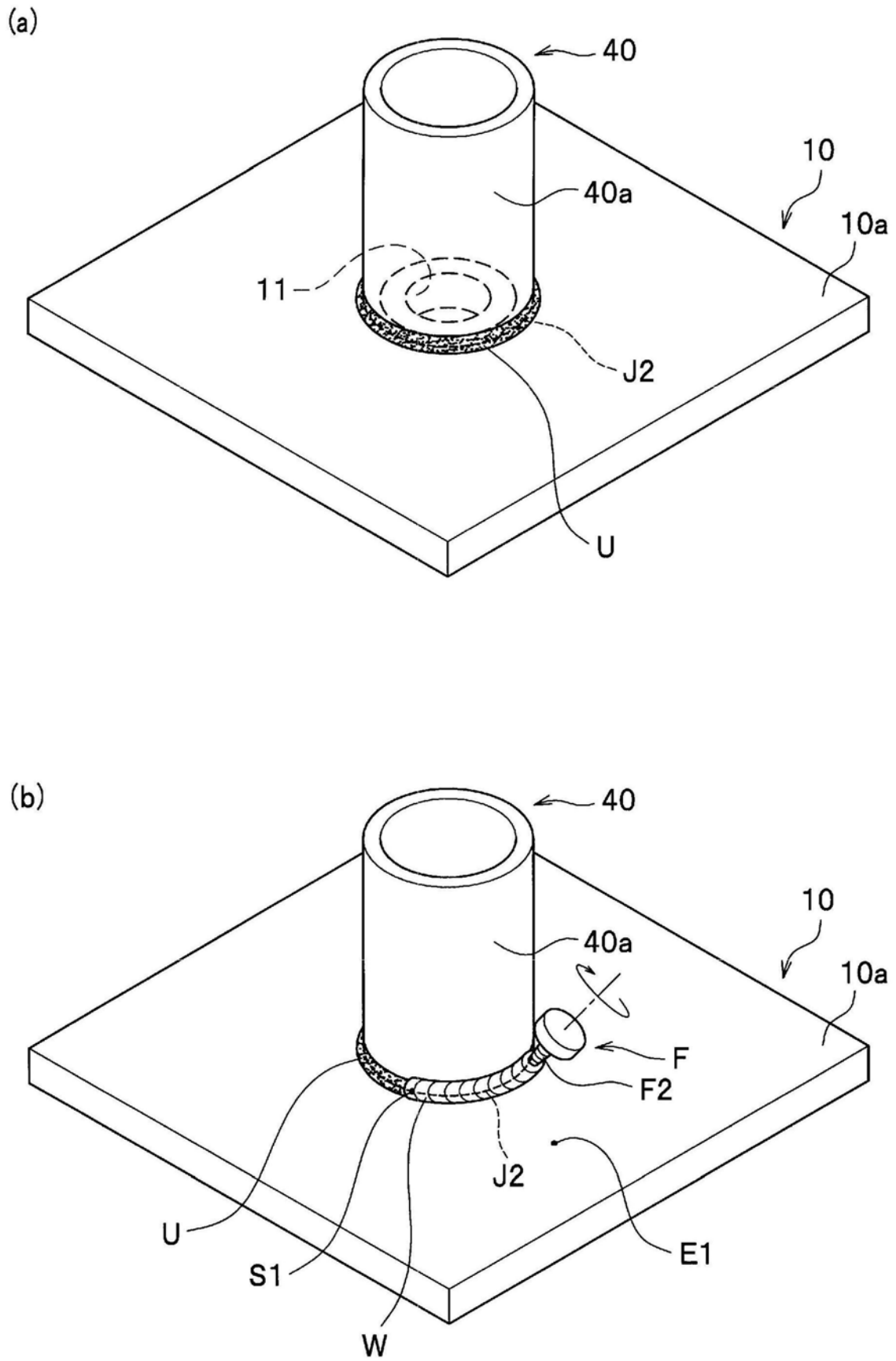
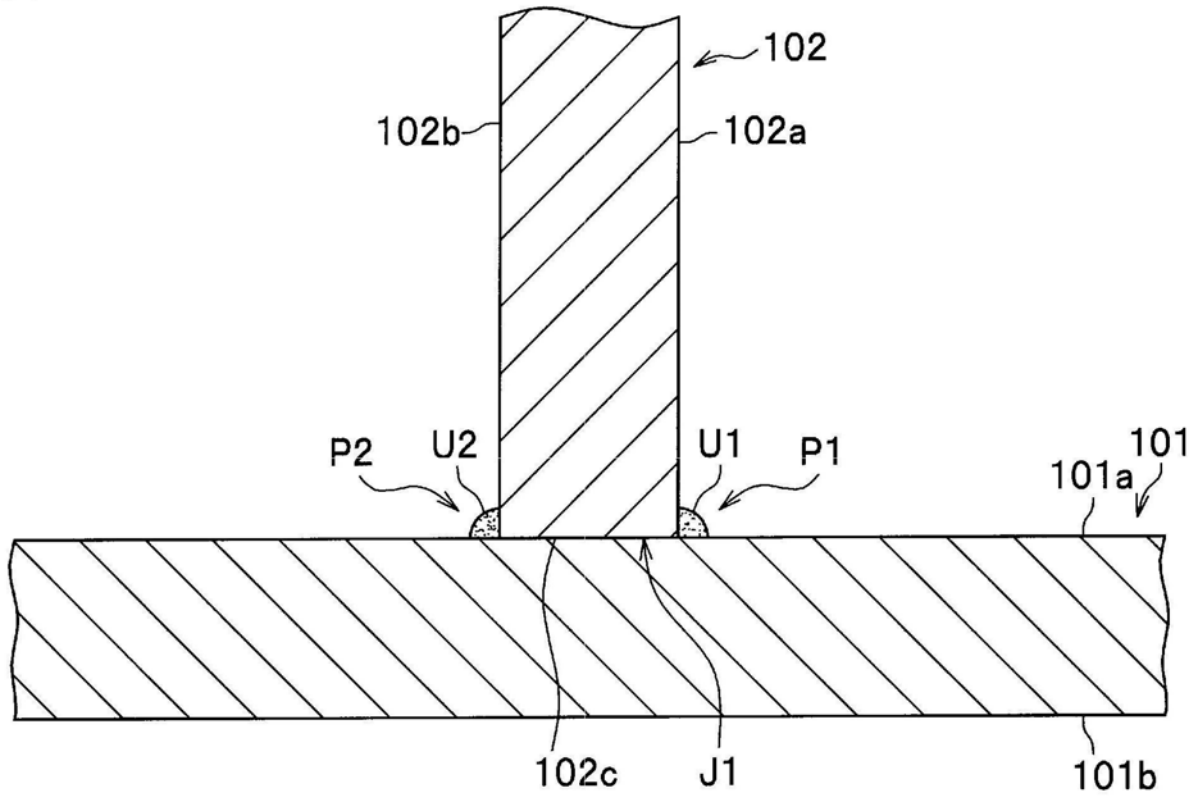


图20

(a)



(b)

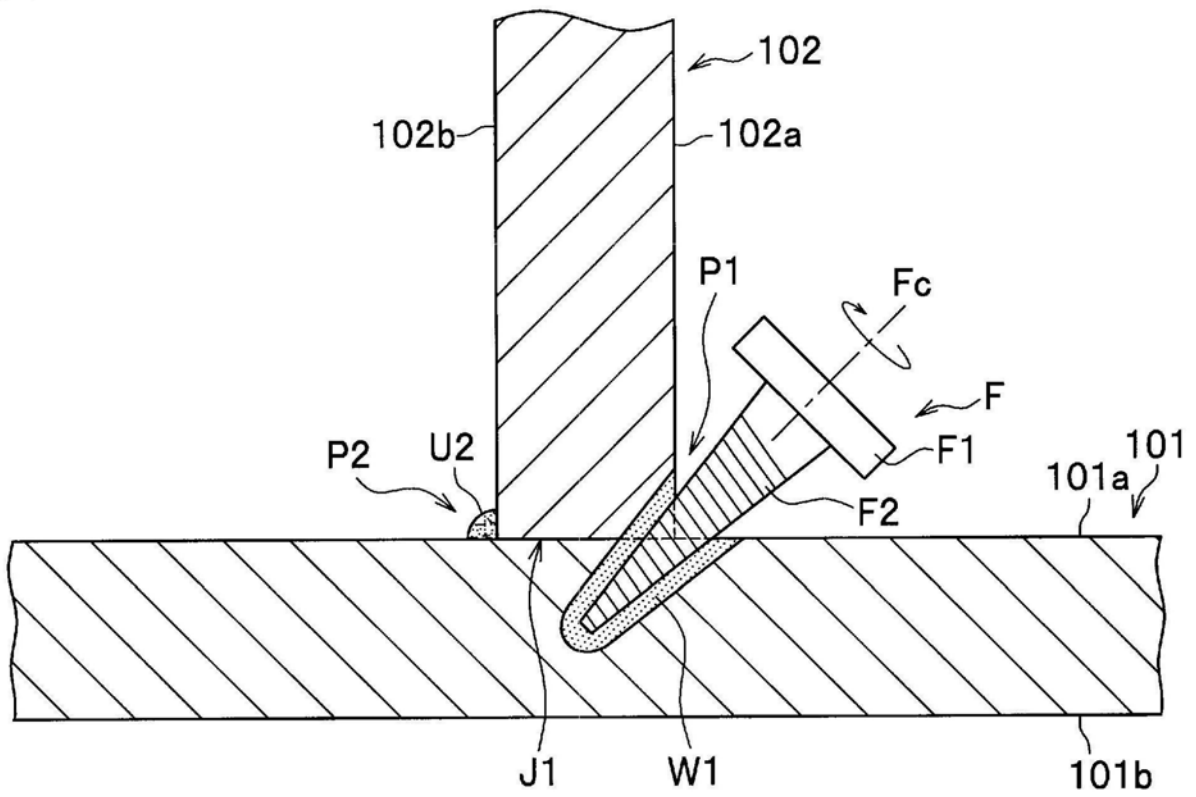


图23

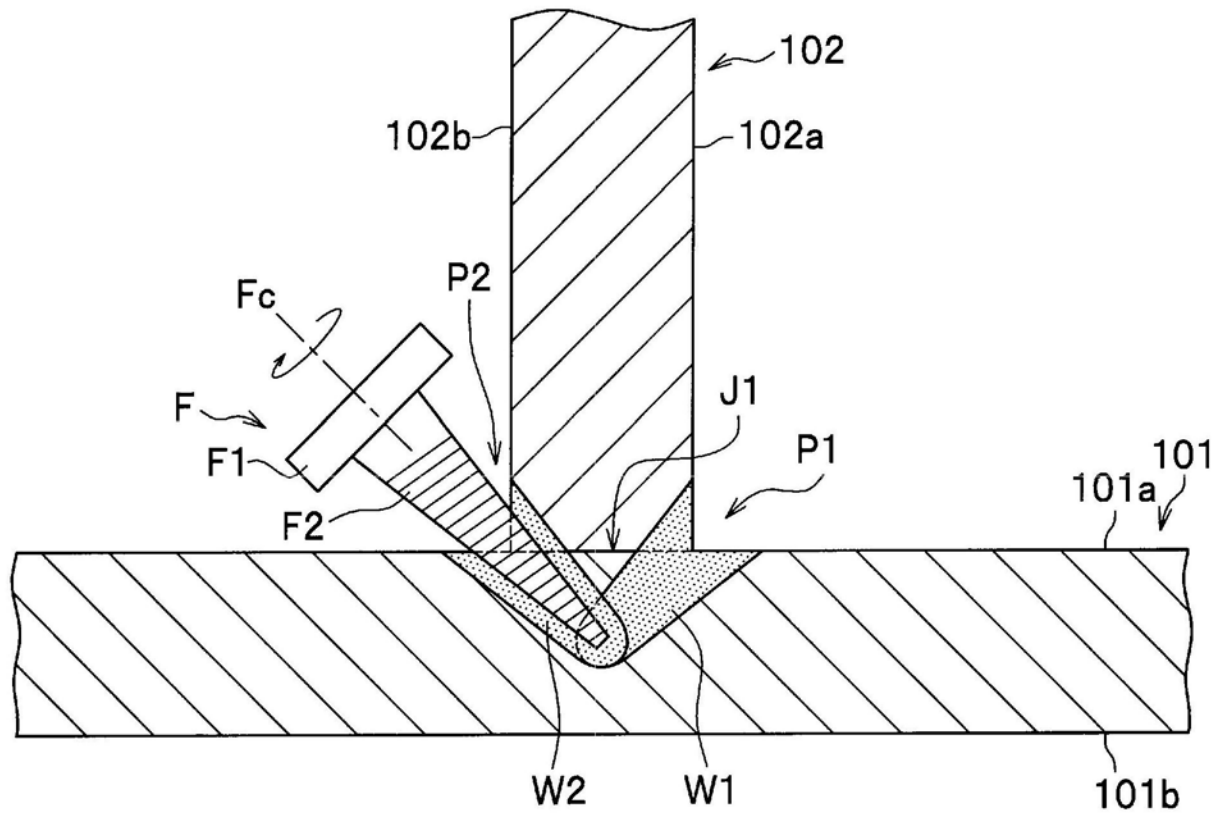


图24

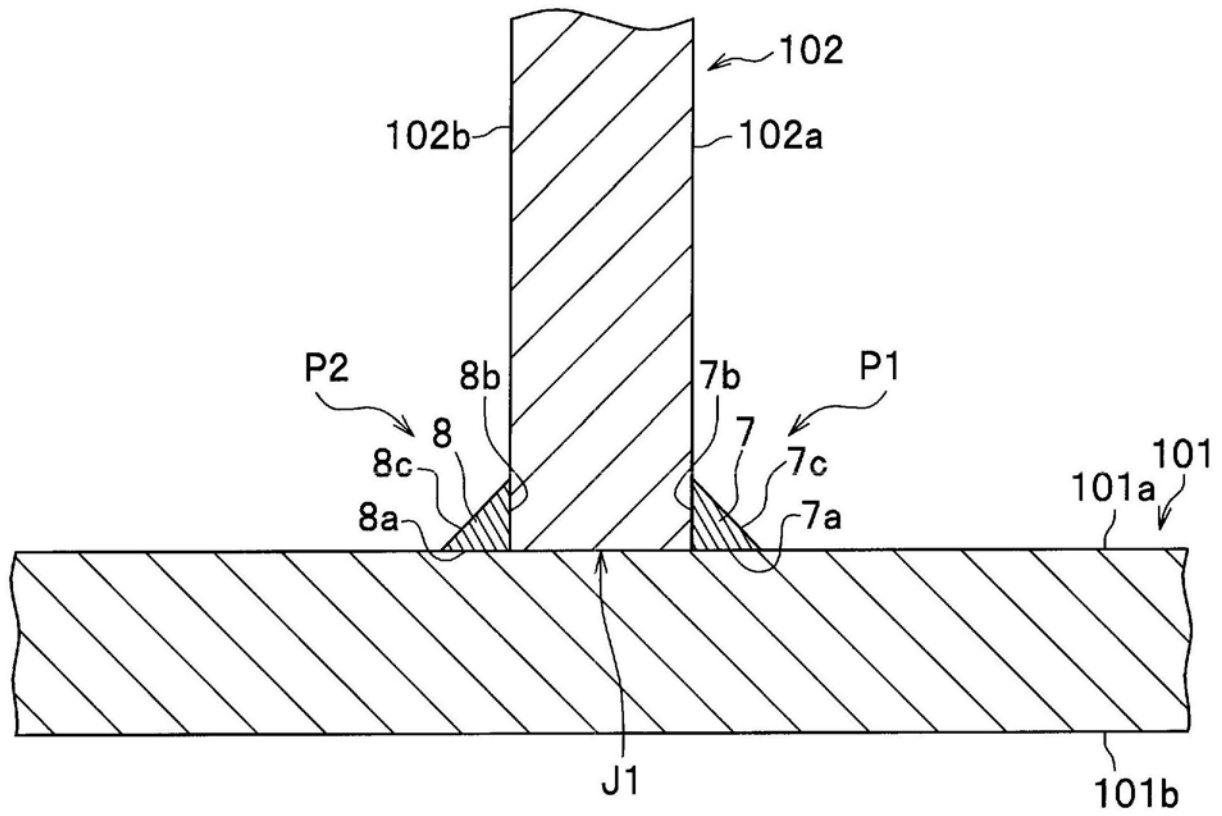


图25

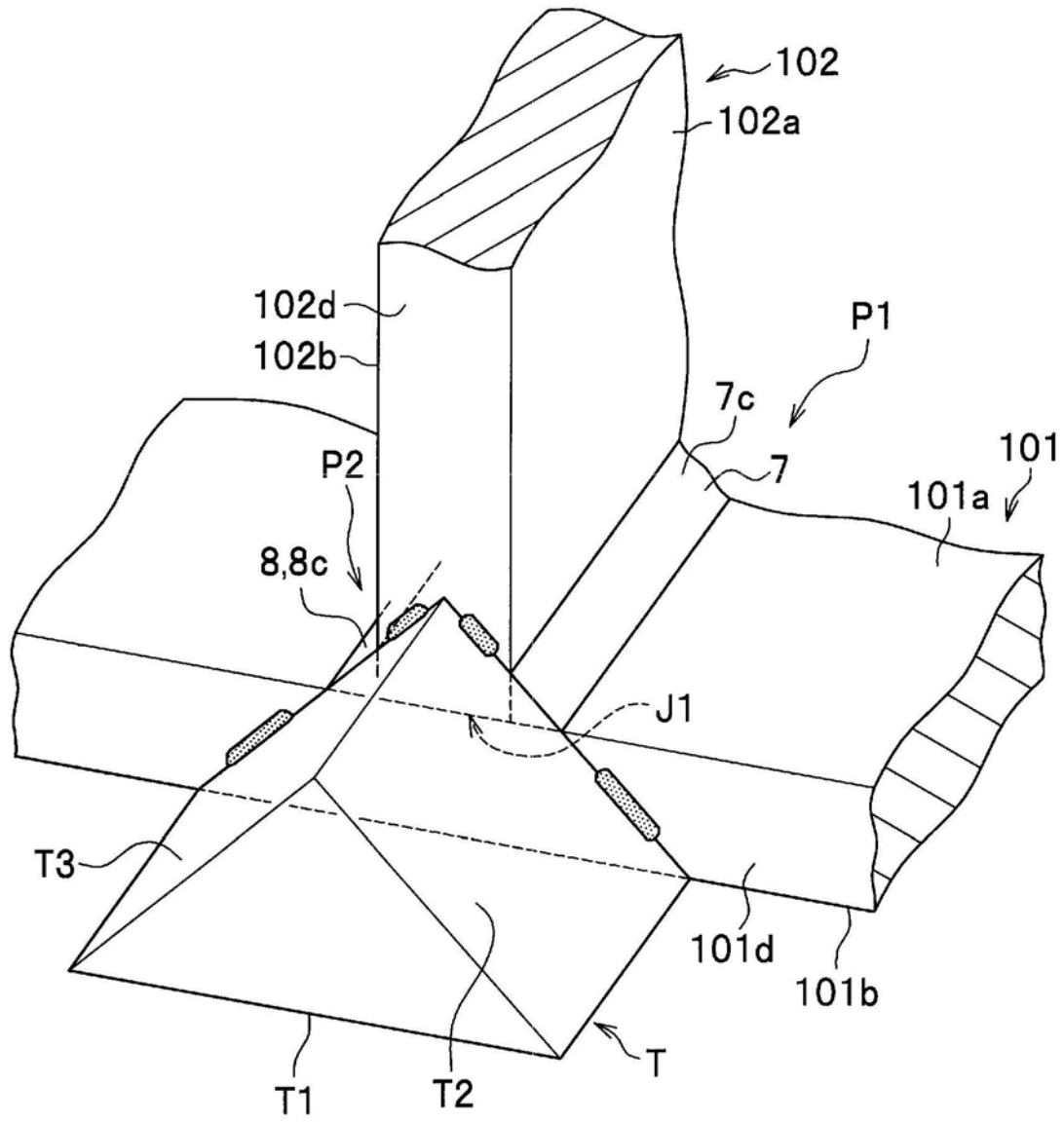


图26

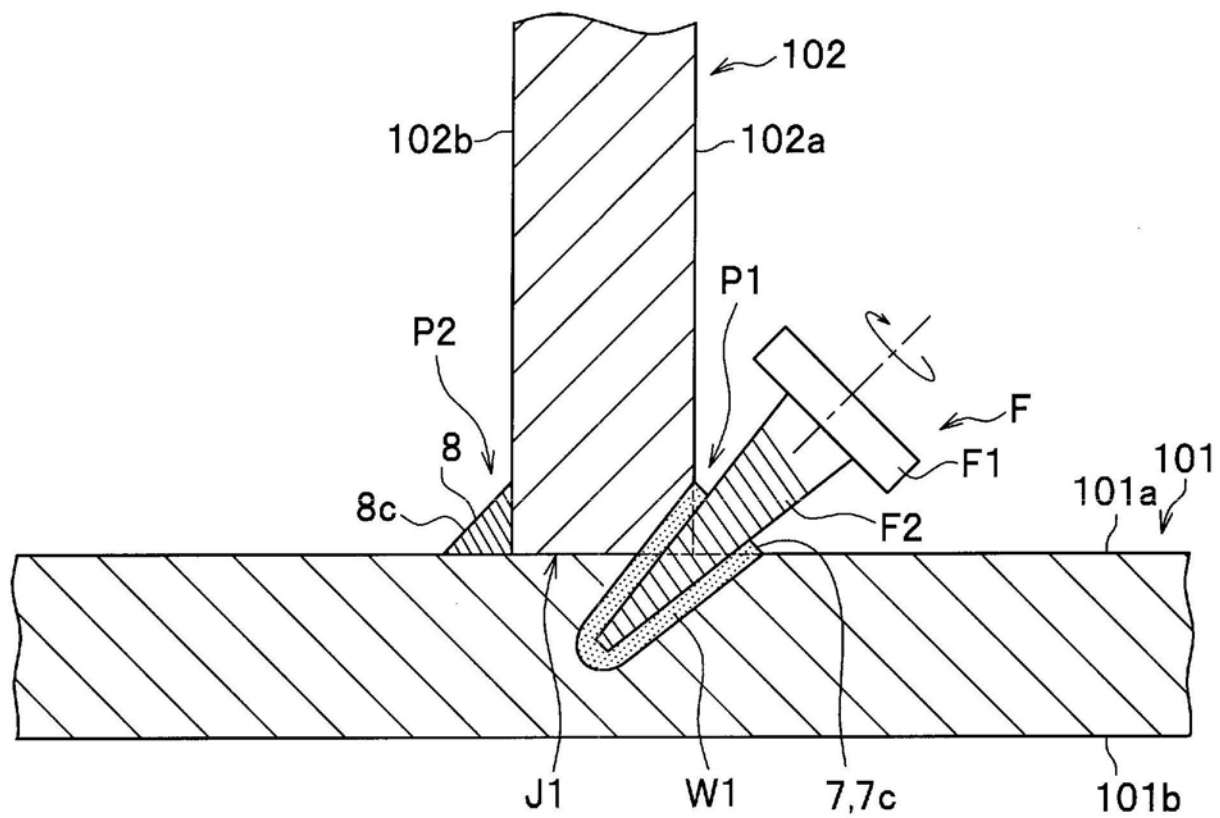


图28

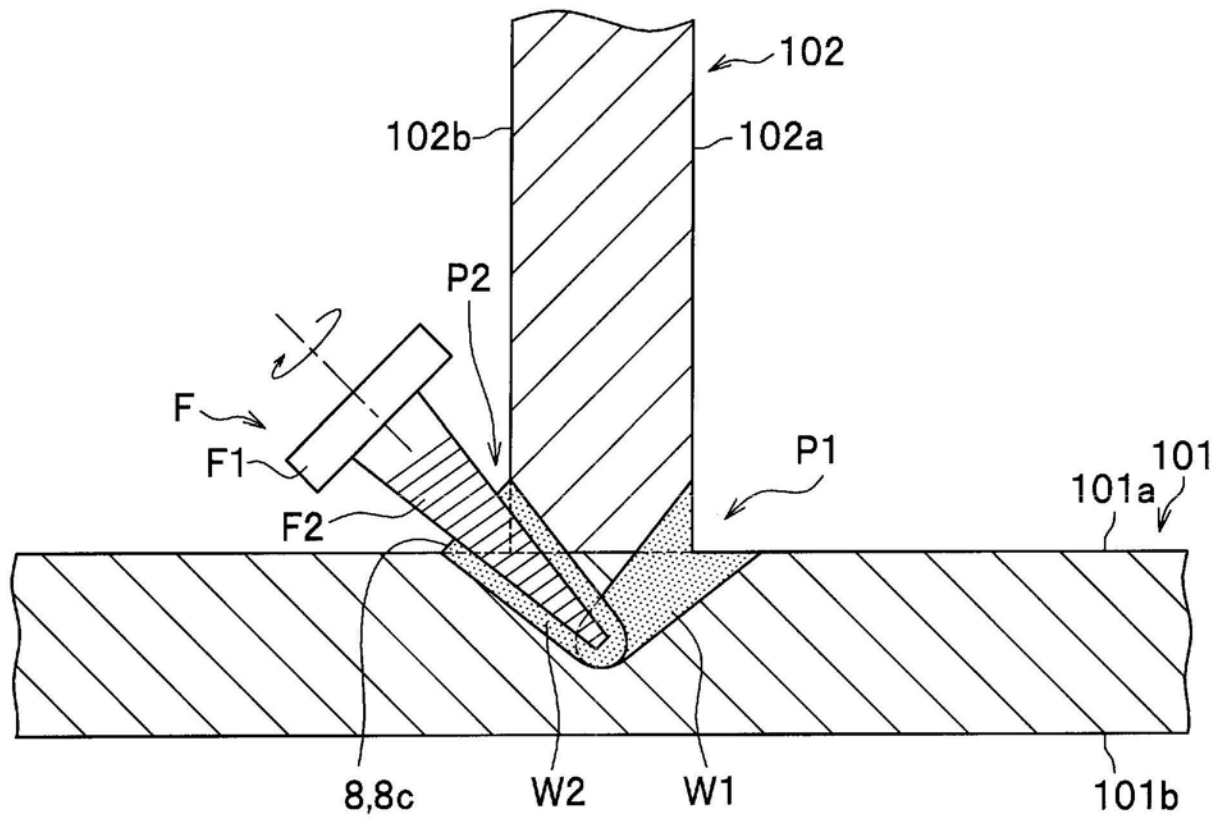


图29