

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6287751号
(P6287751)

(45) 発行日 平成30年3月7日 (2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018.2.16)

(51) Int.Cl.

F 1

B 2 3 K 20/12 (2006.01)

B 2 3 K 20/12 3 6 8

B 2 3 K 20/24 (2006.01)

B 2 3 K 20/12 3 1 0

B 2 3 K 101/06 (2006.01)

B 2 3 K 20/12 3 3 0

B 2 3 K 20/24

B 2 3 K 101:06

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2014-212247 (P2014-212247)
 (22) 出願日 平成26年10月17日 (2014.10.17)
 (65) 公開番号 特開2016-78081 (P2016-78081A)
 (43) 公開日 平成28年5月16日 (2016.5.16)
 審査請求日 平成29年2月24日 (2017.2.24)

(73) 特許権者 000004743
 日本軽金属株式会社
 東京都品川区東品川二丁目2番20号
 (74) 代理人 110001807
 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
 (72) 発明者 瀬尾 伸城
 静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号
 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内
 (72) 発明者 堀 久司
 静岡県静岡市清水区蒲原1丁目34番1号
 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内
 審査官 篠原 将之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて二つの筒状金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記筒状金属部材の端面同士を突き合わせるとともに、突合せ部の外周に杵状補助部材を配置して前記突合せ部を覆う突合せ工程と、

前記杵状補助部材の外周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記杵状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記杵状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する外側本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項 2】

前記外側本接合工程後に、前記筒状金属部材の外周面から突出する前記杵状補助部材を切除する切除工程を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項 3】

前記外側本接合工程を行う前に、前記杵状補助部材と前記筒状金属部材とを仮接合する仮接合工程を含むことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項 4】

攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて二つの筒状金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記筒状金属部材の端面同士を突き合わせるとともに、突合せ部の内周に杵状補助部材

を配置して前記突合せ部を覆う突合せ工程と、

前記棒状補助部材の内周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記棒状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記棒状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する内側本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項 5】

前記内側本接合工程後に、前記筒状金属部材の内周面から突出する前記棒状補助部材を切除する切除工程を含むことを特徴とする請求項 4 に記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項 6】

前記内側本接合工程を行う前に、前記棒状補助部材と前記筒状金属部材とを仮接合する仮接合工程を含むことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項 7】

前記突合せ工程では、前記突合せ部に形成された凹部に、前記凹部の深さよりも大きな厚さの前記棒状補助部材を配置することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項 8】

前記凹部の両側壁と前記棒状補助部材との一对の突合せ部に対してそれぞれ摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項 7 に記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項 9】

攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて二つの筒状金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記筒状金属部材の端面同士を突き合わせるとともに、突合せ部の外周及び内周にそれぞれ棒状補助部材を配置して前記突合せ部を覆う突合せ工程と、

前記棒状補助部材の外周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記棒状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記棒状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する外側本接合工程と、

前記棒状補助部材の内周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記棒状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記棒状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する内側本接合工程と、を含み、

前記外側本接合工程で形成された塑性化領域と、前記内側本接合工程で形成された塑性化領域とを重複させることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、摩擦攪拌によって一对の筒状金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一对の金属部材同士を接合する方法として、摩擦攪拌接合 (FSW = Friction Stir Welding) が知られている。摩擦攪拌接合は、回転ツールを金属部材同士の突合せ部に沿って移動させ、回転ツールと金属部材との摩擦熱により突合せ部の金属を塑性流動させることで、金属部材同士を固相接合するものである。

【0003】

特許文献 1 には、二つの筒状金属部材を摩擦攪拌で接合する摩擦攪拌接合方法が開示されている。当該摩擦攪拌接合では、筒状金属部材の端面同士を突き合わせて突合せ部を形成した後、当該突合せ部に沿って回転ツールを相対移動させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 4774251 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来の摩擦攪拌接合方法では、回転ツールを突合せ部に押し込むと、回転ツールのショルダ部の下端面で筒状金属部材を押圧するため、筒状金属部材に大きな圧力が作用する。これにより、回転ツールの押圧力を筒状金属部材が支えられなくなり、回転ツールの攪拌ピンがより深く差し込まれて筒状金属部材の内側に塑性流動化した金属材料が流出するおそれがある。

【0006】

かかる問題を解消する方法として、筒状金属部材とショルダ部とを離間させた状態で摩擦攪拌を行うことが考えられるが、この方法によると塑性流動化した金属が外部に溢れやすくなり金属不足になる可能性がある。

【0007】

そこで、本発明は、筒状金属部材の内側又は外側への金属部材の流出を防ぐことができるとともに、摩擦攪拌による金属不足を防ぐことができる摩擦攪拌接合方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するために、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて二つの筒状金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記筒状金属部材の端面同士を突き合わせるるとともに、突合せ部の外周に杵状補助部材を配置して前記突合せ部を覆う突合せ工程と、前記杵状補助部材の外周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記杵状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記杵状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する外側本接合工程と、を含むことを特徴とする。

【0009】

また、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて二つの筒状金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記筒状金属部材の端面同士を突き合わせるるとともに、突合せ部の内周に杵状補助部材を配置して前記突合せ部を覆う突合せ工程と、前記杵状補助部材の内周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記杵状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記杵状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する内側本接合工程と、を含むことを特徴とする。

【0010】

かかる方法によれば、杵状補助部材及び両筒状金属部材の両方、又は、杵状補助部材のみに攪拌ピンのみを接触した状態で摩擦攪拌を行うため、従来の方法よりも筒状金属部材に作用する押圧力を低減することができる。これにより、筒状金属部材の内側又は外側に塑性流動化した金属が流出するのを防ぐことができる。また、回転ツールを挿入する側に杵状補助部材を設けることにより、摩擦攪拌による金属不足を補うことができる。

【0011】

また、前記外側本接合工程後に、前記筒状金属部材の外周面から突出する前記杵状補助部材を切除する切除工程を含むことが好ましい。また、前記内側本接合工程後に、前記筒状金属部材の内周面から突出する前記杵状補助部材を切除する切除工程を含むことが好ましい。

【0012】

かかる方法によれば、筒状金属部材の外周面又は内周面を平滑にすることができる。

【0013】

また、前記外側本接合工程を行う前に、前記杵状補助部材と前記筒状金属部材とを仮接合する仮接合工程を含むことが好ましい。また、前記内側本接合工程を行う前に、前記杵状補助部材と前記筒状金属部材とを仮接合する仮接合工程を含むことが好ましい。

【0014】

かかる方法によれば、筒状金属部材に対して杵状補助部材が固定されるため、外側本接

10

20

30

40

50

合工程又は内側本接合工程を安定して行うことができる。

【0015】

また、前記突合せ工程では、前記突合せ部に形成された凹部に、前記凹部の深さよりも大きな厚さの前記棒状補助部材を配置することが好ましい。

【0016】

かかる方法によれば、棒状補助部材の位置決めを容易に行うことができるとともに、外側本接合工程又は内側本接合工程を安定して行うことができる。また、棒状補助部材の厚さを凹部の深さよりも大きくすることにより、金属不足を確実に防ぐことができる。

【0017】

また、前記凹部の両側壁と前記棒状補助部材との一对の突合せ部に対してそれぞれ摩擦攪拌を行うことが好ましい。

10

【0018】

かかる方法によれば、一对の突合せ部が摩擦攪拌されるため、水密性及び気密性を高めることができる。

【0019】

また、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて二つの筒状金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記筒状金属部材の端面同士を突き合わせるとともに、突合せ部の外周及び内周にそれぞれ棒状補助部材を配置して前記突合せ部を覆う突合せ工程と、前記棒状補助部材の外周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記棒状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記棒状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する外側本接合工程と、前記棒状補助部材の内周面から回転した前記攪拌ピンを挿入し、前記棒状補助部材及び前記両筒状金属部材、又は、前記棒状補助部材のみに前記攪拌ピンのみを接触させた状態で前記突合せ部を摩擦攪拌する内側本接合工程と、を含み、前記外側本接合工程で形成された塑性化領域と、前記内側本接合工程で形成された塑性化領域とを重複させることを特徴とする。

20

【0020】

かかる方法によれば、棒状補助部材及び両筒状金属部材の両方、又は、棒状補助部材のみに攪拌ピンのみを接触した状態で摩擦攪拌を行うため、従来方法よりも筒状金属部材に作用する押圧力を低減することができる。これにより、筒状金属部材の内側又は外側に塑性流動化した金属が流出するのを防ぐことができる。また、棒状補助部材を設けることにより、摩擦攪拌による金属不足を補うことができる。また、突合せ部の外側に形成された塑性化領域と内側に形成された塑性化領域とを重複させることにより、突合せ部の全体が摩擦攪拌されるため、水密性及び気密性を高めることができる。

30

【発明の効果】

【0021】

本発明に係る摩擦攪拌接合方法によれば、筒状金属部材の内側又は外側への金属部材の流出を防ぐことができるとともに、摩擦攪拌による金属不足を防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本接合用回転ツールを示す側面図である。

40

【図2】本発明の第一実施形態に係る摩擦攪拌接合の筒状金属部材及び外側棒状補助部材を示す斜視図である。

【図3】第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程及び仮接合工程を示す断面図である。

【図4】第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の外側本接合工程を示す断面図である。

【図5】第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の外側本接合工程を示す図であって、(a)は斜視図であり、(b)は断面図である。

【図6】(a)は第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の切除工程前を示す断面図であり、(b)は切除工程後を示す断面図である。

【図7】第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例を示す斜視図であって、(a)は

50

突合せ工程を示し、(b)は外側本接合工程を示す。

【図8】(a)は本発明の第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の筒状金属部材及び外側棒状補助部材を示す斜視図であり、(b)は凹部を示す断面図である。

【図9】第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程及び仮接合工程を示す断面図である。

【図10】第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の外側本接合工程を示す断面図である。

【図11】(a)は第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の切除工程前を示す断面図であり、(b)は切除工程後を示す断面図である。

【図12】第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の補修工程を示す断面図である。

【図13】第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例を示す斜視図であって、(a)は突合せ工程を示し、(b)は外側本接合工程を示す。

10

【図14】本発明の第三実施形態に係る摩擦攪拌接合の筒状金属部材及び内側棒状補助部材を示す斜視図である。

【図15】第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程及び仮接合工程を示す断面図である。

【図16】第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の内側本接合工程を示す断面図である。

【図17】図16のI-I断面図である。

【図18】(a)は第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の切除工程前を示す断面図であり、(b)は切除工程後を示す断面図である。

【図19】(a)は本発明の第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の筒状金属部材及び内側棒状補助部材を示す斜視図であり、(b)は凹部を示す断面図である。

20

【図20】第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程及び仮接合工程を示す断面図である。

【図21】第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の内側本接合工程を示す断面図である。

【図22】第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の補修工程を示す断面図である。

【図23】第五実施形態に係る内側本接合工程を示す断面図である。

【図24】第六実施形態に係る内側本接合工程を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。まずは、本実施形態で用いる本接合用回転ツールについて説明する。

30

【0024】

図1に示すように、本接合用回転ツールFは、連結部F1と、攪拌ピンF2とで構成されている。本接合用回転ツールFは、特許請求の範囲の「回転ツール」に相当する。本接合用回転ツールFは、例えば工具鋼で形成されている。連結部F1は、摩擦攪拌装置の回転軸に連結される部位である。連結部F1は円柱状を呈し、ボルトが締結されるネジ孔B、Bが形成されている。

【0025】

攪拌ピンF2は、連結部F1から垂下しており、連結部F1と同軸になっている。攪拌ピンF2は連結部F1から離間するにつれて先細りになっている。

40

【0026】

攪拌ピンF2の外周面には螺旋溝F3が刻設されている。本実施形態では、本接合用回転ツールFを右回転させるため、螺旋溝F3は、基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝F3は、螺旋溝F3を基端から先端に向けてなぞると上から見て左回りに形成されている。

【0027】

なお、本接合用回転ツールFを左回転させる場合は、螺旋溝F3を基端から先端に向かうにつれて右回りに形成することが好ましい。言い換えると、この場合の螺旋溝F3は、螺旋溝F3を基端から先端に向けてなぞると上から見て右回りに形成されている。螺旋溝F3をこのように設定することで、摩擦攪拌の際に塑性流動化した金属が螺旋溝F3によ

50

って攪拌ピン F 2 の先端側に導かれる。これにより、被接合金属部材（筒状金属部材 1 , 1）の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。

【 0 0 2 8 】

本接合用回転ツール F を用いて摩擦攪拌接合をする際には、被接合金属部材に回転した攪拌ピン F 2 のみを挿入し、被接合金属部材と連結部 F 1 とは離間させつつ移動させる。本接合用回転ツール F の詳細な接合形態については後記する。

【 0 0 2 9 】

[第一実施形態]

次に、第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。図 2 に示すように、本実施形態では、筒状金属部材 1 , 1 同士を突き合わせるとともに、外側棒状補助部材 1 1

10

を配置して摩擦攪拌によって接合する。

【 0 0 3 0 】

筒状金属部材 1 , 1 は、円筒状の金属製部材であって、それぞれ同等の形状になっている。筒状金属部材 1 , 1 は、少なくとも突き合わされる部分が同等の形状であればよい。筒状金属部材 1 , 1 は同等の材料で形成されている。筒状金属部材 1 の材料は、摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等から適宜選択すればよい。

【 0 0 3 1 】

外側棒状補助部材（棒状補助部材）1 1 は、円筒状の金属部材である。外側棒状補助部材 1 1 の材料は特に制限されないが、本実施形態のように筒状金属部材 1 と同等であることが好ましい。外側棒状補助部材 1 1 の内径は、筒状金属部材 1 の外径と略同等になっている。外側棒状補助部材 1 1 の板厚は一定になっている。

20

【 0 0 3 2 】

第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、外側本接合工程と、切除工程とを行う。

【 0 0 3 3 】

突合せ工程は、図 3 に示すように、筒状金属部材 1 , 1 の端面 1 a , 1 a 同士を突き合わせるとともに、第一突合せ部 J 1 の外周に外側棒状補助部材 1 1 を配置して第一突合せ部 J 1 を覆う工程である。突合せ工程により、筒状金属部材 1 , 1 の外周面 1 b , 1 b が面一になるとともに内周面 1 c , 1 c が面一になる。また、筒状金属部材 1 , 1 の外周面 1 b , 1 b と外側棒状補助部材 1 1 の内周面 1 1 b とが面接触する。

30

【 0 0 3 4 】

仮接合工程は、図 3 に示すように、筒状金属部材 1 , 1 と外側棒状補助部材 1 1 とを仮接合する工程である。筒状金属部材 1 , 1 と外側棒状補助部材 1 1 との接合方法は特に制限されないが、本実施形態では溶接で接合している。筒状金属部材 1 , 1 と外側棒状補助部材 1 1 との入隅部には、溶接金属 W 0 , W 0 が形成される。仮接合工程によって、筒状金属部材 1 , 1 に対して外側棒状補助部材 1 1 が固定される。

【 0 0 3 5 】

外側本接合工程は、図 4 に示すように、本接合用回転ツール F を用いて第一突合せ部 J 1 の外側から摩擦攪拌する工程である。外側本接合工程では、本接合用回転ツール F を外側棒状補助部材 1 1 の外周面 1 1 a から所定の深さで挿入する。そして、外側棒状補助部材 1 1 に対して本接合用回転ツール F を相対移動させて第一突合せ部 J 1 の全長を摩擦攪拌する。

40

【 0 0 3 6 】

図 5 の（ a ）及び（ b ）に示すように、外側本接合工程は、本実施形態では回転装置 R を用いる。回転装置 R は、筒状金属部材 1 , 1 の軸心周りに筒状金属部材 1 , 1 を回転させる装置である。回転装置 R は、第一回転ローラ R 1 , R 1 と、第二回転ローラ R 2 , R 2 とで構成されている。

【 0 0 3 7 】

50

第一回転ローラ R 1 , R 1 は、円柱状を呈する。第一回転ローラ R 1 , R 1 は、駆動装置に接続されており、第一回転ローラ R 1 の軸心周りに正逆回転可能になっている。第一回転ローラ R 1 の外周面 R 1 c は、一方の筒状金属部材 1 の外周面 1 b と接触している。第一回転ローラ R 1 , R 1 は同じ高さ位置において、離間して配置されている。

【 0 0 3 8 】

第二回転ローラ R 2 , R 2 は、円柱状を呈する。第二回転ローラ R 2 , R 2 は、駆動装置に接続されており、第二回転ローラ R 2 の軸心周りに正逆回転可能になっている。第二回転ローラ R 2 , R 2 は、他方の筒状金属部材 1 の外周面 1 b と接触している。第二回転ローラ R 2 , R 2 は同じ高さ位置において、離間して配置されている。

【 0 0 3 9 】

回転装置 R は、第一回転ローラ R 1 , R 1 及び第二回転ローラ R 2 , R 2 が各軸心周りに一方向（例えば、右回り）に回転することにより、当該回転力が筒状金属部材 1 , 1 に伝達され、筒状金属部材 1 , 1 が筒状金属部材 1 の軸心周りに他方向（左回り）に回転するように構成されている。

【 0 0 4 0 】

外側本接合工程では、まず、回転装置 R 上に筒状金属部材 1 , 1 を配置した後、右回転させた本接合用回転ツール F を降下させて、外側棒状補助部材 1 1 の外周面 1 1 a から攪拌ピン F 2 を所定の深さで挿入する。そして、本接合用回転ツール F の位置は固定した状態で、回転装置 R を駆動させて筒状金属部材 1 , 1 を軸心周りに回転させる。これにより、図 5 の（ b ）に示すように、第一突合せ部 J 1 が摩擦攪拌される。

【 0 0 4 1 】

外側本接合工程では、外側棒状補助部材 1 1 を貫通させ攪拌ピン F 2 の先端を筒状金属部材 1 , 1 に接触させる。外側本接合工程では、筒状金属部材 1 , 1 及び外側棒状補助部材 1 1 に回転した攪拌ピン F 2 のみを挿入し、外側棒状補助部材 1 1 と連結部 F 1 とは離間させつつ相対移動させる。言い換えると、攪拌ピン F 2 の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。本接合用回転ツール F の移動軌跡には摩擦攪拌された金属が硬化することにより外側塑性化領域 W 1 が形成される。

【 0 0 4 2 】

外側塑性化領域 W 1 は、一定の深さで形成される。外側塑性化領域 W 1 の始端と終端とはオーバーラップするように設定することが好ましい。これにより、第一突合せ部 J 1 の全長を確実に摩擦攪拌することができる。

【 0 0 4 3 】

なお、本接合用回転ツール F の挿入深さは、本接合用回転ツール F が筒状金属部材 1 , 1 に接触せず、外側棒状補助部材 1 1 にのみ接触するように設定してもよい。この場合は、攪拌ピン F 2 と外側棒状補助部材 1 1 との接触によって生じた摩擦熱で、筒状金属部材 1 , 1 が塑性流動化されることにより第一突合せ部 J 1 が接合される。

【 0 0 4 4 】

また、本接合用回転ツール F を離脱させる際には、本接合用回転ツール F と外側棒状補助部材 1 1 及び筒状金属部材 1 , 1 とを相対的に移動させつつ、攪拌ピン F 2 を外側棒状補助部材 1 1 から徐々に引き抜くようにしてもよい。本接合用回転ツール F の形状、回転数や送り速度等の条件にもよるが、抜き跡の深さを細かく調整することが可能である。また、本実施形態では回転装置 R を用いたが、他の装置を用いて筒状金属部材 1 , 1 を回転させてもよいし、ロボットアームの先端に本接合用回転ツール F を取り付けて、固定された筒状金属部材 1 , 1 周りに本接合用回転ツール F を移動させてもよい。

【 0 0 4 5 】

切除工程は、筒状金属部材 1 の外周面 1 b から突出する外側棒状補助部材 1 1 を切除する工程である。図 6 の（ a ）に示すように、外側本接合工程を行うと、外側棒状補助部材 1 1 の外周面 1 1 a には凹溝 1 2 が形成されるとともに、凹溝 1 2 の周囲にバリ V が形成される。本実施形態では、ショルダ部で塑性流動化した金属を押さえないで外側本接合工程を行うため、摩擦攪拌によって形成される凹溝 1 2 が深くなる傾向にあるとともにバリ

10

20

30

40

50

Vが多く発生しやすい。

【0046】

外側本接合工程によって形成される凹溝12の底面12aは、筒状金属部材1の外周面1bよりも上方に位置している。外側杵状補助部材11の厚さや形状等は、外側本接合工程によって形成された凹溝12の底面12aが筒状金属部材1の外周面1bよりも上方に位置するように設定することが好ましい。

【0047】

切除工程は、本実施形態では、外側杵状補助部材11、バリV及び溶接金属W0を切除する。切除工程では、図6の(a)に示すように、筒状金属部材1の外周面1bを含む基準面に沿って、外側杵状補助部材11、バリV及び溶接金属W0を切除する。これにより、図6の(b)に示すように、筒状金属部材1の外周面1bと外側塑性化領域W1の表面とは面一になる。

【0048】

なお、切除工程では、筒状金属部材1の外周面1bを含む基準面よりも上方(凹溝12側)の位置で切除してもよい。つまり、切除工程では、筒状金属部材1の外周面1bから突出する外側杵状補助部材11の一部を切除するだけでもよい。また、切除工程は省略してもよい。

【0049】

以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、筒状金属部材1, 1及び外側杵状補助部材11の両方、又は、外側杵状補助部材11のみに攪拌ピンF2のみを接触した状態で摩擦攪拌を行うため、従来の方法よりも筒状金属部材1, 1に作用する押圧力を低減することができる。これにより、筒状金属部材1, 1の内側に塑性流動化した金属が流出するのを防ぐことができる。また、本接合用回転ツールFを挿入する側に杵状補助部材を設けることにより、摩擦攪拌による金属不足を補うことができる。

【0050】

また、切除工程を行うことで、筒状金属部材1, 1の外周面1b, 1bを平滑にすることができる。また、外側本接合工程を行う前に、外側杵状補助部材11と筒状金属部材1, 1とを仮接合することで、筒状金属部材1, 1に対して外側杵状補助部材11が固定されるため、外側本接合工程を安定して行うことができる。

【0051】

以上本発明の第一実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、第一実施形態では筒状金属部材1, 1は円筒状を呈する部材であったが、他の形状であってもよい。

【0052】

[変形例]

図7の(a)及び(b)に示す第一実施形態の変形例では、筒状金属部材1A, 1Aが矩形筒状を呈する。また、外側杵状補助部材11Aも矩形杵状を呈する。外側杵状補助部材11Aの内周面11Abは、筒状金属部材1Aの外周面と面接触するようになっている。

【0053】

第一実施形態の変形例では、第一実施形態と同じ要領で突合せ工程と、仮接合工程と、外側本接合工程と、切除工程とを行う。図7の(b)に示すように、外側本接合工程では、外側杵状補助部材11Aの外周面11Aaから本接合用回転ツールFを挿入して、本接合用回転ツールFを直線状に相対移動させて、第一突合せ部に対して摩擦攪拌を行う。当該変形例でも、第一実施形態と略同等の効果を奏することができる。

【0054】

[第二実施形態]

次に、本発明の第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、筒状金属部材1, 1が突き合わされる部位に凹部を設ける点で第一実施形態と相違する。

【 0 0 5 5 】

図 8 の (a) に示すように、筒状金属部材 1 , 1 は円筒状を呈する。筒状金属部材 1 , 1 の端部の外側には、段差部 1 0 がそれぞれ形成されている。段差部 1 0 は、段差端面 1 0 a と、段差端面 1 0 a に対して垂直な段差周面 1 0 b とで形成されている。図 8 の (b) に示すように、筒状金属部材 1 , 1 の端面 1 a , 1 a 同士を突き合わせると突合せ部 J 1 が形成される。また、段差部 1 0 , 1 0 が突き合わされることにより、凹部 3 0 が形成される。凹部 3 0 は、筒状金属部材 1 , 1 の外側において、周方向に亘って形成される。

【 0 0 5 6 】

外側枠状補助部材 (枠状補助部材) 2 1 は、円筒状の金属部材である。外側枠状補助部材 2 1 の材料は特に制限されないが、本実施形態のように筒状金属部材 1 と同等であることが好ましい。外側枠状補助部材 2 1 の内周面 2 1 b は、段差周面 1 0 b と面接触するようになっている。外側枠状補助部材 2 1 の板厚は一定になっている。

10

【 0 0 5 7 】

第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、外側本接合工程と、切除工程と、補修工程とを行う。

【 0 0 5 8 】

突合せ工程は、図 9 に示すように、筒状金属部材 1 , 1 の端面 1 a , 1 a 同士を突き合わせるとともに、第一突合せ部 J 1 の外周に形成された凹部 3 0 に外側枠状補助部材 2 1 を配置して第一突合せ部 J 1 を覆う工程である。つまり、筒状金属部材 1 , 1 の端面 1 a , 1 a 同士を突き合わせる際に、外側枠状補助部材 2 1 は凹部 3 0 に挟み込まれるように配置される。

20

【 0 0 5 9 】

突合せ工程により、筒状金属部材 1 , 1 の外周面 1 b , 1 b が同一面上に位置するとともに内周面 1 c , 1 c が面一になる。また、凹部 3 0 の底面を構成する段差周面 1 0 b , 1 0 b と外側枠状補助部材 2 1 の内周面 2 1 b とが面接触する。また、凹部 3 0 の側壁を構成する段差端面 1 0 a , 1 0 a と外側枠状補助部材 2 1 の側面 2 1 c , 2 1 c とが面接触する。つまり、外側枠状補助部材 2 1 は、凹部 3 0 に隙間なく配置される。

【 0 0 6 0 】

外側枠状補助部材 2 1 の厚さは、凹部 3 0 の深さよりも大きくなっている。外側枠状補助部材 2 1 の厚さは、本実施形態では、凹部 3 0 の深さの 2 倍程度になっている。

30

【 0 0 6 1 】

仮接合工程は、図 9 に示すように、筒状金属部材 1 , 1 と外側枠状補助部材 2 1 とを仮接合する工程である。筒状金属部材 1 , 1 と外側枠状補助部材 2 1 との接合方法は特に制限されないが、本実施形態では溶接で接合している。筒状金属部材 1 , 1 と外側枠状補助部材 2 1 との入隅部には、溶接金属 W 0 , W 0 が形成される。仮接合工程によって、筒状金属部材 1 , 1 に対して外側枠状補助部材 2 1 が固定される。

【 0 0 6 2 】

外側本接合工程は、図 1 0 に示すように、本接合用回転ツール F を用いて第一突合せ部 J 1 の外側から摩擦攪拌を行う工程である。外側本接合工程では、本接合用回転ツール F を外側枠状補助部材 2 1 の外周面 2 1 a から所定の深さで挿入する。そして、外側枠状補助部材 2 1 に対して本接合用回転ツール F を相対移動させて第一突合せ部 J 1 の全長を摩擦攪拌する。第二実施形態に係る外側本接合工程は、第一実施形態に係る外側本接合工程と略同等であるため詳細な説明は省略する。

40

【 0 0 6 3 】

切除工程は、筒状金属部材 1 の外周面 1 b から突出する外側枠状補助部材 2 1 を切除する工程である。図 1 1 の (a) に示すように、外側本接合工程を行うと、外側枠状補助部材 2 1 の外周面 2 1 a には凹溝 2 2 が形成されるとともに、凹溝 2 2 の周囲にバリ V が形成される。本実施形態では、ショルダ部で塑性流動化した金属を押さえないで外側本接合工程を行うため、摩擦攪拌によって形成される凹溝 2 2 が深くなる傾向にあるとともにバリ V が多く発生しやすい。

50

【 0 0 6 4 】

外側本接合工程によって形成される凹溝 2 2 の底面 2 2 a は、筒状金属部材 1 の外周面 1 b よりも上方に位置している。外側枠状補助部材 2 1 の厚さや形状等は、外側本接合工程によって形成された凹溝 2 2 の底面 2 2 a が筒状金属部材 1 の外周面 1 b よりも上方に位置するように設定することが好ましい。

【 0 0 6 5 】

切除工程は、本実施形態では、外側枠状補助部材 2 1、バリ V 及び溶接金属 W 0 を切除する。切除工程では、図 1 1 の (a) に示すように、筒状金属部材 1 の外周面 1 b を含む基準面に沿って、外側枠状補助部材 2 1、バリ V 及び溶接金属 W 0 を切除する。これにより、図 1 1 の (b) に示すように、筒状金属部材 1 の外周面 1 b、切除後の外側枠状補助部材 2 1 の表面及び切除後の外側塑性化領域 W 1 の表面は面一になる。

10

【 0 0 6 6 】

なお、切除工程では、筒状金属部材 1 の外周面 1 b を含む基準面よりも上方 (凹溝 2 2 側) の位置で切除してもよい。つまり、切除工程では、筒状金属部材 1 の外周面 1 b から突出する外側枠状補助部材 2 1 の一部を切除するだけでもよい。また、切除工程は省略してもよい。切除工程を行うと、外側枠状補助部材 2 1 の側面 2 1 c と筒状金属部材 1 , 1 とがそれぞれ突き合わされた一対の第二突合せ部 J 2 , J 2 が露出する。

【 0 0 6 7 】

補修工程は、第二突合せ部 J 2 , J 2 に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。図 1 2 に示すように、補修工程では、小型回転ツール H を用いて第二突合せ部 J 2 , J 2 に対して摩擦攪拌を行う。小型回転ツール H は、ショルダ部とショルダ部に突設された攪拌ピンとで構成されている。

20

【 0 0 6 8 】

補修工程では、前記した回転装置 R (図 5 参照) を用いて、筒状金属部材 1 , 1 を軸心周りに回転させながら摩擦攪拌を行う。補修工程では、第二突合せ部 J 2 に小型回転ツール H のショルダ部を数ミリ程度押込んだ後、小型回転ツール H の位置は固定した状態で、筒状金属部材 1 , 1 を軸心周りに回転させる。これにより、第二突合せ部 J 2 , J 2 の周方向の全体が摩擦攪拌される。小型回転ツール H の移動軌跡には塑性化領域 W 2 , W 2 が形成される。補修工程では、第二突合せ部 J 2 の深さ方向の全体が摩擦攪拌されることが好ましい。これにより、水密性及び気密性を高めることができる。なお、補修工程は省略してもよい。

30

【 0 0 6 9 】

以上説明した第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によっても第一実施形態と略同等の効果を得ることができる。また、凹部 3 0 を設けることにより、筒状金属部材 1 , 1 に対する外側枠状補助部材 2 1 の位置決めを容易に行うことができるとともに、外側本接合工程を安定して行うことができる。また、本実施形態では、凹部 3 0 に外側枠状補助部材 2 1 を配置するとともに仮接合工程を行うため、より安定して外側本接合工程を行うことができる。

【 0 0 7 0 】

また、補修工程を行うことで、外側枠状補助部材 2 1 と筒状金属部材 1 , 1 とが突き合わされて形成された第二突合せ部 J 2 , J 2 が摩擦攪拌される。これにより、筒状金属部材 1 , 1 の水密性及び気密性を向上させることができる。また、本実施形態のように仮接合工程を溶接によって行う場合、切除工程を行った後に筒状金属部材 1 の外周面 1 b が変色していたり、改質したりする場合があるが、補修工程を行うことでこれらの変色箇所や改質箇所等の接合痕を補修することができる。

40

【 0 0 7 1 】

以上本発明の第二実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、第二実施形態では筒状金属部材 1 , 1 は円筒状を呈する部材であったが、他の形状であってもよい。

【 0 0 7 2 】

50

〔変形例〕

図１３の（ａ）及び（ｂ）に示す第二実施形態の変形例では、筒状金属部材１Ｂ，１Ｂが矩形筒状を呈する。筒状金属部材１Ｂ，１Ｂの端部の外側には、段差部１０Ｂ，１０Ｂがそれぞれ形成されている。段差部１０Ｂは、段差端面１０Ｂａと、段差端面１０Ｂａに対して垂直な段差周面１０Ｂｂとで形成されている。具体的な図示は省略するが、筒状金属部材１Ｂ，１Ｂの端面１Ｂａ，１Ｂａ同士を突き合わせると突合せ部が形成されるとともに、凹部が形成される。

【００７３】

外側枠状補助部材２１Ａも矩形枠状を呈する。外側枠状補助部材２１Ａは、筒状金属部材１Ｂ，１Ｂが突き合わされて形成された凹部に配置される。具体的には、筒状金属部材１Ｂ，１Ｂの端面１Ｂａ，１Ｂａ同士を突き合わせる際に、外側枠状補助部材２１Ａは凹部に挟み込まれるように配置される。外側枠状補助部材２１Ａの厚さは、当該凹部の深さよりも大きくなっている。外側枠状補助部材２１Ａの内周面２１Ａｂは、凹部の底面（段差周面１０Ｂｂ，１０Ｂｂ）と面接触するようになっている。

10

【００７４】

第二実施形態の変形例では、第二実施形態と同じ要領で突合せ工程と、仮接合工程と、外側本接合工程と、切除工程と、補修工程とを行う。図１３の（ｂ）に示すように、外側本接合工程では、外側枠状補助部材２１Ａの外周面２１Ａａから本接合用回転ツールＦを挿入して、本接合用回転ツールＦを直線状に相対移動させて、第一突合せ部に対して摩擦攪拌を行う。当該変形例でも、第二実施形態と略同等の効果を奏することができる。

20

【００７５】

〔第三実施形態〕

次に、本発明の第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、内側枠状補助部材３１を用いて筒状金属部材１，１の内側から接合する点で第一実施形態と相違する。

【００７６】

図１４に示すように、筒状金属部材１，１は第一実施形態と同等である。内側枠状補助部材３１は、円筒状の金属部材である。内側枠状補助部材３１の材料は特に制限されないが、本実施形態のように筒状金属部材１と同等であることが好ましい。内側枠状補助部材３１の外径は、筒状金属部材１の内径と略同等になっている。内側枠状補助部材３１の板厚は一定になっている。

30

【００７７】

第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、内側本接合工程と、切除工程とを行う。

【００７８】

突合せ工程は、図１５に示すように、筒状金属部材１，１の端面１ａ，１ａ同士を突き合わせるとともに、第一突合せ部Ｊ１の内周に内側枠状補助部材３１を配置して第一突合せ部Ｊ１を覆う工程である。

【００７９】

突合せ工程により、筒状金属部材１，１の外周面１ｂ，１ｂが面一になるとともに内周面１ｃ，１ｃが面一になる。また、筒状金属部材１，１の内周面１ｃ，１ｃと内側枠状補助部材３１の外周面３１ａとが面接触する。

40

【００８０】

仮接合工程は、図１５に示すように、筒状金属部材１，１と内側枠状補助部材３１とを仮接合する工程である。筒状金属部材１，１と内側枠状補助部材３１との接合方法は特に制限されないが、本実施形態では溶接で接合している。筒状金属部材１，１と内側枠状補助部材３１との入隅部には、溶接金属Ｗ０，Ｗ０が形成される。仮接合工程によって、筒状金属部材１，１に対して内側枠状補助部材３１が固定される。

【００８１】

内側本接合工程は、図１６に示すように、本接合用回転ツールＦを用いて第一突合せ部

50

J 1 の内側から摩擦攪拌する工程である。内側本接合工程では、本接合用回転ツール F を用いて第一突合せ部 J 1 の内側から摩擦攪拌を行う工程である。具体的な図示は省略するが、例えば、ロボットアームの先端に本接合用回転ツール F を取り付けておき、ロボットアームを筒状金属部材 1 の開口部から挿入することによって、第一突合せ部 J 1 の内側から摩擦攪拌を行うことができる。内側本接合工程では、本接合用回転ツール F を内側杵状補助部材 3 1 の内周面 3 1 b から所定の深さで挿入する。内側本接合工程の本接合用回転ツール F の挿入深さは、本接合用回転ツール F が内側杵状補助部材 3 1 及び筒状金属部材 1 , 1 の両方に接触するように設定しているが、本接合用回転ツール F が内側杵状補助部材 3 1 のみに接触するように設定してもよい。

【 0 0 8 2 】

10

そして、内側杵状補助部材 3 1 に対して本接合用回転ツール F を相対移動させて第一突合せ部 J 1 の全長を摩擦攪拌する。本接合用回転ツール F の移動軌跡には内側塑性化領域 W 3 が形成される。

【 0 0 8 3 】

図 1 7 に示すように、第三実施形態では回転装置 R を用いて摩擦攪拌を行う。第三実施形態に係る内側本接合工程は、筒状金属部材 1 , 1 の内側から摩擦攪拌を行うことを除いては第一実施形態に係る外側本接合工程と略同等であるため詳細な説明は省略する。

【 0 0 8 4 】

切除工程は、筒状金属部材 1 の内周面 1 c から突出する内側杵状補助部材 3 1 を切除する工程である。図 1 8 の (a) に示すように、内側本接合工程を行うと、内側杵状補助部材 3 1 の内周面 3 1 b には凹溝 3 2 が形成されるとともに、凹溝 3 2 の周囲にバリ V が形成される。本実施形態では、ショルダ部で塑性流動化した金属を押さえなくて内側本接合工程を行うため、摩擦攪拌によって形成される凹溝 3 2 が深くなる傾向にあるとともにバリ V が多く発生しやすい。

20

【 0 0 8 5 】

内側本接合工程によって形成される凹溝 3 2 の底面 3 2 a は、筒状金属部材 1 の内周面 1 c よりも上方に位置している。内側杵状補助部材 3 1 の厚さや形状等は、内側本接合工程によって形成された凹溝 3 2 の底面 3 2 a が筒状金属部材 1 の内周面 1 c よりも上方に位置するように設定することが好ましい。

【 0 0 8 6 】

30

切除工程は、本実施形態では、内側杵状補助部材 3 1 、バリ V 及び溶接金属 W 0 を切除する。切除工程では、図 1 8 の (a) に示すように、筒状金属部材 1 の内周面 1 c を含む基準面に沿って、内側杵状補助部材 3 1 、バリ V 及び溶接金属 W 0 を切除する。これにより、図 1 8 の (b) に示すように、筒状金属部材 1 の内周面 1 c と内側塑性化領域 W 3 の表面とは面一になる。

【 0 0 8 7 】

なお、切除工程では、筒状金属部材 1 の内周面 1 c を含む基準面よりも上方 (凹溝 3 2 側) の位置で切除してもよい。つまり、切除工程では、筒状金属部材 1 の内周面 1 c から突出する内側杵状補助部材 3 1 の一部を切除するだけでもよい。また、切除工程は省略してもよい。

40

【 0 0 8 8 】

以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、筒状金属部材 1 , 1 及び内側杵状補助部材 3 1 の両方、又は、内側杵状補助部材 3 1 のみに攪拌ピン F 2 のみを接触した状態で摩擦攪拌を行うため、従来の方法よりも筒状金属部材 1 , 1 に作用する押圧力を低減することができる。これにより、筒状金属部材 1 , 1 の外側に塑性流動化した金属が流出するのを防ぐことができる。また、本接合用回転ツール F を挿入する側に杵状補助部材を設けることにより、摩擦攪拌による金属不足を補うことができる。

【 0 0 8 9 】

また、切除工程を行うことで、筒状金属部材 1 , 1 の内周面 1 c , 1 c を平滑にすることができる。また、内側本接合工程を行う前に、内側杵状補助部材 3 1 と筒状金属部材 1

50

、１とを仮接合することで、筒状金属部材１，１に対して内側枠状補助部材３１が固定されるため、内側本接合工程を安定して行うことができる。

【００９０】

以上本発明の第三実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、第三実施形態では筒状金属部材１，１は円筒状を呈する部材であったが、他の形状であってもよい。具体的な図示は省略するが、図７を参照するように、第三実施形態に係る摩擦攪拌接合の筒状金属部材１，１及び内側枠状補助部材３１を矩形筒状としてもよい。

【００９１】

[第四実施形態]

次に、本発明の第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、筒状金属部材１，１が突き合わされる部位に凹部を設ける点で第三実施形態と相違する。

【００９２】

図１９の（ａ）に示すように、筒状金属部材１，１は円筒状を呈する。筒状金属部材１，１の端部の内側には、段差部４０がそれぞれ形成されている。段差部４０は、段差端面４０ａと、段差端面４０ａに対して垂直な段差周面４０ｂとで形成されている。図１９の（ｂ）に示すように、筒状金属部材１，１の端面１ａ，１ａ同士を突き合わせると、突合せ部Ｊ１が形成される。また、段差部４０，４０が突き合わされることにより、凹部４２が形成される。凹部４２は、筒状金属部材１，１の内側において、周方向に亘って形成される。

【００９３】

内側枠状補助部材（枠状補助部材）４１は、円筒状の金属部材である。内側枠状補助部材４１の材料は特に制限されないが、本実施形態のように筒状金属部材１と同等であることが好ましい。内側枠状補助部材４１の外周面４１ａは、段差周面４０ｂと面接触するようになっている。内側枠状補助部材４１の板厚は一定になっている。

【００９４】

第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、内側本接合工程と、切除工程と、補修工程とを行う。

【００９５】

突合せ工程は、図１９に示すように、筒状金属部材１，１の端面１ａ，１ａ同士を突き合わせるとともに、第一突合せ部Ｊ１の内周に形成された凹部４２に内側枠状補助部材４１を配置して第一突合せ部Ｊ１を覆う工程である。つまり、筒状金属部材１，１の端面１ａ，１ａ同士を突き合わせる際に、内側枠状補助部材４１は凹部４２に挟み込まれるように配置される。

【００９６】

突合せ工程により、筒状金属部材１，１の外周面１ｂ，１ｂが面一になるとともに内周面１ｃ，１ｃが同一面上に位置する。また、図２０に示すように、凹部４２の底面を構成する段差周面４０ｂ，４０ｂと内側枠状補助部材４１の外周面４１ａとが面接触する。また、凹部４２の側壁を構成する段差端面４０ａ，４０ａと内側枠状補助部材４１の側面４１ｃ，４１ｃとが面接触する。

【００９７】

仮接合工程は、図２０に示すように、筒状金属部材１，１と内側枠状補助部材４１とを仮接合する工程である。筒状金属部材１，１と内側枠状補助部材４１との接合方法は特に制限されないが、本実施形態では溶接で接合している。筒状金属部材１，１と内側枠状補助部材４１との入隅部には、溶接金属Ｗ０，Ｗ０が形成される。仮接合工程によって、筒状金属部材１，１に対して内側枠状補助部材４１が固定される。

【００９８】

内側本接合工程は、図２１に示すように、本接合用回転ツールＦを用いて第一突合せ部Ｊ１の内側から摩擦攪拌を行う工程である。内側本接合工程では、本接合用回転ツールＦ

10

20

30

40

50

を内側杵状補助部材 4 1 の内周面 4 1 b から所定の深さで挿入する。そして、内側杵状補助部材 4 1 に対して本接合用回転ツール F を相対移動させて第一突合せ部 J 1 の全長を摩擦攪拌する。第四実施形態に係る内側本接合工程は、第三実施形態に係る内側本接合工程と略同等であるため詳細な説明は省略する。

【 0 0 9 9 】

切除工程は、本実施形態では、内側杵状補助部材 4 1、バリ V 及び溶接金属 W 0 を切除する。切除工程では、図 2 1 に示すように、筒状金属部材 1 の内周面 1 c を含む基準面に沿って、内側杵状補助部材 4 1、バリ V 及び溶接金属 W 0 を切除する。これにより、図 2 2 に示すように、筒状金属部材 1 の内周面 1 c と内側塑性化領域 W 3 の表面とは面一になる。

10

【 0 1 0 0 】

なお、切除工程では、筒状金属部材 1 の内周面 1 c を含む基準面よりも上方の位置で切除してもよい。つまり、切除工程では、筒状金属部材 1 の内周面 1 c から突出する内側杵状補助部材 4 1 の一部を切除するだけでもよい。また、切除工程は省略してもよい。

【 0 1 0 1 】

補修工程は、第二突合せ部 J 2、J 2 に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。本実施形態では、第二実施形態の補修工程とは異なり、図 2 2 に示すように、小型回転ツール G の攪拌ピン G 2 のみを第二突合せ部 J 2、J 2 に接触させた状態で摩擦攪拌を行う。本実施形態では、筒状金属部材 1 の内周面 1 c における第二突合せ部 J 2、J 2 に対して摩擦攪拌を行うため、仮に小型回転ツール G のショルダ部 G 1 を筒状金属部材 1 の内周面 1 c に接触させると小型回転ツール G と筒状金属部材 1 との相対移動が阻害されて、摩擦攪拌を円滑に実行できなくなるおそれがある。なお、小型回転ツール G に替えて本接合用回転ツール F を用いて、攪拌ピン F 2 のみを第二突合せ部 J 2、J 2 に接触させた状態で補修工程を行ってもよい。

20

【 0 1 0 2 】

以上説明した第四実施形態に係る摩擦攪拌接合によっても第三実施形態と略同等の効果を得ることができる。また、凹部 4 2 を設けることにより、筒状金属部材 1、1 に対する内側杵状補助部材 4 1 の位置決めを容易に行うことができるとともに、内側本接合工程を安定して行うことができる。また、本実施形態では、凹部 4 2 に内側杵状補助部材 4 1 を配置するとともに仮接合工程を行うため、より安定して内側本接合工程を行うことができる。

30

【 0 1 0 3 】

また、補修工程を行うことで、内側杵状補助部材 4 1 と筒状金属部材 1、1 とが突き合わされて形成された第二突合せ部 J 2、J 2 が摩擦攪拌される。これにより、筒状金属部材 1、1 の水密性及び気密性を向上させることができる。また、本実施形態のように仮接合工程を溶接によって行う場合、切除工程を行うと筒状金属部材 1 の内周面 1 c が変色していたり、改質したりする場合があるが、補修工程を行うことでこれらの変色箇所や改質箇所等の接合痕を補修することができる。

【 0 1 0 4 】

以上本発明の第四実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、第四実施形態では筒状金属部材 1、1 は円筒状を呈する部材であったが、他の形状であってもよい。具体的な図示は省略するが、図 1 3 を参照するように、第四実施形態に係る摩擦攪拌接合の筒状金属部材 1、1 及び内側杵状補助部材 4 1 を矩形筒状としてもよい。

40

【 0 1 0 5 】

[第五実施形態]

次に、本発明の第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法は、筒状金属部材 1、1 の外側及び内側の両方から第一突合せ部 J 1 に対して摩擦攪拌接合を行う点で第一実施形態と相違する。第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、特徴的な部分を中心に説明する。

50

【 0 1 0 6 】

第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、外側本接合工程と、内側本接合工程と、切除工程とを行う。

【 0 1 0 7 】

突合せ工程では、図 2 3 に示すように、筒状金属部材 1 , 1 の端面 1 a , 1 a 同士を突き合わせる。また、突合せ工程では、第一突合せ部 J 1 の外側に外側棒状補助部材 1 1 を配置するとともに、内側に内側棒状補助部材 3 1 を配置する。

【 0 1 0 8 】

仮接合工程では、筒状金属部材 1 , 1 と外側棒状補助部材 1 1 とを溶接で仮接合する。また、仮接合工程では、筒状金属部材 1 , 1 と内側棒状補助部材 3 1 とを溶接で仮接合する。

10

【 0 1 0 9 】

外側本接合工程は、第一実施形態に係る外側本接合工程と略同等である。外側本接合工程によって、外側塑性化領域 W 1 が形成される。

【 0 1 1 0 】

内側本接合工程は、第三実施形態に係る内側本接合工程と略同等である。内側本接合工程によって、内側塑性化領域 W 3 が形成される。内側本接合工程では、本接合用回転ツール F の挿入深さを、その先端が外側塑性化領域 W 1 に入り込むように設定する。これにより、外側塑性化領域 W 1 と内側塑性化領域 W 3 とが重複する。

20

【 0 1 1 1 】

切除工程では、筒状金属部材 1 の外周面 1 b から突出する外側棒状補助部材 1 1 を切除するとともに、筒状金属部材 1 の内周面 1 c から突出する内側棒状補助部材 3 1 を切除する工程である。

【 0 1 1 2 】

以上説明した第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、外側塑性化領域 W 1 と内側塑性化領域 W 3 とを重複させることができるため、第一突合せ部 J 1 の深さ方向の全体が摩擦攪拌される。これにより、筒状金属部材 1 , 1 の水密性及び気密性を高めることができる。

【 0 1 1 3 】

また、外側本接合工程及び内側本接合工程は、どちらを先に行ってもよい。第五実施形態では、外側本接合工程を行うときは、内側棒状補助部材 3 1 が裏当て材として機能する。また、内側本接合工程を行うときは、外側棒状補助部材 1 1 が裏当て材として機能する。

30

【 0 1 1 4 】

[第六実施形態]

次に、本発明の第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法は、筒状金属部材 1 , 1 の突合せ部 J 1 に凹部 3 0 , 4 2 を設けるとともに、当該凹部 3 0 に外側棒状補助部材 2 1 を配置し、当該凹部 4 2 に内側棒状補助部材 4 1 を配置する点で第五実施形態と相違する。第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、特徴的な部分を中心に説明する。

40

【 0 1 1 5 】

第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、外側本接合工程と、内側本接合工程と、切除工程と、補修工程とを行う。

【 0 1 1 6 】

突合せ工程では、図 2 4 に示すように、筒状金属部材 1 , 1 の端面同士を突き合わせる。また、突合せ工程では、第一突合せ部 J 1 の外側に形成された凹部 3 0 に外側棒状補助部材 2 1 を配置するとともに、内側に形成された凹部 4 2 に内側棒状補助部材 4 1 を配置する。

【 0 1 1 7 】

仮接合工程では、筒状金属部材 1 , 1 と外側棒状補助部材 2 1 とを溶接で仮接合する。

50

また、仮接合工程では、筒状金属部材 1 , 1 と内側棒状補助部材 4 1 とを溶接で仮接合する。

【 0 1 1 8 】

外側本接合工程は、第二実施形態に係る外側本接合工程と略同等である。外側本接合工程によって、外側塑性化領域 W 1 が形成される。

【 0 1 1 9 】

内側本接合工程は、第四実施形態に係る内側本接合工程と略同等である。内側本接合工程によって、内側塑性化領域 W 3 が形成される。内側本接合工程では、本接合用回転ツール F の挿入深さを、その先端が外側塑性化領域 W 1 に入り込むように設定する。これにより、外側塑性化領域 W 1 と内側塑性化領域 W 3 とが重複する。

10

【 0 1 2 0 】

切除工程では、筒状金属部材 1 の外周面 1 b から突出する外側棒状補助部材 2 1 を切除するとともに、筒状金属部材 1 の内周面 1 c から突出する内側棒状補助部材 4 1 を切除する工程である。

【 0 1 2 1 】

補修工程では、切除工程によって露出する第二突合せ部 J 2 , J 2 (図 1 2 , 2 2 参照) に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。

【 0 1 2 2 】

以上説明した第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、外側塑性化領域 W 1 と内側塑性化領域 W 3 とを重複させることができるため、第一突合せ部 J 1 の深さ方向の全体が摩擦攪拌される。これにより、筒状金属部材 1 , 1 の水密性及び気密性を高めることができる。また、凹部 3 0 , 4 2 を設けることで、外側棒状補助部材 2 1 及び内側棒状補助部材 4 1 の位置決めが容易となる。

20

【 0 1 2 3 】

また、外側本接合工程及び内側本接合工程は、どちらを先に行ってもよい。第六実施形態では、外側本接合工程を行うときは、内側棒状補助部材 4 1 が裏当て材として機能する。また、内側本接合工程を行うときは、外側棒状補助部材 2 1 が裏当て材として機能する。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 4 】

30

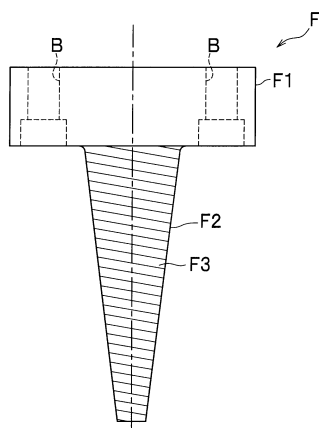
- 1 筒状金属部材
- 1 a 端面
- 1 b 外周面
- 1 c 内周面
- 1 0 段差部
- 1 1 外側棒状補助部材
- 2 1 外側棒状補助部材
- 3 1 内側棒状補助部材
- 3 0 凹部
- 4 0 段差部
- 4 1 内側棒状補助部材
- 4 2 凹部
- J 1 第一突合せ部
- J 2 第二突合せ部
- F 本接合用回転ツール
- F 1 連結部
- F 2 攪拌ピン
- H 小型回転ツール
- W 1 外側塑性化領域
- W 2 塑性化領域

40

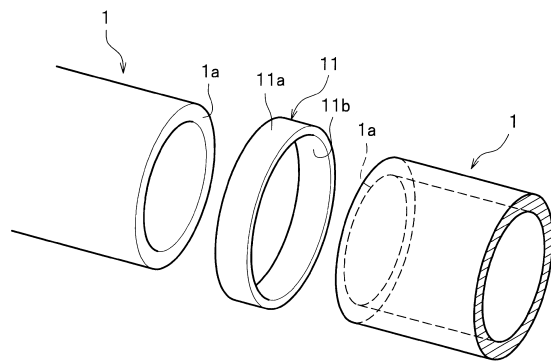
50

W 3 内側塑性化領域

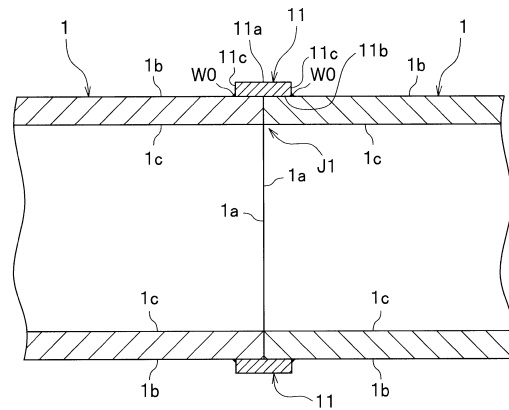
【図 1】



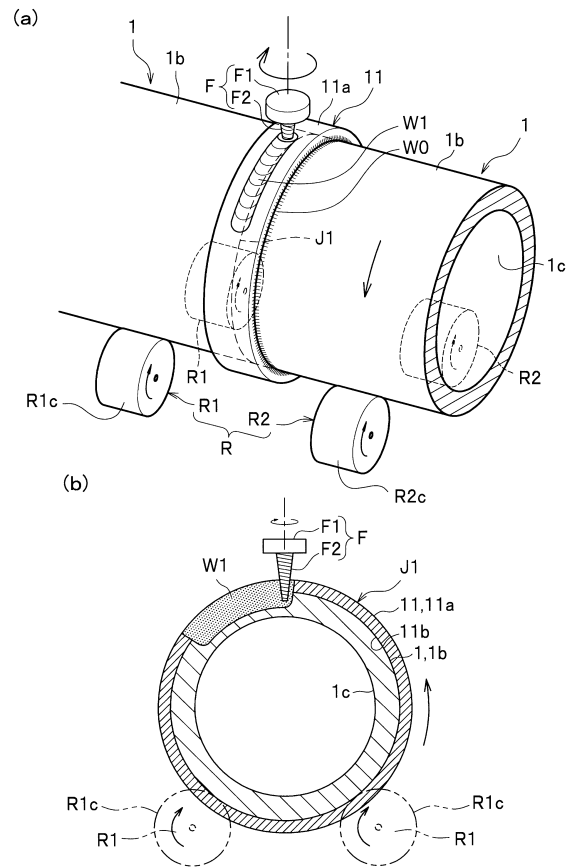
【図 2】



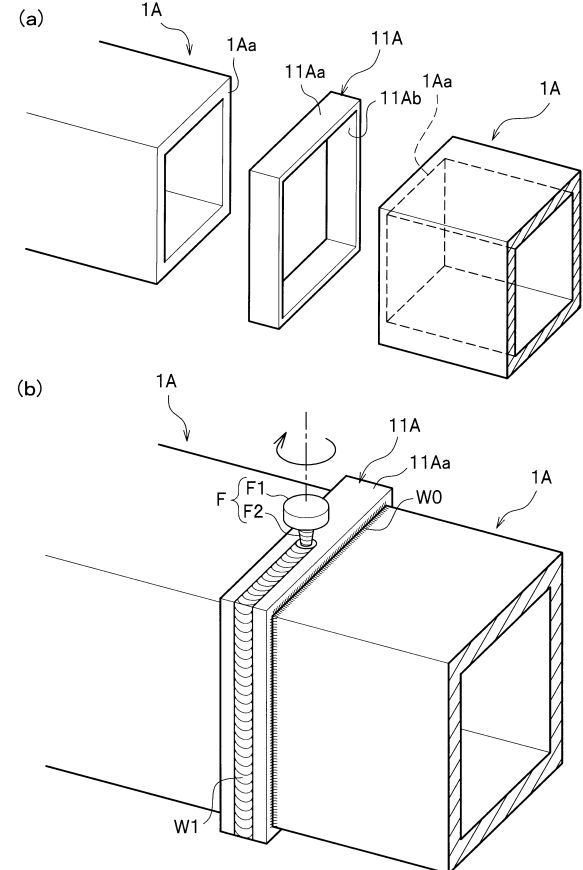
【図 3】



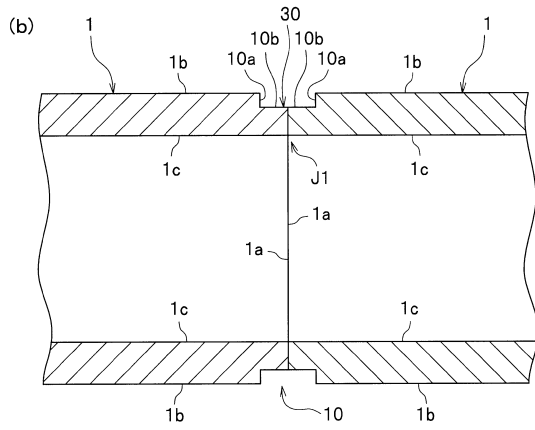
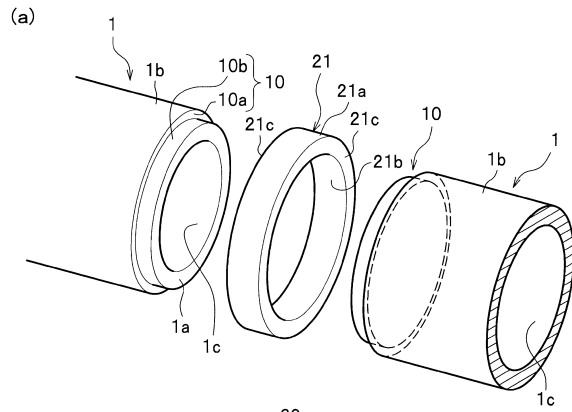
【 図 5 】



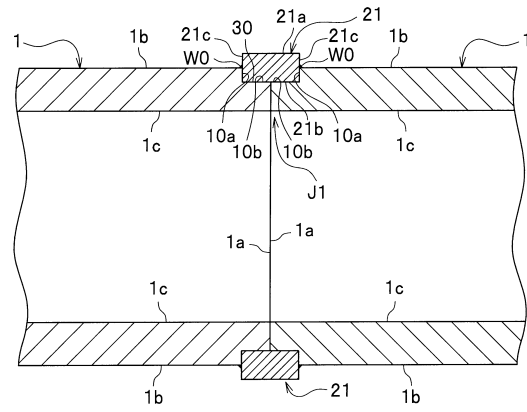
【 図 7 】



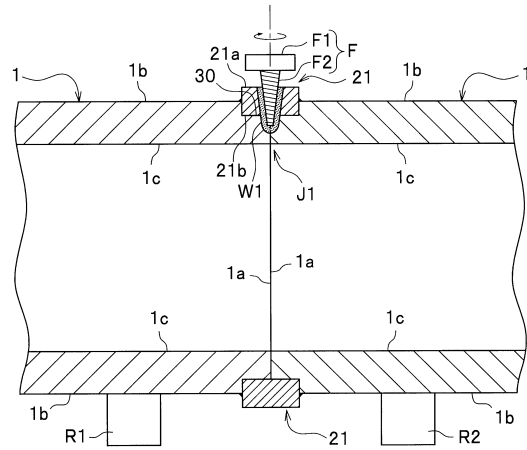
【図 8】



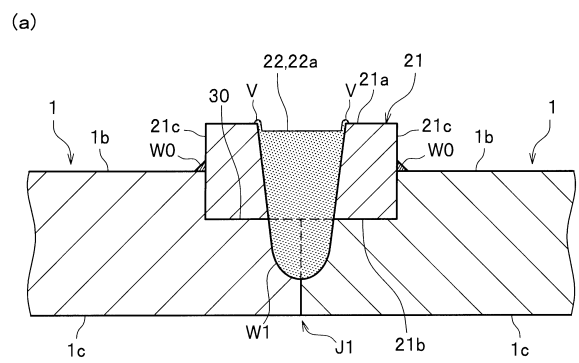
【図 9】



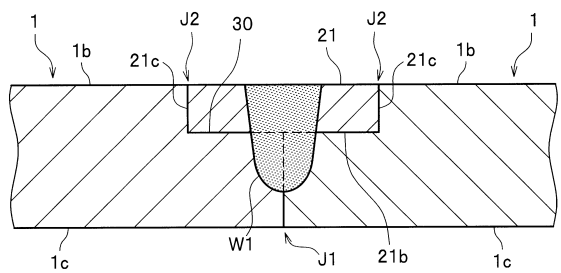
【図 10】



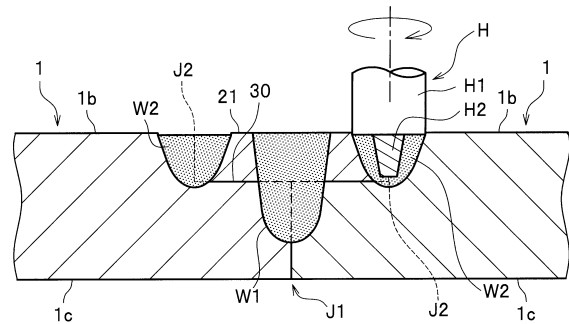
【図 11】



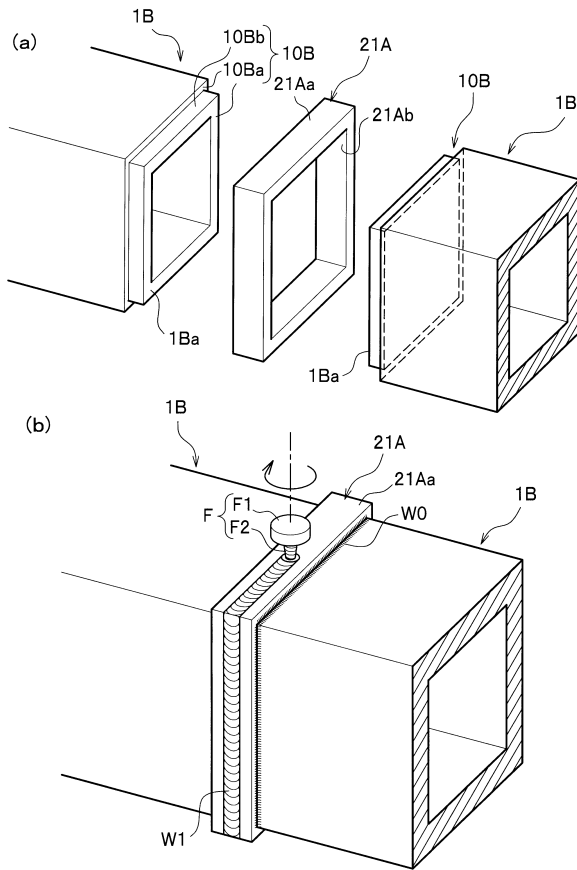
(b)



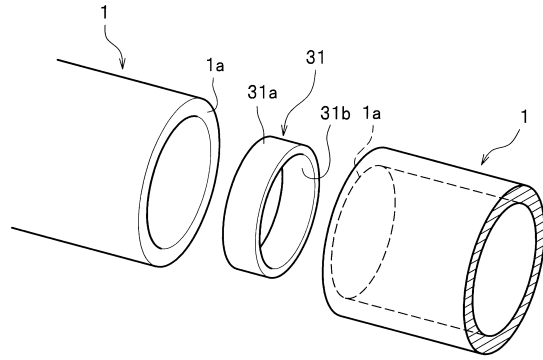
【図 12】



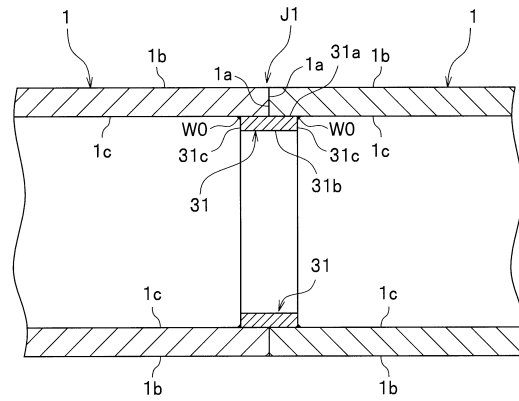
【図 13】



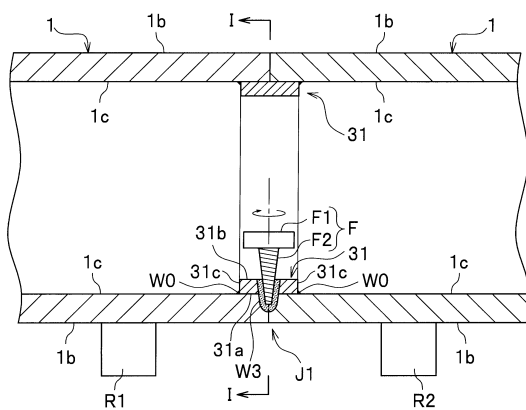
【図 14】



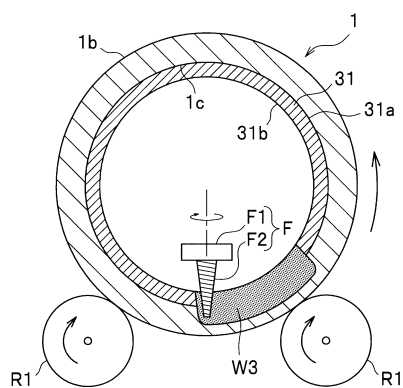
【図 15】



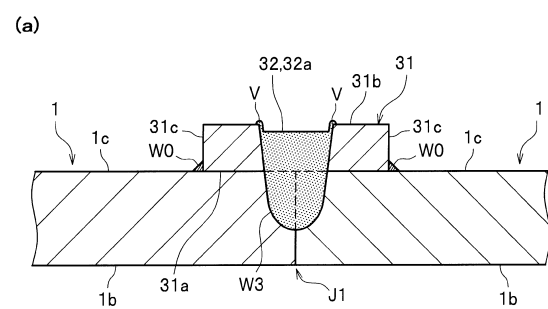
【図 16】



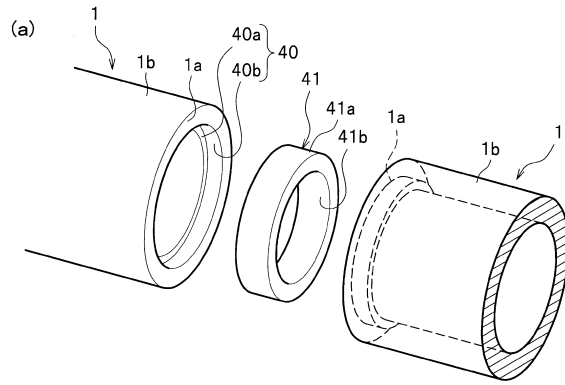
【図 17】



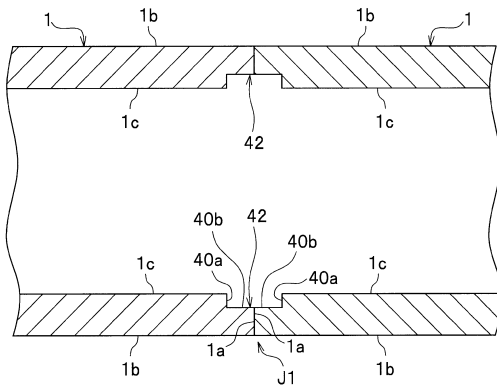
【図 18】



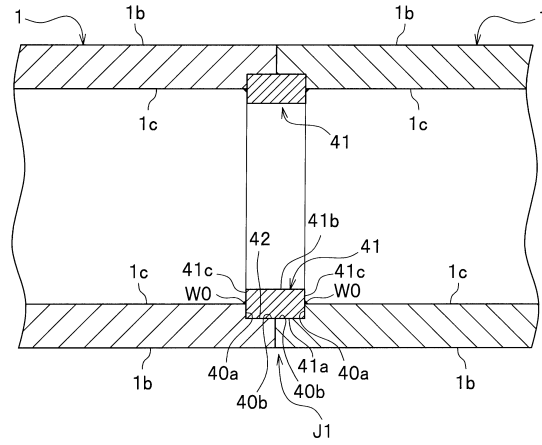
【図 19】



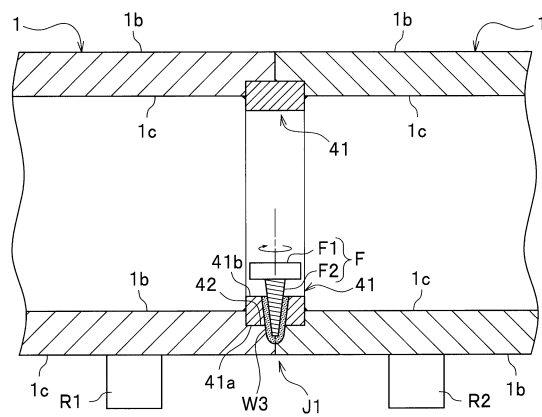
(b)



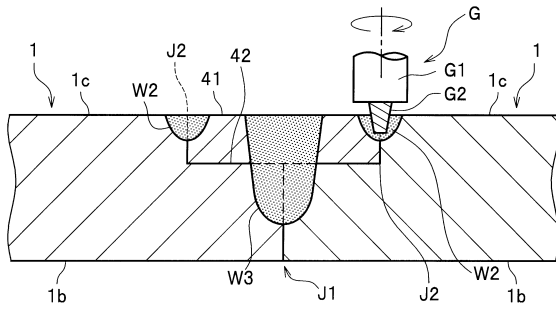
【図 20】



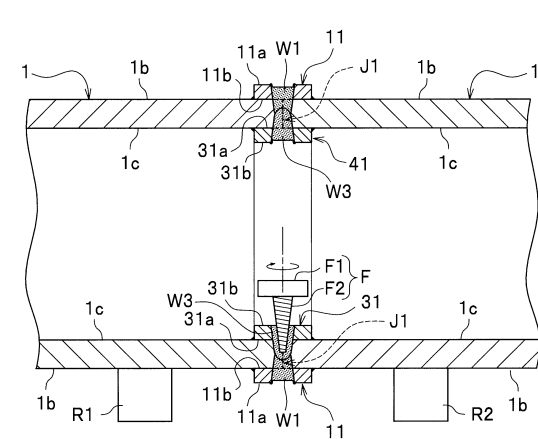
【図 21】



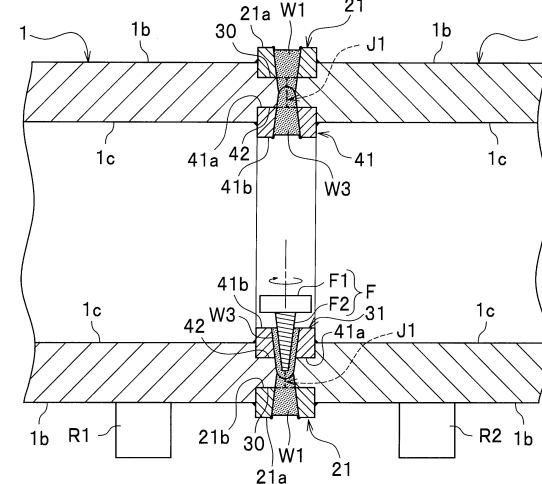
【図 22】



【図 23】



【図 24】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 2 2 8 7 3 1 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 0 6 0 3 7 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 3 2 2 1 3 5 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 3 1 1 4 3 9 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 3 9 6 1 3 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 3 7 0 7 0 (J P , A)
特開平 0 9 - 3 0 9 1 6 4 (J P , A)
特開昭 6 2 - 2 7 9 0 8 2 (J P , A)
特開昭 5 1 - 0 7 8 7 6 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 4 / 0 4 3 6 4 2 (WO , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 2 9 0 7 3 9 (US , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 9 7 4 6 9 (US , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 1 0 8 3 9 4 (US , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 1 9 2 9 4 1 (US , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 1 9 3 2 1 7 (US , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 2 3 K 2 0 / 1 2

B 2 3 K 2 0 / 2 4

B 2 3 K 1 0 1 / 0 6