(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2008 年12 月18 日 (18.12.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/152997 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01) *B23K 103/12* (2006.01)
B23K 103/08 (2006.01) *B23K 103/14* (2006.01)
B23K 103/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/060523

(22) 国際出願日: 2008 年6 月9 日 (09.06.2008)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2007-157471 2007 年6 月14 日 (14.06.2007) JP
特願2007-313075 2007 年12 月4 日 (04.12.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本軽金属株式会社 (NIPPON LIGHT METAL COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1408628 東京都品川区東品川２丁目２番２０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

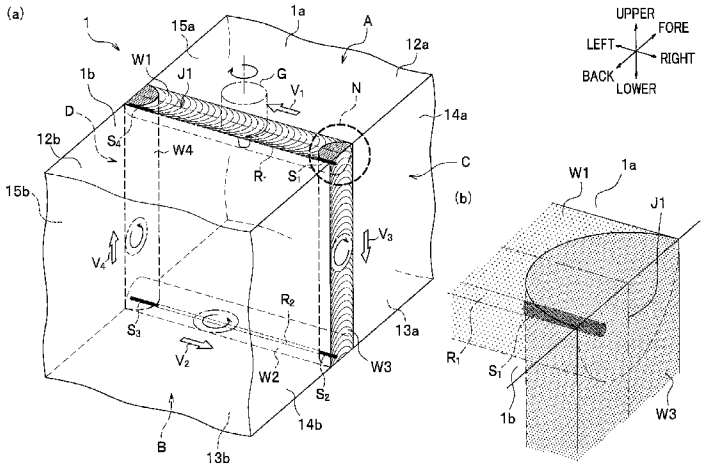
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 勇人 (SATO, Hayato) [JP/JP]; 〒4928007 愛知県稲沢市赤池町６４０ 株式会社名古屋アルミセンター内 Aichi (JP). 堀 久司 (HORI, Hisashi) [JP/JP]; 〒4213291 静岡県静岡市清水区蒲原１丁目３４番１号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内 Shizuoka (JP). 河本 知広 (KOMOTO, Tomohiro) [JP/JP]; 〒1408628 東京都品川区東品川２丁目２番２０号 日本軽金属株式会社内 Tokyo (JP). 青木 一男 (AOKI, Kazuo) [JP/JP]; 〒4213291 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 Shizuoka (JP).

[続葉有]

(54) **Title:** JOINING METHOD

(54) **発明の名称:** 接合方法

[図1]



(57) **Abstract:** A joining method for joining metal members (1), which are a first metal member (1a) and a second metal member (1b) butted on each other, by friction stir welding by moving a rotation tool (G) relative to the metal members. The method includes a first final welding step for applying friction stir welding from the front surface (A) side of the metal members (1) to a butted section (J1) between the first metal member (1a) and the second metal member (1b), a second final welding step for applying friction stir welding from the rear surface (B) side, a third final welding step for applying friction stir welding from one side surface side (C), and a fourth final welding step for applying friction stir welding from the other side surface side (D). A front surface-side plasticized region (W1) and a rear surface-side plasticized region (W2), and a first side surface-side plasticized region (W3) and a second side surface-side plasticized region (W4) are superposed on each other.

(57) 要約: 本発明に係る接合方法は、第一金属部材１ａと第二金属部材１ｂとが突き合わされた被接合金属部材１に対して回転ツールＧを移動させて摩擦撹拌を行う接合方法であって、第一金属部材１ａと第二金属部材１ｂとの突合部Ｊ１に対して被接合金属部材１の表面Ａ側から摩擦撹拌を行う第一本接合工程と、裏面Ｂ側から摩擦撹拌を行う第二本接合工程と、一方の側面側Ｃから摩擦撹拌を行う第三本接合工程と、他方の側面側Ｄから摩擦撹拌を行う第四本接合工程と、を含み、表面側塑性化領域

[続葉有]

WO 2008/152997 A1

(74) 代理人: 磯野 道造 (ISONO, Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町２丁目７番４号 砂防会館別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

明 細 書

接合方法

技術分野

[0001] 本発明は、摩擦撹拌を利用した金属部材の接合方法に関する。

背景技術

[0002] 金属部材同士を接合する方法として、摩擦撹拌接合(FSW=Friction Stir Welding)が知られている。摩擦撹拌接合は、回転ツールを回転させつつ金属部材同士の突合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させるものである。なお、回転ツールは、円柱状を呈するショルダ部の下端面に撹拌ピン(プローブ)を突設してなるものが一般的である。

[0003] ここで図29及び図30は、一対の金属部材に摩擦撹拌接合を施した従来の接合方法を示した斜視図である。図29に示すように、接合すべき金属部材101, 101の肉厚が図示しない回転ツールの撹拌ピンの長さよりも大きい場合には、金属部材101の表面102側から摩擦撹拌を行った後に、裏面103側からも摩擦撹拌を行う場合がある。

即ち、従来の接合方法は、金属部材101, 101の突合部104(二点鎖線)に沿って表面102及び裏面103の両側から摩擦撹拌を行い、摩擦撹拌によって形成された塑性化領域105, 106の厚さ方向の中央部分が接触するように接合するものである。これにより、突合部104においては、隙間なく接合することができる。このような接合方法は、下記の文献1に開示されている。

[0004] 文献1. 特開2005-131666号公報(図7参照)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、図30に示すように、接合すべき金属部材111, 111の肉厚が大きい場合、表面102及び裏面103から摩擦撹拌を行っても突合部104(二点鎖線)の中央部に未接合部が生じてしまう可能性がある。即ち、図示しない回転ツールの撹拌ピ

ンの長さに対して、金属部材111の肉厚が非常に大きい場合、金属部材111の表面102及び裏面103から摩擦撹拌を行ったとしても、塑性化領域105，106の厚さ方向の中央部分を接触させることができないため、突合部104の中央部に隙間（未接合部）119が生じてしまう。このように、一方の側面107から他方の側面108に連続する隙間119が生じてしまうと、側面107及び側面108間における水密性及び気密性が低下するという問題があった。

[0006] ここで、金属部材111の厚みに応じて回転ツールの撹拌ピンの長さを大きくすれば、表面102及び裏面103から摩擦撹拌を行うことで金属部材111同士を隙間なく接合することは可能である。しかし、回転ツールは、金属部材111内に撹拌ピンを埋没させて高速で回転しながら移動するため、撹拌ピンの長さを大きくすると、摩擦撹拌装置の駆動手段及び撹拌ピンに作用する負荷が増大し、装置の短寿命化を招来するという問題があった。

[0007] また、図29及び図30に示すように、塑性化領域105，106において、一方の側面107から他方の側面108に連続する空洞欠陥109が生じる可能性がある。かかる空洞欠陥109は、金属部材101，111の側面107及び側面108間における水密性及び気密性を低下させる一因となっていた。

[0008] このような観点から、本発明は、金属部材同士の突合部を金属部材の表面側及び裏面側から摩擦撹拌を行うとともに金属部材の両側面間の気密性及び水密性を向上させることが可能な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

[0009] このような課題を解決する本発明に係る接合方法は、第一金属部材と第二金属部材とが突き合わされた被接合金属部材に対して回転ツールを移動させて摩擦撹拌を行う接合方法であって、前記第一金属部材と前記第二金属部材との突合部に対して前記被接合金属部材の表面側から摩擦撹拌を行う第一本接合工程と、前記突合部に対して前記被接合金属部材の裏面側から摩擦撹拌を行う第二本接合工程と、前記突合部に対して前記被接合金属部材の側面側から摩擦撹拌を行う側面本接合工程と、を含み、前記第一本接合工程及び第二本接合工程で形成された塑性化領域と、前記側面本接合工程で形成される塑性化領域とを重複させることを特徴とする。

[0010] かかる接合方法によれば、突合部に対して被接合金属部材の表面側及び裏面側から摩擦撹拌を行った後、突合部に対して被接合金属部材の側面側から摩擦撹拌を行い塑性化領域を重複させるため、側面間に連続する隙間が生じることがない。これにより、両側面間の気密性及び水密性を向上させることができる。

[0011] また、前記側面本接合工程は、前記被接合金属部材の一方の側面側から摩擦攪拌を行う第三本接合工程と、前記被接合金属部材の他方の側面側から摩擦攪拌を行う第四本接合工程と、を含むことが好ましい。

[0012] かかる接合方法によれば、突合部に対して被接合金属部材の両側面側から摩擦攪拌を行うため、より確実に気密性及び水密性を高めることができる。

[0013] また、前記第一乃至第四本接合工程における前記回転ツールの回転方向が同方向の場合、前記第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、前記第一本接合工程における摩擦撹拌の終了位置側に設定し、前記第三本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、前記第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側及び前記第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側のいずれか一方に設定し、前記第四本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、前記第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側及び前記第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側のいずれか他方に設定することが好ましい。

[0014] ここで、摩擦撹拌を行った際に生じる可能性のある空洞欠陥は、回転ツールが右回転の場合、進行方向左側に形成され、左回転の場合、進行方向右側に形成される可能性が高いが、第三接合工程及び第四接合工程の開始位置を前記した位置に設定することで、仮に側面間に連続する空洞欠陥が生じたとしても、当該空洞欠陥を確実に分断することができる。これにより、両側面間の気密性及び水密性を向上させることができる。また、回転ツールの回転方向を同方向に設定しているため、各本接合工程を行う際に逐一回転ツールの回転方向を変更する必要がなく、作業性を高めることができる。

[0015] また、前記第一本接合工程において、前記回転ツールを右回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、前記第二本接合工程において、前記回転ツールを

左回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定した場合、前記第三本接合工程及び第四本接合工程は、前記回転ツールが右回転であれば、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、前記回転ツールが左回転であれば、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定することが好ましい。

また、前記第一本接合工程において、前記回転ツールを左回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、前記第二本接合工程において、前記回転ツールを右回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定した場合、前記第三本接合工程及び第四本接合工程は、前記回転ツールが右回転であれば、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、前記回転ツールが左回転であれば、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定することが好ましい。

[0016] かかる接合方法によれば、第一本接合工程及び第二本接合工程で形成された塑性化領域に、仮に、側面間に連続する空洞欠陥が生じたとしても、当該空洞欠陥を確実に分断することができる。これにより、両側面間の気密性及び水密性を向上させることができる。

[0017] また、前記第一本接合工程、前記第二本接合工程及び前記側面本接合工程のうち少なくとも一の本接合工程を行う前に、前記突合部を仮接合する仮接合工程を行うことが好ましい。

[0018] 第一乃至第四本接合工程を行う際、第一金属部材及び第二金属部材の突合部に回転ツールを押し込むため、第一金属部材及び第二金属部材を引き離そうとする力が作用し、突合部に目開きが発生する場合がある。しかし、かかる接合方法によれば、第一乃至第四本接合工程を行う前に、突合部を仮接合することで、第一乃至第四

本接合工程を好適に行うことができる。

[0019] また、前記突合部の両側に一対のタブ材を配置し、前記タブ材と前記被接合金属部材との突合部に予備的に摩擦撹拌を行う予備工程、を含むことが好ましい。

かかる接合工程によれば、タブ材を用いることで、仮接合工程及び本接合工程を迅速にかつ仕上がり面もきれいに接合することができる。

[0020] また、前記回転ツールの挿入予定位置に予め下穴を形成することが好ましい。かかる接合方法によれば、回転ツールを挿入予定位置に押し込む際に生じる挿入抵抗を低減することができるとともに、回転ツールが下穴に案内されるため、精度よく迅速に摩擦撹拌を行うことができる。

[0021] また、前記側面本接合工程で形成された塑性化領域の延長距離が、前記突合部の厚み寸法よりも大きいことが好ましい。かかる接合方法によれば、被接合金属部材の厚み寸法よりも被接合金属部材の側面に形成された塑性化領域の延長距離を長く確保することができるため、接合部分に作用する応力を分散させることができる。これにより、接合部分の接合強度を高めることができる。

[0022] また、前記側面本接合工程は、前記被接合金属部材の側面に現れる前記突合部の全長に亘って摩擦撹拌を行い、前記側面本接合工程で形成された塑性化領域と、前記第一本接合工程及び前記第二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が好ましい。かかる接合方法によれば、被接合金属部材の気密性および水密性をより高めることができる。

[0023] また、本発明は、前記被接合金属部材の側面に現れる前記突合部の平面線形が、直線又は直線の組合せであることが好ましい。かかる接合方法によれば、突合部の平面線形について、曲線を含むものとしてもよいが、直線または直線の組み合わせであれば、突合面の成形が容易となり、加工の手間を省略することが可能となる。

[0024] また、本発明は、突合部の平面線形に、1以上の屈折点が設けられていてもよく、さらに、この屈折点において線同士(突合面同士)の交わる角度が90度であってもよい。かかる接合方法によれば、摩擦撹拌の接合時に、突合部の平面線形に沿って移動する回転ツールが、屈折点において一旦停止するため、屈折点においては他の部分よりも長い時間摩擦撹拌が行われる。そのため、屈折点においては、長時間摩擦

攪拌を行うことにより、接合欠陥が生じることなく加工を施すことが可能なため、連続した接合欠陥が接合部に沿って生じることがなく、接合部における気密性や水密性が向上する。

発明の効果

[0025] 本発明に係る接合方法によれば、金属部材同士の突合部を金属部材の表面側及び裏面側から摩擦撹拌を行うとともに金属部材の両側面間の気密性や水密性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]第一実施形態に係る接合方法を示した図であって、(a)は斜視図、(b)は(a)のN部分における拡大斜視図である。

[図2]第一実施形態に係る第一準備工程を示した図であって(a)は、斜視図、(b)は、平面図である。

[図3]第一実施形態に係る第一準備工程を示した図であって(a)は、図2の(b)のI－I線断面図、(b)は、図2の(b)のII－II線断面図である。

[図4]第一実施形態に係る回転ツールを示した図であって、(a)は、仮接合用回転ツールの側面図、(b)は、本接合用回転ツールの側面図である。

[図5]第一実施形態に係る仮接合用回転ツールの使用状態を示した図であって、(a)は、仮接合用回転ツールを第二タブ材に当接させた図であって、(b)は、仮接合用回転ツールを第二タブ材に押し込んだ図である。

[図6]第一実施形態に係る第一予備工程の第二タブ材接合工程、仮接合工程及び第一タブ材接合工程を示した平面図である。

[図7]第一実施形態に係る第一本接合工程を図6のIII－III矢視方向で示した断面図であって、(a)は開始位置、(b)は中間位置、(c)は終了位置の摩擦撹拌を示した図である。

[図8](a)は、第一実施形態に係る第二準備工程の再設置工程後において、突合部J1から第一金属部材1a側を臨む断面図である。(b)は、第一実施形態に係る第二準備工程の第一タブ材接合工程、仮接合工程及び第二タブ材接合工程を示した平面図である。

[図9]第一実施形態に係る第二本接合工程を示した図8の(b)のIV－IV線断面図であって、(a)は開始位置、(b)は中間位置の摩擦撹拌を示した図である。

[図10]第一実施形態に係るタブ材切除工程後の被接合金属部材を示した斜視図である。

[図11]第一実施形態に係る第三準備工程を示した斜視図である。

[図12]第一実施形態に係る第三本接合工程を示した斜視図である。

[図13]第一実施形態に係る第三本接合工程後を示した図12のV－V線断面図である。

[図14](a)は、第一実施形態に係る第四準備工程の再設置工程後において、突合部J1から第二金属部材1b側を臨む断面図である。(b)は、第一実施形態に係る第四本接合工程を示した図であって、突合部J1から第二金属部材1b側を臨む断面図である。

[図15]第二実施形態に係る接合方法を示した図であって、(a)は、斜視図、(b)は、H部分における拡大斜視図である。

[図16]第三実施形態に係る接合方法を示した図であって、(a)は、斜視図、(b)は、I部分における拡大斜視図である。

[図17]第四実施形態に係る被接合金属部材を示した斜視図である。

[図18]第四実施形態に係る被接合金属部材を示した図であって、(a)は、分解斜視図、(b)は、側面図である。

[図19]第四実施形態に係るタブ材配置工程を示した斜視図である。

[図20]第四実施形態に係る仮接合工程を示した平面図である。

[図21]第四実施形態に係る第一本接合工程を示した平面図である。

[図22]第四実施形態に係る第二仮接合工程及び第二本接合工程を示した平面図である。

[図23]第四実施形態に係る第三予備工程を示した平面図である。

[図24]第四実施形態に係る第三本接合工程を示した平面図である。

[図25]第四実施形態に係る第四予備工程及び第四本接合工程を示した平面図である。

[図26]本発明の実施形態に係る変形例を示した被接合金属部材の第一側面Cの平面図であって、(a)は、第一変形例、(b)は、第二変形例、(c)は、第三変形例を示す。

[図27]本発明の実施形態に係る変形例を示した被接合金属部材の第一側面Cの平面図であって、(a)は、第四変形例、(b)は、第五変形例、(c)は、第六変形例、(d)は、第七変形例を示す。

[図28]本発明の実施形態に係る変形例を示した被接合金属部材の第一側面Cの平面図であって、第八変形例を示す。

[図29]従来の接合方法を示した斜視図である。

[図30]従来の接合方法を示した斜視図である。

符号の説明

[0027]

1 被接合金属部材

1a 第一金属部材

1b 第二金属部材

2 第一タブ材

3 第二タブ材

201 被接合金属部材

201a 第一金属部材

201b 第二金属部材

202 第一タブ材

203 第二タブ材

A 表面

B 裏面

C 第一側面

D 第二側面

F 仮接合用回転ツール

G 本接合用回転ツール

J 突合部

L　平面線形

P1　下穴

V_1～V_4　回転ツールの進行方向

W　塑性化領域

S_M　本接合工程の開始位置

E_M　本接合工程の終了位置

発明を実施するための最良の形態

[0028] ［第一実施形態］

本発明に係る接合方法は、図1に示すように、第一金属部材1a及び第二金属部材1bを突き合わせてなる被接合金属部材1の外周4辺を摩擦撹拌により接合する際に、本接合用回転ツールGの回転方向及び進行方向のそれぞれを好適に設定することを特徴とするものである。

まず、本実施形態に係る接合方法の被接合金属部材1を詳細に説明するとともに、この被接合金属部材1を接合する際に用いられる第一タブ材と第二タブ材を詳細に説明する。

[0029] 被接合金属部材1は、図2に示すように、本実施形態では、断面視矩形の第一金属部材1a及び第二金属部材1bからなり、それぞれの端面を突き合わせることで突合部J1が形成されている。第一金属部材1a及び第二金属部材1bは、本実施形態では、同一組成の金属材料であって、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、マグネシウム合金など摩擦撹拌可能な金属材料からなる。第一金属部材1a及び第二金属部材1bの形状・寸法に特に制限はないが、少なくとも突合部J1における厚さ寸法を同一にすることが望ましい。

なお、図1に示すように、被接合金属部材1の表面を表面A、裏面を裏面B、一方の側面を第一側面C、他方の側面を第二側面Dとする。また、本実施形態における上下左右前後は、図1の矢印に従う。

[0030] 第一タブ材2および第二タブ材3は、図2の(a)及び(b)に示すように、被接合金属部材1の突合部J1を挟むように配置されるものであって、それぞれ被接合金属部材1に添設され、第一側面C及び第二側面Dに現れる第一金属部材1aと第二金属部材

1bの継ぎ目(境界線)を覆い隠す。第一タブ材2及び第二タブ材3の材質に特に制限はないが、本実施形態では、被接合金属部材1と同一組成の金属材料で形成している。また、第一タブ材2及び第二タブ材3の形状・寸法にも特に制限はないが、本実施形態では、その厚さ寸法を突合部J1における被接合金属部材1の厚さ寸法と同一にしている。

[0031] 次に、図4を参照して、仮接合工程に用いる回転ツールF(以下、「仮接合用回転ツールF」という。)及び本接合工程に用いる回転ツールG(以下、「本接合用回転ツールG」という。)を詳細に説明する。

[0032] 図4の(a)に示す仮接合用回転ツールFは、工具鋼など被接合金属部材1よりも硬質の金属材料からなり、円柱状を呈するショルダ部F1と、このショルダ部F1の下端面F11に突設された撹拌ピン(プローブ)F2とを備えて構成されている。仮接合用回転ツールFの寸法・形状は、被接合金属部材1の材質や厚さ等に応じて設定すればよいが、少なくとも、後記する第一本接合工程で用いる本接合用回転ツールG(図4の(b)参照)よりも小型にする。このようにすると、本接合よりも小さな負荷で仮接合を行うことが可能となるので、仮接合時に摩擦撹拌装置に掛かる負荷を低減することが可能となり、さらには、仮接合用回転ツールFの移動速度(送り速度)を本接合用回転ツールGの移動速度よりも高速にすることも可能になるので、仮接合に要する作業時間やコストを低減することが可能となる。

[0033] ショルダ部F1の下端面F11は、塑性流動化した金属を押えて周囲への飛散を防止する役割を担う部位であり、本実施形態では、凹面状に成形されている。ショルダ部F1の外径X_1の大きさに特に制限はないが、本実施形態では、本接合用回転ツールGのショルダ部G1の外径Y_1よりも小さくなっている。

[0034] 撹拌ピンF2は、ショルダ部F1の下端面F11の中央から垂下しており、本実施形態では、先細りの円錐台状に成形されている。また、撹拌ピンF2の周面には、螺旋状に刻設された撹拌翼が形成されている。撹拌ピンF2の外径の大きさに特に制限はないが、本実施形態では、最大外径(上端径)X_2が本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の最大外径(上端径)Y_2よりも小さく、かつ、最小外径(下端径)X_3が撹拌ピンG2の最小外径(下端径)Y_3よりも小さい。撹拌ピンF2の長さL_2は、本接合用回転ツール

Gの撹拌ピンG2の長さL_1（図4の（b）参照）よりも小さくすることが望ましい。

[0035] 図4の（b）に示す本接合用回転ツールGは、工具鋼など被接合金属部材1よりも硬質の金属材料からなり、円柱状を呈するショルダ部G1と、このショルダ部G1の下端面G11に突設された撹拌ピン（プローブ）G2とを備えて構成されている。

[0036] ショルダ部G1の下端面G11は、仮接合用回転ツールFと同様に、凹面状に成形されている。撹拌ピンG2は、ショルダ部G1の下端面G11の中央から垂下しており、本実施形態では、先細りの円錐台状に成形されている。また、撹拌ピンG2の周面には、螺旋状に刻設された撹拌翼が形成されている。

[0037] 以下、本実施形態に係る接合方法を詳細に説明する。本実施形態に係る接合方法は、（1）第一準備工程、（2）第一予備工程、（3）第一本接合工程、（4）第二準備工程、（5）第二予備工程、（6）第二本接合工程、（7）タブ材切除工程、（8）第三準備工程、（9）第三予備工程、（10）第三本接合工程、（11）第四準備工程、（12）第四予備工程、（13）第四本接合工程、（14）タブ材切除工程を含むものである。

[0038] なお、図1に示すように、（2）第一予備工程及び（3）第一本接合工程は、表面A側から実行される工程であり、（5）第二予備工程及び（6）第二本接合工程は、裏面B側から実行される工程であり、（9）第三予備工程及び（10）第三本接合工程は、第一側面C側から実行される工程であり、（12）第四予備工程及び（13）第四本接合工程は、第二側面D側から実行される工程である。本実施形態では、仮接合用回転ツールF及び本接合用回転ツールGの回転方向は、全て右回転で行うものとする。このように、仮接合用回転ツールF及び本接合用回転ツールGの回転方向を統一することで、作業手間を省略することができる。

[0039] （1）第一準備工程

図2及び図3を参照して第一準備工程を説明する。第一準備工程は、第一及び第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置や終了位置が設けられる当て部材（第一タブ材2及び第二タブ材3）を準備する工程である。第一準備工程は、本実施形態では、第一金属部材1a及び第二金属部材1bを突き合せる（1-1）突合工程と、被接合金属部材1の突合部J1の両側に第一タブ材2と第二タブ材3を配置する（1-2）タブ材配置工程と、第一タブ材2と第二タブ材3を溶接により被接合金属部材1に仮接合

する(1-3)溶接工程と、被接合金属部材1を図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に設置する(1-4)設置工程と、を具備している。

[0040] (1-1)突合工程

突合工程では、図2及び図3に示すように、第一金属部材1aの端面11aに第二金属部材1bの端面11bを密着させる。また、第一金属部材1aの表面12aと第二金属部材1bの表面12bを面一にし、さらに、第一金属部材1aの裏面13aと第二金属部材1bの裏面13bを面一にする。また、同様に、第一金属部材1aの第一側面14aと第二金属部材1bの第一側面14bを面一にし、第一金属部材1aの第二側面15aと第二金属部材1bの第二側面15bを面一にする。

[0041] なお、表面Aは、第一金属部材1aの表面12aと第二金属部材1bの表面12bで形成され、裏面Bは、第一金属部材1aの裏面13aと第二金属部材1bの裏面13bで形成され、第一側面Cは、第一金属部材1aの第一側面14aと第二金属部材1bの第一側面14bで形成され、第二側面Dは、第一金属部材1aの第二側面15aと第二金属部材1bの第二側面15bで形成される。

[0042] (1-2)タブ材配置工程

タブ材配置工程では、図2の(b)に示すように、突合部J1の第一側面C側に第一タブ材2を配置して、その当接面21を第一側面Cに当接させる。さらに、突合部J1の第二側面Dに第二タブ材3を配置して、その当接面31を第二側面Dに当接させる。このとき、図3の(b)に示すように、第一タブ材2の表面22と第二タブ材3の表面32を被接合金属部材1の表面Aと面一にするとともに、第一タブ材2の裏面23と第二タブ材3の裏面33を被接合金属部材1の裏面Bと面一にする。

[0043] (1-3)溶接工程

溶接工程では、図2の(a)及び(b)に示すように、被接合金属部材1と第一タブ材2とにより形成された入隅部2a，2bを溶接して被接合金属部材1と第一タブ材2とを仮接合する。さらに、被接合金属部材1と第二タブ材3とにより形成された入隅部3a，3bを溶接して被接合金属部材1と第二タブ材3とを仮接合する。なお、入隅部2a，2b及び3a，3bの全長に亘って連続して溶接を施してもよいし、断続して溶接を施してもよい。

[0044] (1-4)設置工程

設置工程では、第一タブ材2及び第二タブ材3が仮溶接された被接合金属部材1を図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に載置し、例えばクランプを用いて移動不能に拘束する。本実施形態に係る前記摩擦撹拌装置は、被接合金属部材1の上方から摩擦撹拌を行うように設定される装置とする。

なお、第一準備工程において、溶接工程を省略する場合には、図示せぬ摩擦撹拌装置の架台上で、突合工程とタブ材配置工程を実行してもよい。

[0045] (2)第一予備工程

第一予備工程は、第一本接合工程に先立って行われる工程であり、本実施形態では、表面A側において、被接合金属部材1と第二タブ材3との突合部J3を接合する(2-1)第二タブ材接合工程と、被接合金属部材1の突合部J1を接合する(2-2)仮接合工程と、被接合金属部材1と第一タブ材2との突合部J2を接合する(2-3)第一タブ材接合工程と、第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置に下穴を形成する(2-4)下穴形成工程とを具備している。

[0046] 第一予備工程では、図6に示すように、一の仮接合用回転ツールFを一筆書きの移動軌跡(ビード)を形成するように移動させて、突合部J3, J1, J2に対して連続して摩擦撹拌を行う。即ち、摩擦撹拌の開始位置S_{P1}に挿入した仮接合用回転ツールFの撹拌ピンF2(図4の(a)参照)を途中で離脱させることなく終了位置E_{P1}まで移動させる。なお、本実施形態では、第二タブ材3に摩擦撹拌の開始位置S_{P1}を設け、第一タブ材2に終了位置E_{P1}を設けているが、開始位置S_{P1}と終了位置E_{P1}の位置を限定する趣旨ではない。

[0047] 本実施形態の第一予備工程における摩擦撹拌の手順を図5及び図6を参照してより詳細に説明する。

まず、図5の(a)に示すように、第二タブ材3の適所に設けた開始位置S_{P1}の直上に仮接合用回転ツールFを位置させ、続いて、仮接合用回転ツールFを右回転させつつ下降させて撹拌ピンF2を開始位置S_{P1}に押し付ける。仮接合用回転ツールFの回転速度は、撹拌ピンF2の寸法・形状、摩擦撹拌される被接合金属部材1等の材質や肉厚等に応じて設定されるものであるが、多くの場合、500～2000(rpm)の範囲内

において設定される。

[0048] 撹拌ピンF2が第二タブ材3の表面32に接触すると、摩擦熱によって撹拌ピンF2の周囲にある金属が塑性流動化し、図5の(b)に示すように、撹拌ピンF2が第二タブ材3に挿入される。

[0049] 撹拌ピンF2の全体が第二タブ材3に入り込み、かつ、ショルダ部F1の下端面F11の全面が第二タブ材3の表面32に接触したら、図6に示すように、仮接合用回転ツールFを回転させつつ第二タブ材接合工程の始点s2に向けて相対移動させる。

[0050] 仮接合用回転ツールFの移動速度(送り速度)は、撹拌ピンF2の寸法・形状、摩擦撹拌される被接合金属部材1等の材質や肉厚等に応じて設定されるものであるが、多くの場合、100～1000(mm／分)の範囲内において設定される。仮接合用回転ツールFの移動時の回転速度は、挿入時の回転速度と同じか、それよりも低速にする。なお、仮接合用回転ツールFを移動させる際には、ショルダ部F1の軸線を鉛直線に対して進行方向の後ろ側へ僅かに傾斜させてもよいが、傾斜させずに鉛直にすると、仮接合用回転ツールFの方向転換が容易となり、複雑な動きが可能となる。仮接合用回転ツールFを移動させると、その撹拌ピンF2の周囲にある金属が順次塑性流動化するとともに、撹拌ピンF2から離れた位置では、塑性流動化していた金属が再び硬化する。

[0051] 仮接合用回転ツールFを相対移動させて第二タブ材接合工程の始点s2まで連続して摩擦撹拌を行ったら、始点s2で仮接合用回転ツールFを離脱させずにそのまま第二タブ材接合工程に移行する。

[0052] (2-1)第二タブ材接合工程

第二タブ材接合工程では、第二タブ材3と被接合金属部材1との突合部J3に対して摩擦撹拌を行う。具体的には、被接合金属部材1と第二タブ材3の継ぎ目(境界線)上に摩擦撹拌のルートを設定し、当該ルートに沿って仮接合用回転ツールFを相対移動させることで、突合部J3に対して摩擦撹拌を行う。なお、本実施形態では、仮接合用回転ツールFを途中で離脱させることなく第一タブ材接合工程の始点s2から終点e2まで連続して摩擦撹拌を行う。

[0053] なお、仮接合用回転ツールFを右回転させた場合には、仮接合用回転ツールFの

進行方向の左側に微細な空洞欠陥が発生する虞があるので、仮接合用回転ツールFの進行方向の右側に被接合金属部材1が位置するように第二タブ材接合工程の始点s2と終点e2の位置を設定することが望ましい。このようにすると、被接合金属部材1側に空洞欠陥が発生し難くなるので、高品質の接合体を得ることが可能となる。

[0054] ちなみに、仮接合用回転ツールFを左回転させた場合には、仮接合用回転ツールFの進行方向の右側に微細な空洞欠陥が発生する虞があるので、仮接合用回転ツールFの進行方向の左側に被接合金属部材1が位置するように第二タブ材接合工程の始点と終点の位置を設定することが望ましい。具体的には、図示は省略するが、仮接合用回転ツールFを右回転させた場合の終点e2の位置に始点を設け、仮接合用回転ツールFを右回転させた場合の始点s2の位置に終点を設ければよい。

[0055] なお、仮接合用回転ツールFの撹拌ピンF2が突合部J3に入り込むと、被接合金属部材1と第二タブ材3を引き離そうとする力が作用するが、被接合金属部材1と第二タブ材3により形成された入隅部3a, 3b(図2参照)を溶接により仮接合しているので、被接合金属部材1と第二タブ材3との間に目開きが発生することがない。

[0056] (2-2)仮接合工程

仮接合用回転ツールFが第二タブ材接合工程の終点e2に達したら、終点e2で摩擦撹拌を終了させずに仮接合工程の始点s1まで連続して摩擦撹拌を行い、そのまま仮接合工程に移行する。即ち、第二タブ材接合工程の終点e2から仮接合工程の始点s1まで仮接合用回転ツールFを離脱させずに摩擦撹拌を継続し、さらに、始点s1で仮接合用回転ツールFを離脱させることなく仮接合工程に移行する。このようにすると、第二タブ材接合工程の終点e2での仮接合用回転ツールFの離脱作業が不要となり、さらに、仮接合工程の始点s1での仮接合用回転ツールFの挿入作業が不要となることから、予備的な接合作業の効率化・迅速化を図ることが可能となる。

[0057] 本実施形態では、第二タブ材接合工程の終点e2から仮接合工程の始点s1に至る摩擦撹拌のルートを第二タブ材3に設定し、仮接合用回転ツールFを第二タブ材接合工程の終点e2から仮接合工程の始点s1に移動させる際の移動軌跡を第二タブ材3に形成する。このようにすると、第二タブ材接合工程の終点e2から仮接合工程の始点s1に至る工程中において、被接合金属部材1に空洞欠陥が発生し難くなるので、

高品質の接合体を得ることが可能となる。

[0058] 仮接合工程では、被接合金属部材1の突合部J1（図6参照）に対して摩擦撹拌を行う。具体的には、被接合金属部材1の継ぎ目（境界線）上に摩擦撹拌のルートを設定し、当該ルートに沿って仮接合用回転ツールFを相対移動させることで、突合部J1の全長に亘って連続して摩擦撹拌を行う。なお、本実施形態では、仮接合用回転ツールFを途中で離脱させることなく仮接合工程の始点s1から終点e1まで連続して摩擦撹拌を行う。

[0059] 仮接合用回転ツールFが仮接合工程の終点e1に達したら、終点e1で摩擦撹拌を終了させずに第一タブ材接合工程の始点s3まで連続して摩擦撹拌を行い、そのまま第一タブ材接合工程に移行する。即ち、仮接合工程の終点e1から第一タブ材接合工程の始点s3まで仮接合用回転ツールFを離脱させずに摩擦撹拌を継続し、さらに、始点s3で仮接合用回転ツールFを離脱させることなく第一タブ材接合工程に移行する。

[0060] 本実施形態では、仮接合工程の終点e1から第一タブ材接合工程の始点s3に至る摩擦撹拌のルートを第一タブ材2に設定し、仮接合用回転ツールFを仮接合工程の終点e1から第一タブ材接合工程の始点s3に移動させる際の移動軌跡を第一タブ材2に形成する。このようにすると、仮接合工程の終点e1から第一タブ材接合工程の始点s3に至る工程中において、被接合金属部材1に空洞欠陥が発生し難くなるので、高品質の接合体を得ることが可能となる。

[0061] (2-3)第一タブ材接合工程

第一タブ材接合工程では、被接合金属部材1と第一タブ材2との突合部J2に対して摩擦撹拌を行う。具体的には、被接合金属部材1と第一タブ材2の継ぎ目（境界線）上に摩擦撹拌のルートを設定し、当該ルートに沿って仮接合用回転ツールFを相対移動させることで、突合部J2に対して摩擦撹拌を行う。なお、本実施形態では、仮接合用回転ツールFを途中で離脱させることなく第一タブ材接合工程の始点s3から終点e3まで連続して摩擦撹拌を行う。

[0062] なお、仮接合用回転ツールFを右回転させているので、仮接合用回転ツールFの進行方向の右側に被接合金属部材1が位置するように第一タブ材接合工程の始点s

3と終点e3の位置を設定する。このようにすると、被接合金属部材1側に空洞欠陥が発生し難くなるので、高品質の接合体を得ることが可能となる。ちなみに、仮接合用回転ツールFを左回転させた場合には、仮接合用回転ツールFの進行方向の左側に被接合金属部材1が位置するように第一タブ材接合工程の始点と終点の位置を設定することが望ましい。具体的には、図示は省略するが、仮接合用回転ツールFを右回転させた場合の終点e3の位置に始点を設け、仮接合用回転ツールFを右回転させた場合の始点s3の位置に終点を設ければよい。

[0063] なお、仮接合用回転ツールFの撹拌ピンF2が突合部J2に入り込むと、被接合金属部材1と第一タブ材2を引き離そうとする力が作用するが、被接合金属部材1と第一タブ材2の入隅部2a，2b（図2参照）を溶接により仮接合しているので、被接合金属部材1と第一タブ材2との間に目開きが発生することがない。

[0064] 仮接合用回転ツールFが第一タブ材接合工程の終点e3に達したら、終点e3で摩擦撹拌を終了させずに、第一タブ材2に設けた終了位置E_{P1}まで連続して摩擦撹拌を行う。なお、本実施形態では、被接合金属部材1の表面A側に現れる継ぎ目（境界線）の延長線上に終了位置E_{P1}を設けている。ちなみに、終了位置E_{P1}は、後記する第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置S_{M1}でもある。

[0065] 仮接合用回転ツールFが終了位置E_{P1}に達したら、仮接合用回転ツールFを回転させつつ上昇させて撹拌ピンF2を終了位置E_{P1}から離脱させる。

[0066] (2-4) 下穴形成工程

続いて、下穴形成工程を実行する。下穴形成工程は、図4の（b）に示すように、第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置に下穴P1を形成する工程である。第一予備工程に係る下穴形成工程においては、第一タブ材2の表面22に設定されたS_{M1}に下穴P1を形成する。

[0067] 下穴P1は、本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の挿入抵抗（圧入抵抗）を低減する目的で設けられるものであり、本実施形態では、仮接合用回転ツールFの撹拌ピンF2（図4の（a）参照）を離脱させたときに形成される抜き穴H1を図示せぬドリルなどで拡径することで形成される。抜き穴H1を利用すれば、下穴P1の形成工程を簡略化することが可能となるので、作業時間を短縮することが可能となる。下穴P1の形態

に特に制限はないが、本実施形態では、円筒状としている。なお、本実施形態では、第一タブ材2に下穴P1を形成しているが、下穴P1の位置に特に制限はなく、第二タブ材3に形成してもよいし、突合部J2, J3に形成してもよいが、好適には、本実施形態の如く被接合金属部材1の表面A側に現れる被接合金属部材1の継ぎ目(境界線)の延長線上に形成することが望ましい。

[0068] なお、本実施形態では、仮接合用回転ツールFの撹拌ピンF2(図4の(a)参照)の抜き穴H1を拡径して下穴P1とする場合を例示したが、撹拌ピンF2の最大外径X_2が本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の最小外径Y_3よりも大きく、かつ、撹拌ピンF2の最大外径X_2が撹拌ピンG2の最大外径Y_2よりも小さい($Y_3 < X_2 < Y_2$)場合などにおいては、撹拌ピンF2の抜き穴H1をそのまま下穴P1としてもよい。

[0069] (3)第一本接合工程

第一本接合工程は、被接合金属部材1の表面A側における突合部J1を本格的に接合する工程である。本実施形態に係る第一本接合工程では、図4の(b)に示す本接合用回転ツールGを使用し、仮接合された状態の突合部J1に対して被接合金属部材1の表面A側から摩擦撹拌を行う。

[0070] 第一本接合工程では、図7の(a)～(c)に示すように、開始位置S_{M1}に形成した下穴P1に本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2を挿入(圧入)し、挿入した撹拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M1}まで移動させる。即ち、第一本接合工程では、下穴P1から摩擦撹拌を開始し、終了位置E_{M1}まで連続して摩擦撹拌を行う。

[0071] ここで、第一予備工程を終了した時点では、仮接合用回転ツールFを備えた摩擦撹拌装置は、第一タブ材2の終了位置E_{P1}の直上(図6参照)に位置しているため、第一本接合工程の開始位置をS_{M1}にすると、本接合用回転ツールGを備えた摩擦撹拌装置を移動させることなく第一本接合工程を行うことができ、作業を省略できる。

なお、本実施形態では、第一タブ材2に摩擦撹拌の開始位置S_{M1}を設け、第二タブ材3に終了位置E_{M1}を設けているが、開始位置S_{M1}と終了位置E_{M1}の位置を限定する趣旨ではない。

[0072] 図7の(a)～(c)を参照して第一本接合工程をより詳細に説明する。

まず、図7の(a)に示すように、下穴P1(開始位置S_{M1})の直上に本接合用回転ツー

ルGを位置させ、続いて、本接合用回転ツールGを右回転させつつ下降させて撹拌ピンG2の先端を下穴P1に挿入する。撹拌ピンG2を下穴P1に入り込ませると、撹拌ピンG2の周面（側面）が下穴P1の穴壁に当接し、穴壁から金属が塑性流動化する。このような状態になると、塑性流動化した金属を撹拌ピンG2の周面で押し退けながら、撹拌ピンG2が圧入されることになるので、圧入初期段階における圧入抵抗を低減することが可能となり、また、本接合用回転ツールGのショルダ部G1が第一タブ材2の表面22に当接する前に撹拌ピンG2が下穴P1の穴壁に当接して摩擦熱が発生するので、塑性流動化するまでの時間を短縮することが可能となる。つまり、摩擦撹拌装置の負荷を低減することが可能となり、加えて、本接合工程に要する作業時間を短縮することが可能となる。

[0073] 撹拌ピンG2の全体が第一タブ材2に入り込み、かつ、ショルダ部G1の下端面G11の全面が第一タブ材2の表面22に接触したら、図7の（b）に示すように、摩擦撹拌を行いながら被接合金属部材1の突合部J1の一端に向けて本接合用回転ツールGを相対移動させ、さらに、突合部J2を横切らせて突合部J1に突入させる。本接合用回転ツールGを移動させると、その撹拌ピンG2の周囲にある金属が順次塑性流動化するとともに、撹拌ピンG2から離れた位置では、塑性流動化していた金属が再び硬化して塑性化領域（以下、「表面側塑性化領域W1」という。）が形成される。

[0074] 本接合用回転ツールGの移動速度（送り速度）は、撹拌ピンG2の寸法・形状、摩擦撹拌される被接合金属部材1等の材質や肉厚等に応じて設定されるものであるが、多くの場合、30～300（mm／分）の範囲内において設定される。

[0075] 被接合金属部材1への入熱量が過大になる虞がある場合には、本接合用回転ツールGの周囲に表面A側から水を供給するなどして冷却することが望ましい。なお、第一金属部材1a及び第二金属部材1b間に冷却水が入り込むと、接合面（端面11a，11b、図2の（b）参照）に酸化皮膜を発生させる虞があるが、本実施形態においては、仮接合工程を実行して被接合金属部材1間の目地を閉塞しているので、被接合金属部材1間に冷却水が入り込み難く、接合部の品質を劣化させる虞がない。

[0076] 被接合金属部材1の突合部J1では、被接合金属部材1の継ぎ目上（仮接合工程における移動軌跡上）に摩擦撹拌のルートを設定し、当該ルートに沿って本接合用回

転ツールGを相対移動させることで、突合部J1の一端から他端まで連続して摩擦撹拌を行う。突合部J1の他端まで本接合用回転ツールGを相対移動させたら、摩擦撹拌を行いながら突合部J3を横切らせ、そのまま終了位置E_{M1}に向けて相対移動させる。

[0077] なお、本実施形態では、被接合金属部材1の表面A側に現れる被接合金属部材1の継ぎ目(境界線)の延長線上に摩擦撹拌の開始位置S_{M1}を設定しているので、第一本接合工程における摩擦撹拌のルートが一直線にすることができる。摩擦撹拌のルートを一直線にすると、本接合用回転ツールGの移動距離を最小限に抑えることができるので、第一本接合工程を効率よく行うことが可能となり、さらには、本接合用回転ツールGの磨耗量を低減することが可能となる。

[0078] 本接合用回転ツールGが終了位置E_{M1}に達したら、図7の(c)に示すように、本接合用回転ツールGを回転させつつ上昇させて撹拌ピンG2を終了位置E_{M1}(図7の(b)参照)から離脱させる。なお、終了位置E_{M1}において撹拌ピンG2を上方に離脱させると、撹拌ピンG2と略同形の抜き穴Q1が不可避的に形成されることになるが、本実施形態では、そのまま残置する。

[0079] 本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2を終了位置E_{M1}から離脱させる際の本接合用回転ツールGの回転速度(離脱時の回転速度)は、移動時の回転速度よりも高速にすることが望ましい。このようにすると、離脱時の回転速度を移動時の回転速度と同じにした場合に比べて、撹拌ピンG2の離脱抵抗が小さくなるので、終了位置E_{M1}における撹拌ピンG2の離脱作業を迅速に行うことが可能となる。

[0080] なお、本実施形態においては、第一本接合工程の前に、第一予備工程を行ったが、第一予備工程を省略して、第一準備工程の直後に第一本接合工程を行ってもよい。

[0081] (4)第二準備工程

第二準備工程は、第二予備工程に先だって行われる準備工程である。本実施形態では、被接合金属部材1の裏面B側を上方に向けて、図示しない摩擦撹拌装置に再度設置する再設置工程を具備するものである。

[0082] (4-1)再設置工程

再設置工程では、第一本接合工程を終えた被接合金属部材1の拘束を解いた後、被接合金属部材1の表裏を逆にして、裏面B側を上方に向け、摩擦撹拌装置の架台に再度設置する。本実施形態では、図1に示す前後軸回りに被接合金属部材1を半回転させて、被接合金属部材1の表裏を逆にする。

ここで、図8の(a)は、第一実施形態に係る第二準備工程の再設置工程後において、突合部J1から第一金属部材1a側を臨む断面図である。図8の(a)に示すように、再設置工程では、被接合金属部材1の上面が裏面Bとなるとともに、突合部J1側から第一金属部材1aを臨むと、被接合金属部材1の左側に第一タブ材2、右側に第二タブ材3が位置する。

なお、摩擦撹拌装置の形態によっては、被接合金属部材1の拘束を解かずに表裏を回転させてもよい。

[0083] (5)第二予備工程

第二予備工程は、第二本接合工程に先だって行われる工程であり、裏面B側において、被接合金属部材1と第一タブ材2との突合部J2を接合する(5-1)第一タブ材接合工程と、被接合金属部材1の突合部J1を接合する(5-2)仮接合工程と、被接合金属部材1と第二タブ材3との突合部J3を接合する(5-3)第二タブ材接合工程と、第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置に下穴を形成する(5-4)下穴形成工程とを具備している。なお、(5-1)第一タブ材接合工程、(5-2)仮接合工程及び(5-3)第二タブ材接合工程においては、仮接合用回転ツールFを用いる。

[0084] (5-1)第一タブ材接合工程、(5-2)仮接合工程及び(5-3)第二タブ材接合工程

(5-1)第一タブ材接合工程、(5-2)仮接合工程及び(5-3)第二タブ材接合工程は、前記した第一予備工程に係る(2-3)第一タブ材接合工程、(2-2)仮接合工程及び(2-1)第二タブ材接合工程と略同等の工程である。図8の(b)に示すように、一の仮接合用回転ツールFを一筆書きの移動軌跡(ビード)を形成するように移動させて、突合部J2, J1, J3の順で連続して摩擦撹拌を行う。即ち、摩擦撹拌の開始位置S_{P2}に挿入した仮接合用回転ツールFの撹拌ピンF2(図4の(a)参照)を途中で離脱させることなく終了位置E_{P2}まで移動させ、(5-1)第一タブ材接合工程、(5-2)仮接合工程及び(5-3)第二タブ材接合工程、を連続して実行する。なお、終了位置E_{P2}は、後に行

う第二本接合工程の開始位置S_{M2}となる。

[0085] ここで、第一予備工程では、図6に示すように、第二タブ材3側から、(2-1)第二タブ材接合工程、(2-2)仮接合工程及び(2-3)第一タブ材接合工程を順次行った。一方、第二予備工程では、突合部J1から金属部材1a側を臨むと、第一タブ材2が被接合金属部材1の左側に位置するとともに、第一本接合工程を終えた時点で、本接合用回転ツールGを備えた摩擦撹拌装置が第一タブ材2の上方に位置しているため、第一タブ材2側から(5-1)第一タブ材接合工程、(5-2)仮接合工程及び(5-3)第二タブ材接合工程を順次行う。このようにすると、仮接合用回転ツールFを備えた摩擦撹拌装置の移動距離が小さくて済むため、作業を省力できる。

なお、(5-1)第一タブ材接合工程、(5-2)仮接合工程及び(5-3)第二タブ材接合工程の詳細な説明は、第一予備工程と略同等であるため省略する。

[0086] (5-4)下穴形成工程

下穴形成工程は、図9の(a)に示すように、第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置S_{M2}に下穴P2を形成する工程である。即ち、下穴形成工程は、本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の挿入予定位置に下穴P2を形成する工程である。これにより、本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の挿入抵抗(圧入抵抗)を低減することができる。

なお、(5-4)下穴形成工程は、第一予備工程に係る(2-4)下穴形成工程と略同等であるため、詳細な説明は省略する。

[0087] (6)第二本接合工程

第二本接合工程は、被接合金属部材1の裏面B側における突合部J1を本格的に接合する工程である。本実施形態に係る第二本接合工程では、本接合用回転ツールGを使用し、仮接合された状態の突合部J2に対して被接合金属部材1の裏面B側から摩擦撹拌を行う。

[0088] 第二本接合工程は、図9の(a)及び(b)に示すように、第二タブ材3の裏面33に設定されたS_{M2}に本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2を挿入(圧入)し、挿入した撹拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M2}まで移動させる。第二本接合工程では、下穴P2から摩擦撹拌を開始し、終了位置E_{M2}まで連続して摩擦撹拌を行う。

即ち、第二本接合工程の開始位置S_{M2}は、第一本接合工程の終了位置E_{M1}側の上方に位置する。本接合用回転ツールGを移動させると、その撹拌ピンG2の周囲にある金属が順次塑性流動化するとともに、撹拌ピンG2から離れた位置では、塑性流動化していた金属が再び硬化して塑性化領域(以下、「裏面側塑性化領域W2」という。)が形成される。

[0089] ここで、第二予備工程を終了した時点では、仮接合用回転ツールFを備えた摩擦撹拌装置は、第二タブ材3の終了位置E_{P2}の直上(図8の(b)参照)に位置しているため、第二本接合工程の開始位置S_{M2}を第二タブ材3の上方に設定すると、本接合用回転ツールGを備えた摩擦撹拌装置を移動させることなく第一本接合工程を行うことができ、作業を省略できる。

第二本接合工程については、第一本接合工程と略同等であるため、詳細な説明は省略する。なお、本実施形態においては、第二予備工程を行ったが、第二予備工程を省略して、第一本接合工程の直後に第二本接合工程を行ってもよい。

[0090] (7)タブ材切除工程

タブ材切除工程では、第一タブ材2及び第二タブ材3を被接合金属部材1から切除する。本実施形態では、第二本接合工程を終えた被接合金属部材1を摩擦撹拌装置の架台から一旦外し、図示しない切削器具を用いて突合部J2, J3に沿って第一タブ材2及び第二タブ材3を切除する。この際、被接合金属部材1の表面A及び裏面Bに形成されているバリを除去することが好ましい。これにより、後記する(8-1)タブ材配置工程を行う際に、被接合金属部材1に第一タブ材2'及び第二タブ材3'を密着させることができる。

[0091] 図10は、タブ材切除工程を行った後の被接合金属部材1を示した斜視図である。図10に示すように、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2は、第一側面C側から第二側面D側に亘って連続して形成されている。一方、表面側塑性化領域W1と裏面側塑性化領域W2との間には、第一側面C側から第二側面D側に亘って連続する微細な隙間(未接合部)が形成されている。

ここで、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2には、本接合用回転ツールGの進行方向(矢印V_1, V_2参照)左側、即ち、第二金属部材1bに、第一側面C

側から第二側面D側に亘って連続する空洞欠陥R_1，R_2が発生しているものとする。

[0092] (8)第三準備工程

第三準備工程は、第一側面C側の摩擦撹拌を行う際に、被接合金属部材1の摩擦撹拌の開始位置や終了位置が設けられる当て部材(第一タブ材2'及び第二タブ材3')を準備する工程である。第三準備工程は、本実施形態では、被接合金属部材1の突合部J1の両側に第一タブ材2'と第二タブ材3'を配置する(8-1)タブ材配置工程と、第一タブ材2'と第二タブ材3'を溶接により被接合金属部材1に仮接合する(8-2)溶接工程と、被接合金属部材1の第一側面Cが上面を向くように図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に設置する(8-3)再設置工程と、を具備するものである。

[0093] (8-1)タブ材配置工程

タブ材配置工程では、図11に示すように、第二本接合工程を終えた被接合金属部材1において、突合部J1を覆うように表面Aに第二タブ材3'を配置して、その当接面31'を表面Aに当接させる。さらに、突合部J1を覆うように裏面B側に第一タブ材2'を配置して、その当接面21'を裏面Bに当接させる。このとき、(1-2)タブ材配置工程と同様に、第一タブ材2'と第二タブ材3'の表面及び裏面と第一側面C及び第二側面Dとを面一にする。

[0094] (8-2)溶接工程

溶接工程では、図11に示すように、被接合金属部材1と第一タブ材2'とにより形成された入隅部2a'，2b'を溶接して被接合金属部材1と第一タブ材2'とを接合する。さらに、被接合金属部材1と第二タブ材3'とにより形成された入隅部3a'，3b'を溶接して被接合金属部材1と第二タブ材3'とを接合する。

[0095] (8-3)再設置工程

再設置工程では、図11に示すように、溶接工程終えた被接合金属部材1の第一側面Cを上面に向けるとともに、突合部J1から第一金属部材1aを臨むと左側に第二タブ材3'が位置するように、被接合金属部材1を図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に拘束させて再度設置する。

(9)第三予備工程

第三予備工程は、第三本接合工程に先だって、摩擦撹拌の開始位置に下穴を形

成する(9-1)下穴形成工程を具備している。

[0096] (9-1)下穴形成工程

下穴形成工程は、図11に示すように、第三本接合工程における摩擦撹拌の開始位置S_{M3}に下穴P3を形成する工程である。即ち、下穴形成工程は、前記した下穴形成工程と同様に、本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の挿入予定位置に下穴P3を形成する工程である。これにより、本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の挿入抵抗(圧入抵抗)を低減することができる。(9-1)下穴形成工程は、第一予備工程に係る(2-4)下穴形成工程と略同等であるため、詳細な説明は省略する。

[0097] (10)第三本接合工程

第三本接合工程は、被接合金属部材1の第一側面C側における突合部J1を接合する工程である。本実施形態に係る第三本接合工程では、図11及び図12に示すように、本接合用回転ツールGを使用し、第二タブ材3'の表面32'に形成された下穴P3に本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2を挿入(圧入)し、挿入した撹拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M3}まで移動させる(進行方向V_3参照)。即ち、第三本接合工程の開始位置S_{M3}は、第一本接合工程の開始位置側(進行方向V_1参照)に位置する。

[0098] 本接合用回転ツールGを移動させると、その撹拌ピンG2の周囲にある金属が順次塑性流動化するとともに、撹拌ピンG2から離れた位置では、塑性流動化していた金属が再び硬化して塑性化領域(以下、「第一側面側塑性化領域W3」という。)が形成される。終了位置E_{M3}まで摩擦撹拌を行うと、図13に示すように、第一タブ材2'の表面には抜き穴Q3が形成されるが、本実施形態では存置する。

[0099] ここで、第二本接合工程を終了した時点では、図9の(b)に示すように、仮接合用回転ツールFを備えた摩擦撹拌装置は、第一タブ材2の上方に位置している。そのため、図12に示すように、第三本接合工程の開始位置を第二タブ材3'の上方に設定すると、本接合用回転ツールGを備えた摩擦撹拌装置を移動させることなく第三本接合工程を行うことができ、作業を省略できる。第三本接合工程の詳細な説明は、第一本接合工程と略同等であるため省略する。

[0100] 図13に示すように、第三本接合工程を行うと、表面側塑性化領域W1及び裏面側

塑性化領域W2の第一側面C側の一部と、第一側面側塑性化領域W3とが重複する。即ち、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2の一部が再度摩擦撹拌されることにより、第一側面C側の空洞欠陥R_1及び空洞欠陥R_2の少なくとも一部が第一側面側塑性化領域W3によって分断される。これにより、空洞欠陥R_1及び空洞欠陥R_2に、充填部S_1，S_2がそれぞれ形成される。

[0101] なお、本実施形態においては、第三本接合工程を行う前に、第三準備工程及び第三予備工程を行ったが、第三準備工程及び第三予備工程（但し、再設置工程を除く）を省略して、第二本接合工程の直後に第三本接合工程を行ってもよい。

また、第三本接合工程の前に、前記した第一タブ材接合工程、仮接合工程、第二タブ材接合工程を行ってもよい。

[0102] （11）第四準備工程

第四準備工程は、第四本接合工程に先だって行われる工程であり、本実施形態では、被接合金属部材1の第二側面D側を上方に向けて、図示しないクランプに再度設置する（11-1）再設置工程を具備するものである。

[0103] （11-1）再設置工程

再設置工程では、第三本接合工程を終えた被接合金属部材1の拘束を解いた後、被接合金属部材1の表裏を逆にして、第二側面D側を上方に向け、図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に再度設置する。本実施形態では、図12に示す左右軸回りに被接合金属部材1を半回転させて被接合金属部材1の表裏を逆にする。これにより図14に示すように、被接合金属部材1の上面が第二側面Dとなるとともに、突合部J1から第二金属部材1bを臨むと右側に第一タブ材2’が位置する。

なお、摩擦撹拌装置によっては、被接合金属部材1の拘束を解かずに表裏を回転させてもよい。

（12）第四予備工程

第二予備工程は、第四本接合工程に先だって行われる工程であり、第二側面D側において、第四本接合工程における摩擦撹拌の開始位置に下穴を形成する（12-1）下穴形成工程を具備している。

[0104] （12-1）下穴形成工程

下穴形成工程は、図14(a)に示すように、第四本接合工程における摩擦撹拌の開始位置S_{M4}に下穴P4を形成する工程である。これにより、本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2の挿入抵抗(圧入抵抗)を低減することができる。

なお、(12-1)下穴形成工程は、第一予備工程に係る(2-4)下穴形成工程と略同等であるため、詳細な説明は省略する。

[0105] (13)第四本接合工程

第四本接合工程は、被接合金属部材1の第二側面Dにおける突合部J1を接合する工程である。本実施形態に係る第四本接合工程では、本接合用回転ツールGを使用し、被接合金属部材1の第二側面D側から摩擦撹拌を行う。

[0106] 第四本接合工程は、図14の(a)に示すように、第一タブ材2'に設けられた開始位置S_{M4}に本接合用回転ツールGの撹拌ピンG2を挿入(圧入)し、挿入した撹拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M4}まで移動させる。第四本接合工程では、下穴P4から摩擦撹拌を開始し、終了位置E_{M4}まで連続して摩擦撹拌を行う。即ち、第四本接合工程の開始位置S_{M4}は、第二本接合工程の開始位置側(進行方向V_2参照)に位置する。本接合用回転ツールGを移動させると、図14の(b)に示すように、その撹拌ピンG2の周囲にある金属が順次塑性流動化するとともに、撹拌ピンG2から離れた位置では、塑性流動化していた金属が再び硬化して塑性化領域(以下、「第二側面側塑性化領域W4」という。)が形成される。

[0107] 第三本接合工程を終了した時点では、図13に示すように、本接合用回転ツールGを備えた摩擦撹拌装置は、第一タブ材2'の上方に位置する。そして、(11-1)再設置工程後において左右軸で半回転させたことにより、当該摩擦撹拌装置はなお、第一タブ材2'の上方に位置する。そのため、第四本接合工程の開始位置を第一タブ材2'の上方に設定すると、本接合用回転ツールGを備えた摩擦撹拌装置を移動させることなく第四本接合工程を行うことができ、作業を省略化できる。

[0108] ここで、第四本接合工程を行うと、図14の(b)に示すように、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2の第二側面D側の一部と、第二側面側塑性化領域W4とが重複する。即ち、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2の一部が再度摩擦撹拌されることにより、第二側面D側の空洞欠陥R_1及び空洞欠陥R_2の少なく

とも一部が第二側面側塑性化領域W4によって分断される。これにより、空洞欠陥R_1及び空洞欠陥R_2に、充填部S_3，S_4がそれぞれ形成される。

[0109] なお、第四本接合工程を行う前に、(12-1)下穴形成工程を省略して、第三本接合工程の直後に第三本接合工程を行ってもよい。また、第四本接合工程の前に、前記した第一タブ材接合工程、仮接合工程、第二タブ材接合工程を行ってもよい。

[0110] (14)タブ材切除工程

タブ材切除工程では、第四本接合工程を終了した後に、第一タブ材2'及び第二タブ材3'を被接合金属部材1から切除する(図1参照)。この際、被接合金属部材1の第一側面C及び第二側面Dで発生したバリを除去することが好ましい。

[0111] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、図1に示すように、第一金属部材1a及び第二金属部材1bが肉厚であったとしても、第一側面C及び第二側面Dに摩擦撹拌を行うことで、第一側面Cから第二側面Dに連続する隙間(図30の隙間119参照)を埋めることができる。

[0112] また、本接合用回転ツールGの回転方向及び進行方向を前記したように設定した場合、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2に、第一側面Cから第二側面Dに亘って連続する空洞欠陥R_1，R_2が形成されたとしても、第三本接合工程における開始位置S_{M3}を第一本接合工程の開始位置S_{M1}側、第四本接合工程における開始位置S_{M4}を第二本接合工程における開始位置S_{M2}側に設定して摩擦撹拌をすることで、空洞欠陥R_1，R_2をそれぞれ分断する充填部S_1乃至S_4を形成することができる。

[0113] 即ち、本実施形態では、本接合用回転ツールGの回転方向は全て右回転に設定しているため、空洞欠陥Rは表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2の進行方向左側にできる可能性が高く、進行方向右側は比較的高密度の塑性化領域が形成される。このような摩擦撹拌の特性を利用して、図1の(a)及び(b)に示すように、空洞欠陥R_1，R_2が第二金属部材1bに形成される可能性が高い場合は、第三本接合工程及び第四本接合工程の本接合用回転ツールGの開始位置を前記したように設定することで、空洞欠陥R_1，R_2の両端を比較的密度の高い塑性化領域で分断することができる。これにより、第一側面Cと第二側面D間における水密性及び気密性

がより高い被接合金属部材1を製造することができる。

[0114] ここで、本接合用回転ツールGが突合部J1，J2を横切る際に、塑性化領域W1乃至W4に酸化皮膜が形成される可能性がある。例えば、図7の(b)を参照するように、被接合金属部材1から第二タブ材3に向かって摩擦撹拌を行う際、突合部J3を横切る際に、被接合金属部材1と第一タブ材2との間に形成されていた酸化皮膜が表面側塑性化領域W1側に巻き込まれる。酸化皮膜は、本接合用回転ツールGが右回転であれば、表面側塑性化領域W1の進行方向右側に、左回転であれば、表面側塑性化領域W1の進行方向左側に形成される可能性が高い。

しかし、本実施形態によれば、塑性化領域W1乃至W4の両端部を重複させているため、酸化皮膜を分断し、高品質な製品を製造することができる。

[0115] なお、本実施形態では前記したように第二タブ材接合工程、仮接合工程、第一タブ材接合工程を行ったが、これに限定するものではない。例えば、必ずしも一筆書きの要領でなく、工程ごと断続的に摩擦撹拌を行ってもよい。また、本実施形態では、一対のタブ材を用いて仮接合工程及び本接合工程を行ったが、タブ材を用いずに摩擦撹拌を行ってもよい。また、本実施形態では、第一予備工程の直後に第一本接合工程を行ったが、第一予備工程の直後に、第二予備工程を行った後、第一本接合工程及び第二本接合工程を連続して行ってもよい。

[0116] 前記したように本発明は、被接合金属部材1の外周4辺を摩擦撹拌により接合する際に、本接合用回転ツールGの回転方向及び進行方向のそれぞれを好適に設定することを特徴とするものである。即ち、摩擦撹拌を行う際に、空洞欠陥Rの発生する可能性の高い位置を勘案して本接合用回転ツールGの回転方向及び進行方向を設定するのが好ましい。第一実施形態においては、本接合用回転ツールGを全て右回転させた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、本接合用回転ツールGの回転方向及び進行方向によって様々な接合のバリエーションが考えられる。

[0117] [第二実施形態]

例えば、第一実施形態においては、本接合用回転ツールGの回転方向は、全て右回転で設定したが、第二実施形態のように全て左回転で設定してもよい。

図15に示すように、本接合用回転ツールGの回転方向を左方向に設定し、被接合

金属部材1の表面Aを進行方向V_1で第一本接合工程を行った場合、第二本接合工程は、第一本接合工程の終了位置側から開始位置側（進行方向V_2）に向かって摩擦撹拌を行う。この際、本接合用回転ツールGは左回転であるため、空洞欠陥Rは、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2の進行方向右側にできる可能性が高く、進行方向左側は比較的高密度の塑性化領域が形成される。即ち、この場合、第一金属部材1aに空洞欠陥R_1，R_2が形成されやすい。

[0118] したがって、第三本接合工程は、第一接合工程の開始位置側から進行方向V_3で摩擦撹拌を行う。そして、第四本接合工程は、第二接合工程の開始位置側から進行方向V_4で摩擦撹拌を行う。かかる第三本接合工程及び第四本接合工程によれば、空洞欠陥R_1，R_2の両端が再度摩擦撹拌され、比較的密度の高い塑性化領域で分断される。これにより、充填部S_1乃至S_4が形成されるため、第一側面Cと第二側面D間の気密性及び水密性をより高めることができる。

[0119] 即ち、第一実施形態及び第二実施形態に示すように、本接合用回転ツールGの回転方向が全て同方向の場合、第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、第一本接合工程における摩擦撹拌の終了位置側に設定するとともに、第三本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側及び第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側のいずれか一方に設定し、第四本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側及び第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側のいずれか他方に設定すればよい。

[0120] ［第三実施形態］

また、例えば、図16に示す第三実施形態に係る接合方法は、本接合用回転ツールGの回転方向が同方向ではない点で第一実施形態と相違する。

[0121] 第三実施形態に係る接合方法は、第一本接合工程において、本接合用回転ツールGの回転方向を左回転に設定し、第一側面C側から第二側面D側（進行方向V_1'参照）に向けて摩擦撹拌を行う。

一方、第二本接合工程は、本接合用回転ツールGの回転方向を右回転に設定するとともに、摩擦撹拌の開始位置を第一本接合工程の開始位置側に設定し、第一側

面C側から第二側面D側に向けて（進行方向V_2'参照）摩擦撹拌を行う。この際、表面側塑性化領域W1に形成される空洞欠陥R_1及び裏面側塑性化領域W2に形成される空洞欠陥R_2は、共に第一金属部材1aに形成されやすい。

[0122] したがって、第三本接合工程は、本接合用回転ツールGの回転方向を図16に示すように、左回転に設定した場合、摩擦撹拌の開始位置を第一本接合工程の開始位置側に設定し、表面A側から裏面B側に向けて（進行方向V3'参照）摩擦撹拌を行う。一方、第四本接合工程は、本接合用回転ツールGの回転方向を右回転に設定した場合、摩擦撹拌の開始位置を第一本接合工程の終了位置側に設定し、表面A側から裏面B側に向けて（進行方向V4'参照）摩擦撹拌を行う。かかる第三本接合工程及び第四本接合工程によれば、空洞欠陥R_1，R_2の両端が再度摩擦撹拌され、比較的密度の高い塑性化領域で分断される。これにより、充填部S_1乃至S_4が形成されるため、第一側面Cと第二側面D側の気密性及び水密性をより高めることができる。

[0123] 即ち、図16に示すように、第一本接合工程において、本接合用回転ツールGを左回転させ、本接合用回転ツールGの進行方向右側に第一金属部材1aが位置するように設定し、一方、第二本接合工程において、本接合用回転ツールGを右回転させ、本接合用回転ツールGの進行方向左側に第一金属部材1aが位置するように設定した場合、第三本接合工程及び第四本接合工程は、本接合用回転ツールGが右回転であれば、進行方向右側に第一金属部材1aが位置するように本接合用回転ツールGを設定し、本接合用回転ツールGが左回転であれば、進行方向左側に第一金属部材1aが位置するように本接合用回転ツールGの進行方向を設定すると、第一側面Cと第二側面D側の気密性及び水密性をより高めることができる。

[0124] また、具体的な図示はしないが、第一本接合工程において、本接合用回転ツールGを右回転させ、本接合用回転ツールGの進行方向右側に第一金属部材1aが位置するように設定し、一方、第二本接合工程において、本接合用回転ツールGを左回転させ、本接合用回転ツールGの進行方向左側に第一金属部材1aが位置するように設定した場合、第三本接合工程及び第四本接合工程は、本接合用回転ツールGが右回転であれば、進行方向左側に第一金属部材1aが位置するように本接合用回転ツールGの進行方向を設定し、本接合用回転ツールGが左回転であれば、進行方

向右側に第一金属部材1aが位置するように本接合用回転ツールGの進行方向を設定すると、第一側面Cと第二側面D側の気密性及び水密性をより高めることができる。

[0125] 言い換えると、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2に形成される空洞欠陥R_1，R_2が、第一金属部材1aに形成される場合、第三本接合工程及び第四本接合工程では、第一金属部材1a側が第二金属部材1b側よりも高密度で摩擦攪拌されるように本接合用回転ツールGの回転方向及び進行方向を設定することが好ましい。

一方、表面側塑性化領域W1及び裏面側塑性化領域W2に形成される空洞欠陥R_1，R_2が、第二金属部材1bに形成される場合、第三本接合工程及び第四本接合工程では、第二金属部材1b側が第一金属部材1a側よりも高密度で摩擦攪拌されるように本接合用回転ツールGの回転方向及び進行方向を設定することが好ましい。

[0126] なお、本発明は、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において適宜変更が可能である。例えば、本実施形態にかかる摩擦撹拌装置は、被接合金属部材の上方から摩擦撹拌を行うものであったが、これに限定されるものではなく、被接合金属部材の周囲を本接合用回転ツールが移動しながら摩擦撹拌を行ってもよい。また、第一金属部材1a及び第二金属部材1bは、中空の部材であってもよい。

[0127] また、本実施形態では、被接合金属部材1の側面から摩擦攪拌を行う側面本接合工程として、被接合金属部材1の第一側面Cに対して摩擦攪拌を行う第三本接合工程、第二側面Dに対して摩擦攪拌を行う第四本接合工程を行ったが、どちらか一方の側面に対して摩擦攪拌を行うだけでもよい。

[第四実施形態]

本発明の第四実施形態に係る接合方法は、図17に示すように、本体部及び本体部よりも肉薄部分となる段部を備えた第一金属部材201aと第二金属部材201bとを突き合わせてなる被接合金属部材201の突合部J21に対して表面A、裏面B、第一側面C及び第二側面Dから摩擦攪拌を行う。そして、第一側面C及び第二側面Dに形成される塑性化領域の延長距離が、被接合金属部材201の突合部J21の厚み寸法よりも大きいことを特徴とする。

[0128] 第一金属部材201a及び第二金属部材201bは、図18に示すように、略同等の形状からなる部材であって、肉厚部分である本体部Qと、本体部Qの端部に肉薄に形成された段部Rとを備えて構成されている。第一金属部材201a及び第二金属部材201bは、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、マグネシウム合金など摩擦攪拌可能な金属材料からなる。

[0129] 以下の説明においては、第一金属部材201aの表面を表面212a、裏面を裏面213a、一方の側面を側面214a及び他方の側面を側面215aとする。また、段部Rの表面を段部表面217a、段部表面217aに対して垂直に形成された段部Rの端面を段部端面218a、段部表面217aから垂直に立ち上がる面を垂直面216aとする。段部端面218aの高さは、p1で形成されており、段部表面217aの幅は、p2で形成されており、垂直面216aの高さは、p3で形成されている。

[0130] 一方、第二金属部材201bの表面を表面212b、裏面を裏面213b、一方の側面を側面214b及び他方の側面を側面215bとする。また、段部Rの表面を段部表面217b、段部表面217bに対して垂直に形成された段部Rの端面を段部端面218b、本体部Q側において段部表面217bから垂直に形成された面を垂直面216bとする。段部端面218bの高さは、q1で形成されており、段部表面217bの幅は、q2で形成されており、垂直面216bの高さは、q3で形成されている。

[0131] 第一金属部材201a及び第二金属部材201bの側面間の長さは略同等に形成されるとともに、対向する段部Rは、それぞれp1≒q3、p2≒q2、p3≒q1に形成されている。

[0132] 次に、第四実施形態に係る接合方法について説明する。第四実施形態に係る接合方法は、(1)準備工程、(2)第一予備工程、(3)第一本接合工程、(4)第二予備工程、(5)第二本接合工程、(6)第三準備工程、(7)第三予備工程、(8)第三本接合工程、(9)第四予備工程、(10)第四本接合工程を含むものである。なお、第三本接合工程及び第四本接合工程を合わせて側面本接合工程ともいう。また、第一実施形態と重複する部分については説明を省略する。

[0133] (1)準備工程

準備工程では、第一金属部材201aと第二金属部材201bとを突き合わせて被接

合金属部材201を形成する突合工程と、被接合金属部材201の両側面に第一タブ材202及び第二タブ材203を配置するタブ材配置工程と、第一タブ材202及び第二タブ材203と被接合金属部材201とを溶接により仮接合する溶接工程と、被接合金属部材201を図示せぬ摩擦攪拌装置の架台に設置する設置工程と、を具備するものである。

[0134] 突合工程は、図18の(a)及び(b)に示すように、第一金属部材201aの垂直面216a、段部表面217a及び段部端面218aと、第二金属部材201bの段部端面218b、段部表面217b及び垂直面216bとがそれぞれ対向するように、両者を突き合わせる。また、第一金属部材201aの表面212aと第二金属部材201bの表面212bとを面一に形成し、第一金属部材201aの裏面213aと、第二金属部材201bの表面213bとを面一に形成する。また、第一金属部材201aの一方の側面214aと、第二金属部材201bの一方の側面214bとを面一に形成し、第一金属部材201aの他方の側面215aと、第二金属部材201bの他方の側面215bとを面一にする。図17及び図18の(b)に示すように、突合工程によって、第一金属部材201aと第二金属部材201bとの突き合わせ面には突合部J21が形成される。

[0135] なお、被接合金属部材201の表面を表面A、裏面を裏面B、一方の側面を第一側面C及び他方の側面を第二側面Dとする。また、第一側面C及び第二側面Dにおいて突合部J21を形成する各平面線形をL1、L2及びL3とする。平面線形L2は、平面線形L1及び平面線形L3に対してそれぞれ略垂直に形成されている。

[0136] タブ材配置工程では、被接合金属部材201の両側面に一対のタブ材を配置する。第一タブ材202及び第二タブ材203は、図19及び図20に示すように、突合部J21を挟むように配置されるものであり、それぞれ第一側面C及び第二側面Dに現れる突合部J21を覆うことができる寸法・形状を備えている。第一タブ材202及び第二タブ材203は、それぞれ、被接合金属部材201の寸法と同一の厚さ寸法を備えていて、第一タブ材202及び第二タブ材203の表面及び裏面は被接合金属部材201の表面A及び裏面Bと面一に形成されている。第一タブ材202及び第二タブ材203の材質に特に制限はないが、本実施形態では被接合金属部材201と同一組成の金属材料で形成している。

[0137] 溶接工程では、図19に示すように、被接合金属部材201と第一タブ材202とにより形成された入隅部202a，202bを溶接して被接合金属部材201と第一タブ材202とを仮接合する。さらに、被接合金属部材201と第二タブ材203とにより形成された入隅部203a，203bを溶接して被接合金属部材201と第二タブ材203とを仮接合する。なお、入隅部202a，202b及び203a，203bの全長に亘って連続して溶接を施してもよいし、断続して溶接を施してもよい。

[0138] 設置工程では、第一タブ材202及び第二タブ材203が仮溶接された被接合金属部材201を図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に載置し、例えばクランプを用いて移動不能に拘束する。本実施形態に係る前記摩擦撹拌装置は、被接合金属部材201の上方から摩擦撹拌を行うように設定される装置とする。

[0139] (2)第一予備工程

第一予備工程では、被接合金属部材201の表面Aに現れる突合部J21に対して小型回転ツールFを用いて仮接合を行う。本実施形態に係る第一予備工程は、被接合金属部材201と第二タブ材203との突合部J23を接合する第二タブ材接合工程と、被接合金属部材201の突合部J21を接合する接合工程と、被接合金属部材201と第二タブ材202との突合部J22を接合する第一タブ材接合工程と、第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置に下穴を形成する下穴形成工程とを具備している。

[0140] 第一予備工程では、図20に示すように、一の仮接合用回転ツールFを一筆書きの移動軌跡(ビード)を形成するように移動させて、突合部J23，J21，J22に対して連続して摩擦撹拌を行う。即ち、摩擦撹拌の開始位置S_{P1}に挿入した仮接合用回転ツールFの撹拌ピンF2(図20参照)を途中で離脱させることなく終了位置E_{P1}まで移動させる。なお、本実施形態では、第二タブ材203に摩擦撹拌の開始位置S_{P1}を設け、第一タブ材202に終了位置E_{P1}を設けているが、開始位置S_{P1}と終了位置E_{P1}の位置を限定する趣旨ではない。

[0141] 図20に示すように、第二タブ材203の適所に設けた開始位置S_{P1}の直上に小型回転ツールFを位置させ、続いて、小型回転ツールFを右回転させつつ下降させて撹拌ピンF2を開始位置S_{P1}に押し付ける。撹拌ピンF2の全体が第二タブ材203に入り込み、かつ、ショルダ部F1の下端面F11の全面が第二タブ材203の表面に接触した

ら、小型回転ツールFを回転させつつ第二タブ材接合工程の始点s3に向けて相対移動させる。小型回転ツールFを相対移動させて第二タブ材接合工程の始点s3まで連続して摩擦攪拌を行ったら、始点s3で小型回転ツールFを離脱させずにそのまま第二タブ材接合工程に移行する。

[0142] 第二タブ材接合工程では、第二タブ材203と被接合金属部材201との突合部J23に対して摩擦攪拌を行う。具体的には、被接合金属部材201と第二タブ材203の継ぎ目(境界線)上に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って小型回転ツールFを相対移動させることで、突合部J23に対して摩擦攪拌を行う。なお、本実施形態では、小型回転ツールFを途中で離脱させることなく第二タブ材接合工程の始点s3から終点e3まで連続して摩擦攪拌を行う。

[0143] なお、小型回転ツールFの攪拌ピンF2が突合部J23に入り込むと、被接合金属部材201と第二タブ材203を引き離そうとする力が作用するが、被接合金属部材201と第二タブ材203により形成された入隅部203a, 203b(図21参照)を溶接により仮接合しているので、被接合金属部材201と第二タブ材203との間の目開きを防止することができる。

[0144] 小型回転ツールFが第二タブ材接合工程の終点e3に達したら、終点e3で摩擦攪拌を終了させずに仮接合工程の始点s1まで連続して摩擦攪拌を行い、そのまま仮接合工程に移行する。即ち、第二タブ材接合工程の終点e3から仮接合工程の始点s1まで小型回転ツールFを離脱させずに摩擦攪拌を継続し、さらに、始点s1で小型回転ツールFを離脱させることなく仮接合工程に移行する。このようにすると、第二タブ材接合工程の終点e3での小型回転ツールFの離脱作業が不要となり、さらに、仮接合工程の始点s1での小型回転ツールFの挿入作業が不要となることから、予備的な接合作業の効率化・迅速化を図ることが可能となる。

[0145] 仮接合工程では、被接合金属部材201の突合部J21に対して摩擦攪拌を行う。具体的には、被接合金属部材201の継ぎ目(境界線)上に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って小型回転ツールFを相対移動させることで、突合部J21の全長に亘って連続して摩擦攪拌を行う。なお、本実施形態では、小型回転ツールFを途中で離脱させることなく仮接合工程の始点s1から終点e1まで連続して摩擦攪拌を行

う。

[0146] 小型回転ツールFが仮接合工程の終点e1に達したら、終点e1で摩擦攪拌を終了させずに第一タブ材接合工程の始点s2まで連続して摩擦攪拌を行い、そのまま第一タブ材接合工程に移行する。即ち、仮接合工程の終点e1から第一タブ材接合工程の始点s2まで小型回転ツールFを離脱させずに摩擦攪拌を継続し、さらに、始点s2で小型回転ツールFを離脱させることなく第一タブ材接合工程に移行する。

[0147] 第一タブ材接合工程では、被接合金属部材201と第一タブ材202との突合部J22に対して摩擦攪拌を行う。具体的には、被接合金属部材201と第一タブ材202の継ぎ目(境界線)上に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って小型回転ツールFを相対移動させることで、突合部J22に対して摩擦攪拌を行う。なお、本実施形態では、小型回転ツールFを途中で離脱させることなく第一タブ材接合工程の始点s2から終点e2まで連続して摩擦攪拌を行う。

[0148] また、小型回転ツールFの攪拌ピンF2が突合部J22に入り込むと、被接合金属部材201と第一タブ材202を引き離そうとする力が作用するが、被接合金属部材201と第一タブ材202の入隅部202a, 202bを溶接により仮接合しているので、被接合金属部材201と第一タブ材202との間に目開きの発生を防止することができる。

[0149] 小型回転ツールFが第一タブ材接合工程の終点e2に達したら、終点e2で摩擦攪拌を終了させずに、第一タブ材202に設けた終了位置E_{P1}まで連続して摩擦攪拌を行う。なお、本実施形態では、被接合金属部材201の表面A側に現れる継ぎ目(境界線)の延長線上に終了位置E_{P1}を設けている。ちなみに、終了位置E_{P1}は、後記する第一本接合工程における摩擦攪拌の開始位置S_{M1}でもある。

[0150] 小型回転ツールFが終了位置E_{P1}に達したら、小型回転ツールFを回転させつつ上昇させて攪拌ピンF2を終了位置E_{P1}から離脱させる。

[0151] 下穴形成工程では、第一本接合工程における摩擦攪拌の開始位置に下穴を形成する工程である(図4の(b)参照)。本実施形態に係る下穴形成工程においては、第一タブ材202の表面に設定されたS_{M1}に下穴(図示省略)を形成する。

[0152] (3)第一本接合工程

第一本接合工程は、被接合金属部材201の表面A側における突合部J21を本格

的に接合する工程である。本実施形態に係る第一本接合工程では、大型回転ツールGを使用し、仮接合された状態の突合部J21に対して被接合金属部材201の表面A側から摩擦攪拌を行う。

[0153] 第一本接合工程では、図21に示すように、開始位置S_{M1}に右回転させた大型回転ツールGの攪拌ピンG2を挿入（圧入）し、挿入した攪拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M1}まで移動させる。即ち、第一本接合工程では、下穴P1から摩擦攪拌を開始し、終了位置E_{M1}まで連続して摩擦攪拌を行う。

[0154] なお、本実施形態では、第一タブ材202に摩擦攪拌の開始位置S_{M1}を設け、第二タブ材203に終了位置E_{M1}を設けているが、開始位置S_{M1}と終了位置E_{M1}の位置を限定する趣旨ではない。

[0155] 図21を参照して第一本接合工程をより詳細に説明する。

まず、図21に示すように、下穴（開始位置S_{M1}）の直上に大型回転ツールGを位置させ、続いて、大型回転ツールGを右回転させつつ下降させて攪拌ピンG2の先端を下穴に挿入する。攪拌ピンG2の全体が第一タブ材202に入り込み、かつ、ショルダ部G1の下端面G11の全面が第一タブ材202の表面に接触したら、摩擦攪拌を行いながら被接合金属部材201の突合部J21の一端に向けて大型回転ツールGを相対移動させ、さらに、突合部J22を横切らせて突合部J21に突入させる。大型回転ツールGを移動させると、その攪拌ピンG2の周囲にある金属が順次塑性流動化するとともに、攪拌ピンG2から離れた位置では、塑性流動化していた金属が再び硬化して塑性化領域（以下、「表面側塑性化領域W21」という。）が形成される。

[0156] 被接合金属部材201の突合部J21では、被接合金属部材201の継ぎ目上（仮接合工程における移動軌跡上）に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って大型回転ツールGを相対移動させることで、突合部J21の一端から他端まで連続して摩擦攪拌を行う。突合部J21の他端まで大型回転ツールGを相対移動させたら、摩擦攪拌を行いながら突合部J23を横切らせ、そのまま終了位置E_{M1}に向けて相対移動させる。

[0157] 大型回転ツールGが終了位置E_{M1}に達したら、大型回転ツールGを回転させつつ上昇させて攪拌ピンG2を終了位置E_{M1}から離脱させる。

[0158] (4)第二予備工程

第二予備工程では、被接合金属部材201の裏面Bに現れる突合部J21に対して小型回転ツールFを用いて仮接合を行う。第二予備工程は、被接合金属部材201と第一タブ材202とを接合する第一タブ材接合工程と、被接合金属部材201の突合部J21を接合する仮接合工程と、被接合金属部材201と第二タブ材202との突合部J23を接合する第二タブ材接合工程と、第二本接合工程における摩擦攪拌の開始位置に下穴を形成する下穴形成工程とを具備している。

第二予備工程は、被接合金属部材201の裏面Bに行うことを除いては、第一予備工程と略同等であるため、説明を省略する。

[0159] (5)第二本接合工程

第二本接合工程は、被接合金属部材201の裏面B側における突合部J21を本格的に接合する工程である。本実施形態に係る第二本接合工程では、大型回転ツールGを使用し、仮接合された状態の突合部J21に対して被接合金属部材201の裏面B側から摩擦攪拌を行う。

[0160] 第二本接合工程では、図22に示すように、開始位置S_{M2}に右回転させた大型回転ツールGの攪拌ピンG2を挿入(圧入)し、挿入した攪拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M2}まで移動させる。第二本接合工程によって、被接合金属部材201の裏面Bには、裏面側塑性化領域W22が形成される。第二本接合工程は、被接合金属部材201の裏面Bに行うことを除いては前記した第一本接合工程と略同等であるため、詳細な説明は省略する。

なお、第二本接合工程が終了したら、第一タブ材202及び第二タブ材203を被接合金属部材201から切除する。

[0161] (6)第三準備工程

第三準備工程は、本実施形態では、被接合金属部材201の突合部J21の両側に第一タブ材204と第二タブ材205を配置するタブ材配置工程と、第一タブ材204と第二タブ材205を溶接により被接合金属部材201に仮接合する溶接工程と、被接合金属部材201を図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に設置する設置工程と、を具備している。

[0162] タブ材配置工程は、図23に示すように、被接合金属部材201の表面A及び裏面Bに一対のタブ材を配置する。第一タブ材204及び第二タブ材205は、図23に示すように、突合部J21を挟むように配置されるものであり、それぞれ表面A及び裏面Bに現れる突合部J21を覆うことができる寸法・形状を備えている。第一タブ材204及び第二タブ材205の表面及び裏面は被接合金属部材201の第一側面C及び第二側面Dとそれぞれ面一に形成されている。第一タブ材204及び第二タブ材205の材質に特に制限はないが、本実施形態では被接合金属部材201と同一組成の金属材料で形成している。

[0163] 溶接工程では、被接合金属部材201と第一タブ材204及び第二タブ材205とにより形成された入隅部溶接して被接合金属部材201と第一タブ材204及び第二タブ材205とを仮接合する。

[0164] 設置工程では、第一タブ材204及び第二タブ材205が仮溶接された被接合金属部材201を図示せぬ摩擦撹拌装置の架台に載置し、例えばクランプを用いて移動不能に拘束する。

[0165] (7)第三予備工程

被接合金属部材201と第一タブ材204との突合部J24を接合する第一タブ材接合工程と、被接合金属部材201の突合部J21を接合する仮接合工程と、被接合金属部材201と第二タブ材205との突合部J25を接合する第二タブ材接合工程と、第三本接合工程における摩擦撹拌の開始位置に下穴を形成する下穴形成工程とを具備している。

[0166] 第一タブ材接合工程では、第一タブ材204と被接合金属部材201との突合部J24に対して摩擦攪拌を行う。具体的には、被接合金属部材201と第一タブ材204の継ぎ目(境界線)上に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って小型回転ツールFを相対移動させることで、突合部J24に対して摩擦攪拌を行う。なお、本実施形態では、小型回転ツールFを途中で離脱させることなく第一タブ材接合工程の始点n1から終点n2まで連続して摩擦攪拌を行う。

[0167] 小型回転ツールFが終点n2に達したら、第一タブ材204側に一旦小型回転ツールFを入り込ませ、仮接合工程の基点n3まで摩擦攪拌を行う。小型回転ツールFが基

点n3に達したら、小型回転ツールFを離脱させることなく突合部J21に沿って仮接合工程を行う。本実施形態における突合部J21は、平面線形L1，L2，L3からなるため、屈折点C1，C2で90°ずつ方向を変えながら小型回転ツールFを移動させて摩擦攪拌を行う。

[0168] 小型回転ツールFが基点n6に達したら、小型回転ツールFを離脱させずに一旦第二タブ材205側に入り込ませ、第二タブ材接合工程の始点n7まで移動させる。小型回転ツールFが始点n7に達したら、突合部J205に沿って終点n8まで摩擦攪拌を行う。小型回転ツールがn8に達したら第二タブ材205側に入り込ませて終了位置E_{P3}で小型回転ツールFを離脱させる。なお、終了位置E_{P3}は、後記する第三本接合工程の開始位置S_{M3}となる。

[0169] 下穴形成工程では、第三本接合工程における摩擦攪拌の開始位置に下穴を形成する工程である。本実施形態に係る下穴形成工程においては、第二タブ材5の表面に設定されたS_{M3}に下穴を形成する。下穴形成工程においては、前記した形態と略同等であるため、詳細な説明は省略する。

[0170] (7)第三本接合工程

第三本接合工程は、被接合金属部材201の第一側面Cにおける突合部J21を本格的に接合する工程である。本実施形態に係る第三本接合工程では、大型回転ツールGを使用し、仮接合された状態の突合部J21に対して被接合金属部材201の第一側面Cから摩擦攪拌を行う。

[0171] 第三本接合工程では、図24に示すように、開始位置S_{M3}に左回転させた大型回転ツールGの攪拌ピンG2を挿入(圧入)し、挿入した攪拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M3}まで移動させる。即ち、第三本接合工程では、第二タブ材5の開始位置S_{M3}に設定された下穴(図示省略)から摩擦攪拌を開始し、第一タブ材204に設定された終了位置E_{M3}まで連続して摩擦攪拌を行う。

[0172] なお、本実施形態では、第二タブ材205に摩擦攪拌の開始位置S_{M3}を設け、第一タブ材204に終了位置E_{M3}を設けているが、開始位置S_{M3}と終了位置E_{M3}の位置を限定する趣旨ではない。

[0173] 第三本接合工程では、図24に示すように、開始位置S_{M3}の直上に大型回転ツール

Gを位置させ、続いて、大型回転ツールGを右回転させつつ下降させて攪拌ピンG2の先端を下穴(図示省略)に挿入する。攪拌ピンG2の全体が第二タブ材205に入り込み、かつ、ショルダ部G1の下端面G11の全面が第二タブ材205の表面に接触したら、摩擦攪拌を行いながら被接合金属部材201の突合部J21の基点n6に向けて大型回転ツールGを相対移動させ、突合部J21に突入させる。大型回転ツールGを移動させると、その攪拌ピンG2の周囲にある金属が順次塑性流動化するとともに、攪拌ピンG2から離れた位置では、塑性流動化していた金属が再び硬化して塑性化領域(以下、「第一側面側塑性化領域W23」という。)が形成される。

[0174] 本実施形態における突合部J21は、平面線形L1, L2, L3からなるため、屈折点C2, C1で90° ずつ方向を変えながら大型回転ツールGを移動させて摩擦攪拌を行う。そして、大型回転ツールGが、基点n3を通過して終了位置E_{M3}に達したら、終了位置E_{M3}で大型回転ツールGを離脱させる。第三本接合工程によれば、表面側塑性化領域W21及び裏面側塑性化領域W22(図17参照)と第一側面側塑性化領域W3とが重複するとともに、第一側面Cに現れる突合部J21の全長に亘って摩擦攪拌を行うことができる。

[0175] (8)第四予備工程

第四予備工程では、図25に示すように、被接合金属部材201の第二側面Dに現れる突合部J21に対して小型回転ツールFを用いて仮接合を行う。第四予備工程は、第一タブ材接合工程と、被接合金属部材201の突合部J21を接合する仮接合工程と、被接合金属部材201と第二タブ材205との突合部J25との突合部J25を接合する第二タブ材接合工程と、第四本接合工程における摩擦攪拌の開始位置に下穴を形成する下穴形成工程とを具備している。

なお、第四予備工程は、第二側面Dに行うことを除いては、第三予備工程と略同等であるため、詳細な説明は省略する。

[0176] (9)第四本接合工程

第四本接合工程は、図25に示すように、被接合金属部材201の第二側面Dにおける突合部J21を本格的に接合する工程である。本実施形態に係る第四本接合工程では、大型回転ツールGを使用し、仮接合された状態の突合部J21に対して被接合

金属部材201の第二側面Dから摩擦攪拌を行う。

[0177] 第四本接合工程では、図25に示すように、開始位置S_{M4}に右回転させた大型回転ツールGの攪拌ピンG2を挿入(圧入)し、挿入した攪拌ピンG2を途中で離脱させることなく終了位置E_{M4}まで移動させる。即ち、第四本接合工程では、第二タブ材205の開始位置S_{M4}に設定された下穴(図示省略)から摩擦攪拌を開始し、突合部J21に沿って第一タブ材204に設定された終了位置E_{M4}まで連続して摩擦攪拌を行う。第四本接合工程によれば、被接合金属部材201の第二側面Dに第二側面側塑性化領域W24が形成される。第四本接合工程は、第二側面Dに行うことを除いては第三本接合工程と略同等であるため、詳細な説明は省略する。なお、第四本接合工程が終了したら、一対のタブ材を被接合金属部材201から切除する。

[0178] 以上説明した本実施形態の接合方法によれば、図24及び図25に示すように、第一側面C及び第二側面D内における第一側面側塑性化領域W23及び第二側面側塑性化領域W24は、平面線形L1, L2, L3からなる。これにより、被接合金属部材201の厚み1hの長さよりも、平面線形L1, L2, L3の延長距離の和が大きくなるため、摩擦攪拌の領域を長く確保することができる。よって、被接合金属部材201の接合部に作用する応力が分散して接合強度を高めることができる。また、第三本接合工程及び第四本接合工程によれば、表面側塑性化領域W21及び裏面側塑性化領域W22と第一側面側塑性化領域W23及び第二側面側塑性化領域W24とが重複するとともに、第一側面C、第二側面Dに現れる突合部J21の全長に亘って摩擦攪拌を行うことができる。これより、被接合金属部材201の気密性及び水密性を高めることができる。

[0179] また、本実施形態における接合方法は、突合部J21を直線の組合せとしたため、突き合わせ面の成形が容易となるとともに、摩擦攪拌の作業を容易に行うことができる。また、本実施形態においては、屈折点C1において平面線形L1と平面線形L2とが90度に形成されるとともに、屈折点C2において平面線形L2と平面線形L3とが90度に形成されている。そのため、摩擦攪拌の接合時に、突合部J21の平面線形に沿って移動する大型回転ツールGが、屈折点C1, C2において一旦停止するため、屈折点C1, C2においては他の部分よりも長い時間摩擦攪拌が行われる。これにより、屈

折点C1，C2においては、長時間摩擦攪拌を行うことにより、接合欠陥が生じることなく加工を施すことが可能なため、接合部における気密性や水密性が向上する。

[0180] また、第四実施形態では、第一本接合工程及び第二本接合工程では、本接合用回転ツールGを右回転させているため、表面側塑性化領域W21及び裏面側塑性化領域W22の第二金属部材201b側に空洞欠陥（図示省略）が形成される可能性がある。そこで、第三本接合工程を、本接合用回転ツールGを左回転させて裏面Bから表面Aに移動させることで、第二金属部材201b側が比較的高密度に摩擦攪拌される。また、第四本接合工程を、本接合用回転ツールGを右回転させて表面Bから裏面Aに移動させることで、第二金属部材201b側が比較的高密度に摩擦攪拌される。これにより、第一本接合工程及び第二本接合工程で形成される可能性がある空洞欠陥を確実に分断することができる。

[0181] また、タブ材を用いることで、第一本接合工程、第二本接合工程、第三本接合工程及び第四本接合工程を正確かつ迅速に行うことができる。また、各タブ材と被接合金属部材201を仮接合することで、第一本接合工程、第二本接合工程、第三本接合工程及び第四本接合工程を行う際の目開きを防止することができる。

[0182] なお、本実施形態においては、側面本接合工程は、第一側面C及び第二側面Dの両方に行ったが、必ずしも両面に行う必要はなく、少なくともいずれか一方に行えばよい。

[0183] 以上、本発明について、好適な実施形態について説明したが、本発明は前記各実施形態に限られず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更が可能である。

例えば、第一側面C及び第二側面Dに現れる突合部J21は、第四実施形態の平面線形に限定されずに、適宜設定すればよい。即ち、第四実施形態では、3本の平面線形L1，L2，L3と2点の屈折点C1，C2との組み合わせにより形成された突合部J21により、突合部J21の平面線形の延長距離が、被接合金属部材201の厚み1hよりも大きくする構成としたが、突合部J21の形状は、前記実施形態で示したものに限定されるものではなく、適宜設定することが可能である。

[0184] 図26は、本発明の実施形態に係る変形例を示した第一側面Cの平面図であって、

(a)は、第一変形例、(b)は、第二変形例、(c)は、第三変形例を示す。

例えば、図26の(a)に示すように、突合部J22を被接合金属部材201'の厚み方向に対して傾斜するように配置することで、屈折点を設けることなく被接合金属部材201の厚み1hよりも大きい平面線形Lの延長距離が確保された突合部J22としてもよい。かかる突合部J22によれば、摩擦攪拌を行う平面線形Lの延長距離が、被接合金属部材201の厚み1hよりも長いため、摩擦攪拌の距離を長く確保することができ、接合強度を高めることができる。

[0185] また、図26の(b)又は(c)に示す突合部J23, J24ように、2本の平面線形L1, L2と1つの屈折点C1とを組み合わせてなるものとしてもよい。この構成によれば、屈折点C1において大型回転ツールGの移動が一旦停止するため、前記実施形態で示したものと同様に、確実に摩擦攪拌を行うことが可能となる。なお、この場合において、屈折点C1の内角の角度は限定されるものではなく、適宜設定すればよい。

[0186] 図27は、本発明の実施形態に係る変形例を示した第一側面Cの平面図であって、(a)は、第四変形例、(b)は、第五変形例、(c)は、第六変形例、(d)は、第七変形例を示す。

第四実施形態では、平面線形L1, L2または平面線形L2, L3が交わる角度が直角である2箇所の屈折点C1, C2を設けるものとしたが、屈折点C1, C2の角度は限定されるものではない。例えば、図27の(a)、(b)に示す突合部J25, J26のように、2つの屈折点C1', C2'における平面線形L1, L2又は平面線形L2, L3が交わる角度が、例えば120° であっても同様の効果を得る事が可能である。

[0187] また、突合部の平面線形における屈折点の数は2箇所以上形成されていてもよく、適宜設定すればよい。例えば、図27の(c)に示す突合部J27や、図27の(d)に示す突合部J28のように、屈折点Cの数を4箇所、または、6箇所にしてもよい。このように、屈折点の数を増加させることで、大型回転ツールGの移動速度を遅くする、または、大型回転ツールGの移動を複数回停止させて、より確実に被接合金属部材201'の接合を行って、接合強度及び気密性、水密性に優れた接合を行ってもよい。

[0188] 図28は、本発明の実施形態に係る変形例を示した第一側面Cの平面図であって、第八変形例を示す。

第四実施形態では、3本の平面線形L1，L2，L3の組み合わせにより突合部J21を形成するものとしたが、図28に示す突合部J8のように、突合部J8の平面線形を曲線状に形成してもよい。突合部J8の形状を、このように形成することで、被接合金属部材201の厚み1hよりも平面線形の延長距離を長くすることが可能である。なお、突合部の変面線形を曲線状に形成する場合において、形成される曲線線形は、図28に示す突合部J28の曲線線形に限定されないことはいうまでもない。

[0189] なお、本実施形態における摩擦攪拌において、第一タブ材及び第二タブ材は必要に応じて配置すればよく、省略することも可能である。また、摩擦攪拌時の金属部材の固定方法等は限定されるものではなく、適宜公知の手段から選定して行えばよい。また、本実施形態においては、側面本接合工程は、連続的に摩擦攪拌行ったが、側面本接合工程によって形成された塑性化領域の延長距離が、被接合金属部材の厚み寸法よりも大きくなれば、断続的に行ってもよい。

請求の範囲

[1] 第一金属部材と第二金属部材とが突き合わされた被接合金属部材に対して回転ツールを移動させて摩擦撹拌を行う接合方法であって、

前記第一金属部材と前記第二金属部材との突合部に対して前記被接合金属部材の表面側から摩擦撹拌を行う第一本接合工程と、

前記突合部に対して前記被接合金属部材の裏面側から摩擦撹拌を行う第二本接合工程と、

前記突合部に対して前記被接合金属部材の側面側から摩擦撹拌を行う側面本接合工程と、を含み、

前記第一本接合工程及び第二本接合工程で形成された塑性化領域と、前記側面本接合工程で形成される塑性化領域とを重複させることを特徴とする接合方法。

[2] 前記側面本接合工程は、前記被接合金属部材の一方の側面側から摩擦攪拌を行う第三本接合工程と、前記被接合金属部材の他方の側面側から摩擦攪拌を行う第四本接合工程と、を含むことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の接合方法。

[3] 前記第一乃至第四本接合工程における前記回転ツールの回転方向が同方向の場合、

前記第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、前記第一本接合工程における摩擦撹拌の終了位置側に設定し、

前記第三本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、前記第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側及び前記第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側のいずれか一方に設定し、

前記第四本接合工程における摩擦撹拌の開始位置は、前記第一本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側及び前記第二本接合工程における摩擦撹拌の開始位置側のいずれか他方に設定することを特徴とする請求の範囲第2項に記載の接合方法。

[4] 前記第一本接合工程において、前記回転ツールを右回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、

前記第二本接合工程において、前記回転ツールを左回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定した場合、

前記第三本接合工程及び第四本接合工程は、

前記回転ツールが右回転であれば、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、

前記回転ツールが左回転であれば、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定することを特徴とする請求の範囲第2項に記載の接合方法。

[5] 前記第一本接合工程において、前記回転ツールを左回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、

前記第二本接合工程において、前記回転ツールを右回転させるとともに、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定した場合、

前記第三本接合工程及び第四本接合工程は、

前記回転ツールが右回転であれば、前記回転ツールの進行方向右側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定し、

前記回転ツールが左回転であれば、前記回転ツールの進行方向左側に前記第一金属部材が位置するように摩擦撹拌の開始位置及び終了位置を設定することを特徴とする請求の範囲第2項に記載の接合方法。

[6] 前記第一本接合工程、前記第二本接合工程及び前記側面本接合工程のうち少なくとも一の本接合工程を行う前に、

前記突合部を仮接合する仮接合工程を行うことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の接合方法。

[7] 前記突合部の両側に一対のタブ材を配置し、前記タブ材と前記被接合金属部材との突合部に予備的に摩擦撹拌を行う予備工程、を含むことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の接合方法。

[8] 前記回転ツールの挿入予定位置に予め下穴を形成することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の接合方法。

[9] 前記側面本接合工程で形成された塑性化領域の延長距離が、前記突合部の厚み寸法よりも大きいことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の接合方法。

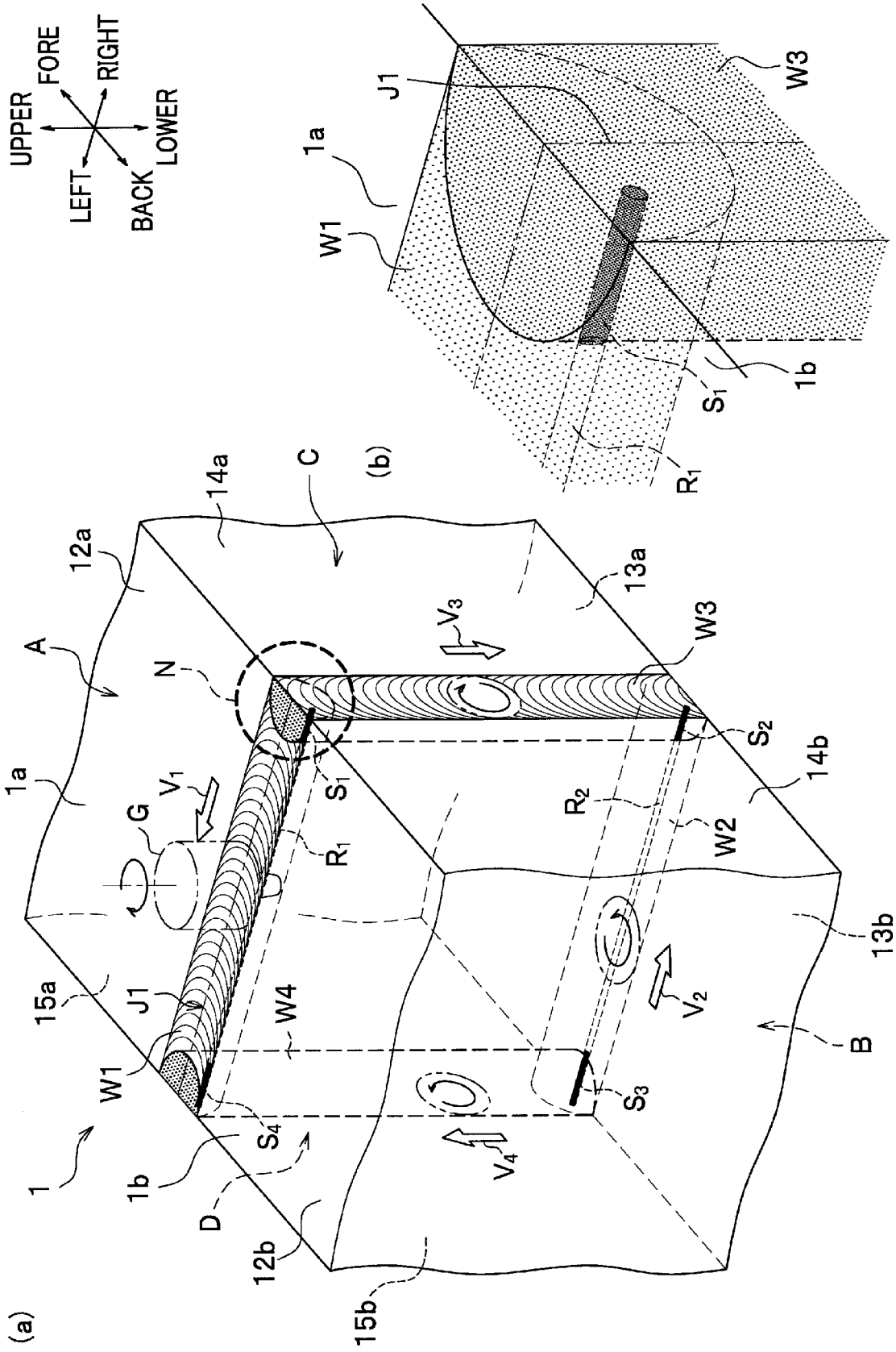
[10] 前記側面本接合工程は、前記被接合金属部材の側面に現れる前記突合部の全長に亘って摩擦攪拌を行い、前記側面本接合工程で形成された塑性化領域と、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程で形成された塑性化領域とを重複させることを特徴とする請求の範囲第9項に記載の接合方法。

[11] 前記被接合金属部材の側面に現れる前記突合部の平面線形が、直線又は直線の組合せであることを特徴とする請求の範囲第項9項に記載の接合方法。

[12] 前記被接合金属部材の側面に現れる前記突合部の平面線形に、1以上屈折点が設けられていることを特徴とする請求の範囲第9項に記載の接合方法。

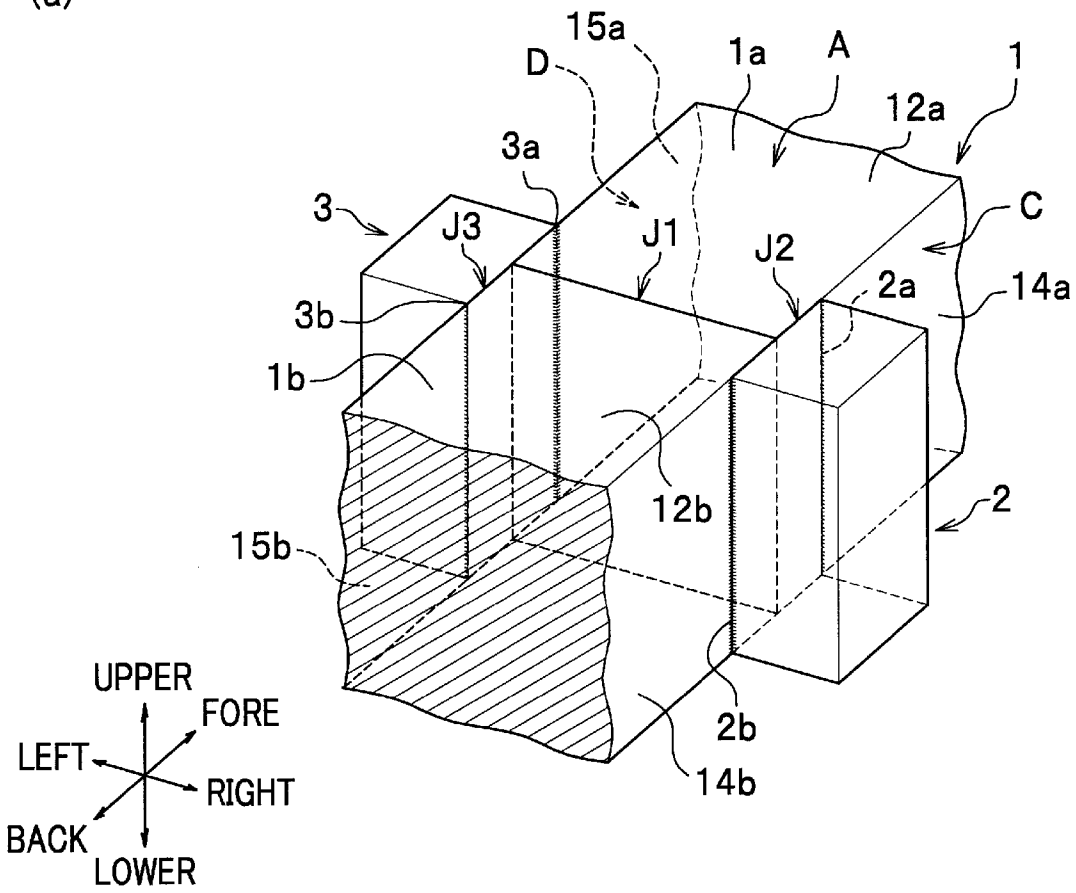
[13] 前記屈折点を構成する直線同士の交わる角度が90度であることを特徴とする請求の範囲第12項に記載の接合方法。

[図1]

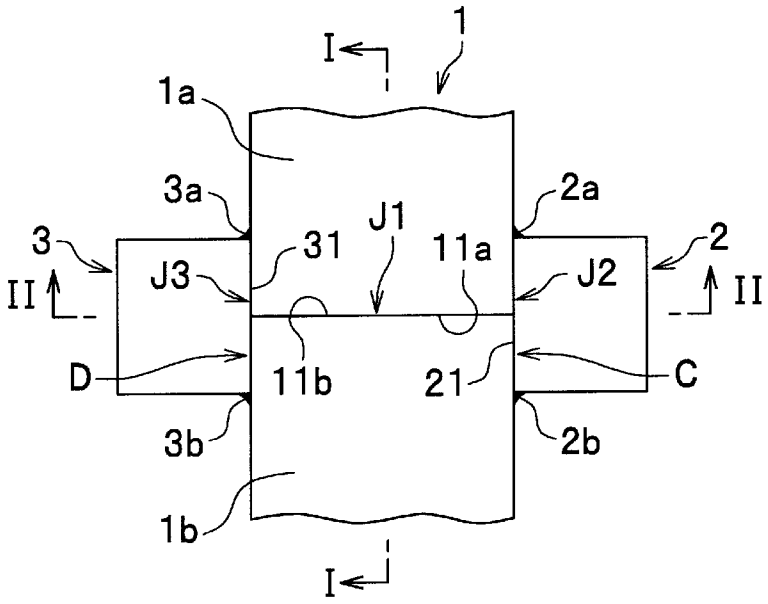

UPPER
FORE
RIGHT
LEFT
BACK
LOWER
(a)
(b)
1
1a
1b
12a
12b
13a
13b
14a
14b
15a
15b
A
B
C
D
N
G
J1
W1
W2
W3
W4
S1
S2
S3
S4
R1
R2
V1
V2
V3
V4

[図2]

(a)

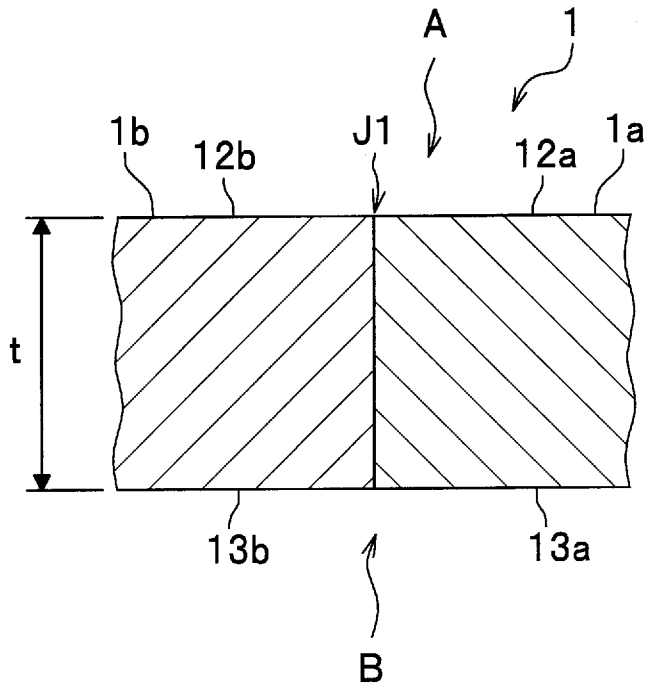

15a
D
1a
A
1
12a
3a
3
J3
J1
J2
C
2a
14a
3b
1b
12b
2
15b
2b
14b
UPPER
FORE
LEFT
RIGHT
BACK
LOWER

(b)

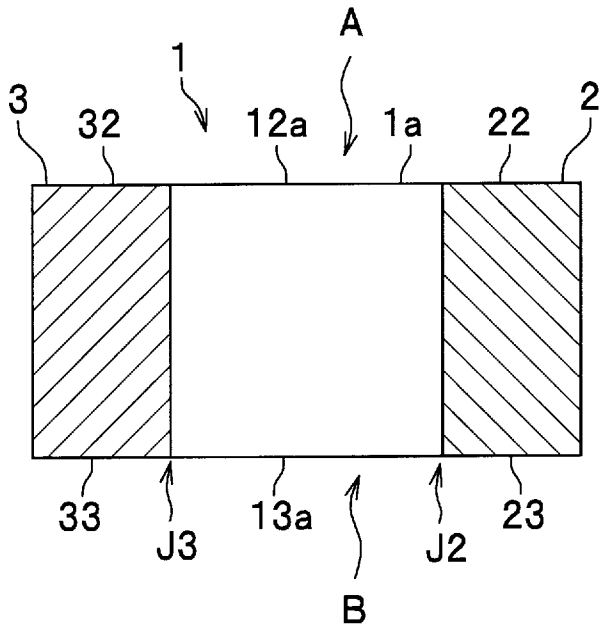

I
1
1a
3a
2a
J1
3
31
11a
2
II
J3
J2
II
D
11b
21
C
3b
2b
1b
I

[図3]

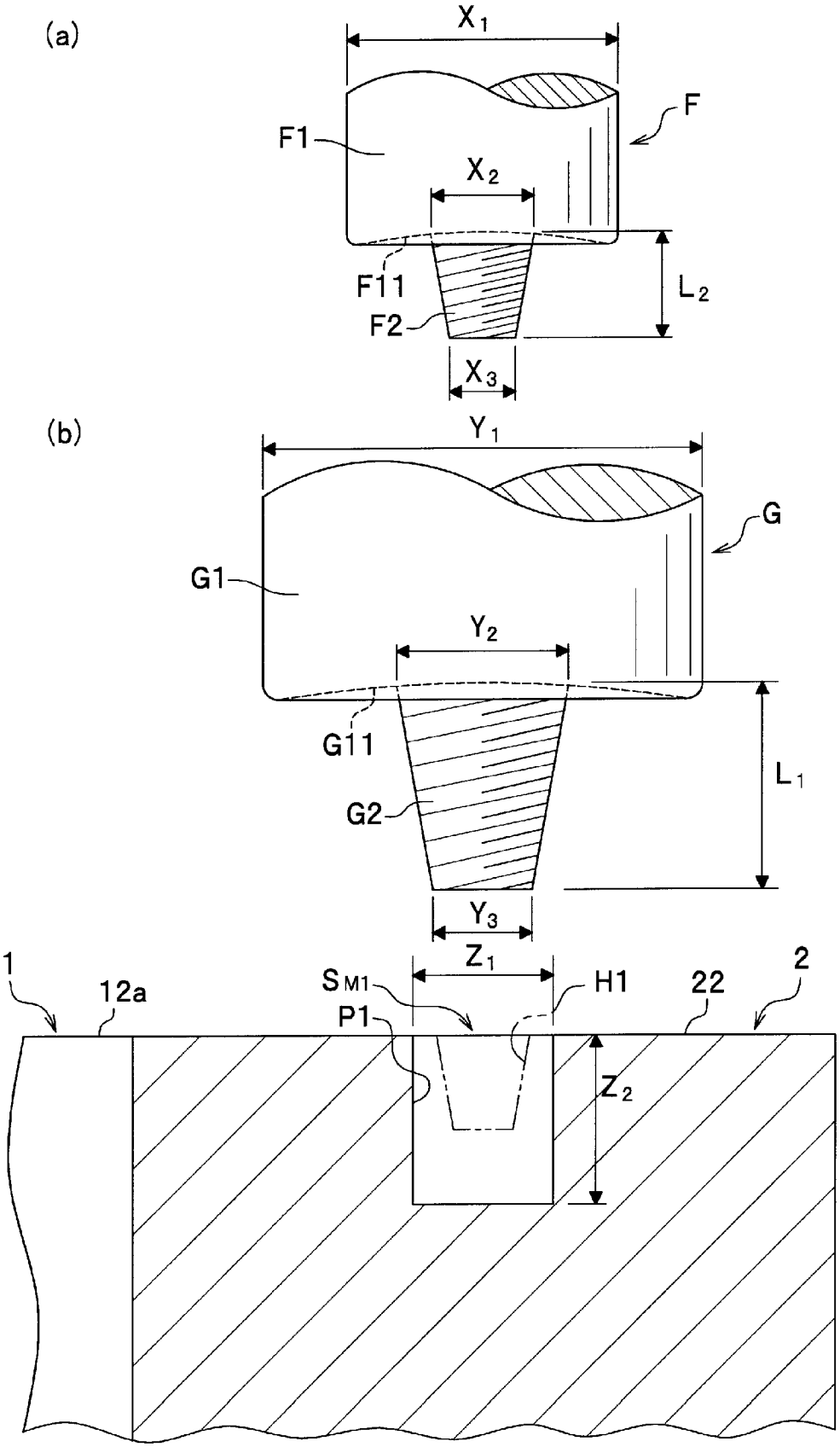
(a)



(b)

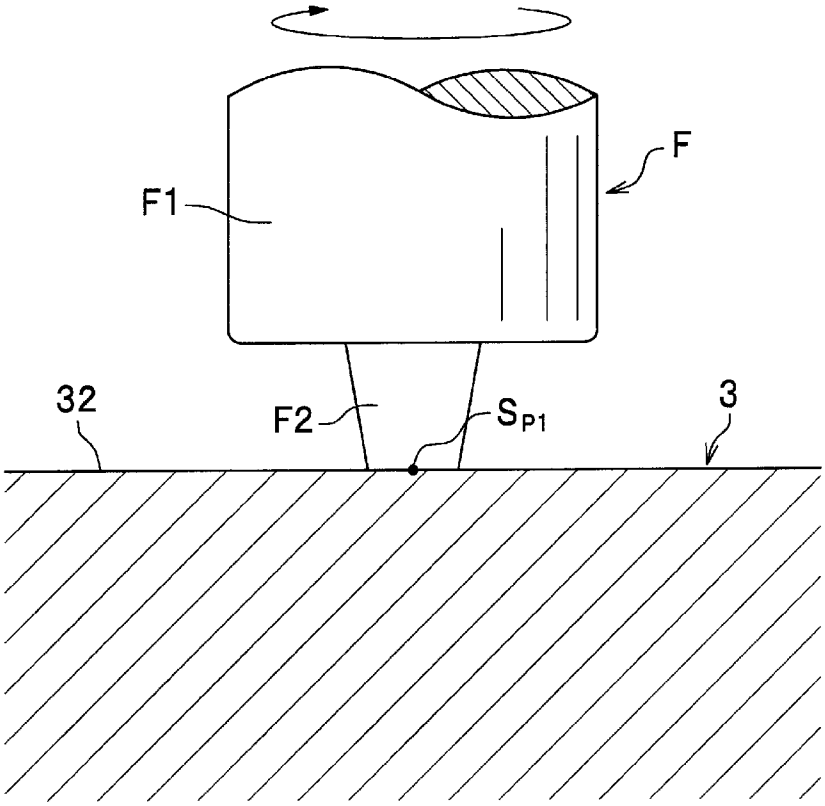


[図4]

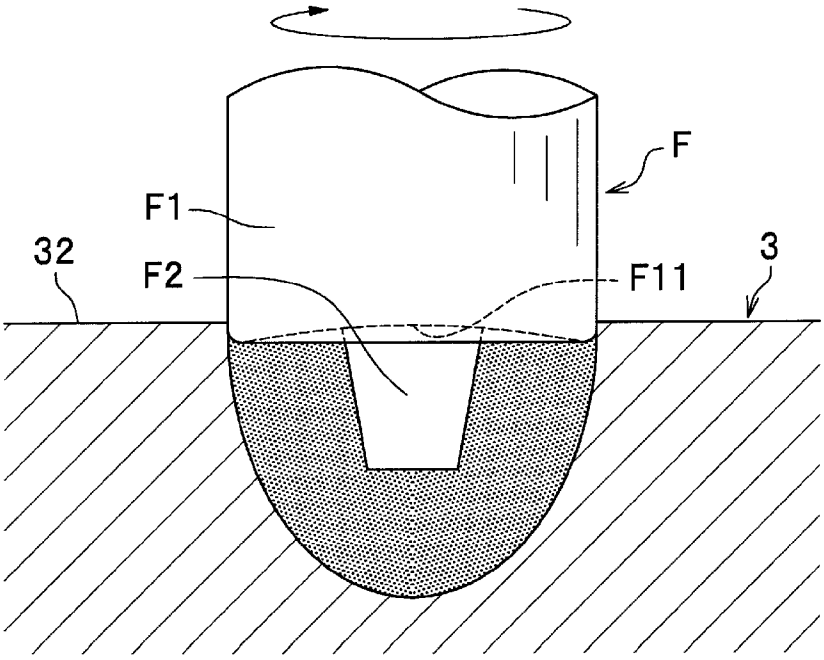

(a)
X1
F
F1
X2
F11
L2
F2
X3
(b)
Y1
G
G1
Y2
G11
L1
G2
Y3
1
12a
Z1
SM1
H1
22
2
P1
Z2

[図5]

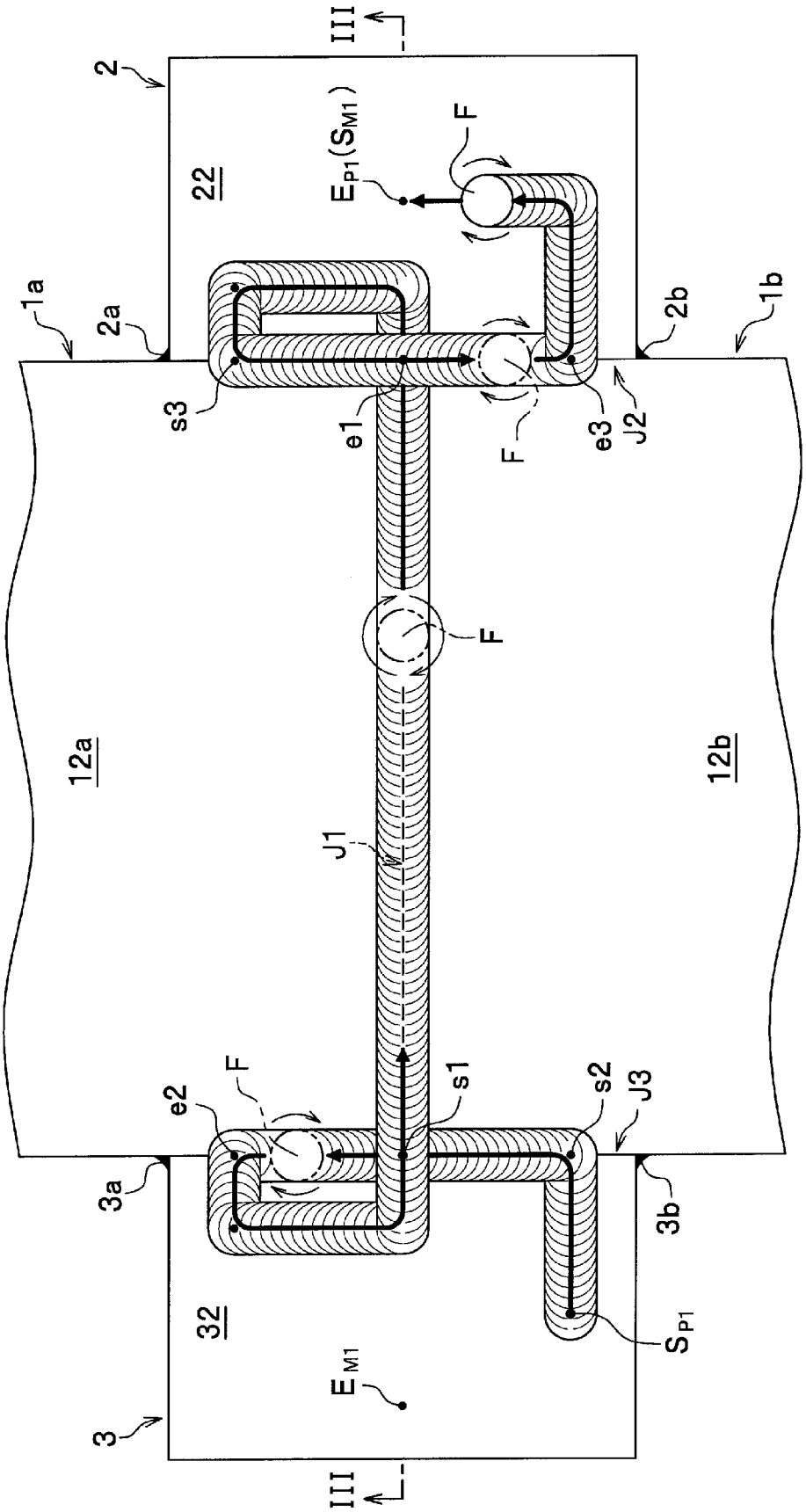
(a)



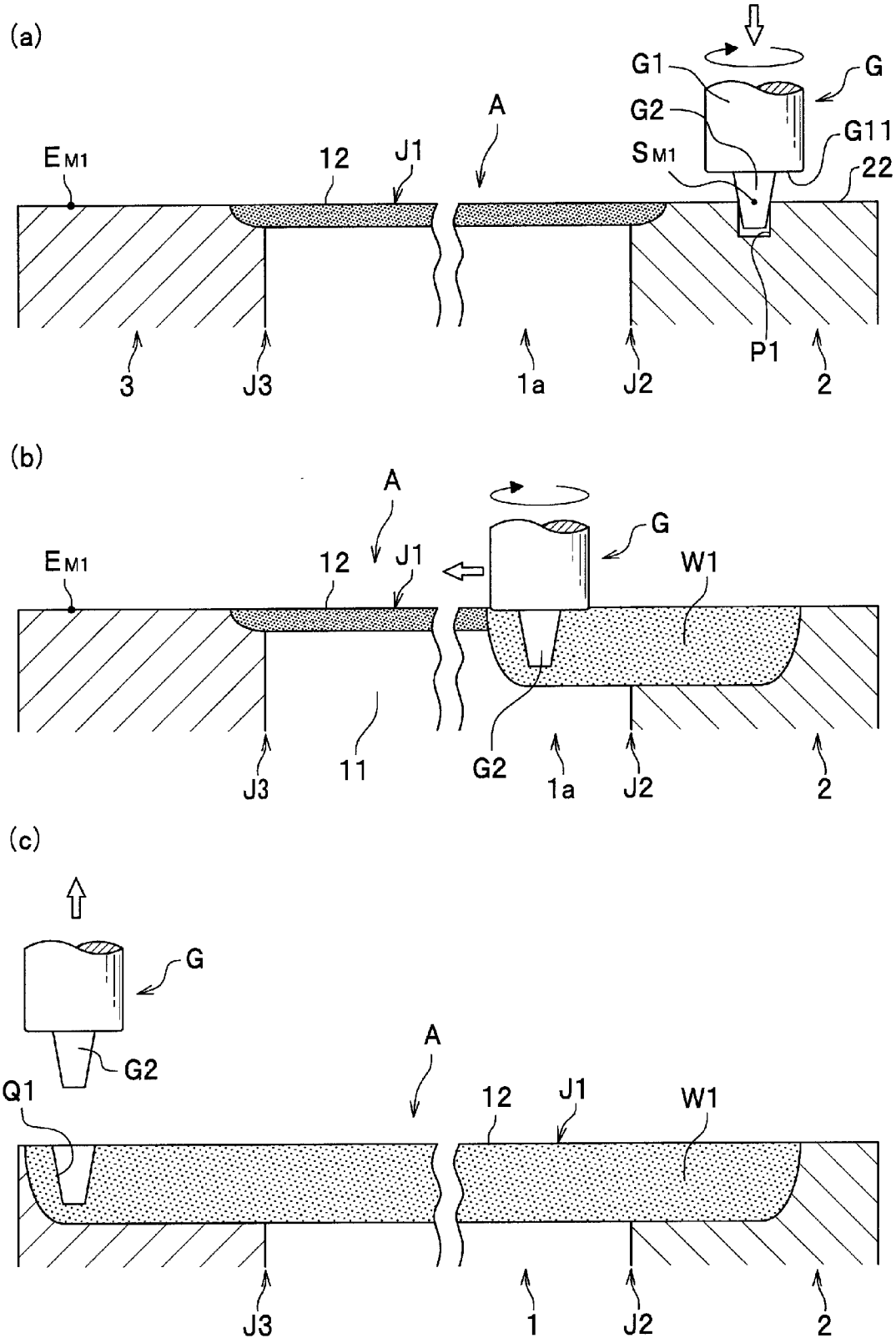
(b)



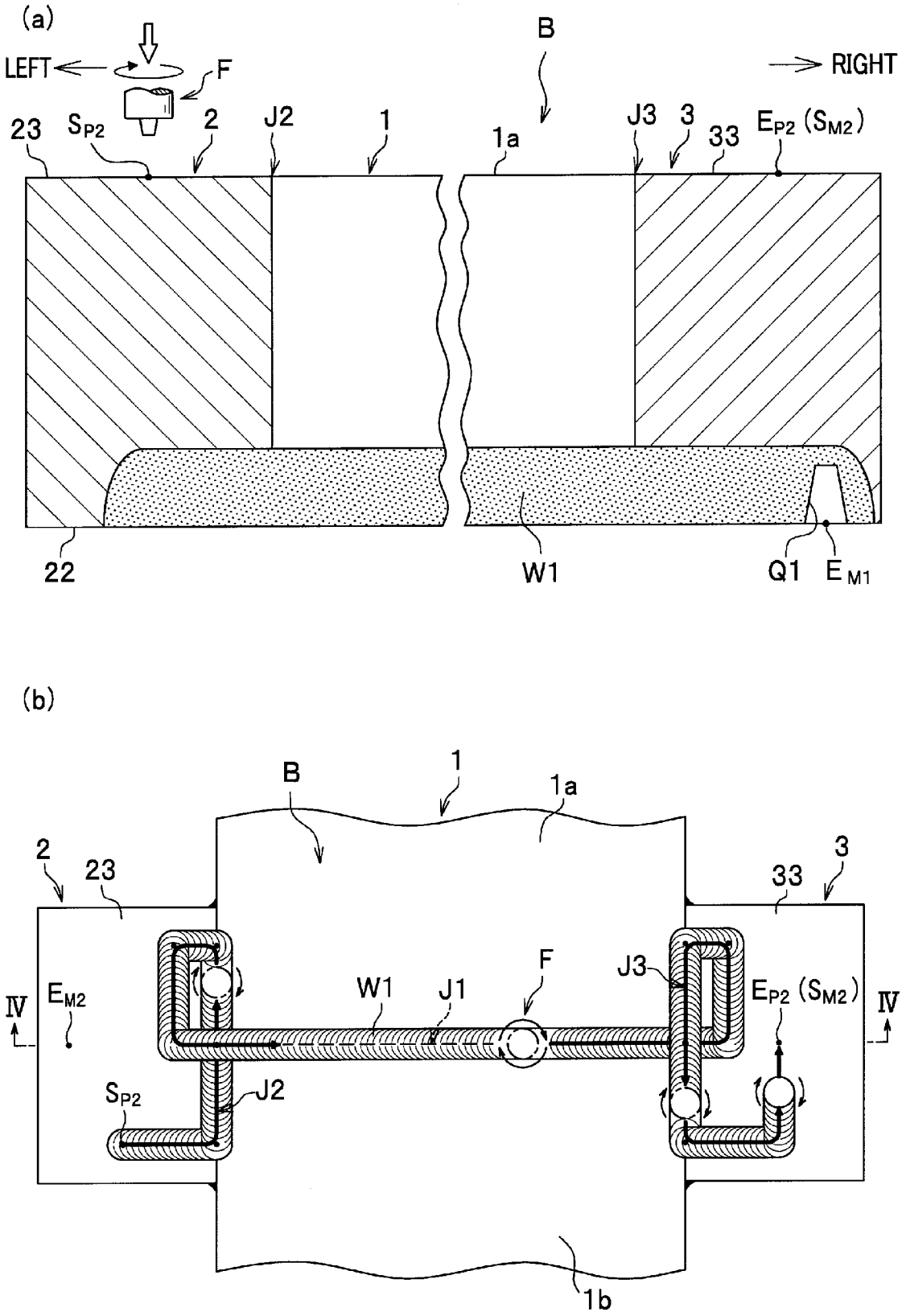
[図6]


III
2
22
$E_{P1}(S_{M1})$
F
1a
2a
2b
1b
s3
e1
e3
J2
F
F
12a
12b
J1
e2
F
s1
s2
J3
3a
3b
32
S_{P1}
E_{M1}
3
III

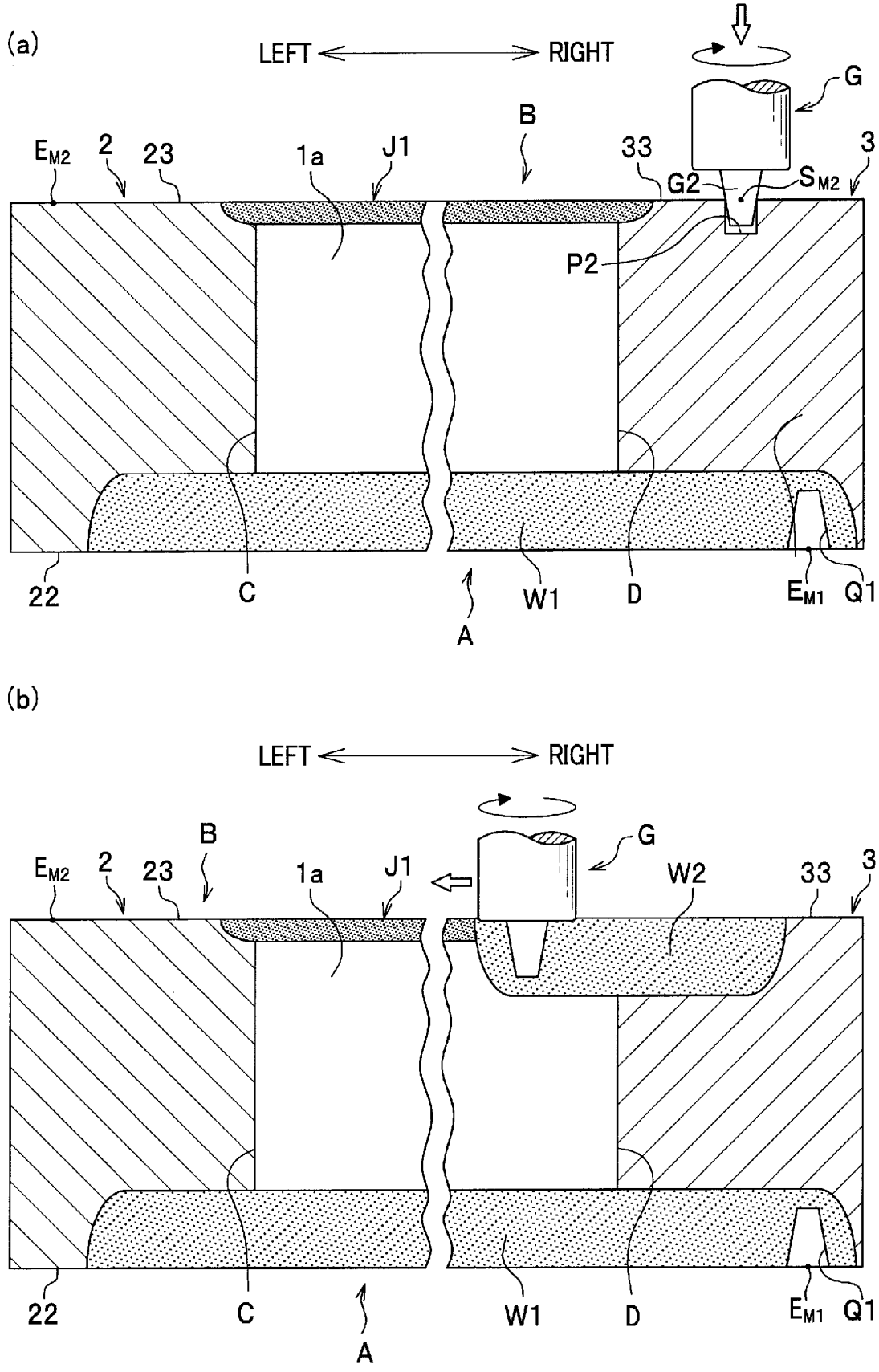
[図7]


(a)
G1
G
G2
G11
A
EM1
12
J1
SM1
22
3
J3
1a
J2
P1
2
(b)
A
G
EM1
12
J1
W1
J3
11
G2
1a
J2
2
(c)
G
G2
A
Q1
12
J1
W1
J3
1
J2
2

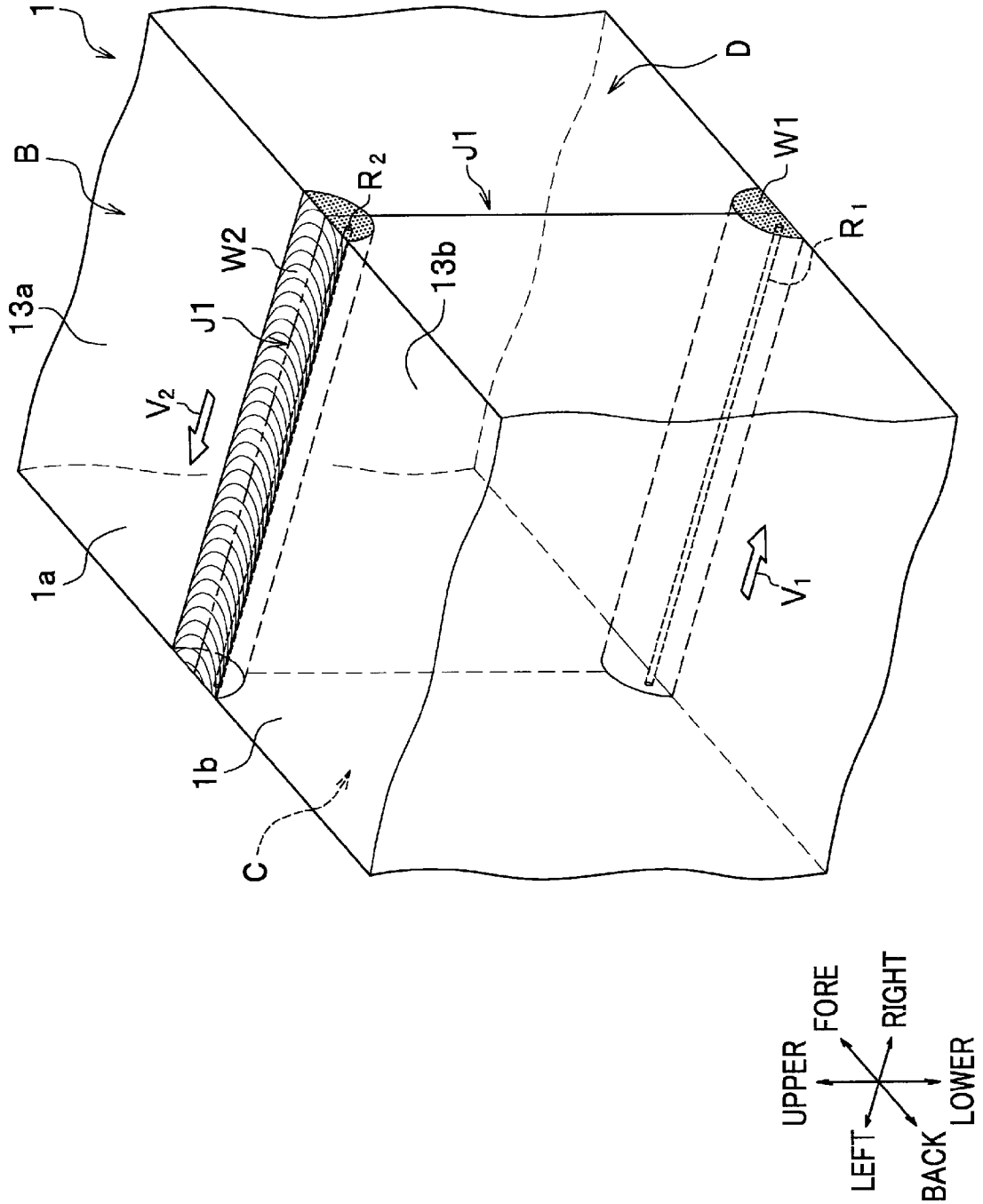
[図8]


(a)
LEFT
F
B
RIGHT
23
S_{P2}
2
J2
1
1a
J3
3
33
E_{P2} (S_{M2})
22
W1
Q1
E_{M1}
(b)
B
1
1a
2
23
3
33
IV
E_{M2}
W1
J1
F
J3
E_{P2} (S_{M2})
IV
S_{P2}
J2
1b

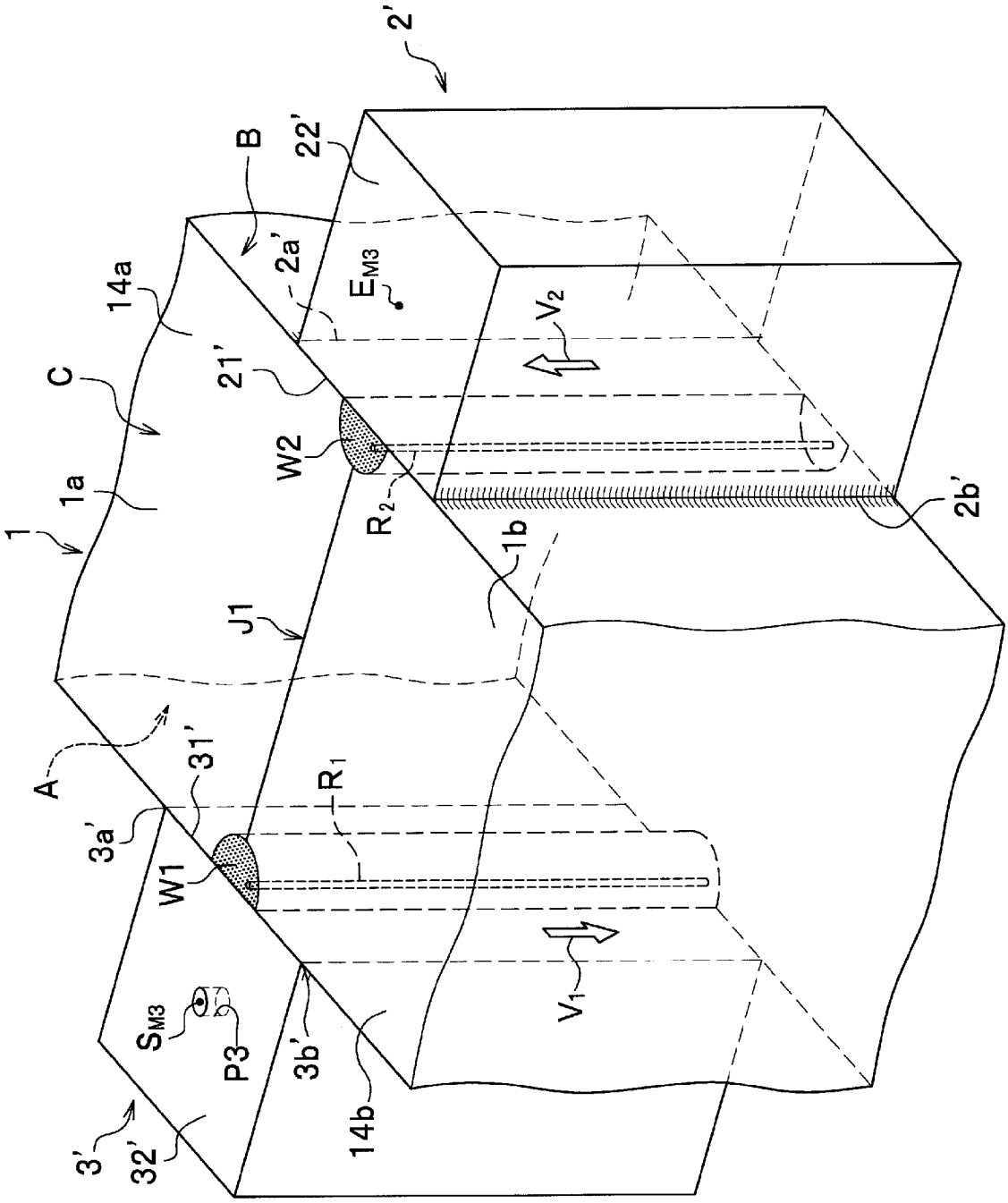
[図9]


(a)
LEFT
RIGHT
G
B
E_{M2}
2
23
1a
J1
33
3
G2
S_{M2}
P2
22
C
W1
D
E_{M1}
Q1
A
(b)
LEFT
RIGHT
B
G
E_{M2}
2
23
1a
J1
W2
33
3
22
C
W1
D
E_{M1}
Q1
A

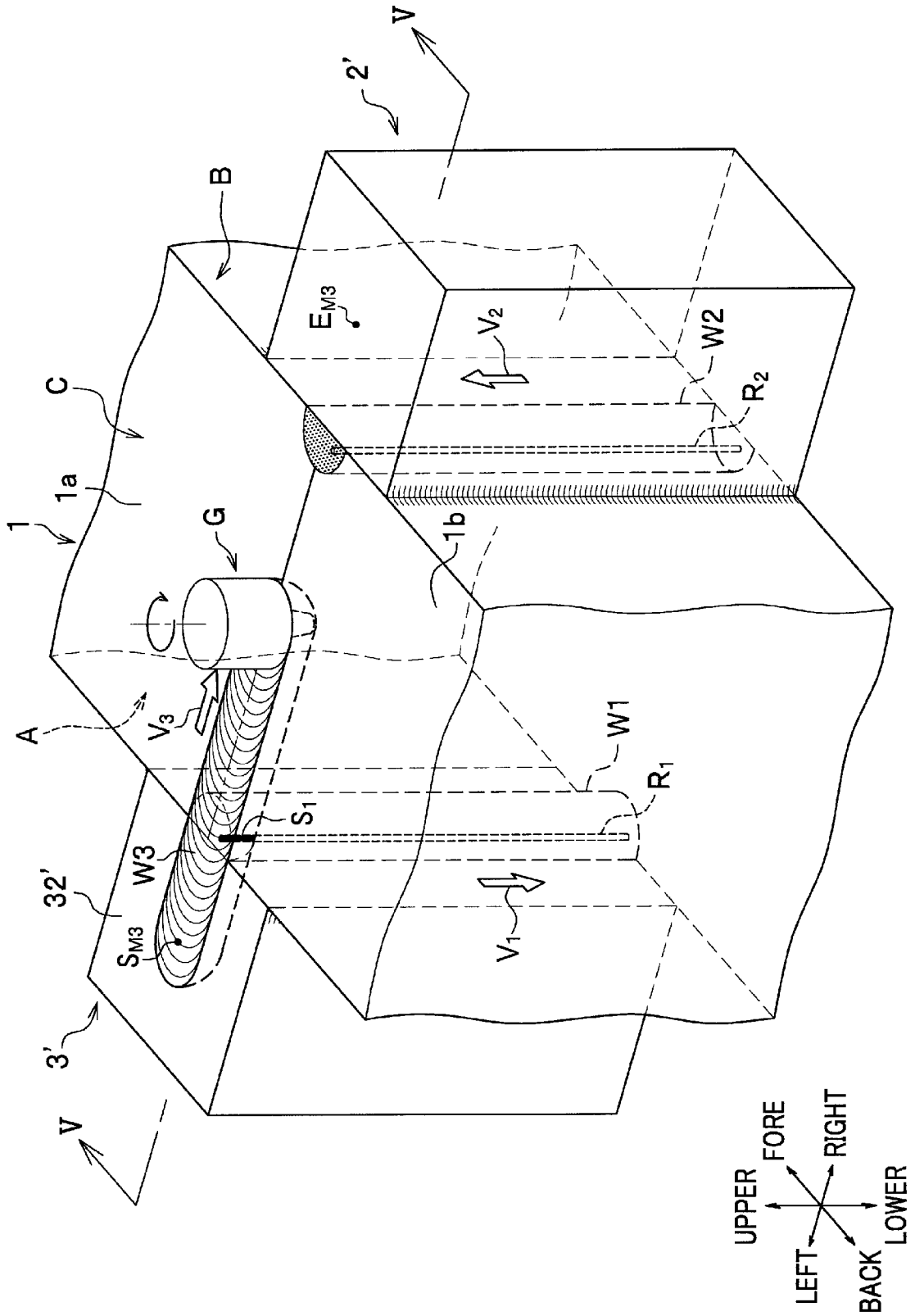
[図10]


1
B
D
J1
W1
R2
R1
W2
13a
13b
J1
V2
V1
1a
1b
C
UPPER
FORE
RIGHT
LEFT
BACK
LOWER

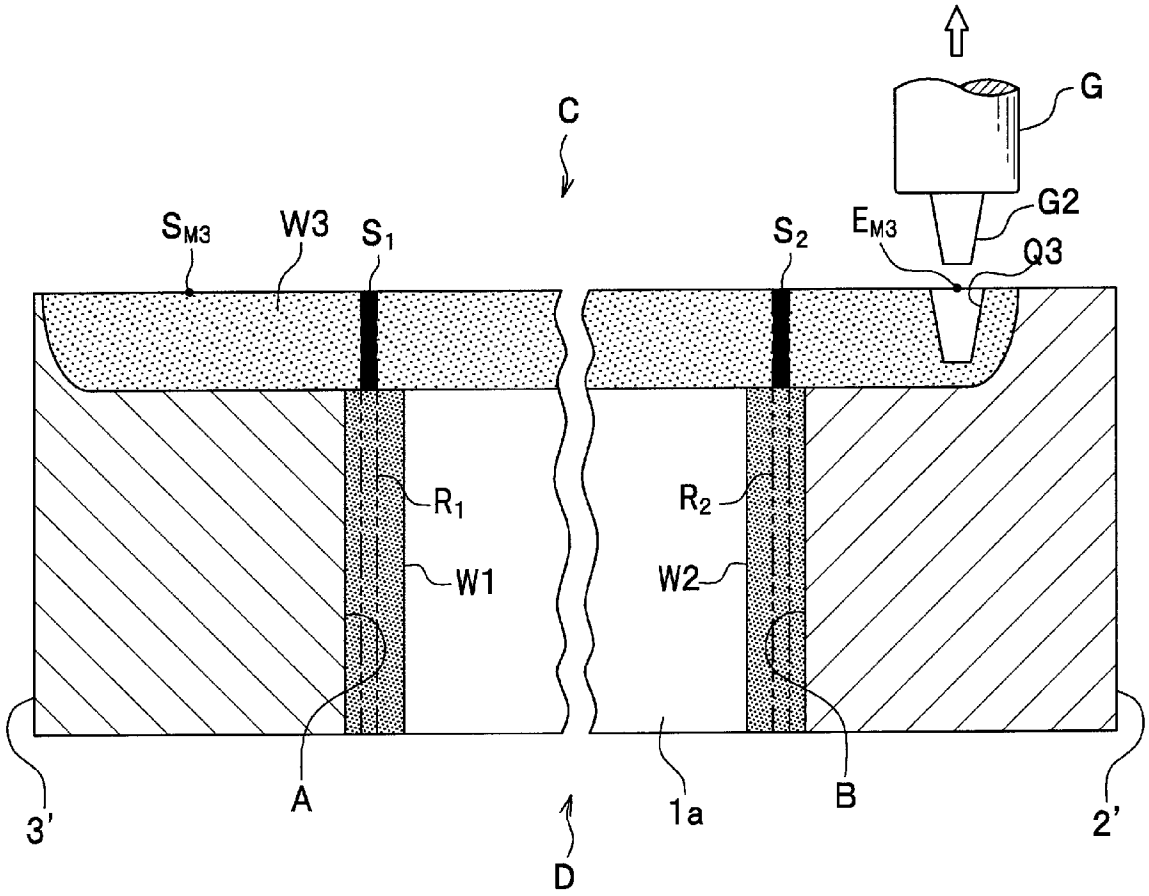
[図11]


2'
B
22'
2a'
E_{M3}
14a
V_2
C
21'
W2
R_2
2b'
1
1a
1b
J1
A
31'
R_1
3a'
W1
V_1
S_{M3}
P3
3b'
14b
3'
32'

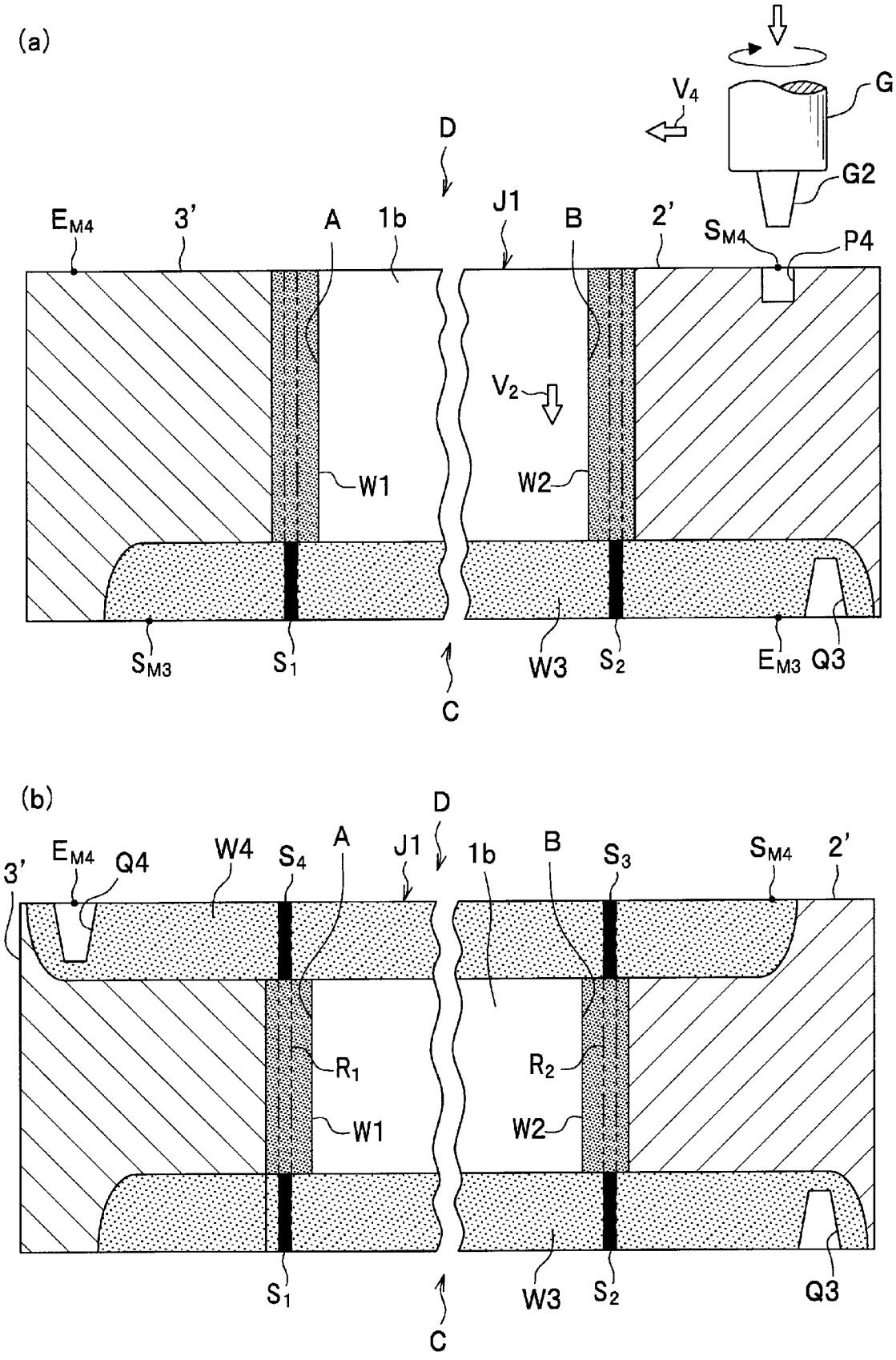
[図12]


V
2'
B
C
1a
1
G
A
V3
32'
W3
SM3
3'
V
EM3
V2
W2
R2
1b
W1
R1
S1
V1
UPPER
FORE
RIGHT
LEFT
BACK
LOWER

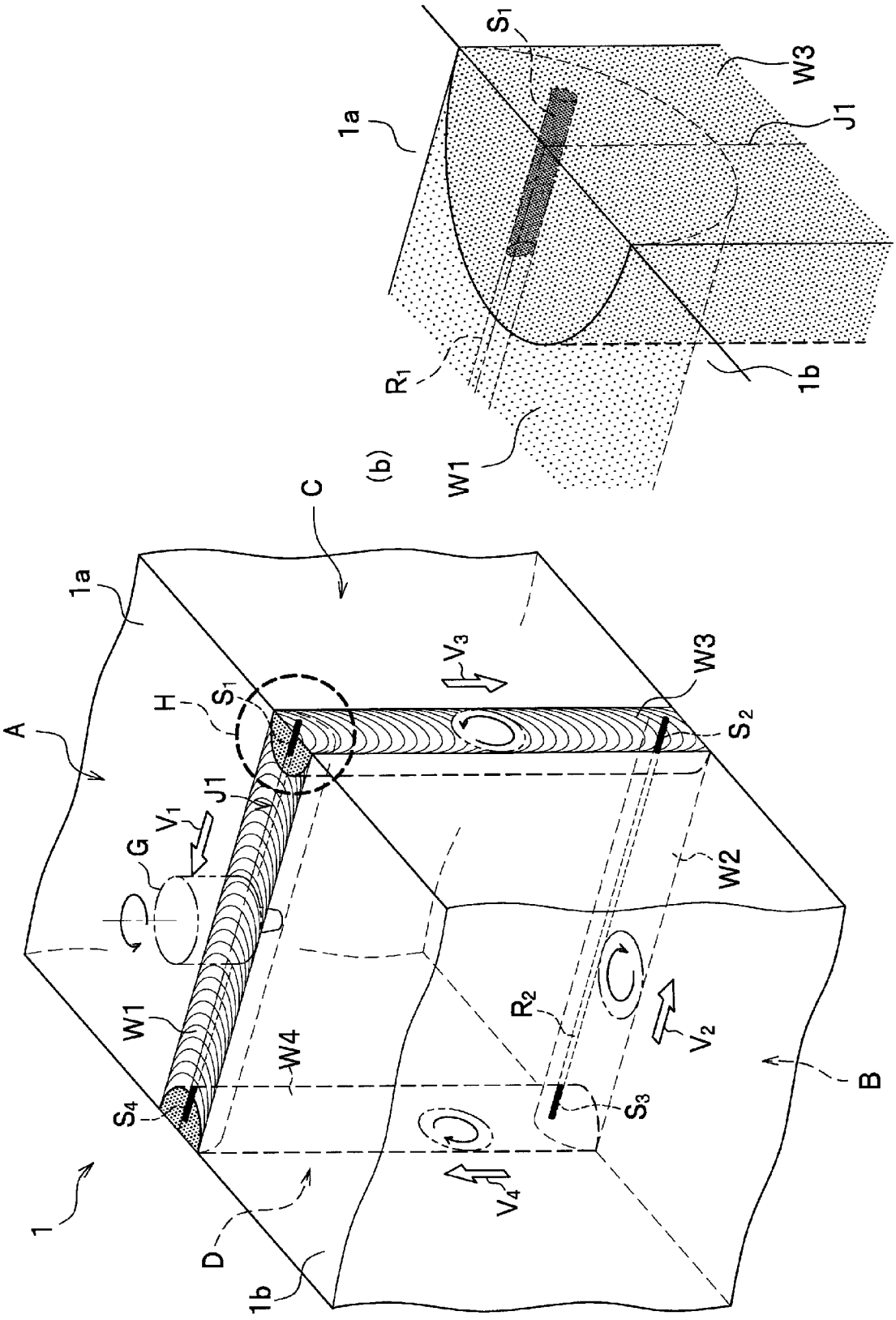
[図13]



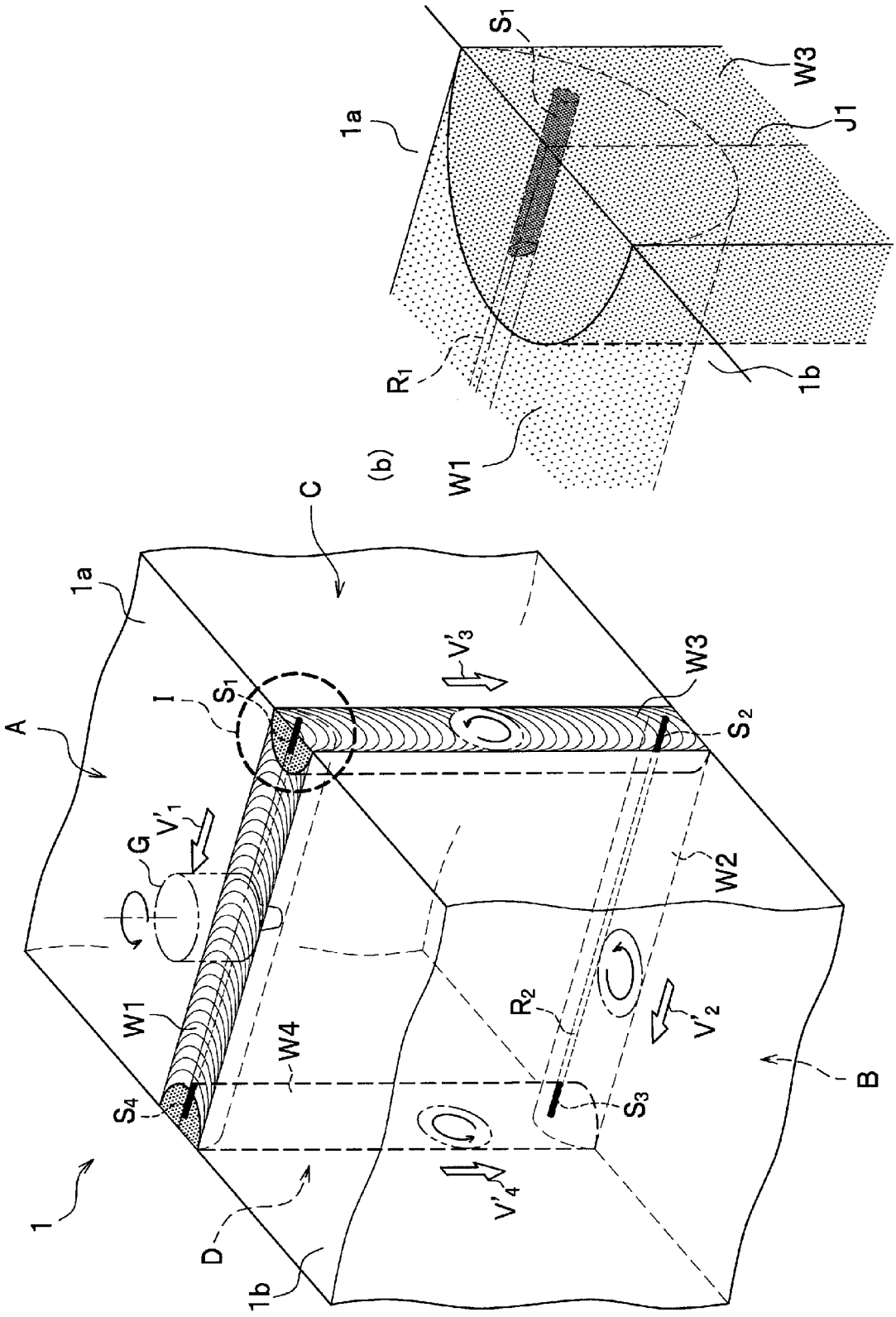
[図14]


(a)
V4
G
G2
D
J1
B
2'
SM4
P4
EM4
3'
A
1b
V2
W1
W2
SM3
S1
W3
S2
EM3
Q3
C
(b)
D
3'
EM4
Q4
W4
S4
A
J1
1b
B
S3
SM4
2'
R1
R2
W1
W2
S1
W3
S2
Q3
C

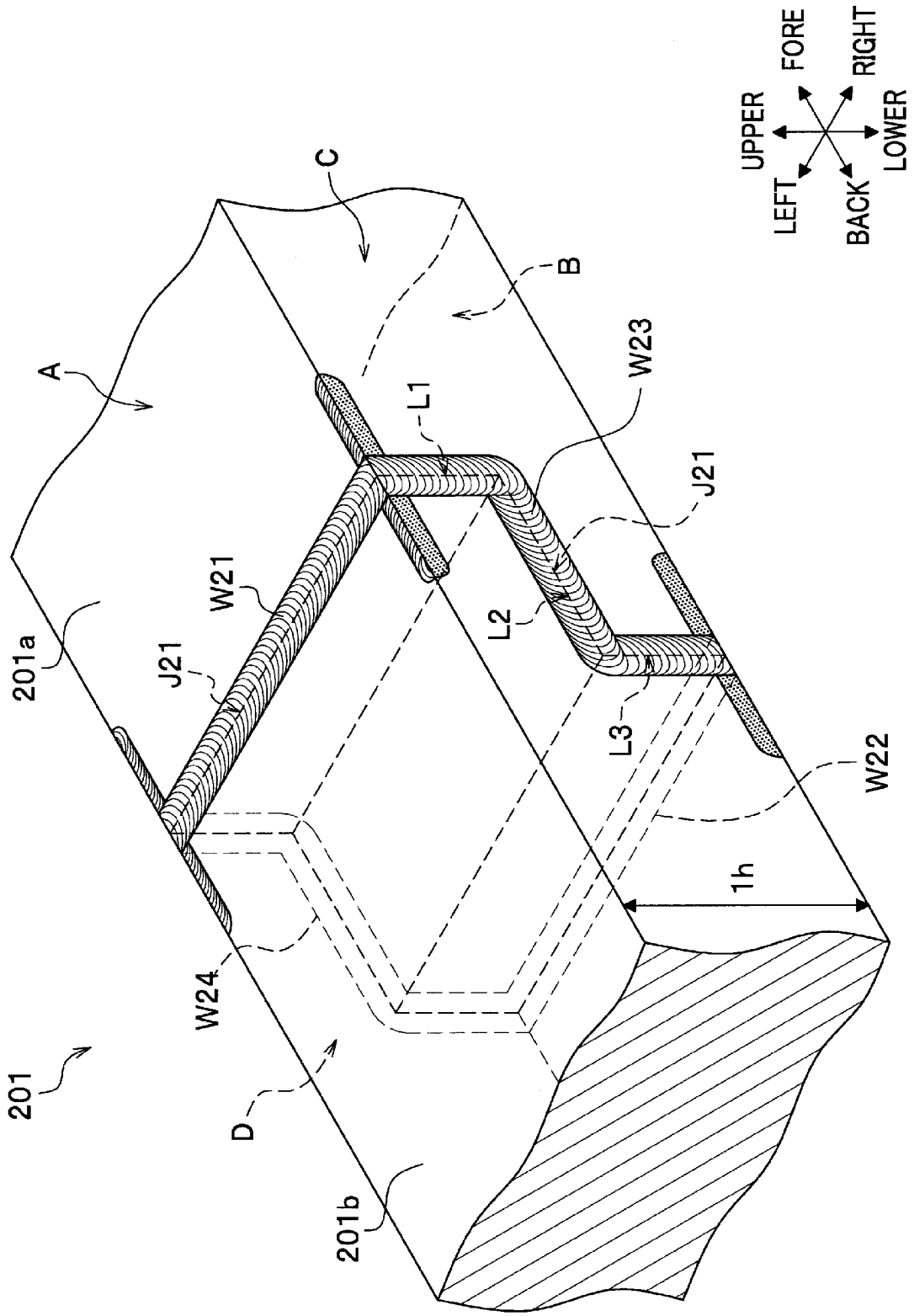
[図15]



[図16]

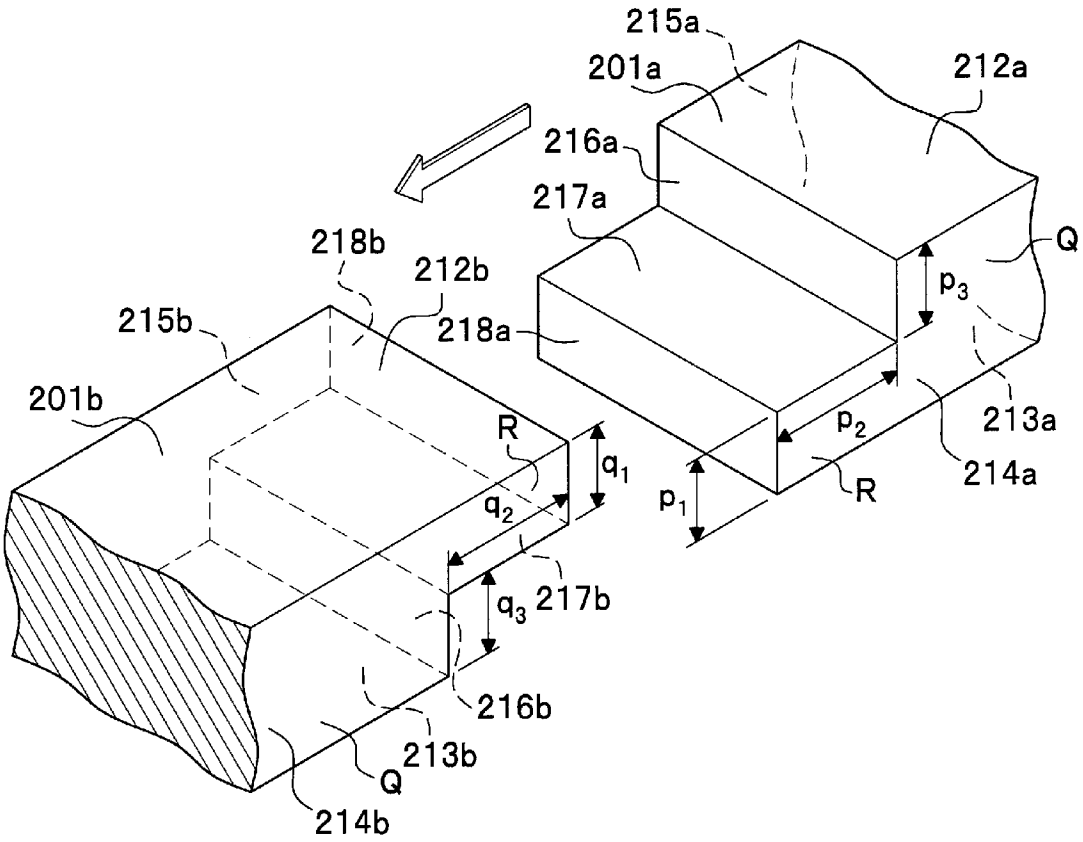

S1
W3
1a
J1
R1
1b
(b)
W1
C
1a
V'3
W3
A
I
S1
S2
V'1
G
W2
W1
R2
V'2
W4
B
S4
S3
1
V'4
D
1b

[図17]

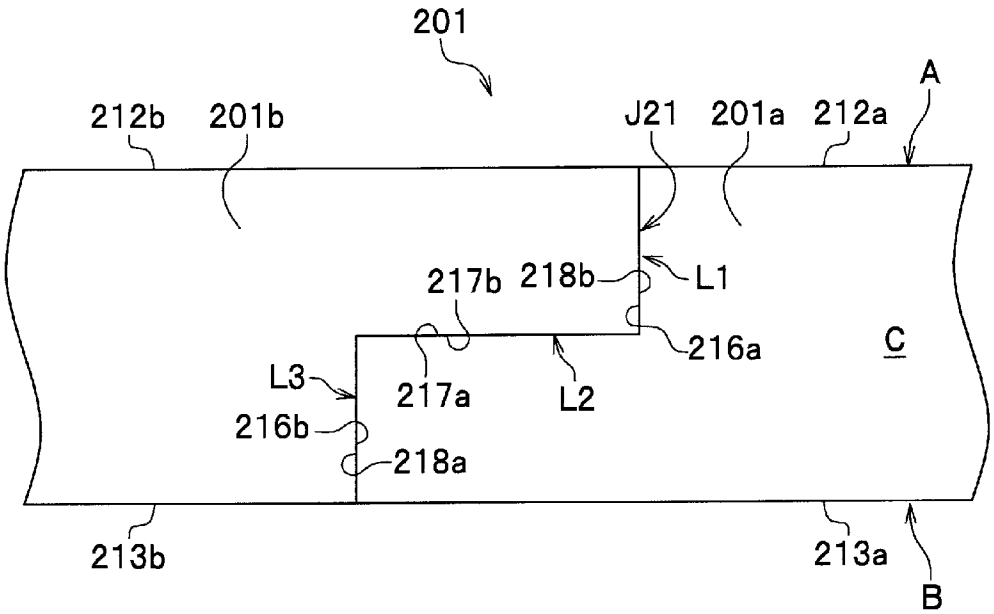

FORE
RIGHT
UPPER
LOWER
LEFT
BACK
C
B
A
L1
W23
J21
W21
201a
J21
L2
L3
W22
1h
W24
201
D
201b

[図18]

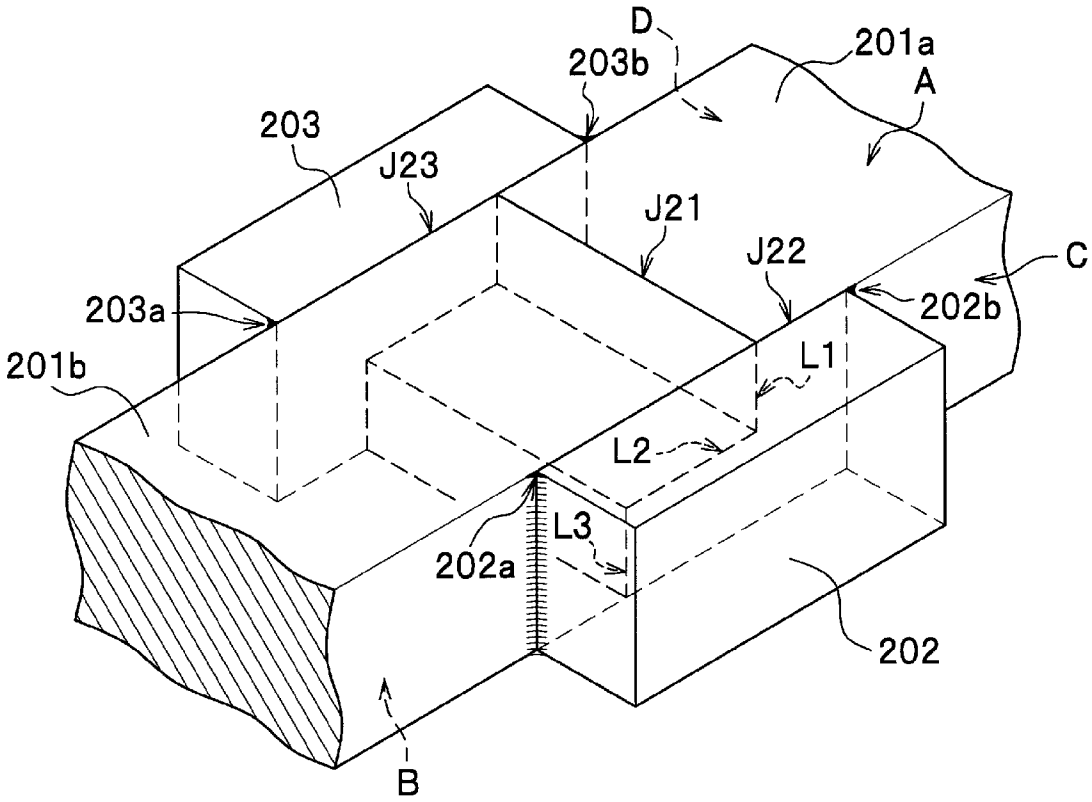
(a)


215a
201a
212a
216a
217a
218b
212b
Q
p_3
215b
218a
201b
R
q_1
p_2
213a
214a
q_2
p_1
R
q_3
217b
216b
213b
Q
214b

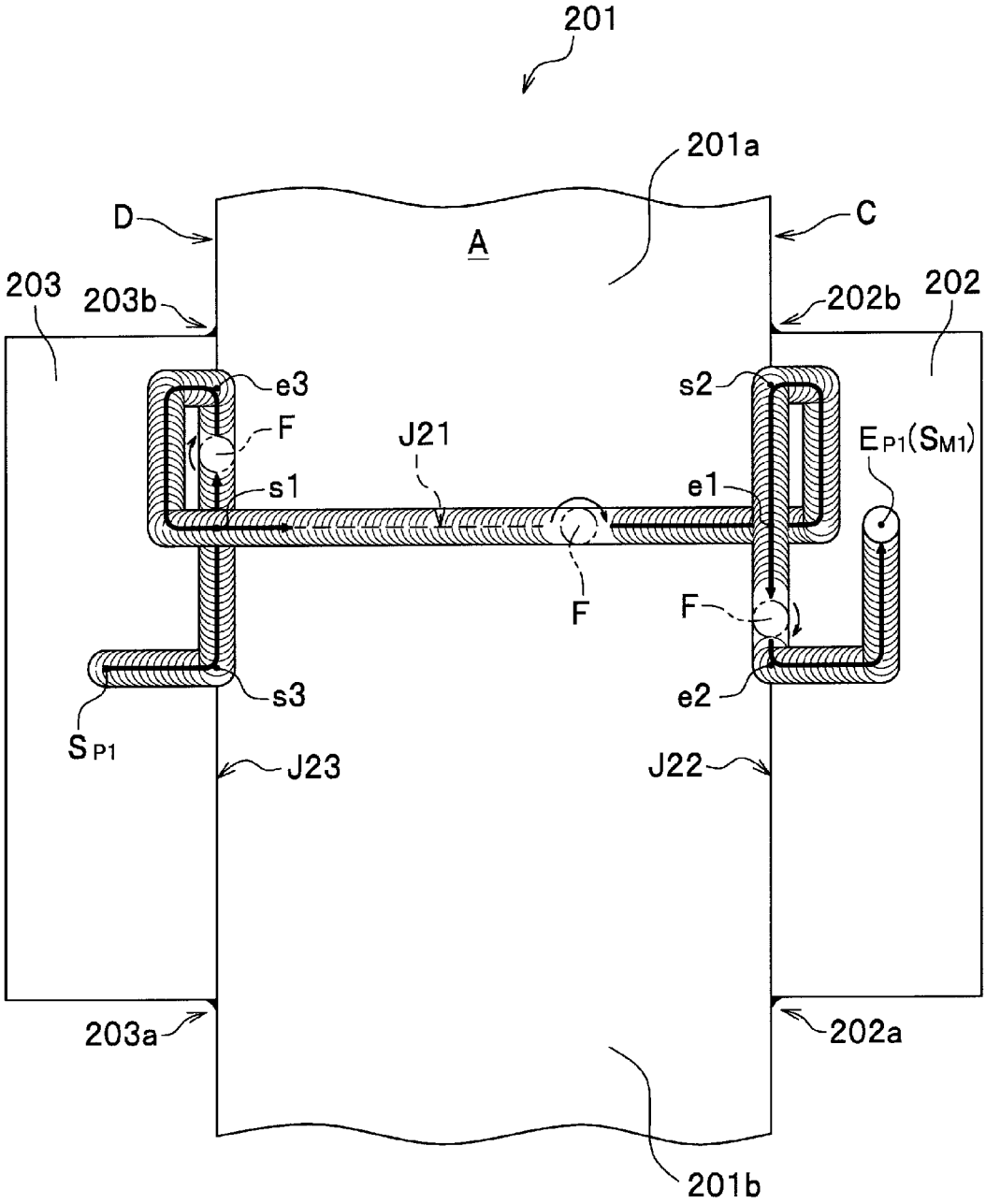
(b)


201
A
212b
201b
J21
201a
212a
217b
218b
L1
216a
C
L3
217a
L2
216b
218a
213b
213a
B

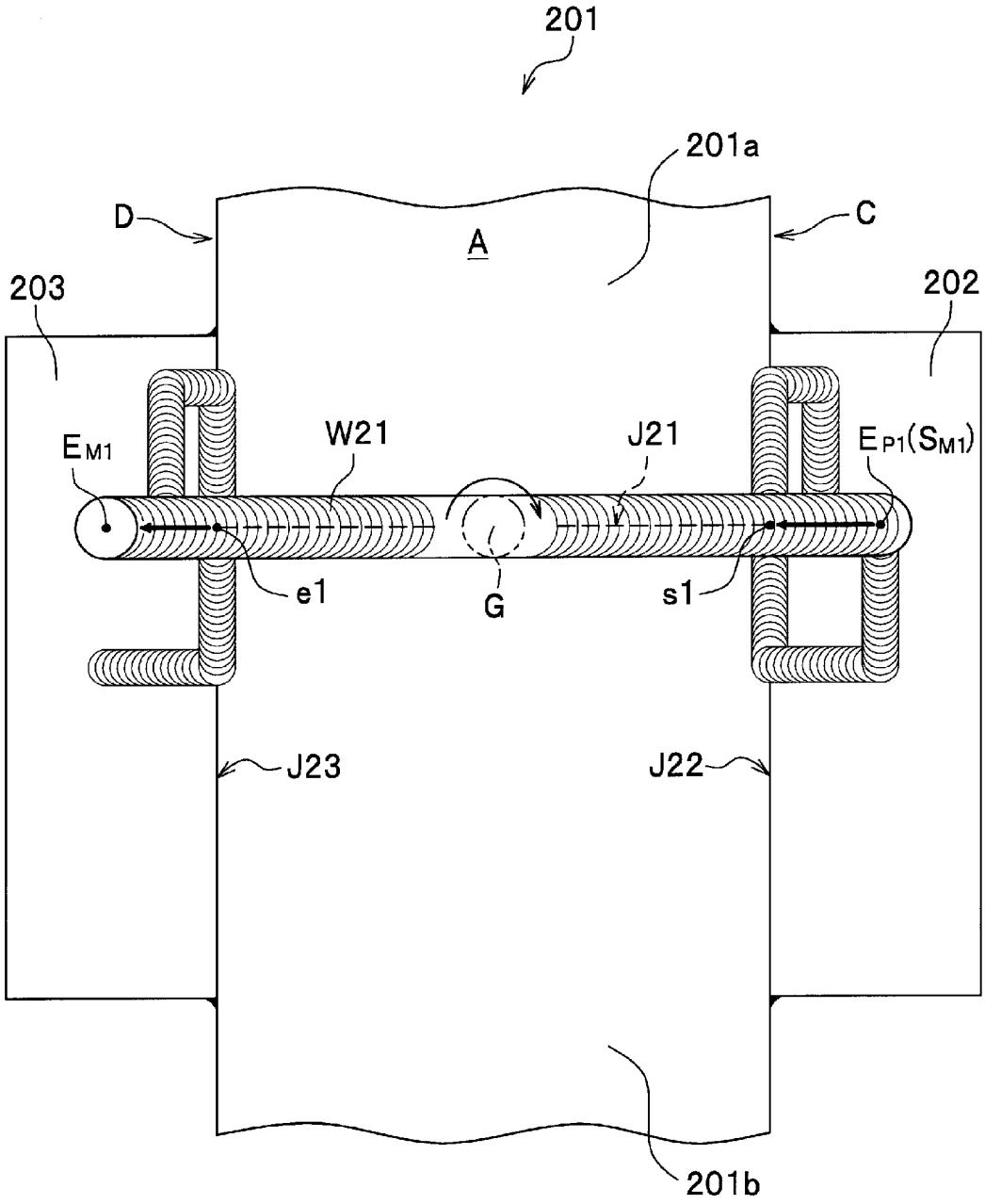
[図19]



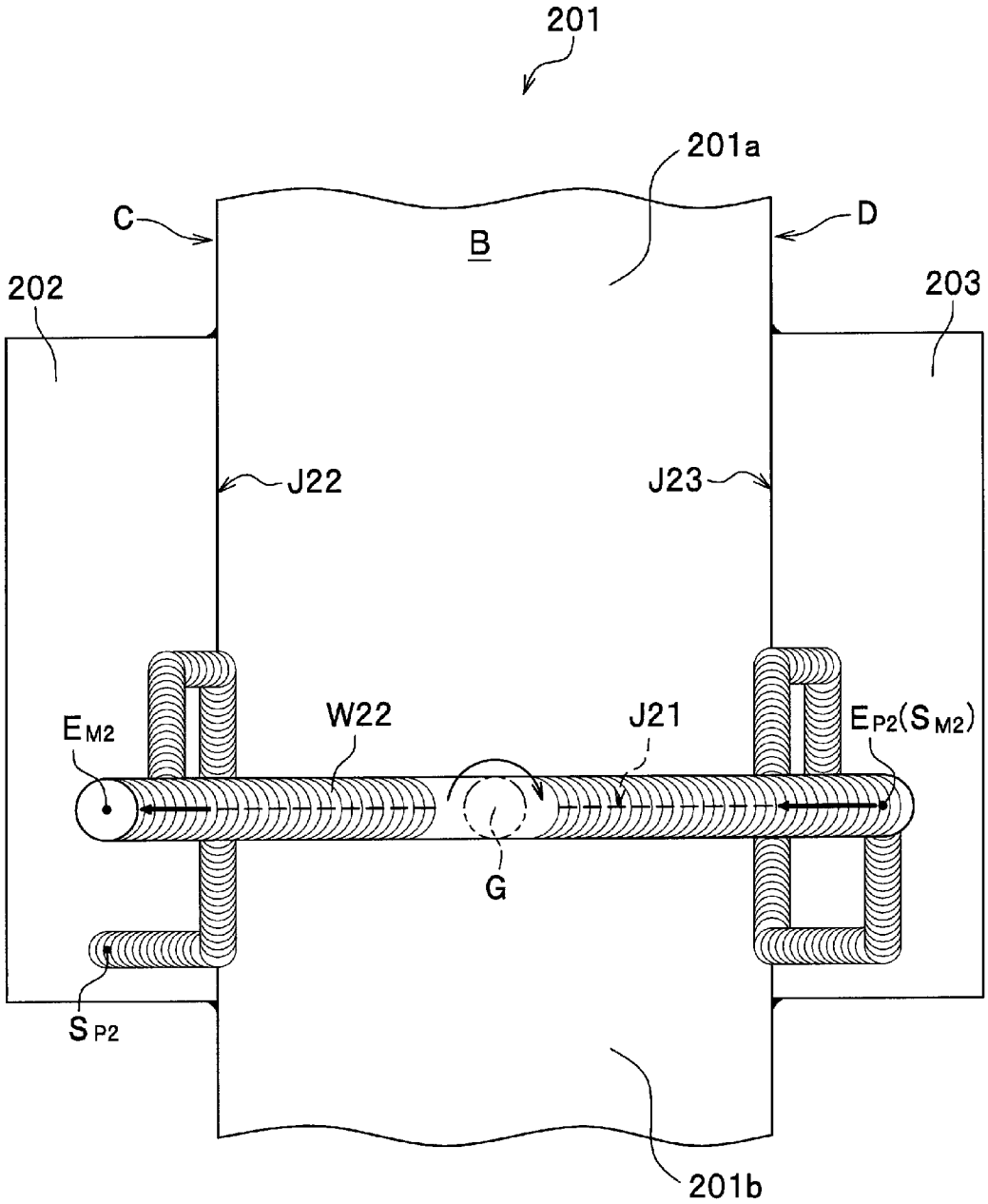
[図20]


201
201a
D
A
C
203
203b
202b
202
e3
s2
F
J21
EP1(SM1)
s1
e1
F
F
s3
e2
SP1
J23
J22
203a
202a
201b

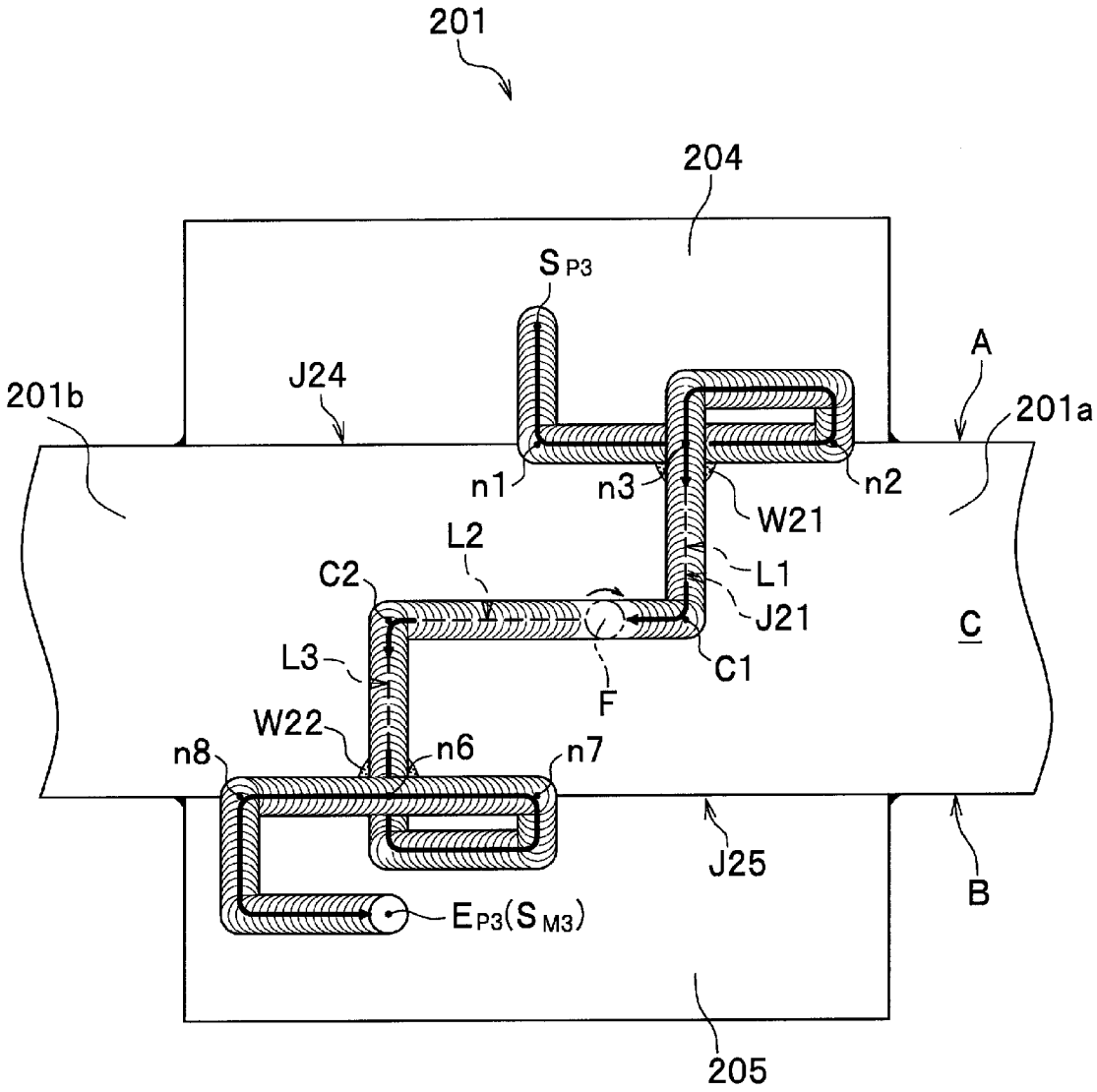
[図21]



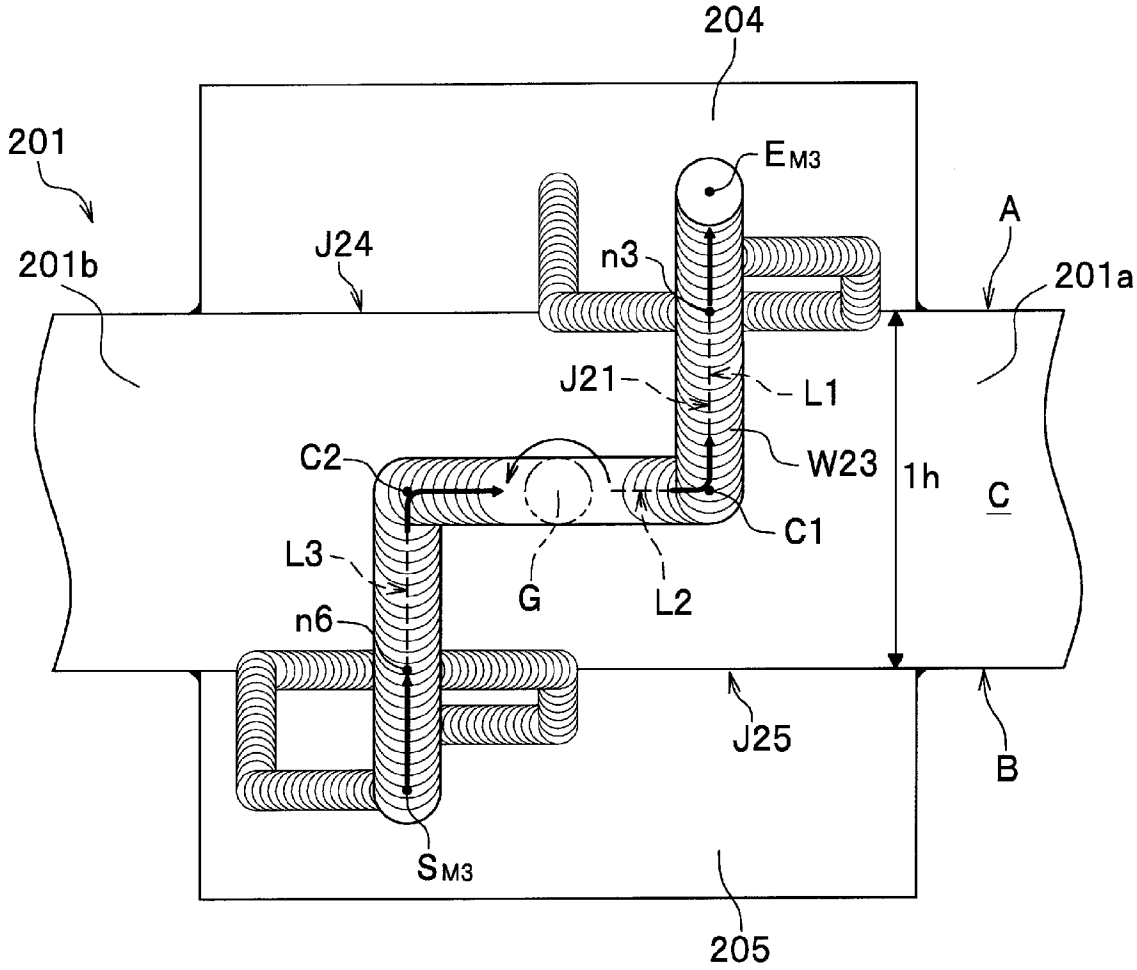
[図22]



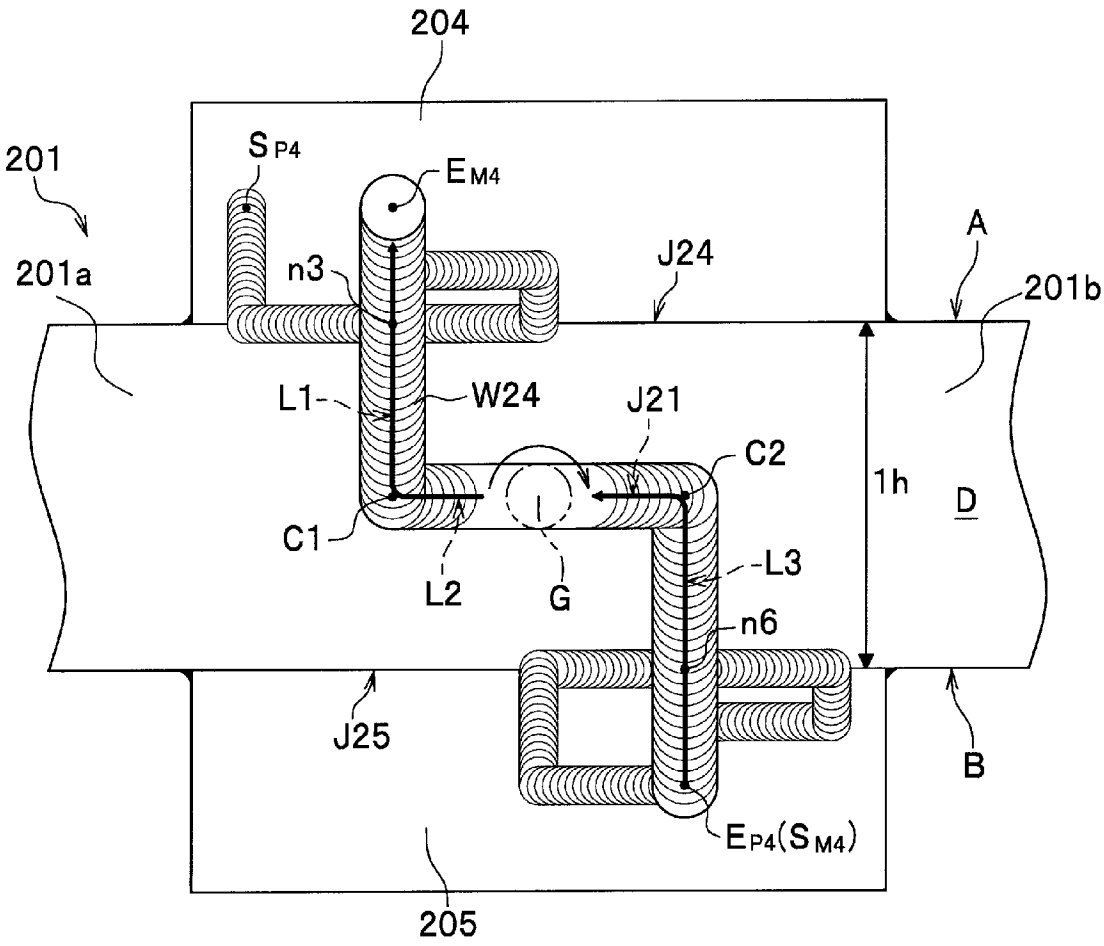
[図23]


201
204
S P3
A
J24
201b
201a
n1
n3
n2
W21
L2
L1
C2
J21
C
L3
C1
F
W22
n8
n6
n7
J25
B
E P3(S M3)
205

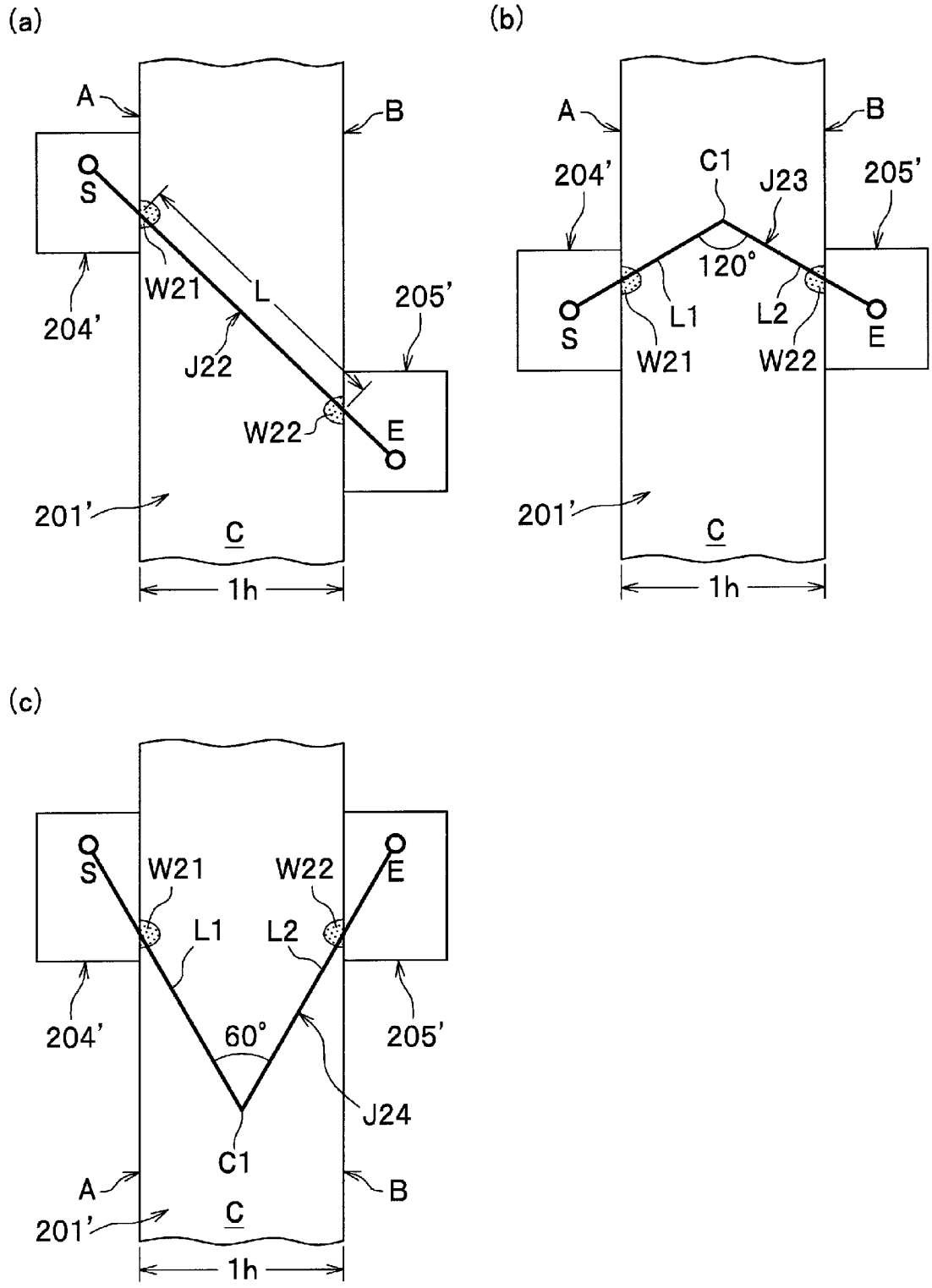
[図24]


204
201
EM3
A
J24
n3
201b
201a
J21
L1
W23
1h
C2
C
C1
L3
G
L2
n6
J25
B
SM3
205

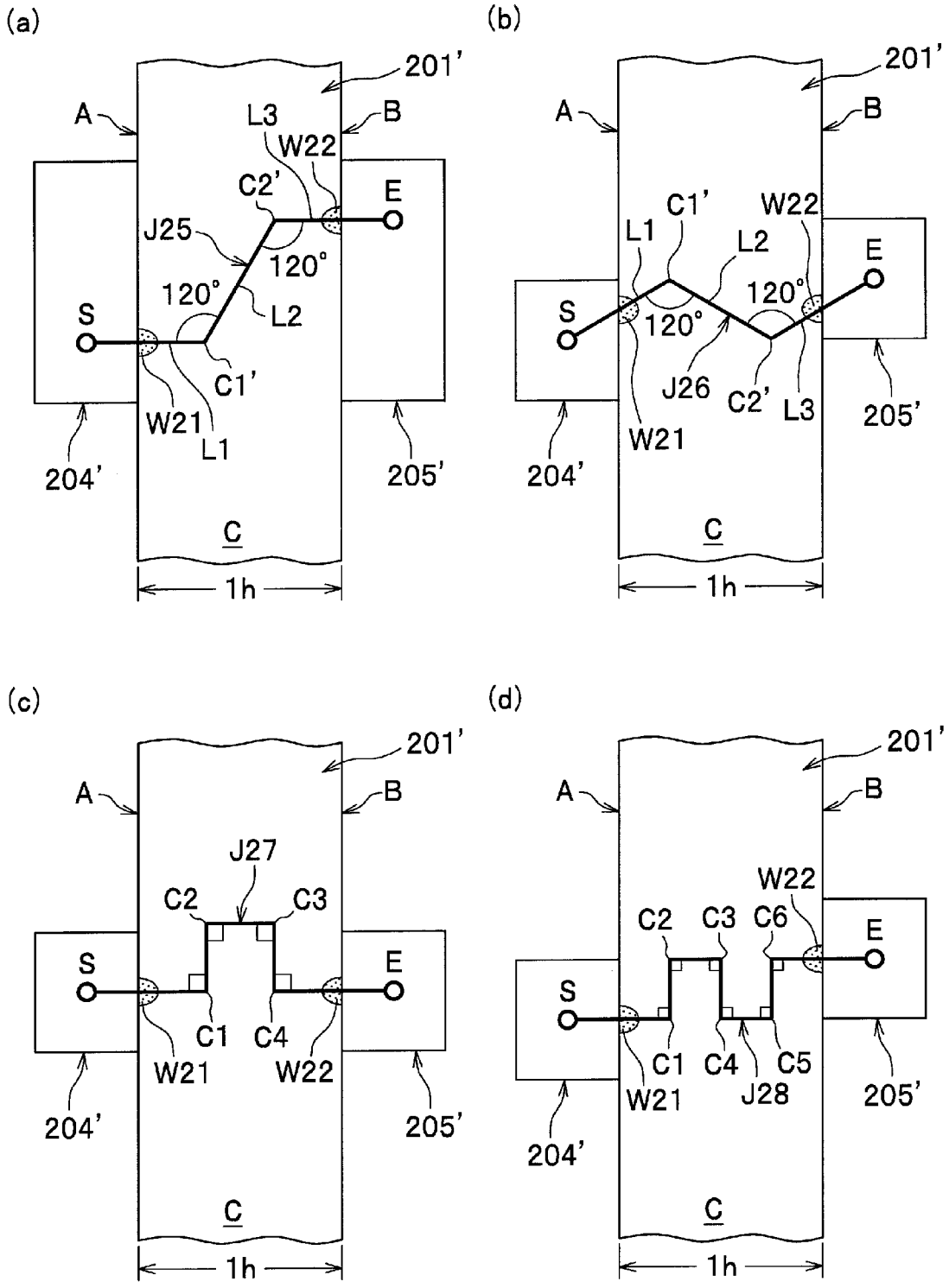
[図25]


204
201
SP4
EM4
201a
n3
J24
A
201b
L1
W24
J21
C2
1h
D
C1
L2
G
L3
n6
J25
B
EP4(SM4)
205

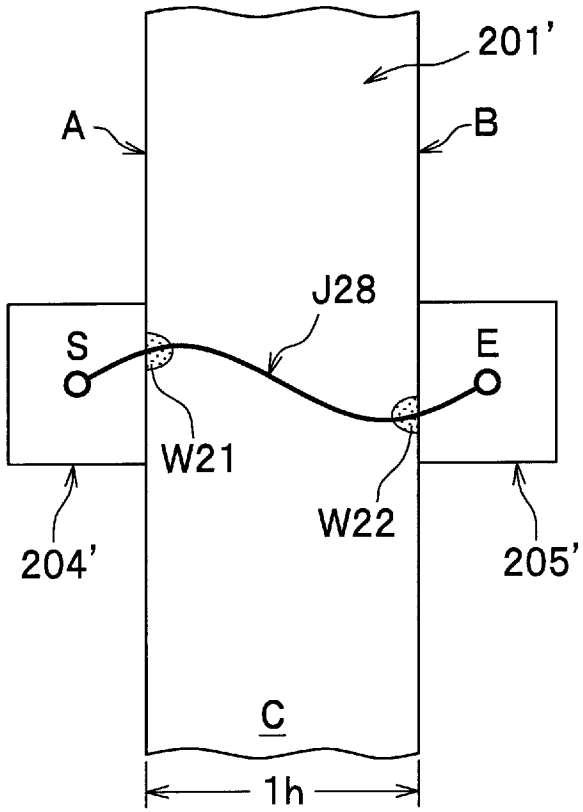
[図26]


(a)
A
B
S
W21
L
205'
204'
J22
W22
E
201'
C
1h
(b)
A
B
204'
C1
J23
205'
120°
S
L1
L2
E
W21
W22
201'
C
1h
(c)
S
W21
W22
E
L1
L2
204'
60°
205'
J24
C1
A
B
201'
C
1h

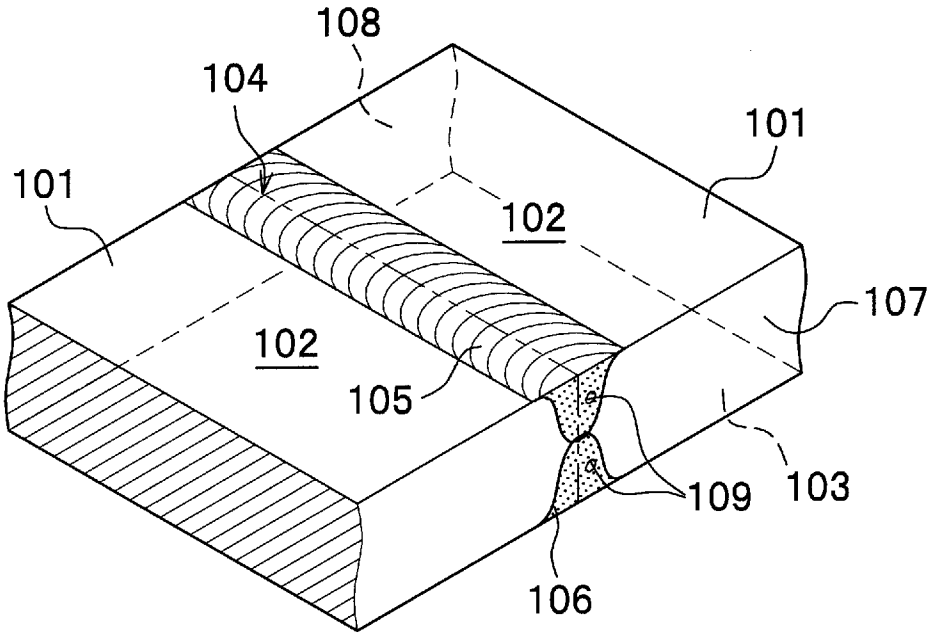
[図27]


(a)
201'
A
B
L3
W22
C2'
E
J25
120°
120°
L2
S
C1'
W21
L1
204'
205'
C
1h
(b)
201'
A
B
C1'
W22
L1
L2
E
S
120°
120°
J26
C2'
L3
W21
204'
205'
C
1h
(c)
201'
A
B
J27
C2
C3
S
E
C1
C4
W21
W22
204'
205'
C
1h
(d)
201'
A
B
W22
C2
C3
C6
E
S
C1
C4
C5
W21
J28
204'
205'
C
1h

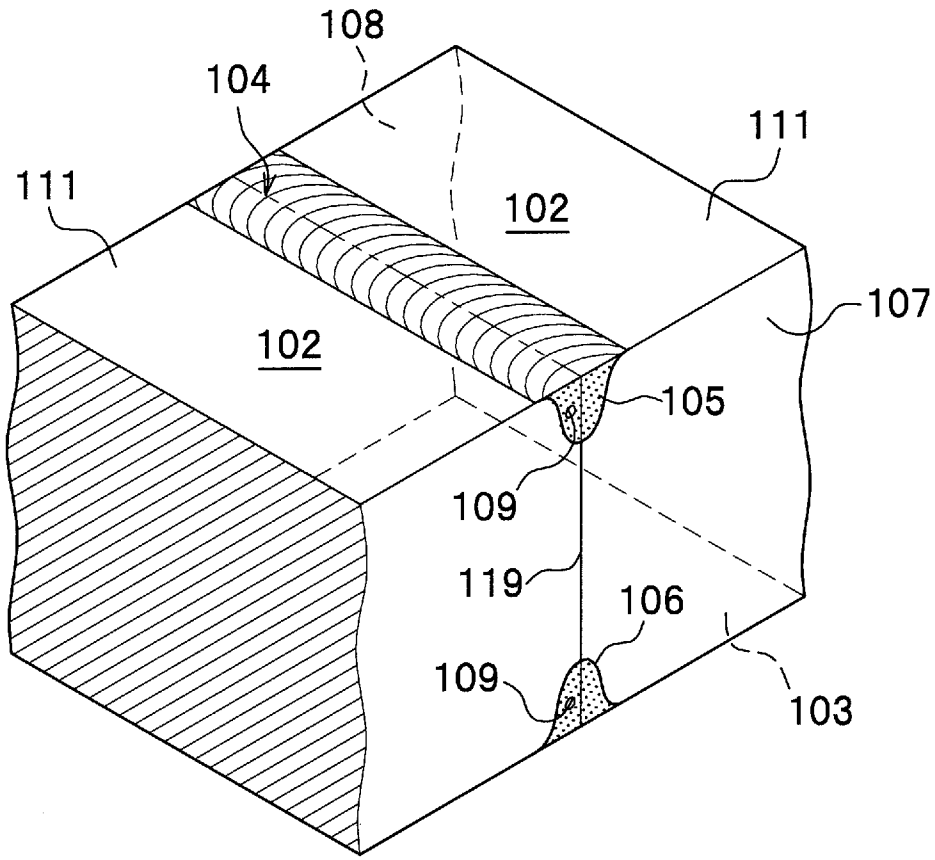
[図28]



[図29]


108
104
101
101
102
107
102
105
109
103
106

[図30]


108
104
111
111
102
107
102
105
109
119
106
109
103

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/060523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K20/12(2006.01)i, *B23K103/08*(2006.01)n, *B23K103/10*(2006.01)n, *B23K103/12*(2006.01)n, *B23K103/14*(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B23K20/12, B23K103/08, B23K103/10, B23K103/12, B23K103/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 11-51103 A (Showa Aluminum Corp.), 23 February, 1999 (23.02.99), Page 2, left column, line 1 to page 4, left column, line 3; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1,2 6-8 3-5,9-13
Y A	JP 2006-75898 A (Tsutomu AMAO), 23 March, 2006 (23.03.06), Page 7, line 59 to page 9, line 42; Figs. 1 to 5 (Family: none)	6 3-5,9-13
Y A	JP 2000-42762 A (Showa Aluminum Corp.), 15 February, 2000 (15.02.00), Page 2, left column, line 1 to page 5, left column, line 36; Figs. 1 to 9 (Family: none)	7 3-5,9-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 August, 2008 (26.08.08)	09 September, 2008 (09.09.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/060523

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-285169 A (Yamashita Rubber Co., Ltd.), 07 October, 2003 (07.10.03), Page 3, left column, line 14 to page 4, right column, line 22; Figs. 1 to 6 (Family: none)	8 3-5,9-13
A	JP 2001-80328 A (Tokai Rubber Industries, Ltd., Showa Aluminum Corp.), 27 March, 2001 (27.03.01), Full text; drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2002-224861 A (Kobe Steel, Ltd.), 13 August, 2002 (13.08.02), Full text; drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2002-294883 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 09 October, 2002 (09.10.02), Full text; drawings (Family: none)	1-13
A	JP 2003-236682 A (Sumitomo Light Metal Industries, Ltd.), 26 August, 2003 (26.08.03), Full text; drawings (Family: none)	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００８／０６０５２３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K20/12(2006.01)i, B23K103/08(2006.01)n, B23K103/10(2006.01)n, B23K103/12(2006.01)n, B23K103/14(2006.01)n

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K20/12, B23K103/08, B23K103/10, B23K103/12, B23K103/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X Y A	JP 11-51103 A（昭和アルミニウム株式会社）1999.02.23, 第２ページ左欄第１行－第４ページ左欄第３行、図１－図４（ファミリーなし）	1, 2 6-8 3-5, 9-13
Y A	JP 2006-75898 A（天尾　勉）2006.03.23, 第７ページ第５９行－第９ページ第４２行、図１－図５（ファミリーなし）	6 3-5, 9-13

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２６．０８．２００８	国際調査報告の発送日 ０９．０９．２００８
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｐ　３５０６ 松本　公一 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Y	JP 2000-42762 A（昭和アルミニウム株式会社）2000.02.15, 第２ページ左欄第１行－第５ページ左欄第36行、図１－図９（ファ	7
A	ミリーなし）	3-5, 9-13
Y	JP 2003-285169 A（山下ゴム株式会社）2003.10.07, 第３ページ左欄第14行－第４ページ右欄第22行、図１－図６（フ	8
A	ァミリーなし）	3-5, 9-13
A	JP 2001-80328 A（東海ゴム工業株式会社、昭和アルミニウム株式会社）2001.03.27, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-13
A	JP 2002-224861 A（株式会社神戸製鋼所）2002.08.13, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-13
A	JP 2002-294883 A（日本軽金属株式会社）2002.10.09, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-13
A	JP 2003-236682 A（住友軽金属工業株式会社）2003.08.26, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-13