



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105358285 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201480037919. 6

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(22) 申请日 2014. 12. 16

代理人 韩俊 胡曼

(30) 优先权数据

2014-013543 2014. 01. 28 JP

2014-109663 2014. 05. 28 JP

2014-109899 2014. 05. 28 JP

(51) Int. Cl.

B23K 20/12(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 12. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/083286 2014. 12. 16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/114975 JA 2015. 08. 06

(71) 申请人 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

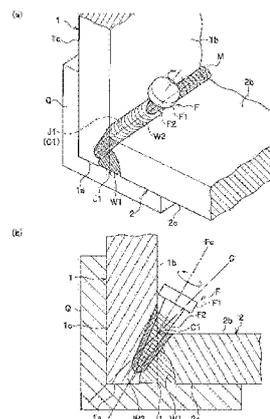
权利要求书4页 说明书21页 附图28页

(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,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;

堆焊焊接工序,在所述堆焊焊接工序中,对在所述对接工序中形成的两个所述金属构件所成的内角实施堆焊焊接,并通过焊接金属将所述内角覆盖;以及

内角接合工序,在所述内角接合工序中,仅使旋转的所述搅拌销插入所述焊接金属及所述内角,并使所述焊接金属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。

2. 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,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,仅使旋转的所述搅拌销插入所述辅助构件及所述内角,并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。

3. 如权利要求 1 或 2 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。

4. 如权利要求 3 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。

5. 如权利要求 1 或 2 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。

6. 如权利要求 5 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。

7. 如权利要求 1 或 2 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  $\alpha$  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  $\alpha/2$ 。

8. 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,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;

堆焊焊接工序,在所述堆焊焊接工序中,在另一方的所述金属构件的周向范围内对所述对接部实施堆焊焊接,并通过焊接金属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,将旋转的所述搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述焊接金属及两个所述金属构件接触的状态下,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。

9. 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,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,在另一方的所述金属构件的周向范围内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,将旋转的所述搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述辅助构件及两个所述金属构件接触的状态下,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。

10. 如权利要求 8 或 9 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。

11. 如权利要求 8 或 9 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。

12. 如权利要求 8 或 9 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。

13. 如权利要求 8 或 9 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。

14. 如权利要求 8 或 9 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。

15. 如权利要求 8 或 9 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。

16. 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,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;

堆焊焊接工序,在所述堆焊焊接工序中,对所述被接合金属构件的至少一方的内角实施堆焊焊接,并用焊接金属将所述内角覆盖;以及

接合工序,在所述接合工序中,将旋转的搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述焊接金属及所述被接合金属构件接触的状态下,进行所述对接部的摩擦搅拌。

17. 如权利要求 16 所述的摩擦搅拌接合方法,其特征在于,

在所述堆焊焊接工序中,对所述被接合金属构件的两个内角实施堆焊焊接,并用焊接金属将各内角覆盖,

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。

18. 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,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,将旋转的搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述辅助构件及所述被接合金属构件接触的状态下,进行所述对接部的摩擦搅拌。

19. 如权利要求 18 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。

20. 如权利要求 19 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

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种摩擦搅拌接合方法。

### 背景技术

[0002] 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。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献 1 : 日本专利特开 2013-049072 号公报

### 发明内容

[0006] 发明所要解决的技术问题

[0007] 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。

[0008] 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。

[0009] 解决技术问题所采用的技术方案

[0010] 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, 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; 堆焊焊接工序, 在所述堆焊焊接工序中, 对在所述对接工序中形成的两个所述金属构件所成的内角实施堆焊焊接, 并通过焊接金属将所述内角覆盖; 以及内角接合工序, 在所述内角接合工序中, 仅使旋转的所述搅拌销插入所述焊接金属及所述内角, 并使所述焊接金属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。

[0011] 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, 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, 仅使旋转的所述搅拌销插入所述辅助构件及所述内角, 并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。

[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  $\alpha$  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,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;堆焊焊接工序,在所述堆焊焊接工序中,在另一方的所述金属构件的周向范围内对所述对接部实施堆焊焊接,并通过焊接金属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,将旋转的所述搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述焊接金属及两个所述金属构件接触的状态下,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。

[0024] 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,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,在另一方的所述金属构件的周向范围内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,将旋转的所述搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述辅助构件及两个所述金属构件接触的状态下,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。

[0025] 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。

[0026] 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。

[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。

[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,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。

[0030] 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。

[0031] 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。

[0032] 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,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;堆焊焊接工序,在所述堆焊焊接工序中,对所述被接合金属构件的至少一方的内角实施堆焊焊接,并用焊接金属将所述内角覆盖;以及接合工序,在所述接合工序中,将旋转的搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述焊接金属及所述被接合金属构件接触的状态下,进行所述对接部的摩擦搅拌。

[0033] 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之后进行摩擦搅拌,从而能消除内角的金属不足。

[0034] 此外,较为理想的是,在所述堆焊焊接工序中,对所述被接合金属构件的两个内角实施堆焊焊接,并用焊接金属将各内角覆盖,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。

[0035] 根据上述摩擦搅拌接合方法,由于能通过堆焊焊接工序提高两个金属构件的接合强度,因此,能稳定地进行接合工序。此外,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。另外,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。

[0036] 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,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,将旋

转的搅拌销插入所述内角,在仅使所述搅拌销与所述辅助构件及所述被接合金属构件接触的状态下,进行所述对接部的摩擦搅拌。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 发明效果

[0043] 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

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 图 4 是表示第一实施方式的堆焊焊接工序的立体图。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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。

[0059] 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。

[0060] 图 17 是表示第七实施方式的第二辅助构件的立体图。

[0061] 图 18 是表示第七实施方式的接合工序的立体图。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 图 21 是表示第八实施方式的接合工序的立体图。

[0065] 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。

[0066] 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。

[0067] 图 24 是表示第十实施方式的第二接合工序的剖视图。

[0068] 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。

[0069] 图 26 是表示第十一实施方式的接头件配置工序的立体图。

[0070] 图 27 是表示第十一实施方式的第一接合工序的立体图。

[0071] 图 28 是表示第十一实施方式的第一接合工序的剖视图。

[0072] 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

[0073] 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。

[0074] 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 连接的部位。连接部 F1 呈圆柱状,其形成有供螺栓紧固的螺纹孔 B、B。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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 的下端面形成为凹状。

[0081] 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。

[0082] 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 形成为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 的下端面形成为凹状。

[0083] 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。

[0084] (第一实施方式)

[0085] 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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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)。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] 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  $45^\circ$  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。

[0101] 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。

[0102] 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。

[0103] 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。

[0104] (第二实施方式)

[0105] 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。

[0106] 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。

[0107] 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,除了在对接部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。

[0108] 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。

[0109] 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。

[0110] (第三实施方式)

[0111] 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。

[0112] 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。

[0113] 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。

[0114] 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。

[0115] 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。

[0116] 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。

[0117] 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。

[0118] 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。

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] 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。

[0123] 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。

[0124] 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。

[0125] 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  $45^\circ$  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。

[0126] 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。

[0127] 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。

[0128] 此外,也可以在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,还可以在在进行外角接合工序之前,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。

[0129] 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。

[0130] (第四实施方式)

[0131] 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。

[0132] 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。

[0133] 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。

[0134] 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。

[0135] 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 的外角侧对对接部 J1 进行外角接合工序。

[0136] 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。

[0137] (第五实施方式)

[0138] 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。

[0139] 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,也无法将对对接部 J1 整体摩擦搅拌接合的情况。

[0140] 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。

[0141] 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。

[0142] 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,能对对接部 J1 的较深位置进行摩擦搅拌。藉此,由于能对在对接部 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。

[0143] (第一变形例)

[0144] 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。

[0145] 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。

[0146] 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。

[0147] 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。

[0148] 此外,在本实施方式中,将金属构件 1、2 的内角设定为  $90^\circ$ ,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。

[0149] (第六实施方式)

[0150] 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。

[0151] 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。

[0152] 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。

[0153] 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。

[0154] 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。

[0155] 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。

[0156] 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  $45^\circ$ 。

[0157] 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。

[0158] 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。

[0159] 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。

[0160] （第七实施方式）

[0161] 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。

[0162] 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。

[0163] 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。

[0164] 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。

[0165] 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。

[0166] 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。

[0167] 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。

[0168] 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。

[0169] 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  $45^\circ$ 。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。

[0170] 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。

[0171] 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。

[0172] 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。

[0173] 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。

[0174] 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。

[0175] 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。

[0176] （第八实施方式）

[0177] 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。

[0178] 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。

[0179] 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。

[0180] 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。

[0181] 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。

[0182] 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。

[0183] 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。

[0184] 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  $45^{\circ}$ 。

[0185] 也可以在进行摩擦搅拌时,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。

[0186] 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。

[0187] 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。

[0188] 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。

[0189] (第九实施方式)

[0190] 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。

[0191] 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。

[0192] 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。

[0193] 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。

[0194] 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。

[0195] 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。

[0196] 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。

[0197] 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。

[0198] (第十实施方式)

[0199] 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。

[0200] 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。

[0201] 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。

[0202] 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。

[0203] 接合工序是使用正式接合用旋转工具 F 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。

[0204] 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  $45^\circ$ 。

[0205] 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°。

[0206] 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。

[0207] 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。

[0208] 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。

[0209] 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。

[0210] 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。

[0211] (第十一实施方式)

[0212] 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。

[0213] 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。

[0214] 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。

[0215] 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。

[0216] 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。

[0217] 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。

[0218] 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。

[0219] 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。

[0220] 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。

[0221] 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。

[0222] 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  $45^\circ$ 。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。

[0223] 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。

[0224] 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  $45^\circ$ 。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。

[0225] 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。

[0226] 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。

[0227] 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。

[0228] 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。

[0229] 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,但不仅限于此。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。

[0230] 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。

[0231] (符号说明)

[0232] 1 金属构件

[0233] 1a 端面

[0234] 1b 侧面

[0235] 1c 侧面

[0236] 1d 侧面

[0237] 2 金属构件

[0238] 2a 端面

[0239] 2b 侧面

[0240] 2c 侧面

[0241] 2d 侧面

[0242] 3 接头件

[0243] 4 接头件

[0244] 7 第一辅助构件(辅助构件)

[0245] 8 第二辅助构件(辅助构件)

- [0246] 9 辅助构件
- [0247] 10 金属构件
- [0248] 20 金属构件
- [0249] 30 第一辅助构件（辅助构件）
- [0250] 31 第二辅助构件（辅助构件）
- [0251] 40 金属构件
- [0252] 50 辅助构件
- [0253] C 假想基准面
- [0254] C1 交线
- [0255] F 正式接合用旋转工具
- [0256] F1 连接部
- [0257] F2 搅拌销
- [0258] G 大型旋转工具
- [0259] H 小型旋转工具
- [0260] M 焊接金属
- [0261] U1 焊接金属
- [0262] U2 焊接金属
- [0263] J1 对接部
- [0264] J2 对接部
- [0265] T 接头件
- [0266] W 塑性化区域
- [0267] W1 ~ W4 塑性化区域。

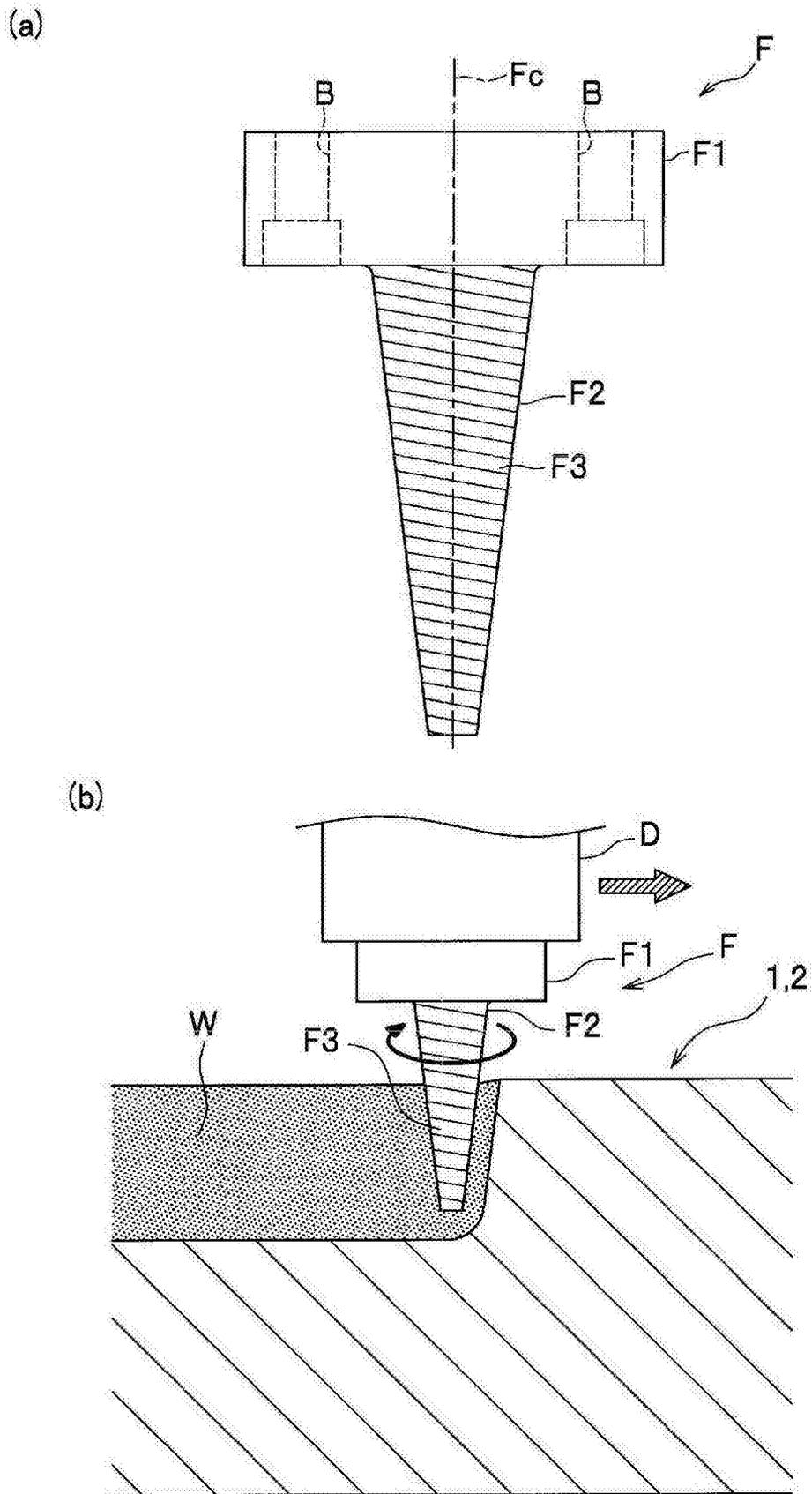


图 1

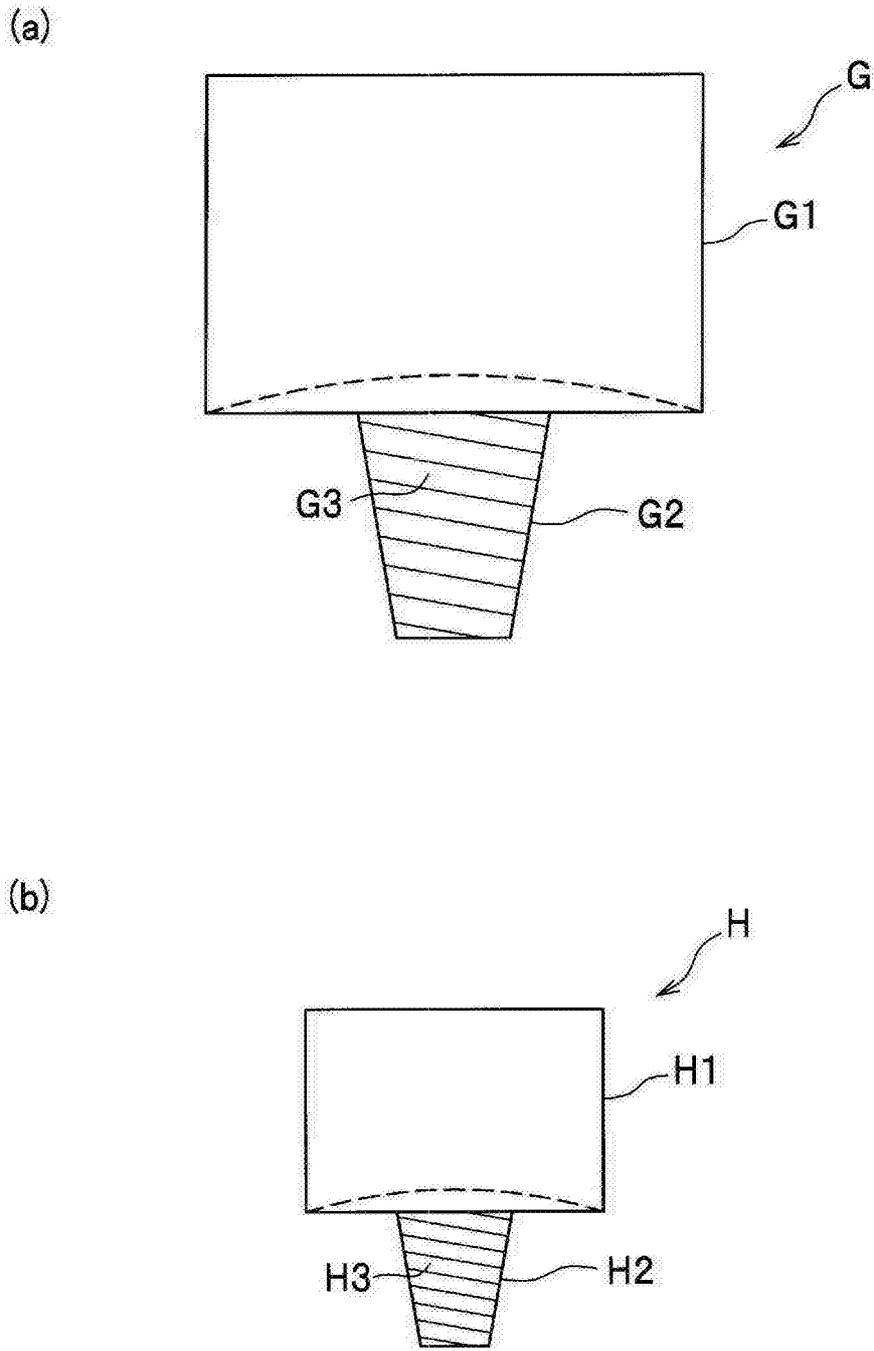


图 2

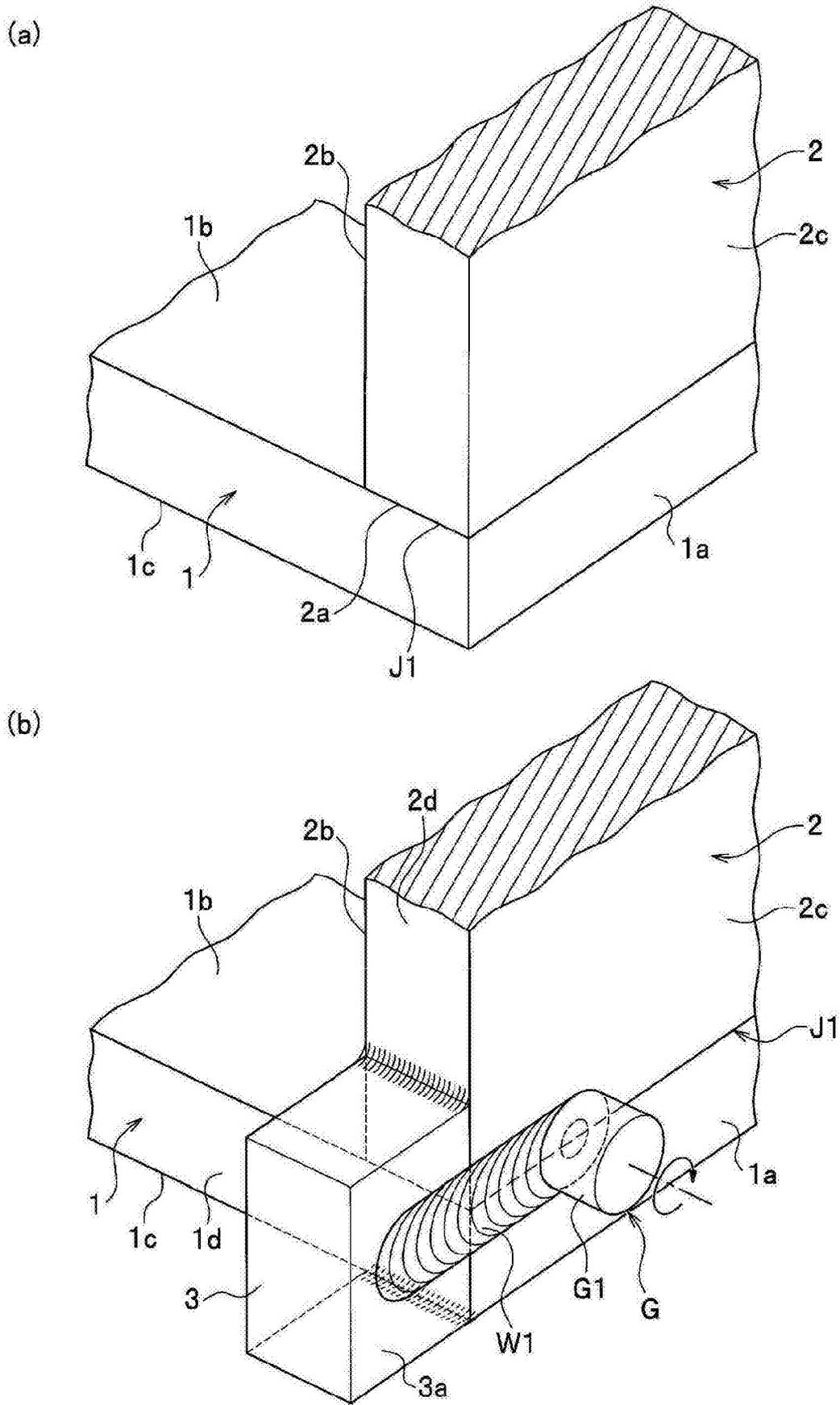


图 3

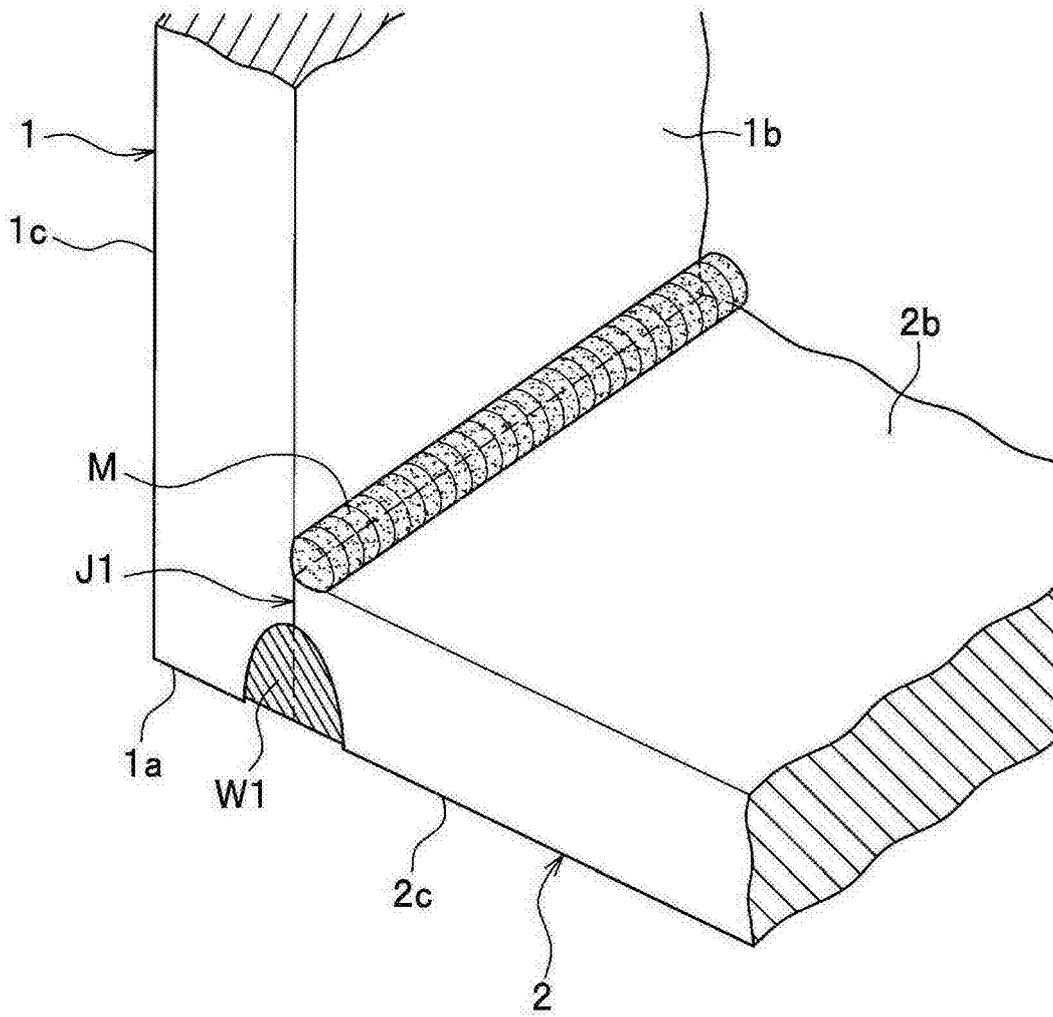
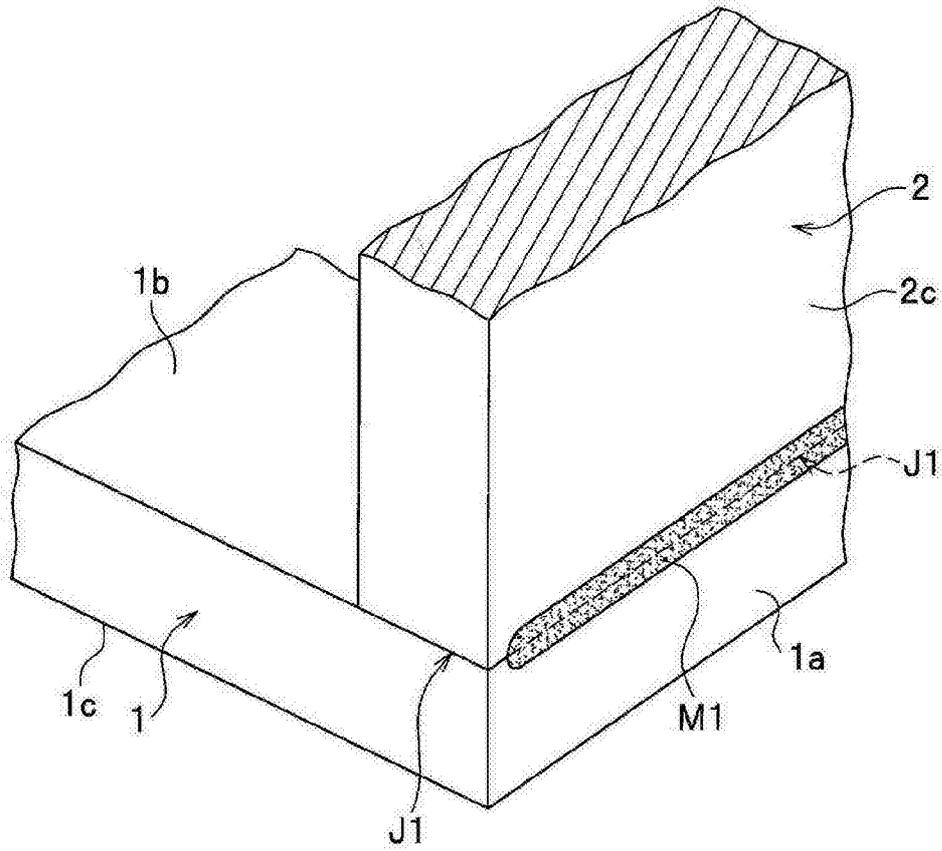


图 4



(a)



(b)

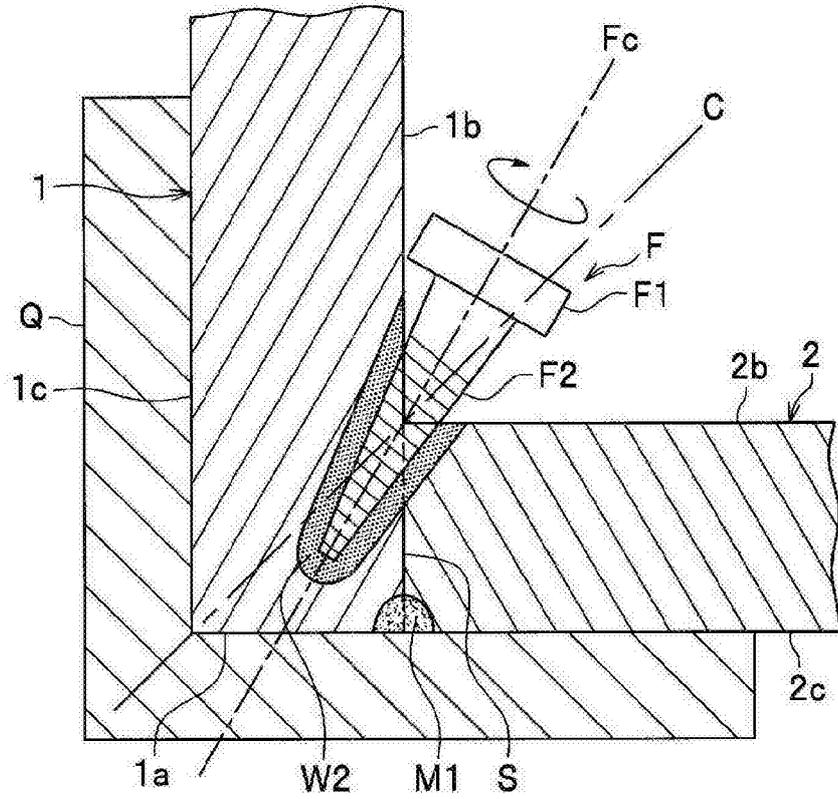


图 6

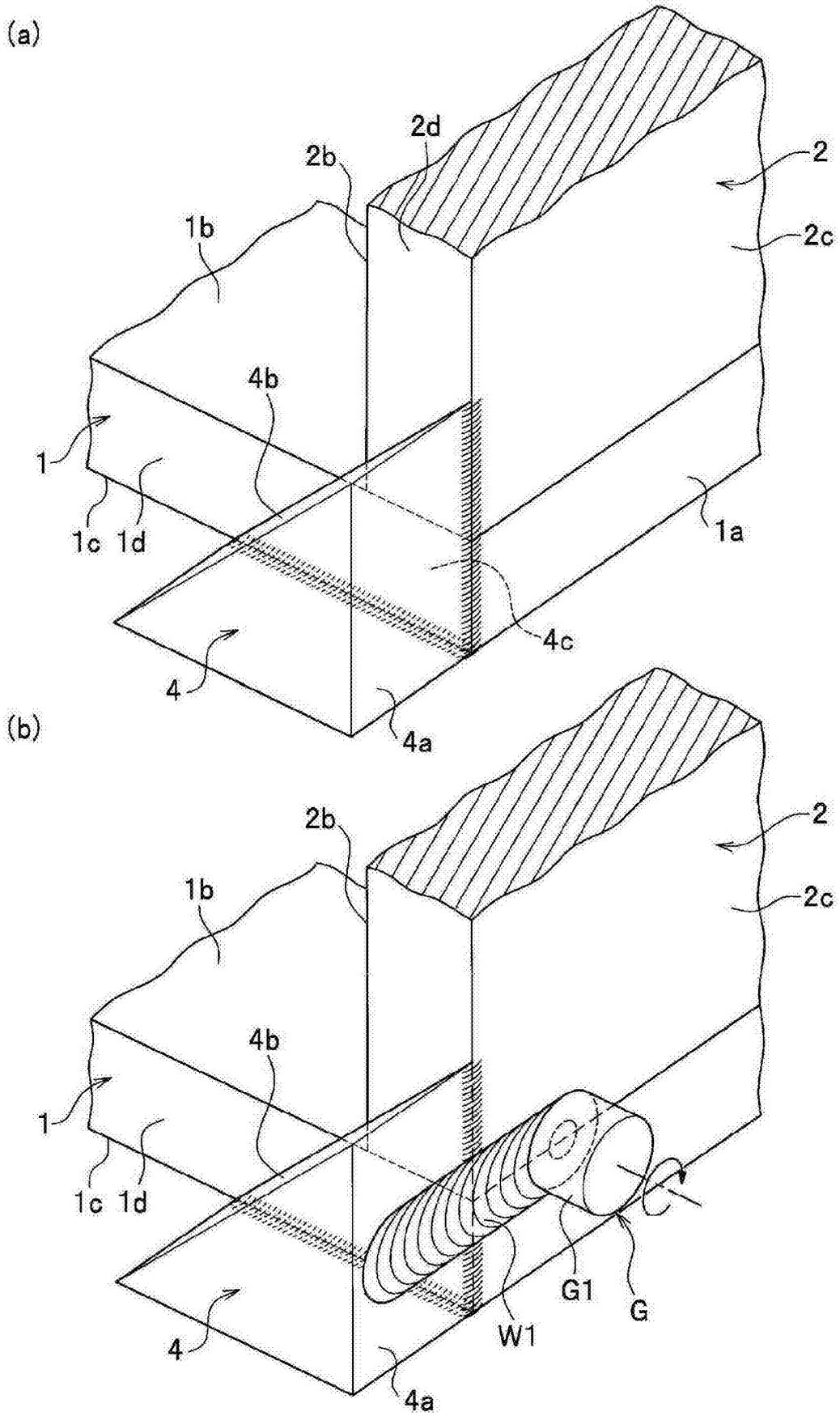


图 7

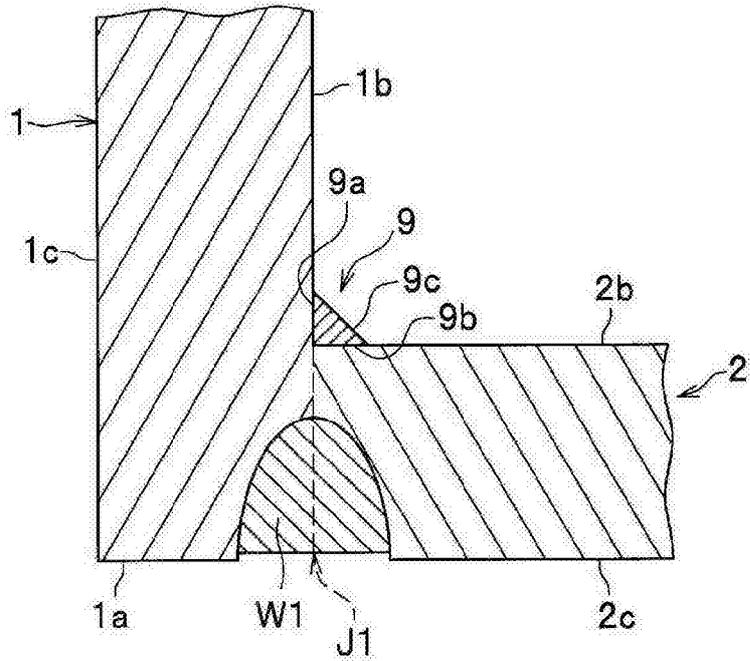
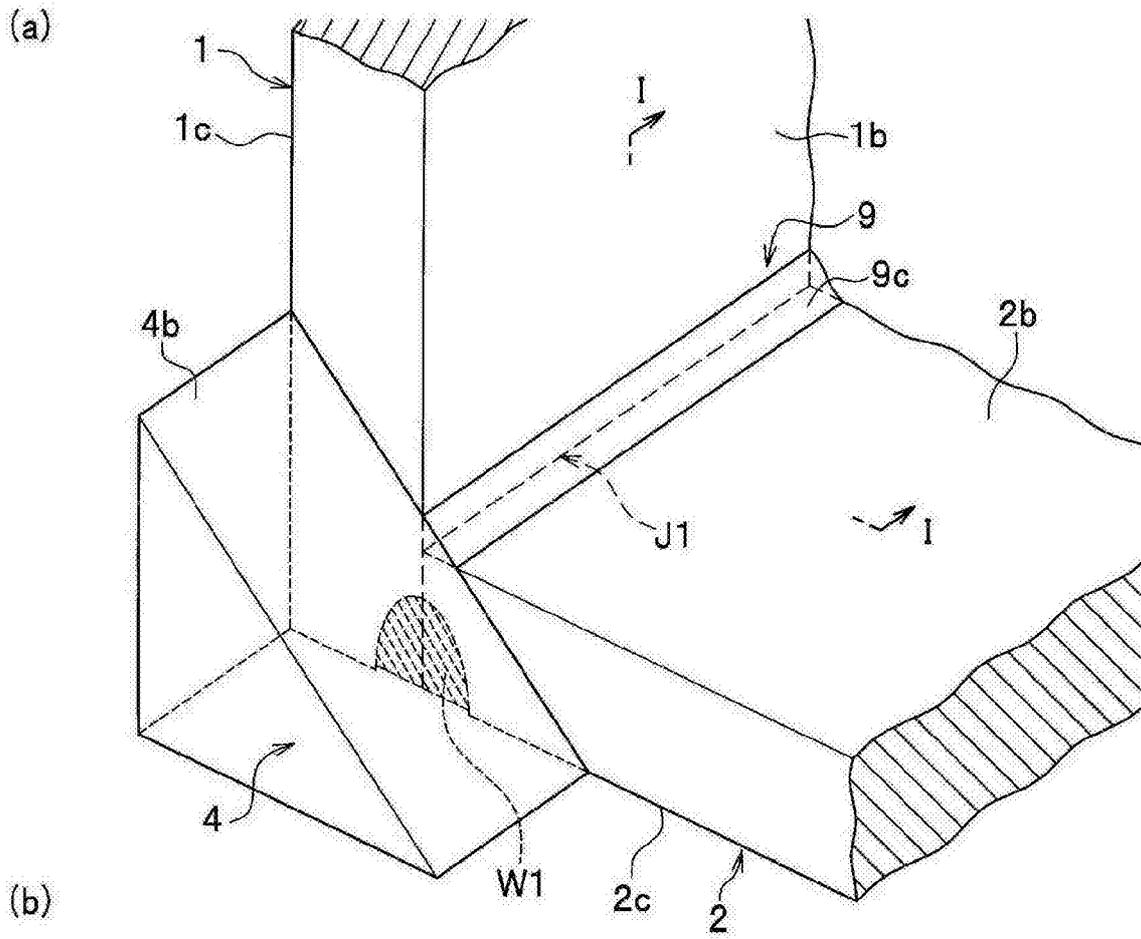


图 8

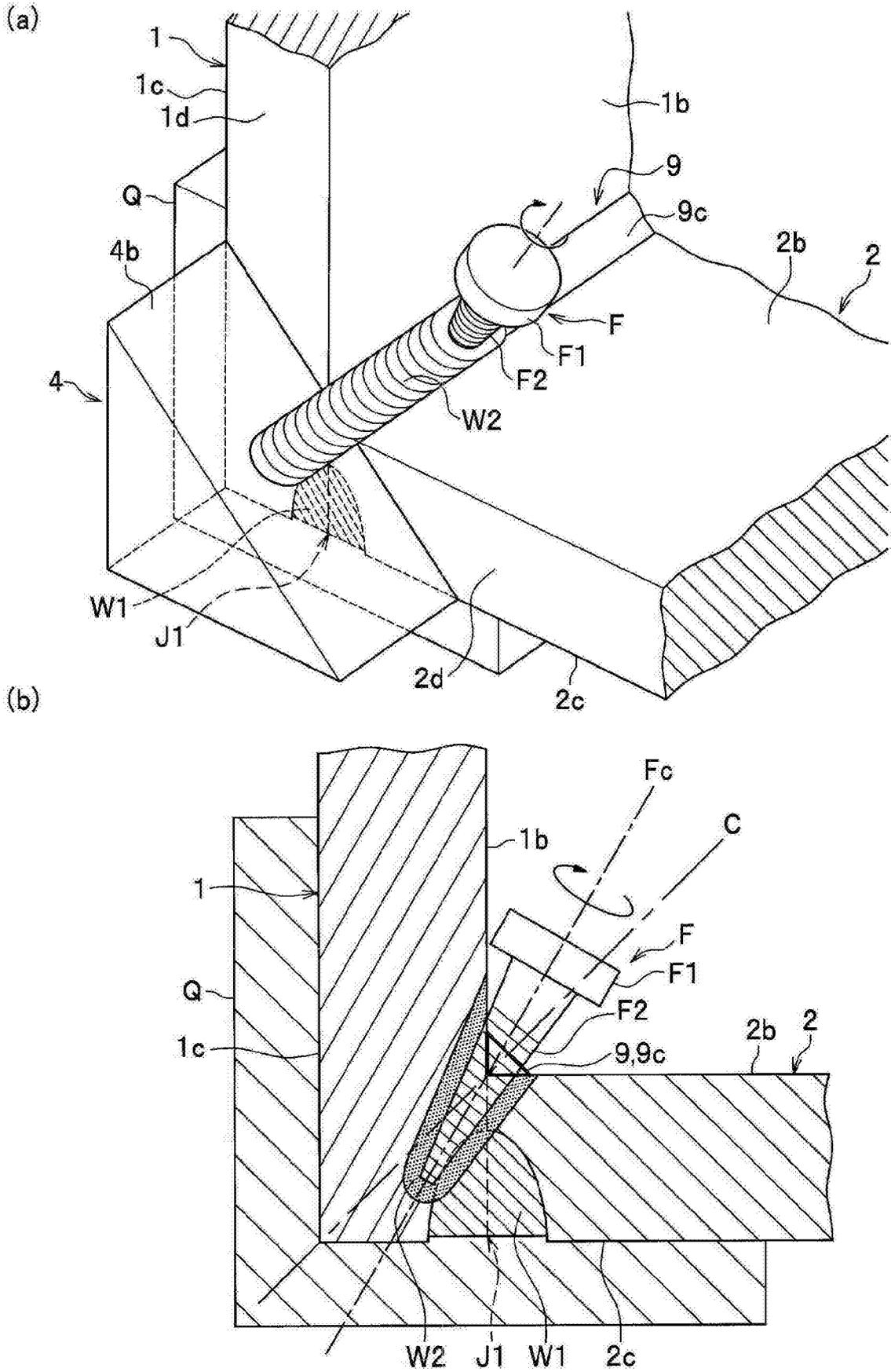


图 9

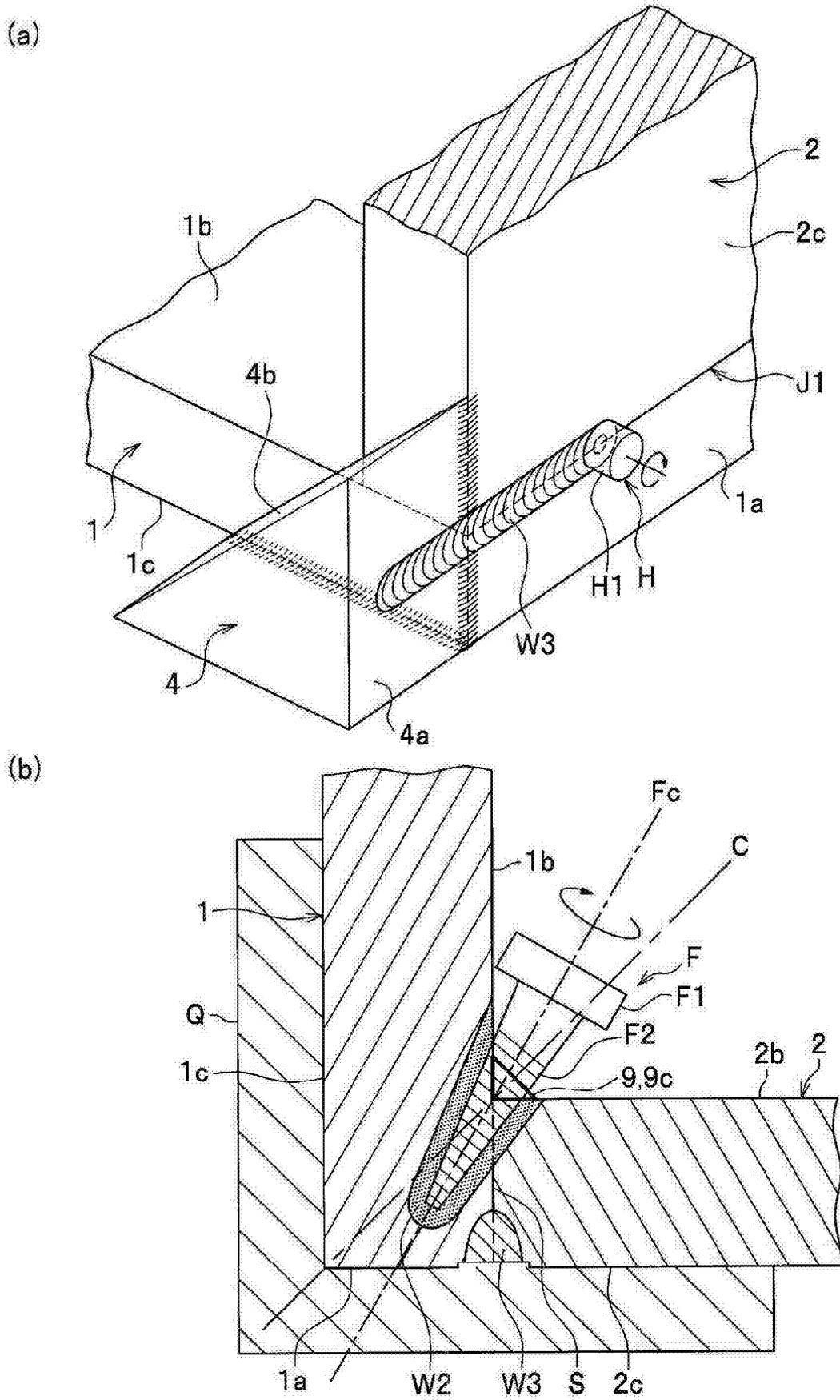


图 10



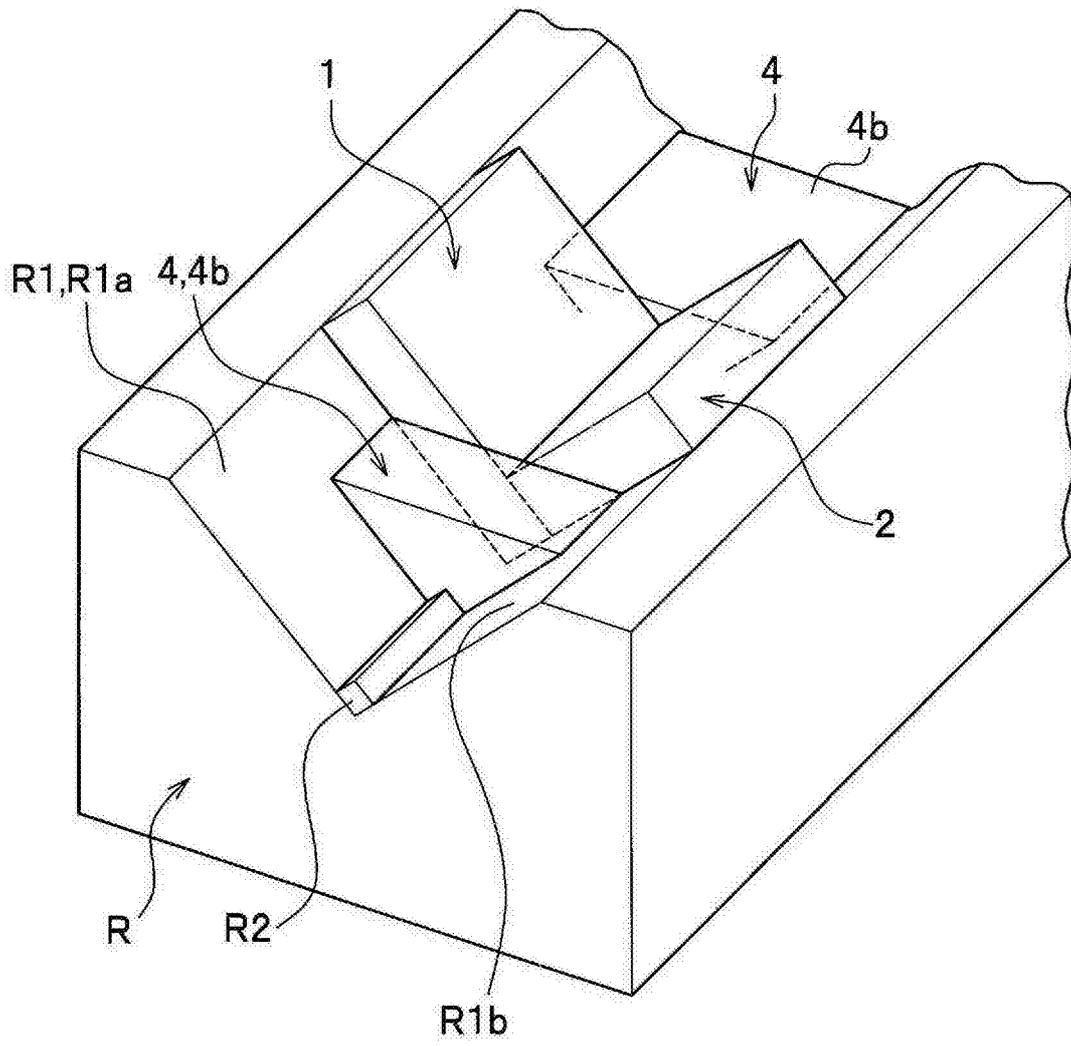


图 12

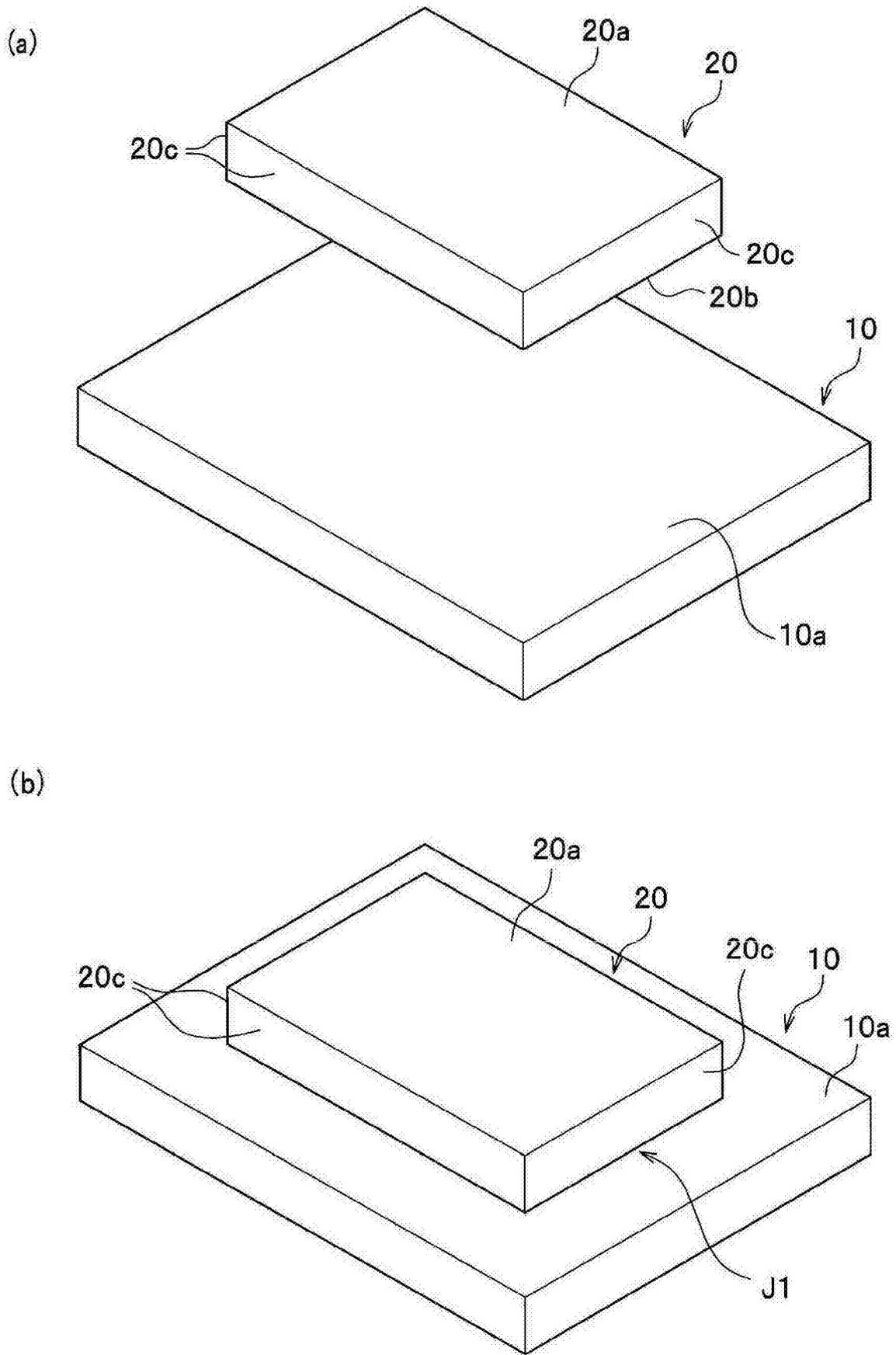


图 13

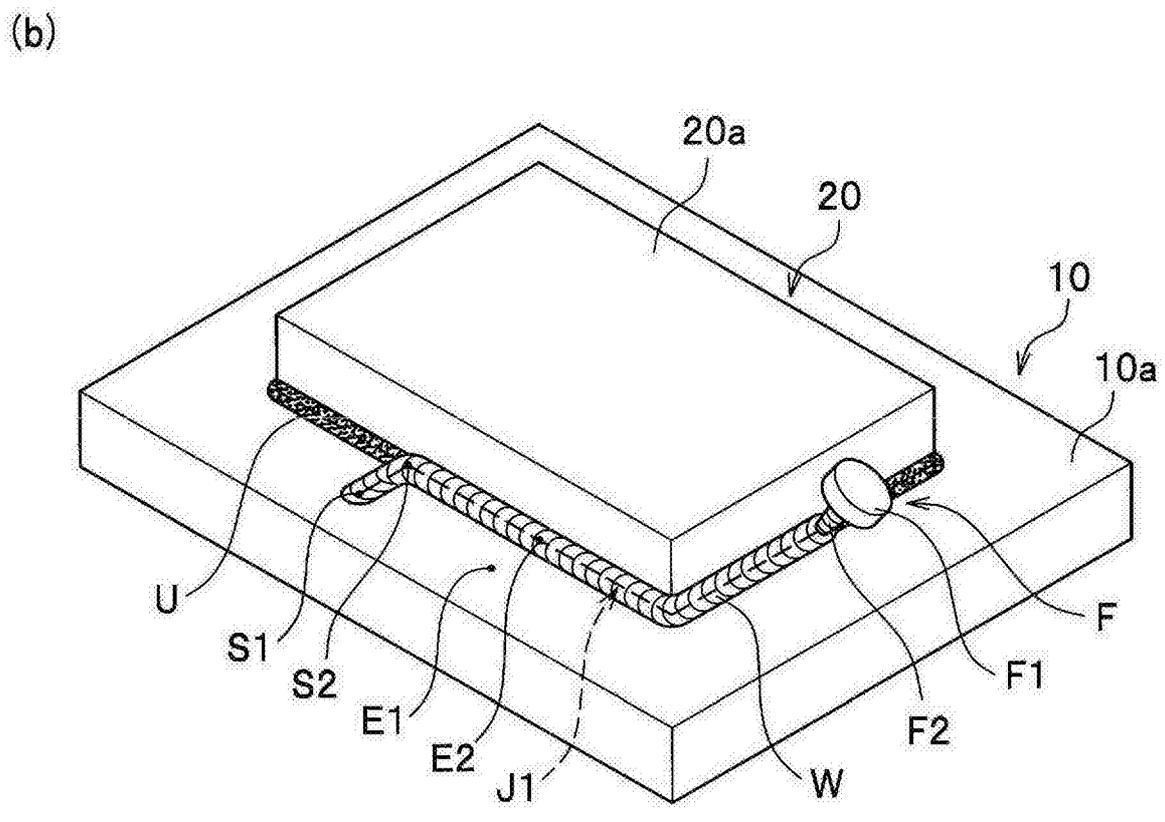
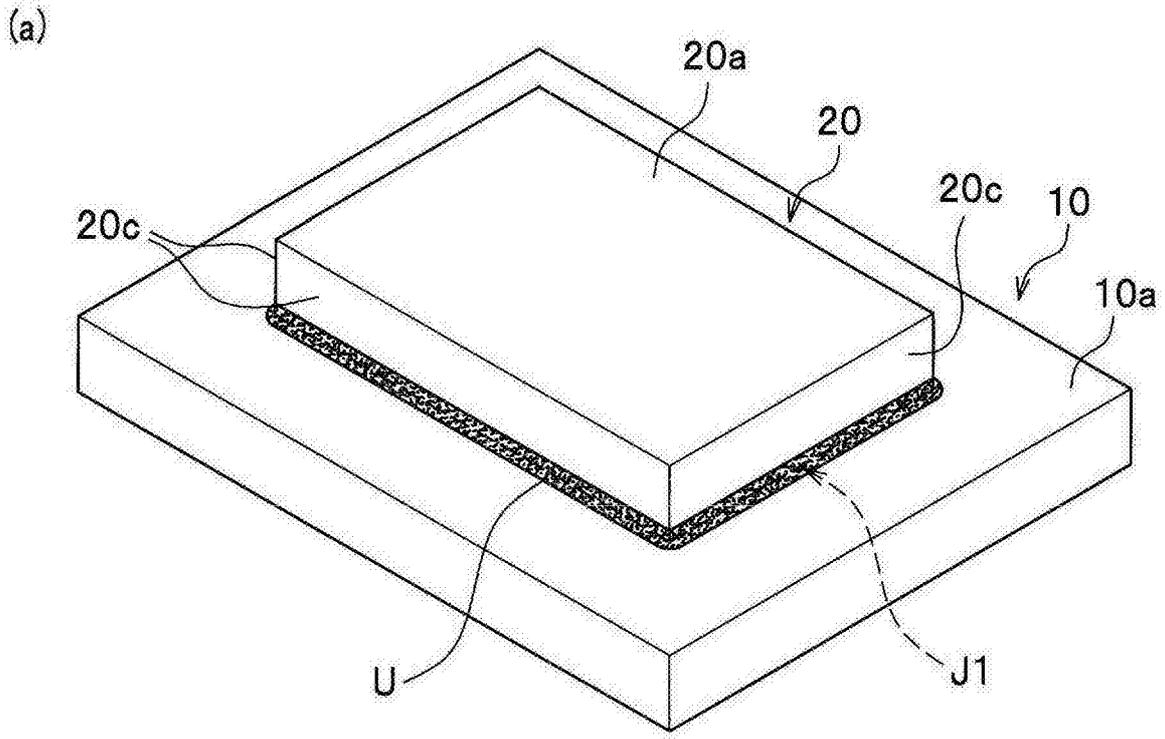


图 14

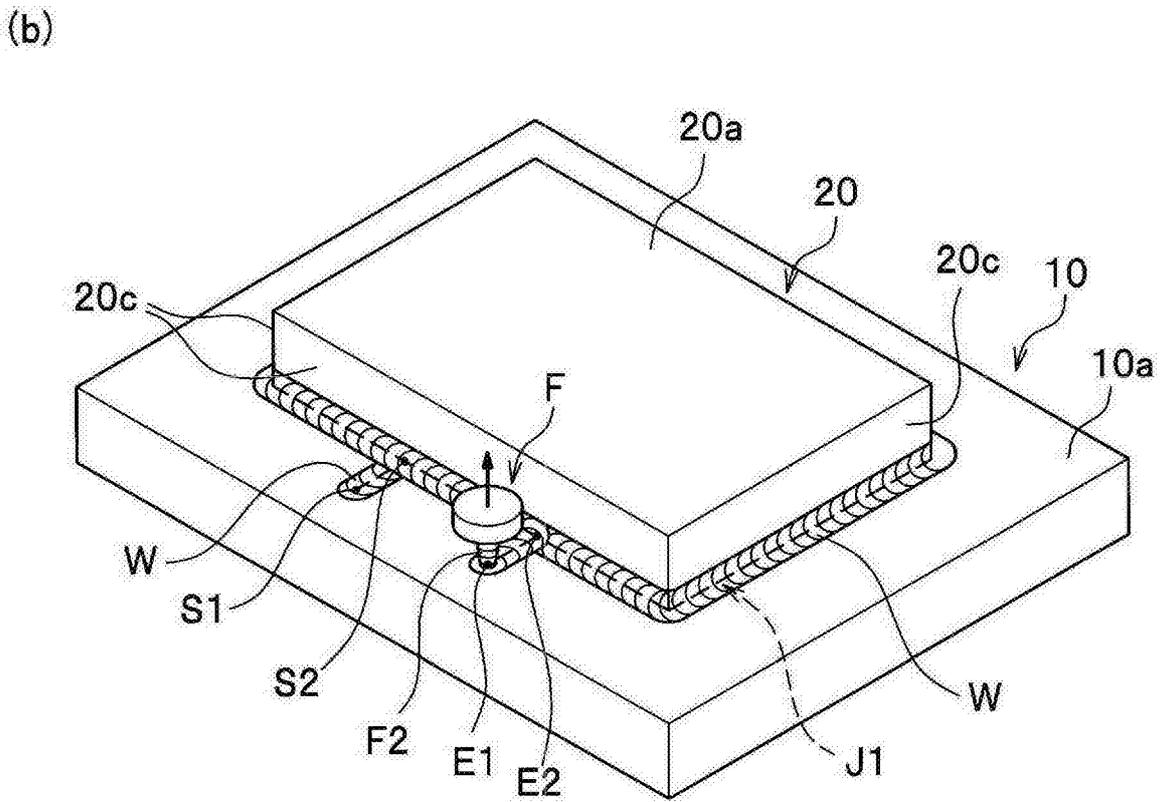
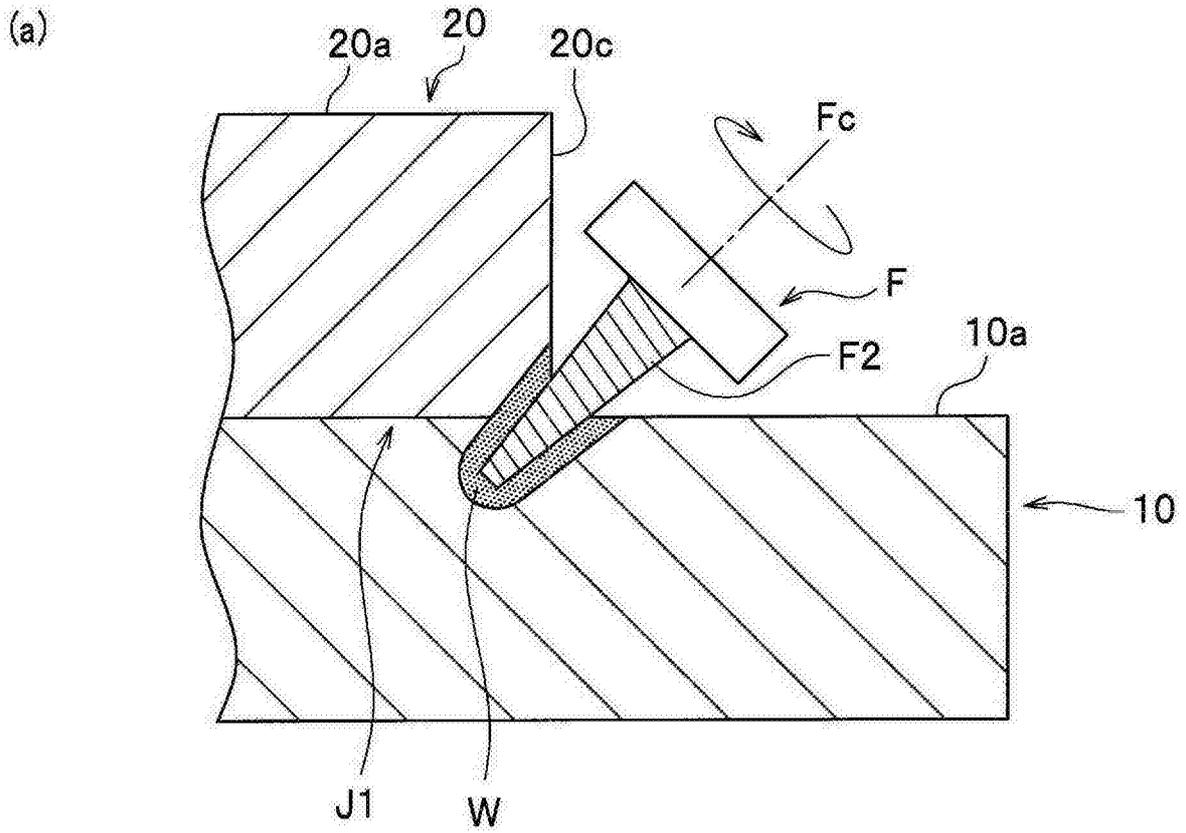
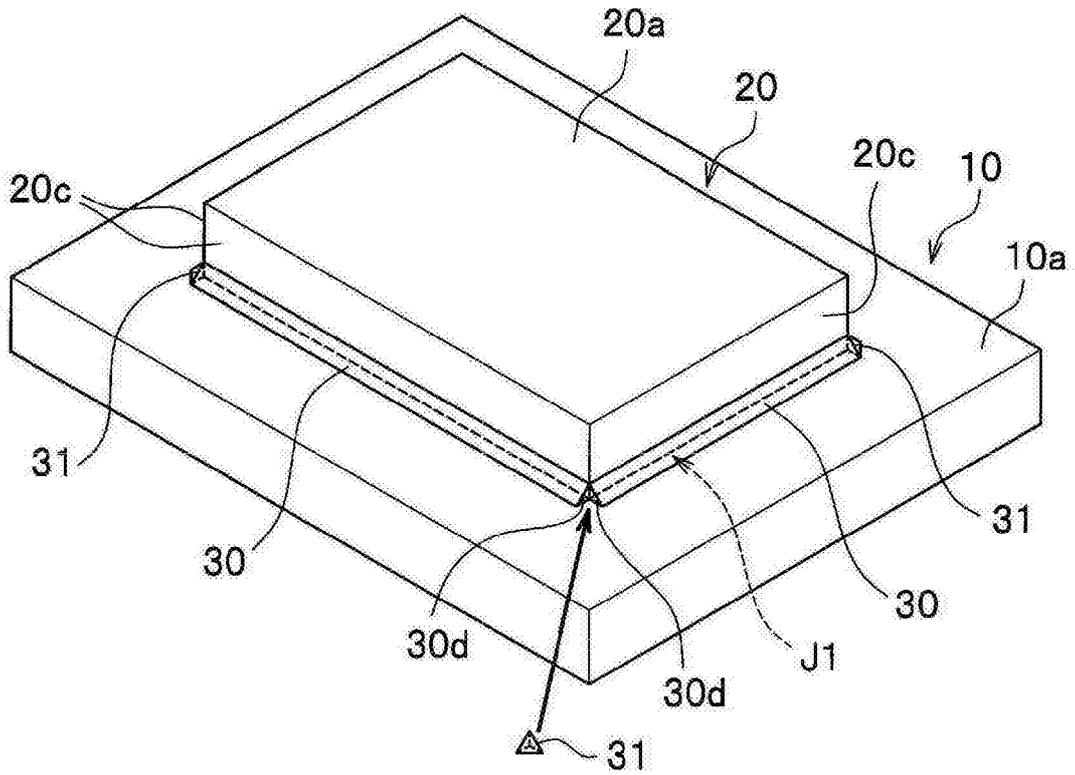


图 15

(a)



(b)

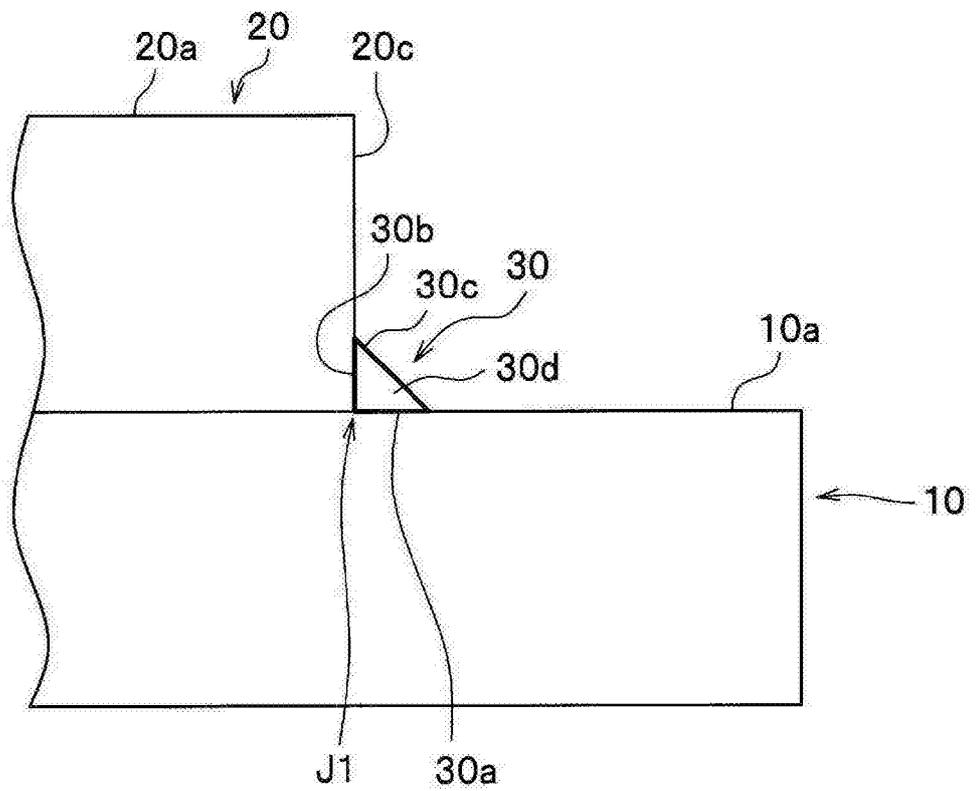


图 16

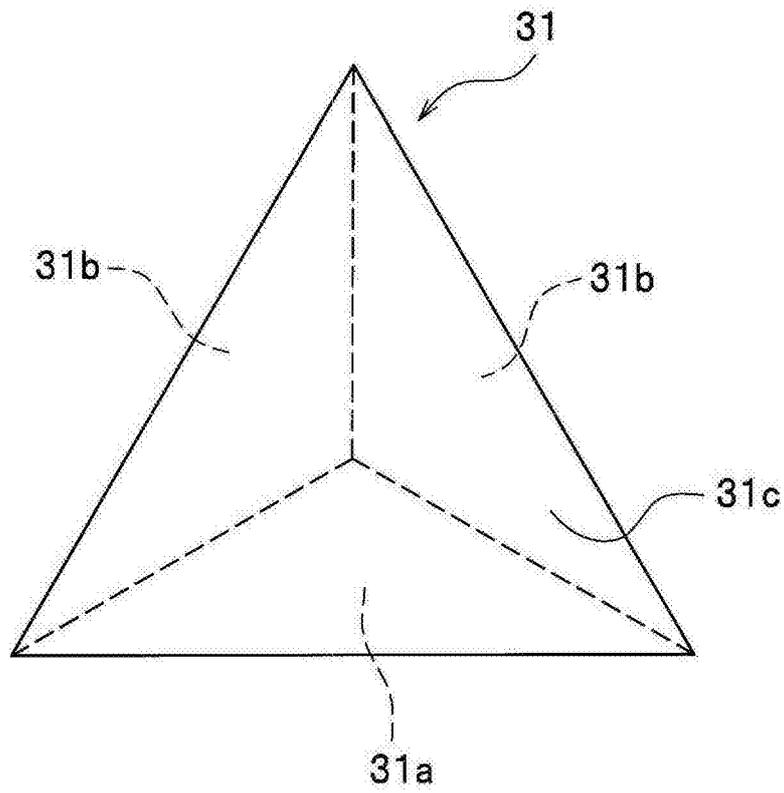


图 17

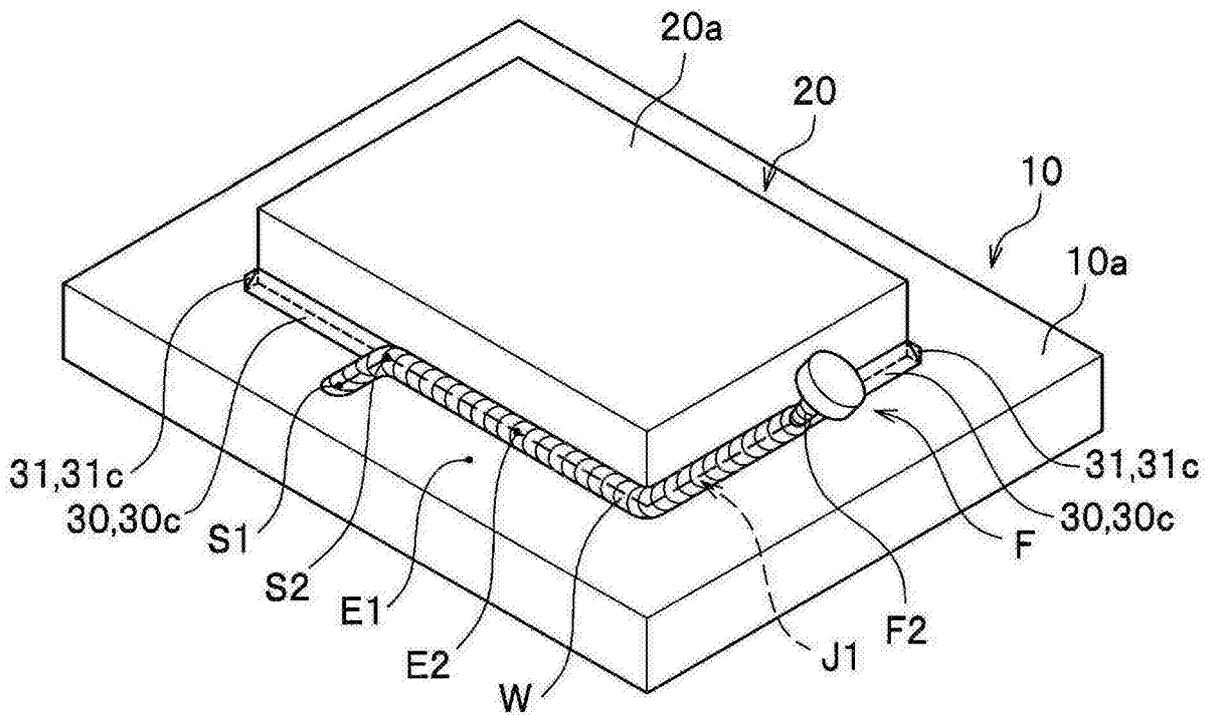


图 18

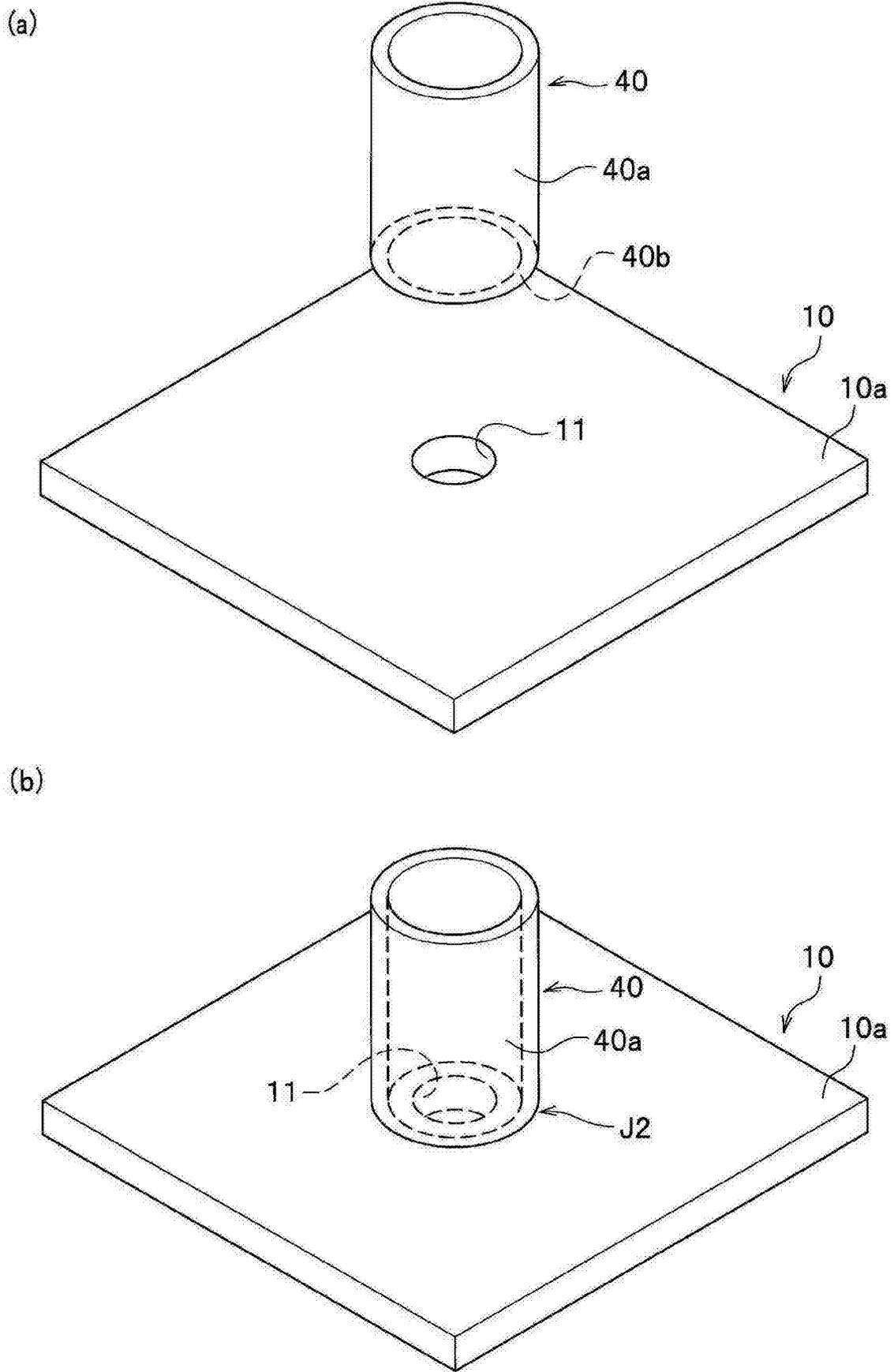


图 19

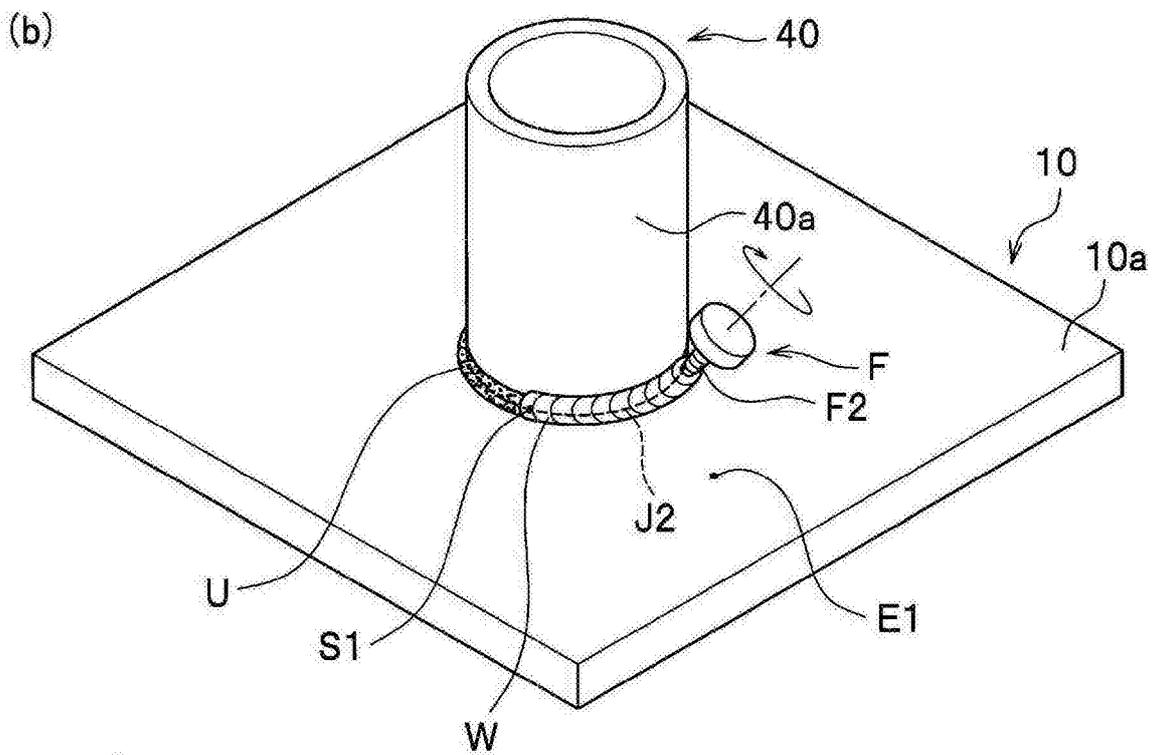
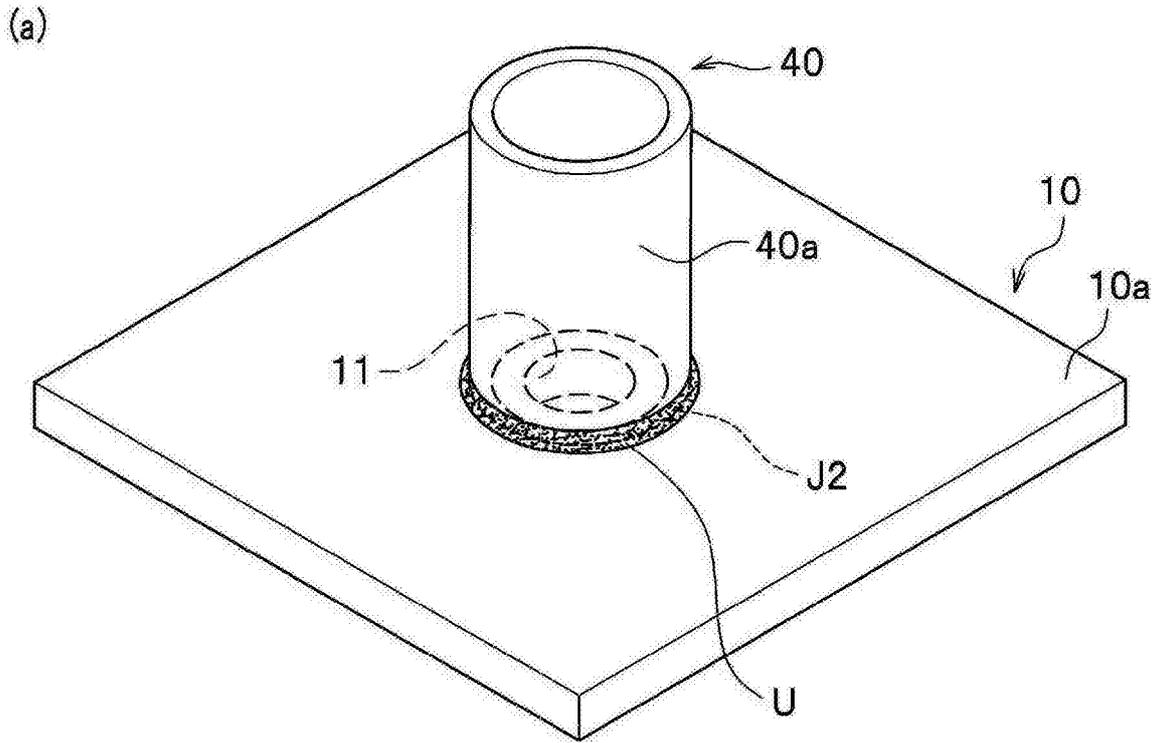


图 20

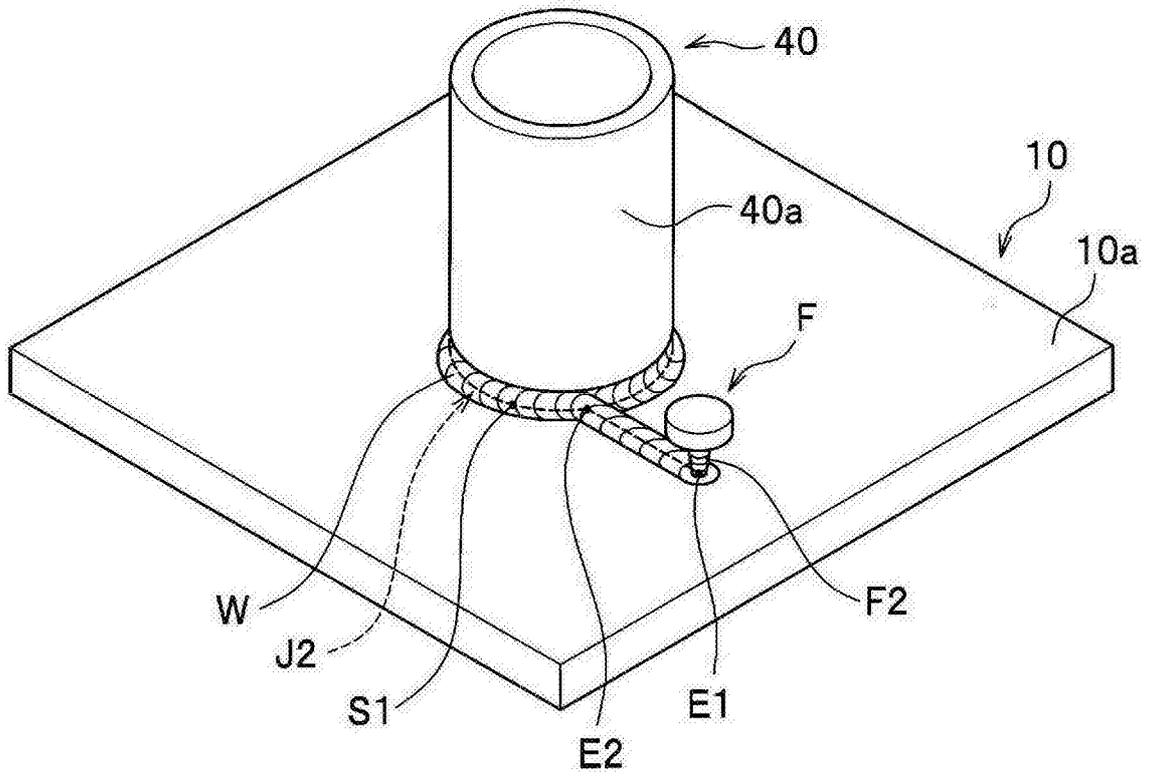


图 21

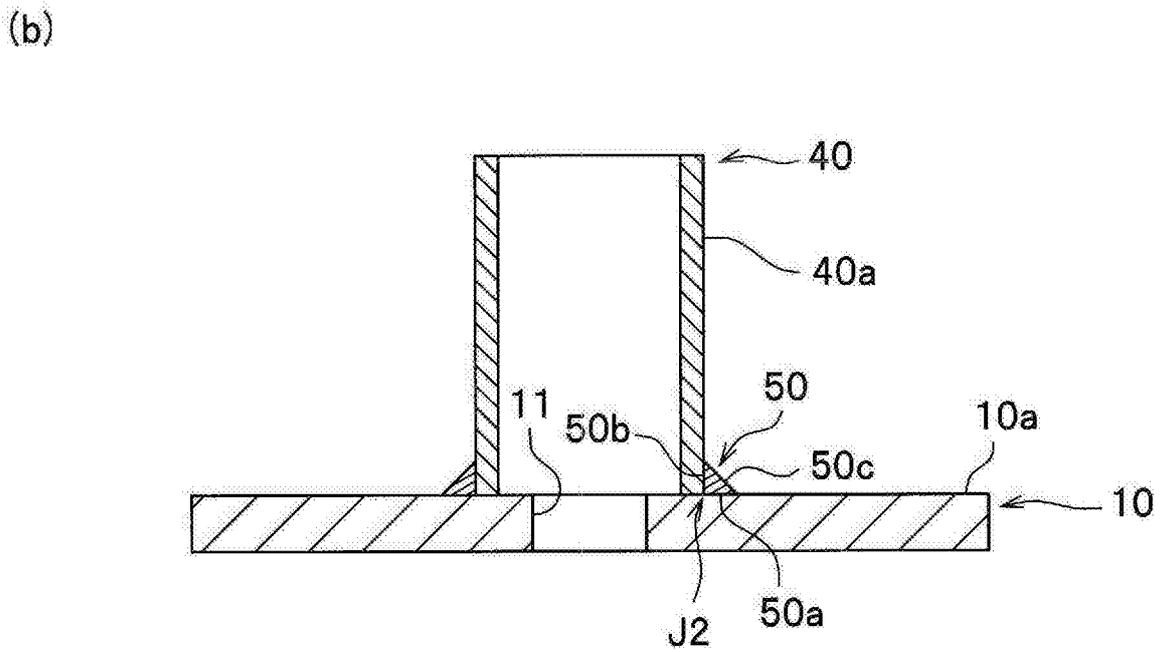
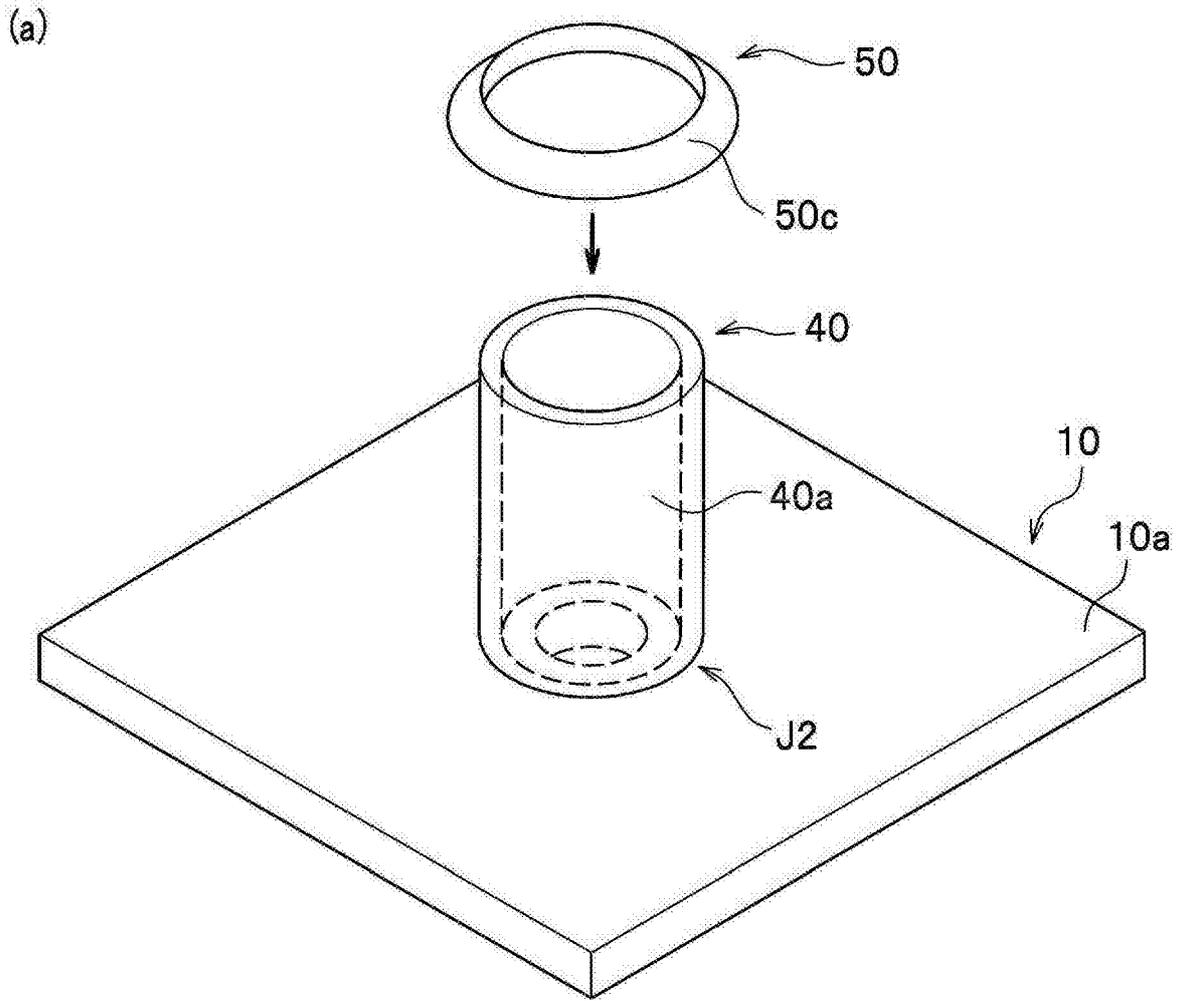
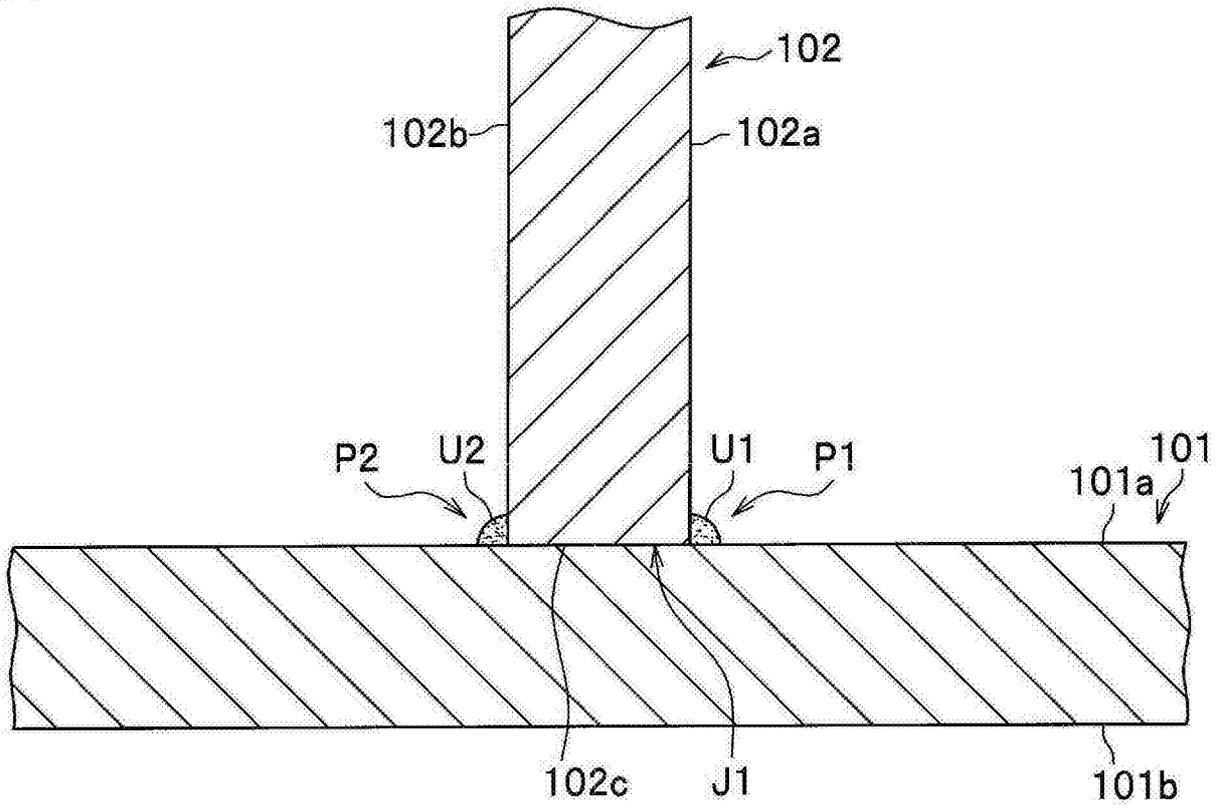


图 22

(a)



(b)

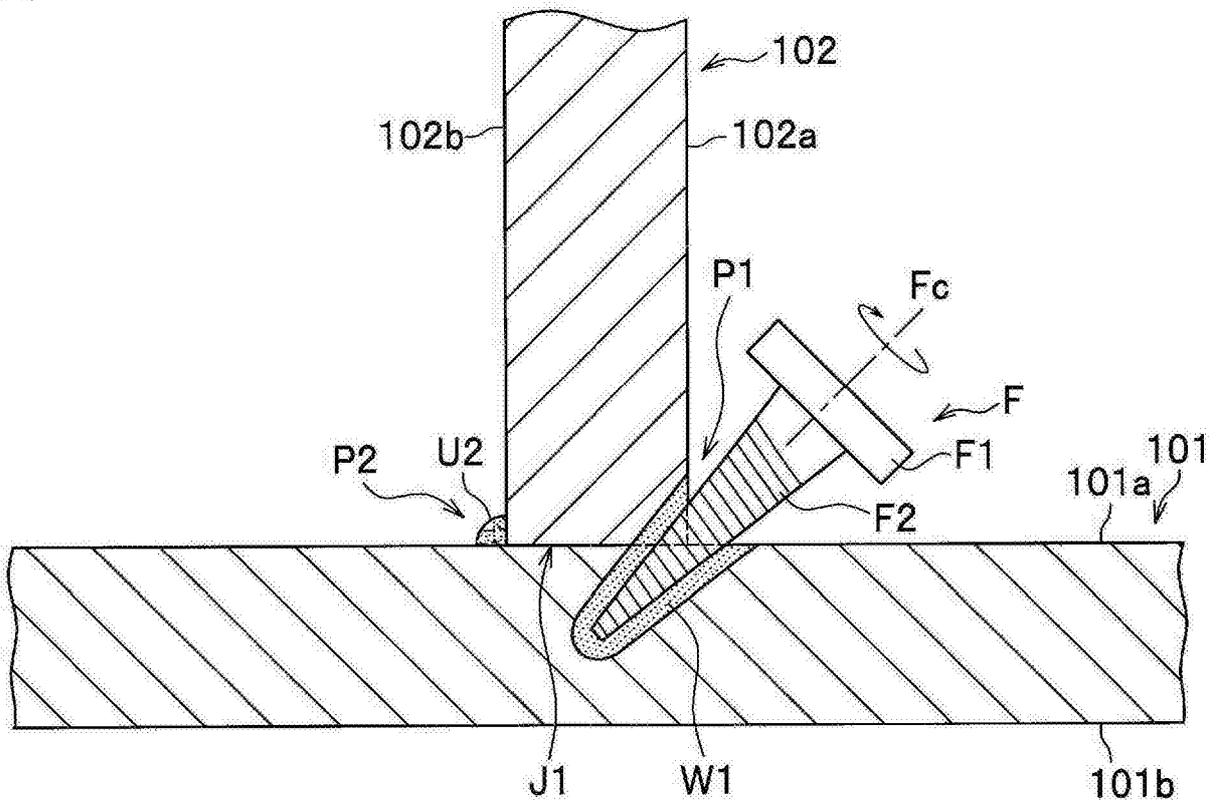


图 23

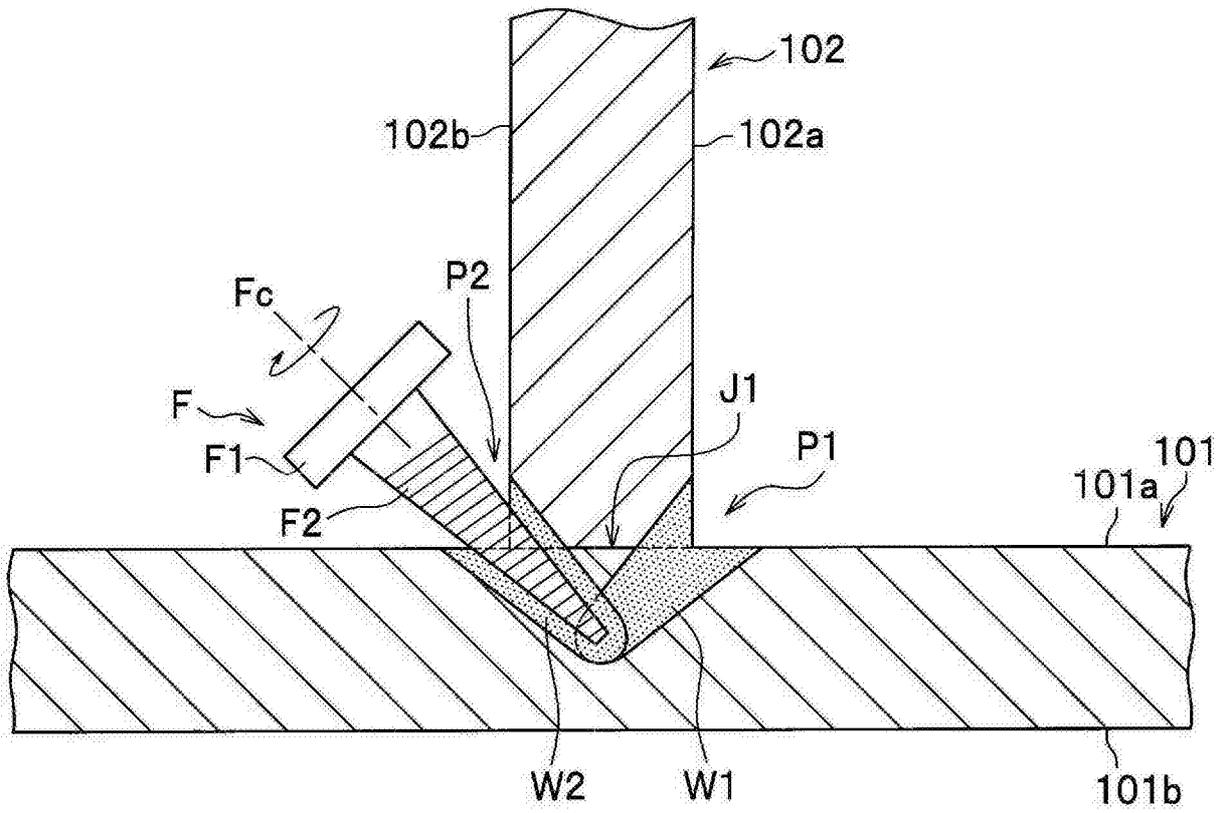


图 24

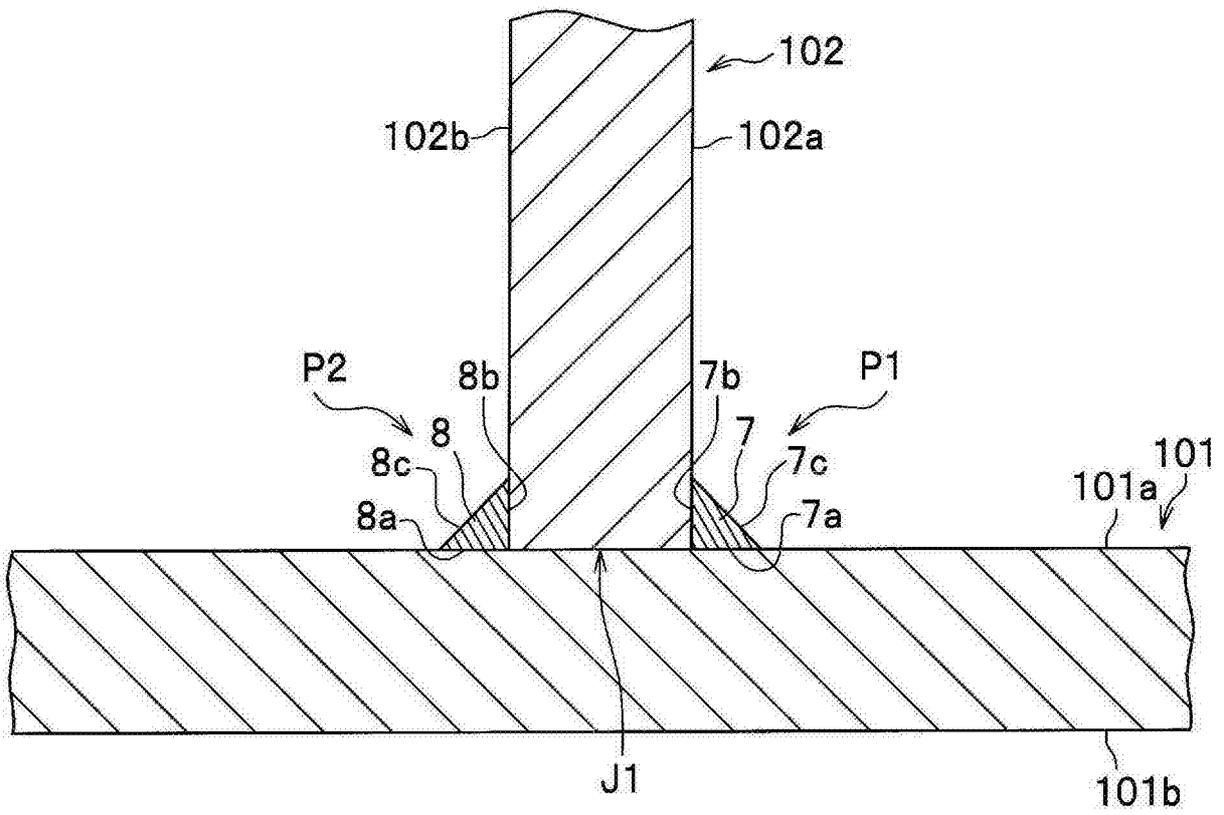


图 25

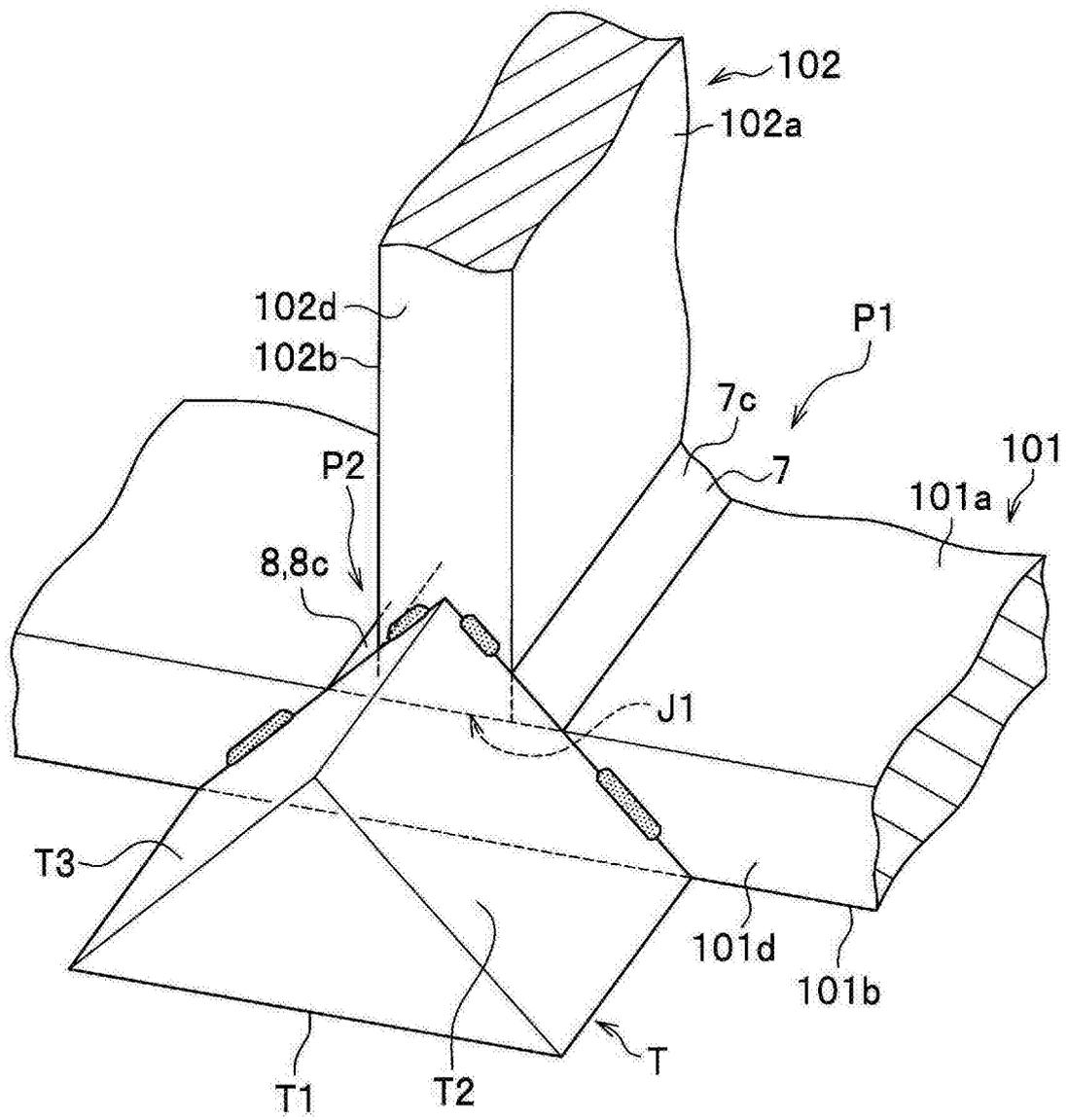


图 26

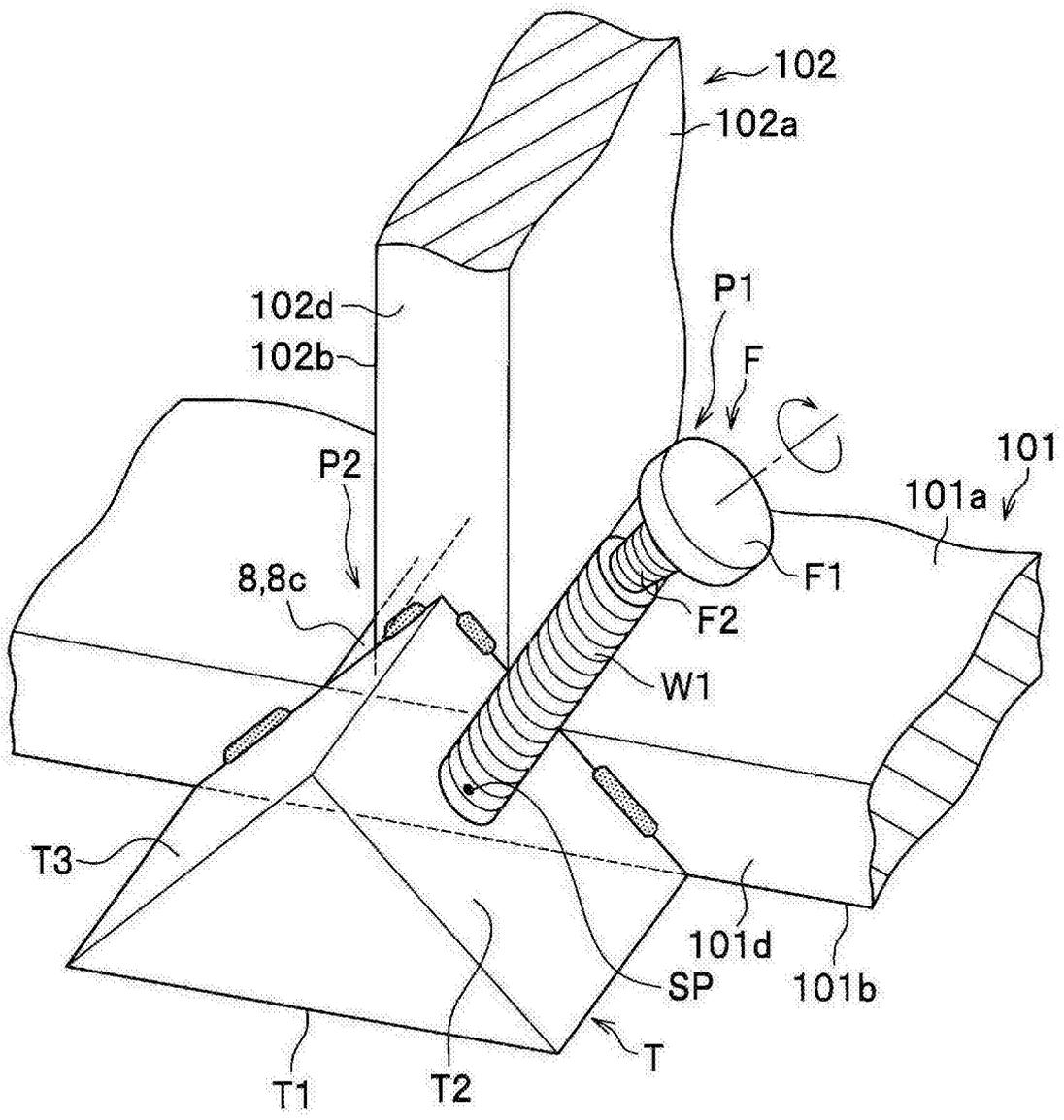


图 27

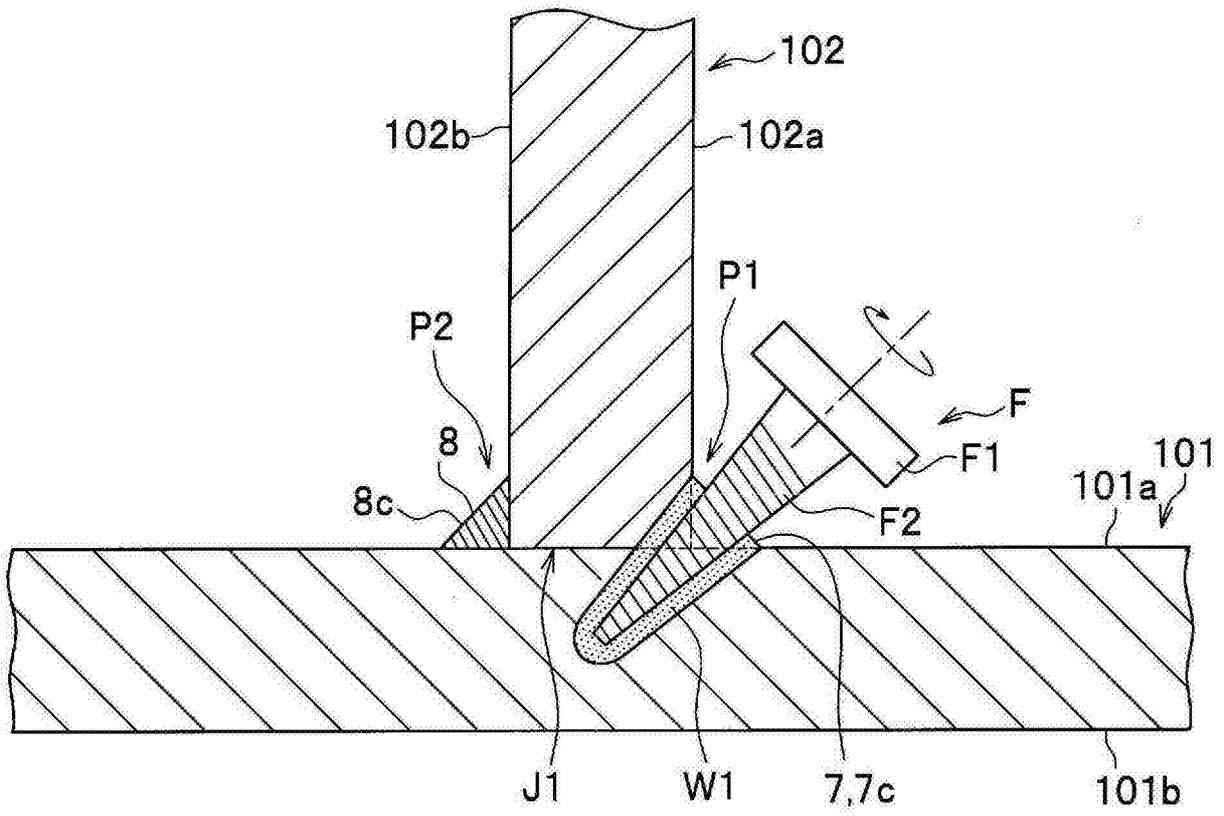


图 28

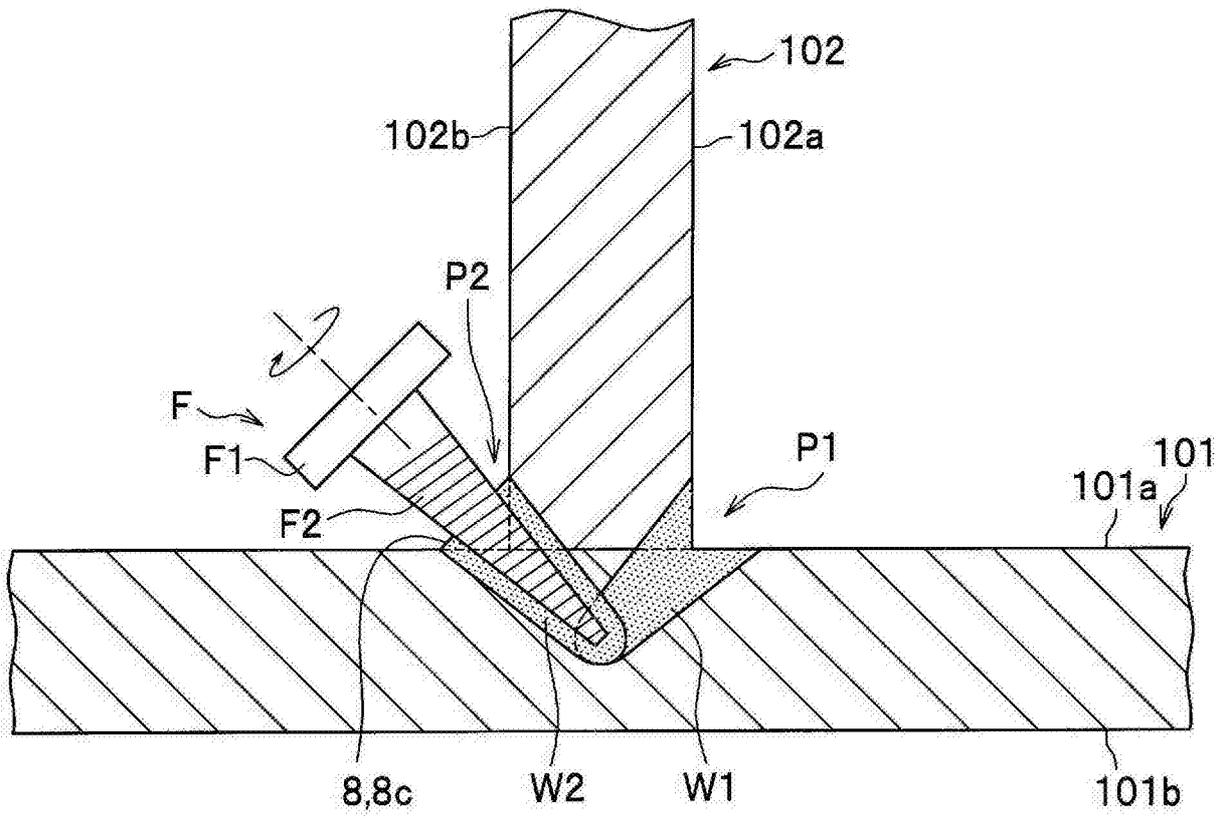


图 29