(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
2019年4月4日(04.04.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/064848 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)　*H01L 23/473* (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/027337

(22) 国際出願日：　2018年7月20日(20.07.2018)

(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 2017-185941　2017年9月27日(27.09.2017)　JP

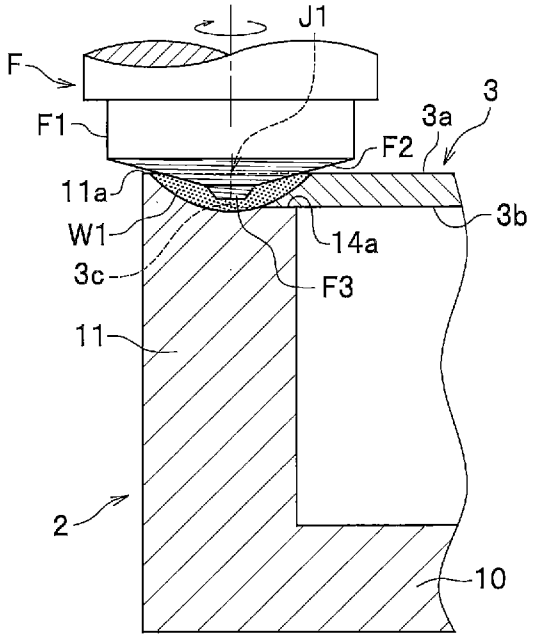
(71) 出願人: 日本軽金属株式会社(**NIPPON LIGHT METAL COMPANY, LTD.**) [JP/JP]; 〒1408628 東京都品川区東品川二丁目２番２０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 堀 久司(**HORI Hisashi**); 〒4213203 静岡県静岡市清水区蒲原一丁目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). 瀬尾 伸城(**SEO Nobushiro**); 〒4213203 静岡県静岡市清水区蒲原一丁目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). 山中 宏介(**YAMANAKA Kosuke**); 〒4213203 静岡県静岡市清水区蒲原一丁目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).

(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所(**ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.**); 〒1050001 東京都港区虎ノ

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING LIQUID-COOLED JACKET

(54) 発明の名称： 液冷ジャケットの製造方法



(57) **Abstract:** Provided is a method for producing a liquid-cooled jacket with which it is possible to reduce the size of a recessed groove in a surface of a metal member and also reduce joining surface roughness. This method comprises: a placement step for placing a sealing body (3) on a jacket body (2); a first main joining step for performing friction stirring by causing a main joining rotary tool (F) to make a round along a first butt weld part (J1); and a second main joining step for performing friction stirring by causing the main joining rotary tool (F) to make a round along a second butt weld part (J2). The main joining rotary tool (F) includes a base-end-side pin (F2) and a tip-end-side pin (F3). The taper angle (A1) of the base-end-side pin (F2) is greater than the taper angle (A2) of the tip-end-side pin (F3). A step-like pin step part (30) is formed on the outer circumferential surface of the base-end-side pin (F2). In the first main joining step and the second

WO 2019/064848 A1

［続葉有］

門一丁目１番１８号 ヒューリック虎ノ門ビル 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

main joining step, friction stirring is performed in a state where the tip-end-side pin (F3) and the base-end-side pin (F2) are in contact with the jacket body (2) and the sealing body (3).

(57) 要約：金属部材の表面の凹溝を小さくすることができるとともに、接合表面粗さを小さくすることができる液冷ジャケットの製造方法を提供する。ジャケット本体（２）に封止体（３）を載置する載置工程と、第一突合せ部（Ｊ１）に沿って本接合用回転ツール（Ｆ）を一周させて摩擦攪拌を行う第一本接合工程と、第二突合せ部（Ｊ２）に沿って本接合用回転ツール（Ｆ）を一周させて摩擦攪拌を行う第二本接合工程と、を含む。本接合用回転ツール（Ｆ）は基端側ピン（Ｆ２）と先端側ピン（Ｆ３）とを備える。基端側ピン（Ｆ２）のテーパー角度（Ａ１）は先端側ピン（Ｆ３）のテーパー角度（Ａ２）よりも大きくなっており、基端側ピン（Ｆ２）の外周面には階段状のピン段差部（３０）が形成されている。第一本接合工程及び第二本接合工程では、ジャケット本体（２）及び封止体（３）に先端側ピン（Ｆ３）及び基端側ピン（Ｆ２）を接触させた状態で摩擦攪拌を行う。

明　細　書

発明の名称 ： 液冷ジャケットの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、液冷ジャケットの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 摩擦攪拌接合に用いられる回転ツールとして、ショルダ部と、ショルダ部から垂下する攪拌ピンとを備えたものが知られている。当該回転ツールは、ジャケット本体と封止体とで構成される液冷ジャケットの製造にも使用される。回転ツールは、ショルダ部の下端面を金属部材に押し込んだ状態で摩擦攪拌接合を行うというものである。ショルダ部を金属部材に押し込むことにより塑性流動材を押えてバリの発生を抑制することができる。しかし、接合の高さ位置が変化すると欠陥が発生しやすく、凹溝が大きくなるとともにバリが多く発生するという問題がある。

[0003] 一方、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて二つの金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、金属部材同士の突合部に回転した攪拌ピンを挿入し、攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行う本接合工程を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法が知られている（特許文献１）。当該従来技術によれば、攪拌ピンの外周面には螺旋溝が刻設されており、攪拌ピンのみを被接合部材に接触させつつ基端部を露出させた状態で摩擦攪拌接合を行うため、接合の高さ位置が変化しても欠陥の発生を抑制することができるとともに、摩擦攪拌装置への負荷も軽減することができる。しかし、ショルダ部で塑性流動材を押えないため、金属部材の表面の凹溝が大きくなるとともに、接合表面粗さが大きくなるという問題がある。また、凹溝の脇に膨出部（接合前に比べて金属部材の表面が膨らむ部位）が形成されるという問題がある。

[0004] 他方、特許文献２には、ショルダ部と、ショルダ部から垂下する攪拌ピンとを備えた回転ツールが記載されている。ショルダ部及び攪拌ピンの外周面

にはそれぞれテーパー面が形成されている。ショルダ部のテーパー面には、平面視渦巻き状の溝が形成されている。当該溝の断面形状は半円状になっている。テーパー面を設けることにより、金属部材の厚さや接合の高さ位置が変化しても安定して接合することができる。また、当該溝に塑性流動材が入り込むことにより、塑性流動材の流れを制御して好適な塑性化領域を形成できるというものである。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１３－３９６１３号公報

特許文献2：特許第４２１０１４８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特許文献２の従来技術であると、塑性流動材がテーパー面の溝の内部に入り込んでしまうため、溝が機能しなくなるという問題がある。また、当該溝に塑性流動材が入り込むと、塑性流動材が溝に付着した状態で摩擦攪拌されるため、被接合金属部材と付着物とが擦れ合って接合品質が低下するという問題がある。さらに、被接合金属部材の表面が粗くなり、バリが多くなるとともに、金属部材の表面の凹溝も大きくなるという問題がある。

[0007] このような観点から、本発明は、金属部材の表面の凹溝を小さくすることができるとともに、接合表面粗さを小さくすることができる液冷ジャケットの製造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] このような課題を解決するために本発明（本願第一発明）は、底部、前記底部の周縁から立ち上がる周壁部及び前記底部から立ち上がる支柱を有するジャケット本体と、前記支柱の先端が挿入される孔部を備えるとともに前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体とで構成され、前記ジャケット本体と前記封止体とを摩擦攪拌で接合する液冷ジャケットの製造方法であって

、前記周壁部の内周縁に、段差底面と当該段差底面から立ち上がる段差側面とを有する周壁段差部を形成し、且つ前記支柱の支柱端面を前記周壁部の周壁端面と同一の高さ位置に形成するとともに、前記支柱の先端の外周に段差底面と当該段差底面から立ち上がる段差側面とを有する支柱段差部を形成する準備工程と、前記ジャケット本体に前記封止体を載置する載置工程と、前記周壁段差部の段差側面と前記封止体の外周側面とが突き合わされた第一突合せ部に沿って回転ツールを一周させて摩擦攪拌を行う第一本接合工程と、前記支柱段差部の段差側面と前記孔部の孔壁とが突き合わされた第二突合せ部に沿って前記回転ツールを一周させて摩擦攪拌を行う第二本接合工程と、を含み、前記回転ツールは、基端側ピンと、先端側ピンとを備える摩擦攪拌用の本接合用回転ツールであって、前記基端側ピンのテーパー角度は、前記先端側ピンのテーパー角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状のピン段差部が形成されており、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体に前記先端側ピン及び前記基端側ピンを接触させた状態で摩擦攪拌を行うことを特徴とする。

[0009] また、本発明（本願第二発明）は、底部、前記底部の周縁から立ち上がる周壁部及び前記底部から立ち上がる支柱を有するジャケット本体と、前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体とで構成され、前記ジャケット本体と前記封止体とを摩擦攪拌で接合する液冷ジャケットの製造方法であって、前記周壁部の内周縁に、段差底面と当該段差底面から立ち上がる段差側面とを有する周壁段差部を形成するとともに、前記支柱の支柱端面を前記周壁段差部の段差底面と同一の高さ位置に形成する準備工程と、前記ジャケット本体に前記封止体を載置する載置工程と、前記周壁段差部の段差側面と前記封止体の外周側面とが突き合わされた第一突合せ部に沿って回転ツールを一周させて摩擦攪拌を行う第一本接合工程と、前記支柱の支柱端面と前記封止体の裏面とが重ね合わされた重合部に対して前記回転ツールを移動させて摩擦攪拌を行う第二本接合工程と、を含み、前記回転ツールは、基端側ピンと、先端側ピンとを備える摩擦攪拌用の本接合用回転ツールであって、前記基端

側ピンのテーパー角度は、前記先端側ピンのテーパー角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状のピン段差部が形成されており、前記第一本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体に前記先端側ピン及び前記基端側ピンを接触させた状態で摩擦攪拌を行い、前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体の両方、又は、前記封止体のみに前記先端側ピンを接触させるとともに、前記封止体に前記基端側ピンを接触させた状態で摩擦攪拌を行うことを特徴とする。

[0010] かかる接合方法によれば、テーパー角度の大きい基端側ピンの外周面で封止体を押えることができるため、接合表面の凹溝を小さくすることができるとともに、凹溝の脇に形成される膨出部を無くすか若しくは小さくすることができる。階段状の段差部は浅く、かつ、出口が広いため、基端側ピンで封止体を押えても基端側ピンの外周面に塑性流動材が付着し難い。このため、接合表面粗さを小さくすることができるとともに、接合品質を好適に安定させることができる。また、先端側ピンを備えることにより深い位置まで容易に挿入することができる。

[0011] また、前記準備工程では、前記ジャケット本体をダイキャストで形成するとともに前記底部が表面側に凸となるように形成し、かつ、前記封止体が表面側に凸となるように形成することが好ましい。

[0012] 摩擦攪拌接合の入熱によって塑性化領域に熱収縮が発生し、液冷ジャケットの封止体側が凹となるように変形するおそれがあるが、かかる製造方法によれば、ジャケット本体及び封止体を予め凸にしておき、熱収縮を利用することで液冷ジャケットを平坦にすることができる。

[0013] また、前記ジャケット本体の変形量を予め計測しておき、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程において、前記回転ツールの挿入深さを前記変形量に合わせて調節しながら摩擦攪拌を行うことが好ましい。

[0014] かかる製造方法によれば、ジャケット本体及び封止体を凸状に湾曲させて摩擦攪拌接合を行った場合でも、液冷ジャケットに形成される塑性化領域の長さ及び幅を一定にすることができる。

[0015] また、本願第一発明において、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程に先だって、前記第一突合せ部及び前記第二突合せ部の少なくともいずれかを仮接合する仮接合工程を含むことが好ましい。

また、本願第二発明において、前記第一本接合工程に先だって、前記第一突合せ部を仮接合する仮接合工程を含むことが好ましい。

[0016] かかる製造方法によれば、仮接合を行うことで第一本接合工程、第二本接合工程の際の各突合せ部の目開きを防ぐことができる。

[0017] また、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、冷却媒体が流れる冷却板を前記底部の裏面側に設置し、前記冷却板で前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことが好ましい。

[0018] かかる製造方法によれば、摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮による液冷ジャケットの変形を小さくすることができる。

[0019] また、前記冷却板の表面と前記底部の裏面とを面接触させることが好ましい。かかる製造方法によれば、冷却効率を高めることができる。

[0020] また、前記冷却板は、前記冷却媒体が流れる冷却流路を有し、前記冷却流路は、前記第一本接合工程における前記回転ツールの移動軌跡に沿う平面形状を備えることが好ましい。

[0021] かかる製造方法によれば、摩擦攪拌される部分を集中的に冷却できるため、冷却効率をより高めることができる。

[0022] また、前記冷却媒体が流れる冷却流路は、前記冷却板に埋設された冷却管によって構成されていることが好ましい。かかる製造方法によれば、冷却媒体の管理を容易に行うことができる。

[0023] また、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体と前記封止体とで構成される中空部に冷却媒体を流し、前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことが好ましい。

[0024] かかる製造方法によれば、摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮による液冷ジャケットの変形を小さくすることができる。また、冷却板等を用いずに、ジャケット本体自体を利用して冷却することができる。

発明の効果

[0025] 本発明に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、金属部材の表面の凹溝を小さくすることができるとともに、接合表面粗さを小さくすることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の実施形態に係る本接合用回転ツールを示す側面図である。

[図2]本接合用回転ツールの接合形態を示す模式断面図である。

[図3]本接合用回転ツールの拡大断面図である。

[図4]本発明の実施形態に係る仮接合用回転ツールを示す側面図である。

[図5]仮接合用回転ツールの接合形態を示す模式断面図である。

[図6]本発明の第一実施形態に係る液冷ジャケットの斜視図である。

[図7]本発明の第一実施形態に係る液冷ジャケットを示す分解斜視図である。

[図8]図６のＩ－Ｉ断面図である。

[図9]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の載置工程前を示す断面図である。

[図10]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の載置工程後を示す断面図である。

[図11]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の仮接合工程を示す平面図である。

[図12]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一本接合工程を示す平面図である。

[図13]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一本接合工程を示す断面図である。

[図14]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二本接合工程を示す平面図である。

[図15]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二本接合工程を示す図１４のＩＩ－ＩＩ断面図である。

[図16]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の穿設工程を示す断面

図である。

[図17]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の装着工程を示す断面図である。

[図18]従来のショルダレス回転ツールを示す概念図である。

[図19]従来の回転ツールを示す概念図である。

[図20]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一変形例を示す斜視図である。

[図21]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二変形例のテーブルを示す斜視図である。

[図22]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二変形例のジャケット本体及び封止体をテーブルに固定した状態を示す斜視図である。

[図23]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第三変形例を示す分解斜視図である。

[図24]第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第三変形例のジャケット本体及び封止体をテーブルに固定する状態を示す斜視図である。

[図25]第二実施形態に係る液冷ジャケットを示す分解斜視図である。

[図26]第二実施形態に係る液冷ジャケットを示す断面図である。

[図27]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の載置工程前を示す断面図である。

[図28]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の載置工程後を示す断面図である。

[図29]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の仮接合工程を示す平面図である。

[図30]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一本接合工程を示す平面図である。

[図31]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第一本接合工程を示す図３０の断面図である。

[図32]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二本接合工程を示

す平面図である。

[図33]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の第二本接合工程を示す図３２のＩＩＩ－ＩＩＩ断面図である。

[図34]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の穿設工程を示す断面図である。

[図35]第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法の装着工程を示す断面図である。

[図36]本接合用回転ツールの第一変形例を示す断面図である。

[図37]本接合用回転ツールの第二変形例を示す断面図である。

[図38]本接合用回転ツールの第三変形例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0027] 〔第一実施形態〕

本発明の第一実施形態に係る液冷ジャケット及び液冷ジャケットの製造方法について、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及び仮接合用回転ツールについて説明する。

[0028] 図１に示すように、本接合用回転ツールＦは、摩擦攪拌接合に用いられるツールである。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。本接合用回転ツールＦは、基軸部Ｆ１と、基端側ピンＦ２と、先端側ピンＦ３とで主に構成されている。基軸部Ｆ１は、円柱状を呈し、摩擦攪拌装置の主軸に接続される部位である。本接合用回転ツールＦの回転軸は、鉛直方向に対して傾けてもよいが、本実施形態では鉛直方向と一致している。また、鉛直方向に垂直な面を水平面と定義する。

[0029] 基端側ピンＦ２は、基軸部Ｆ１に連続し、先端に向けて先細りになっている。基端側ピンＦ２は、円錐台形状を呈する。基端側ピンＦ２のテーパー角度Ａ１は適宜設定すればよいが、例えば、１３５～１６０°になっている。テーパー角度Ａ１が１３５°未満であるか、又は、１６０°を超えると摩擦攪拌後の接合表面粗さが大きくなる。テーパー角度Ａ１は、後記する先端側ピンＦ３のテーパー角度Ａ２よりも大きくなっている。図３に示すように、

基端側ピンＦ２の外周面には、階段状のピン段差部３０が高さ方向の全体に亘って形成されている。ピン段差部３０は、右回り又は左回りで螺旋状に形成されている。つまり、ピン段差部３０は、平面視して螺旋状であり、側面視すると階段状になっている。本実施形態では、回転ツールを右回転させるため、ピン段差部３０は基端側から先端側に向けて左回りに設定している。

[0030] なお、本接合用回転ツールＦを左回転させる場合は、ピン段差部３０を基端側から先端側に向けて右回りに設定することが好ましい。これにより、ピン段差部３０によって塑性流動材が先端側に導かれるため、被接合金属部材の外部に溢れ出る金属を低減することができる。ピン段差部３０は、段差底面３０ａと、段差側面３０ｂとで構成されている。隣り合うピン段差部３０の各頂点３０ｃ，３０ｃの距離Ｚ１（水平方向距離）は、後記する段差角度Ｃ１及び段差側面３０ｂの高さＹ１に応じて適宜設定される。

[0031] 段差側面３０ｂの高さＹ１は適宜設定すればよいが、例えば、０．１～０．４ｍｍで設定されている。高さＹ１が０．１ｍｍ未満であると接合表面粗さが大きくなる。一方、高さＹ１が０．４ｍｍを超えると接合表面粗さが大きくなる傾向があるとともに、有効段差部数（被接合金属部材と接触しているピン段差部３０の数）も減少する。

[0032] 段差底面３０ａと段差側面３０ｂとでなす段差角度Ｃ１は適宜設定すればよいが、例えば、８５～１２０°で設定されている。段差底面３０ａは、本実施形態では水平面と平行になっている。段差底面３０ａは、ツールの回転軸から外周方向に向かって水平面に対して－５°～１５°内の範囲で傾斜していてもよい（マイナスは水平面に対して下方、プラスは水平面に対して上方）。距離Ｚ１、段差側面３０ｂの高さＹ１、段差角度Ｃ１及び水平面に対する段差底面３０ａの角度は、摩擦攪拌を行う際に、塑性流動材がピン段差部３０の内部に滞留して付着することなく外部に抜けるとともに、段差底面３０ａで塑性流動材を押えて接合表面粗さを小さくすることができるように適宜設定する。

[0033] 先端側ピンＦ３は、基端側ピンＦ２に連続して形成されている。先端側ピ

ンＦ３は円錐台形状を呈する。先端側ピンＦ３の先端は平坦面になっている。先端側ピンＦ３のテーパー角度Ａ２は、基端側ピンＦ２のテーパー角度よりも小さくなっている。先端側ピンＦ３の外周面には、螺旋溝３１が刻設されている。螺旋溝３１は、右回り、左回りのどちらでもよいが、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、基端側から先端側に向けて左回りに刻設されている。

[0034] 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３１を基端側から先端側に向けて右回りに設定することが好ましい。これにより、螺旋溝３１によって塑性流動材が先端側に導かれるため、被接合金属部材の外部に溢れ出る金属を低減することができる。螺旋溝３１は、螺旋底面３１ａと、螺旋側面３１ｂとで構成されている。隣り合う螺旋溝３１の頂点３１ｃ，３１ｃの距離（水平方向距離）を長さＺ２とする。螺旋側面３１ｂの高さを高さＹ２とする。螺旋底面３１ａと、螺旋側面３１ｂとで構成される螺旋角度Ｃ２は例えば、４５～９０°で形成されている。螺旋溝３１は、被接合金属部材と接触することにより摩擦熱を上昇させるとともに、塑性流動材を先端側に導く役割を備えている。

[0035] 図２に示すように、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、本接合用回転ツールＦの基端側ピンＦ２の外周面で被接合金属部材（後記するジャケット本体２や封止体３）の表面を押えながら摩擦攪拌接合を行う。本接合用回転ツールＦの挿入深さは、少なくとも基端側ピンＦ２の一部が被接合金属部材の表面と接触するように設定する。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塑性化領域Ｗ１（又は塑性化領域Ｗ２）が形成される。

[0036] 仮接合用回転ツールＧは、図４に示すように、ショルダ部Ｇ１と、攪拌ピンＧ２とで構成されている。仮接合用回転ツールＧは、例えば工具鋼で形成されている。ショルダ部Ｇ１は、図５に示すように、摩擦攪拌装置の主軸に接続される部位であるとともに、塑性流動化した金属を押える部位である。ショルダ部Ｇ１は円柱状を呈する。ショルダ部Ｇ１の下端面は、流動化した

金属が外部へ流出するのを防ぐために凹状になっている。

[0037] 攪拌ピンＧ２は、ショルダ部Ｇ１から垂下しており、ショルダ部Ｇ１と同軸になっている。攪拌ピンＧ２はショルダ部Ｇ１から離間するにつれて先細りになっている。攪拌ピンＧ２の外周面には螺旋溝Ｇ３が刻設されている。

[0038] 図５に示すように、仮接合用回転ツールＧを用いて摩擦攪拌接合をする際には、回転した攪拌ピンＧ２とショルダ部Ｇ１の下端面を被接合金属部材に挿入しつつ移動させる。仮接合用回転ツールＧ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塑性化領域Ｗが形成される。

[0039] 次に、本実施形態の液冷ジャケットについて説明する。図６に示すように、本実施形態に係る液冷ジャケット１は、ジャケット本体２と、封止体３とで構成されており、直方体を呈する。ジャケット本体２と封止体３とは摩擦攪拌接合によって一体化されている。液冷ジャケット１は、内部に中空部が形成されており、当該中空部に、例えば水等の熱輸送流体が流れるようになっている。液冷ジャケット１は、中空部に熱輸送流体を流通させて、例えば、液冷ジャケット１に装着された発熱体を冷却することができる。

[0040] 図７に示すように、ジャケット本体２は、上方が開口された箱状体である。ジャケット本体２は、底部１０と、周壁部１１と、複数の支柱１２とを含んで構成されている。ジャケット本体２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、マグネシウム合金等の摩擦攪拌可能な金属から適宜選択される。ジャケット本体２は、本実施形態では、封止体３と同じ材種のアルミニウム合金で形成されているが、アルミニウム合金鋳造材（例えば、ＪＩＳ　ＡＣ４Ｃ，ＡＤＣ１２等）を用いてもよい。

[0041] 底部１０は、平面視矩形の板状を呈する。周壁部１１は、底部１０の周縁に立設されており、平面視矩形枠状を呈する。周壁部１１は、同じ板厚からなる壁部１１Ａ，１１Ｂ，１１Ｃ，１１Ｄで構成されている。壁部１１Ａ，１１Ｂは短辺部となっており、互いに対向している。また、壁部１１Ｃ，１１Ｄは長辺部となっており、互いに対向している。底部１０及び周壁部１１

の内部には凹部１３が形成されている。

[0042] 周壁部１１の端面となる周壁端面１１ａには、ジャケット本体２の周壁部１１の内周縁に沿って周壁段差部１４が形成されている。周壁段差部１４は、段差底面１４ａと、段差底面１４ａから立ち上がる段差側面１４ｂとで構成されている。段差底面１４ａは、周壁端面１１ａから一段下がった位置に形成されている。

[0043] 支柱１２は、底部１０に立設されており、柱状を呈する。支柱１２の本数は１以上であれば何本でもよいが、本実施形態では４本形成されている。支柱１２の形状は、それぞれ同等になっている。支柱１２は、大径部１５と、大径部１５の先端に突設された小径部１６とで構成されている。大径部１５及び小径部１６は、いずれも円柱状を呈する。大径部１５と小径部１６との段差で支柱段差部１７が形成されている。

[0044] 支柱段差部１７は、段差底面１７ａと、段差底面１７ａから立ち上がる段差側面１７ｂとで構成されている。小径部１６の端面には、支柱端面１６ａが形成されている。段差底面１７ａは、周壁段差部１４の段差底面１４ａと同じ高さ位置に形成されている。また、支柱端面１６ａは、周壁端面１１ａと同じ高さ位置に形成されている。

[0045] 封止体３は、ジャケット本体２の開口部を封止する平面視矩形の板状部材である。封止体３の材料は、本実施形態では、ジャケット本体２と同じ材種のアルミニウム合金で形成されているが、アルミニウム合金展伸材（例えば、ＪＩＳ　Ａ１０５０，Ａ１１００，Ａ６０６３等）を用いてもよい。封止体３は、周壁段差部１４にほぼ隙間なく載置される大きさで形成されている。封止体３の板厚寸法は、段差側面１４ｂの高さ寸法と略同等になっている。封止体３には、支柱１２に対応する４つの孔部１９が形成されている。孔部１９は、平面視円形を呈し、小径部１６が挿入される。

[0046] 図８に示すように、液冷ジャケット１は、ジャケット本体２と封止体３とが摩擦攪拌で接合されて一体化されている。液冷ジャケット１は、周壁段差部１４の段差側面１４ｂと封止体３の外周側面３ｃとが突き合わされた第一

突合せ部Ｊ１及び支柱段差部１７の段差側面１７ｂと孔部１９の孔壁１９ａとが突き合わされた４つの第二突合せ部Ｊ２が摩擦攪拌によってそれぞれ接合されている。第一突合せ部Ｊ１には、塑性化領域Ｗ１が形成され、第二突合せ部Ｊ２には、塑性化領域Ｗ２が形成されている。液冷ジャケット１の内部には、熱を外部に輸送する熱輸送流体が流れる中空部が形成されている。

[0047] 次に、第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法（発熱体付液冷ジャケットの製造方法）について説明する。液冷ジャケットの製造方法では、準備工程と、載置工程と、固定工程と、仮接合工程と、第一本接合工程と、第二本接合工程と、穿設工程と、バリ切除工程と、装着工程とを行う。

[0048] 準備工程は、図７に示すように、ジャケット本体２及び封止体３を形成する工程である。ジャケット本体２は、例えば、ダイキャストで形成する。

[0049] 載置工程は、図９及び図１０に示すように、支柱１２の小径部１６に封止体３の孔部１９を挿通させつつジャケット本体２に封止体３を載置する工程である。封止体３の裏面３ｂは、周壁段差部１４の段差底面１４ａ及び支柱段差部１７の段差底面１７ａにそれぞれ面接触する。載置工程により、周壁段差部１４の段差側面１４ｂと、封止体３の外周側面３ｃとが突き合わされて第一突合せ部Ｊ１が形成される。第一突合せ部Ｊ１は平面視矩形状を呈する。また、載置工程により、支柱段差部１７の段差側面１７ｂと孔部１９の孔壁１９ａとが突き合わされて第二突合せ部Ｊ２が形成される。第二突合せ部Ｊ２は、平面視円形状を呈する。

[0050] 固定工程では、ジャケット本体２及び封止体３をテーブル（図示省略）に固定する。ジャケット本体２及び封止体３は、クランプ等の固定治具によってテーブルに移動不能に拘束される。

[0051] 仮接合工程は、図１１に示すように、ジャケット本体２と封止体３とを仮接合する工程である。仮接合工程では、仮接合用回転ツールＧを用いて突合せ部Ｊ１に対して摩擦攪拌接合を行う。仮接合用回転ツールＧの移動軌跡には、塑性化領域Ｗが形成される。仮接合は連続的に行ってもよいし、図１１に示すように断続的に行ってもよい。仮接合用回転ツールＧは小型であるた

め、当該仮接合におけるジャケット本体２及び封止体３の熱変形は小さくなっている。

[0052] 第一本接合工程は、図１２及び図１３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に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。第一本接合工程では、右回転させた本接合用回転ツールＦを第一突合せ部Ｊ１上の任意の開始位置ｓ１に挿入し、本接合用回転ツールＦを第一突合せ部Ｊ１に沿って右回りに移動させる。つまり、本接合用回転ツールＦを封止体３の周縁に沿って右回りに一周させる。本接合用回転ツールＦの移動軌跡には塑性化領域Ｗ１が形成される。

[0053] 第一本接合工程では、図１３に示すように、ジャケット本体２の周壁部１１及び封止体３に先端側ピンＦ３及び基端側ピンＦ２を接触させた状態で摩擦攪拌を行う。第一本接合工程では、本接合用回転ツールＦの基端側ピンＦ２の外周面で周壁部１１の周壁端面１１ａ及び封止体３の表面３ａを押えながら摩擦攪拌接合を行う。本接合用回転ツールＦの挿入深さは、少なくとも塑性化領域Ｗ１が段差底面１４ａに達するように設定するとともに、少なくとも基端側ピンＦ２の一部が周壁部１１の周壁端面１１ａ及び封止体３の表面３ａと接触するように設定する。本実施形態では、先端側ピンＦ３の先端が周壁段差部１４の段差底面１４ａに達しないように、かつ、基端側ピンＦ２の外周面の高さ方向の中央部あたりが周壁部１１の周壁端面１１ａ及び封止体３の表面３ａと接触するように挿入深さを設定している。そして、本接合用回転ツールＦを一定の高さ位置を保った状態で第一突合せ部Ｊ１をなぞるようにして移動させる。

[0054] 本実施形態のように、本接合用回転ツールＦを封止体３の周りを右回りに移動させる場合は、本接合用回転ツールＦを右回転させることが好ましい。一方、本接合用回転ツールＦを封止体３の周りに左周りに移動させる場合は、本接合用回転ツールＦを左回転させることが好ましい。

[0055] 本接合用回転ツールＦを右回転させると進行方向左側、左回転させると進行方向右側に接合欠陥が発生する可能性があり、板厚の薄い封止体３に当該

接合欠陥が形成されると水密性及び気密性が低下するおそれがある。しかし、本接合用回転ツールＦの進行方向及び回転方向を前記したように設定することで、仮に摩擦攪拌接合に伴う接合欠陥が形成されたとしても、比較的厚さの大きいジャケット本体２側に形成されるとともに、液冷ジャケット１の中空部から遠い位置に形成されるため、水密性及び気密性の低下を抑制することができる。

[0056] 図１２に示すように、本接合用回転ツールＦを第一突合せ部Ｊ１に沿って一周させた後、開始位置ｓ１を通過させる。そして、本接合用回転ツールＦを外側に偏移させつつ、壁部１１Ａの周壁端面１１ａに設定された終了位置ｅ１まで本接合用回転ツールＦを移動させ、終了位置ｅ１に達したら、本接合用回転ツールＦを上方に移動させて壁部１１Ａから本接合用回転ツールＦを離脱させる。

[0057] 本接合用回転ツールＦを壁部１１Ａから離脱させた後に、壁部１１Ａの周壁端面１１ａに引抜跡が残存する場合は、当該引抜跡を補修する補修工程を行ってもよい。補修工程は、例えば、肉盛溶接を行って当該引抜跡に溶接金属を埋めて補修することができる。これにより、周壁端面１１ａを平坦にすることができる。

[0058] なお、本接合用回転ツールＦを周壁部１１から離脱させる場合は、例えば、本接合用回転ツールＦを周壁部１１の周壁端面１１ａ上で移動させつつ、本接合用回転ツールＦを徐々に上方に移動させて、本接合用回転ツールＦの挿入深さが徐々に浅くなるようにしてもよい。このようにすることで、周壁端面１１ａに第一本接合工程後の引抜跡が残存しないか、もしくは引抜跡を小さくすることができる。

[0059] 第二本接合工程は、図１４及び図１５に示すように、本接合用回転ツールＦを用いて各第二突合せ部Ｊ２に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。第二本接合工程では、右回転させた本接合用回転ツールＦを第二突合せ部Ｊ２の任意の開始位置ｓ２に挿入し、本接合用回転ツールＦを第二突合せ部Ｊ２に沿って左回りに移動させる。第二本接合工程によって、第二突合せ部Ｊ２

には、塑性化領域Ｗ２が形成される。

[0060] 第二本接合工程では、図１５に示すように、ジャケット本体２の支柱１２及び封止体３に先端側ピンＦ３及び基端側ピンＦ２を接触させた状態で摩擦攪拌を行う。第二本接合工程では、本接合用回転ツールＦの基端側ピンＦ２の外周面で支柱１２の支柱端面１６ａ及び封止体３の表面３ａを押えながら摩擦攪拌接合を行う。本接合用回転ツールＦの挿入深さは、少なくとも塑性化領域Ｗ２が段差底面１７ａに達するように設定するとともに、少なくとも基端側ピンＦ２の一部が支柱１２の支柱端面１６ａ及び封止体３の表面３ａと接触するように設定する。本実施形態では、先端側ピンＦ３の先端が支柱段差部１７の段差底面１７ａに達しないように、かつ、基端側ピンＦ２の外周面の高さ方向の中央部あたりが支柱１２の支柱端面１６ａ及び封止体３の表面３ａと接触するように挿入深さを設定している。そして、本接合用回転ツールＦを一定の高さ位置を保った状態で第二突合せ部Ｊ２をなぞるようにして移動させる。

[0061] なお、本接合用回転ツールＦの挿入深さは、必ずしも一定でなくてもよい。例えば、第一本接合工程と第二本接合工程とで挿入深さを変えてもよい。また、先端側ピンＦ３の先端が周壁段差部１４の段差底面１４ａ及び支柱段差部１７の段差底面１７ａに接触するように、本接合用回転ツールＦの挿入深さを設定してもよい。その際に、塑性流動材が液冷ジャケット１の内部に流出しないようにする。

[0062] 第二本接合工程では、本実施形態のように本接合用回転ツールＦを支柱１２に対して左回りに移動させる場合は、本接合用回転ツールＦを右回転することが好ましい。一方、本接合用回転ツールＦを支柱１２に対して右回りに移動させる場合は、本接合用回転ツールＦを左回転させることが好ましい。本接合用回転ツールＦの進行方向及び回転方向を前記したように設定することで、仮に摩擦攪拌接合に伴う接合欠陥が形成されたとしても、比較的厚さの大きい支柱１２側に形成されるとともに、液冷ジャケット１の中空部から遠い位置に形成されるため、水密性及び気密性の低下を抑制することができ

る。

[0063] 図１４に示すように、本接合用回転ツールＦを第二突合せ部Ｊ２に沿って一周させた後、そのまま開始位置ｓ２を通過させる。そして、第二突合せ部Ｊ２上に設定された終了位置ｅ２まで本接合用回転ツールＦを移動させ、終了位置ｅ２に達したら、本接合用回転ツールＦを上方に移動させて第二突合せ部Ｊ２から本接合用回転ツールＦを離脱させる。

[0064] 本接合用回転ツールＦを第二突合せ部Ｊ２から離脱させた後に、第二突合せ部Ｊ２に引抜跡が残存する場合は、当該引抜跡を補修する補修工程を行ってもよい。補修工程は、例えば、肉盛溶接を行って当該引抜跡に溶接金属を埋めて補修することができる。これにより、封止体３の表面３ａ及び支柱１２の支柱端面１６ａを平坦にすることができる。

[0065] なお、本接合用回転ツールＦを第二突合せ部Ｊ２から離脱させる場合は、本接合用回転ツールＦを支柱１２の中心方向に偏移させて支柱１２上で離脱させてもよい。また、本接合用回転ツールＦを第二突合せ部Ｊ２から離脱させる場合は、例えば、本接合用回転ツールＦを第二突合せ部Ｊ２上又は支柱端面１６ａ上で移動させつつ、本接合用回転ツールＦを徐々に上方に移動させて、本接合用回転ツールＦの挿入深さが徐々に浅くなるようにしてもよい。このようにすることで、封止体３の表面３ａ及び支柱１２の支柱端面１６ａに第二本接合工程後の引抜跡が残存しないか、もしくは引抜跡を小さくすることができる。

[0066] 穿設工程は、図１６に示すように、各支柱１２に発熱体Ｈを装着するための固定孔Ｘを形成する工程である。固定孔Ｘは、塑性化領域Ｗ２の一部を貫いて支柱１２に達するように形成する。

[0067] バリ切除工程では、第一本接合工程、第二本接合工程及び穿設工程によってジャケット本体２及び封止体３の表面に露出するバリを切除する。これにより、ジャケット本体２及び封止体３の表面をきれいに仕上げることができる。

[0068] 装着工程は、図１７に示すように、取付部材Ｍを介して発熱体Ｈを装着す

る工程である。発熱体Ｈを装着する場合は、発熱体ＨのフランジＨ１に形成された貫通孔と固定孔Ｘとを連通させつつ、ネジ等の取付部材Ｍで固定する。取付部材Ｍは、支柱１２に達する位置まで挿入する。

[0069] なお、本実施形態では封止体３側に固定孔Ｘを形成し、封止体３側に発熱体Ｈを装着したが、底部１０に支柱１２に達する固定孔Ｘを形成し、底部１０側に発熱体Ｈを装着してもよい。発熱体Ｈは、封止体３及び底部１０の少なくともいずれか一方に装着されればよい。また、本実施形態では、固定孔Ｘを形成したが、固定孔Ｘを形成せずに取付部材Ｍで発熱体Ｈを固定してもよい。

[0070] 次に、本実施形態の作用効果について説明する。

図１８に示すように、従来のショルダレス本接合用回転ツール１００であると、ショルダ部で被接合金属部材１１０の表面を押えないため凹溝（被接合金属部材の表面と塑性化領域の表面とで構成される凹溝）が大きくなるとともに、接合表面粗さが大きくなるという問題がある。また、凹溝の脇に膨出部（接合前に比べて被接合金属部材の表面が膨らむ部位）が形成されるという問題がある。一方、図１９の本接合用回転ツール１０１のように、本接合用回転ツール１０１のテーパー角度βをショルダレス本接合用回転ツール１００のテーパー角度αよりも大きくすると、ショルダレス本接合用回転ツール１００に比べて被接合金属部材１１０の表面を押えることはできるため、凹溝は小さくなり、膨出部も小さくなる。しかし、下向きの塑性流動が強くなるため、塑性化領域の下部にキッシングボンドが形成されやすくなる。

[0071] これに対し、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、本接合用回転ツールＦは、基端側ピンＦ２と、基端側ピンＦ２のテーパー角度Ａ１よりもテーパー角度が小さい先端側ピンＦ３を備えた構成になっている。これにより、ジャケット本体２及び封止体３に本接合用回転ツールＦを挿入しやすくなる。また、先端側ピンＦ３のテーパー角度Ａ２が小さいため、ジャケット本体２及び封止体３の深い位置まで本接合用回転ツールＦを容易に挿入することができる。また、先端側ピンＦ３のテーパー角度Ａ２が小さい

ため、本接合用回転ツール１０１に比べて下向きの塑性流動を抑えることができる。このため、塑性化領域Ｗ１，Ｗ２の下部にキッシングボンドが形成されるのを防ぐことができる。一方、基端側ピンＦ２のテーパー角度Ａ１は大きいため、従来の回転ツールに比べ、ジャケット本体２及び封止体３の厚さや接合の高さ位置が変化しても安定して接合することができる。

[0072] また、基端側ピンＦ２の外周面で塑性流動材を押えることができるため、接合表面に形成される凹溝を小さくすることができるとともに、凹溝の脇に形成される膨出部を無くすか若しくは小さくすることができる。また、階段状のピン段差部３０は浅く、かつ、出口が広いため、塑性流動材を段差底面３０ａで押さえつつ塑性流動材がピン段差部３０の外部に抜けやすくなっている。そのため、基端側ピンＦ２で塑性流動材を押えても基端側ピンＦ２の外周面に塑性流動材が付着し難い。よって、接合表面粗さを小さくすることができるとともに、接合品質を好適に安定させることができる。

[0073] また、封止体３が支柱１２で支持されるとともに、封止体３と支柱１２とが摩擦攪拌接合されるため液冷ジャケット１の耐変形性を高めることができる。また、本実施形態によれば、支柱１２が液冷ジャケット１内の中空部内に配置されるため、支柱１２の外周面にも熱輸送流体が接触するようになる。したがって、取付部材Ｍを介して発熱体Ｈから支柱１２に伝達される熱を効率よく排出することができる。つまり、発熱体Ｈを液冷ジャケット１に固定する取付部材Ｍを介しての熱リークを防ぐことができる。また、発熱体Ｈが固定される支柱１２がジャケット本体２の内部に配置されるため、液冷ジャケット１の小型化を図ることができる。

[0074] また、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、先端側ピンＦ３及び基端側ピンＦ２のみをジャケット本体２及び封止体３に挿入するため、回転ツールのショルダ部を押し込む場合に比べて摩擦攪拌装置にかかる負荷を軽減することができるとともに、本接合用回転ツールＦの操作性も良好となる。また、摩擦攪拌装置にかかる負荷を軽減することができるため、摩擦攪拌装置に大きな負荷がかからない状態で、第一突合せ部Ｊ１及び第二

突合せ部Ｊ２の深い位置を接合することができる。

[0075] また、本接合用回転ツールＦを比較的厚さの小さい封止体３上で引き抜くと、引抜跡の補修が困難であったり、引き抜き作業が安定せずに封止体３に欠陥が発生したりするという問題があるが、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、封止体３に比べて厚さが大きい周壁部１１又は支柱１２で本接合用回転ツールＦを引き抜くことで、かかる問題を解消することができる。

[0076] また、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、第一本接合工程の前に仮接合工程を行うことで、第一本接合工程及び第二本接合工程を行う際に、第一突合せ部Ｊ１及び第二突合せ部Ｊ２の各目開きを防ぐことができる。

[0077] また、本実施形態では、封止体３の表面３ａに支柱１２（支柱端面１６ａ）が露出しているため、固定孔Ｘを穿設する穿設工程及び発熱体Ｈを装着する装着工程を容易に行うことができる。また、支柱１２と発熱体Ｈとを直接接触させることができるため、冷却効率をより高めることができる。

[0078] 以上、本発明の第一実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法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、本実施形態では、第一突合せ部Ｊ１、第二突合せ部Ｊ２の順番で本接合工程を行ったが、先に第二突合せ部Ｊ２を摩擦攪拌接合してもよい。また、第一本接合工程及び第二本接合工程において、ジャケット本体２の内部に冷却媒体を流してジャケット本体２及び封止体３を冷却しながら摩擦攪拌接合を行ってもよい。これにより、摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮に起因する液冷ジャケット１の変形を小さくすることができる。また、かかる方法によれば、別途冷却板、冷却手段等を用いずに、ジャケット本体２及び封止体３自体を利用して冷却することができる。

[0079] また、支柱１２の平断面形状は本実施形態では円形としたが、楕円形又は他の多角形であってもよい。

[0080] また、第一実施形態では仮接合用回転ツールＧを用いて仮接合を行ったが

、本接合用回転ツールＦを用いて仮接合を行ってもよい。これにより、回転ツールを交換する手間を省略することができる。また、仮接合工程は、第一突合せ部Ｊ１及び第二突合せ部Ｊ２の少なくとも一方に行えばよい。また、仮接合工程は、溶接によって行ってもよい。

[0081] 〔第一変形例〕

次に、第一実施形態の第一変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図２０に示すように、第一変形例では、冷却板を用いて仮接合工程、第一本接合工程及び第二本接合工程を行う点で第一実施形態と相違する。第一変形例では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0082] 図２０に示すように、第一変形例では、固定工程を行う際に、ジャケット本体２をテーブルＫに固定する。テーブルＫは、直方体を呈する基板Ｋ１と、基板Ｋ１の四隅に形成されたクランプＫ３と、基板Ｋ１の内部に配設された冷却管ＷＰによって構成されている。テーブルＫは、ジャケット本体２を移動不能に拘束するとともに、請求の範囲の「冷却板」として機能する部材である。

[0083] 冷却管ＷＰは、基板Ｋ１の内部に埋設される管状部材である。冷却管ＷＰの内部には、基板Ｋ１を冷却する冷却媒体が流通する。冷却管ＷＰの配設位置、つまり、冷却媒体が流れる冷却流路の形状は特に制限されないが、第一変形例では第一本接合工程における本接合用回転ツールＦの移動軌跡に沿う平面形状になっている。即ち、平面視した際に、冷却管ＷＰと第一突合せ部Ｊ１とが略重なるように冷却管ＷＰが配設されている。

[0084] 第一変形例の仮接合工程、第一本接合工程及び第二本接合工程では、ジャケット本体２をテーブルＫに固定した後、冷却管ＷＰに冷却媒体を流しながら摩擦攪拌接合を行う。これにより、摩擦攪拌の際の摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮に起因する液冷ジャケット１の変形を小さくすることができる。また、第一変形例では、平面視した場合に、冷却流路と第一突合せ部Ｊ１（仮接合用回転ツールＧ及び本接合用回転ツールＦの移動軌跡）とが重なるようになっているため、摩擦熱が発生する部分を集中的に冷却で

きる。これにより、冷却効率を高めることができる。また、冷却管ＷＰを配設して冷却媒体を流通させるため、冷却媒体の管理が容易となる。また、テーブルＫ（冷却板）とジャケット本体２とが面接触するため、冷却効率を高めることができる。

[0085] なお、テーブルＫ（冷却板）を用いてジャケット本体２及び封止体３を冷却するとともに、ジャケット本体２の内部にも冷却媒体を流しつつ摩擦攪拌接合を行ってもよい。

[0086] 〔第二変形例〕

次に、第一実施形態の第二変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図２１及び図２２に示すように、第二変形例では、ジャケット本体２の表面側及び封止体３の表面３ａが凸状となるように湾曲させた状態で第一本接合工程及び第二本接合工程を行う点で第一実施形態と相違する。第二変形例では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0087] 図２１に示すように、第二変形例では、テーブルＫＡを用いる。テーブルＫＡは、直方体を呈する基板ＫＡ１と、基板ＫＡ１の中央に形成されたスペーサＫＡ２と、基板ＫＡ１の四隅に形成されたクランプＫＡ３とで構成されている。スペーサＫＡ２は、基板ＫＡ１と一体でも別体でもよい。

[0088] 第二変形例の固定工程では、仮接合工程を行って一体化したジャケット本体２及び封止体３をクランプＫＡ３によってテーブルＫＡに固定する。図２２に示すように、ジャケット本体２及び封止体３をテーブルＫＡに固定すると、ジャケット本体２の底部１０、周壁端面１１ａ及び封止体３の表面３ａが上方に凸状となるように湾曲する。より詳しくは、ジャケット本体２の壁部１１Ａの第一辺部２１、壁部１１Ｂの第二辺部２２、壁部１１Ｃの第三辺部２３及び壁部１１Ｄの第四辺部２４が曲線となるように湾曲する。

[0089] 第二変形例の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Ｆを用いて摩擦攪拌接合を行う。第一本接合工程及び第二本接合工程では、ジャケット本体２及び封止体３の少なくともいずれか一方の変形量を計測しておき、本接合用回転ツールＦの先端側ピンＦ３の挿入深さを前記変形量

に合わせて調節しながら摩擦攪拌接合を行う。つまり、ジャケット本体２の周壁端面１１ａ及び封止体３の表面３ａの曲面に沿って本接合用回転ツールＦの移動軌跡が曲線となるように移動させる。このようにすることで、塑性化領域Ｗ１，Ｗ２の深さ及び幅を一定にすることができる。

[0090] 摩擦攪拌接合の入熱によって塑性化領域Ｗ１，Ｗ２に熱収縮が発生し、液冷ジャケット１の封止体３側が凹状に変形するおそれがあるが、第二変形例の第一本接合工程及び第二本接合工程によれば、周壁端面１１ａ及び表面３ａに引張応力が作用するようにジャケット本体２及び封止体３を予め凸状に固定しているため、摩擦攪拌接合後の熱収縮を利用することで液冷ジャケット１を平坦にすることができる。また、従来の回転ツールで本接合工程を行う場合、ジャケット本体２及び封止体３が凸状に反っていると回転ツールのショルダ部が、ジャケット本体２及び封止体３に接触し、操作性が悪いという問題がある。しかし、第二変形例によれば、本接合用回転ツールＦには、ショルダ部が存在しないため、ジャケット本体２及び封止体３が凸状に反っている場合でも、本接合用回転ツールＦの操作性が良好となる。

[0091] なお、ジャケット本体２及び封止体３の変形量の計測については、公知の高さ検知装置を用いればよい。また、例えば、テーブルＫＡからジャケット本体２及び封止体３の少なくともいずれか一方までの高さを検知する検知装置が装備された摩擦攪拌装置を用いて、ジャケット本体２又は封止体３の変形量を検知しながら第一本接合工程及び第二本接合工程を行ってもよい。

[0092] また、第二変形例では、第一辺部２１～第四辺部２４の全てが曲線となるようにジャケット本体２及び封止体３を湾曲させたがこれに限定されるものではない。例えば、第一辺部２１及び第二辺部２２が直線となり、第三辺部２３及び第四辺部２４が曲線となるように湾曲させてもよい。また、例えば、第一辺部２１及び第二辺部２２が曲線となり、第三辺部２３及び第四辺部２４が直線となるように湾曲させてもよい。

[0093] また、第二変形例ではジャケット本体２又は封止体３の変形量に応じて本接合用回転ツールＦの先端側ピンＦ３の高さ位置を変更したが、テーブルＫ

Ａに対する本接合用回転ツールＦの先端側ピンＦ３の高さを一定にして本接合工程を行ってもよい。

[0094] また、スペーサＫＡ２は、ジャケット本体２及び封止体３の表面側が凸状となるように固定することができればどのような形状であってもよい。また、ジャケット本体２及び封止体３の表面側が凸状となるように固定することができればスペーサＫＡ２は省略してもよい。また、本接合用回転ツールＦは、例えば、先端にスピンドルユニット等を備えたロボットアームに取り付けられていてもよい。かかる構成によれば、本接合用回転ツールＦの回転中心軸を様々な角度に容易に変更することができる。

[0095] ［第三変形例］

次に、第一実施形態の第三変形例に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図２３に示すように、第三変形例では、準備工程において、ジャケット本体２及び封止体３を予め表面側に凸状に湾曲するように形成する点で第一実施形態と相違する。第三変形例では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0096] 第三変形例に係る準備工程では、ジャケット本体２及び封止体３の表面側が凸状に湾曲するようにダイキャストで形成する。これにより、ジャケット本体２は、底部１０、周壁部１１がそれぞれ表面側に凸状となるように形成される。また、封止体３の表面３ａが凸状となるように形成される。

[0097] 図２４に示すように、第三変形例では、固定工程を行う際に、仮接合されたジャケット本体２及び封止体３をテーブルＫＢに固定する。テーブルＫＢは、直方体を呈する基板ＫＢ１と、基板ＫＢ１の中央に配設されたスペーサＫＢ２と、基板ＫＢ１の四隅に形成されたクランプＫＢ３と、基板ＫＢ１の内部に埋設された冷却管ＷＰとで構成されている。テーブルＫＢは、ジャケット本体２を移動不能に拘束するとともに、請求の範囲の「冷却板」として機能する部材である。

[0098] スペーサＫＢ２は、上方に凸状となるように湾曲した曲面ＫＢ２ａと、曲面ＫＢ２ａの両端に形成され基板ＫＢ１から立ち上がる立面ＫＢ２ｂ，ＫＢ

２ｂとで構成されている。スペーサＫＢ２の第一辺部Ｋａ及び第二辺部Ｋｂは曲線になっており、第三辺部Ｋｃ及び第四辺部Ｋｄは直線になっている。

[0099] 冷却管ＷＰは、基板ＫＢ１の内部に埋設される管状部材である。冷却管ＷＰの内部には、基板ＫＢ１を冷却する冷却媒体が流通する。冷却管ＷＰの配設位置、つまり、冷却媒体が流れる冷却流路の形状は特に制限されないが、第三変形例では第一本接合工程における本接合用回転ツールＦの移動軌跡に沿う平面形状になっている。即ち、平面視した際に、冷却管ＷＰと第一突合せ部Ｊ１とが略重なるように冷却管ＷＰが配設されている。

[0100] 第三変形例の固定工程では、仮接合を行って一体化したジャケット本体２及び封止体３をクランプＫＢ３によってテーブルＫＢに固定する。より詳しくは、ジャケット本体２の底部１０の裏面が曲面ＫＢ２ａと面接触するようにテーブルＫＢに固定する。ジャケット本体２をテーブルＫＢに固定すると、ジャケット本体２の壁部１１Ａの第一辺部２１、壁部１１Ｂの第二辺部２２が曲線となり、壁部１１Ｃの第三辺部２３及び壁部１１Ｄの第四辺部２４が直線となるように湾曲する。

[0101] 第三変形例の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Ｆを用いて第一突合せ部Ｊ１及び第二突合せ部Ｊ２に対いてそれぞれ摩擦攪拌接合を行う。第一本接合工程及び第二本接合工程では、ジャケット本体２及び封止体３の少なくともいずれか一方の変形量を計測しておき、本接合用回転ツールＦの先端側ピンＦ３の挿入深さを前記変形量に合わせて調節しながら摩擦攪拌接合を行う。つまり、ジャケット本体２の周壁端面１１ａ及び封止体３の表面３ａに沿って本接合用回転ツールＦの移動軌跡が曲線又は直線となるように移動させる。このようにすることで、塑性化領域Ｗ１の深さ及び幅を一定にすることができる。

[0102] 摩擦攪拌接合の入熱によって塑性化領域Ｗ１，Ｗ２に熱収縮が発生し、液冷ジャケット１の封止体３側が凹状に変形するおそれがあるが、第三変形例の第一本接合工程及び第二本接合工程によれば、ジャケット本体２及び封止体３を予め凸状に形成しているため、摩擦攪拌接合後の熱収縮を利用するこ

とで液冷ジャケット１を平坦にすることができる。

[0103] また、第三変形例では、ジャケット本体２の底部１０の凹状となっている裏面に、スペーサＫＢ２の曲面ＫＢ２ａを面接触させている。これにより、ジャケット本体２及び封止体３をより効果的に冷却しながら摩擦攪拌接合を行うことができる。摩擦攪拌接合における摩擦熱を低く抑えることができるため、熱収縮に起因する液冷ジャケット１の変形を小さくすることができる。これにより、準備工程において、ジャケット本体２及び封止体３を凸状に形成する際に、ジャケット本体２及び封止体３の曲率を小さくすることができる。

[0104] なお、ジャケット本体２及び封止体３の変形量の計測については、公知の高さ検知装置を用いればよい。また、例えば、テーブルＫＢからジャケット本体２及び封止体３の少なくともいずれか一方までの高さを検知する検知装置が装備された摩擦攪拌装置を用いて、ジャケット本体２又は封止体３の変形量を検知しながら本接合工程を行ってもよい。

[0105] また、第三変形例では、第一辺部２１及び第二辺部２２が曲線となるようにジャケット本体２及び封止体３を湾曲させたがこれに限定されるものではない。例えば、球面を具備するスペーサＫＢ２を形成し、当該球面にジャケット本体２の底部１０の裏面が面接触するようにしてもよい。この場合は、テーブルＫＢにジャケット本体２を固定すると、第一辺部２１～第四辺部２４のすべてが曲線となる。

[0106] また、第三変形例ではジャケット本体２又は封止体３の変形量に応じて本接合用回転ツールＦの先端側ピンＦ３の高さ位置を変更したが、テーブルＫＢに対する本接合用回転ツールＦの先端側ピンＦ３の高さを一定にして本接合工程を行ってもよい。

[0107] 〔第二実施形態〕

次に、本発明の第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法について説明する。図２５に示すように、第二実施形態では、支柱１２に支柱段差部が形成されていない点で第一実施形態と相違する。第二実施形態に係る液冷ジ

ャケットの製造方法では、第一実施形態と相違する点を中心に説明する。

[0108] 第二実施形態に係る液冷ジャケット１Ａは、ジャケット本体２Ａと封止体３Ａとで構成されている。ジャケット本体２Ａは、上方が開放された箱状体である。ジャケット本体２Ａは、底部１０と、周壁部１１と、複数の支柱１２とを含んで構成されている。ジャケット本体２Ａ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、マグネシウム合金等の摩擦攪拌可能な金属から適宜選択される。ジャケット本体２Ａは、本実施形態では、封止体３Ａと同じ材種のアルミニウム合金で形成されているが、アルミニウム合金鋳造材（例えば、ＪＩＳ　ＡＣ４Ｃ，ＡＤＣ１２等）を用いてもよい。底部１０は、平面視矩形を呈する。周壁部１１は、同じ板厚からなる壁部１１Ａ，１１Ｂ，１１Ｃ，１１Ｄで構成されている。

[0109] 周壁部１１の周壁端面１１ａには、ジャケット本体２Ａの開口部の周縁に沿って周壁段差部１４が形成されている。周壁段差部１４は、段差底面１４ａと、段差底面１４ａから立ち上がる段差側面１４ｂとで構成されている。段差底面１４ａは、周壁端面１１ａから一段下がった位置に形成されている。

[0110] 支柱１２は、底部１０に立設されており、円柱状を呈する。支柱１２の本数は１以上であれば何本でもよいが、本実施形態では４本形成されている。支柱１２の形状はそれぞれ同等になっている。支柱１２の端面である支柱端面１２ａは、周壁段差部１４の段差底面１４ａと同じ高さ位置に形成されている。

[0111] 封止体３Ａは、平面視矩形を呈する板状部材である。封止体３Ａの材料は、本実施形態では、ジャケット本体２Ａと同じ材種のアルミニウム合金で形成されているが、アルミニウム合金展伸材（例えば、ＪＩＳ　Ａ１０５０，Ａ１１００，Ａ６０６３等）を用いてもよい。封止体３Ａは、周壁段差部１４にほぼ隙間なく載置される大きさで形成されている。封止体３Ａの板厚寸法は、段差側面１４ｂの高さ寸法と略同等になっている。

[0112] 図２６に示すように、液冷ジャケット１Ａは、ジャケット本体２Ａと封止

体３Ａとが摩擦攪拌によって接合されて一体化されている。液冷ジャケット１Ａは、周壁段差部１４の段差側面１４ｂ（図２５参照）と封止体３Ａの外周側面３ｃとが突き合わされた第一突合せ部Ｊ１及び封止体３Ａの裏面３ｂと支柱１２の支柱端面１２ａとが重ね合わされた４つの重合部Ｊ３とが摩擦攪拌によってそれぞれ接合されている。第一突合せ部Ｊ１には、塑性化領域Ｗ１が形成され、重合部Ｊ３には塑性化領域Ｗ２が形成されている。液冷ジャケット１Ａの内部には、熱を外部に輸送する熱輸送流体が流れる中空部が形成されている。

[0113] 次に、第二実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法（発熱体付液冷ジャケットの製造方法）について説明する。液冷ジャケットの製造方法では、準備工程と、載置工程と、固定工程と、仮接合工程と、第一本接合工程と、第二本接合工程と、穿設工程と、バリ切除工程と、装着工程とを行う。

[0114] 準備工程は、図２５に示すように、ジャケット本体２Ａと、封止体３Ａとを形成する工程である。ジャケット本体２Ａは、例えば、ダイキャストで形成する。

[0115] 載置工程は、図２７及び図２８に示すように、ジャケット本体２Ａに封止体３Ａを載置する工程である。封止体３Ａの裏面３ｂは、周壁段差部１４の段差底面１４ａ及び支柱１２の支柱端面１２ａにそれぞれ面接触する。載置工程により、周壁段差部１４の段差側面１４ｂと、封止体３Ａの外周側面３ｃとが突き合わされて第一突合せ部Ｊ１が形成される。第一突合せ部Ｊ１は平面視矩形状を呈する。また、載置工程により、封止体３Ａの裏面３ｂと支柱１２の支柱端面１２ａとが重ね合わされて重合部Ｊ３が形成される。重合部Ｊ３は、平面視円形状を呈する。

[0116] 固定工程では、ジャケット本体２Ａをテーブル（図示省略）に固定する。ジャケット本体２Ａは、クランプ等の固定治具によってテーブルに移動不能に拘束される。

[0117] 仮接合工程は、図２９に示すように、ジャケット本体２Ａと封止体３Ａとを仮接合する工程である。仮接合工程は、第一実施形態と同等であるため説

明を省略する。

[0118] 第一本接合工程は、図３０及び図３１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に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。第一本接合工程は、第一実施形態と同等であるため、説明を省略する。

[0119] 第二本接合工程は、図３２及び図３３に示すように、本接合用回転ツールＦを用いて各重合部Ｊ３に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。第二本接合工程では、右回転させた本接合用回転ツールＦを封止体３Ａの表面３ａから開始位置ｓ２に挿入し、本接合用回転ツールＦを支柱１２の外周縁に沿って左回りに相対移動させる。第二本接合工程によって、重合部Ｊ３には、塑性化領域Ｗ２が形成される。

[0120] 第二本接合工程では、図３３に示すように、封止体３Ａのみに先端側ピンＦ３を接触させた状態で摩擦攪拌を行うとともに、封止体３Ａに基端側ピンＦ２を接触させた状態で摩擦攪拌を行う。第二本接合工程では、本接合用回転ツールＦの基端側ピンＦ２の外周面で封止体３Ａの表面３ａを押えながら摩擦攪拌接合を行う。本接合用回転ツールＦの挿入深さは、少なくとも塑性化領域Ｗ２が支柱端面１２ａに達するように設定するとともに、少なくとも基端側ピンＦ２の一部が封止体３の表面３ａと接触するように設定する。本実施形態では、先端側ピンＦ３の先端が支柱端面１２ａに達しないように、かつ、基端側ピンＦ２の外周面の高さ方向の中央部あたりが封止体３の表面３ａと接触するように挿入深さを設定している。そして、本接合用回転ツールＦを一定の高さ位置を保った状態で平面視円形に移動させる。

[0121] なお、本接合用回転ツールＦの挿入深さは、必ずしも一定でなくてもよい。例えば、第一本接合工程と第二本接合工程とで挿入深さを変えてもよい。また、先端側ピンＦ３の先端が支柱１２の支柱端面１２ａに達するように、つまり、ジャケット本体２Ａ及び封止体３Ａの両方に先端側ピンＦ３が接触するように、本接合用回転ツールＦの挿入深さを設定してもよい。その際に、塑性流動材が液冷ジャケット１Ａの内部に流出しないようにする。

[0122] 第二本接合工程では、本実施形態のように本接合用回転ツールＦを支柱１

２に対して左回りに移動させる場合は、本接合用回転ツールＦを右回転させることが好ましい。一方、本接合用回転ツールＦを支柱１２に対して右回りに移動させる場合は、本接合用回転ツールＦを左回転することが好ましい。本接合用回転ツールＦの移動方向及び回転方向を前記したように設定することで、仮に摩擦攪拌接合に伴う接合欠陥が形成されたとしても、比較的厚さの大きい支柱１２側に形成されるとともに、液冷ジャケット１Ａの中空部から遠い位置に形成されるため、水密性及び気密性の低下を抑制することができる。

[0123] 図３２に示すように、本接合用回転ツールＦを重合部Ｊ３に沿って一周させた後、開始位置ｓ２を通過させる。そして、封止体３Ａ上に設定された終了位置ｅ２まで本接合用回転ツールＦを移動させ、終了位置ｅ２に達したら本接合用回転ツールＦを上方に移動させて封止体３Ａから本接合用回転ツールＦを離脱させる。

[0124] 本接合用回転ツールＦを重合部Ｊ３から離脱させた後に、封止体３Ａに引抜跡が残存する場合は、当該引抜跡を補修する補修工程を行ってもよい。補修工程は、例えば、肉盛溶接を行って当該引抜跡に溶接金属を埋めて補修することができる。これにより、封止体３Ａの表面３ａを平坦にすることができる。

[0125] なお、本接合用回転ツールＦを封止体３Ａから離脱させる場合は、本接合用回転ツールＦを支柱１２の中心方向に偏移させて封止体３Ａ上で離脱させてもよい。また、本接合用回転ツールＦを封止体３Ａから離脱させる場合は、例えば、本接合用回転ツールＦを封止体３Ａ上で移動させつつ、本接合用回転ツールＦを徐々に上方に移動させて、本接合用回転ツールＦの挿入深さが徐々に浅くなるようにしてもよい。このようにすることで、封止体３Ａに第二本接合工程後の引抜跡が残存しないか、もしくは引抜跡を小さくすることができる。

[0126] 穿設工程は、図３４に示すように、封止体３Ａと支柱１２とに連通し、発熱体Ｈを固定するための固定孔Ｘを形成する工程である。固定孔Ｘは、塑性

化領域Ｗ２の一部を貫いて支柱１２に達するように形成する。

[0127] バリ切除工程は、第一本接合工程、第二本接合工程及び穿設工程によってジャケット本体２Ａ及び封止体３Ａの表面に露出するバリを切除する。これにより、ジャケット本体２Ａ及び封止体３Ａの表面をきれいに仕上げることができる。

[0128] 装着工程は、図３５に示すように、取付部材Ｍを介して発熱体Ｈを装着する工程である。発熱体Ｈを装着する場合は、発熱体Ｈのフランジ Ｈ１に形成された貫通孔と固定孔Ｘとを連通させつつ、ネジ等の取付部材Ｍで固定する。取付部材Ｍは、支柱１２に達する位置まで挿入する。

[0129] なお、本実施形態では封止体３Ａ側に固定孔Ｘを形成し、封止体３Ａに発熱体Ｈを固定したが、底部１０に底部１０及び支柱１２に連通する固定孔を形成し、底部１０に発熱体Ｈを固定してもよい。発熱体Ｈは、封止体３Ａ及び底部１０の少なくともいずれか一方に装着されればよい。また、本実施形態では、固定孔Ｘを形成したが、固定孔Ｘを形成せずに取付部材Ｍで発熱体Ｈを固定してもよい。

[0130] 以上説明した液冷ジャケットの製造方法によっても第一実施形態と略同等の効果を奏することができる。第一実施形態では第二突合せ部Ｊ２（図１２参照）が封止体３に露出していたが、第二実施形態では突合せ部が露出しない形態となっている。しかし、第二実施形態のように重合部Ｊ３を封止体３Ａの上から摩擦攪拌することで、封止体３と支柱１２とを接合することができる。また、第二実施形態では、封止体３Ａに孔部を設けず、また支柱１２に支柱段差部も形成しないため、容易に製造することができる。

[0131] また、本実施形態に係る液冷ジャケットの製造方法によれば、先端側ピンＦ３をジャケット本体２Ａ及び封止体３Ａ、若しくは封止体３Ａのみに挿入するとともに、基端側ピンＦ２を封止体３Ａに挿入するため、回転ツールのショルダ部を押し込む場合に比べて摩擦攪拌装置にかかる負荷を軽減することができるとともに、本接合用回転ツールＦの操作性も良好となる。また、摩擦攪拌装置にかかる負荷を軽減することができるため、摩擦攪拌装置に大

きな負荷がかからない状態で、第一突合せ部Ｊ１の深い位置を接合することができるとともに、深い位置にある重合部Ｊ３を接合することができる。

[0132] また、第二本接合工程では、本実施形態のように支柱１２の外周縁の内側を一周以上摩擦攪拌することで、水密性及び気密性を高めることができる。なお、第二本接合工程の本接合用回転ツールＦの移動ルートは、支柱１２に対して本接合用回転ツールＦを必ずしも一周以上させる必要はなく、塑性流動材が液冷ジャケット１Ａの内部に流出しないように設定するとともに、少なくとも重合部Ｊ３の一部が摩擦攪拌接合されるように設定してもよい。

[0133] 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、第二実施形態において、前記した第一変形例～第三変形例の製造方法を採用して液冷ジャケット１Ａを製造してもよい。

[0134] 以上本発明の実施形態及び変形例について説明したが、適宜設計変更が可能である。例えば、ジャケット本体及び封止体の少なくともいずれかにフィンを形成してもよい。また、第一本接合工程では、第一突合せ部Ｊ１に沿って本接合用回転ツールＦを二周させてもよい。また、第一本接合工程と第二本接合工程で用いる回転ツールは、異なるものを用いてもよい。また、各実施形態では、発熱体Ｈを具備する液冷ジャケットの製造方法に本発明を適用したが、発熱体Ｈを具備しない液冷ジャケットの製造方法に対しても本発明を適用することができる。この場合には、穿設工程や装着工程を省略することができる。

[0135] 本発明の本接合用回転ツールＦは、適宜設計変更が可能である。図３６は、本発明の本接合用回転ツールの第一変形例を示す側面図である。図３６に示すように、第一変形例に係る本接合用回転ツールＦａでは、ピン段差部３０の段差底面３０ａと段差側面３０ｂとのなす段差角度Ｃ１が８５°になっている。段差底面３０ａは、水平面と平行である。このように、段差底面３０ａは水平面と平行であるとともに、段差角度Ｃ１は、摩擦攪拌中にピン段差部３０内に塑性流動材が滞留して付着することなく外部に抜ける範囲で鋭

角としてもよい。

[0136] 図３７は、本発明の本接合用回転ツールの第二変形例を示す側面図である。図３７に示すように、第二変形例に係る本接合用回転ツールＦｂでは、ピン段差部３０の段差角度Ｃ１が１１５°になっている。段差底面３０ａは水平面と平行になっている。このように、段差底面３０ａは水平面と平行であるとともに、ピン段差部３０として機能する範囲で段差角度Ｃ１が鈍角となってもよい。

[0137] 図３８は、本発明の本接合用回転ツールの第三変形例を示す側面図である。図３８に示すように、第三変形例に係る本接合用回転ツールＦｃでは、段差底面３０ａがツールの回転軸から外周方向に向かって水平面に対して１０°上方に傾斜している。段差側面３０ｂは、鉛直面と平行になっている。このように、摩擦攪拌中に塑性流動材を押さえることができる範囲で、段差底面３０ａがツールの回転軸から外周方向に向かって水平面よりも上方に傾斜するように形成されていてもよい。上記の本接合用回転ツールの第一～第三変形例によっても、本実施形態と同等の効果を奏することができる。

符号の説明

[0138]

１	液冷ジャケット
１Ａ	液冷ジャケット
２	ジャケット本体
２Ａ	ジェット本体
３	封止体
３Ａ	封止体
３ａ	表面
３ｂ	裏面
３ｃ	外周側面
１０	底部
１１	周壁部
１１Ａ	壁部

１１Ｂ　壁部

１１Ｃ　壁部

１１Ｄ　壁部

１１ａ　周壁端面

１２　支柱

１２ａ　支柱端面

１３　凹部

１４　周壁段差部

１４ａ　段差底面

１４ｂ　段差側面

１６ａ　支柱端面

１７　支柱段差部

１７ａ　段差底面

１７ｂ　段差側面

Ｆ　本接合用回転ツール（回転ツール）

Ｆａ　本接合用回転ツール

Ｆｂ　本接合用回転ツール

Ｆｃ　本接合用回転ツール

Ｆ１　基軸部

Ｆ２　基端側ピン

Ｆ３　先端側ピン

３０　ピン段差部

３０ａ　段差底面

３０ｂ　段差側面

３１　螺旋溝

Ａ１　テーパー角度（基端側ピンの）

Ａ２　テーパー角度

Ｃ１　段差角度

Ｃ２	螺旋角度
Ｚ１	距離（基端側ピンの）
Ｚ２	距離
Ｙ１	高さ（段差側面の）
Ｙ２	高さ
Ｇ	仮接合用回転ツール
Ｊ１	第一突合せ部
Ｊ２	第二突合せ部
Ｊ３	重合部
Ｋ	テーブル（冷却板）
Ｍ	締結部材
Ｗ１	塑性化領域
Ｗ２	塑性化領域
ＷＰ	冷却管

請求の範囲

[請求項1] 底部、前記底部の周縁から立ち上がる周壁部及び前記底部から立ち上がる支柱を有するジャケット本体と、前記支柱の先端が挿入される孔部を備えるとともに前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体とで構成され、前記ジャケット本体と前記封止体とを摩擦攪拌で接合する液冷ジャケットの製造方法であって、

前記周壁部の内周縁に、段差底面と当該段差底面から立ち上がる段差側面とを有する周壁段差部を形成し、且つ前記支柱の支柱端面を前記周壁部の周壁端面と同一の高さ位置に形成するとともに、前記支柱の先端の外周に段差底面と当該段差底面から立ち上がる段差側面とを有する支柱段差部を形成する準備工程と、

前記ジャケット本体に前記封止体を載置する載置工程と、

前記周壁段差部の段差側面と前記封止体の外周側面とが突き合わされた第一突合せ部に沿って回転ツールを一周させて摩擦攪拌を行う第一本接合工程と、

前記支柱段差部の段差側面と前記孔部の孔壁とが突き合わされた第二突合せ部に沿って前記回転ツールを一周させて摩擦攪拌を行う第二本接合工程と、を含み、

前記回転ツールは、基端側ピンと、先端側ピンとを備える摩擦攪拌用の本接合用回転ツールであって、

前記基端側ピンのテーパー角度は、前記先端側ピンのテーパー角度よりも大きくなっており、

前記基端側ピンの外周面には階段状のピン段差部が形成されており、

前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体に前記先端側ピン及び前記基端側ピンを接触させた状態で摩擦攪拌を行う

ことを特徴とする液冷ジャケットの製造方法。

[請求項2] 底部、前記底部の周縁から立ち上がる周壁部及び前記底部から立ち上がる支柱を有するジャケット本体と、前記ジャケット本体の開口部を封止する封止体とで構成され、前記ジャケット本体と前記封止体とを摩擦攪拌で接合する液冷ジャケットの製造方法であって、

前記周壁部の内周縁に、段差底面と当該段差底面から立ち上がる段差側面とを有する周壁段差部を形成するとともに、前記支柱の支柱端面を前記周壁段差部の段差底面と同一の高さ位置に形成する準備工程と、

前記ジャケット本体に前記封止体を載置する載置工程と、

前記周壁段差部の段差側面と前記封止体の外周側面とが突き合わされた第一突合せ部に沿って回転ツールを一周させて摩擦攪拌を行う第一本接合工程と、

前記支柱の支柱端面と前記封止体の裏面とが重ね合わされた重合部に対して前記回転ツールを移動させて摩擦攪拌を行う第二本接合工程と、を含み、

前記回転ツールは、基端側ピンと、先端側ピンとを備える摩擦攪拌用の本接合用回転ツールであって、

前記基端側ピンのテーパー角度は、前記先端側ピンのテーパー角度よりも大きくなっており、

前記基端側ピンの外周面には階段状のピン段差部が形成されており、

前記第一本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体に前記先端側ピン及び前記基端側ピンを接触させた状態で摩擦攪拌を行い、

前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体及び前記封止体の両方、又は、前記封止体のみに前記先端側ピンを接触させるとともに、前記封止体に前記基端側ピンを接触させた状態で摩擦攪拌を行う

ことを特徴とする液冷ジャケットの製造方法。

[請求項3] 前記準備工程では、前記ジャケット本体をダイキャストで形成するとともに前記底部が表面側に凸となるように形成し、かつ、前記封止体が表面側に凸となるように形成することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の液冷ジャケットの製造方法。

[請求項4] 前記ジャケット本体の変形量を予め計測しておき、前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程において、前記回転ツールの挿入深さを前記変形量に合わせて調節しながら摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項３に記載の液冷ジャケットの製造方法。

[請求項5] 前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程に先だって、前記第一突合せ部及び前記第二突合せ部の少なくともいずれか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に記載の液冷ジャケットの製造方法。

[請求項6] 前記第一本接合工程に先だって、前記第一突合せ部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２に記載の液冷ジャケットの製造方法。

[請求項7] 前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、冷却媒体が流れる冷却板を前記底部の裏面側に設置し、前記冷却板で前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の液冷ジャケットの製造方法。

[請求項8] 前記冷却板の表面と前記底部の裏面とを面接触させることを特徴とする請求項７に記載の液冷ジャケットの製造方法。

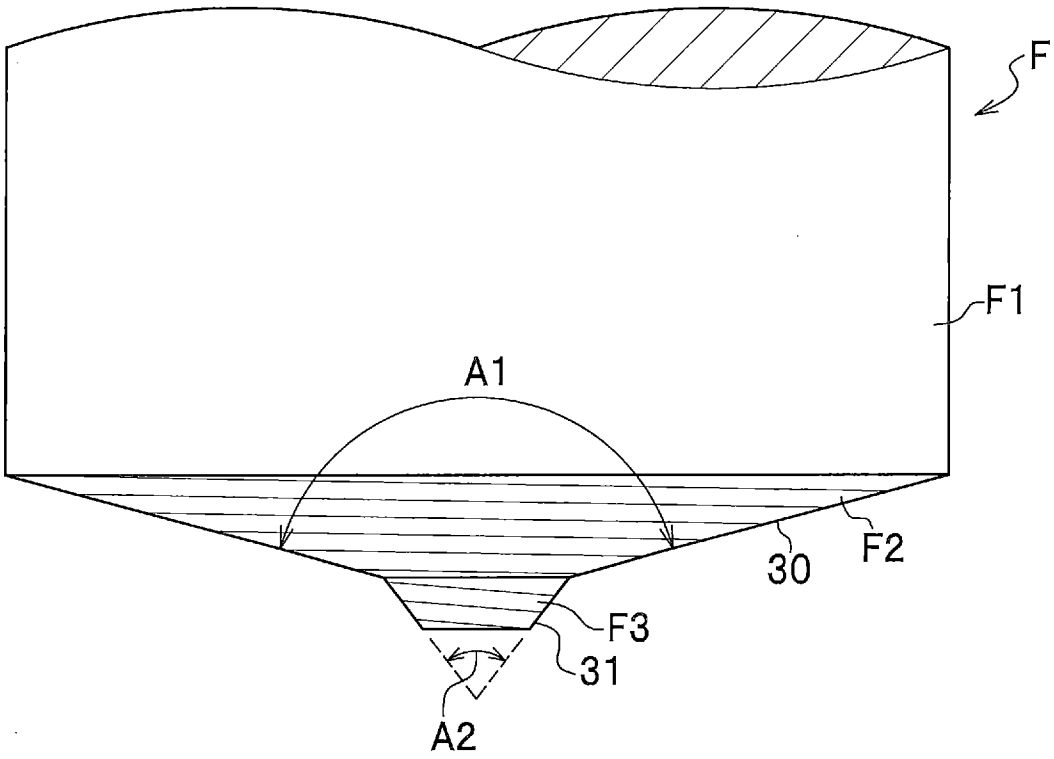
[請求項9] 前記冷却板は、前記冷却媒体が流れる冷却流路を有し、

前記冷却流路は、前記第一本接合工程における前記回転ツールの移動軌跡に沿う平面形状を備えることを特徴とする請求項７に記載の液冷ジャケットの製造方法。

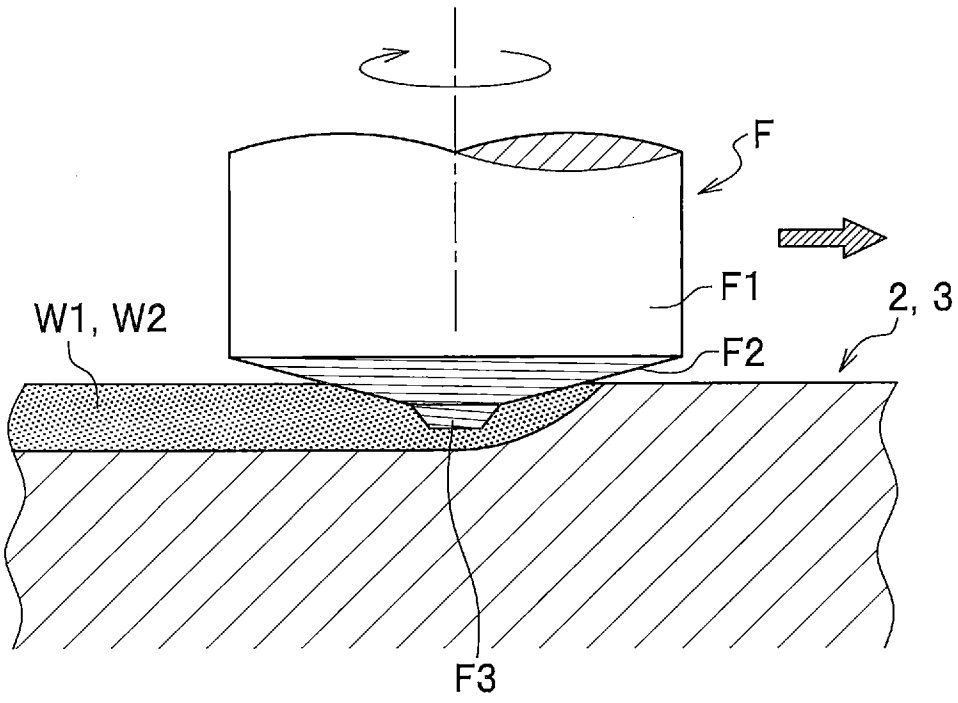
[請求項10] 前記冷却媒体が流れる冷却流路は、前記冷却板に埋設された冷却管によって構成されていることを特徴とする請求項７に記載の液冷ジャケットの製造方法。

［請求項11］　前記第一本接合工程及び前記第二本接合工程では、前記ジャケット本体と前記封止体とで構成される中空部に冷却媒体を流し、前記ジャケット本体及び前記封止体を冷却しながら摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の液冷ジャケットの製造方法。

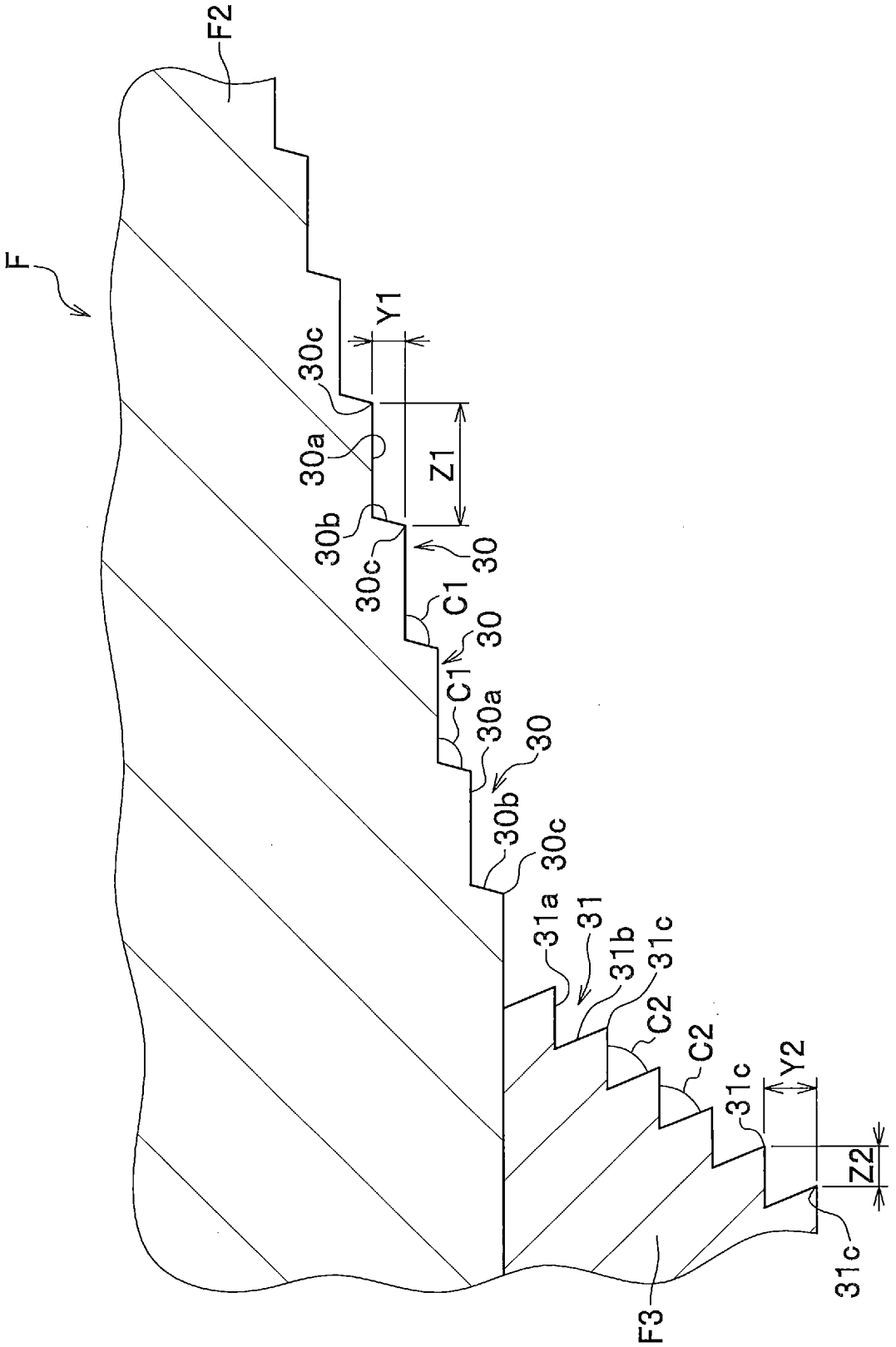
[図1]



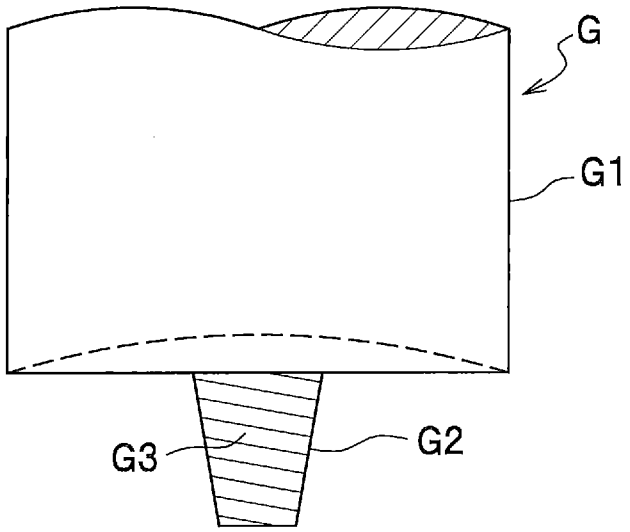
[図2]



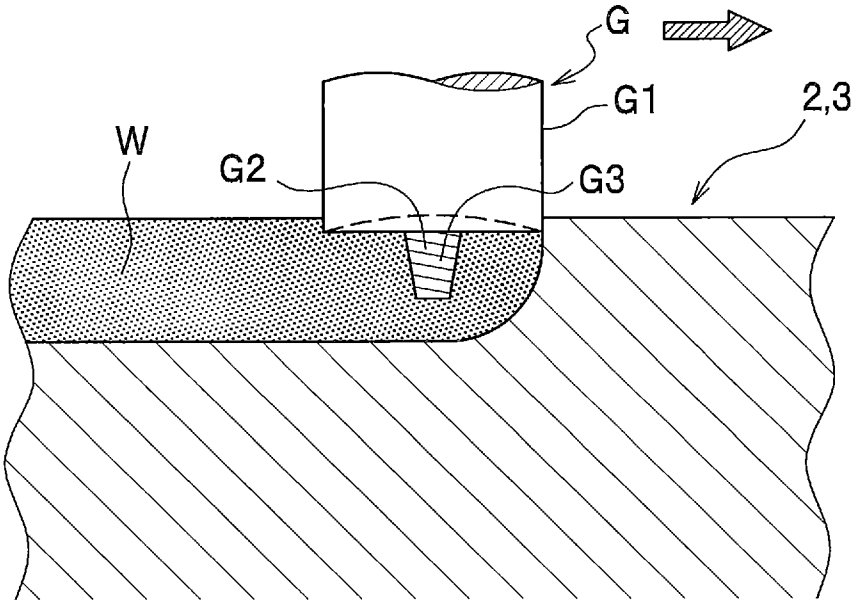
[図3]


F2
F
Y1
30c
30a
Z1
30b
30c
30
C1
30
C1
30a
30
30b
30c
31a
31
31b
31c
C2
C2
31c
Y2
Z2
31c
F3

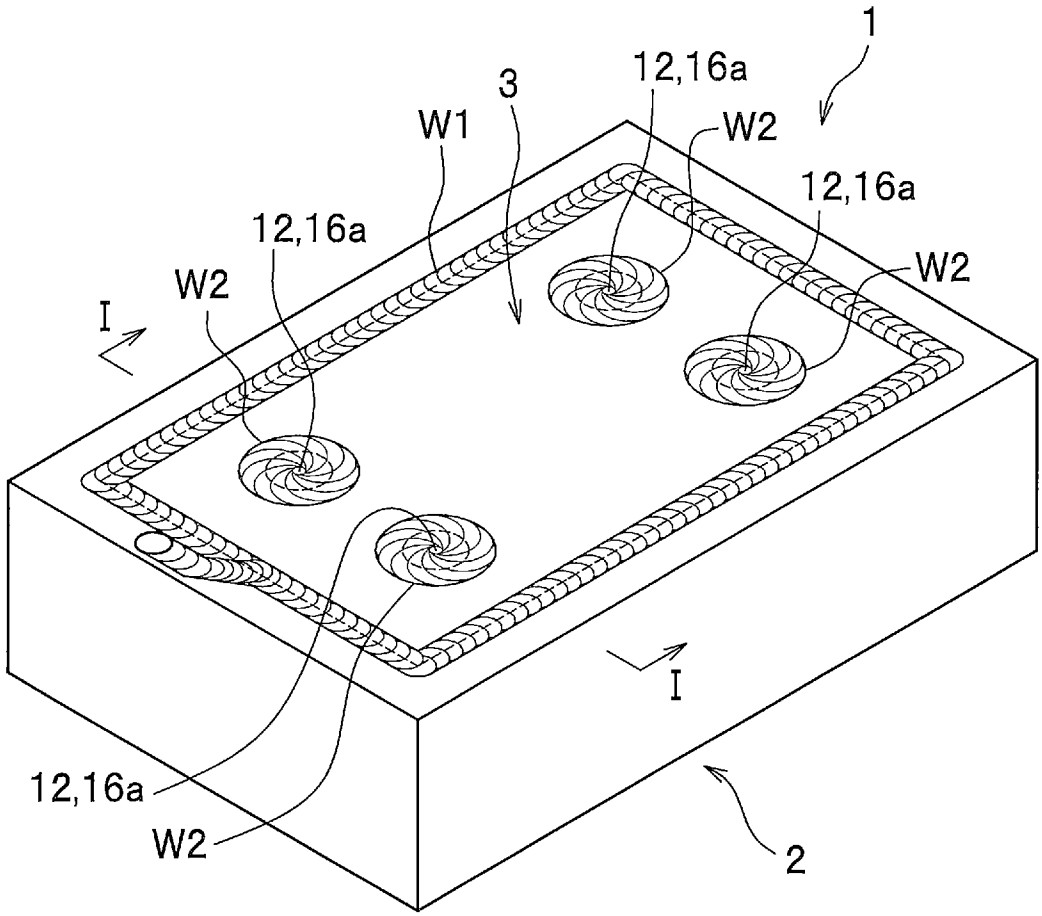
[図4]



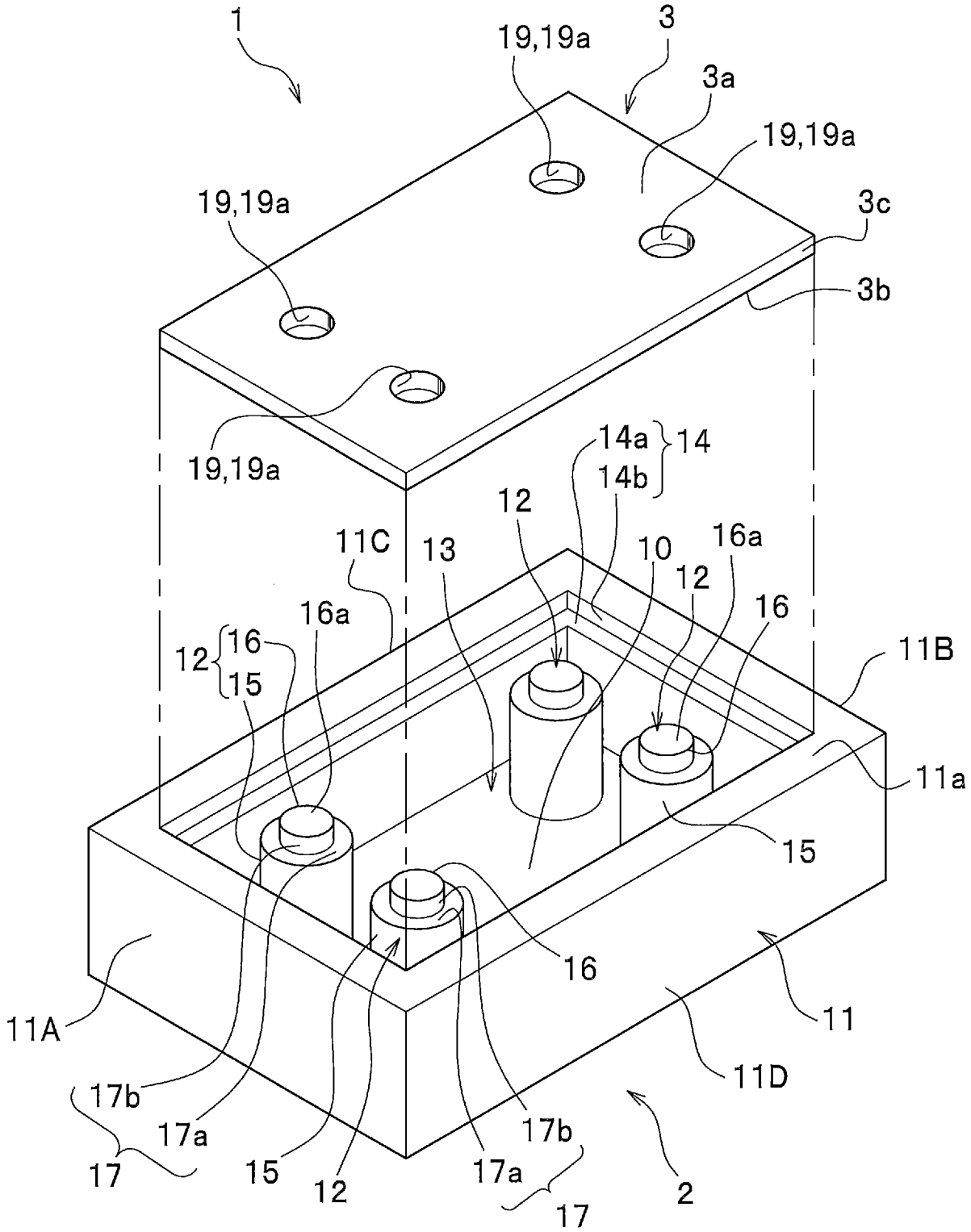
[図5]



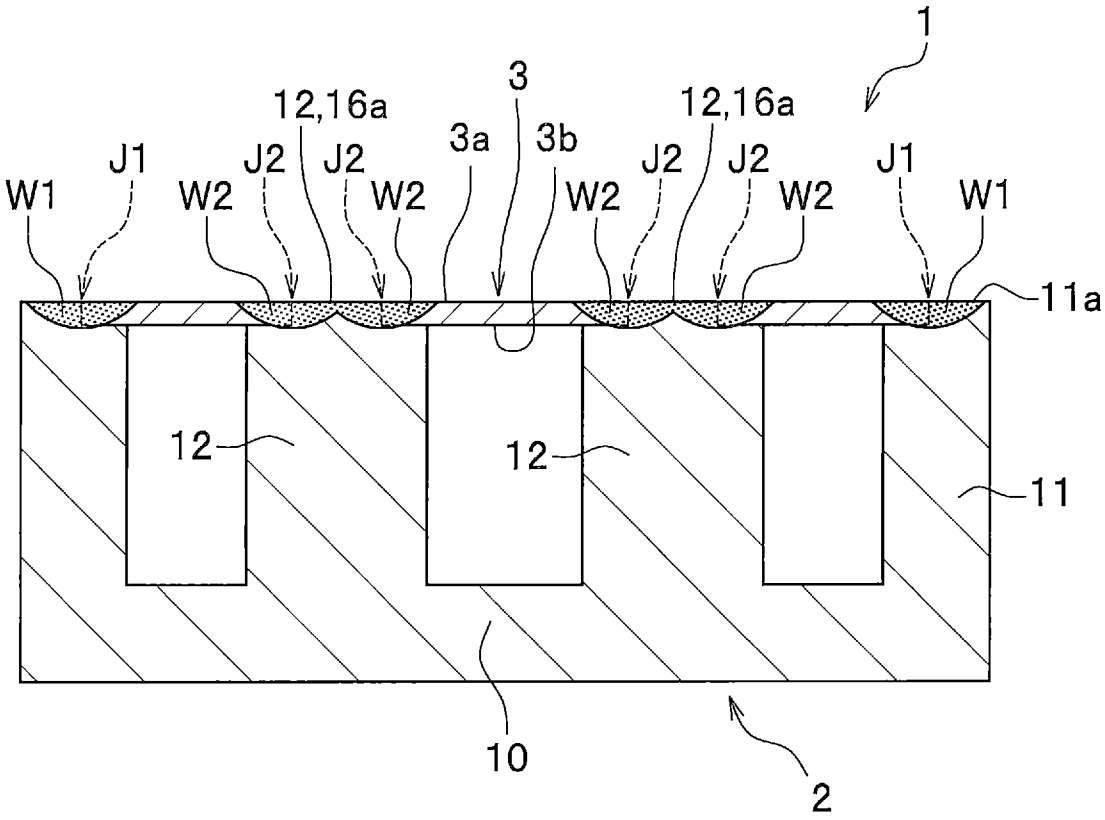
[図6]



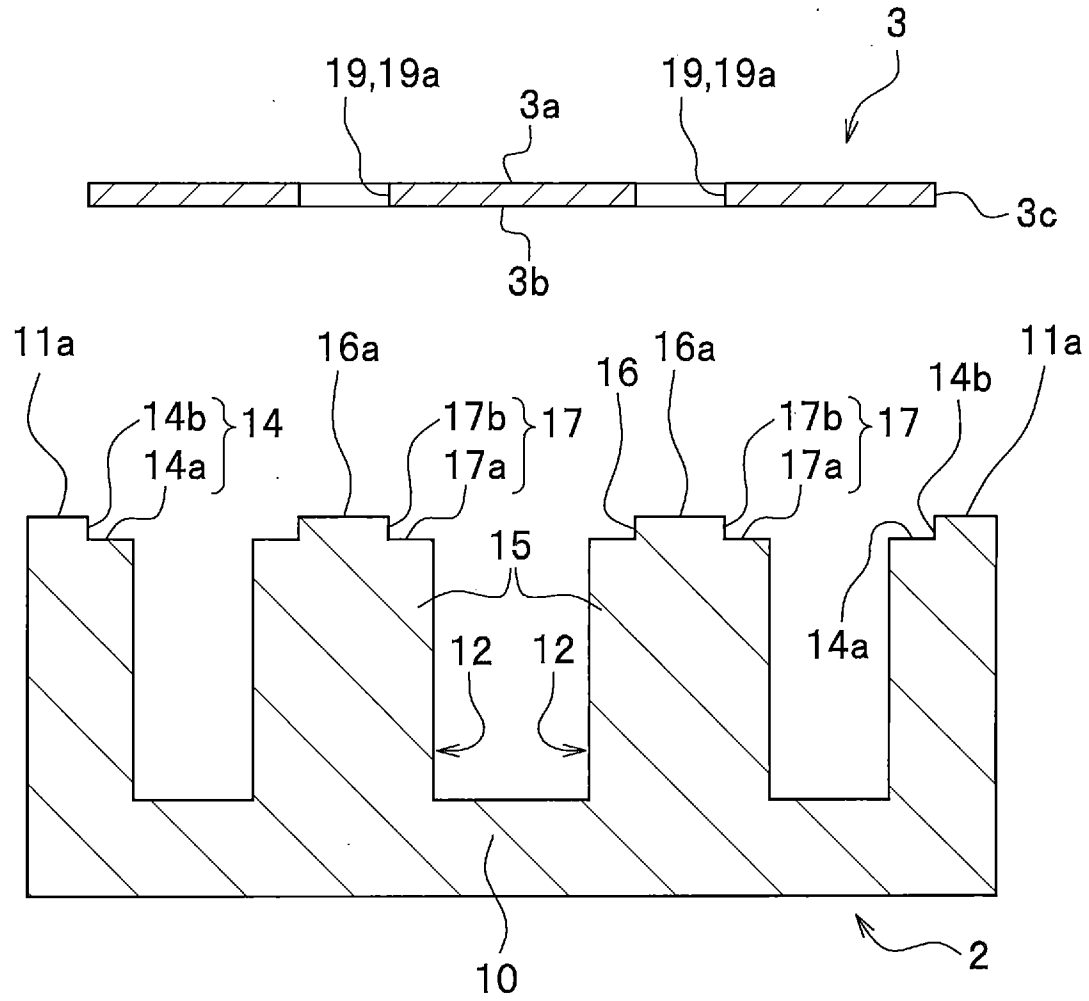
[図7]


1
19,19a
3
3a
19,19a
19,19a
3c
3b
19,19a
14a
14b
14
12
11C
13
10
16a
12
16
16a
12
16
15
11B
11a
15
16
11A
11
11D
17b
17a
17
15
12
17a
17b
17
2

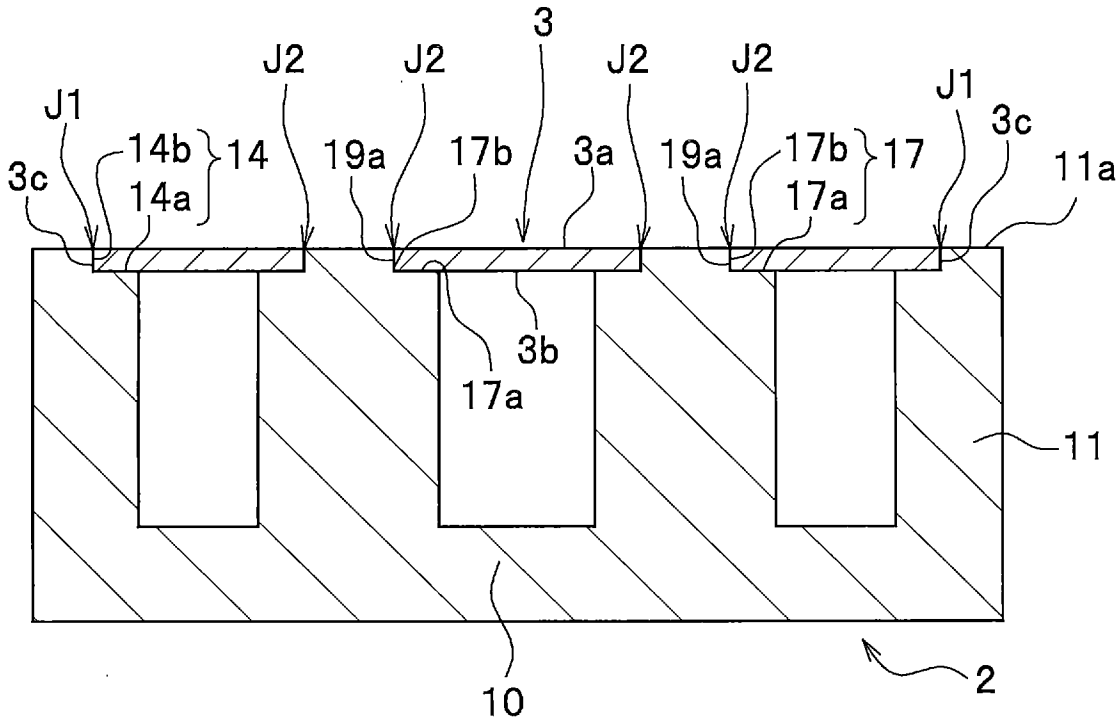
[図8]


1
3
12,16a
12,16a
3a
3b
J1
J2
J2
J2
J2
J1
W1
W2
W2
W2
W2
W1
11a
12
12
11
10
2

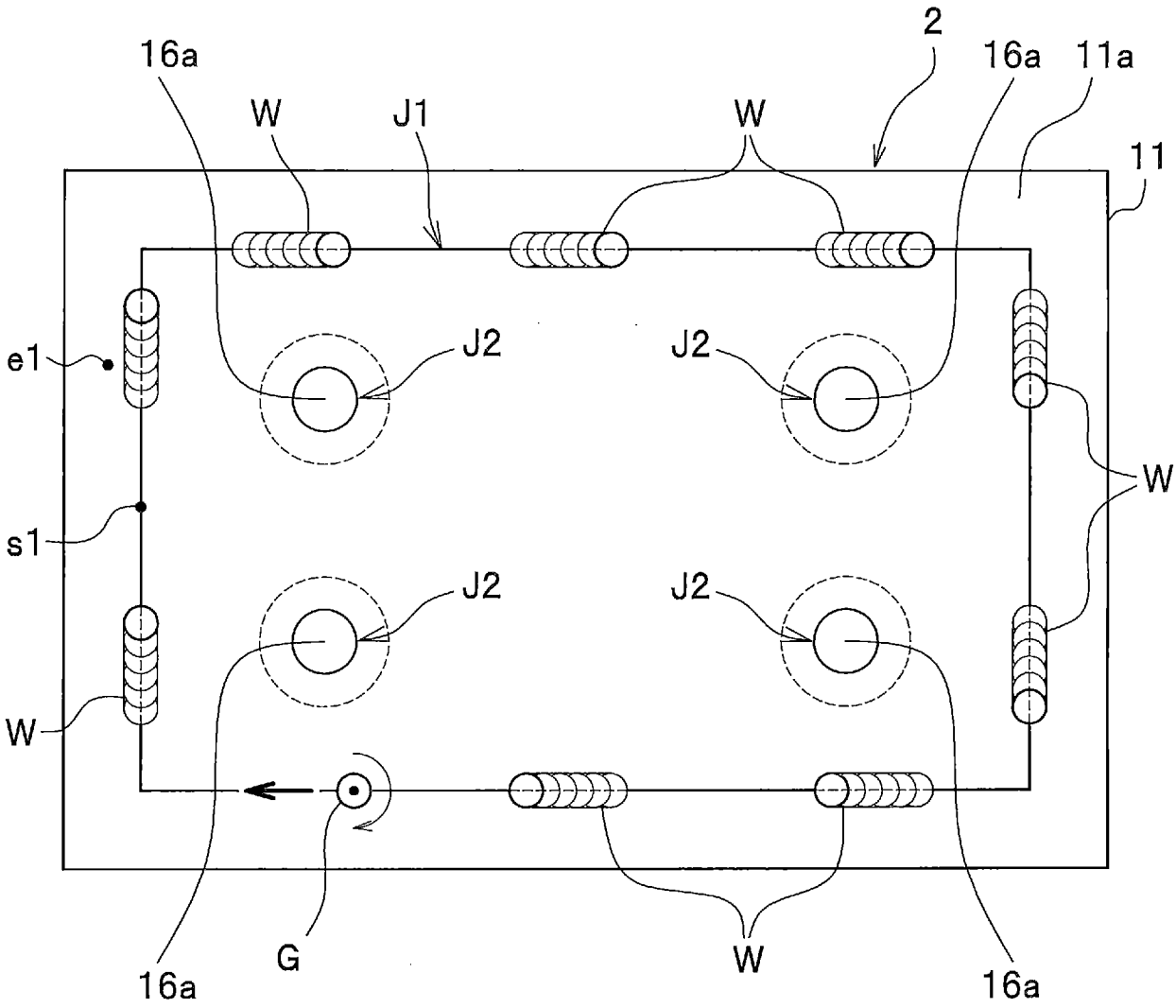
[図9]


3
19,19a
19,19a
3a
3c
3b
11a
16a
16
16a
11a
14b
14
14a
17b
17
17a
17b
17
17a
14b
15
12
12
14a
10
2

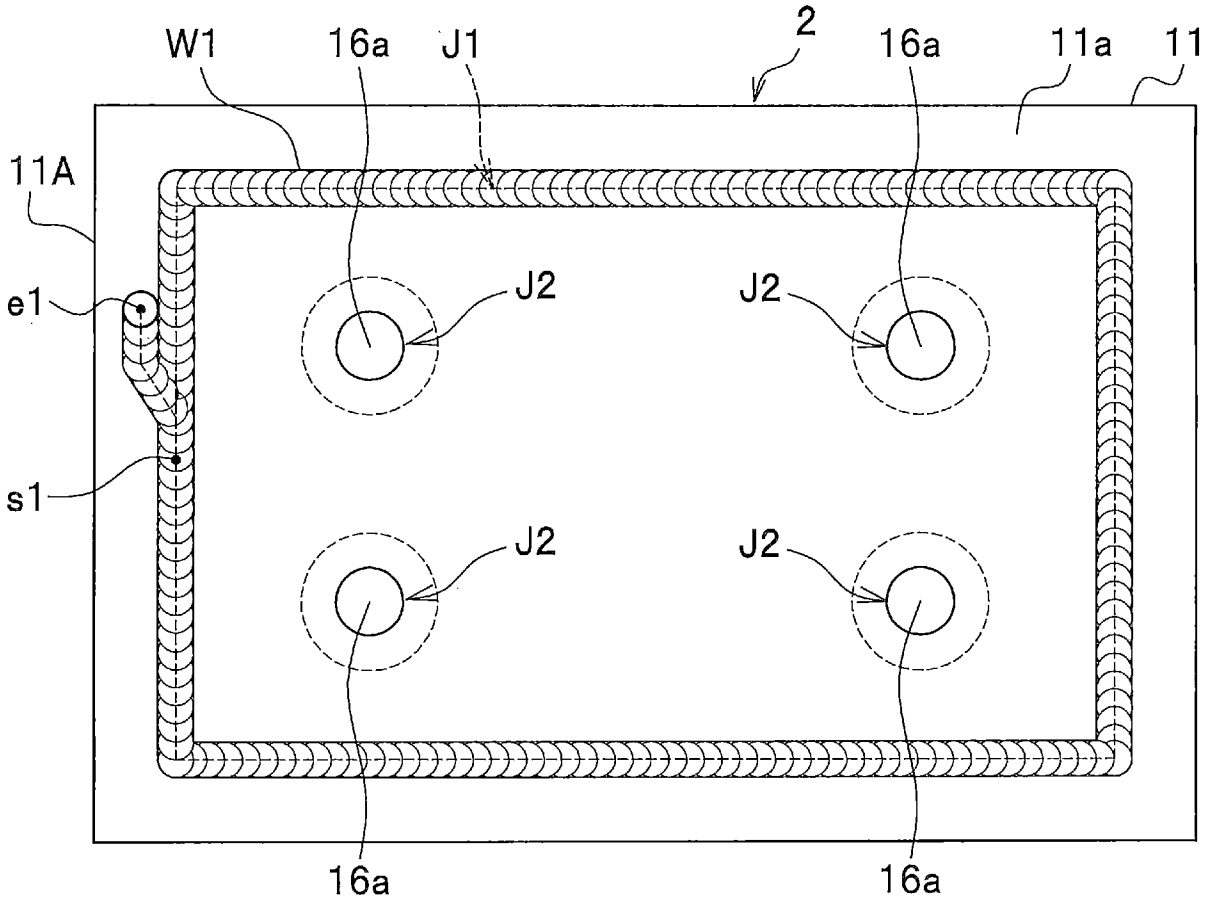
[図10]


3
J2
J2
J2
J2
J1
J1
3c
3c
14b
14
14a
19a
17b
3a
19a
17b
17
17a
11a
3b
17a
11
10
2

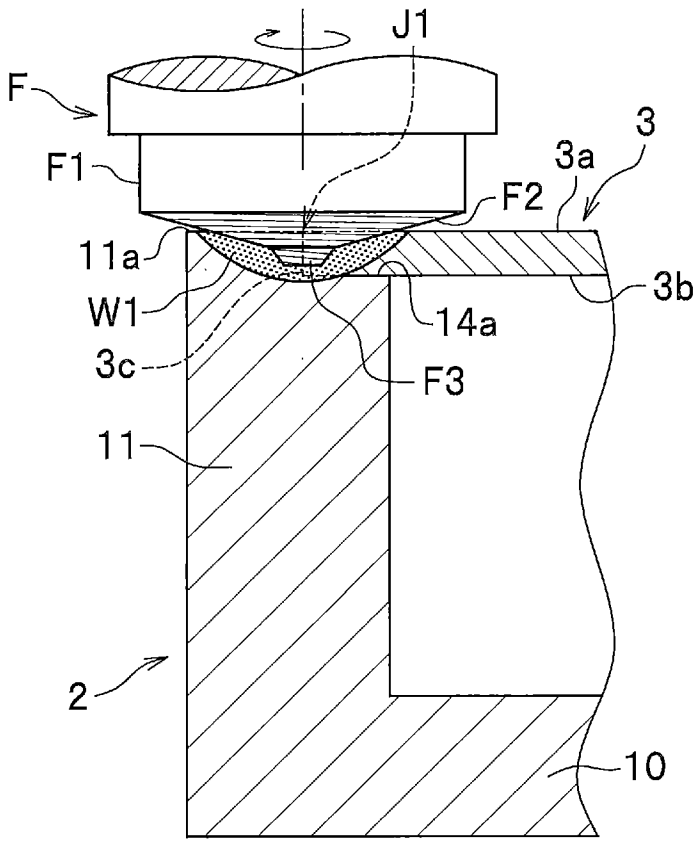
[図11]



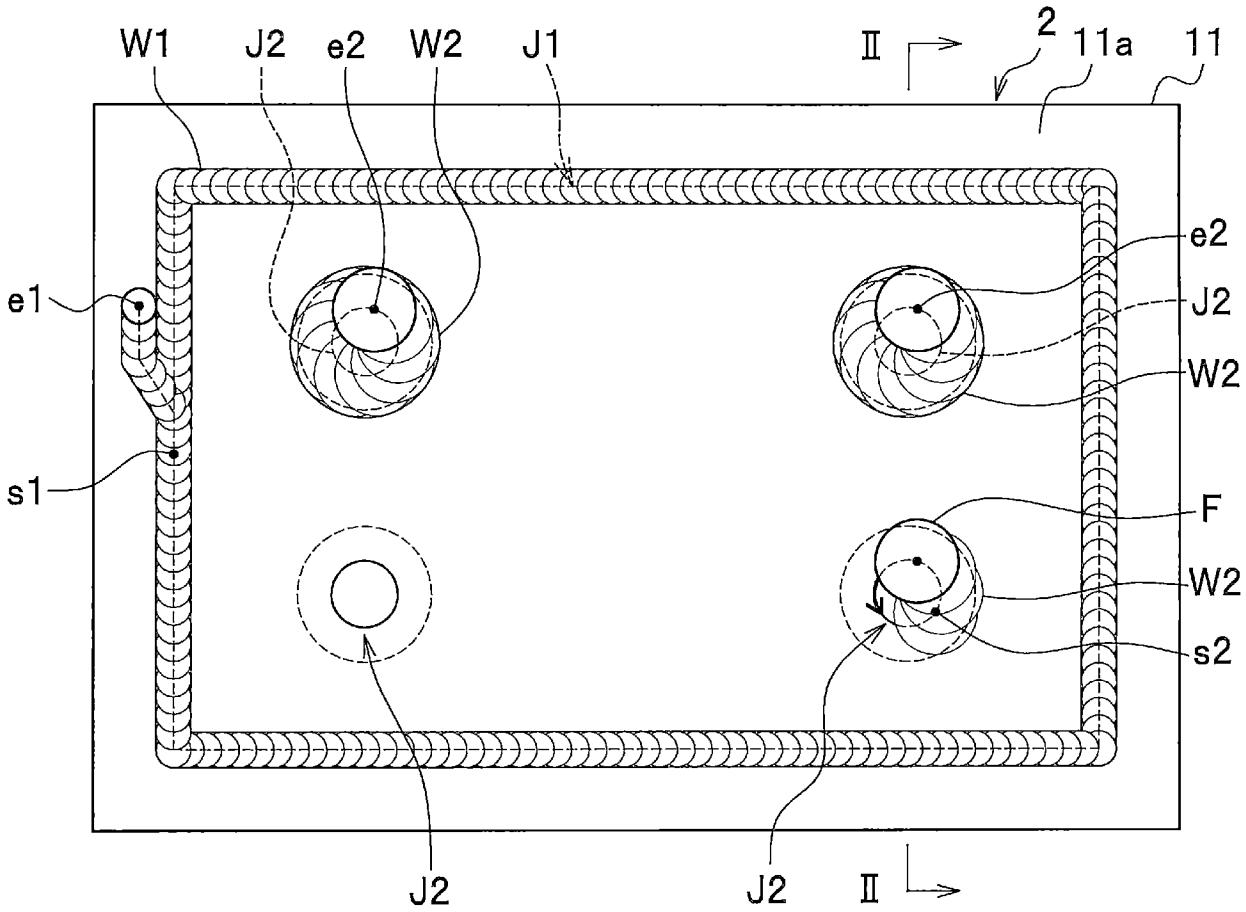
[図12]


W1
16a
J1
2
16a
11a
11
11A
e1
J2
J2
s1
J2
J2
16a
16a

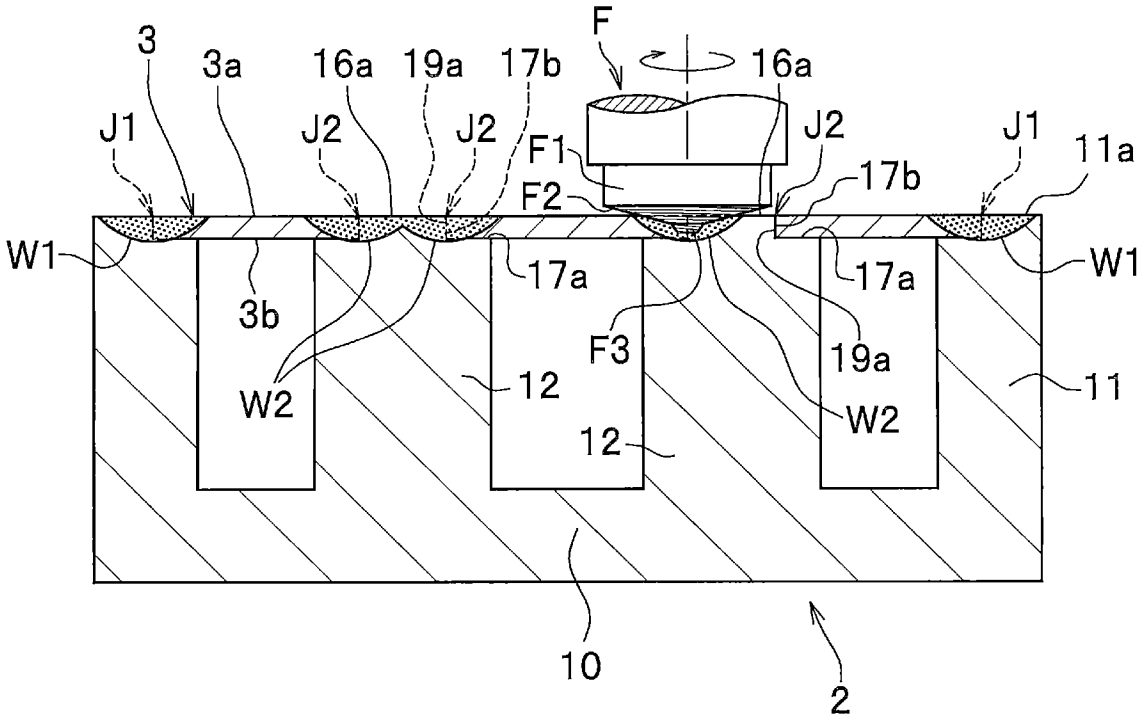
[図13]


J1
F
F1
3
3a
F2
11a
3b
W1
14a
3c
F3
11
2
10

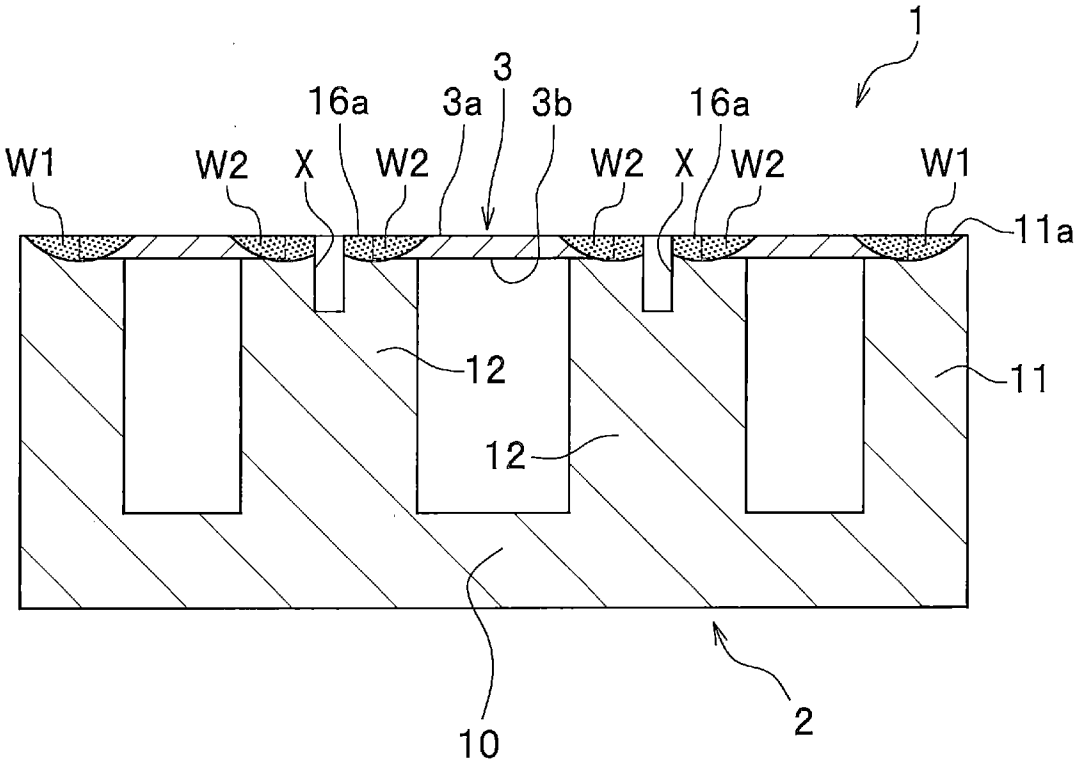
[図14]


W1
J2
e2
W2
J1
Ⅱ
2
11a
11
e1
s1
e2
J2
W2
F
W2
s2
J2
J2
Ⅱ

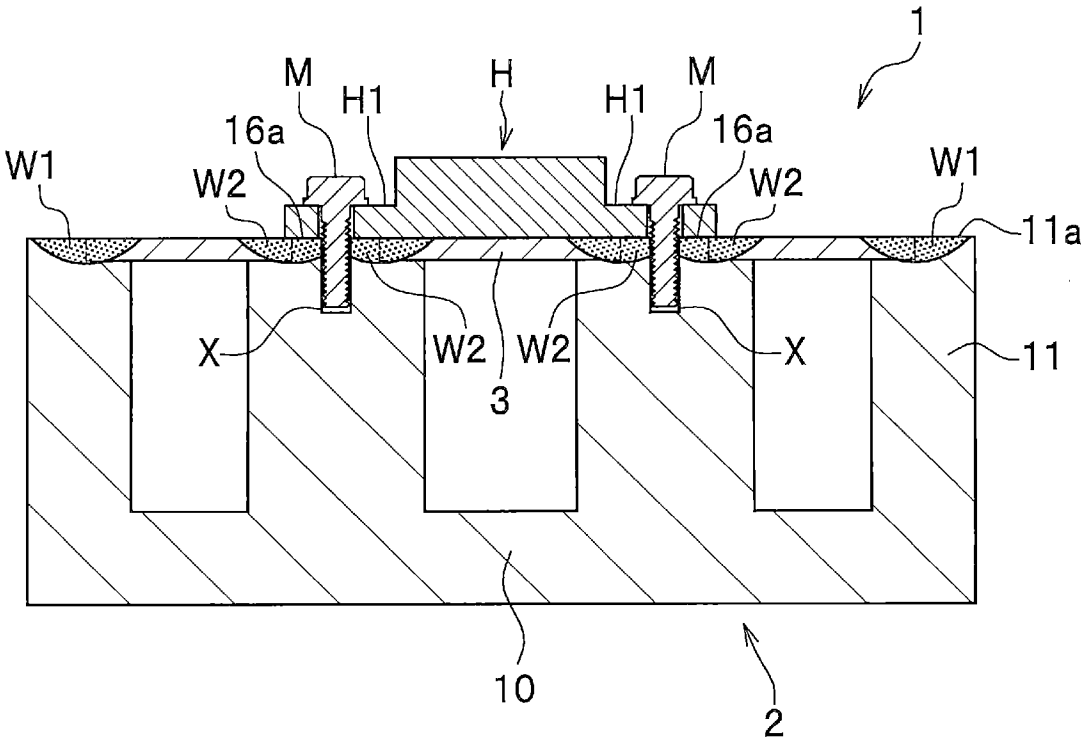
[図15]


3
3a
16a
19a
17b
F
16a
J1
J2
J2
F1
J2
17b
J1
11a
F2
W1
17a
W1
3b
17a
F3
19a
W2
12
W2
11
12
10
2

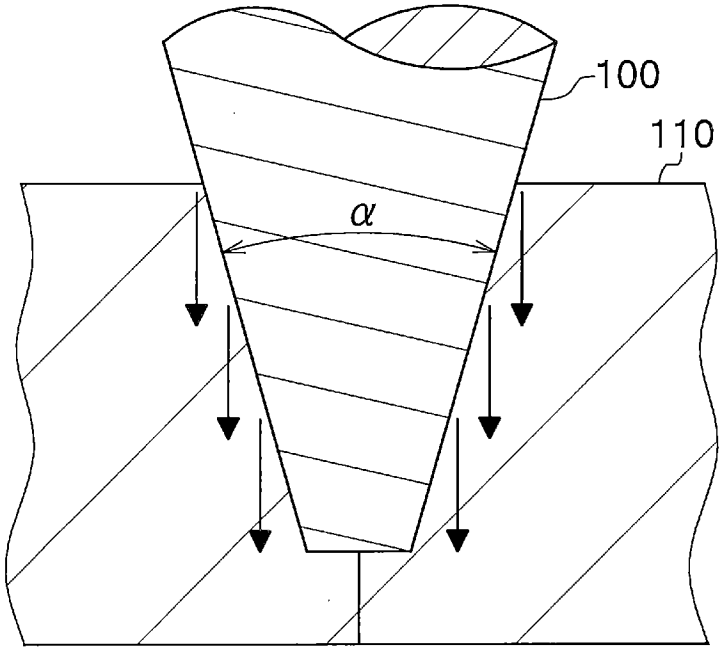
[図16]


1
3
16a
3a
3b
16a
W1
W2
X
W2
W2
X
W2
W1
11a
12
11
12
10
2

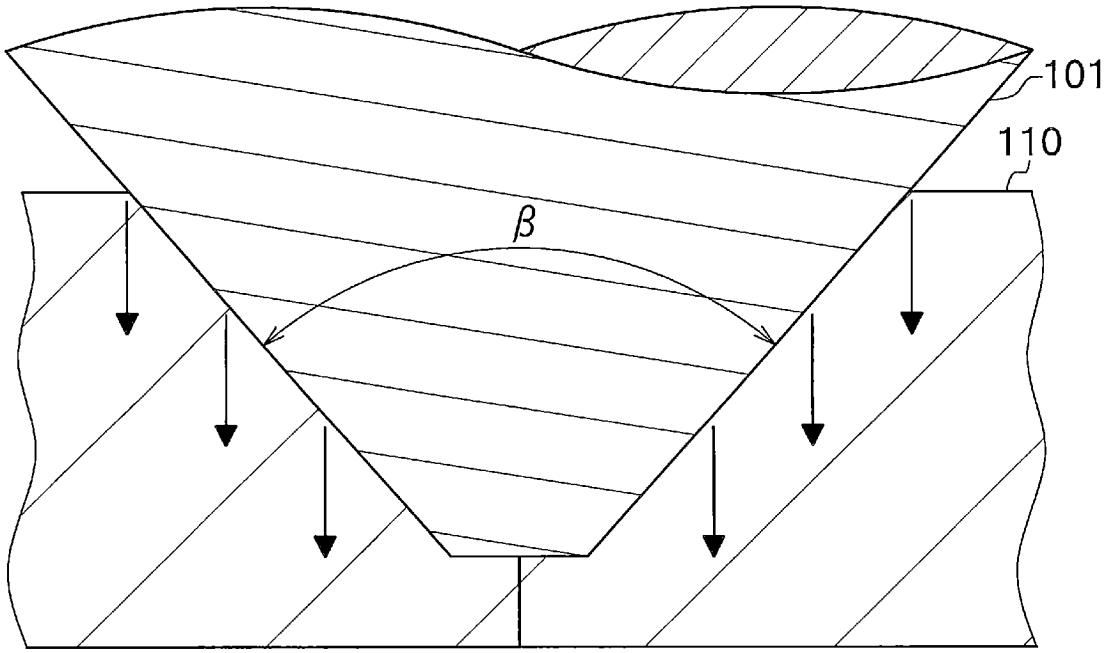
[図17]


1
M
H1
H
H1
M
16a
16a
W1
W2
W2
W1
11a
X
W2
W2
X
11
3
10
2

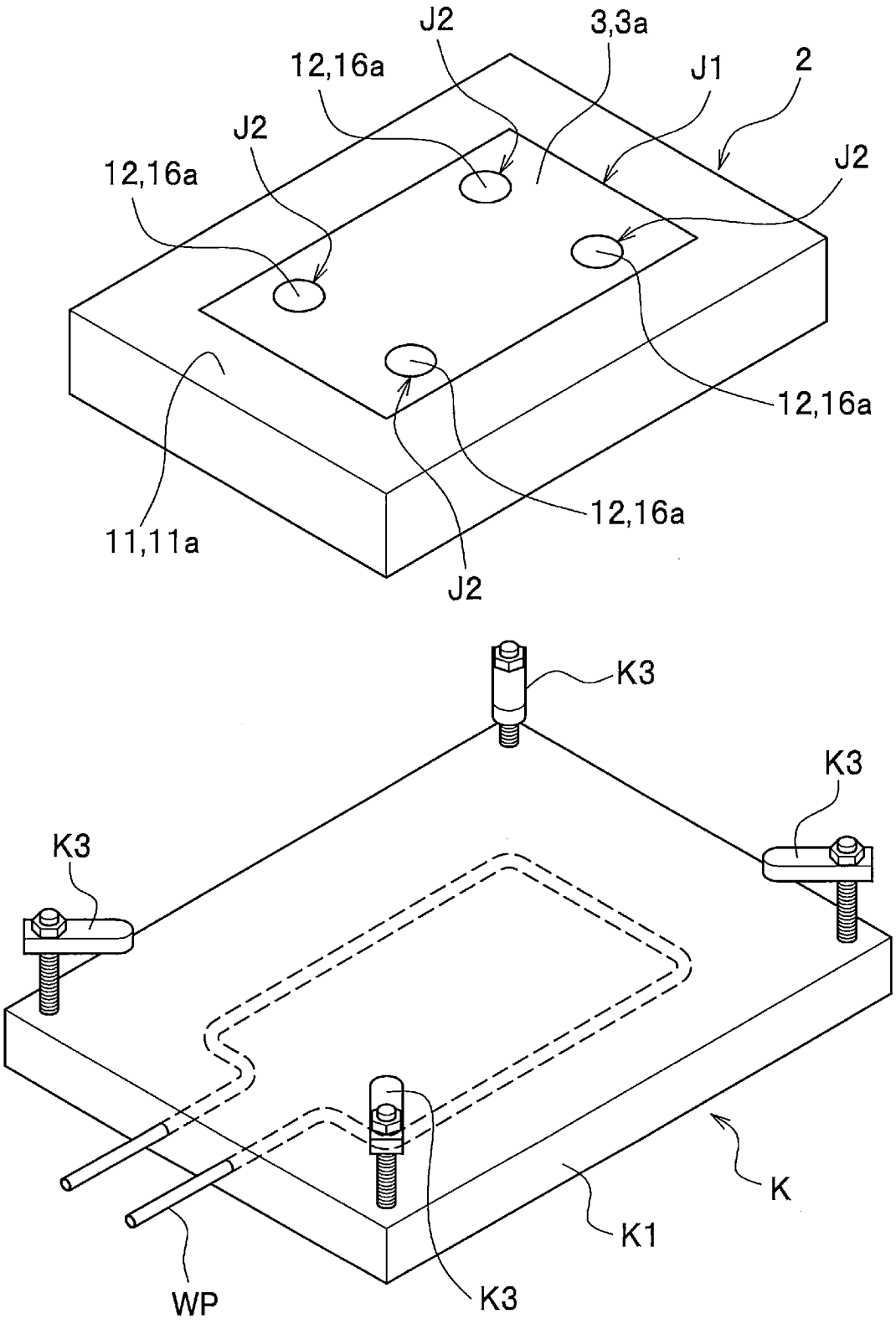
[図18]



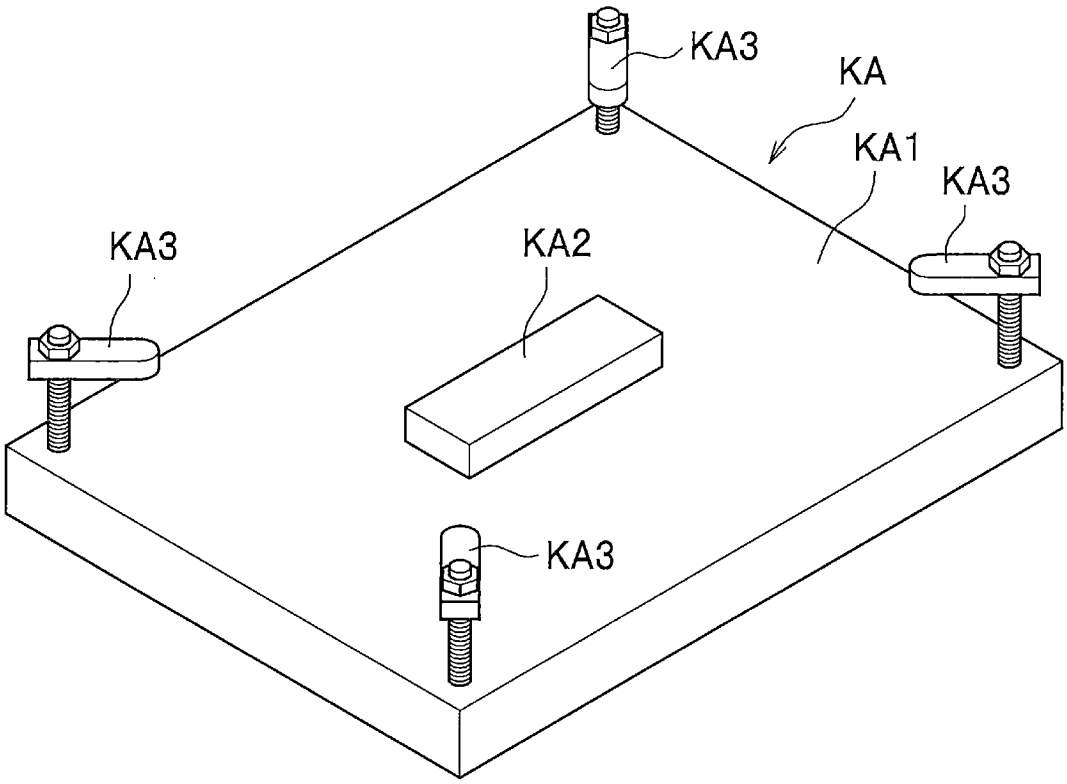
[図19]



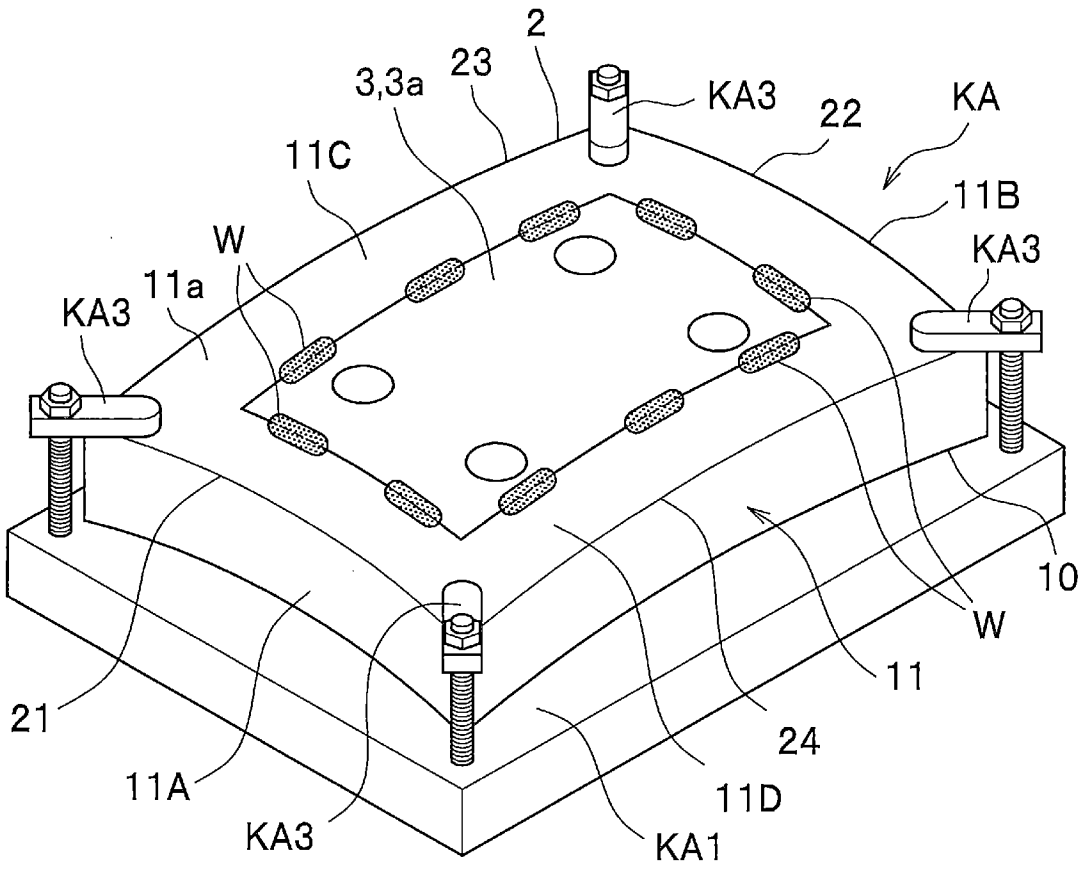
[図20]


J2
3,3a
12,16a
J1
2
J2
12,16a
J2
12,16a
12,16a
11,11a
J2
K3
K3
K3
K
K1
K3
WP

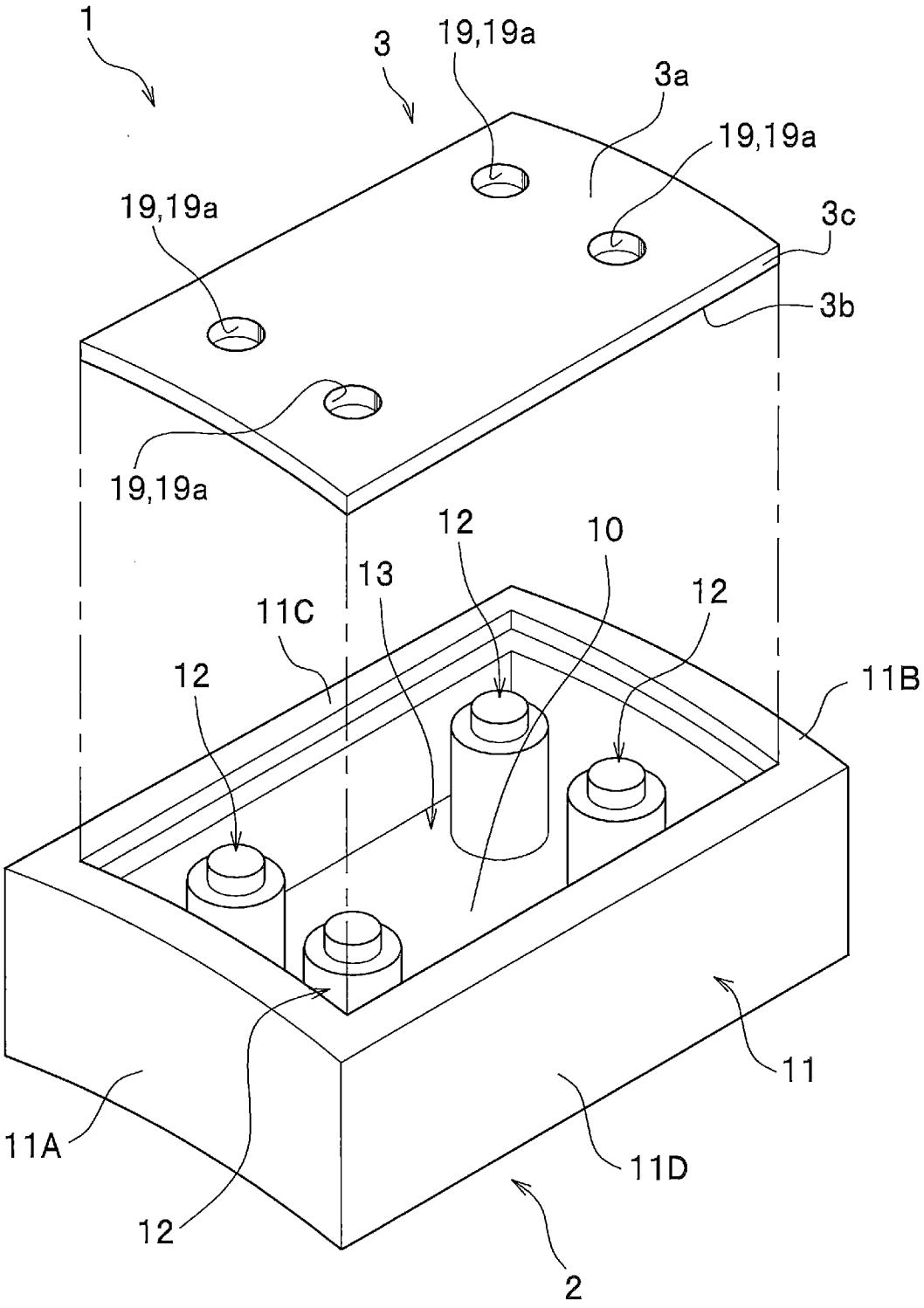
[図21]


KA3
KA
KA1
KA3
KA3
KA2
KA3

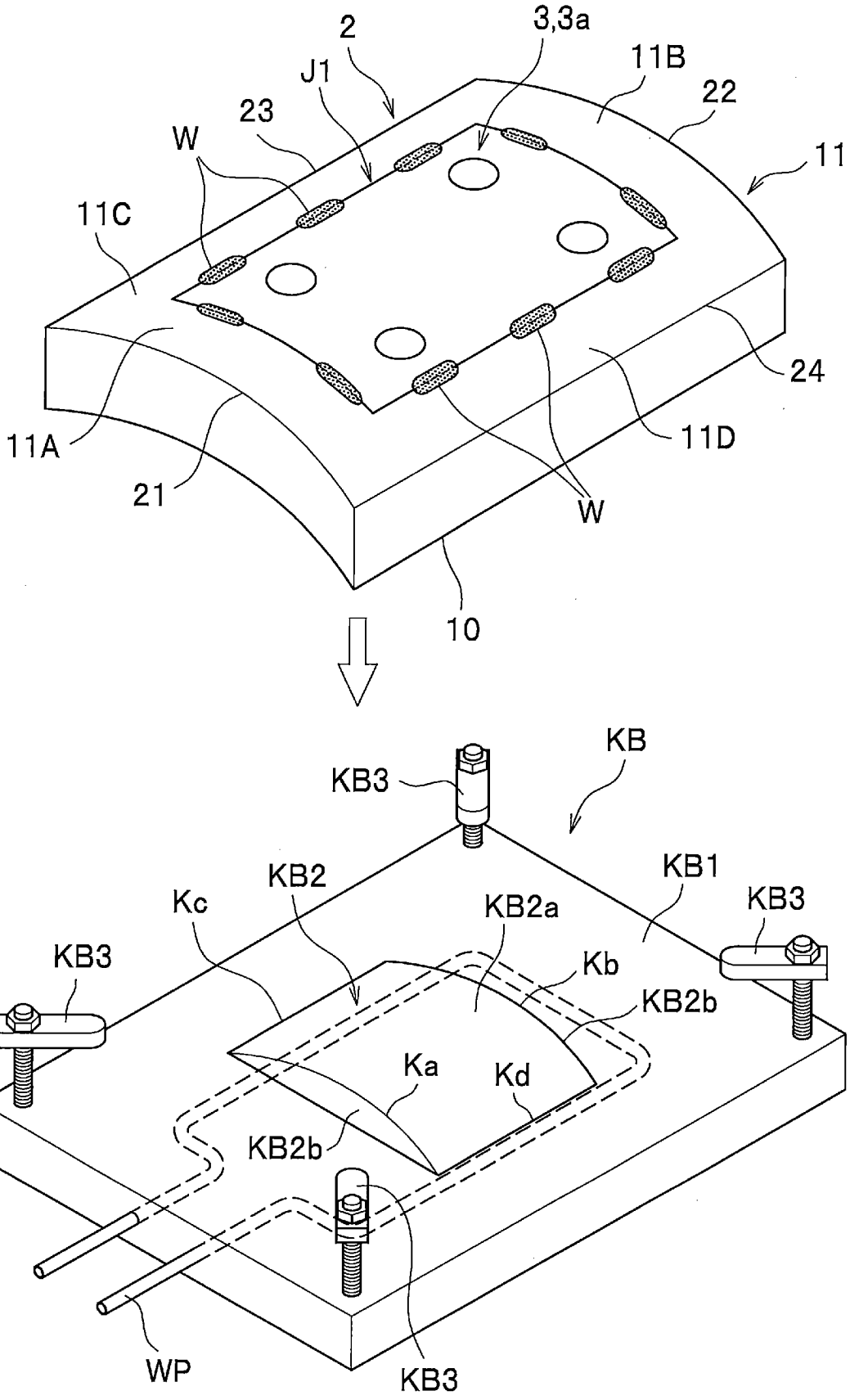
[図22]


2
23
3,3a
KA3
22
KA
11C
11B
W
KA3
11a
KA3
10
W
11
24
21
11A
11D
KA3
KA1

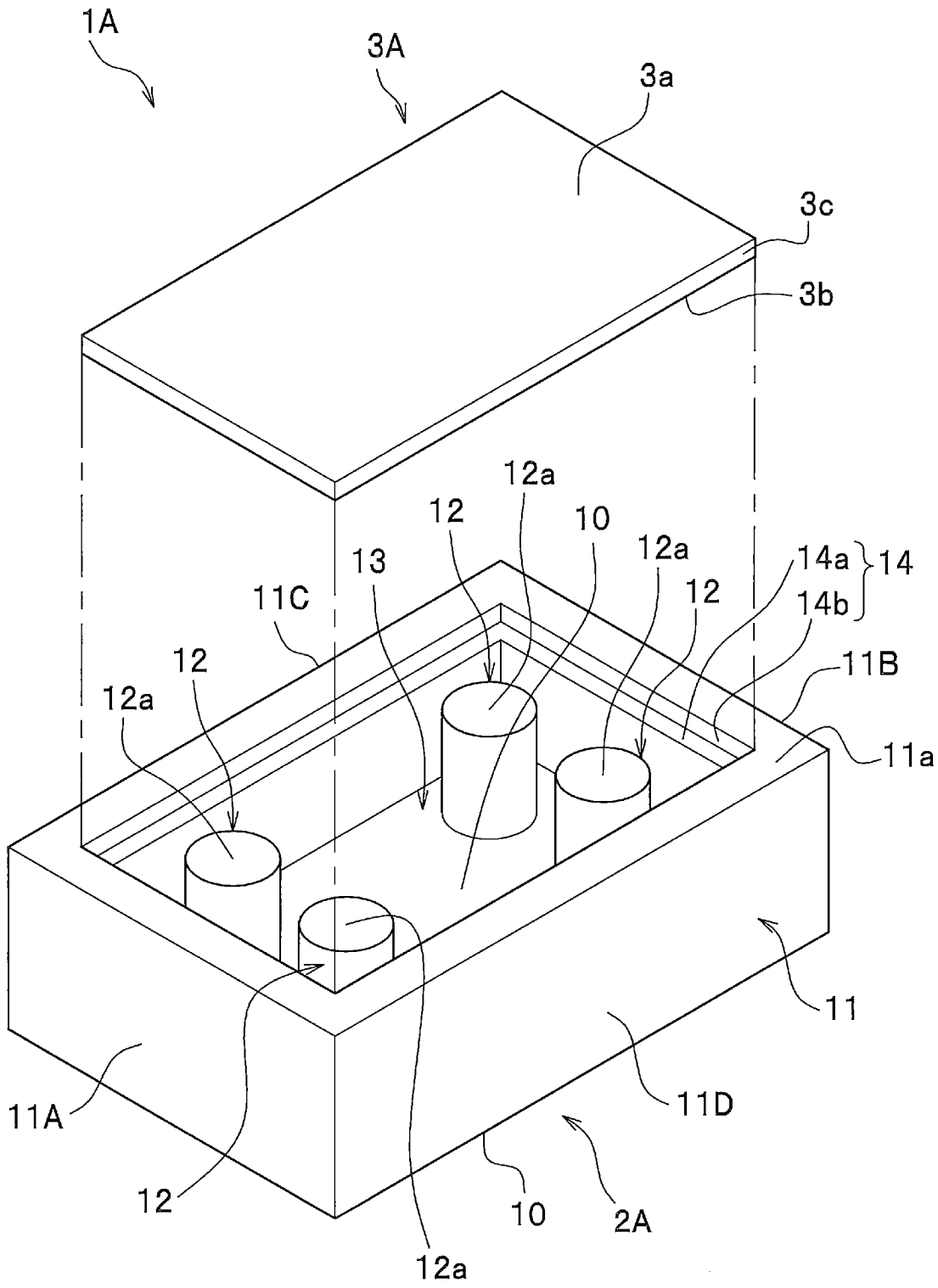
[図23]


1
3
19,19a
3a
19,19a
19,19a
3c
3b
19,19a
12
10
13
12
11C
12
11B
11
11A
11D
12
2

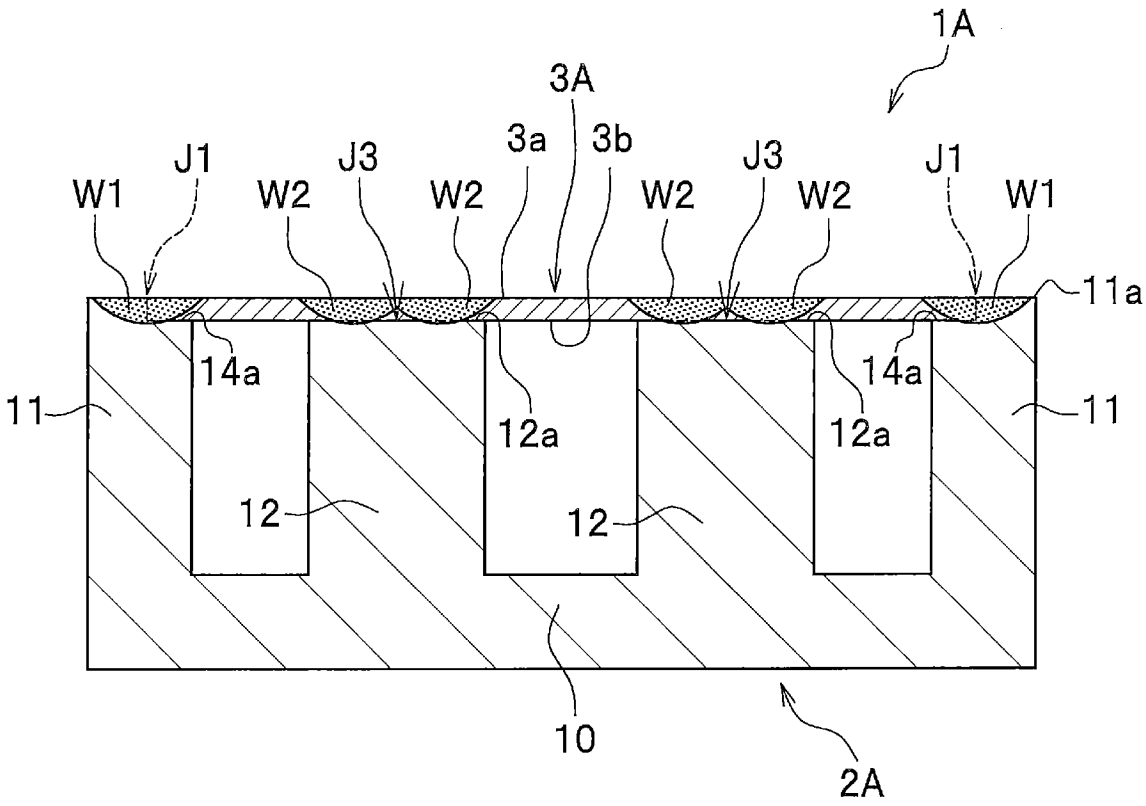
[図24]


2
3,3a
J1
11B
22
23
W
11
11C
24
11A
11D
21
W
10
KB
KB3
KB1
KB2
KB3
Kc
KB2a
KB3
Kb
KB2b
Ka
Kd
KB2b
WP
KB3

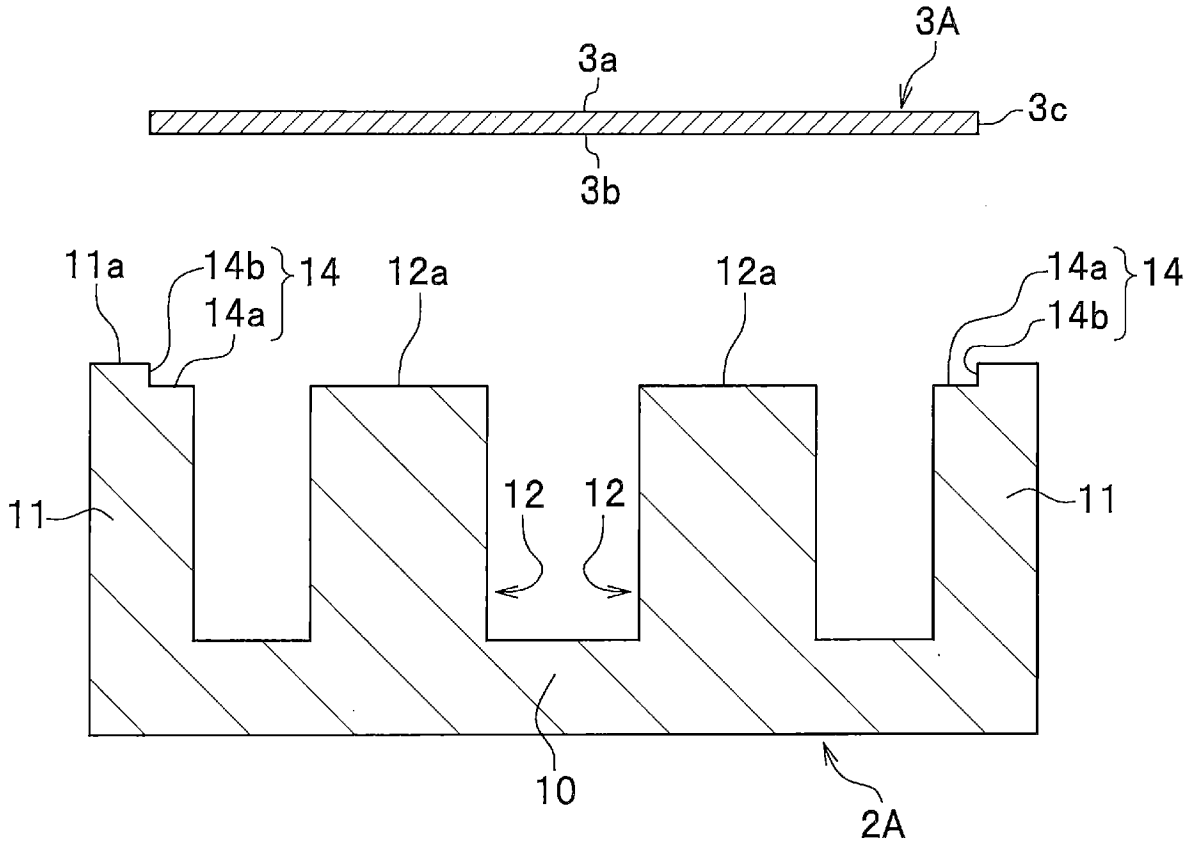
[図25]


1A
3A
3a
3c
3b
12a
12
10
12a
14a
14
14b
13
11C
12
12
12a
11B
11a
11
11A
11D
12
10
2A
12a

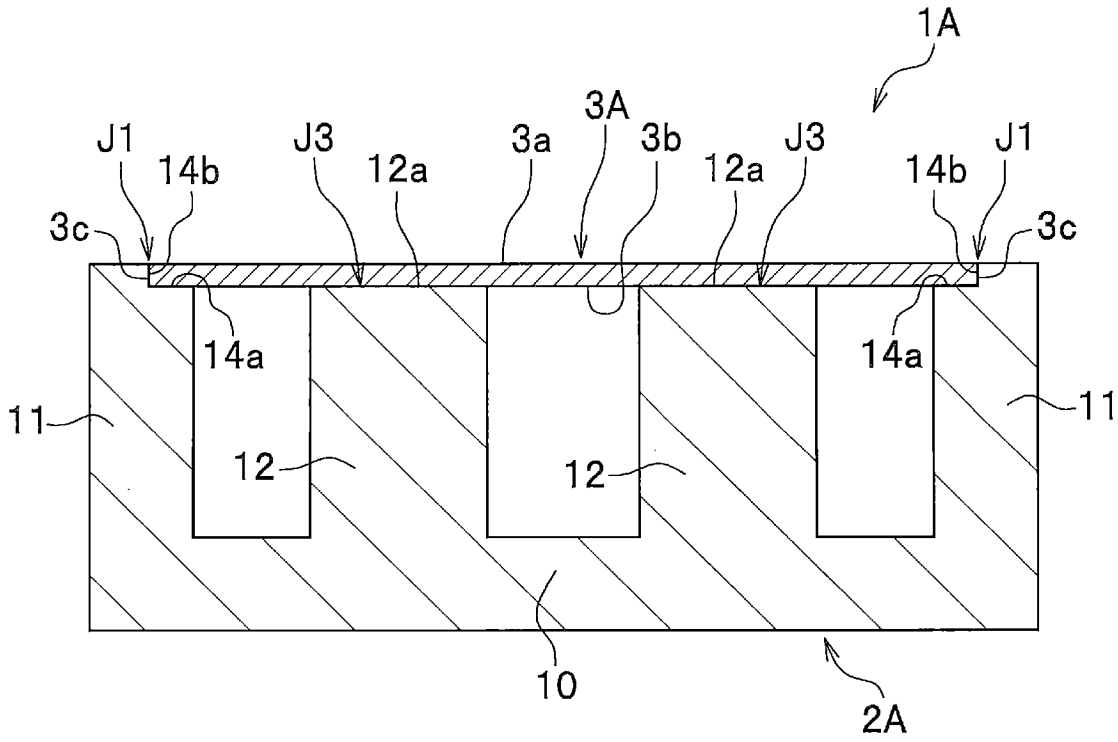
[図26]


1A
3A
3a
3b
J1
J3
J3
J1
W1
W2
W2
W2
W2
W1
11a
14a
14a
11
11
12a
12a
12
12
10
2A

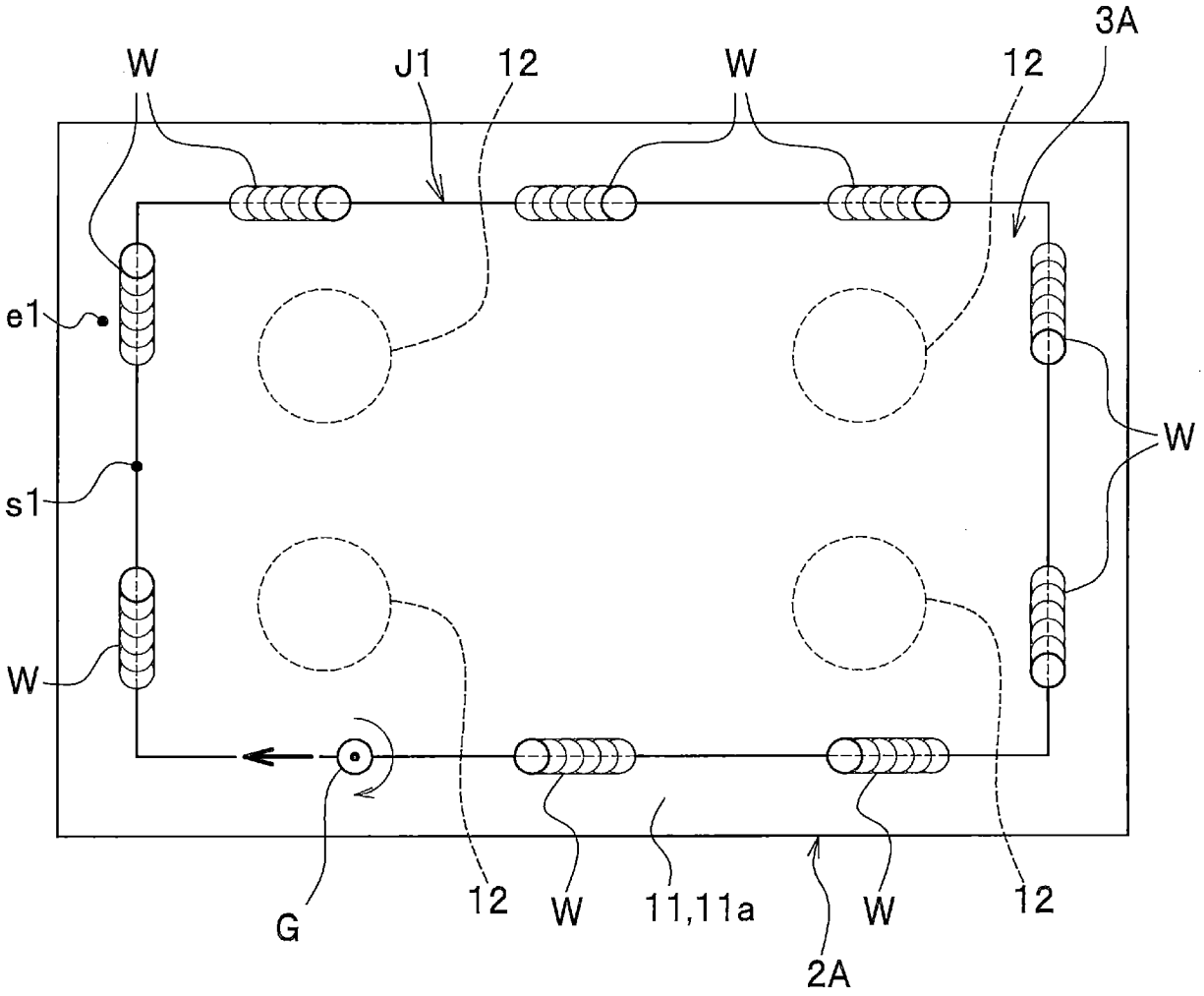
[図27]


3A
3a
3c
3b
11a
14b
14
14a
12a
12a
14a
14
14b
12
12
11
11
10
2A

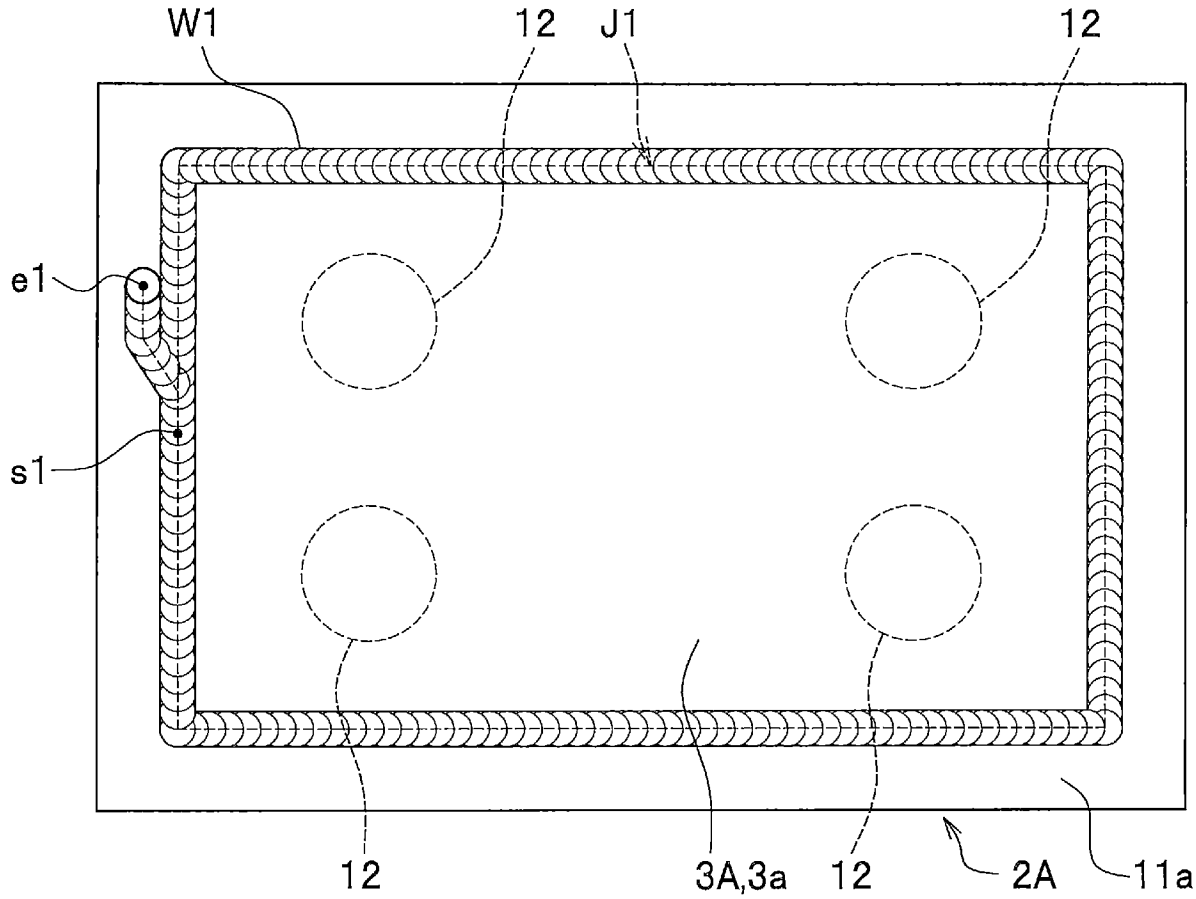
[図28]


1A
3A
J1
14b
J3
12a
3a
3b
12a
J3
14b
J1
3c
3c
14a
14a
11
11
12
12
10
2A

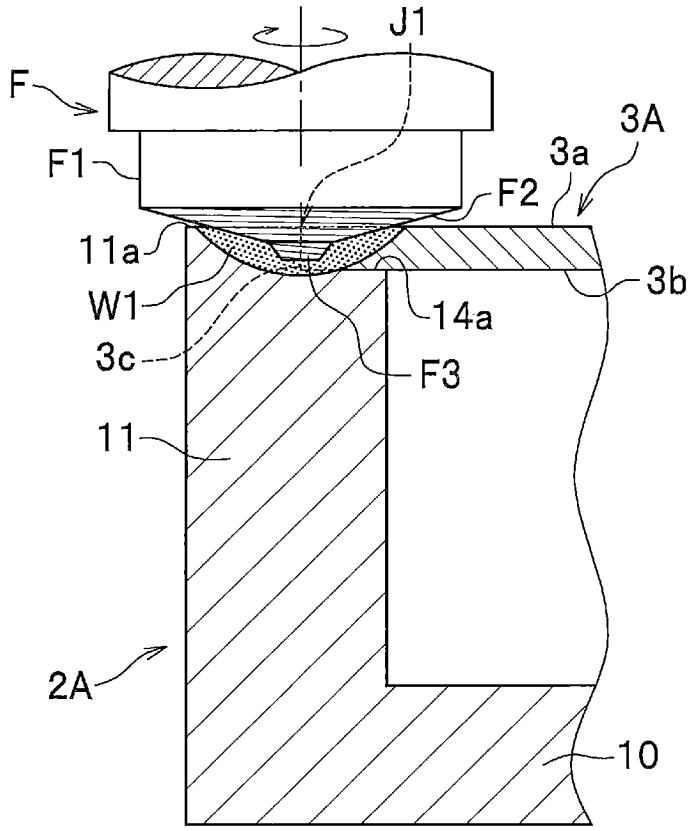
[図29]



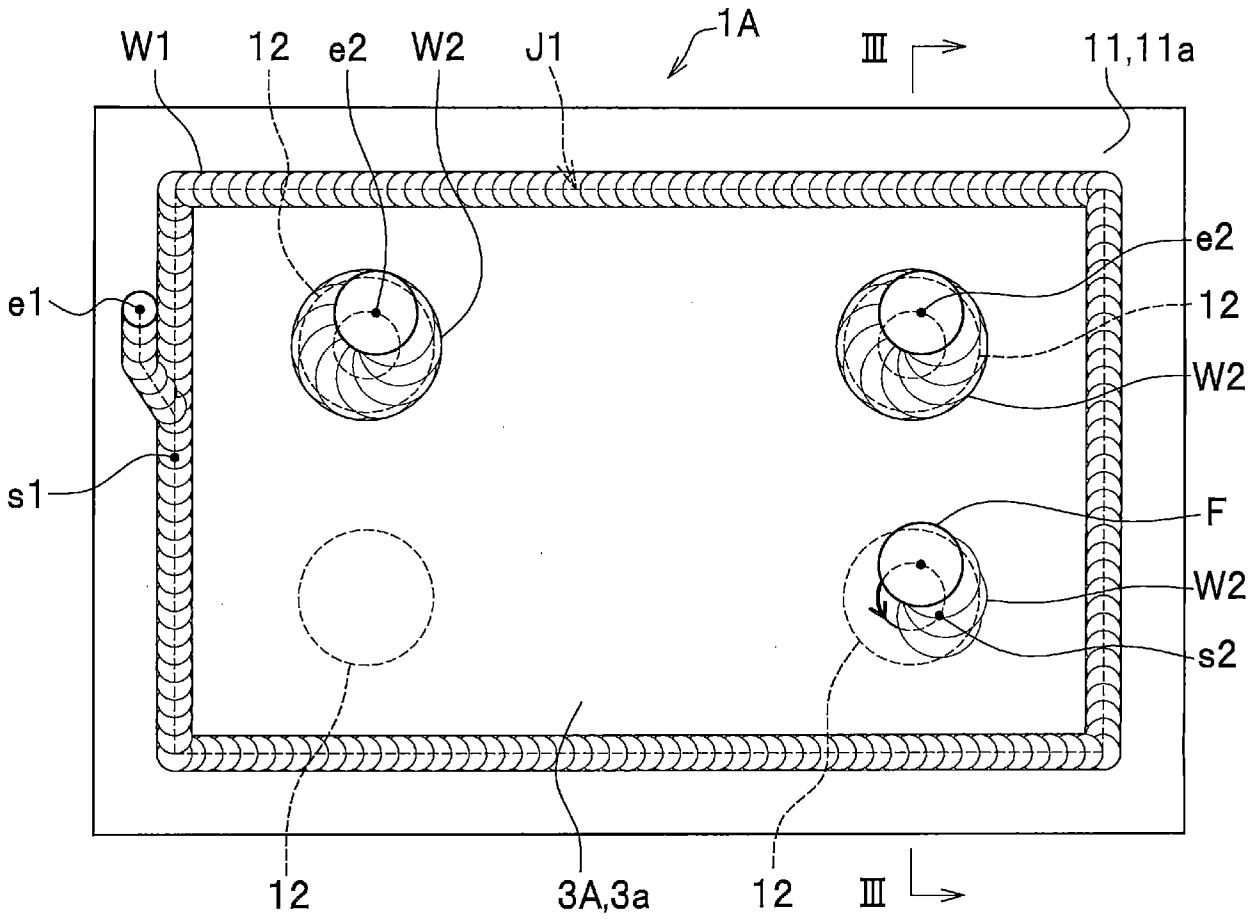
[図30]


W1
12
J1
12
e1
s1
12
3A,3a
12
2A
11a

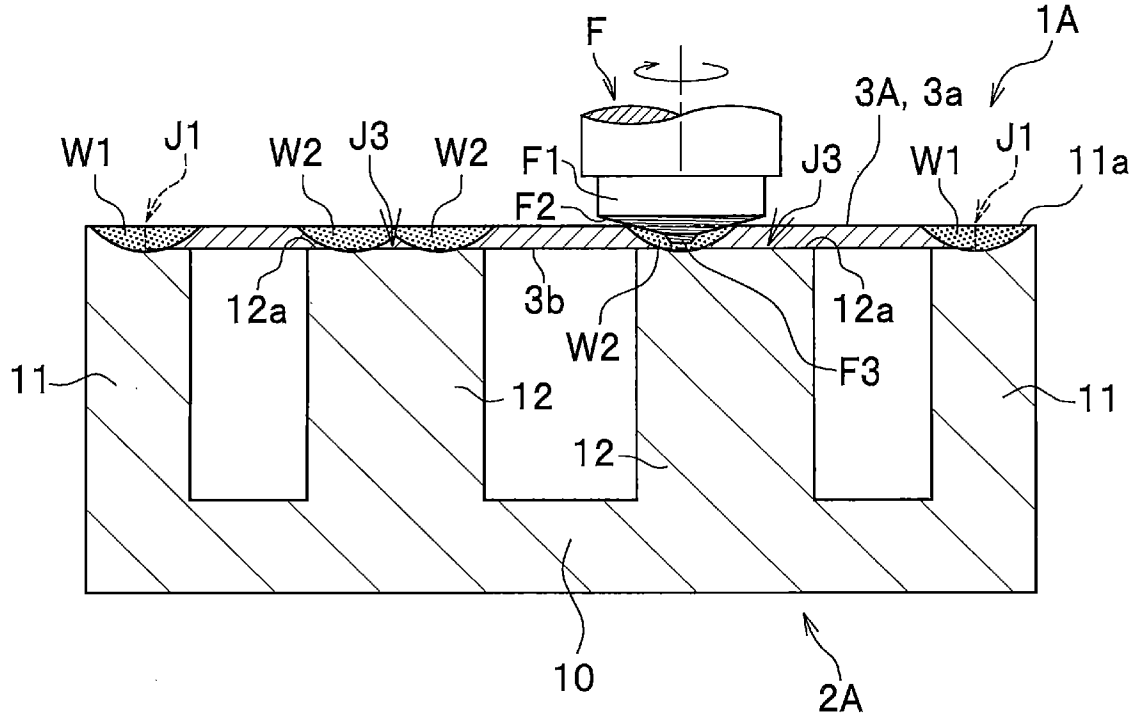
[図31]


J1
F
3A
3a
F1
F2
11a
3b
W1
14a
3c
F3
11
2A
10

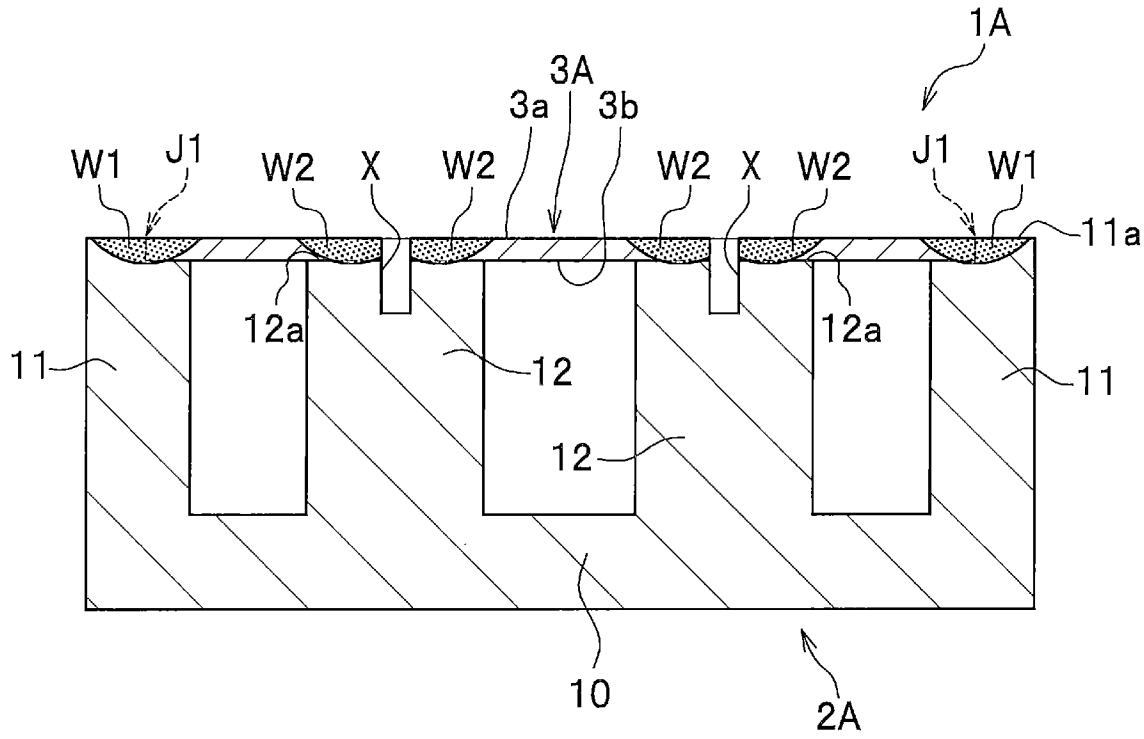
[図32]


W1
12
e2
W2
J1
1A
Ⅲ
11,11a
e1
s1
e2
12
W2
F
W2
s2
12
3A,3a
12
Ⅲ

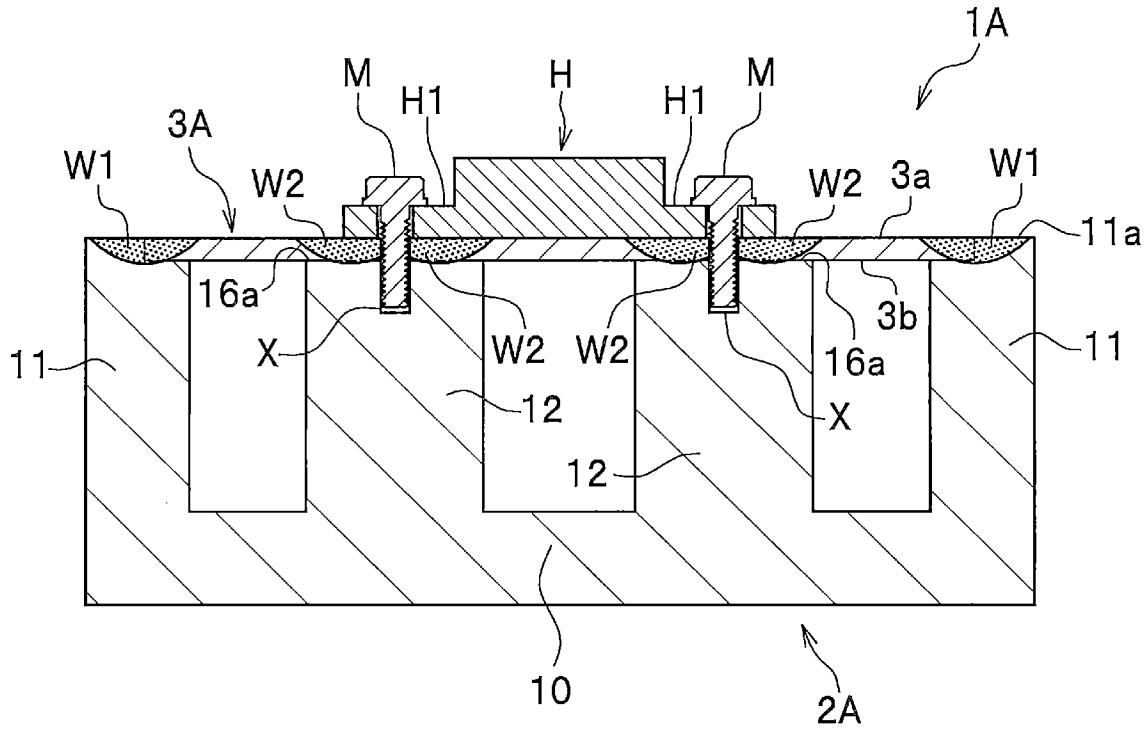
[図33]


F
1A
3A, 3a
W1
J1
W2
J3
W2
F1
F2
J3
W1
J1
11a
12a
3b
W2
12a
F3
11
12
12
11
10
2A

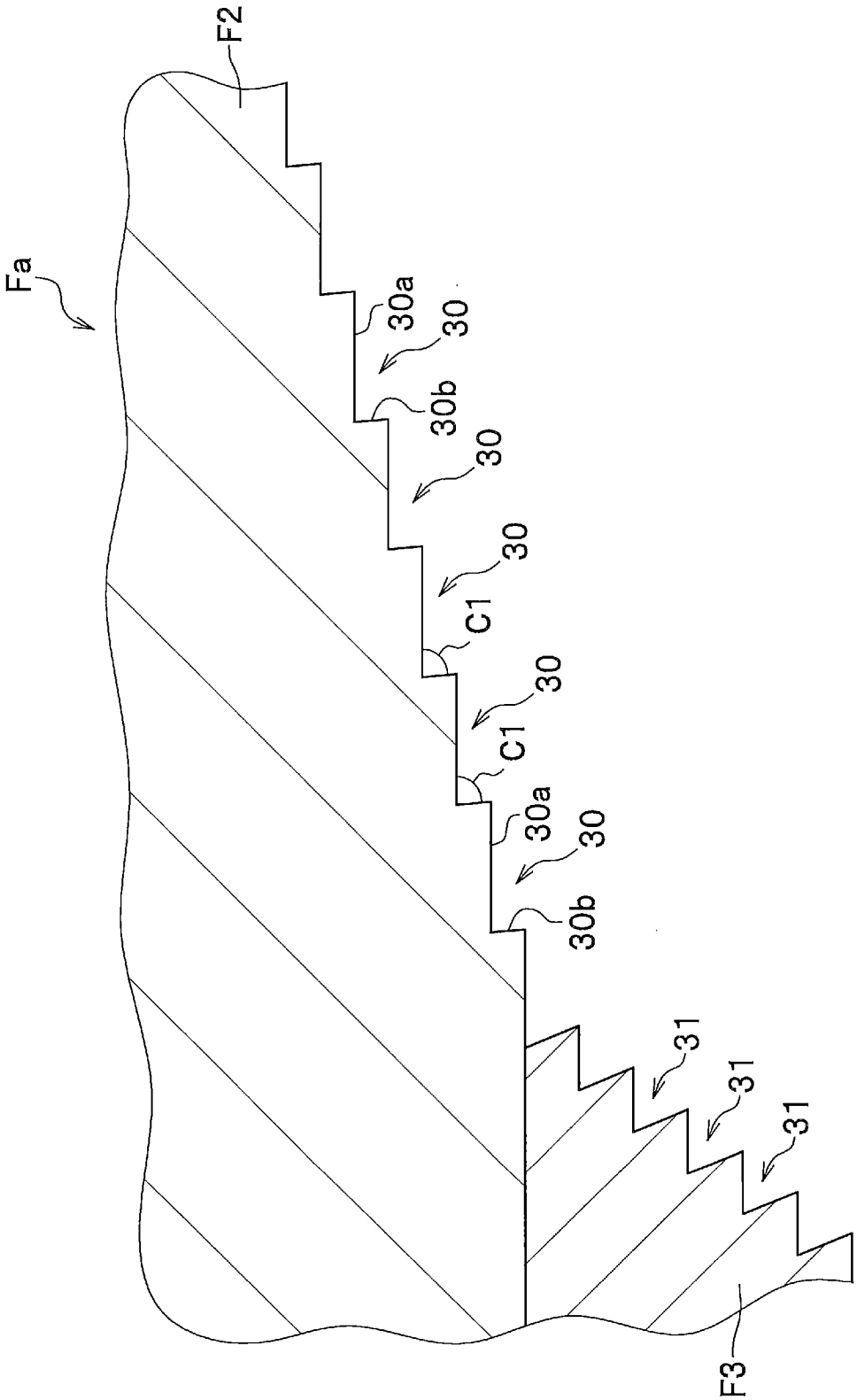
[図34]


1A
3A
3a
3b
W1
J1
W2
X
W2
W2
X
W2
J1
W1
11a
12a
12a
11
12
11
12
10
2A

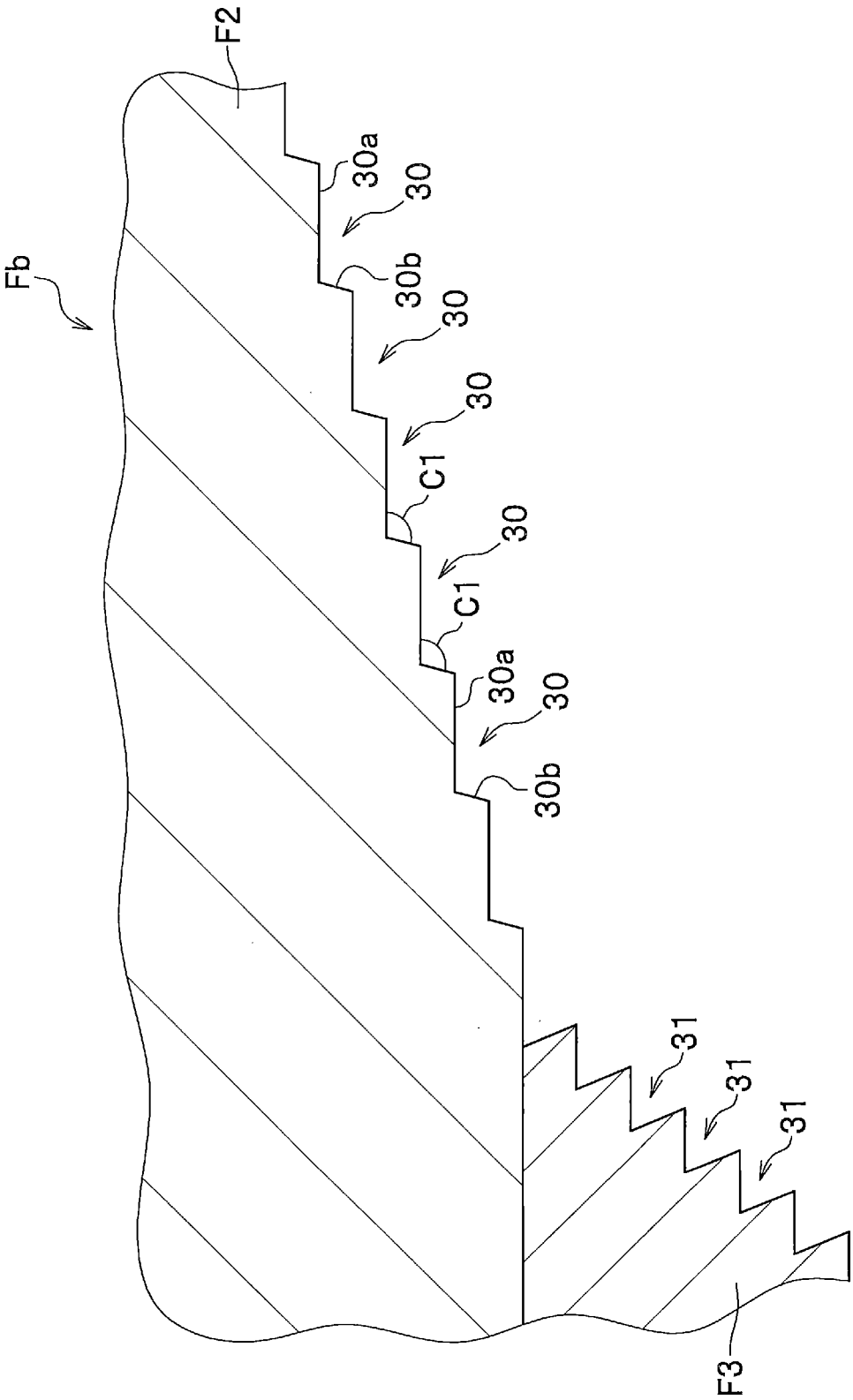
[図35]


1A
M
H1
H
H1
M
3A
W1
W2
W2
3a
W1
11a
16a
3b
X
W2
W2
16a
11
11
12
X
12
10
2A

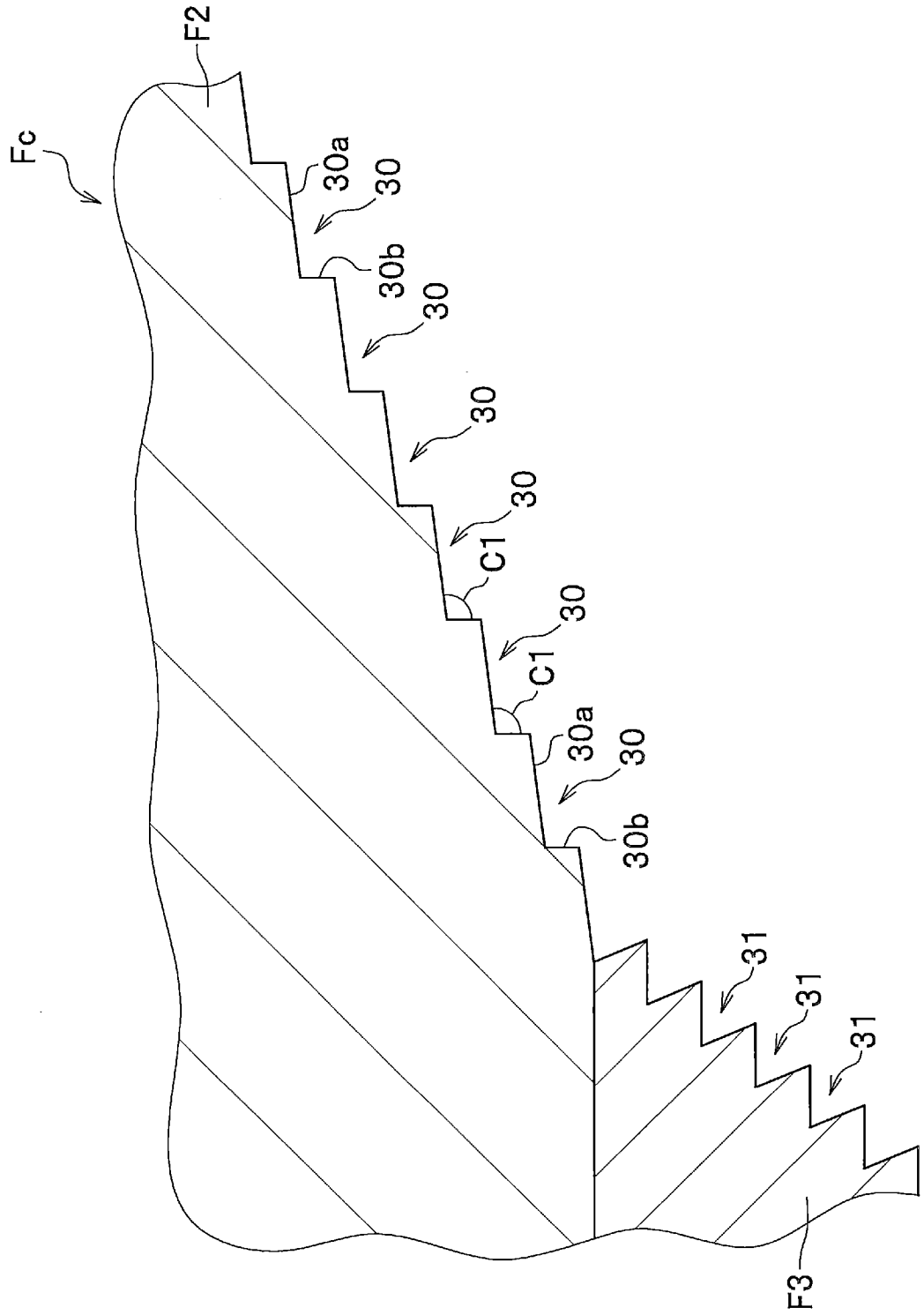
[図36]



[図37]



[図38]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/027337

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. B23K20/12(2006.01)i, H01L23/473(2006.01)i

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)
Int. Cl. B23K20/12, H01L23/473

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
Y	JP 2016-87649 A (NIPPON LIGHT METAL CO., LTD.) 23 May 2016, claims 1-13, fig. 4, 15 & WO 2016/072211 A1 & TW 201628750 A & CN 107000114 A	1-11
Y	JP 2016-215264 A (TOSHIBA CORP.) 22 December 2016, paragraphs [0007]-[0016], [0024]-[0028], fig. 1, 2, 4 (b)-5 (Family: none)	1-11

☐ 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
21.09.2018	02.10.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０２７３３７

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, H01L23/473(2006.01)i

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, H01L23/473

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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	関連する請求項の番号
Y	JP 2016-87649 A (日本軽金属株式会社) 2016.05.23, 請求項 1-13 及び図 4,15 & WO 2016/072211 A1 & TW 201628750 A & CN 107000114 A	1-11
Y	JP 2016-215264 A (株式会社東芝) 2016.12.22, 段落 0007-0016,0024-0028 及び図 1-2,4(b)-5 (ファミリーなし)	1-11

☐　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	国際調査報告の発送日
２１．０９．２０１８	０２．１０．２０１８

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　４０１６
奥隅　隆
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６３