

(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
2017年8月17日(17.08.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/138324 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/001823
- (22) 国際出願日: 2017年1月19日(19.01.2017)
- (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 2016-022580 2016年2月9日(09.02.2016) JP
特願 2016-032840 2016年2月24日(24.02.2016) JP
特願 2016-040603 2016年3月3日(03.03.2016) JP
特願 2016-154145 2016年8月5日(05.08.2016) JP
特願 2016-154179 2016年8月5日(05.08.2016) JP
特願 2016-172437 2016年9月5日(05.09.2016) 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

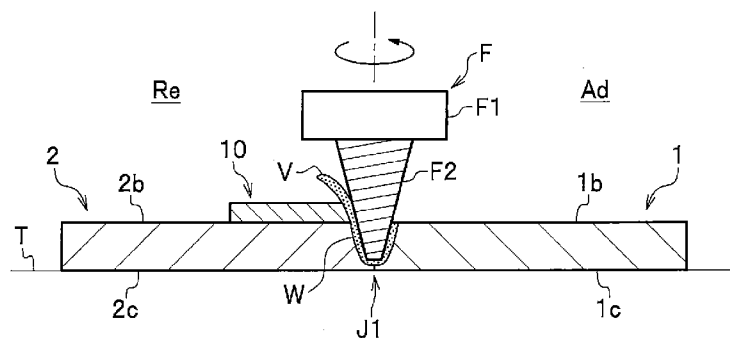
静岡市清水区蒲原一丁目34番1号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内 Shizuoka (JP).

- (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, 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

[続葉有]

(54) Title: JOINING METHOD

(54) 発明の名称: 接合方法



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing a joining method that can prevent a shortage of metal at a joining portion. The joining method joins a first metal member (1) and a second metal member (2) by using a joining rotation tool (F) provided with a stirring pin (F2), the joining method being characterized by including: a butting step of butting the first metal member (1) and the second metal member (2) to form a butt portion (J1); a disposition step of disposing an auxiliary member (10) so as to be in surface-contact with the first metal member (1) or the second metal member (2); and a friction stirring step of causing the joining rotation tool (F) to relatively move along the butted portion (J1) with only the stirring pin (F2) in contact with the first metal member (1), the second metal member (2), and the auxiliary member (10), thereby joining the first metal member (1), the second metal member (2), and the auxiliary member (10).

(57) 要約: 接合部の金属不足を防ぐことができる接合方法を提供することを課題とする。攪拌ピン(F2)を備えた接合用回転ツール(F)を用いて第一金属部材(1)と第二金属部材(2)とを接合する接合方法であって、第一金属部材(1)と第二金属部材(2)とを突合させて突合せ部(J1)を形成する突合せ工程と、第一金属部材(1)又は第二金属部材(2)に面接触するように補助部材(10)を配置する配置工程と、攪拌ピン(F2)のみを第一金属部材(1)、第二金属部材(2)及び補助部材(10)に接触させた状態で突合せ部(J1)に沿って接合用回転ツール(F)を相対移動させて第一金属部材(1)、第二金属部材(2)及び補助部材(10)を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする。

WO 2017/138324 A1



ロツパ (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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：接合方法

技術分野

[0001] 本発明は、金属部材同士を摩擦攪拌で接合する接合方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献１には、第一金属部材と第二金属部材とを摩擦攪拌で接合する接合方法が開示されている。当該接合方法では、第一金属部材と第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成した後、回転ツールの攪拌ピンのみを第一金属部材及び第二金属部材に接触させた状態で突合せ部に対して摩擦攪拌を行うというものである。

[0003] また、例えば、特許文献２には、第一金属部材と第二金属部材を重ね合わせて重合部を形成した後、第二金属部材の表面から回転ツールを挿入して重合部を摩擦攪拌接合する接合方法が記載されている。当該摩擦攪拌接合では、攪拌ピンのみを第二金属部材に接触させた状態で摩擦攪拌を行うというものである。

[0004] 例えば、特許文献３には、表面の高さが変化する金属部材同士の端面を突き合わせて高さが変化する突合せ部を形成し、回転ツールの攪拌ピンのみを金属部材同士の突合せ部に接触させた状態で摩擦攪拌を行って接合する接合方法が記載されている。

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：特開２０１５－１３９８００号公報

特許文献３：特開２０１５－１９９１１９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献１に係る接合方法であると、塑性流動化した金属を回転ツールの

ショルダ部で押さええないため、塑性流動化した金属が外部に溢れ出し接合部が金属不足になるという問題がある。さらに、長尺の金属部材同士を突合せると、突合せ部に隙間が生じる場合があり、接合部が金属不足になるという問題がある。

[0007] 特許文献2に係る接合方法であると、塑性流動化した金属を回転ツールのショルダ部で押さええないため、塑性流動化した金属が外部に溢れ出し接合部が金属不足になり、第二金属部材の表面に凹溝が形成されるという問題がある。

[0008] 特許文献3に係る接合方法であると、塑性流動化した金属を回転ツールのショルダ部で押さええないため、塑性流動化した金属が外部に溢れ出し接合部が金属不足になり、金属部材同士の突合せ部の表面に凹溝が形成されるという問題がある。

[0009] そこで、本発明は、接合部の金属不足を防ぐことができる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

[0010] 前記課題を解決するために、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、前記第一金属部材又は前記第二金属部材に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含む、ことを特徴とする。

また、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の両方に面接触するように補助部材を配置する配置

工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含む、ことを特徴とする。

[0011] かかる接合方法によれば、第一金属部材と第二金属部材とが接合されるとともに、第一金属部材及び第二金属部材に加え、補助部材も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0012] また、バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材又は前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことが好ましい。かかる接合方法によれば、バリを補助部材ごと除去できるので除去工程が容易となる。

[0013] また、前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することが好ましい。かかる接合方法によれば、バリを除去する作業をより容易に行うことができる。

[0014] また、前記配置工程では、前記補助部材を第一金属部材及び前記第二金属部材の一方に配置しつつ、前記摩擦攪拌工程後に他方側に補助部材が残存しない程度に前記突合せ部を挟んで他方側にわずかに突出するように配置し、前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが、前記補助部材のうち第一金属部材及び前記第二金属部材の一方側に形成されるように接合条件を設定することが好ましい。

[0015] かかる接合方法によれば、バリを除去する作業をより容易に行うことができる。また、突合せ部を挟んで他方側にわずかに補助部材を突出させる分、接合部の金属不足をより確実に防ぐことができる。

[0016] また、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、前記第一金属部材又は前記第二金属部材に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピン

のみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含み、前記突合せ工程において、前記突合せ部を形成する際に前記突合せ部に隙間が生じていることを特徴とする。

また、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の両方に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含み、前記突合せ工程において、前記突合せ部を形成する際に前記突合せ部に隙間が生じていることを特徴とする。

[0017] かかる接合方法によれば、第一金属部材と第二金属部材とが接合されるとともに、第一金属部材及び第二金属部材に加え、補助部材も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。また、前記突合せ工程において、前記突合せ部を形成する際に突合せ部に隙間が生じている場合であっても、塑性流動化した金属が当該隙間を埋めることができる。

[0018] また、前記課題を解決するために、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材と、前記第一金属部材よりも薄い前記第二金属部材とを用意する準備工程と、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の端面同士を突き合わせて突合せ部を形成するとともに第一の段差を形成する突合せ工程と、前記第一の段差に補助部材を配置する配置工程と、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の表面側から回転する前記回転ツールを前記第一の段差に挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、第二金属部材及び補助部材に

接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする。

また、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の端面同士を突き合わせて突合せ部を形成するとともに第一の段差を形成する突合せ工程と、前記第一の段差に補助部材を配置する配置工程と、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の表面側から回転する前記回転ツールを前記第一の段差に挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、第二金属部材及び補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする。

[0019] かかる接合方法によれば、第一金属部材と第二金属部材とが接合されるとともに、第一金属部材及び第二金属部材に加え、補助部材も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0020] また、バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことが好ましい。かかる接合方法によれば、バリを補助部材ごと除去できるので除去工程が容易となる。

[0021] また、前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが前記補助部材に形成されるように、接合条件を設定することが好ましい。かかる接合方法によれば、バリを除去する作業をより容易に行うことができる。

[0022] また、前記配置工程において、前記第一金属部材の表面と前記補助部材の表面とが面一になるように前記補助部材を配置することが好ましい。かかる接合方法によれば、回転ツールを容易に挿入することができる。

[0023] また、前記配置工程において、前記第一金属部材の表面よりも前記補助部材の表面が高い位置となるように前記補助部材を配置することが好ましい。かかる接合方法によれば、接合部の金属不足を確実に防ぐことができる。

[0024] また、前記配置工程において、前記第一金属部材の表面よりも前記補助部材の表面が低い位置となるように前記補助部材を配置することが好ましい。

かかる接合方法によれば、補助部材を容易に除去することができる。

[0025] また、前記摩擦攪拌工程において、前記回転ツールの回転中心軸を前記突合せ部に対して前記補助部材側に偏移させた状態で、前記突合せ部に沿って摩擦攪拌接合を行うことが好ましい。また、前記摩擦攪拌工程において、前記回転ツールの回転中心軸を前記補助部材側に傾斜させた状態で、前記突合せ部に沿って摩擦攪拌接合を行うことが好ましい。

[0026] かかる接合方法によれば、補助部材が多く摩擦攪拌されるため、接合部の金属不足を確実に防ぐことができる。

[0027] また、前記課題を解決するために、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材の表面に前記第二金属部材の裏面を重ね合せて重合部を形成する重合工程と、前記第二金属部材の表面に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを、前記第二金属部材及び前記補助部材、又は、前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする。

[0028] かかる接合方法によれば、重合部が接合されるとともに、第一金属部材及び第二金属部材に加え、補助部材も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。これにより、第二金属部材の表面に凹溝ができるのを防ぐことができる。

[0029] また、バリが形成された前記補助部材を前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことが好ましい。かかる接合方法によれば、バリを補助部材ごと除去することができる。

[0030] また、前記摩擦攪拌工程では、前記補助部材の中央部に前記攪拌ピンを挿入することが好ましい。かかる接合方法によれば、金属不足をより確実に防ぐことができる。また、補助部材に回転ツールを容易に挿入することができる。

- [0031] また、前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、前記摩擦攪拌工程では、前記回転ツールの回転中心軸と前記基準線とが重なるように前記攪拌ピンを相対移動させるとともに、バリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することが好ましい。
- [0032] かかる接合方法によれば、回転ツールに対して片側にのみ補助部材が残存するため、除去工程を容易に行うことができる。
- [0033] また、前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌工程を行った後に前記回転ツールの片側にのみ補助部材が残存する程度に前記回転ツールの回転中心軸を前記基準線よりもわずかに前記補助部材の中央側に偏移させて相対移動させるとともに、残存する前記補助部材にバリが形成されるように接合条件を設定することが好ましい。
- [0034] かかる接合方法によれば、回転ツールに対して方側にのみ補助部材が残存するため、除去工程を容易に行うことができる。また、回転ツールの回転中心軸が基準線よりも補助部材の中央側に偏移しているため接合部の金属不足をより確実に防ぐことができる。また、補助部材に回転ツールを容易に挿入することができる。
- [0035] また、前記課題を解決するために本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、少なくとも表面の高さが変化する前記第一金属部材の表面に、少なくとも裏面の高さが変化する前記第二金属部材の裏面を重ね合せて高さが変化する重合部を形成する重合工程と、前記第二金属部材の表面に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記第二金属部材及び前記補助部材、又は、前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特

徴とする。

- [0036] かかる方法によれば、高さが変化する重合部が接合されるとともに、高さが変化する第一金属部材及び第二金属部材に加え、補助部材も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。これにより、第二金属部材の表面に凹溝ができるのを防ぐことができる。
- [0037] また、バリが形成された前記補助部材を前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする。
- [0038] かかる方法によれば、バリを補助部材ごと除去することができる。
- [0039] また、前記摩擦攪拌工程では、前記補助部材の中央部に前記攪拌ピンを挿入することを特徴とする。
- [0040] かかる方法によれば、金属不足をより確実に防ぐことができる。また、補助部材に回転ツールを容易に挿入することができる。
- [0041] また、前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、前記摩擦攪拌工程では、前記回転ツールの回転中心軸と前記基準線とが重なるように前記攪拌ピンを相対移動させるとともに、バリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする。
- [0042] かかる方法によれば、回転ツールに対して片側にのみ補助部材が残存するため、除去工程を容易に行うことができる。
- [0043] また、前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、前記摩擦攪拌工程では、前記摩擦攪拌工程を行った後に前記回転ツールの片側にのみ補助部材が残存する程度に前記回転ツールの回転中心軸を前記基準線よりもわずかに前記補助部材の中央側に偏移させて相対移動させるとともに、残存する前記補助部材にバリが形成されるように接合条件を設定することを特徴とする。
- [0044] かかる方法によれば、回転ツールに対して方側にのみ補助部材が残存するため、除去工程を容易に行うことができる。また、回転ツールの回転中心軸が基準線よりも補助部材の中央側に偏移しているため接合部の金属不足をよ

り確実に防ぐことができる。また、補助部材に回転ツールを容易に挿入することができる。

[0045] また、このような課題を解決するために本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、表面の高さが変化する前記第一金属部材と表面の高さが変化する前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、前記第一金属部材又は前記第二金属部材に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から高さが変化する前記突合せ部に対して挿入し、前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする。

[0046] かかる方法によれば、高さが変化する突合せ部が接合されるとともに、高さが変化する第一金属部材及び第二金属部材に加え、補助部材も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。これにより、第一金属部材及び第二金属部材の表面に凹溝ができるのを防ぐことができる。

[0047] また、バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材又は前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする。

[0048] かかる方法によれば、バリを補助部材ごと除去することができる。

[0049] また、前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする。

[0050] かかる方法によれば、補助部材ごと全てのバリを除去することができる。

[0051] また、本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、表面の高さが変化する前記第一金属部材と表面の高さが変化する前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の両方

に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から高さが変化する前記突合せ部に対して挿入し、前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする。

[0052] かかる方法によれば、高さが変化する突合せ部が接合されるとともに、高さが変化する第一金属部材及び第二金属部材に加え、補助部材も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。これにより、第一金属部材及び第二金属部材の表面に凹溝ができるのを防ぐことができる。また、補助部材の中央付近から攪拌ピンを突合せ部まで挿入できるので、攪拌ピンを補助部材に容易に挿入することができる。

[0053] また、バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材から除去する除去工程と、を含むことを特徴とする。

[0054] かかる方法によれば、摩擦攪拌工程によって分断された補助部材にそれぞれバリが形成されるが、除去工程において、バリを補助部材ごとに取り除くことができる。

[0055] また、前記配置工程では、前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材のいずれか一方に配置しつつ、前記突合せ部を挟んで他方側にわずかに突出するように配置し、前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが、前記補助部材のうち前記第一金属部材及び前記第二金属部材のいずれか一方側に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする。

[0056] かかる方法によれば、補助部材のわずかに突出した部分が攪拌ピンで摩擦攪拌されて接合部に補填されるので、接合部の金属不足をバランス良く、かつ、より確実に防ぐことができる。また、突合せ部に挿入される回転中心軸が、補助部材の端面から中央側にわずかにずれた位置となるので、攪拌ピンを補助部材に容易に挿入することができる。

[0057] また、前記攪拌ピンの周面に螺旋溝が刻設されており、前記回転ツールを

右回転させる場合は、前記螺旋溝を前記攪拌ピンの基端側から先端側に向けて左回りに刻設し、前記回転ツールを左回転させる場合は、前記螺旋溝を前記攪拌ピンの基端側から先端側に向けて右回りに刻設することを特徴とする。

[0058] かかる方法によれば、塑性流動化した金属材料が螺旋溝に導かれて攪拌ピンの先端側に移動するため、金属部材の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。

発明の効果

[0059] 本発明に係る接合方法によれば、接合部の金属不足を防ぐことができる。

図面の簡単な説明

[0060] [図1]本発明の第一実施形態の突合せ工程及び配置工程を示す断面図である。

[図2]第一実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図3]第一実施形態に係る摩擦攪拌工程後を示す断面図である。

[図4]第一実施形態に係る除去工程を示す断面図である。

[図5]第一実施形態に係る除去工程後を示す断面図である。

[図6]第二実施形態に係る突合せ工程及び配置工程を示す断面図である。

[図7]第二実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図8]第二実施形態に係る除去工程を示す断面図である。

[図9]第三実施形態に係る突合せ工程及び配置工程を示す断面図である。

[図10]第三実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図11]第三実施形態に係る除去工程を示す断面図である。

[図12]本発明の第四実施形態に係る準備工程、突合せ工程及び配置工程を示す断面図である。

[図13]第四実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図14]第四実施形態に係る摩擦攪拌工程後を示す断面図である。

[図15]第四実施形態に係る除去工程を示す断面図である。

[図16]第四実施形態の第一変形例に係る配置工程を示す断面図である。

[図17]第四実施形態の第二変形例に係る配置工程を示す断面図である。

[図18]第四実施形態の第三変形例に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図19]第五実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図20]第五実施形態に係る摩擦攪拌工程後を示す断面図である。

[図21]本発明の第六実施形態の重合工程及び配置工程を示す断面図である。

[図22]第六実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図23]第六実施形態に係る摩擦攪拌工程後を示す断面図である。

[図24]第六実施形態に係る除去工程を示す断面図である。

[図25]第六実施形態に係る除去工程後を示す断面図である。

[図26]第七実施形態に係る重合工程及び配置工程を示す断面図である。

[図27]第七実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図28]第七実施形態に係る除去工程を示す断面図である。

[図29]第八実施形態に係る重合工程及び配置工程を示す断面図である。

[図30]第八実施形態に係る摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図31]第八実施形態に係る除去工程を示す断面図である。

[図32]本発明の第九実施形態に係る接合方法の第一金属部材、第二金属部材及び補助部材を示す斜視図である。

[図33]第九実施形態に係る接合方法の重合工程及び配置工程を示す断面図である。

[図34]第九実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す斜視図である。

[図35]第九実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図36]第九実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図37]第九実施形態に係る接合方法の除去工程前を示す断面図である。

[図38]第九実施形態に係る接合方法の除去工程を示す断面図である。

[図39]第九実施形態に係る接合方法の除去工程後を示す断面図である。

[図40]第九実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程（変形例）を示す断面図である。

[図41]本発明の第十実施形態の重合工程及び配置工程を示す断面図である。

[図42]第十実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す斜視図である。

[図43]第十実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図44]第十実施形態に係る接合方法の除去工程を示す断面図である。

[図45]本発明の第十一実施形態の重合工程及び配置工程を示す断面図である。

。

[図46]第十一実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す斜視図である。

[図47]第十一実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図48]第十一実施形態に係る接合方法の除去工程を示す断面図である。

[図49]他の実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図50]本発明の第十二実施形態に係る接合方法の第一金属部材、第二金属部材を示す斜視図である。

[図51]第十二実施形態に係る接合方法の突合せ工程を示す斜視図である。

[図52]第十二実施形態に係る接合方法の第一金属部材、第二金属部材及び補助部材を示す斜視図である。

[図53]第十二実施形態に係る接合方法の突合せ工程及び配置工程を示す側断面図である。

[図54]第十二実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す斜視図である。

[図55]第十二実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図56]第十二実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図57]第十二実施形態に係る接合方法の除去工程前を示す断面図である。

[図58]第十二実施形態に係る接合方法の除去工程を示す断面図である。

[図59]第十二実施形態に係る接合方法の除去工程後を示す断面図である。

[図60]第十二実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程（変形例）を示す断面図である。

[図61]本発明の第十三実施形態の突合せ工程及び配置工程を示す断面図である。

[図62]第十三実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す斜視図である。

[図63]第十三実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図64]第十三実施形態に係る接合方法の除去工程を示す断面図である。

[図65]本発明の第十四実施形態の突合せ工程及び配置工程を示す断面図である。

[図66]第十四実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す斜視図である。

[図67]第十四実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す断面図である。

[図68]第十四実施形態に係る接合方法の除去工程を示す断面図である。

[図69]他の実施形態に係る接合方法の突合せ工程を示す断面図である。

[図70]他の実施形態に係る接合方法の摩擦攪拌工程を示す側断面図である。

発明を実施するための形態

[0061] [第一実施形態]

本発明の第一実施形態に係る接合方法について図面を参照して詳細に説明する。本実施形態に係る接合方法では、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程と、を行う。なお、以下の説明における「表面」とは、「裏面」の反対側の面という意味である。

[0062] 突合せ工程は、図1に示すように第一金属部材1と第二金属部材2とを突き合わせる工程である。第一金属部材1及び第二金属部材2は、金属製の板状部材である。第一金属部材1及び第二金属部材2の材料は、摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等から適宜選択すればよい。第一金属部材1及び第二金属部材2の板厚は同等になっている。第一金属部材1及び第二金属部材2の板厚は適宜設定すればよい。

[0063] 突合せ工程では、第一金属部材1の端面1aと、第二金属部材2の端面2aとを突き合わせて突合せ部J1を形成する。突合せ部J1を形成する際に、第一金属部材1の端面1aと第二金属部材2の端面2aとの間に隙間が生じている場合がある。隙間は1mm程度である。第一金属部材1の表面1bと、第二金属部材2の表面2bとは面一になる。

[0064] 配置工程は、第一金属部材1又は第二金属部材2に補助部材10を配置する工程である。補助部材10は金属製の板状部材である。補助部材10は摩

擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、本実施形態では第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 と同じ材料になっている。補助部材 10 の板厚は、後記する摩擦攪拌工程後の塑性化領域 W が金属不足にならないように適宜設定する。本実施形態では、補助部材 10 の板厚は第一金属部材 1 よりも薄く設定している。

[0065] 配置工程では、補助部材 10 の裏面 10c と第二金属部材 2 の表面 2b とを面接触させる。補助部材 10 は、第二金属部材 2（又は第一金属部材 1）のみと面接触するように配置する。本実施形態では、補助部材 10 の端面 10a と第二金属部材 2 の端面 2a とが面一となるように配置する。また、第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10 を治具（図示省略）を用いて架台 T に移動不能に拘束する。なお、補助部材 10 は本実施形態では板状としているが、他の形状であってもよい。

[0066] 摩擦攪拌工程は、図 2 に示すように、接合用回転ツール F を用いて第一金属部材 1 と第二金属部材 2 との突合せ部 J1 を摩擦攪拌によって接合する工程である。接合用回転ツール F は、連結部 F1 と、攪拌ピン F2 とで構成されている。接合用回転ツール F は、特許請求の範囲の「回転ツール」に相当する。接合用回転ツール F は、例えば工具鋼で形成されている。連結部 F1 は、摩擦攪拌装置の回転軸（図示省略）に連結される部位である。連結部 F1 は円柱状を呈している。

[0067] 攪拌ピン F2 は、連結部 F1 から垂下しており、連結部 F1 と同軸になっている。攪拌ピン F2 は連結部 F1 から離間するにつれて先細りになっている。攪拌ピン F2 の外周面には螺旋溝が刻設されている。本実施形態では、接合用回転ツール F を左回転させるため、螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて右回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て右回りに形成されている。

[0068] なお、接合用回転ツール F を右回転させる場合は、螺旋溝を基端から先端に向かうにつれて左回りに形成することが好ましい。言い換えると、この場合の螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て左回りに

形成されている。螺旋溝をこのように設定することで、摩擦攪拌の際に塑性流動化した金属が螺旋溝によって攪拌ピンF 2の先端側に導かれる。これにより、被接合金属部材（第一金属部材1、第二金属部材2及び補助部材10）の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。螺旋溝は省略してもよい。

[0069] 接合用回転ツールFは、マシニングセンタ等の摩擦攪拌装置に取り付けてもよいが、例えば、先端にスピンドルユニット等の回転手段を備えたアームロボットに取り付けてもよい。アームロボットに接合用回転ツールFを取り付けることにより接合用回転ツールFの回転中心軸の傾斜角度を容易に変更することができる。

[0070] 摩擦攪拌工程では、突合せ部J 1に左回転させた攪拌ピンF 2のみを挿入し、被接合金属部材と連結部F 1とは離間させつつ相対移動させる。言い換えると、攪拌ピンF 2の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。そして、第一金属部材1、第二金属部材2及び補助部材10と攪拌ピンF 2とを接触させた状態で突合せ部J 1に沿って接合用回転ツールFを相対移動させる。本実施形態では、接合用回転ツールFの進行方向左側に補助部材10が位置するように接合用回転ツールFの進行方向を設定する。接合用回転ツールFの回転方向及び進行方向は前記したものに限定されるものではなく適宜設定すればよい。例えば、接合用回転ツールFの進行方向左側に補助部材10を配置しつつ、接合用回転ツールFを右回転させてもよい。もしくは、接合用回転ツールFの進行方向右側に補助部材10を配置しつつ、接合用回転ツールFを左右いずれかに回転させてもよい。接合用回転ツールFの回転方向等の条件と補助部材10の好ましい位置関係については後記する。

[0071] 攪拌ピンF 2の挿入深さは、攪拌ピンF 2と突合せ部J 1とを接触させつつ、第一金属部材1及び第二金属部材2の板厚等に応じて適宜設定すればよい。これにより突合せ部J 1が摩擦攪拌接合される。接合用回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域Wが形成される。摩擦攪拌工程後は、図3に示すように、補助部材10の端部にバリVが形成される。

[0072] 除去工程は、図4に示すように、補助部材10を第二金属部材2から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材10を第二金属部材2から離間する方向に折り曲げて第二金属部材2から除去する。これにより、図5に示すように第一金属部材1と第二金属部材2とが平面状に接合される。

[0073] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材1と第二金属部材2とが接合されるとともに、第一金属部材1及び第二金属部材2に加え、補助部材10も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。また、第一金属部材1及び第二金属部材2に加え、補助部材10も同時に摩擦攪拌接合することにより、突合せ部J1に隙間が生じている場合であっても、塑性流動化した金属が当該隙間を埋めることができるとともに、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。また、本実施形態によれば、第一金属部材1及び第二金属部材2の両方ではなく、片側のみに補助部材10を配置するだけで金属不足を防ぐことができる。

[0074] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって補助部材10にバリVが形成されるが、除去工程において補助部材10ごとに取り除くことができる。これにより、バリを除去する作業を容易に行うことができる。図3に示すように、摩擦攪拌工程後は補助部材10の端面が突合せ部J1に向かうにつれて板厚が薄くなるように傾斜している。補助部材10は除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で容易に補助部材10を取り除くことができる。

[0075] ここで、本実施形態に係る接合方法では、補助部材10を第一金属部材1及び第二金属部材2よりも薄く設定しているため、従来のようにショルダ部を金属部材に押し込みながら摩擦攪拌を行うと、ショルダ部と補助部材10との接触により補助部材10が外部に飛ばされてしまい接合部の金属不足を補うことができない。しかし、本実施形態では、接合用回転ツールFの攪拌ピンF2のみを第一金属部材1、第二金属部材2及び補助部材10に接触さ

せつつ摩擦攪拌を行うため、補助部材 10 が外部に飛ばされることなく接合部の金属不足を補うことができる。また、ショルダ部を接触させる場合に比べて摩擦攪拌装置に作用する負荷を低減することができる。

[0076] また、図 2 に示すように、本実施形態に係る摩擦攪拌工程では進行方向左側に補助部材 10 を配置するとともに接合用回転ツール F を左回転させるため、補助部材 10 側が R e 側 (retreating side) となる。R e 側とは、接合用回転ツール F の外周における接線速度の大きさから送り速度の大きさが減算される側 (「フロー側」とも言う) である。一方、R e 側の反対側が A d 側 (advancing side) となる。A d 側とは、接合用回転ツール F の外周における接線速度の大きさから送り速度の大きさが加算される側 (「シアー側」とも言う) である。

[0077] 例えば、接合用回転ツール F の回転速度が遅い場合では、塑性化領域 W の R e 側に比べて A d 側の方が塑性流動材の温度が上昇しやすくなるため、A d 側にバリ V が多く発生する傾向にある。一方、例えば、接合用回転ツール F の回転速度が速い場合、A d 側の方が塑性流動材の温度が上昇するものの、回転速度が速い分、R e 側にバリ V が発生する傾向にある。

[0078] 本実施形態では、接合用回転ツール F の回転速度を速く設定しているため、R e 側即ち補助部材 10 側にバリ V が発生する。つまり、本実施形態ではバリ V が補助部材 10 側に多く形成されるように接合用回転ツール F の回転速度、回転方向及び進行方向等を設定している。これにより、補助部材 10 に形成されたバリ V は、補助部材 10 ごと除去されるため、バリ除去工程をより容易に行うことができる。また、接合用回転ツール F の回転速度を速く設定することにより、接合用回転ツール F の移動速度 (送り速度) を高めることができる。これにより、接合サイクルを短くすることができる。

[0079] 上記したように、摩擦攪拌工程の際に、接合用回転ツール F の進行方向のどちら側にバリ V が発生するかは接合条件によって異なる。当該接合条件とは、接合用回転ツール F の回転速度、回転方向、移動方向、移動速度 (送り速度)、攪拌ピン F 2 の傾斜角度 (テーパ角度)、第一金属部材 1、第二

金属部材 2 及び補助部材 10 の材料、各部材の厚さ等の各要素とこれらの要素の組み合わせで決定される。接合条件に応じて、バリ V が発生する側又はバリ V が多く発生する側に補助部材 10 を配置するようにすれば、バリ除去工程を容易に行うことができるため好ましい。

[0080] [第二実施形態]

次に、第二実施形態に係る接合方法について説明する。第二実施形態に係る接合方法は、図 6 に示すように、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の両方と接触するように補助部材 10 を配置する点で第一実施形態と相違する。第二実施形態に係る接合方法では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0081] 本実施形態に係る接合方法は、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。突合せ工程は、第一実施形態と同じであるため説明を省略する。配置工程は、補助部材 10 を第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の両方に配置する工程である。

[0082] 配置工程は、図 6 に示すように、第一金属部材 1 の表面 1 b 及び第二金属部材 2 の表面 2 b と補助部材 10 の裏面 10 c とを面接触させる工程である。補助部材 10 の板厚は、後記する摩擦攪拌工程後の塑性化領域 W が金属不足にならないように適宜設定する。配置工程では、補助部材 10 の中央が概ね突合せ部 J 1 に位置するように配置する。また、第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10 を治具（図示省略）を用いて移動不能に拘束する。

[0083] 摩擦攪拌工程は、図 7 に示すように、接合用回転ツール F を用いて第一金属部材 1 と第二金属部材 2 との突合せ部 J 1 を摩擦攪拌によって接合する工程である。本実施形態では、接合用回転ツール F を右回転させるため、攪拌ピン F 2 の螺旋溝は基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。摩擦攪拌工程では、右回転させた攪拌ピン F 2 を補助部材 10 の表面 10 b から挿入し、突合せ部 J 1 に達するように攪拌ピン F 2 の挿入深さを設定する。摩擦攪拌工程では、突合せ部 J 1 に右回転させた攪拌ピン F 2 のみを

挿入し、被接合金属部材と連結部 F 1 とは離間させつつ移動させる。言い換えると、攪拌ピン F 2 の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。そして、第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 1 0 と攪拌ピン F 2 とを接触させた状態で突合せ部 J 1 に沿って接合用回転ツール F を図 7 の手前側から奥側に向けて相対移動させる。これにより突合せ部 J 1 が摩擦攪拌接合される。接合用回転ツール F の移動軌跡には塑性化領域 W が形成される。なお、本実施形態では、接合用回転ツール F を高速回転しているため、バリは A d 側に比べて R e 側の方に多く発生する傾向にある。

[0084] 除去工程は、図 8 に示すように、摩擦攪拌工程によって分断された補助部材 1 0 を第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 から除去する工程である。除去工程では、補助部材 1 0、1 0 を第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 から離間する方向にそれぞれ折り曲げて除去する。

[0085] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とが平面状に接合されるとともに、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 に加え、補助部材 1 0 も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部（塑性化領域 W）の金属不足を防ぐことができる。また、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 に加え、補助部材 1 0 も同時に摩擦攪拌接合することにより、突合せ部 J 1 に隙間が生じている場合であっても、塑性流動化した金属が当該隙間を埋めることができるとともに、接合部（塑性化領域 W）の金属不足を防ぐことができる。また、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の両方に跨るように補助部材 1 0 を配置するため、接合部の金属不足をより確実に防ぐことができるとともに、金属をバランスよく補充することができる。

[0086] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって分断された補助部材 1 0、1 0 にそれぞれバリ V、V が形成されるが、除去工程において補助部材 1 0 ごとに取り除くことができる。これにより、バリを除去する作業を容易に行うことができる。補助部材 1 0 は除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で補助部材 1 0 を容易に取り除くことができる。

[0087] [第三実施形態]

次に、本発明の第三実施形態に係る接合方法について説明する。図9に示すように、第三実施形態に係る接合方法では、配置工程において補助部材10を第一金属部材1及び第二金属部材2の両方に配置しつつ、補助部材10に対する第一金属部材1と第二金属部材2との接触割合を変更する点で第一実施形態と相違する。また、接合用回転ツールFの回転方向も第一実施形態と相違する。第三実施形態に係る接合方法では、第一実施形態と相違する点を中心に説明する。第三実施形態に係る接合方法は、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。

[0088] 突合せ工程は、第一実施形態と同じであるため説明を省略する。配置工程は、図9に示すように、第一金属部材1の表面1b及び第二金属部材2の表面2bと補助部材10の裏面10cとを面接触させる工程である。配置工程では、補助部材10の9割程度を第一金属部材1に配置し、残りの1割程度を第二金属部材2に配置する。つまり、突合せ部J1に対して補助部材10がわずかに第二金属部材2側に突出するように配置する。補助部材10の配置位置は、補助部材10が第一金属部材1及び第二金属部材2の両方に面接触するように配置するとともに、後記する摩擦攪拌工程を行った後に第二金属部材2側（補助部材10との接触割合が少ない側）に補助部材10が残存しないように調節する。

[0089] 摩擦攪拌工程は、図10に示すように、接合用回転ツールFを用いて第一金属部材1と第二金属部材2との突合せ部J1を摩擦攪拌によって接合する工程である。本実施形態では、接合用回転ツールFを右回転させるため、攪拌ピンF2の螺旋溝は基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。

[0090] 摩擦攪拌工程では、突合せ部J1に右回転させた攪拌ピンF2のみを挿入し、被接合金属部材と連結部F1とは離間させつつ相対移動させる。言い換えると、攪拌ピンF2の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。そして、第一金属部材1、第二金属部材2及び補助部材10と攪拌ピンF2とを接触させた状態で突合せ部J1に沿って接合用回転ツールFを相対移動さ

せる。本実施形態では、接合用回転ツールFの進行方向右側に補助部材10が位置するように接合用回転ツールFの進行方向を設定する。これにより、本実施形態では第一金属部材1側がRe側となるため、補助部材10に多くのバリVが発生する。

[0091] 除去工程は、図11に示すように、補助部材10を第一金属部材1から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材10を第一金属部材1から離間する方向に折り曲げて第一金属部材1から除去する。

[0092] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材1と第二金属部材2とが平面状に接合されるとともに、第一金属部材1及び第二金属部材2に加え、補助部材10も同時に摩擦攪拌接合することにより、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。また、第一金属部材1及び第二金属部材2に加え、補助部材10も同時に摩擦攪拌接合することにより、突合せ部J1に隙間が生じている場合であっても、塑性流動化した金属が当該隙間を埋めることができるとともに、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。

[0093] また、本実施形態の接合条件によれば、接合用回転ツールFの回転速度を速く設定しているため、Re側にバリVが多く発生する傾向にある。つまり、本実施形態ではバリVが補助部材10のうち第一金属部材1側に多く形成されるように接合用回転ツールFの回転方向及び進行方向等（接合条件）を設定している。これにより、補助部材10に形成されたバリVは、補助部材10ごと除去されるため、バリ除去工程をより容易に行うことができる。また、図11に示すように、摩擦攪拌工程後は補助部材10の端面が突合せ部J1に向かうにつれて板厚が薄くなるように傾斜している。補助部材10は除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で容易に補助部材10を取り除くことができる。

[0094] ここで、前記した第二実施形態の除去工程では、突合せ部J1を挟んで両側にある補助部材10、10を除去する必要がある。しかし、本実施形態では摩擦攪拌工程後に第二金属部材2側（補助部材10との接触割合が少ない

側)に補助部材10が残存しないように補助部材10の配置位置を調節しているため、除去工程では片側の補助部材10を除去するだけでよい。これにより除去工程の作業手間を少なくすることができる。また、配置工程では、突合せ部J1を挟んで第二金属部材2側(他方側)にわずかに補助部材10を突出させる分、接合部の金属不足をバランス良く、かつ、より確実に防ぐことができる。

[0095] 以上本発明の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、本実施形態では除去工程を行ったが、補助部材10を除去せずに、第一金属部材1又は第二金属部材2にそのまま存置してもよい。

[0096] [第四実施形態]

本発明の第四実施形態に係る接合方法について図面を参照して詳細に説明する。本実施形態に係る接合方法では、準備工程と、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程と、を行う。

[0097] 準備工程は、図12に示すように、第一金属部材1及び第二金属部材2を用意する工程である。第一金属部材1及び第二金属部材2は板状を呈する。第一金属部材1は、第二金属部材2よりも厚くなっている。第一金属部材1及び第二金属部材2の材料は、摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等から適宜選択すればよい。

[0098] 突合せ工程は、図12に示すように第一金属部材1と第二金属部材2とを突き合わせる工程である。突合せ工程では、第一金属部材1の端面1aと、第二金属部材2の端面2aとを突き合わせて突合せ部J1を形成する。また、第一金属部材1の表面1b、端面1a及び第二金属部材2の表面2bで第一の段差が形成される。

[0099] 配置工程は、図12に示すように、第一の段差に補助部材10を配置する工程である。補助部材10は金属製の板状部材である。補助部材10は摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、本実施形態では第一金属部材

1 及び第二金属部材 2 と同じ材料になっている。補助部材 10 の板厚は、第一の段差の高さ（表面 2 b から表面 1 b までの高さ）と同等になっている。したがって、第一金属部材 1 の表面 1 b と補助部材 10 の表面 10 b とは面一になっている。なお、第一の段差の高さ（補助部材 10 の厚さ）は、後記する摩擦攪拌工程後の塑性化領域 W が金属不足にならない程度に適宜設定する。

[0100] 配置工程では、補助部材 10 の裏面 10 c と第二金属部材 2 の表面 2 b とを面接触させつつ、補助部材 10 の端面 10 a と第一金属部材 1 の端面 1 a とを面接触させる。また、第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10 を治具（図示省略）を用いて架台 T に移動不能に拘束する。

[0101] 摩擦攪拌工程は、図 13 に示すように、接合用回転ツール F を用いて第一金属部材 1 と第二金属部材 2 との突合せ部 J 1 を摩擦攪拌によって接合する工程である。接合用回転ツール F は、連結部 F 1 と、攪拌ピン F 2 とで構成されている。

[0102] 本実施形態では、接合用回転ツール F を右回転させるため、螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て左回りに形成されている。

[0103] 螺旋溝をこのように設定することで、摩擦攪拌の際に塑性流動化した金属が螺旋溝によって攪拌ピン F 2 の先端側に導かれる。これにより、被接合金属部材（第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10）の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。螺旋溝は省略してもよい。

[0104] 接合用回転ツール F は、マシニングセンタ等の摩擦攪拌装置に取り付けてもよいが、例えば、先端にスピンドルユニット等の回転手段を備えたアームロボットに取り付けてもよい。アームロボットに接合用回転ツール F を取り付けることにより接合用回転ツール F の回転中心軸 F c の傾斜角度を容易に変更することができる。

[0105] 摩擦攪拌工程では、突合せ部 J 1 に右回転させた攪拌ピン F 2 のみを挿入

し、被接合金属部材と連結部 F 1 とは離間させつつ相対移動させる。言い換えると、攪拌ピン F 2 の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。そして、第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 1 0 と攪拌ピン F 2 とを接触させた状態で突合せ部 J 1 に沿って接合用回転ツール F を図 1 3 の手前側から奥側に相対移動させる。

[0106] 本実施形態では、接合用回転ツール F の進行方向右側に補助部材 1 0 が位置するように接合用回転ツール F の進行方向を設定する。接合用回転ツール F の回転方向及び進行方向は前記したものに限定されるものではなく適宜設定すればよい。例えば、接合用回転ツール F の進行方向右側に補助部材 1 0 を配置しつつ、接合用回転ツール F を左回転させてもよい。もしくは、接合用回転ツール F の進行方向左側に第一の段差を形成しつつ補助部材 1 0 を配置し、接合用回転ツール F を左右いずれかに回転させてもよい。接合用回転ツール F の回転方向等の条件と補助部材 1 0 との好ましい位置関係については後記する。

[0107] 攪拌ピン F 2 の挿入深さは、攪拌ピン F 2 と突合せ部 J 1 とを接触させつつ、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の板厚等に応じて適宜設定すればよい。これにより突合せ部 J 1 が摩擦攪拌接合される。接合用回転ツール F の移動軌跡には塑性化領域 W が形成される。摩擦攪拌工程後は、図 1 4 に示すように、補助部材 1 0 に凹溝 P が形成されるとともに、補助部材 1 0 の端部にバリ V が形成される。

[0108] 除去工程は、図 1 4 に示すように、補助部材 1 0 を第二金属部材 2 から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、図 1 5 に示すように、凹溝 P を境にして補助部材 1 0 を第二金属部材 2 から離間する方向に折り曲げて第二金属部材 2 から除去する。

[0109] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とが接合されるとともに、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 に加え、補助部材 1 0 も同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域 W）の金属不足を防ぐことができる。

- [0110] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって補助部材 10 にバリ V が形成されるが、除去工程において補助部材 10 ごとに取り除くことができる。これにより、バリ V を除去する作業を容易に行うことができる。補助部材 10 は除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で容易に補助部材 10 を取り除くことができる。また、本実施形態によれば、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の板厚が異なる場合であっても、補助部材 10 を用いているため接合部の金属不足を防ぐことができる。
- [0111] また、本実施形態では、補助部材 10 の表面 10 b と第一金属部材 1 の表面 1 b とを面一にしているため、摩擦攪拌工程の際に接合用回転ツール F を容易に挿入することができる。
- [0112] ここで、本実施形態に係る接合方法では、補助部材 10 を第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 よりも薄く設定しているため、従来のように回転ツールのショルダ部を金属部材に押し込みながら摩擦攪拌を行うと、ショルダ部と補助部材 10 との接触により補助部材 10 が外部に飛ばされてしまい接合部の金属不足を補うことができない。しかし、本実施形態では、接合用回転ツール F の攪拌ピン F 2 のみを第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10 に接触させつつ摩擦攪拌を行うため、補助部材 10 が外部に飛ばされることなく接合部の金属不足を補うことができる。また、回転ツールのショルダ部を接触させる場合に比べて摩擦攪拌装置に作用する負荷を低減することができる。
- [0113] また、図 13 に示すように、本実施形態に係る摩擦攪拌工程では進行方向右側に補助部材 10 を配置するとともに接合用回転ツール F を右回転させるため、補助部材 10 側が R e 側となる。
- [0114] 本実施形態では、接合用回転ツール F の回転速度を速く設定しているため、R e 側即ち補助部材 10 側にバリ V が発生する。つまり、本実施形態ではバリ V が補助部材 10 側に多く形成されるように接合条件を設定している。これにより、補助部材 10 に形成されたバリ V は、補助部材 10 ごと除去されるため、バリ除去工程をより容易に行うことができる。また、接合用回転

ツールFの回転速度を速く設定することにより、接合用回転ツールFの移動速度（送り速度）を高めることができる。これにより、接合サイクルを短くすることができる。

[0115] 上記したように、摩擦攪拌工程の際に、接合用回転ツールFの進行方向のどちら側にバリVが発生するかは接合条件によって異なる。接合条件に応じて、バリVが発生する側又はバリVが多く発生する側に補助部材10を配置するようにすれば、バリ除去工程を容易に行うことができるため好ましい。

[0116] [第一変形例]

次に、第四実施形態の第一変形例について説明する。図16に示すように、第一変形例の配置工程では、第一金属部材1と補助部材10とで段差が生じている点で第四実施形態と相違する。つまり、第一の段差の高さよりも、補助部材10の板厚を薄く設定しているため、補助部材10の表面10bは、第一金属部材1の表面1bよりも低い位置に位置している。これにより、第一金属部材1の表面1bと、端面1aと、補助部材10の表面10bとで第二の段差が形成されている。その他の工程については、第四実施形態と同等であるため説明を省略する。

[0117] 第一変形例によれば、補助部材10を第一の段差の高さよりも薄く設定しているため、補助部材10が折れやすくなる。これにより、除去工程において補助部材10を容易に除去することができる。

[0118] [第二変形例]

次に、第四実施形態の第二変形例について説明する。図17に示すように、第二変形例の配置工程では、第一金属部材1と補助部材10とで段差が生じている点で第四実施形態と相違する。つまり、第一の段差の高さよりも、補助部材10の板厚を厚く設定しているため、補助部材10の表面10bは、第一金属部材1の表面1bよりも高い位置に位置している。これにより、第一金属部材1の表面1bと、補助部材10の端面10aと、表面10bとで第二の段差が形成されている。その他の工程については、第四実施形態と同等であるため説明を省略する。

[0119] 第二変形例によれば、補助部材 10 を第一の段差の高さよりも厚く設定している。これにより、摩擦攪拌工程では、第四実施形態よりも補助部材 10 が多く摩擦攪拌されるため、金属不足をより確実に防ぐことができる。

[0120] [第三変形例]

次に、第四実施形態の第三変形例について説明する。図 18 に示すように、第三変形例の摩擦攪拌工程では、接合用回転ツール F の回転中心軸 Fc を、突合せ部 J1 を通る境界線 C に対して補助部材 10 側に傾斜させた状態で、突合せ部 J1 に沿って相対移動させて突合せ部 J1 を摩擦攪拌接合する。このように、接合用回転ツール F を補助部材 10 側に傾倒させることにより、第四実施形態よりも補助部材 10 が多く摩擦攪拌されるため、金属不足をより確実に防ぐことができる。

[0121] [第五実施形態]

次に、第五実施形態に係る接合方法について説明する。第五実施形態に係る接合方法は、図 19 に示すように、接合用回転ツール F の回転中心軸 Fc を突合せ部 J1 よりも補助部材 10 の中央側に偏移させている点で主に相違する。本実施形態に係る接合方法では、準備工程と、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。第五実施形態に係る準備工程、突合せ工程及び配置工程は第四実施形態と略同等であるため説明を省略する。

[0122] 第五実施形態に係る摩擦攪拌工程では、図 19, 20 に示すように、接合用回転ツール F を用いて突合せ部 J1 を摩擦攪拌接合する。本実施形態に係る摩擦攪拌工程では、接合用回転ツール F の進行方向左側に補助部材 10 を配置しつつ、接合用回転ツール F を左回転させる。これにより、進行方向右側が Ad 側となり、左側が Re 側となる。また、本実施形態に係る摩擦攪拌工程では、接合用回転ツール F の回転中心軸 Fc を、突合せ部 J1 (境界線 C) よりも補助部材 10 の中央側に位置するように偏移させ、偏移させた状態で突合せ部 J1 と平行に接合用回転ツール F を相対移動させる。

[0123] 除去工程では、第四実施形態と同じ要領で補助部材 10 を凹溝 P で折り曲

げて、補助部材 10 をバリ V ごと除去する。

[0124] 以上説明した第五実施形態に係る摩擦攪拌工程では、接合用回転ツール F の回転中心軸 Fc を偏移させた状態で摩擦攪拌を行うため、第四実施形態に比べて補助部材 10 を多く摩擦攪拌することができる。これにより、接合部（塑性化領域 W）の金属不足を確実に防ぐことができる。また、本実施形態では、接合用回転ツール F を高速で回転させているため、バリ V が Re 側、つまり、補助部材 10 側に形成される。本実施形態に係る摩擦攪拌工程では、補助部材 10 側にバリ V が発生するように接合条件を設定し、バリ V ごと補助部材 10 を除去することにより、バリ V を容易に除去することができる。

[0125] 以上本発明の実施形態及び変形例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金属部材 1 及び第二金属部材 2 を異なる板厚となるように設定したが、同じ板厚としてもよい。この場合の突合せ工程では、同じ板厚の第一金属部材 1 と第二金属部材 2 を段差ができるように端面同士をずらして突き合わせて突合せ部 J1 を形成するようにしてもよい。

[0126] また、第一変形例～第三変形例において、第五実施形態のように接合用回転ツール F を突合せ部 J1（境界線 C）から偏移させた状態で摩擦攪拌接合をしてもよい。

[0127] [第六実施形態]

本発明の第六実施形態に係る接合方法について図面を参照して詳細に説明する。本実施形態に係る接合方法では、重合工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程と、を行う。

[0128] 重合工程は、図 21 に示すように第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とを重ね合わせる工程である。第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 は、金属製の板状部材である。第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の板厚は同等になっている。第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の板厚は適宜設定すればよい。重合工程では、第一金属部材 1 の表面 1b と、第二金属部材 2 の裏面 2c とを重ね

合せて重合部 J 10 を形成する。

[0129] 配置工程は、第二金属部材 2 に補助部材 10 を配置する工程である。補助部材 10 は金属製の板状部材である。補助部材 10 は摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、本実施形態では第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 と同じ材料になっている。補助部材 10 の板厚は、後記する摩擦攪拌工程後の塑性化領域 W が金属不足にならないように適宜設定する。本実施形態では、補助部材 10 の板厚は第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 よりも薄く設定している。

[0130] 配置工程では、補助部材 10 の裏面 10 c と第二金属部材 2 の表面 2 b とを面接触させる。また、第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10 を治具（図示省略）を用いて架台 T に移動不能に拘束する。なお、補助部材 10 は本実施形態では板状としているが、他の形状であってもよい。

[0131] 摩擦攪拌工程は、図 22 に示すように、接合用回転ツール F を用いて第一金属部材 1 と第二金属部材 2 との重合部 J 10 を摩擦攪拌によって接合する工程である。接合用回転ツール F は、連結部 F 1 と、攪拌ピン F 2 とで構成されている。接合用回転ツール F は、特許請求の範囲の「回転ツール」に相当する。本実施形態では、接合用回転ツール F を左回転させるため、螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて右回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て右回りに形成されている。

[0132] これにより、被接合金属部材（第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10）の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。螺旋溝は省略してもよい。

[0133] 摩擦攪拌工程では、重合部 J 10 に左回転させた攪拌ピン F 2 のみを挿入し、被接合金属部材と連結部 F 1 とは離間させつつ相対移動させる。言い換えると、攪拌ピン F 2 の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。ここで、図 21 に示すように、補助部材 10 の端面 10 a を通り第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 に直交する線を基準線 Z とする。摩擦攪拌工程では、

接合用回転ツールFの回転中心軸F cを基準線Zに重ねた状態で、かつ、第一金属部材1、第二金属部材2及び補助部材10と攪拌ピンF2とを接触させた状態で接合用回転ツールFを相対移動させる。

[0134] 本実施形態では、接合用回転ツールFの進行方向左側に補助部材10が位置するように接合用回転ツールFの進行方向を設定する。接合用回転ツールFの回転方向及び進行方向は前記したものに限定されるものではなく適宜設定すればよい。例えば、接合用回転ツールFの進行方向左側に補助部材10を配置しつつ、接合用回転ツールFを右回転させてもよい。もしくは、接合用回転ツールFの進行方向右側に補助部材10を配置しつつ、接合用回転ツールFを左右いずれかに回転させてもよい。接合用回転ツールFの回転方向等の条件と補助部材10の好ましい位置関係については後記する。

[0135] 攪拌ピンF2の挿入深さは、本実施形態では、攪拌ピンF2が第一金属部材1に達するように設定している。なお、攪拌ピンF2を第二金属部材2及び補助部材10のみに接触させた状態で重合部J10を摩擦攪拌するようにしてもよい。この場合は、攪拌ピンF2と第二金属部材2及び補助部材10との摩擦熱によって重合部J10が塑性流動化して接合される。接合用回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域Wが形成される。摩擦攪拌工程後は、図23に示すように、補助部材10の端部にバリVが形成される。

[0136] 除去工程は、図24及び図25に示すように、補助部材10を第二金属部材2から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材10を第二金属部材2から離間する方向に折り曲げて第二金属部材2から除去する。これにより、図25に示すように、第一金属部材1及び第二金属部材2が板厚方向に接合される。

[0137] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材1と第二金属部材2とが接合されるとともに、第一金属部材1及び第二金属部材2に加え、補助部材10も同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。これにより、第二金属部材2の表面2bに凹溝が形成されるのを防ぐことができる。

[0138] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって補助部材 10 にバリ V が形成されるが、除去工程において補助部材 10 ごとに取り除くことができる。これにより、バリを除去する作業を容易に行うことができる。図 23 に示すように、摩擦攪拌工程後は補助部材 10 の端面が塑性化領域 W の中央に向かうにつれて板厚が薄くなるように傾斜している。補助部材 10 は除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で容易に補助部材 10 を取り除くことができる。

[0139] ここで、本実施形態に係る接合方法では、補助部材 10 を第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 よりも薄く設定しているため、従来のように回転ツールのショルダ部を金属部材に押し込みながら摩擦攪拌を行うと、ショルダ部と補助部材 10 との接触により補助部材 10 が外部に飛ばされてしまい接合部の金属不足を補うことができない。しかし、本実施形態では、接合用回転ツール F の攪拌ピン F2 のみを第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10 に接触させつつ摩擦攪拌を行うため、補助部材 10 が外部に飛ばされることなく接合部の金属不足を補うことができる。また、回転ツールのショルダ部を接触させる場合に比べて摩擦攪拌装置に作用する負荷を低減することができる。

[0140] また、図 22 に示すように、本実施形態に係る摩擦攪拌工程では進行方向左側に補助部材 10 を配置するとともに接合用回転ツール F を左回転させるため、補助部材 10 側が R e 側となる。

[0141] 本実施形態では、接合用回転ツール F の回転速度を速く設定しているため、R e 側即ち補助部材 10 側にバリ V が発生する。つまり、本実施形態ではバリ V が補助部材 10 側に多く形成されるように接合用回転ツール F の接合条件を設定している。これにより、補助部材 10 に形成されたバリ V は、補助部材 10 ごと除去されるため、バリ除去工程をより容易に行うことができる。また、接合用回転ツール F の回転速度を速く設定することにより、接合用回転ツール F の移動速度（送り速度）を高めることができる。これにより、接合サイクルを短くすることができる。

[0142] 上記したように、摩擦攪拌工程の際に、接合用回転ツールFの進行方向のどちら側にバリVが発生するかは接合条件によって異なる。接合条件に応じて、バリVが発生する側又はバリVが多く発生する側に補助部材10を配置するようにすれば、バリ除去工程を容易に行うことができるため好ましい。

[0143] [第七実施形態]

次に、第七実施形態に係る接合方法について説明する。第七実施形態に係る接合方法は、補助部材10の中央部から接合用回転ツールFを挿入する点で第六実施形態と相違する。第七実施形態に係る接合方法では、第六実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0144] 本実施形態に係る接合方法は、重合工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。重合工程は、第六実施形態と同じであるため説明を省略する。配置工程は、補助部材10を第二金属部材2の表面2bに配置する工程である。

[0145] 配置工程では、図26に示すように、第二金属部材2の表面2bに補助部材10の裏面10cを面接触させる。補助部材10の板厚は、後記する摩擦攪拌工程後の塑性化領域Wが金属不足にならないように適宜設定する。また、第一金属部材1、第二金属部材2及び補助部材10を治具（図示省略）を用いて移動不能に拘束する。

[0146] 摩擦攪拌工程は、図27に示すように、接合用回転ツールFを用いて第一金属部材1と第二金属部材2との重合部J10を摩擦攪拌によって接合する工程である。摩擦攪拌工程では、右回転させた攪拌ピンF2を補助部材10の表面10bの中央部から挿入し、第一金属部材1に達するように攪拌ピンF2の挿入深さを設定する。摩擦攪拌工程では、重合部J10に右回転させた攪拌ピンF2のみを挿入し、被接合金属部材と連結部F1とは離間させつつ移動させる。言い換えると、攪拌ピンF2の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。本実施形態では、接合用回転ツールFを右回転させるため、攪拌ピンF2の螺旋溝は基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。

[0147] そして、第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び補助部材 10 と攪拌ピン F 2 とを接触させた状態で重合部 J 10 に沿って接合用回転ツール F を相対移動させる。これにより重合部 J 10 が摩擦攪拌接合される。接合用回転ツール F の移動軌跡には塑性化領域 W が形成される。なお、本実施形態では、接合用回転ツール F を高速回転させているため、バリは A d 側に比べて R e 側の方に多く発生する傾向にある。なお、第六実施形態と同様に、攪拌ピン F 2 を第二金属部材 2 及び補助部材 10 のみに接触させて（第一金属部材 1 には達しないようにして）摩擦攪拌を行ってもよい。

[0148] 除去工程は、図 28 に示すように、摩擦攪拌工程によって分断された補助部材 10 を第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 から除去する工程である。除去工程では、補助部材 10、10 を第二金属部材 2 から離間する方向にそれぞれ折り曲げて除去する。

[0149] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とが接合されるとともに、第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 に加え、補助部材 10 も同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域 W）の金属不足を防ぐことができる。また、補助部材 10 の中央部から攪拌ピン F 2 を挿入することにより、接合部の金属不足をより確実に防ぐことができるとともに、金属をバランスよく補充することができる。また、補助部材 10 の中央部は平坦であるため、攪拌ピン F 2 を補助部材 10 に容易に挿入することができる。

[0150] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって分断された補助部材 10、10 にそれぞれバリ V、V が形成されるが、除去工程において補助部材 10 ごとに取り除くことができる。これにより、バリを除去する作業を容易に行うことができる。補助部材 10 は除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で補助部材 10 を容易に取り除くことができる。

[0151] [第八実施形態]

次に、本発明の第八実施形態に係る接合方法について説明する。図 29、30 に示すように、第八実施形態に係る接合方法では、攪拌ピン F 2 の挿入

位置が第六実施形態と主に相違する。第八実施形態に係る接合方法では、第六実施形態と相違する点を中心に説明する。第八実施形態に係る接合方法は、重合工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。

[0152] 重合工程は、第六実施形態と同じであるため説明を省略する。配置工程は、図29に示すように、第二金属部材2の表面2bと補助部材10の裏面10cとを面接触させる工程である。本実施形態では、接合用回転ツールFの進行方向右側に補助部材10が位置するように補助部材10を配置する。

[0153] 摩擦攪拌工程は、図30に示すように、接合用回転ツールFを用いて第一金属部材1と第二金属部材2との重合部J10を摩擦攪拌によって接合する工程である。本実施形態では、接合用回転ツールFを右回転させるため、攪拌ピンF2の螺旋溝は基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。

[0154] 摩擦攪拌工程では、接合用回転ツールFの回転中心軸Fcを、基準線Zよりもわずかに補助部材10の中央側となるように位置させつつ、重合部J10に右回転させた攪拌ピンF2のみを挿入する。そして、被接合金属部材と連結部F1とは離間させつつ図30の手前側から奥側に相対移動させる。本実施形態では、接合用回転ツールFの進行方向右側に補助部材10が位置するように接合用回転ツールFの進行方向を設定し、高速回転させる。これにより、本実施形態では補助部材10側がRe側となり、補助部材10に多くのバリVが発生する。本実施形態における接合用回転ツールFの挿入位置（接合用回転ツールFの回転中心軸Fcと基準線Zとの距離）は、摩擦攪拌工程を行った後に接合用回転ツールFの片側にのみ補助部材10が残存する程度に適宜調節する。

[0155] 除去工程は、図31に示すように、補助部材10を第二金属部材2から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材10を第二金属部材2から離間する方向に折り曲げて第二金属部材2から除去する。

[0156] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材1と第二金属部材2とが接合されるとともに、第一金属部材1及び第二金属部材2に

加え、補助部材 10 も同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域 W）の金属不足を防ぐことができる。

[0157] また、本実施形態の接合条件によれば、接合用回転ツール F の回転速度を速く設定しているため、Re 側にバリ V が多く発生する傾向にある。つまり、本実施形態ではバリ V が補助部材 10 に多く形成されるように接合用回転ツール F の回転方向及び進行方向等（接合条件）を設定している。これにより、補助部材 10 に形成されたバリ V は、補助部材 10 ごと除去されるため、バリ除去工程をより容易に行うことができる。また、図 31 に示すように、摩擦攪拌工程後は補助部材 10 の端面が塑性化領域 W の中央に向かうにつれて板厚が薄くなるように傾斜している。補助部材 10 は除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で容易に補助部材 10 を取り除くことができる。

[0158] ここで、前記した第七実施形態の除去工程では、塑性化領域 W の中央を挟んで両側にある補助部材 10、10 を除去する必要がある。しかし、本実施形態では摩擦攪拌工程後に一方側（接合用回転ツール F の進行方向左側）に補助部材 10 が残存しないように補助部材 10 の配置位置を調節しているため、除去工程では他方側に残存する補助部材 10 を除去するだけでよい。これにより除去工程の作業手間を少なくすることができる。また、回転中心軸 Fc が、基準線 Z よりもわずかに補助部材 10 の中央側に偏移しているため、接合部の金属不足をバランス良く、かつ、より確実に防ぐことができる。また、回転中心軸 Fc が、基準線 Z よりもわずかに補助部材 10 の中央側に偏移しているため、攪拌ピン F2 を補助部材 10 に容易に挿入することができる。

[0159] 以上本発明の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、本実施形態では除去工程を行ったが、補助部材 10 を除去せずに、第二金属部材 2 にそのまま存置してもよい。

[0160] [第九実施形態]

本発明の第九実施形態に係る接合方法について図面を参照して詳細に説明する。本実施形態に係る接合方法では、重合工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程と、を行う。

[0161] 重合工程は、図32に示すように第一金属部材101と第二金属部材110とを重ね合わせる工程である第一金属部材101及び第二金属部材110は、金属製の板状部材である。第一金属部材101及び第二金属部材110の材料は、摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等から適宜選択すればよい。第一金属部材101の板厚は、第二金属部材110の板厚よりも厚くなっている。

[0162] 第一金属部材101は、直方体を呈する本体部102と、本体部102の上に形成され断面台形状を呈する凸部103とで構成されている。凸部103の表面103aは、本体部102の表面102a、102bよりも上方に位置している。凸部103の第一表面103bは、傾斜しており本体部102の表面102aと凸部103の表面103aとを連結している。また、凸部103の第二表面103cは、傾斜しており本体部102の表面102bと凸部103の表面103aとを連結している。

[0163] 第二金属部材110は、第一金属部材101よりも薄く、一定の板厚で形成された高さの異なる板状部材である。第二金属部材110は、基部111、111と、中央部112と、傾斜部113、114とで構成されている。中央部112は、基部111、111の中央において、基部111、111よりも高い位置に形成されている。傾斜部113は、一方の基部111と中央部112とを斜めに連結している。傾斜部114は、他方の基部111と中央部112とを斜めに連結している。

[0164] 重合工程では、図33に示すように、第一金属部材101の表面に、第二金属部材110の裏面を重ね合わせて重合部J11を形成する。より詳しくは、本体部102の表面102a、102bと、基部111、111の裏面111b、111bとを重ね合わせるとともに、凸部103の表面103a

と中央部 1 1 2 の裏面 1 1 2 b とを重ね合わせる。また、凸部 1 0 3 の第一表面 1 0 3 b と傾斜部 1 1 3 の裏面 1 1 3 b とを重ね合わせるとともに、凸部 1 0 3 の第二表面 1 0 3 c と傾斜部 1 1 4 の裏面 1 1 4 b とを重ね合わせる。

[0165] 第一金属部材 1 0 1 と第二金属部材 1 1 0 とはほぼ隙間なく重ね合わされる。重合部 J 1 1 は、その高さ位置が変化するように形成される。つまり、重合部 J 1 1 は、摩擦攪拌の始点（挿入位置）の高さ（標高）を基準高さとする、始点から終点に至るまでに基準高さとは異なる高さが存在している。本実施形態では、重合部 J 1 1 は、第一平部 J a と、第一傾斜部 J b と、第二平部 J c と、第二傾斜部 J d と、第三平部 J e とで構成されている。

[0166] 配置工程は、図 3 2 に示す第二金属部材 1 1 0 に補助部材 1 2 0 を配置する工程である。補助部材 1 2 0 は金属製の板状部材である。補助部材 1 2 0 は摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、本実施形態では第一金属部材 1 0 1 及び第二金属部材 1 1 0 と同じ材料になっている。補助部材 1 2 0 の板厚は、後記する摩擦攪拌工程後の塑性化領域 W が金属不足にならないように適宜設定する。本実施形態では、補助部材 1 2 0 の板厚は第二金属部材 1 1 0 よりも薄く設定している。

[0167] 補助部材 1 2 0 は、一定の板厚で形成された高さの異なる板状部材である。補助部材 1 2 0 は、基部 1 2 1、1 2 1 と、中央部 1 2 2 と、傾斜部 1 2 3、1 2 4 とで構成されている。中央部 1 2 2 は、基部 1 2 1、1 2 1 の中央において、基部 1 2 1、1 2 1 よりも高い位置に形成されている。傾斜部 1 2 3 は、一方の基部 1 2 1 と中央部 1 2 2 とを斜めに連結している。傾斜部 1 2 4 は、他方の基部 1 2 1 と中央部 1 2 2 とを斜めに連結している。また、基部 1 2 1、1 2 1 のそれぞれの端部の中央付近には、スリット 1 2 5、1 2 5 が設けられている。

[0168] 配置工程では、図 3 4 に示すように、第二金属部材 1 1 0 の表面の長手方向の中央部に沿って、補助部材 1 2 0 の裏面を面接触させる。より詳しくは

、図33に示すように、第二金属部材110の基部111、111の表面111a、111aと、補助部材120の基部121、121の裏面121b、121bとを重ね合わせるとともに、中央部112の表面112aと中央部122の裏面122bとを重ね合わせる。また、傾斜部113の第一表面113aと傾斜部123の裏面123bとを重ね合わせるとともに、傾斜部114の第二表面114aと傾斜部124の裏面124bとを重ね合わせる。

[0169] また、第一金属部材101、第二金属部材110及び補助部材120を治具（図示省略）を用いて架台Tに移動不能に拘束する。なお、補助部材120は本実施形態では高さの異なる板状としているが、他の形状であってもよい。

[0170] 摩擦攪拌工程は、図34に示すように、接合用回転ツールFを用いて第一金属部材101と第二金属部材110との重合部J11を摩擦攪拌によって接合する工程である。接合用回転ツールFは、連結部F1と、攪拌ピンF2とで構成されている。接合用回転ツールFは、特許請求の範囲の「回転ツール」に相当する。本実施形態では、接合用回転ツールFを右回転させるため、螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て左回りに形成されている。

[0171] 螺旋溝をこのように設定することで、摩擦攪拌の際に塑性流動化した金属が螺旋溝によって攪拌ピンF2の先端側に導かれる。これにより、被接合金属部材（第一金属部材101、第二金属部材110及び補助部材120）の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。

[0172] 摩擦攪拌工程では、図34に示す補助部材120の表面に設定した開始位置Spに、右回転させた接合用回転ツールFの攪拌ピンF2を、図35に示すように重合部J11まで挿入する。この攪拌ピンF2の挿入深さは、本実施形態では、攪拌ピンF2が第一金属部材101に達するように設定している。また、接合用回転ツールFの回転中心軸が、常に鉛直軸と平行となる状

態で摩擦攪拌を行う。なお、攪拌ピンF 2を第二金属部材110及び補助部材120のみに接触させた状態で重合部J 11を摩擦攪拌するようにしてもよい。この場合は、攪拌ピンF 2と第二金属部材110及び補助部材120との摩擦熱によって重合部J 11が塑性流動化して接合される。接合用回転ツールFの移動軌跡には、補助部材120に塑性化領域Wが形成される。

[0173] つまり、摩擦攪拌工程では、図35に示すように、重合部J 11に対する攪拌ピンF 2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ、攪拌ピンF 2のみを補助部材120、第一金属部材101及び第二金属部材110に接触させた状態で摩擦攪拌を行う。本実施形態に係る摩擦攪拌工程では、補助部材120、第一金属部材101及び第二金属部材110が固定された架台（図示省略）に対して接合用回転ツールFを、補助部材120の上下に高さ（標高）が異なる表面を、上下動させることにより摩擦攪拌を行う。

[0174] これにより、第一平部J aの塑性化領域Wの深さZ a、第一傾斜部J bの塑性化領域Wの深さZ b（傾斜部123の表面123 aと直交する線上における塑性化領域Wの深さ）及び第二平部J cの塑性化領域Wの深さZ cをほぼ同等にすることができる。攪拌ピンF 2の「挿入深さ」とは、接合用回転ツールFの回転中心軸F c上における補助部材120の表面から攪拌ピンF 2の先端までの距離を意味する。

[0175] 上記の摩擦攪拌工程によって攪拌ピンF 2の周囲が摩擦攪拌され、第一金属部材101と第二金属部材110とが接合される。この際、図36及び図37に示すように、補助部材120の表面部にバリVが形成される。なお、本実施形態では、接合用回転ツールFを高速回転させているため、バリは後述するシアー側に比べてフロー側の方に多く発生する傾向にある。なお、攪拌ピンF 2を第二金属部材110及び補助部材120のみに接触させて（第一金属部材101には達しないようにして）摩擦攪拌を行ってもよい。この場合は、攪拌ピンF 2と第二金属部材110及び補助部材120との摩擦熱によって重合部J 11が塑性流動化して接合される。

[0176] 除去工程は、図38及び図39に示すように、補助部材120を第二金属

部材 110 から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材 120 を第二金属部材 110 から離間する方向に両側から折り曲げて第二金属部材 110 から除去する。この際、補助部材 120 のスリット 125, 125 (図 34 参照) の一方を起点として端部をめくり上げつつ、折り曲げるようにして除去する。

[0177] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材 101 と第二金属部材 110 とが接合されるとともに、第一金属部材 101 及び第二金属部材 110 に加え、補助部材 120 も同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部 (塑性化領域 W) の金属不足を防ぐことができる。これにより、第二金属部材 110 の表面に凹溝が形成されるのを防ぐことができる。

[0178] また、補助部材 120 の中央部から攪拌ピン F2 を挿入することにより、接合部の金属不足をより確実に防ぐことができるとともに、金属をバランスよく補充することができる。また、補助部材 120 の中央部から攪拌ピン F2 を挿入することにより、攪拌ピン F2 を補助部材 120 に容易に挿入することができる。

[0179] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって分断された補助部材 120, 120 にそれぞれバリ V, V が形成されるが、除去工程において補助部材 120, 120 ごとに取り除くことができる。これにより、バリを除去する作業を容易に行うことができる。補助部材 120 は除去装置等を用いて除去してもよいが、本実施形態では手作業で補助部材 120 を容易に取り除くことができる。

[0180] ここで、本実施形態に係る接合方法では、補助部材 120 を第一金属部材 101 及び第二金属部材 110 よりも薄く設定しているため、従来のように回転ツールのショルダ部を金属部材に押し込みながら摩擦攪拌を行うと、ショルダ部と補助部材 120 との接触により補助部材 120 が外部に飛ばされてしまい接合部の金属不足を補うことができない。しかし、本実施形態では、接合用回転ツール F の攪拌ピン F2 のみを第一金属部材 101、第二金属部材 110 及び補助部材 120 に接触させつつ摩擦攪拌を行うため、補助部

材 1 2 0 が外部に飛ばされることなく接合部の金属不足を補うことができる。また、本実施形態によれば、回転ツールのショルダ部を接触させる場合に比べて摩擦攪拌装置に作用する負荷を低減した状態で、深い位置にある重合部 J 1 1 を接合することができる。

[0181] [変形例]

図 4 0 は、第九実施形態に係る接合方法の変形例の摩擦攪拌工程を示す断面図である。図 4 0 に示すように、変形例では、摩擦攪拌工程を行う際に、接合用回転ツール F を接合面に対して垂直に挿入しつつ摩擦攪拌を行う。変形例の摩擦攪拌工程では、第一平部 J a、第二平部 J c 及び第三平部 J e においては、第九実施形態と同様に接合用回転ツール F の回転中心軸 F c を鉛直軸と平行にした状態で摩擦攪拌を行う。一方、第一傾斜部 J b 及び第二傾斜部 J d においては、接合用回転ツール F を鉛直軸に対して傾斜させて、第一傾斜部 J b 及び第二傾斜部 J d の接合面に対して接合用回転ツール F の回転中心軸 F c を垂直にした状態で摩擦攪拌を行う。

[0182] 変形例を行う場合は、例えば、先端にスピンドルユニット等の回転駆動手段を備えたロボットアームに接合用回転ツール F を取り付けて摩擦攪拌を行うことが好ましい。このような摩擦攪拌装置によれば、接合用回転ツール F の回転中心軸 F c の角度を容易に変更することができる。これにより、重合部 J 1 1 の高さが変化する場合においても、摩擦攪拌中に鉛直軸に対する接合用回転ツール F の回転中心軸 F c の角度を変更することで、接合面に対して接合用回転ツール F を常に垂直にした状態で連続して摩擦攪拌を行うことができる。

[0183] 前記した変形例であっても、第九実施形態と略同等の効果を奏することができる。また、接合用回転ツール F を各接合面に対して垂直に挿入することができるため、傾斜面であっても重合部 J 1 1 の深い位置まで摩擦攪拌を行うことができる。

[0184] [第十実施形態]

次に、第十実施形態に係る接合方法について説明する。第九実施形態に係

る接合方法は、図４１に示す補助部材１２０Ａの端面１２０ａから接合用回転ツールＦを挿入する点で第九実施形態と相違する。また、補助部材１２０Ａには、スリット１２５、１２５が形成されていない点が相違する。第十実施形態に係る接合方法では、第九実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0185] 本実施形態に係る接合方法は、重合工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。重合工程は、第九実施形態と同じであるため説明を省略する。配置工程では、図４１及び図４２に示すように、第九実施形態と同じ要領で第二金属部材１１０の表面に補助部材１２０Ａを配置する。第十実施形態の補助部材１２０Ａは、第九実施形態の補助部材１２０の半分程度の幅になっている。

[0186] 摩擦攪拌工程は、図４２及び図４３に示すように、接合用回転ツールＦを用いて第一金属部材１０１と第二金属部材１１０との重合部Ｊ１１を摩擦攪拌によって接合する工程である。本実施形態では、接合用回転ツールＦを左回転させるため、攪拌ピンＦ２の螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて右回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て右回りに形成されている。

[0187] 摩擦攪拌工程では、左回転させた攪拌ピンＦ２のみを挿入し、被接合金属部材と連結部Ｆ１とは離間させつつ相対移動させる。言い換えると、攪拌ピンＦ２の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。ここで、図４１に示すように、補助部材１２０Ａの端面１２０ａを通り第一金属部材１０１及び第二金属部材１１０に直交する線を基準線Ｚとする。摩擦攪拌工程では、図４２に示すように、接合用回転ツールＦの回転中心軸Ｆｃを基準線Ｚに重ねた状態で、かつ、第一金属部材１０１、第二金属部材１１０及び補助部材１２０Ａと攪拌ピンＦ２とを接触させた状態で接合用回転ツールＦを相対移動させる。

[0188] 本実施形態では、接合用回転ツールＦのシア側（advancing side：回転ツールの外周における接線速度に回転ツールの移動速度が加算される側）が

進行方向右側となるように、接合用回転ツールFの移動方向と回転方向を設定している。接合用回転ツールFの回転方向及び進行方向は前記したものに限定されるものではなく適宜設定すればよい。

[0189] 本実施形態では、接合用回転ツールFの回転速度を速く設定しているため、図43に示すように、塑性化領域W外のフロー側（Re側）にバリVが多く発生する傾向にある。また、接合用回転ツールFの回転速度を速く設定することにより、接合用回転ツールFの移動速度（送り速度）を高めることができる。これにより、接合サイクルを短くすることができる。

[0190] 摩擦攪拌工程の際に、接合用回転ツールFの進行方向のどちら側にバリVが多く発生するかは接合条件によって異なる。摩擦攪拌工程では、バリVが補助部材120Aに形成されるように接合条件を設定することが好ましい。

[0191] 攪拌ピンF2の挿入深さは、本実施形態では、攪拌ピンF2が第一金属部材101に達するように設定している。なお、攪拌ピンF2を第二金属部材110及び補助部材120Aのみに接触させた状態で重合部J11を摩擦攪拌するようにしてもよい。この場合は、攪拌ピンF2と第二金属部材110及び補助部材120Aとの摩擦熱によって重合部J11が塑性流動化して接合される。接合用回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域Wが形成される。

[0192] 除去工程は、図44に示すように、補助部材120Aを第二金属部材110から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材120Aを矢印で示すように第二金属部材110から離間する方向に折り曲げて第二金属部材110から除去する。これにより、第一金属部材101及び第二金属部材110が板厚方向に接合される。

[0193] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材101と第二金属部材110とが接合されるとともに、第一金属部材101及び第二金属部材110に加え、補助部材120Aも同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。これにより、第二金属部材110の表面に凹溝が形成されるのを防ぐことができる。

[0194] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって補助部材120Aにバ

リVが形成されるが、除去工程において補助部材120Aごとに取り除くことができる。これにより、バリVを除去する作業を容易に行うことができる。補助部材120Aは除去装置等を用いて除去してもよいが、本実施形態では矢印で示す方向に、手作業で容易に補助部材120Aを取り除くことができる。

[0195] [第十一実施形態]

次に、本発明の第十一実施形態に係る接合方法について説明する。図45～図48に示すように、第十一実施形態に係る接合方法では、攪拌ピンF2の挿入位置が第十実施形態と主に相違する。第十一実施形態に係る接合方法では、第十実施形態と相違する点を中心に説明する。第十一実施形態に係る接合方法は、重合工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。

[0196] 重合工程は、第十実施形態と同じであるため説明を省略する。図45に示すように、配置工程では、第九実施形態と同じ要領で第二金属部材110の表面に補助部材120Bを配置する。補助部材120Bは、第九実施形態の補助部材120の半分程度の幅になっている。

[0197] 摩擦攪拌工程は、図46に示すように、接合用回転ツールFを用いて第一金属部材101と第二金属部材110との重合部J11を摩擦攪拌によって接合する工程である。本実施形態では、接合用回転ツールFを右回転させるため、攪拌ピンF2の螺旋溝は基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。

[0198] 摩擦攪拌工程では、図45に示すように、接合用回転ツールFの回転中心軸Fcを、補助部材120Bの端面120aを通る基準線Zよりもわずかに補助部材120Bの中央側となるように位置させつつ、重合部J11に右回転させた攪拌ピンF2のみを挿入し、被接合金属部材と連結部F1とは離間させつつ相対移動させる。本実施形態では、図46に示すように、接合用回転ツールFの進行方向右側に補助部材120Bが位置するように接合用回転ツールFの進行方向を設定し、高速回転させる。これにより、本実施形態で

は、図47に示すように、補助部材120B側がフロー側（Re側）となり、補助部材120BにバリVが発生する。本実施形態における接合用回転ツールFの挿入位置（接合用回転ツールFの回転中心軸Fcと基準線Zとの距離）は、摩擦攪拌工程を行った後に接合用回転ツールFの片側にのみ補助部材120Bが残存する程度に適宜調節する。

[0199] 除去工程は、図48に示すように、補助部材120Bを第二金属部材110から除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材120Bを第二金属部材110から離間する方向（矢印方向）に折り曲げて第二金属部材110から除去する。

[0200] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材101と第二金属部材110とが接合されるとともに、第一金属部材101及び第二金属部材110に加え、補助部材120Bも同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。

[0201] また、本実施形態の接合条件によれば、接合用回転ツールFの回転速度を速く設定しているため、フロー側にバリVが多く発生する傾向にある。つまり、本実施形態ではバリVが補助部材120Bに多く形成されるように接合用回転ツールFの回転方向及び進行方向等（接合条件）を設定している。これにより、補助部材120Bに形成されたバリVは、補助部材120Bごと除去されるため、バリ除去工程をより容易に行うことができる。補助部材120Bは除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で容易に補助部材120Bを取り除くことができる。

[0202] ここで、前記した第九実施形態の除去工程では、塑性化領域Wの中央を挟んで両側にある補助部材120、120除去する必要がある。しかし、本実施形態では摩擦攪拌工程後に一方側（接合用回転ツールFの進行方向左側）に補助部材120Bが残存しないように攪拌ピンF2の挿入位置を調節しているため、除去工程では他方側に残存する補助部材120Bを除去するだけでよい。これにより除去工程の作業手間を少なくすることができる。また、回転中心軸Fcが、基準線Zよりもわずかに補助部材120Bの中央側に偏

移しているため、接合部の金属不足をバランス良く、かつ、より確実に防ぐことができる。また、回転中心軸 F_c が、基準線 Z よりもわずかに補助部材 120B の中央側に偏移しているため、攪拌ピン F_2 を補助部材 120B に容易に挿入することができる。

[0203] [他の実施形態]

次に、本発明の他の実施形態について説明する。他の実施形態に係る接合方法では、重合工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。他の実施形態では、金属部材同士が上下に湾曲している点で第九実施形態～第十一実施形態と相違する。

[0204] 図49に示すように、重合工程では、第一金属部材130と、第二金属部材140とを重ね合わせる。第一金属部材130及び第二金属部材140は、摩擦攪拌可能な金属で形成されるとともに、第一金属部材130の表面130aと、板状の第二金属部材140の表面140a及び裏面140bとが、同等の曲率半径で湾曲形成されている。第一金属部材130の表面130aと、第二金属部材140の裏面140bとを重ね合わせることにより、重合部J12が形成される。

[0205] 配置工程では、第二金属部材140と同形状に湾曲した板状の補助部材150の裏面150bを、第二金属部材140の表面140aに面接触させる。なお、第一金属部材130、第二金属部材140及び補助部材150は、治具（図示省略）を用いて架台Tに移動不能に拘束される。

[0206] 摩擦攪拌工程は、接合用回転ツールFを用いて重合部J12を摩擦攪拌接合する工程である。摩擦攪拌工程では、接合用回転ツールFの攪拌ピン F_2 を補助部材150の表面150aから第二金属部材140を介して第一金属部材130まで挿入し、重合部J12に沿って接合用回転ツールFを相対移動させる。摩擦攪拌工程では、接合用回転ツールFの回転中心軸 F_c が補助部材150及び第二金属部材140の法線と重なるように、接合用回転ツールFの傾斜角度を漸次変更する。また、摩擦攪拌工程では、塑性化領域W1が一定になるように攪拌ピン F_2 の挿入深さを設定する。除去工程は、第九

実施形態と同等であるため説明を省略する。

[0207] 以上説明した他の実施形態に係る接合方法のように、重合部 J 1 2 が上下方向に湾曲して高さが変化する場合であっても、第九実施形態～第十一実施形態と略同等の効果を奏することができる。

[0208] 以上本発明の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、本実施形態では除去工程を行ったが、補助部材を除去せずに、第二金属部材にそのまま存置してもよい。

[0209] [第十二実施形態]

本発明の第十二実施形態に係る接合方法について図面を参照して詳細に説明する。本実施形態に係る接合方法では、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程と、を行う。

[0210] 第十二実施形態に係る接合方法について説明する。本実施形態では、図 50 に示す第一金属部材 201 A と第二金属部材 201 B との端面 201 a, 201 a 同士を、図 51 に示すように突き合わせて形成された突合せ部 J 21 を摩擦攪拌によって接合する。第一金属部材 201 A 及び第二金属部材 201 B は、金属製の部材であって、突き合わされる端面 201 a, 201 a が同等の形状になっている。また、第一金属部材 201 A 及び第二金属部材 201 B は同等の材料で形成されている。この材料は、摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等から適宜選択すればよい。

[0211] 図 50 に示すように、第一金属部材 201 A 及び第二金属部材 201 B は、直方体を呈する本体部 202 と、本体部 202 の上に形成され断面台形状を呈する凸部 203 とで構成されている。凸部 203 の表面 203 a は、本体部 202 の表面 202 a, 202 b よりも上方に位置している。凸部 203 の第一表面 203 b は、傾斜しており本体部 202 の表面 202 a と凸部 203 の表面 203 a とを連結している。また、凸部 203 の第二表面 203 c は、傾斜しており本体部 202 の表面 202 b と凸部 203 の表面 203

3 a とを連結している。

[0212] 本実施形態に係る接合方法では、突合せ工程と、接合工程を行う。図50に示すように、突合せ工程は、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bの端面201a、201aを突き合わせる工程である。突合せ工程では、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bの各表面同士が面一になるように突き合わせる。

[0213] 図51に示すように、突合せ工程によって端面201a、201aが面接触して突合せ部J21が形成される。突合せ部J21はその高さ位置が変化するように形成される。つまり、突合せ部J21は、摩擦攪拌の始点（挿入位置）の高さ（標高）を基準高さとする、始点から終点に至るまでに基準高さとは異なる高さの異なる区間が存在している。本実施形態では、突合せ部J21は、第一平部Jaと、第一傾斜部Jbと、第二平部Jcと、第二傾斜部Jdと、第三平部Jeとで構成されている。

[0214] 配置工程は、図52に示す突合せ状態の第一金属部材201A及び第二金属部材201Bに補助部材210を配置する工程である。補助部材210は金属製の板状部材である。補助部材210は摩擦攪拌可能な金属であれば特に制限されないが、本実施形態では第一金属部材201A及び第二金属部材201Bと同じ材料になっている。補助部材210の板厚は、後記する摩擦攪拌工程後の塑性化領域Wが金属不足にならないように適宜設定する。

[0215] 補助部材210は、一定の板厚で形成された高さの異なる板状部材である。補助部材210は、基部211、211と、中央部212と、傾斜部213、214とで構成されている。中央部212は、基部211、211の中央において、基部211、211よりも高い位置に形成されている。傾斜部213は、一方の基部211と中央部212とを斜めに連結している。傾斜部214は、他方の基部211と中央部212とを斜めに連結している。また、基部211、211のそれぞれの端部の中央付近には、スリット215、215が設けられている。

[0216] 配置工程では、図52及び図53に示すように、突合せ状態の第一金属部

材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B の表面の中央部に沿って、補助部材 2 1 0 の裏面を面接触させる。より詳しくは、突合せ状態の第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B の本体部 2 0 2 の表面 2 0 2 a, 2 0 2 b と、補助部材 2 1 0 の基部 2 1 1, 2 1 1 の裏面 2 1 1 b, 2 1 1 b とを重ね合わせるとともに、凸部 2 0 3 の表面 2 0 3 a と中央部 2 1 2 の裏面 2 1 2 b とを重ね合わせる。また、凸部 2 0 3 の傾斜した第一表面 2 0 3 b と傾斜部 2 1 3 の裏面 2 1 3 b とを重ね合わせるとともに、凸部 2 0 3 の傾斜した第二表面 2 0 3 c と傾斜部 2 1 4 の裏面 2 1 4 b とを重ね合わせる。

[0217] また、突合せ状態の第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B と補助部材 2 1 0 とを治具（図示省略）を用いて架台 T に移動不能に拘束する。なお、補助部材 2 1 0 は本実施形態では高さの異なる板状としているが、第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B の表面に面接触すれば、他の形状であってもよい。

[0218] 摩擦攪拌工程は、図 5 4 に示すように、接合用回転ツール F を用いて突合せ状態の第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B の突合せ部 J を摩擦攪拌によって接合する工程である。接合用回転ツール F は、連結部 F 1 と、攪拌ピン F 2 とで構成されている。本実施形態では、接合用回転ツール F を右回転させるため、螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て左回りに形成されている。

[0219] 螺旋溝をこのように設定することで、摩擦攪拌の際に塑性流動化した金属が螺旋溝によって攪拌ピン F 2 の先端側に導かれる。これにより、被接合金属部材（突合せ状態の第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B と補助部材 2 1 0）の外部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。

[0220] 摩擦攪拌工程では、図 5 4 に示すように、補助部材 2 1 0 の表面に設定した開始位置 S p に、右回転させた接合用回転ツール F の攪拌ピン F 2 を挿入する。攪拌ピン F 2 の挿入深さは、本実施形態では、攪拌ピン F 2 が第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B に接触する（達する）ように設定

している。また、接合用回転ツールFの回転中心軸が、常に鉛直軸と平行となる状態で摩擦攪拌を行う。摩擦攪拌工程によって攪拌ピンF2の周囲の第一金属部材201A及び第二金属部材201Bが摩擦攪拌され、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bが接合される。接合用回転ツールFの移動軌跡には、塑性化領域Wが形成される。

[0221] つまり、摩擦攪拌工程では、図55に示すように、突合せ部J21に対する攪拌ピンF2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ、攪拌ピンF2のみを補助部材210及び第一金属部材201A及び第二金属部材201Bに接触させた状態で摩擦攪拌を行う。本実施形態に係る摩擦攪拌工程では、補助部材210、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bが固定された架台Tに対して接合用回転ツールFを、補助部材210の上下に高さ（標高）が異なる表面を、上下動させることにより摩擦攪拌を行う。

[0222] これにより、第一平部Jaの塑性化領域Wの深さZa、第一傾斜部Jbの塑性化領域Wの深さZb（傾斜部213の表面213aと直交する線上における塑性化領域Wの深さ）及び第二平部Jcの塑性化領域Wの深さZcをほぼ同等にすることができる。攪拌ピンF2の「挿入深さ」とは、接合用回転ツールFの回転中心軸Fc上における補助部材210の表面から攪拌ピンF2の先端までの距離を意味する。

[0223] 上記の摩擦攪拌工程によって攪拌ピンF2の周囲が摩擦攪拌され、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bが接合される。この際、図56及び図57に示すように、補助部材210の表面部にバリVが形成される。なお、本実施形態では、接合用回転ツールFを高速回転させているため、バリは後述するシアー側に比べてフロー側の方に多く発生する傾向にある。

[0224] 除去工程は、図58及び図59に示すように、補助部材210を第一金属部材201A及び第二金属部材201Bから除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材210を第一金属部材201A及び第二金属部材201Bから離間する方向に両側から折り曲げて第一金属部材201A及び第二金属部材201Bから除去する。この際、補助部材210の

スリット 215, 215 (図 54 参照) の一方を起点として端部をめくり上げつつ、折り曲げるようにして除去する。

[0225] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材 201A 及び第二金属部材 201B が接合されるとともに、第一金属部材 201A 及び第二金属部材 201B に加え、補助部材 210 も同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部 (塑性化領域 W) の金属不足を防ぐことができる。これにより、第一金属部材 201A 及び第二金属部材 201B の突合せ部 J21 の表面に凹溝が形成されるのを防ぐことができる。

[0226] また、補助部材 210 の中央部から突合せ部 J21 に向かって攪拌ピン F2 を挿入することにより、接合部の金属不足をより確実に防ぐことができる。とともに、金属をバランスよく補充することができる。また、補助部材 210 の中央部から攪拌ピン F2 を挿入することにより、攪拌ピン F2 を補助部材 210 に容易に挿入することができる。

[0227] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって分断された補助部材 210 にそれぞれバリ V, V が形成されるが、除去工程において、バリ V, V を補助部材 210 ごとに取り除くことができる。これにより、バリ V, V を除去する作業を容易に行うことができる。補助部材 210 は除去装置等を用いて除去してもよいが、本実施形態では手作業で補助部材 10 を容易に取り除くことができる。

[0228] ここで、本実施形態に係る接合方法では、補助部材 210 を第一金属部材 201A 及び第二金属部材 201B よりも大幅に薄く設定しているため、従来のように回転ツールのショルダ部を金属部材に押し込みながら摩擦攪拌を行うと、ショルダ部と補助部材 210 との接触により補助部材 210 が外部に飛ばされてしまい突合せ部 J21 が接合される接合部の金属不足を補うことができない。しかし、本実施形態では、接合用回転ツール F の攪拌ピン F2 のみを補助部材 210 と第一金属部材 201A 及び第二金属部材 201B に接触させつつ摩擦攪拌を行うため、補助部材 210 が外部に飛ばされることなく接合部の金属不足を補うことができる。また、本実施形態によれば、

回転ツールのショルダ部を接触させる場合に比べて摩擦攪拌装置に作用する負荷を低減した状態で、補助部材 210 の下側にある突合せ部 J21 の深い位置を接合することができる。

[0229] [変形例]

図 60 は、第十二実施形態に係る接合方法の変形例の摩擦攪拌工程を示す断面図である。図 60 に示すように、変形例では、摩擦攪拌工程を行う際に、接合用回転ツール F を突合せ部 J の上面に対して垂直に挿入しつつ摩擦攪拌を行う。変形例の摩擦攪拌工程では、第一平部 J a、第二平部 J c 及び第三平部 J e においては、第十二実施形態と同様に接合用回転ツール F の回転中心軸 F c を鉛直軸と平行にした状態で摩擦攪拌を行う。一方、第一傾斜部 J b 及び第二傾斜部 J d においては、接合用回転ツール F を鉛直軸に対して傾斜させて、第一金属部材 201 A 及び第二金属部材 201 B の表面に対して接合用回転ツール F の回転中心軸 F c を垂直にした状態で摩擦攪拌を行う。

[0230] 変形例を行う場合は、例えば、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたロボットアームに接合用回転ツール F を取り付けて摩擦攪拌を行うことが好ましい。このような摩擦攪拌装置によれば、接合用回転ツール F の回転中心軸 F c の角度を容易に変更することができる。これにより、突合せ部 J の高さが変化する場合においても、摩擦攪拌中に鉛直軸に対する接合用回転ツール F の回転中心軸 F c の角度を変更することで、第一金属部材 201 A 及び第二金属部材 201 B の表面に対して接合用回転ツール F を常に垂直にした状態で連続して摩擦攪拌を行うことができる。

[0231] 前記した変形例であっても、第十二実施形態と略同等の効果を奏することができる。また、接合用回転ツール F を第一金属部材 201 A 及び第二金属部材 201 B の表面に対して垂直に挿入することができるため、傾斜面であっても突合せ部 J21 の深い位置まで摩擦攪拌を行うことができる。

[0232] [第十三実施形態]

次に、第十三実施形態に係る接合方法について説明する。第十三実施形態

に係る接合方法は、図 6 1 に示す補助部材 2 1 0 A の端面 2 1 0 a から接合用回転ツール F を挿入する点で第十二実施形態と相違する。また、補助部材 2 1 0 A には、スリット 2 1 5, 2 1 5 が形成されていない点が相違する。第十三実施形態に係る接合方法では、第十二実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0233] 本実施形態に係る接合方法は、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。突合せ工程は、第十二実施形態と同じであるため説明を省略する。配置工程では、図 6 1 及び図 6 2 に示すように、第一金属部材 2 0 1 A の表面で且つ第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B の突合せ部 J 2 1 の境界線 C 上に端面 2 1 0 a を合わせて補助部材 2 1 0 A を配置する。第十三実施形態の補助部材 2 1 0 A は、第十二実施形態の補助部材 2 1 0 の半分程度の幅になっている。

[0234] 摩擦攪拌工程は、図 6 2 及び図 6 3 に示すように、接合用回転ツール F を用いて第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B の突合せ部 J を摩擦攪拌によって接合する工程である。本実施形態では、接合用回転ツール F を左回転させるため、攪拌ピン F 2 の螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて右回りに形成されている。言い換えると、螺旋溝は、螺旋溝を基端から先端に向けてなぞると上から見て右回りに形成されている。

[0235] 摩擦攪拌工程では、左回転させた攪拌ピン F 2 のみを挿入し、被接合金属部材と連結部 F 1 とは離間させつつ相対移動させる。言い換えると、攪拌ピン F 2 の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。摩擦攪拌工程では、図 6 2 に示すように、接合用回転ツール F の回転中心軸 F c を境界線 C に重ねた状態で、かつ、第一金属部材 2 0 1 A 及び第二金属部材 2 0 1 B 及び補助部材 2 1 0 A と攪拌ピン F 2 とを接触させた状態で接合用回転ツール F を相対移動させる。

[0236] 本実施形態では、接合用回転ツール F のシア側（advancing side：回転ツールの外周における接線速度に回転ツールの移動速度が加算される側）が進行方向右側となるように、接合用回転ツール F の移動方向と回転方向を設

定している。接合用回転ツールFの回転方向及び進行方向は前記したものに限定されるものではなく適宜設定すればよい。

[0237] 本実施形態では、接合用回転ツールFの回転速度を速く設定しているため、図64に示すように、塑性化領域W外のフロー側（Re側）にバリVが多く発生する傾向にある。また、接合用回転ツールFの回転速度を速く設定することにより、接合用回転ツールFの移動速度（送り速度）を高めることができる。これにより、接合サイクルを短くすることができる。

[0238] 摩擦攪拌工程の際に、接合用回転ツールFの進行方向のどちら側にバリVが多く発生するかは接合条件によって異なる。摩擦攪拌工程では、バリVが補助部材210Aに形成されるように接合条件を設定することが好ましい。攪拌ピンF2の挿入深さは、本実施形態では、攪拌ピンF2が第一金属部材201A及び第二金属部材201Bに接触する（達する）ように設定している。

[0239] 除去工程は、図64に示すように、補助部材210Aを第一金属部材201Aから除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材210Aを矢印で示すように第一金属部材201Aから離間する方向に折り曲げて第一金属部材201Aから除去する。これにより、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bが突合せ部J21で接合される。

[0240] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bが突合せ部J21で接合されるとともに、補助部材210Aも同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。これにより、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bの表面に凹溝が形成されるのを防ぐことができる。

[0241] また、本実施形態によれば、摩擦攪拌工程によって補助部材210AにバリVが形成されるが、除去工程において補助部材210Aごとに取り除くことができる。これにより、バリVを除去する作業を容易に行うことができる。補助部材210Aは除去装置等を用いて除去してもよいが、本実施形態では矢印で示す方向に、手作業で容易に補助部材210Aを取り除くことができ

る。

[0242] [第十四実施形態]

次に、本発明の第十四実施形態に係る接合方法について説明する。図65～図68に示すように、第十四実施形態に係る接合方法では、補助部材210Bの配置位置及び攪拌ピンF2の挿入位置が第十三実施形態と主に相違する。第十四実施形態に係る接合方法では、第十三実施形態と相違する点を中心に説明する。第十四実施形態に係る接合方法は、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。

[0243] 突合せ工程は、第十三実施形態と同じであるため説明を省略する。図65に示すように、配置工程では、主に第二金属部材201Bの表面に補助部材210Bを配置しつつ、境界線Cから第一金属部材201Aの表面側に端面210aがわずかに突き出るように補助部材210Bを配置する。境界線Cから端面210aまでの距離は、後記する摩擦攪拌工程後に接合部（塑性化領域W）に金属不足が発生せず、かつ、摩擦攪拌工程後に第一金属部材201Aに補助部材210Bが残存しない程度に設定する。

[0244] 摩擦攪拌工程は、図66に示すように、接合用回転ツールFを用いて第一金属部材201A及び第二金属部材201Bの突合せ部J21を摩擦攪拌によって接合する工程である。本実施形態では、接合用回転ツールFを右回転させるため、攪拌ピンF2の螺旋溝は基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。

[0245] 摩擦攪拌工程では、接合用回転ツールFの回転中心軸Fcを、境界線C（図65参照）に合わせつつ、突合せ部J21に右回転させた攪拌ピンF2のみを挿入し、被接合金属部材と連結部F1とは離間させつつ相対移動させる。本実施形態では、図66に示すように、接合用回転ツールFの進行方向右側に補助部材210Bが位置するように接合用回転ツールFの進行方向を設定し、高速回転させる。これにより、本実施形態では、図67に示すように、補助部材210Bのフロー側（Re側）にバリVが発生する。

[0246] 除去工程は、図68に示すように、補助部材210Bを第二金属部材20

1 Bから除去する工程である。除去工程では、例えば手作業により、補助部材210Bを第二金属部材201Bから離間する方向（矢印方向）に折り曲げて第二金属部材201Bから除去する。

[0247] 以上説明した本実施形態に係る接合方法によれば、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bが接合されるとともに、第一金属部材201A及び第二金属部材201Bに加え、補助部材210Bも同時に摩擦攪拌接合されることにより、接合部（塑性化領域W）の金属不足を防ぐことができる。

[0248] また、本実施形態の接合条件によれば、接合用回転ツールFの回転速度を速く設定しているため、塑性化領域W外のフロー側にバリVが多く発生する傾向にある。つまり、摩擦攪拌工程後に残存する補助部材210BにバリVが集約されるように接合用回転ツールFの回転方向及び進行方向等（接合条件）を設定している。これにより、補助部材210Bに形成されたバリVは、補助部材210Bごと除去されるため、バリ除去工程をより容易に行うことができる。補助部材210Bは除去装置等を用いてもよいが、本実施形態では手作業で容易に補助部材210Bを取り除くことができる。

[0249] ここで、前記した第十二実施形態の除去工程では、塑性化領域Wの中央を挟んで両側にある補助部材210を除去する必要がある。しかし、本実施形態では摩擦攪拌工程後に境界線Cの他方側（第一金属部材201A及び第二金属部材201Bのうち補助部材210Bとの接触面積割合が少ない側）に補助部材210Bが残存しないように補助部材210Bの配置位置を調節しているため、除去工程では境界線Cの一方側（第一金属部材201A及び第二金属部材201Bのうち補助部材210Bとの接触面積割合が多い側）に残存する補助部材210Bを除去するだけでよい。これにより除去工程の作業手間を少なくすることができる。

[0250] また、補助部材210Bの配置位置は、端面210aが境界線Cを超えて第一金属部材201A側（他方側）にわずかに突き出た位置としている。このため、この突き出た補助部材210Bの部分も攪拌ピンF2で摩擦攪拌されて接合部（塑性化領域W）に補填されるので、バランス良く、かつ、より

確実に接合部の金属不足を防ぐことができる。また、回転中心軸 F_c が、補助部材 210B の端面 210a から中央側にわずかにずれた位置となるので、攪拌ピン F_2 を補助部材 210B に容易に挿入することができる。

[0251] [他の実施形態]

次に、本発明の他の実施形態について説明する。他の実施形態に係る接合方法では、突合せ工程と、配置工程と、摩擦攪拌工程と、除去工程とを行う。他の実施形態では、金属部材同士が上下に湾曲している点で第十二実施形態～第十四実施形態と相違する。

[0252] 図69及び図70に示すように、突合せ工程では、上面が湾曲した第一金属部材 230A 及び第二金属部材 230B を突き合わせるこの突き合わせにより突合せ部 J が形成される第一金属部材 230A 及び第二金属部材 230B は、摩擦攪拌可能な金属で形成されるとともに、表面 230a, 230a 同士が面一となるように、それぞれ同等の曲率半径で湾曲形成されている。

[0253] 配置工程では、第一金属部材 230A 及び第二金属部材 230B と同形状に湾曲した板状の補助部材 250 の裏面 250b を、突合せ状態の第一金属部材 230A 及び第二金属部材 230B の表面の中央部に沿って面接触させる。なお、第一金属部材 230A 及び第二金属部材 230B 及び補助部材 250 は、治具（図示省略）を用いて架台 T に移動不能に拘束される。

[0254] 摩擦攪拌工程は、接合用回転ツール F を用いて突合せ部 J 21 を摩擦攪拌接合する工程である。摩擦攪拌工程では、接合用回転ツール F の攪拌ピン F_2 を補助部材 250 の表面 250a から第一金属部材 230A 及び第二金属部材 230B の突合せ部 J 21 まで挿入し、突合せ部 J 21 に沿って接合用回転ツール F を相対移動させる。摩擦攪拌工程では、接合用回転ツール F の回転中心軸 F_c が補助部材 250 及び第一金属部材 230A 及び第二金属部材 230B の法線と重なるように、接合用回転ツール F の傾斜角度を漸次変更する。また、摩擦攪拌工程では、塑性化領域 W1 の深さが一定になるように攪拌ピン F_2 の挿入深さを設定する。除去工程は、第十二実施形態と同等であるため説明を省略する。

[0255] 以上説明した他の実施形態に係る接合方法のように、突合せ部 J 2 1 が上下方向に湾曲して高さが変化する場合であっても、第十二実施形態～第十四実施形態と略同等の効果を奏することができる。

[0256] 以上本発明の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、本実施形態では除去工程を行ったが、補助部材を除去せずに、第一及び第二金属部材にそのまま存置してもよい。

符号の説明

[0257]	1	第一金属部材
	2	第二金属部材
	1 0	補助部材
	F	接合用回転ツール（回転ツール）
	F 1	連結部
	F 2	攪拌ピン
	J 1	突合せ部
	V	バリ
	W	塑性化領域
	C	境界線
	Z	基準線

請求の範囲

- [請求項1] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、
- 前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、
- 前記第一金属部材又は前記第二金属部材に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、
- 回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする接合方法。
- [請求項2] バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材又は前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の接合方法。
- [請求項3] 前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項2に記載の接合方法。
- [請求項4] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、
- 前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、
- 前記第一金属部材及び前記第二金属部材の両方に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、
- 回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合

する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする接合方法。

[請求項5] バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材から除去する除去工程と、を含むことを特徴とする請求項4に記載の接合方法。

[請求項6] 前記配置工程では、前記補助部材を第一金属部材及び前記第二金属部材の一方に配置しつつ、前記摩擦攪拌工程後に他方側に補助部材が残存しない程度に前記突合せ部を挟んで他方側にわずかに突出するように配置し、

前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが、前記補助部材のうち第一金属部材及び前記第二金属部材の一方側に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項5に記載の接合方法。

[請求項7] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、

前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、

前記第一金属部材又は前記第二金属部材に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、

回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含み、前記突合せ工程において、前記突合せ部を形成する際に前記突合せ部に隙間が生じていることを特徴とする接合方法。

[請求項8] バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材又は前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする請求項7に記載の接合方法。

- [請求項9] 前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項8に記載の接合方法。
- [請求項10] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、
前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、
前記第一金属部材及び前記第二金属部材の両方に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、
回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含み、前記突合せ工程において、前記突合せ部を形成する際に前記突合せ部に隙間が生じていることを特徴とする接合方法。
- [請求項11] バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材から除去する除去工程と、を含むことを特徴とする請求項10に記載の接合方法。
- [請求項12] 前記配置工程では、前記補助部材を第一金属部材及び前記第二金属部材の一方に配置しつつ、前記突合せ部を挟んで他方側にわずかに突出するように配置し、
前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが、前記補助部材のうち第一金属部材及び前記第二金属部材の一方側に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項11に記載の接合方法。
- [請求項13] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、

前記第一金属部材と、前記第一金属部材よりも薄い前記第二金属部材とを用意する準備工程と、

前記第一金属部材及び前記第二金属部材の端面同士を突き合わせて突合せ部を形成するとともに第一の段差を形成する突合せ工程と、

前記第一の段差に補助部材を配置する配置工程と、

前記第一金属部材及び前記第二金属部材の表面側から回転する前記回転ツールを前記第一の段差に挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、第二金属部材及び補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする接合方法。

[請求項14] バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする請求項13に記載の接合方法。

[請求項15] 前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが前記補助部材に形成されるように、接合条件を設定することを特徴とする請求項14に記載の接合方法。

[請求項16] 前記配置工程において、前記第一金属部材の表面と前記補助部材の表面とが面一になるように前記補助部材を配置することを特徴とする請求項13に記載の接合方法。

[請求項17] 前記配置工程において、前記第一金属部材の表面よりも前記補助部材の表面が高い位置となるように前記補助部材を配置することを特徴とする請求項13に記載の接合方法。

[請求項18] 前記配置工程において、前記第一金属部材の表面よりも前記補助部材の表面が低い位置となるように前記補助部材を配置することを特徴とする請求項13に記載の接合方法。

[請求項19] 前記摩擦攪拌工程において、前記回転ツールの回転中心軸を前記突合せ部に対して前記補助部材側に偏移させた状態で、前記突合せ部に沿って摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする請求項13に記載の接合

方法。

[請求項20] 前記摩擦攪拌工程において、前記回転ツールの回転中心軸を前記補助部材側に傾斜させた状態で、前記突合せ部に沿って摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする請求項13に記載の接合方法。

[請求項21] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、

前記第一金属部材及び前記第二金属部材の端面同士を突き合わせて突合せ部を形成するとともに第一の段差を形成する突合せ工程と、

前記第一の段差に補助部材を配置する配置工程と、

前記第一金属部材及び前記第二金属部材の表面側から回転する前記回転ツールを前記第一の段差に挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、第二金属部材及び補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする接合方法。

[請求項22] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、

前記第一金属部材の表面に前記第二金属部材の裏面を重ね合せて重合部を形成する重合工程と、

前記第二金属部材の表面に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、

回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを、前記第二金属部材及び前記補助部材、又は、前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする接合方法。

[請求項23] バリが形成された前記補助部材を前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする請求項22に記載の接合方法。

- [請求項24] 前記摩擦攪拌工程では、前記補助部材の中央部に前記攪拌ピンを挿入することを特徴とする請求項23に記載の接合方法。
- [請求項25] 前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、
前記摩擦攪拌工程では、前記回転ツールの回転中心軸と前記基準線とが重なるように前記攪拌ピンを相対移動させるとともに、バリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項23に記載の接合方法。
- [請求項26] 前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、
前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌工程を行った後に前記回転ツールの片側にのみ補助部材が残存する程度に前記回転ツールの回転中心軸を前記基準線よりもわずかに前記補助部材の中央側に偏移させて相対移動させるとともに、残存する前記補助部材にバリが形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項23に記載の接合方法。
- [請求項27] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、
少なくとも表面の高さが変化する前記第一金属部材の表面に、少なくとも裏面の高さが変化する前記第二金属部材の裏面を重ね合せて高さが変化する重合部を形成する重合工程と、
前記第二金属部材の表面に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、
回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記第二金属部材及び前記補助部材、又は、前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含む

ことを特徴とする接合方法。

[請求項28] バリが形成された前記補助部材を前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする請求項27に記載の接合方法。

[請求項29] 前記摩擦攪拌工程では、前記補助部材の中央部に前記攪拌ピンを挿入することを特徴とする請求項28に記載の接合方法。

[請求項30] 前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、

前記摩擦攪拌工程では、前記回転ツールの回転中心軸と前記基準線とが重なるように前記攪拌ピンを相対移動させるとともに、バリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項28に記載の接合方法。

[請求項31] 前記補助部材の端面を通り前記第一金属部材及び前記第二金属部材に直交する線を基準線とした場合、

前記摩擦攪拌工程では、前記摩擦攪拌工程を行った後に前記回転ツールの片側にのみ補助部材が残存する程度に前記回転ツールの回転中心軸を前記基準線よりもわずかに前記補助部材の中央側に偏移させて相対移動させるとともに、残存する前記補助部材にバリが形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項28に記載の接合方法。

[請求項32] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、

表面の高さが変化する前記第一金属部材と表面の高さが変化する前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、

前記第一金属部材又は前記第二金属部材に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、

回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から高さが変化する前記突合せ部に対して挿入し、前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた

状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする接合方法。

[請求項33] バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材又は前記第二金属部材から除去する除去工程を含むことを特徴とする請求項32に記載の接合方法。

[請求項34] 前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが前記補助部材に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項33に記載の接合方法。

[請求項35] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、

表面の高さが変化する前記第一金属部材と表面の高さが変化する前記第二金属部材とを突き合わせて突合せ部を形成する突合せ工程と、

前記第一金属部材及び前記第二金属部材の両方に面接触するように補助部材を配置する配置工程と、

回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から高さが変化する前記突合せ部に対して挿入し、前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含むことを特徴とする接合方法。

[請求項36] バリが形成された前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材から除去する除去工程と、を含むことを特徴とする請求項35に記載の接合方法。

[請求項37] 前記配置工程では、前記補助部材を前記第一金属部材及び前記第二金属部材のいずれか一方に配置しつつ、前記突合せ部を挟んで他方側にわずかに突出するように配置し、

前記摩擦攪拌工程では、摩擦攪拌接合で発生するバリが、前記補助

部材のうち前記第一金属部材及び前記第二金属部材のいずれか一方側に形成されるように接合条件を設定することを特徴とする請求項 3 6 に記載の接合方法。

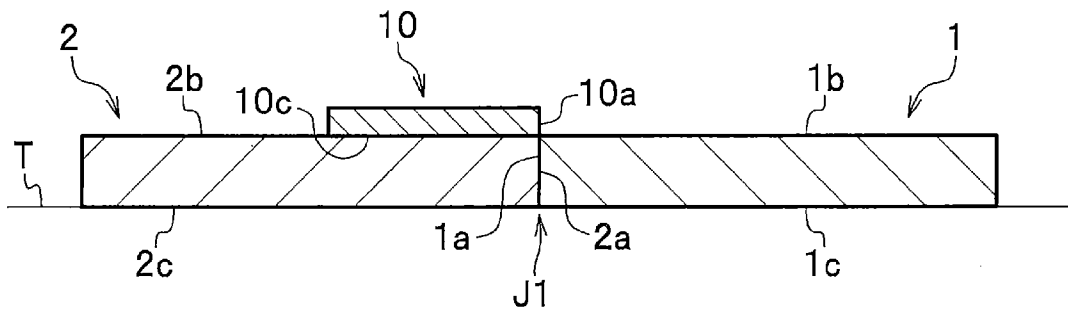
[請求項38]

前記攪拌ピンの周面に螺旋溝が刻設されており、

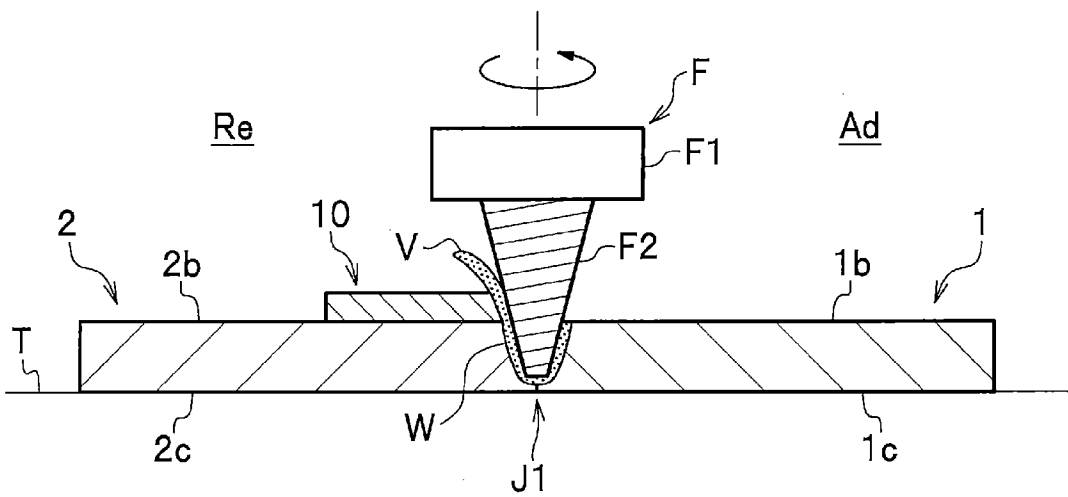
前記回転ツールを右回転させる場合は、前記螺旋溝を前記攪拌ピンの基端側から先端側に向けて左回りに刻設し、

前記回転ツールを左回転させる場合は、前記螺旋溝を前記攪拌ピンの基端側から先端側に向けて右回りに刻設することを特徴とする請求項 3 2 に記載の接合方法。

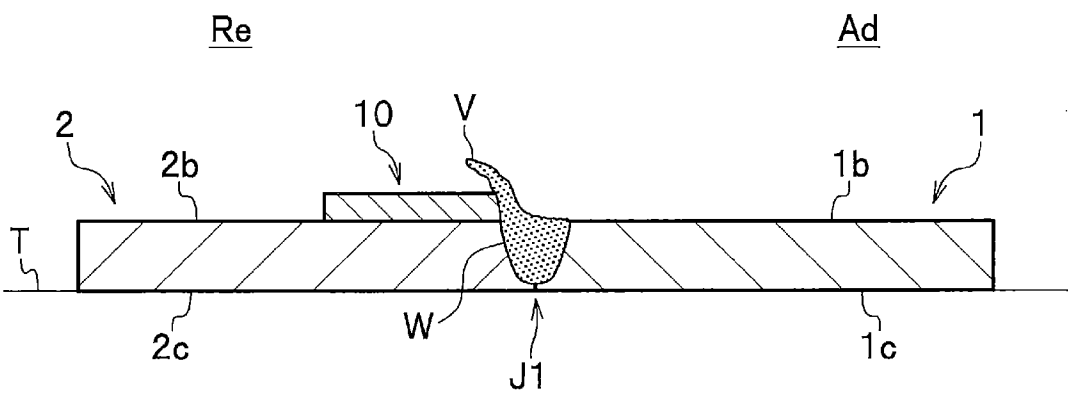
[図1]



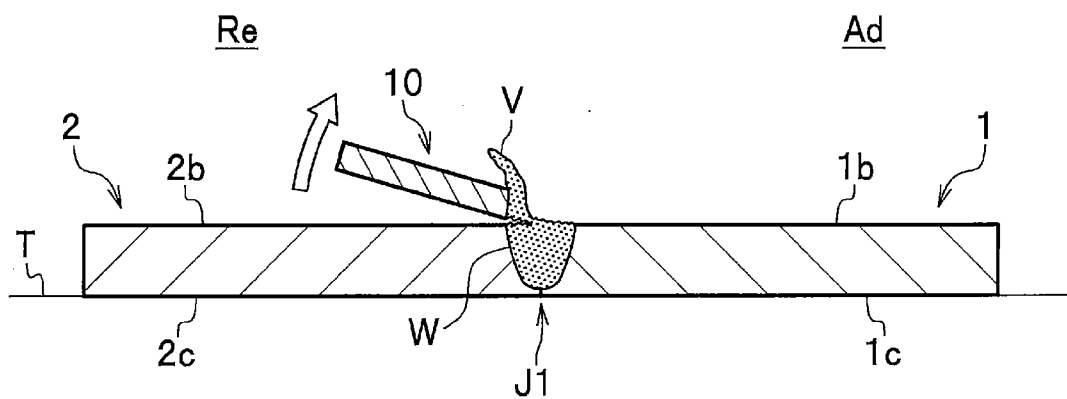
[図2]



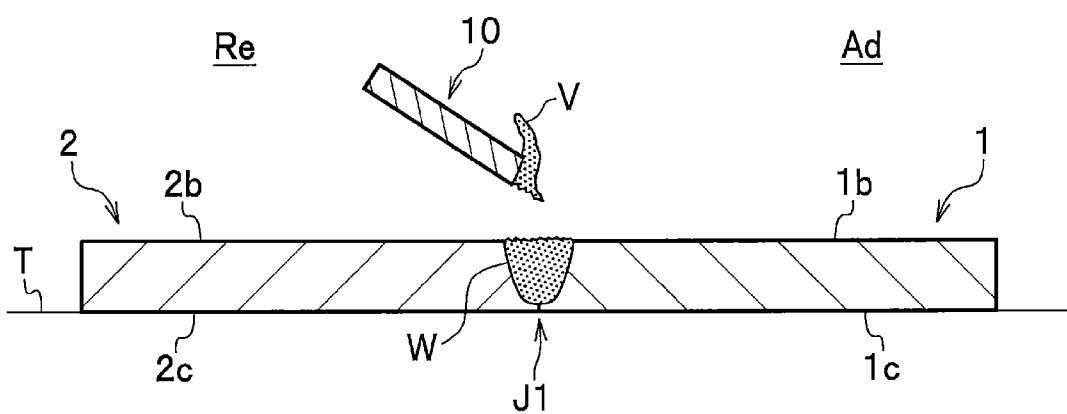
[図3]



[図4]



[図5]



A cross-sectional view of a mechanical assembly. A rotating tool (F1) is shown applying a downward force (F) to a workpiece (10). The tool has a conical tip (F2) and a cutting edge (V). The workpiece (10) is being deformed or cut, creating a groove (W) and a chip (J1). The substrate (1) has a top layer (1b) and a bottom layer (1c). The workpiece (10) has a top layer (10b) and a bottom layer (10c). The assembly is labeled with 'Ad' and 'Re'.

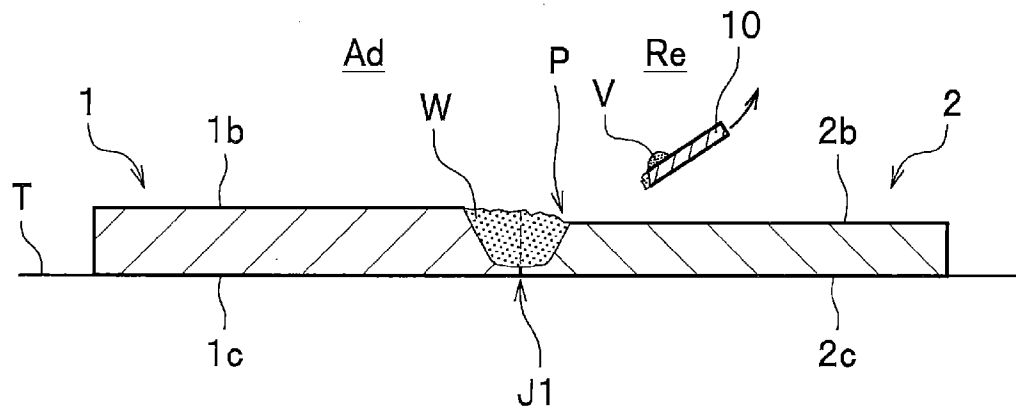
A cross-sectional view of a semiconductor device. A substrate 1 is shown with a top surface 1b and a bottom surface 1c. A trench 2 is formed in the substrate, with a bottom surface 2c and side walls 2b. A conductive plug 10 is formed in the trench, with a top surface 10c and side walls 10b. The plug is made of a material different from the substrate, indicated by different hatching patterns. Arrows V and W point to the side walls of the plug and the trench, respectively. A label J1 points to the bottom surface of the plug. A label T points to the top surface of the substrate. The device is labeled Ad and Re.

A cross-sectional view of a metal forming process. A punch (10) is shown pressing a workpiece (1) into a die (2). The punch has a cylindrical upper part (F1) and a conical lower part (F2). A force F is applied to the punch, causing it to rotate. The workpiece (1) is being deformed into a cup shape. The die (2) has a flat base (2c) and a raised section (2b) that forms the side wall of the cup. A layer of material (10b) is shown between the punch and the workpiece. A force F2 is applied to the punch at the point of contact. A force J1 is applied to the workpiece at the point of contact. A force W is applied to the workpiece at the point of contact. A force V is applied to the workpiece at the point of contact. A force T is applied to the workpiece at the point of contact. The workpiece is labeled 1 and the die is labeled 2. The punch is labeled 10. The layer of material is labeled 10b. The forces are labeled F, F1, F2, J1, T, V, and W.

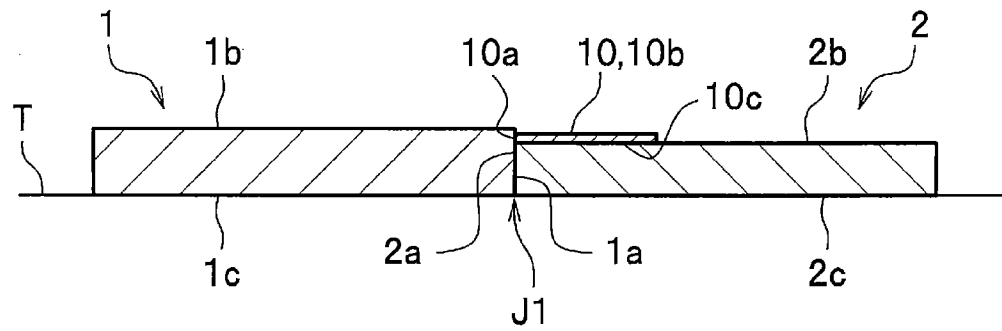
[illegible]

A cross-sectional view of a semiconductor device. A substrate 1 is shown with a trench 10. A gate structure 2 is formed on the top surface of the substrate 1. The gate structure 2 includes a gate oxide layer 2b and a gate electrode 2c. The trench 10 is filled with a material 1c. The gate structure 2 is positioned over the trench 10. Labels include: 1 (substrate), 1b (top surface of substrate), 1c (material in trench), 2 (gate structure), 2b (gate oxide layer), 2c (gate electrode), 10 (trench), W (width of trench), P (pitch of trench), V (depth of trench), J1 (junction), Ad (adhesion layer), Re (recessed), and T (top surface).

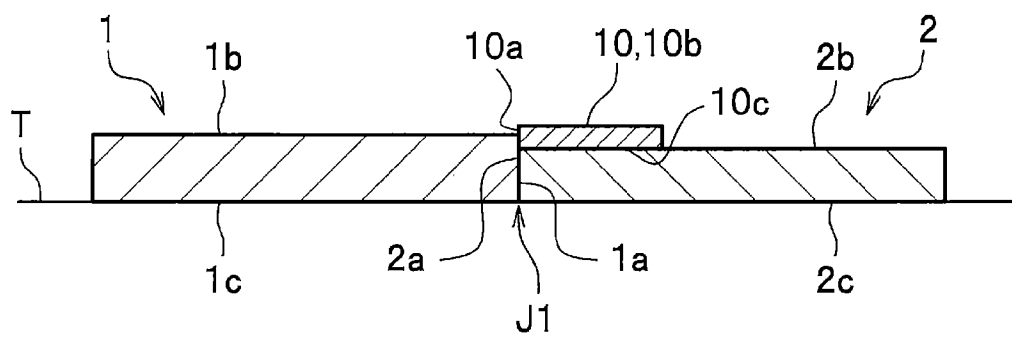
[図15]



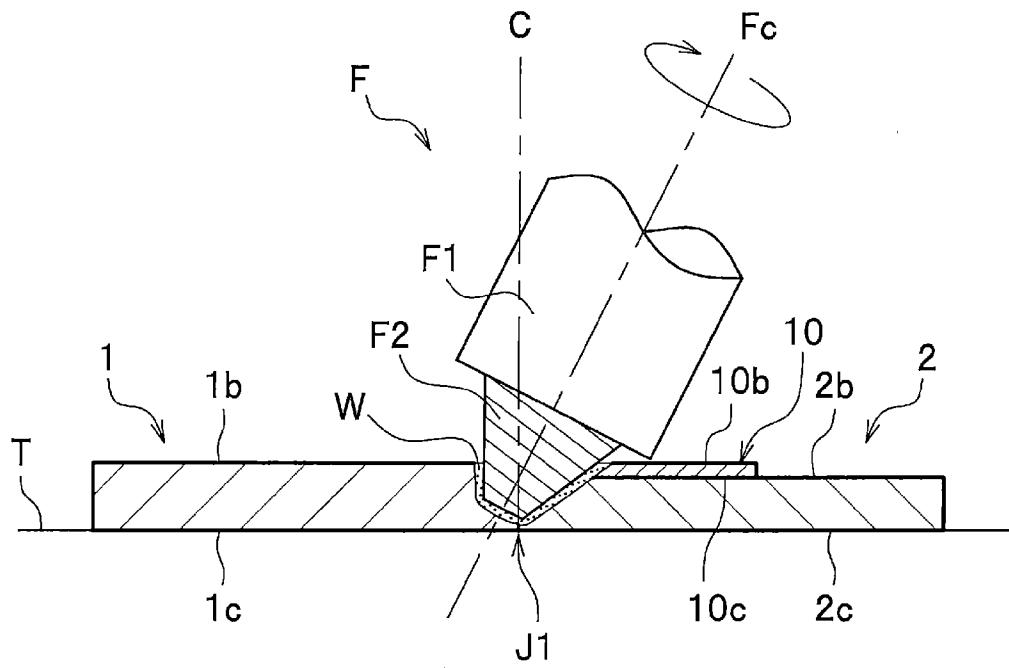
[図16]



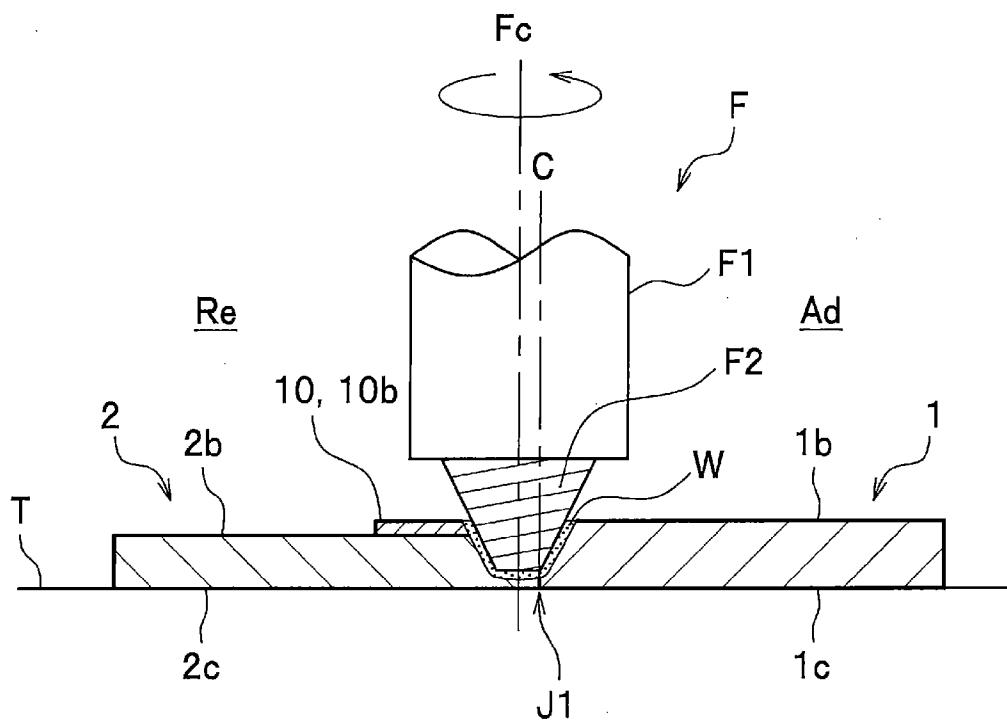
[図17]



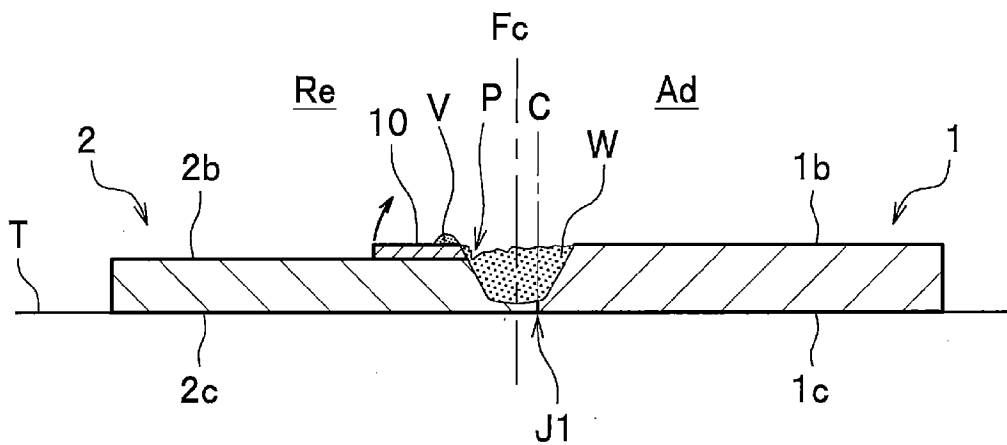
[図18]



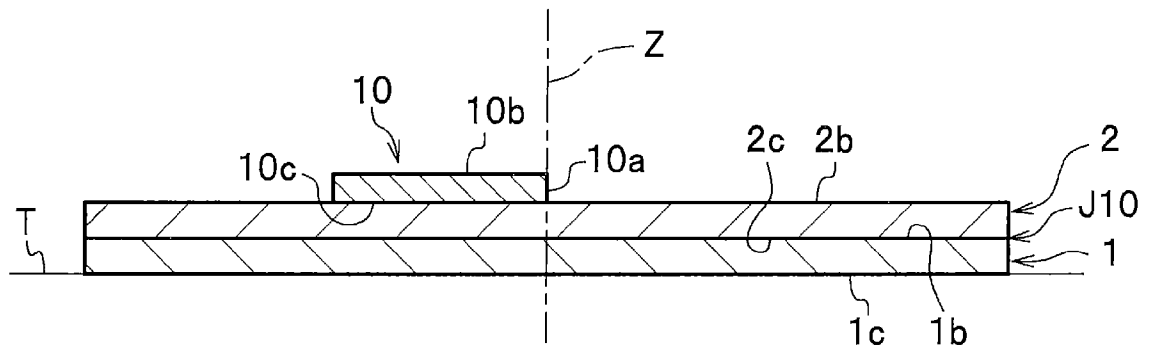
[図19]



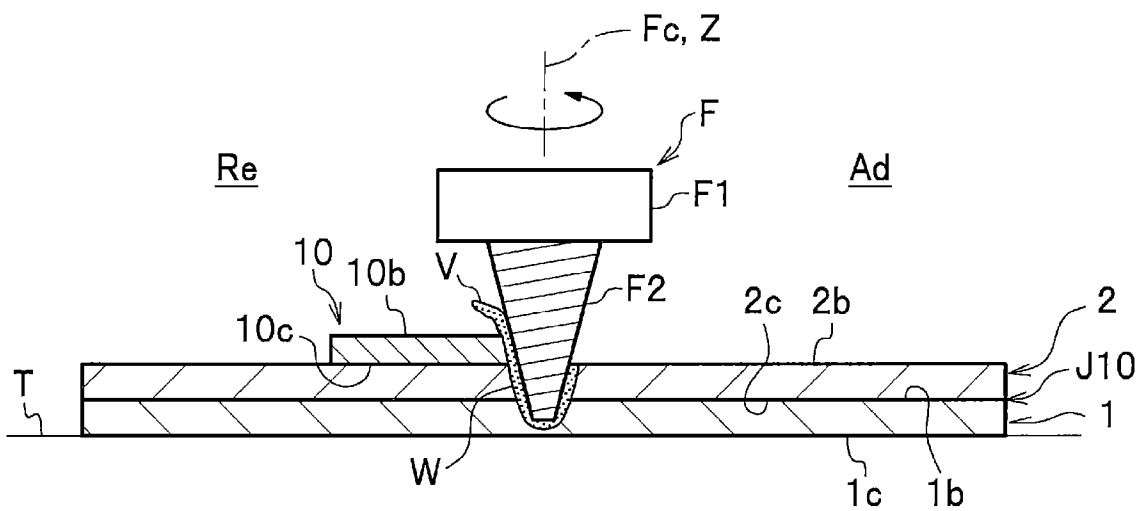
[図20]



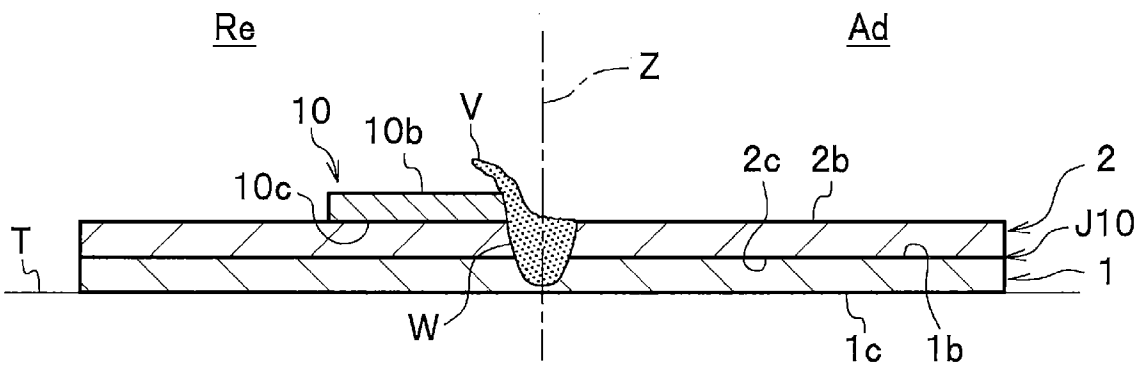
[図21]



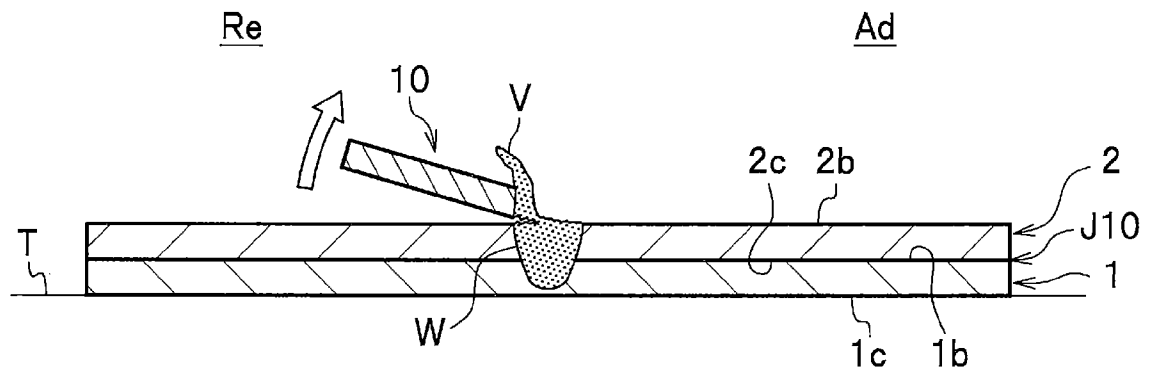
[図22]



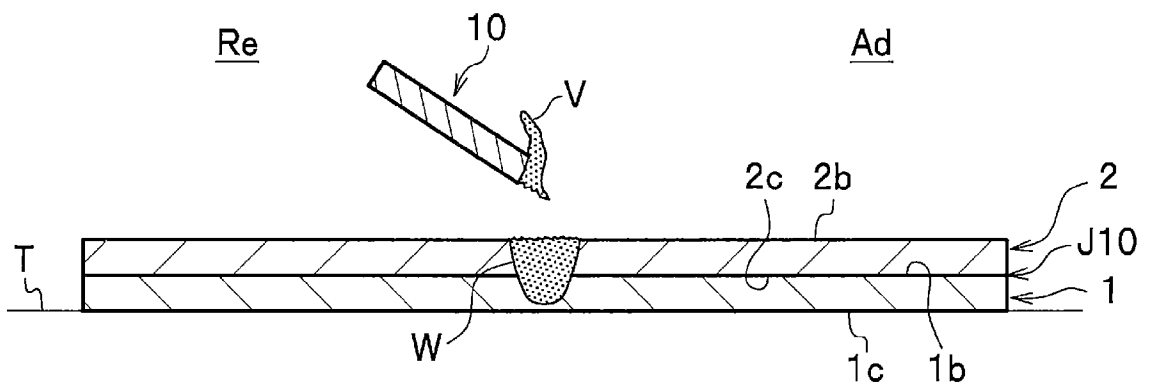
[図23]



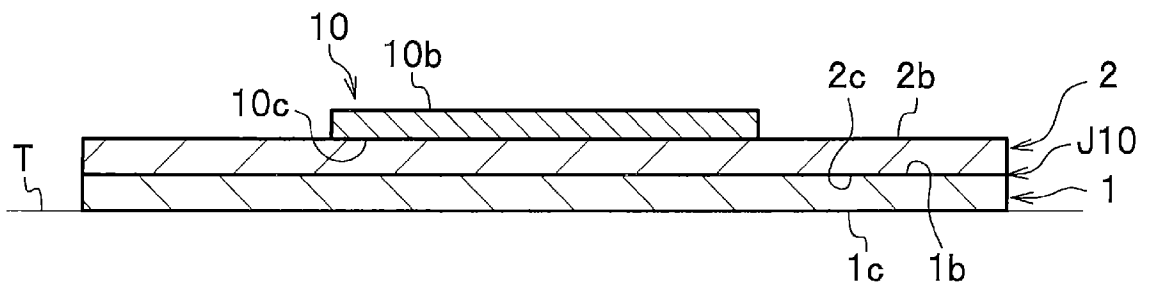
[図24]



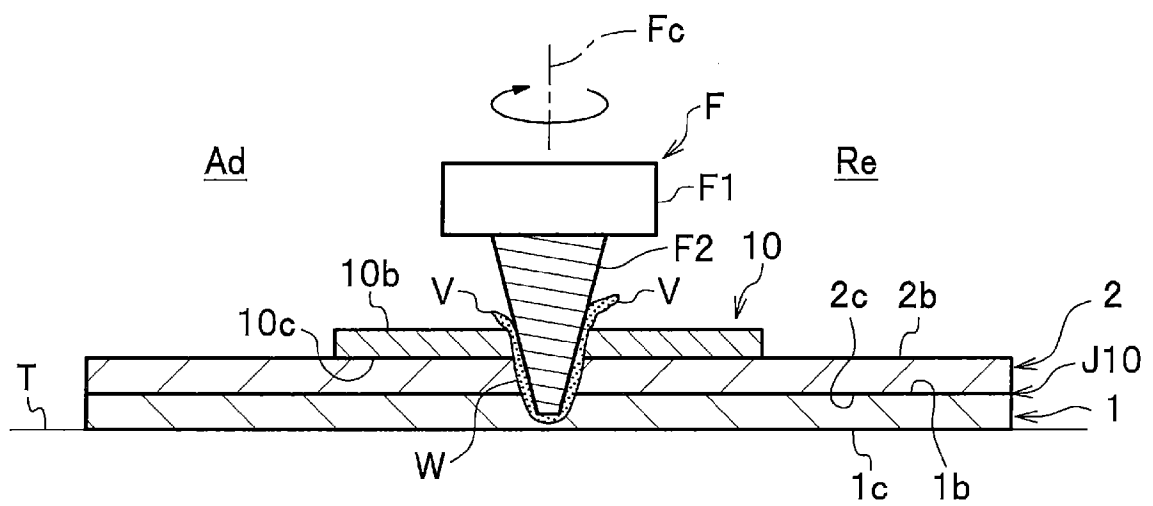
[図25]



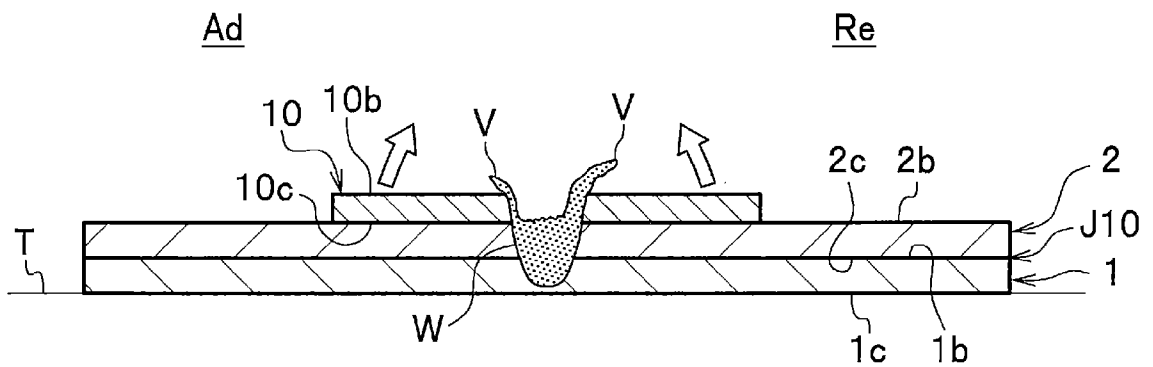
[図26]



[図27]

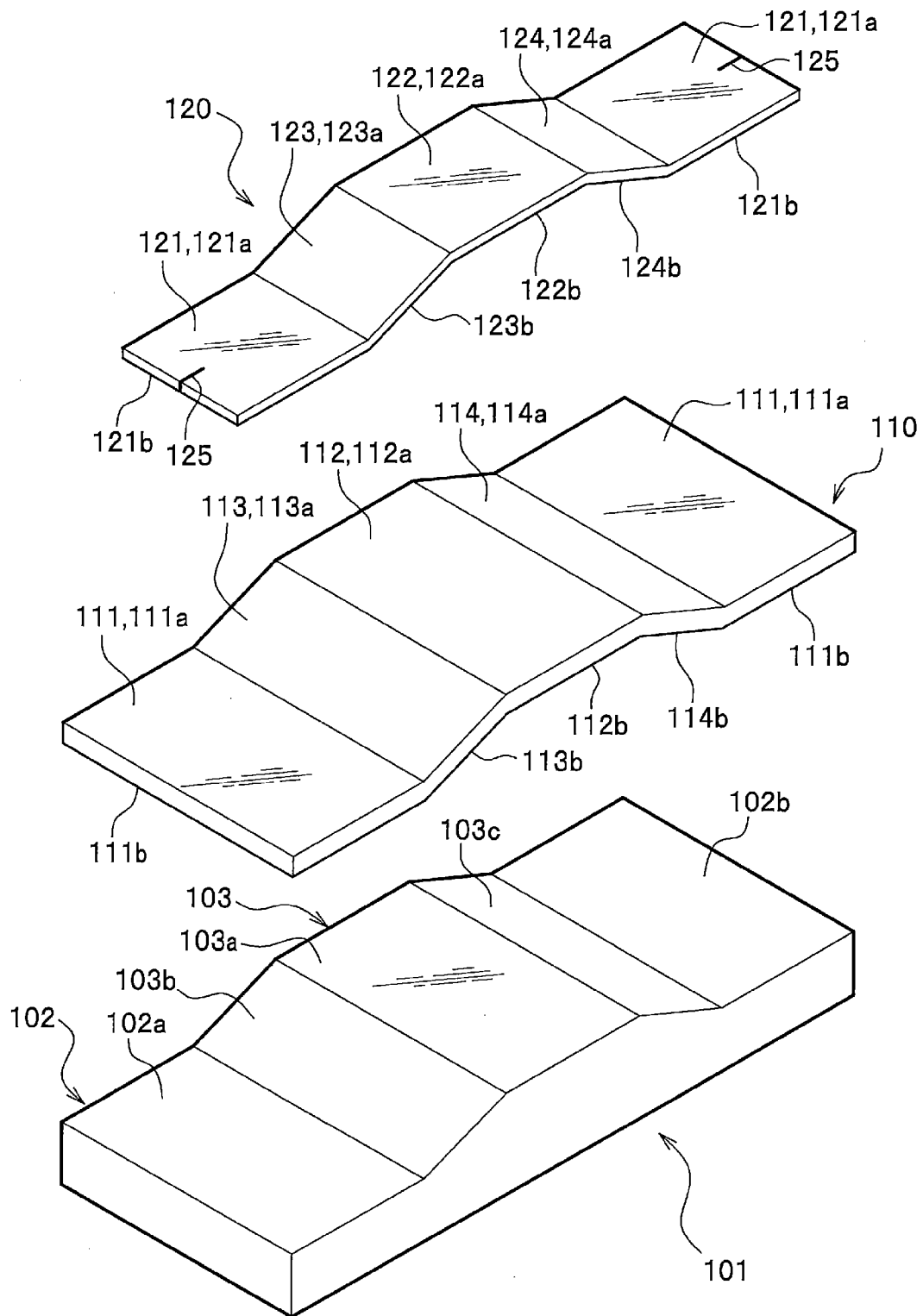


[図28]

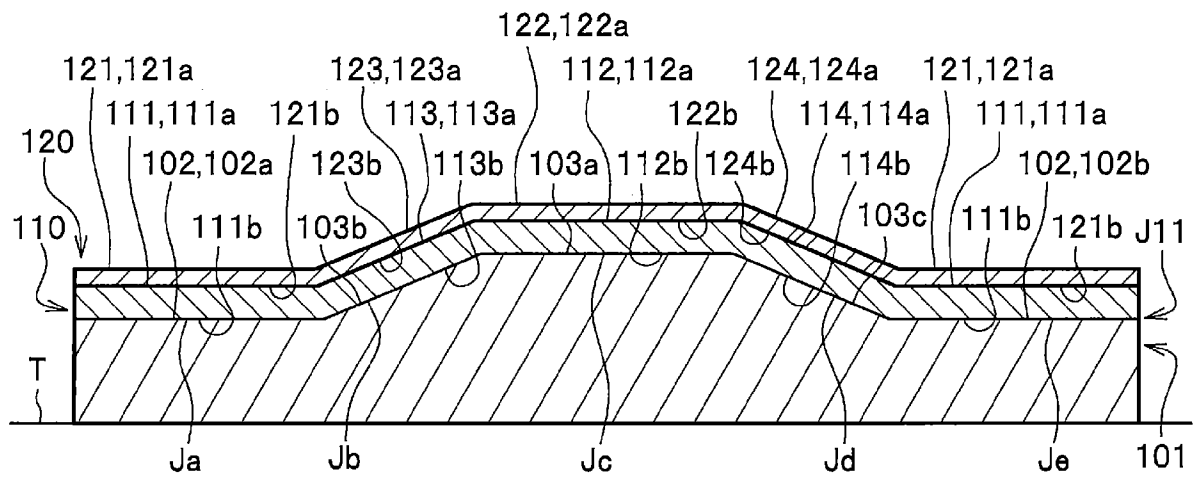


The diagram shows a vertical assembly (F) positioned above a horizontal substrate (T). The assembly consists of a rectangular block (F1) at the top, connected by a tapered section (F2) to a conical tip (V). A dashed line (Z) indicates a central axis or rotation, with a curved arrow indicating rotational motion. A force vector (Fc) is shown acting along the axis. The assembly is labeled with various reference numerals: F, F1, F2, V, 10, 10b, 10c, 2, 2b, 2c, J10, 1, 1b, 1c, W, Ad, Re, and T. The substrate (T) is shown as a layered structure with regions labeled 1, 1b, 1c, 2, 2b, 2c, and J10. The assembly is positioned such that its tip (V) is in contact with the substrate.

[図32]

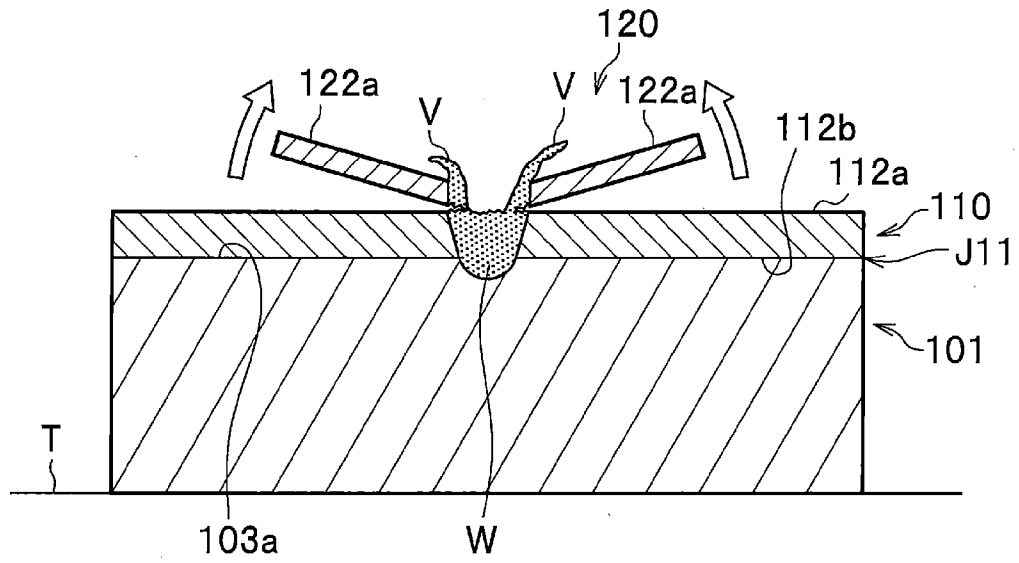


[図33]

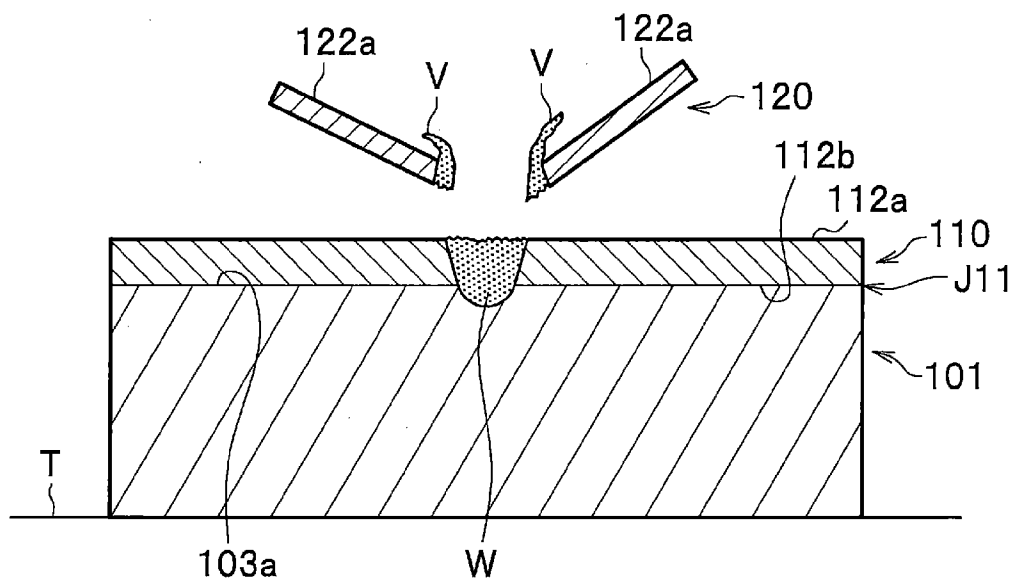


A cross-sectional view of a semiconductor device. A substrate 101 is shown at the bottom, indicated by diagonal hatching. Above it is a thin horizontal layer 110. On top of layer 110 is a thicker layer 120, also indicated by diagonal hatching. Layer 120 has a central recessed portion or trench labeled V. The bottom surface of this trench is labeled J11. To the left of the trench, there are two regions in layer 120 labeled 112b and 122b. To the right of the trench, there are two regions labeled 122a and 112a. Below the substrate 101, there is a horizontal line labeled T. Two wavy lines originate from below the substrate: one labeled 103a pointing towards the left side of the device, and another labeled W pointing towards the center of the device. The entire structure is shown in a cross-section.

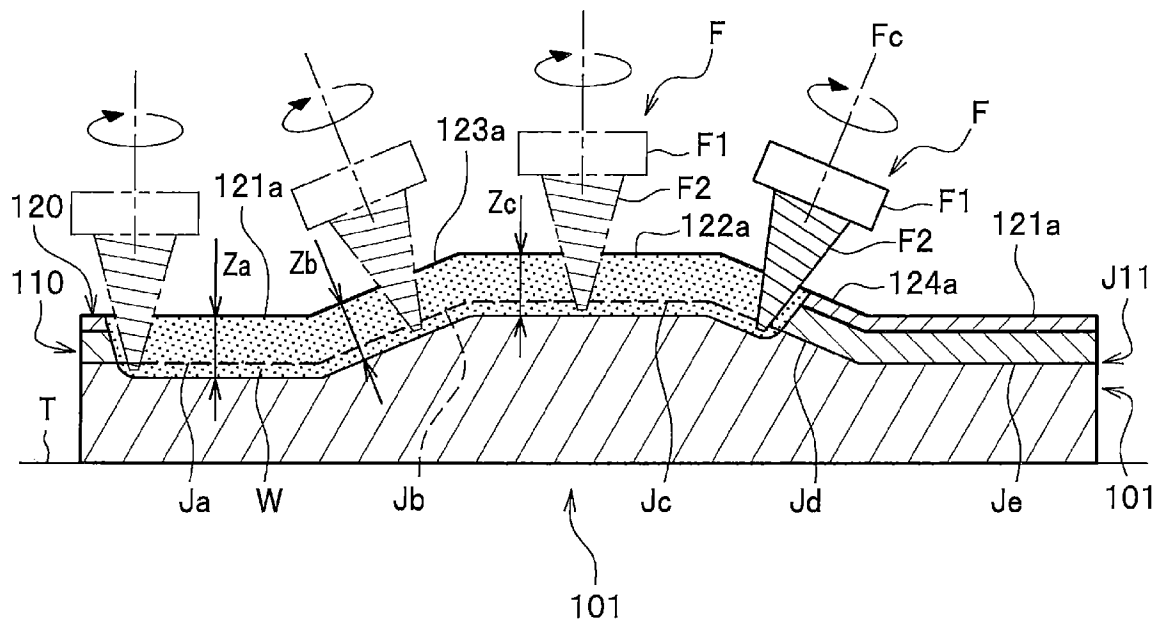
[図38]



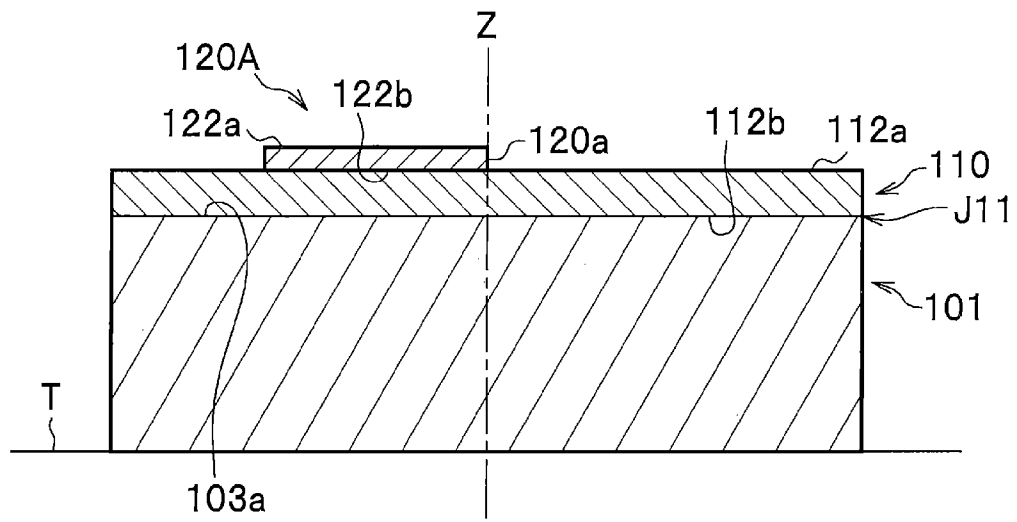
[図39]



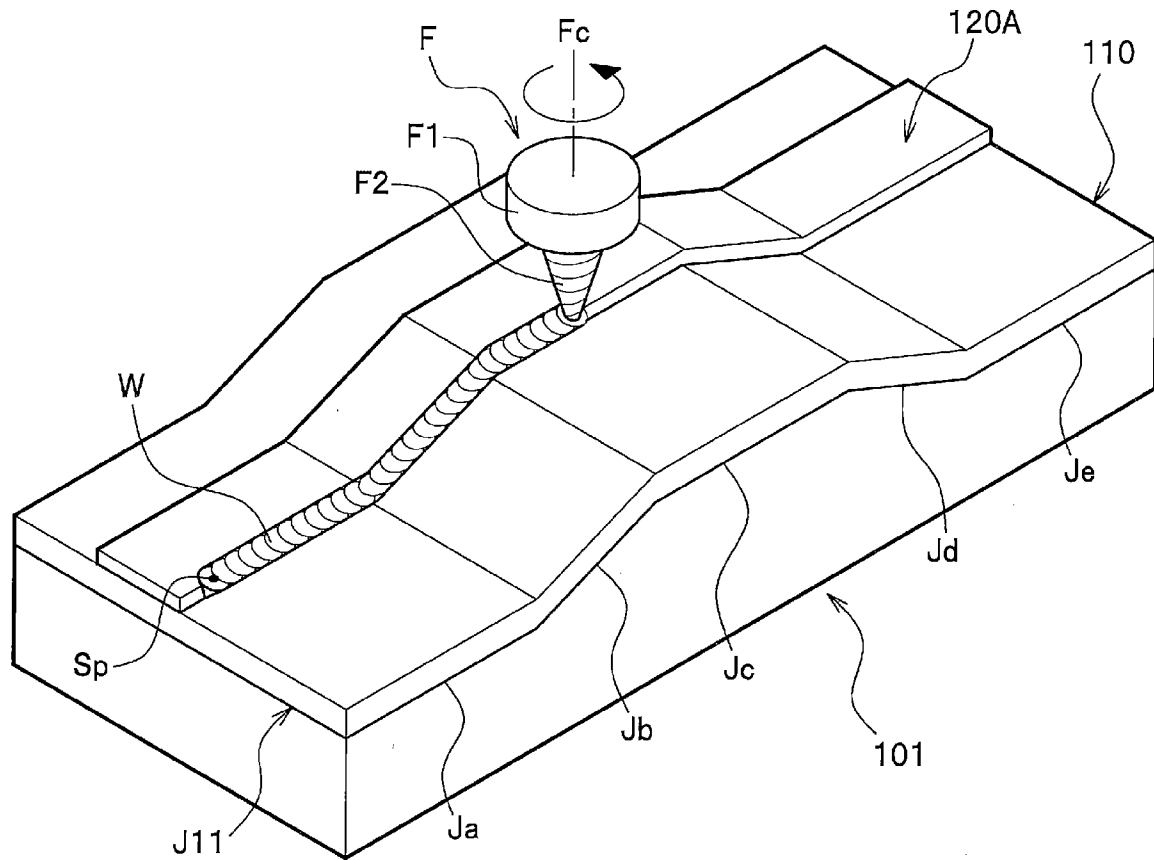
[図40]



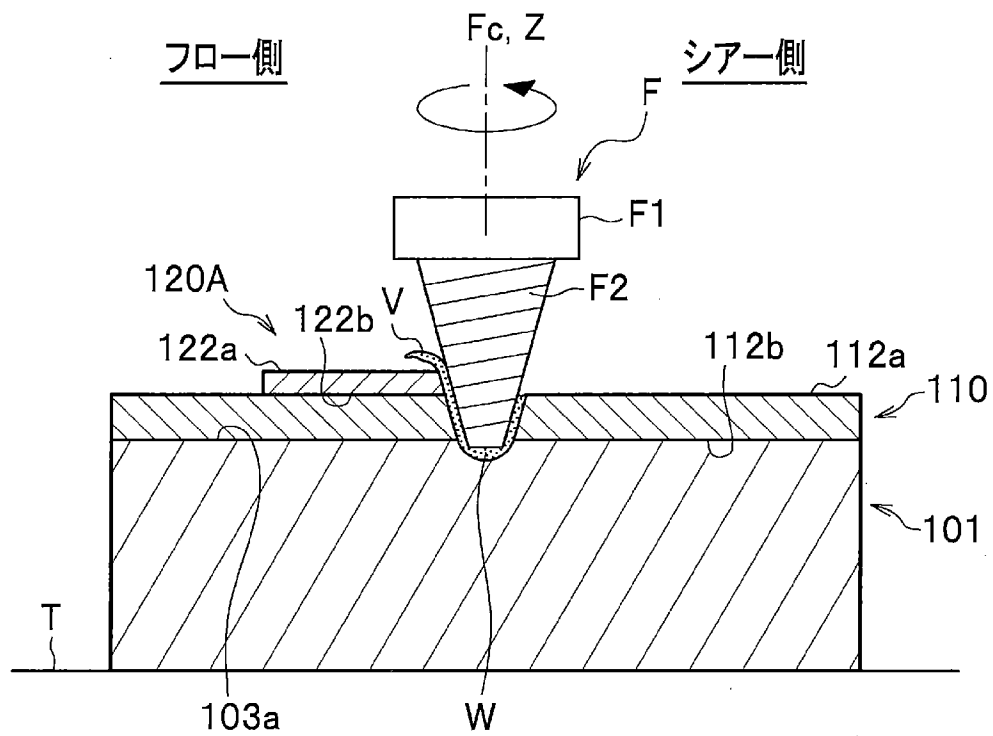
[図41]



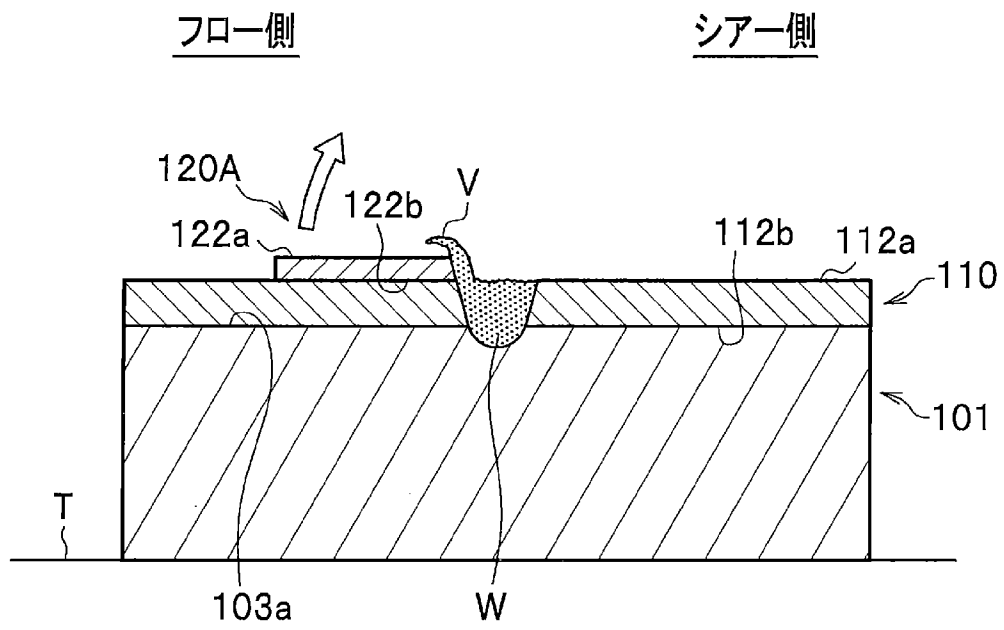
[図42]



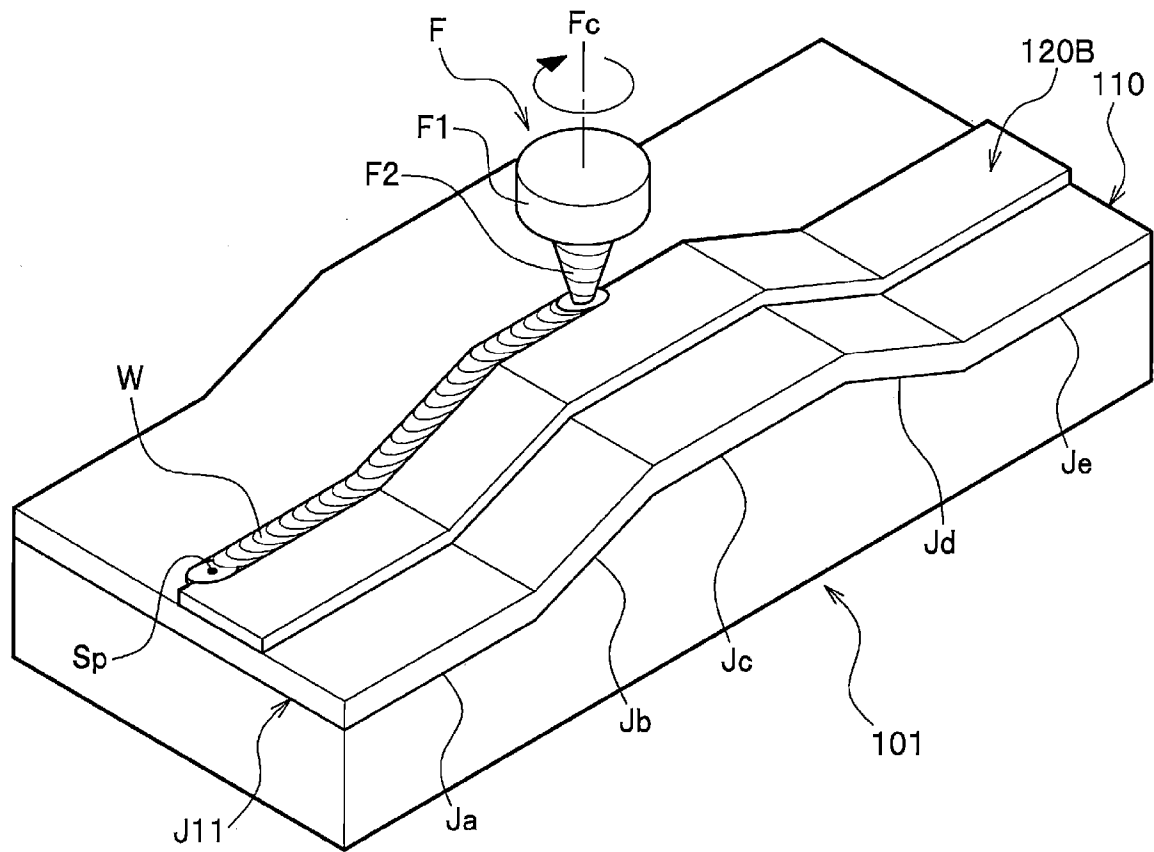
[図43]



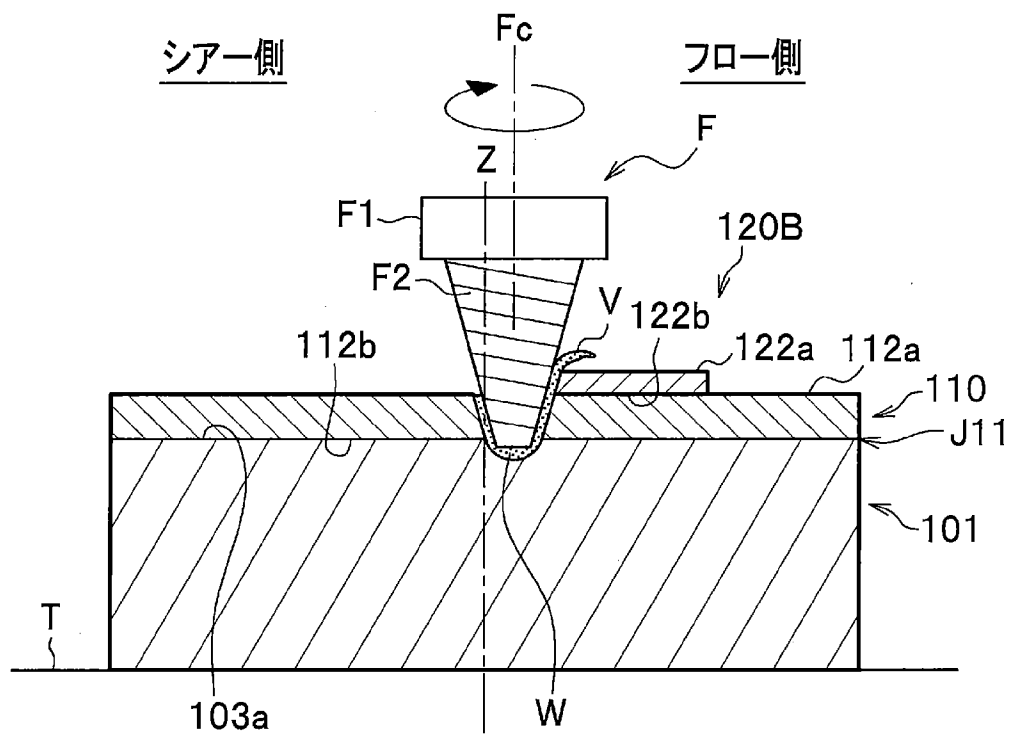
[図44]



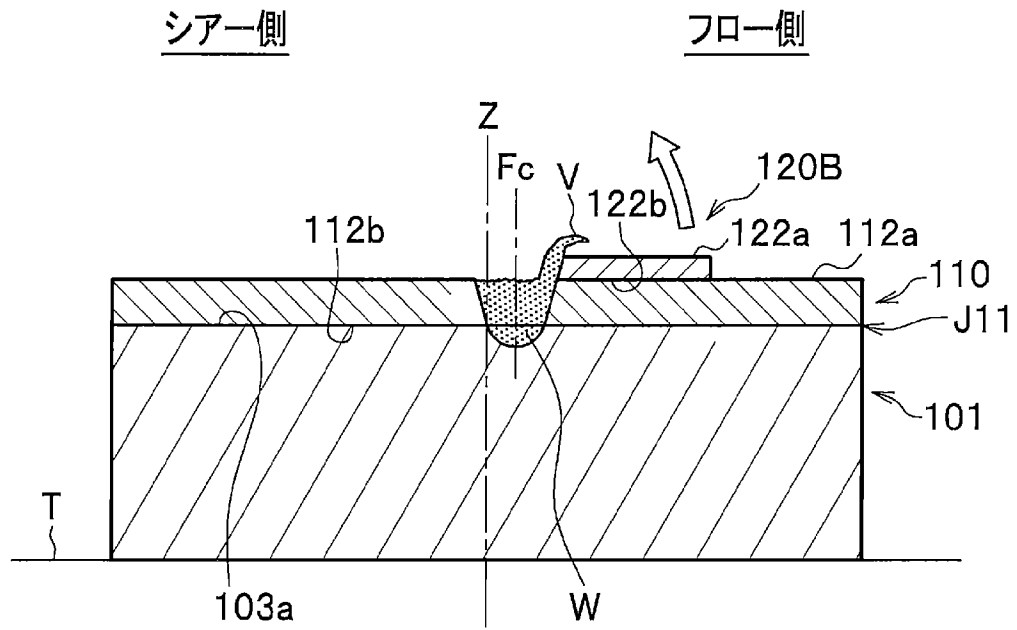
[図46]



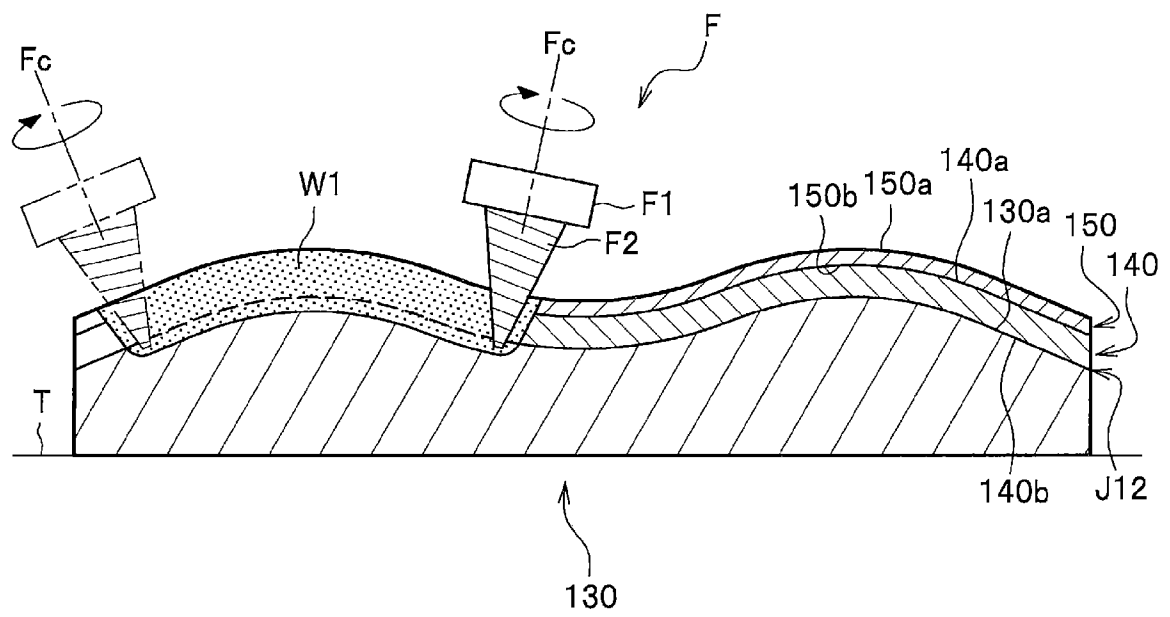
[図47]



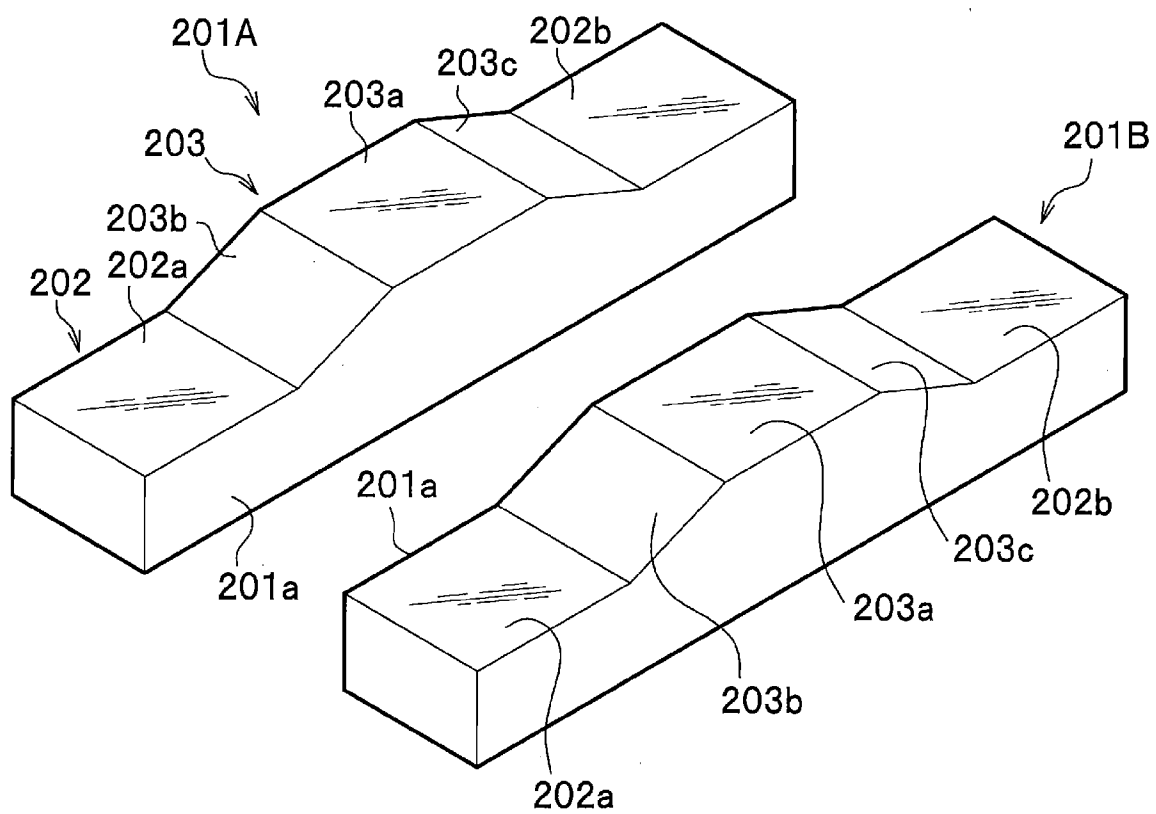
[図48]



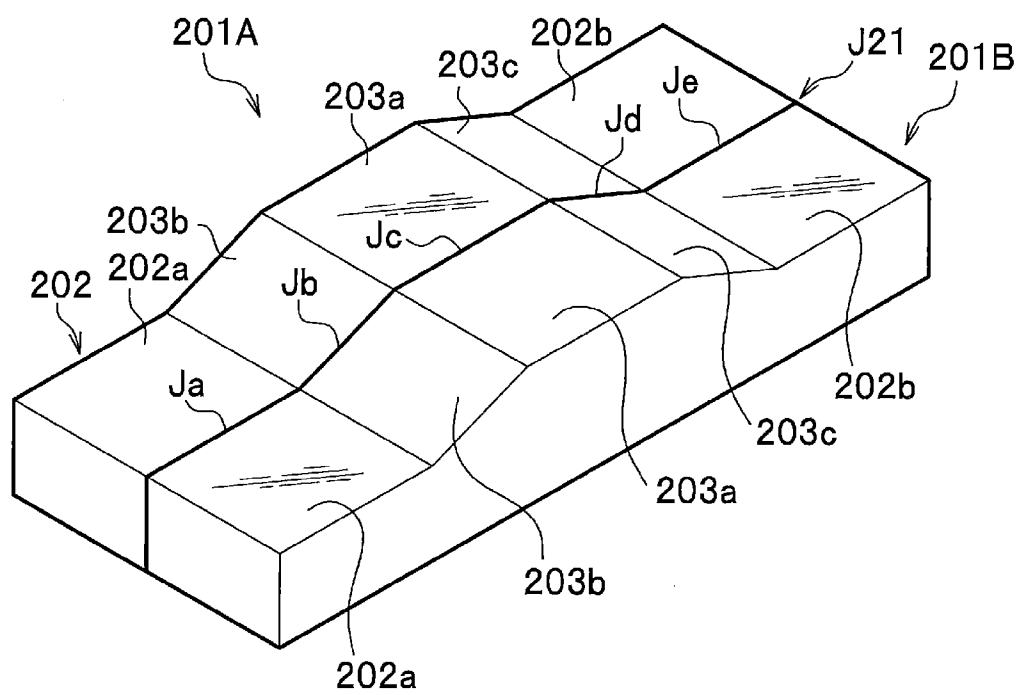
[図49]



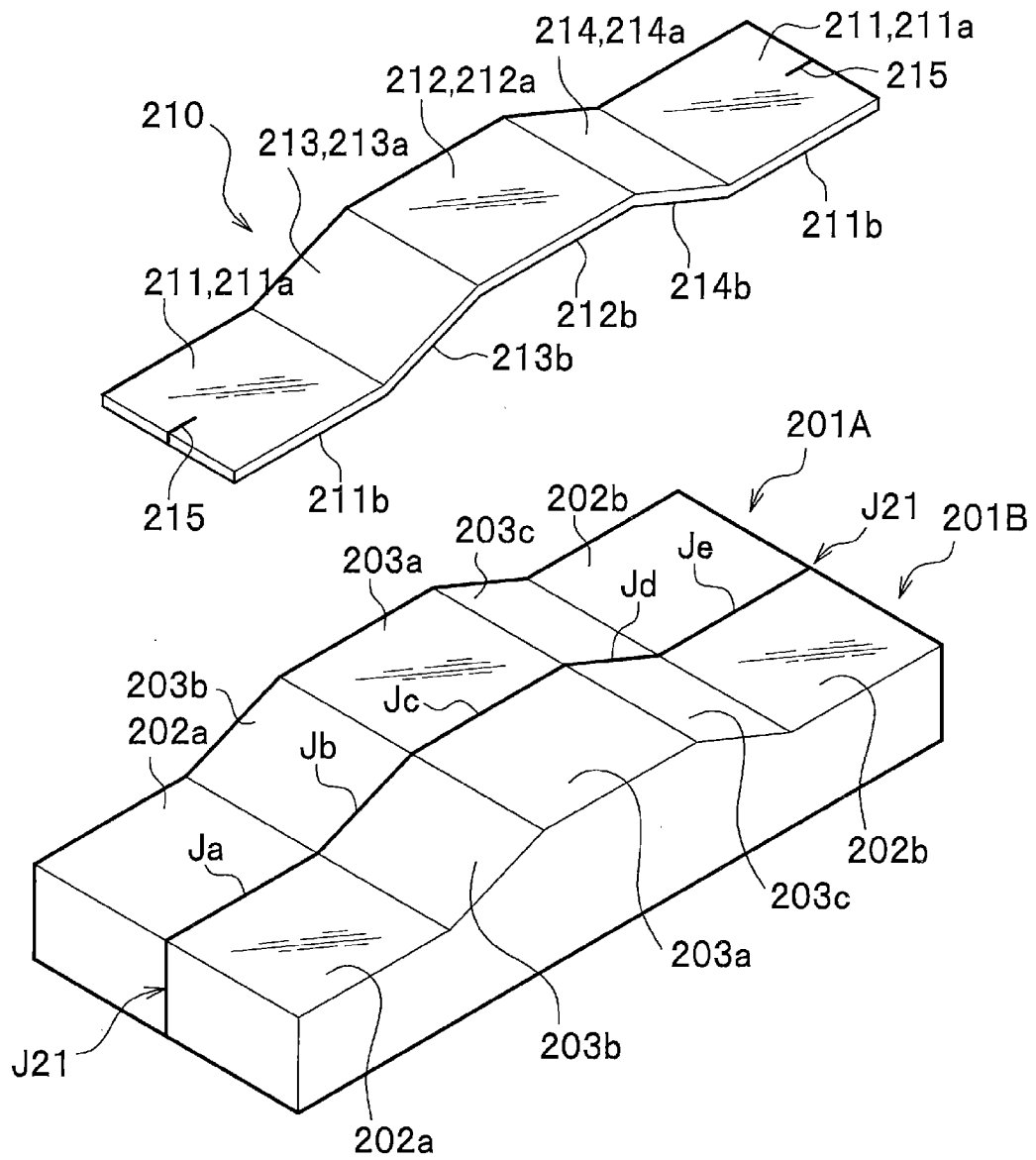
[図50]



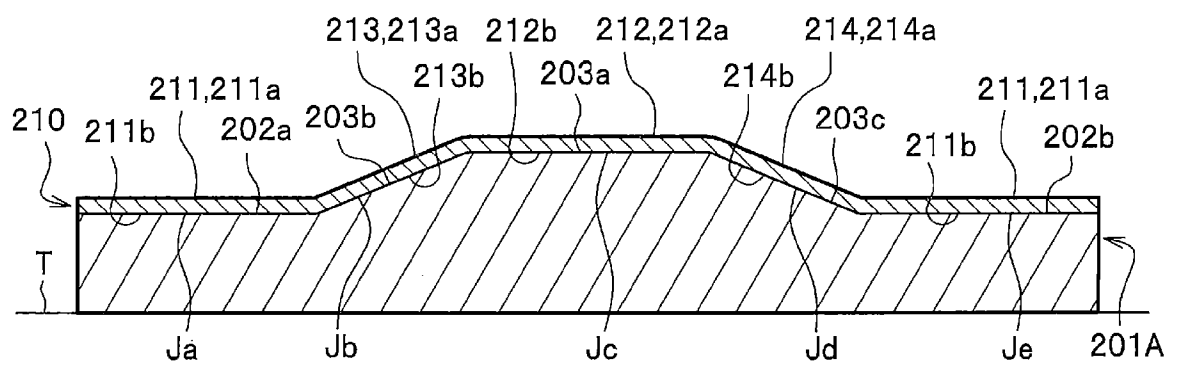
[図51]



[図52]

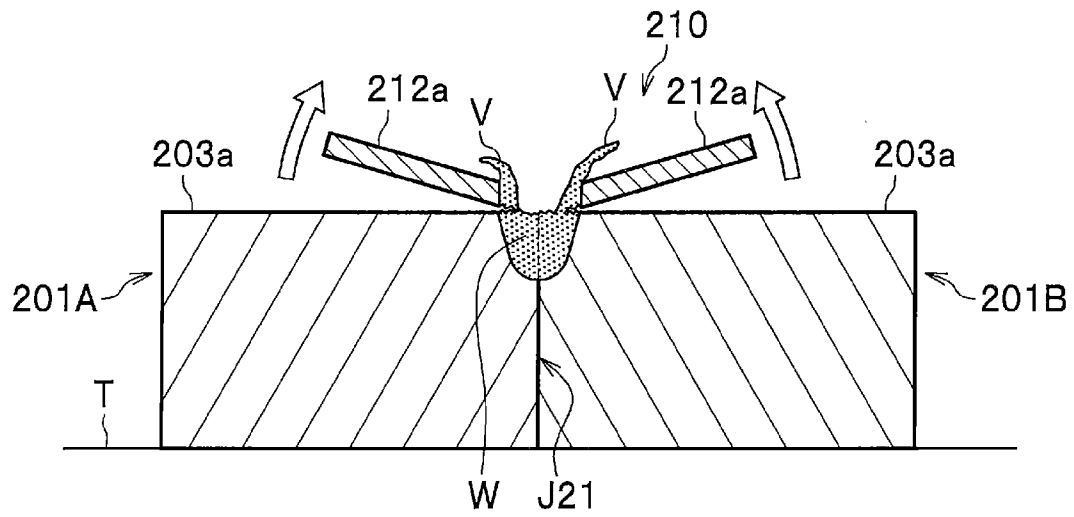


[図53]

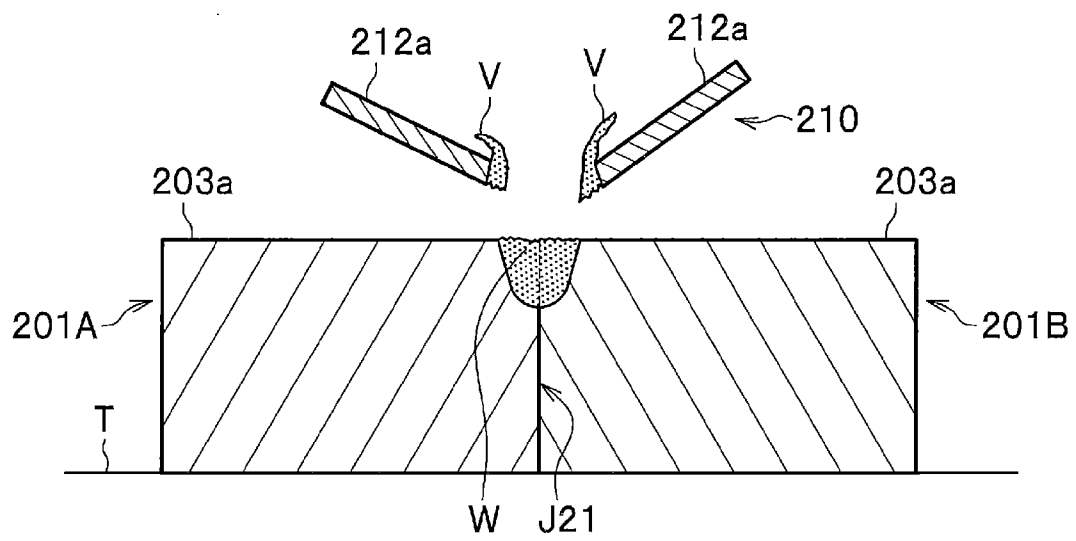


[illegible]

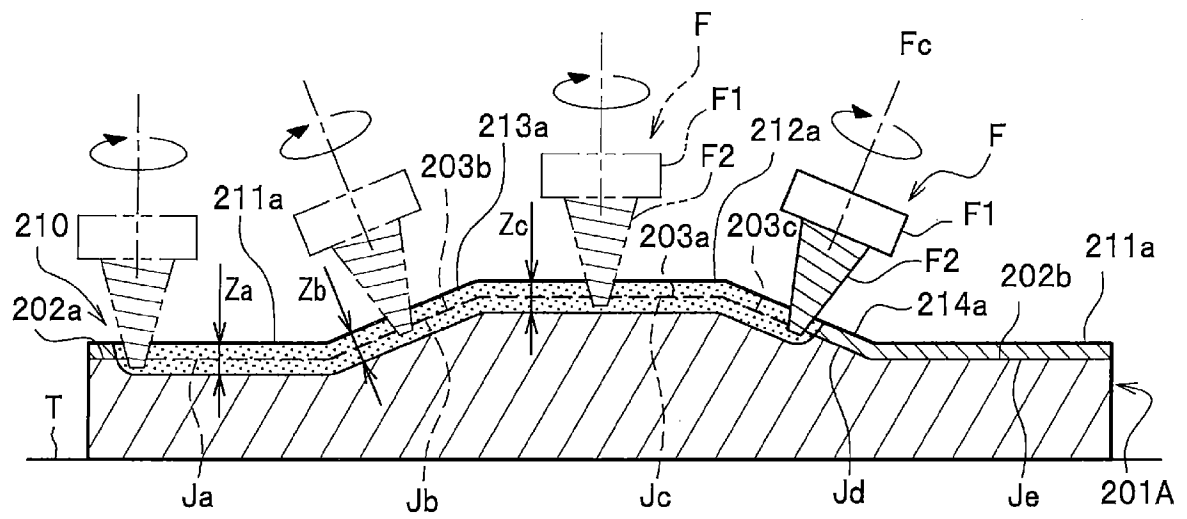
[図58]



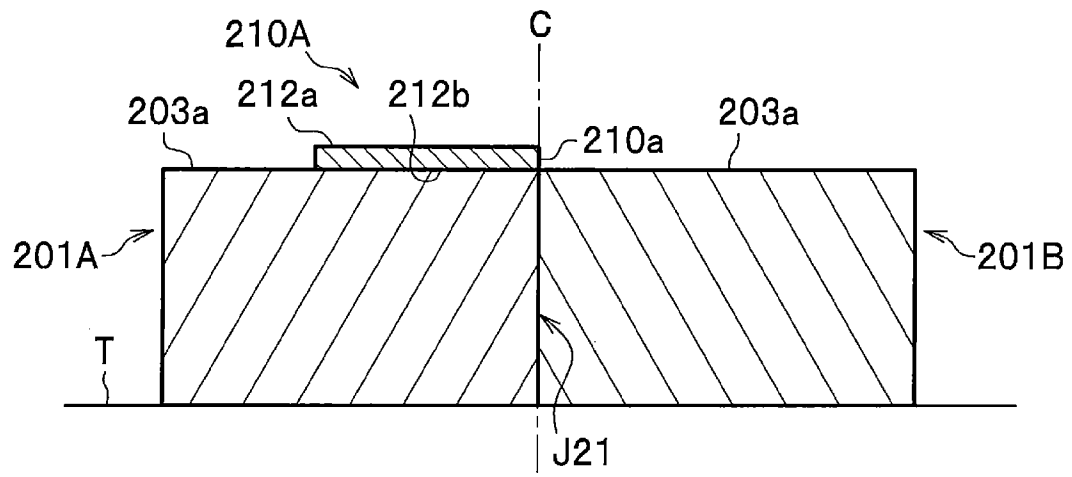
[図59]



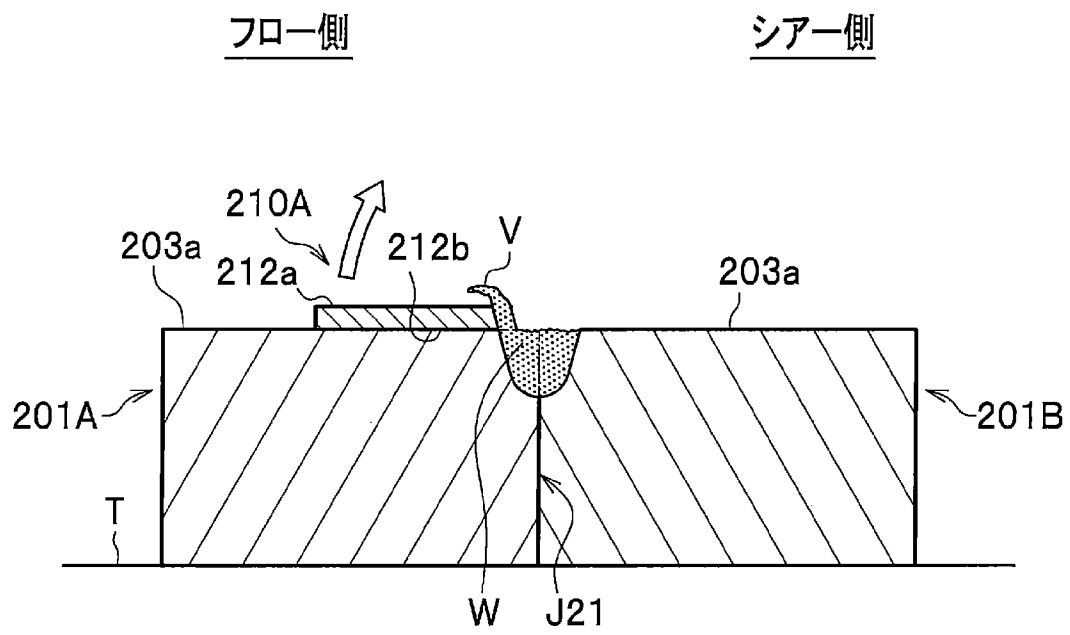
[図60]



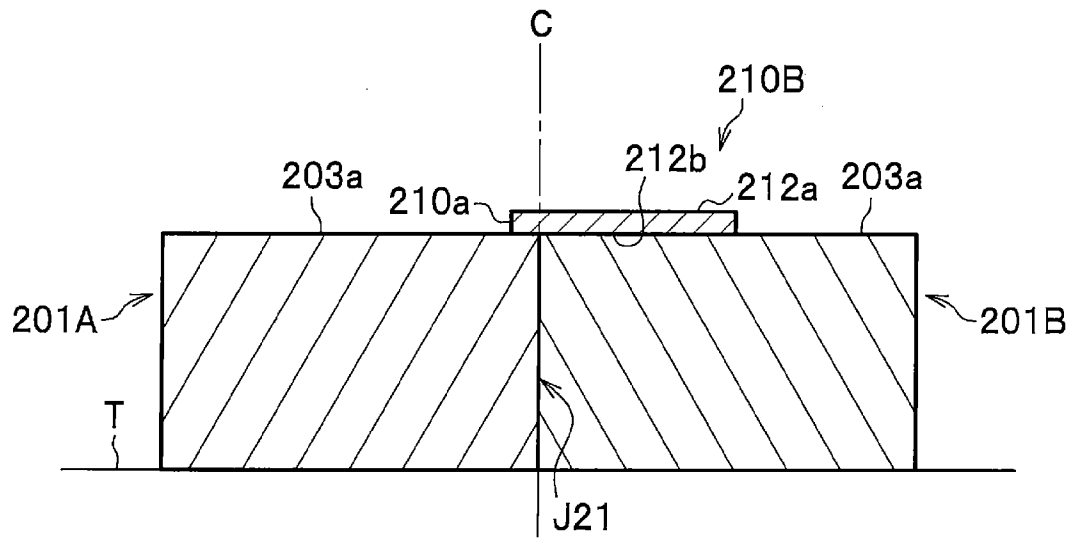
[図61]



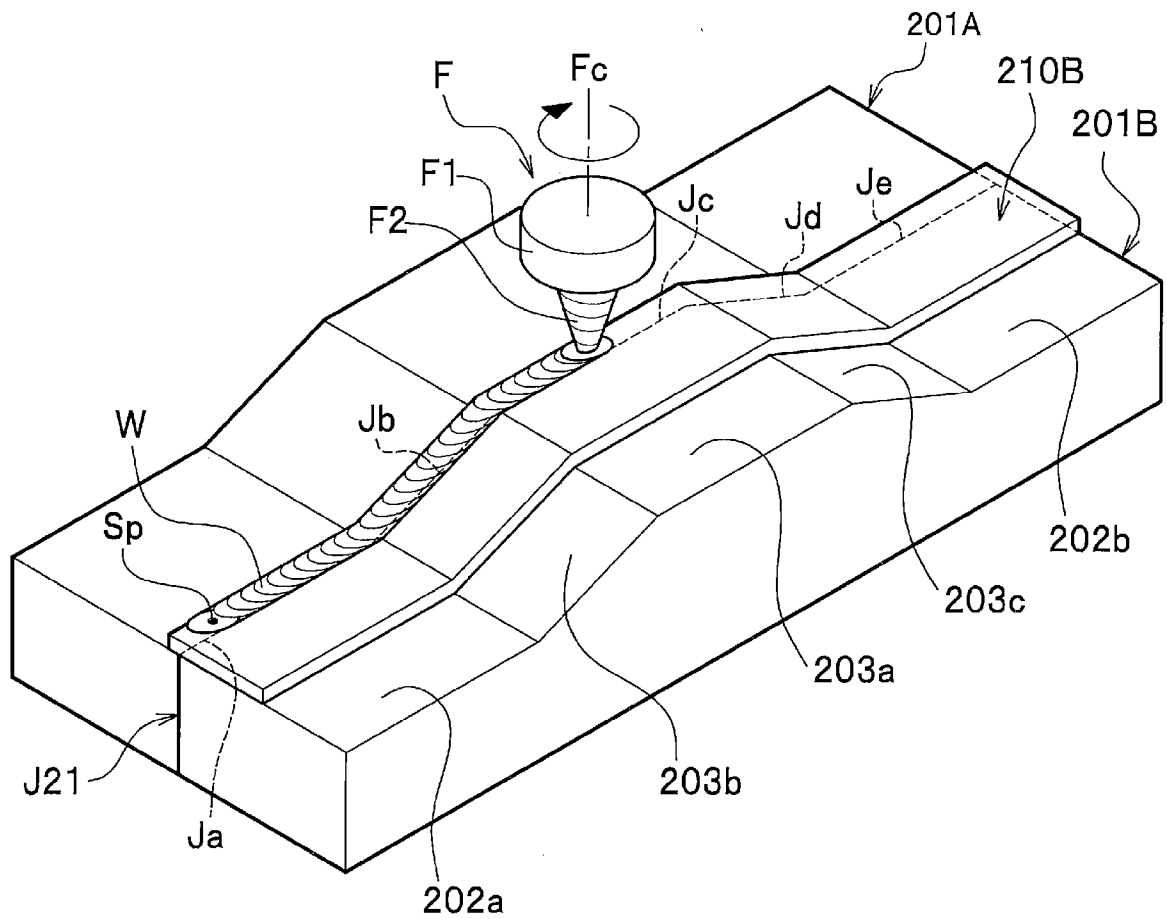
[図64]



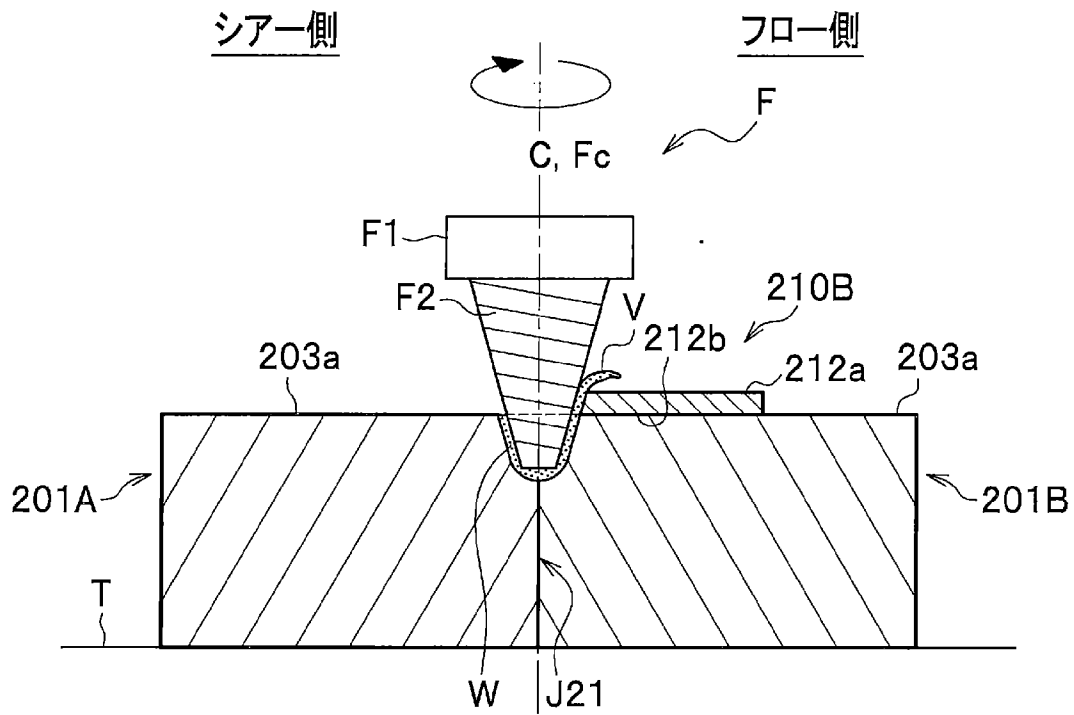
[図65]

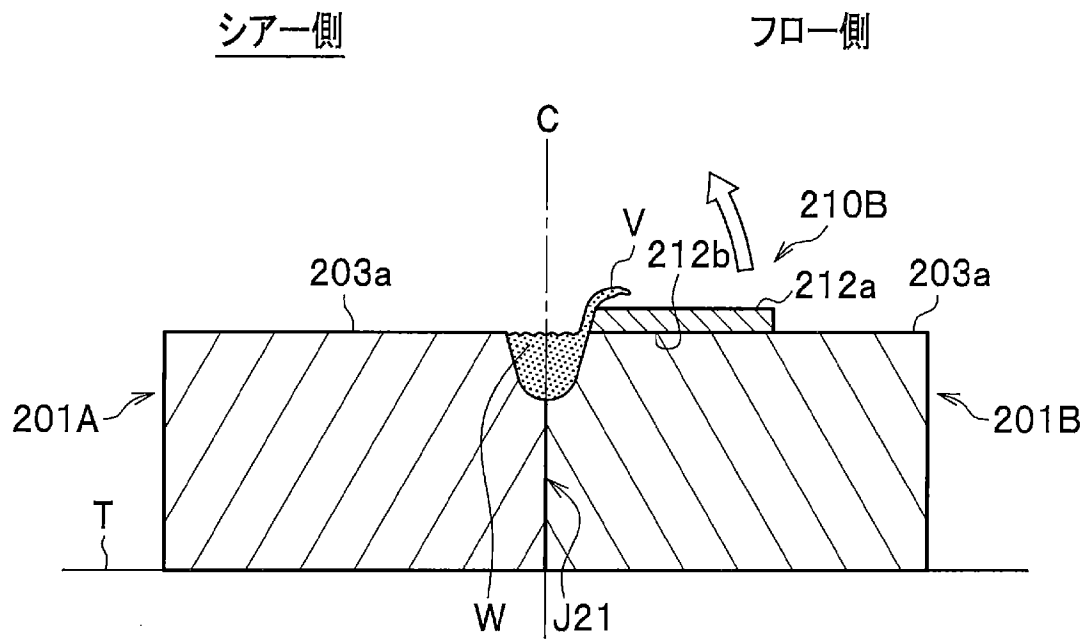


[図66]

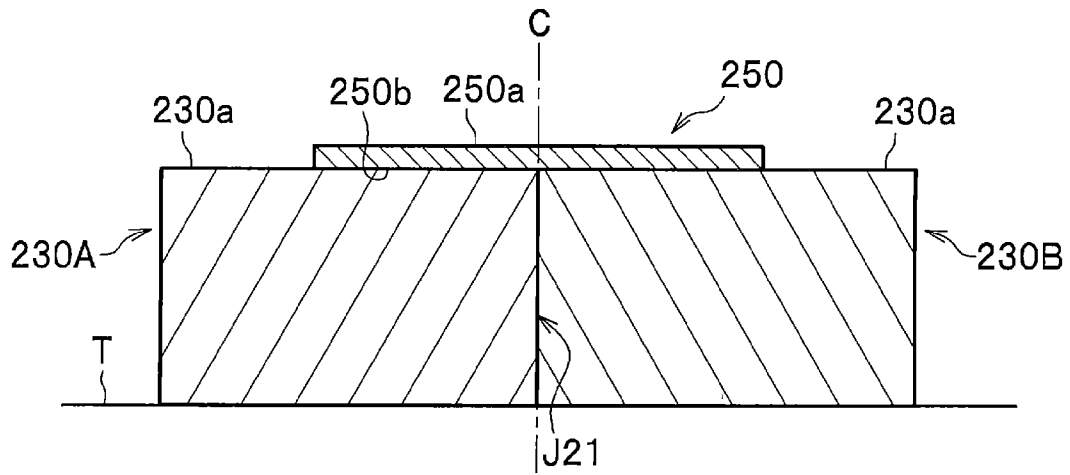


[図67]

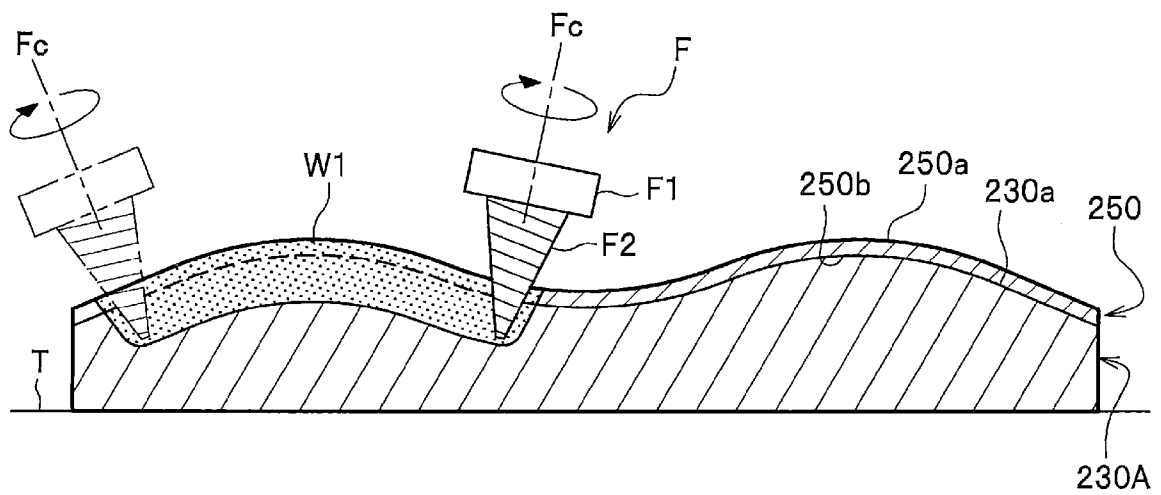




[図69]



[図70]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001823

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K20/12 (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)

B23K20/12

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

WPI

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	WO 2015/114975 A1 (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 06 August 2015 (06.08.2015), paragraphs [0105] to [0149], [0162] to [0179]; fig. 13(a) to 22(b), 25 to 29 & JP 2015-139799 A & JP 2015-223607 A & JP 2015-223609 A & EP 3100817 A1 paragraphs [0110] to [0154], [0167] to [0184]; fig. 13A to 22B, 25 to 29 & CN 105358285 A & TW 201532719 A	4 10, 35 1-3, 5-9, 11-34, 36-38
Y	JP 2015-024418 A (Hitachi, Ltd.), 05 February 2015 (05.02.2015), paragraph [0025] (Family: none)	10

☒ 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

"I" 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
09 February 2017 (09.02.17)

Date of mailing of the international search report
21 February 2017 (21.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001823

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-228731 A (General Electric Co.), 22 November 2012 (22.11.2012), claim 2 & US 2012/0255990 A1 & EP 2508292 A1 claim 2 & CN 102728949 A	10
Y	JP 2015-199119 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 12 November 2015 (12.11.2015), paragraphs [0028] to [0034]; fig. 2(a) to 3(b) & US 2015/0209893 A1 paragraphs [0048] to [0054]; fig. 2A to 3B & WO 2015/060007 A1 & EP 2898981 A2 & EP 2995413 A1	35

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001823

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001823

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Document 1: WO 2015/114975 A1 (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 06 August 2015 (06.08.2015), paragraphs [0105] to [0149], [0162] to [0179]; fig. 13(a) to 22(b), 25 to 29, JP 2015-139799 A & JP 2015-223607 A & JP 2015-223609 A & EP 3100817 A1, paragraphs [0110] to [0154], [0167] to [0184]; fig. 13A to 22B, 25 to 29 & CN 105358285 A & TW 201532719 A

Claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) claims 1-3, 7-9, 13-34 and 38

Invention according to claims 1 to 3, 7 to 9, 13 to 34, and 38 is classified into Invention 1 because of having a special technical feature of "a joining method for joining a first metal member and a second metal member by using a rotation tool provided with a stirring pin comprising: a step of bringing the first metal member and the second metal member into contact; a disposition step of disposing an auxiliary member so as to be in contact with only one of the first metal member and the second metal member on surfaces thereof; and a friction stirring step of inserting the stirring pin that rotates from a surface side of the auxiliary member, and causing the rotation tool to relatively move along the butted portion with only the stirring pin in contact with the first metal member, the second metal member, and the auxiliary member to join the first metal member, the second metal member, and the auxiliary member."

(Invention 2) claims 4-6, 10-12 and 35-37

Invention according to claims 4 to 6, 10 to 12, and 35 to 37 has a technical feature of "a joining method for joining a first metal member and a second metal member by using a rotation tool provided with a stirring pin comprising: a step of bringing the first metal member and the second metal member into contact; a disposition step of disposing an auxiliary member; and a friction stirring step of inserting the stirring pin that rotates from a surface side of the auxiliary member, and causing the rotation tool to relatively move along the butted portion with only the stirring pin in contact with the first metal member, the second metal member, and the auxiliary member to join the first metal member, the second metal member, and the auxiliary member", which is common to Invention according to claim 1 classified into Invention 1.

However, the technical feature described above does not contribute to the prior art in light of the content disclosed in Document 1 ("stirring pin F2", "main junction rotation tool F", "metal members 101 and 102", and "first auxiliary member 7 and second auxiliary member 8" according to Invention described in Document 1 are equivalent to or correspond to "stirring pin", "rotation tool", "first metal member and second metal member", and "auxiliary member", respectively, as common technical features. Further, Document 1 describes a point that friction stirring is performed with only the stirring pin F2 in contact with the metal members 101 and 102, the first auxiliary member 7, and the second auxiliary member 8 (see, paragraphs 0172 and 0174.), and thus is not a special technical feature.

In addition, there is no other same or corresponding special technical feature between the inventions of claims 4-6, 10-12 and 35-37 and the invention of claim 1.

Further, the inventions of claims 4-6, 10-12 and 35-37 are not dependent on the invention of claim 1.

In addition, the inventions of claims 4-6, 10-12 and 35-37 have no relationship such that said inventions are substantially same as or equivalent to any claim classified into Invention 1.

(Continued to next extra sheet)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001823

Consequently, the inventions of claims 4-6, 10-12 and 35-37 cannot be classified into Invention 1.

The inventions of claims 5, 6, 10-12 and 35-37 are relevant to claims which involve all of the matters to define the invention in claim 4 which is an independent claim, and the inventions of claims 4-6, 10-12 and 35-37 are therefore classified into Invention 2.

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

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

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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)

WPI

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
X Y A	WO 2015/114975 A1 (日本軽金属株式会社) 2015.08.06, 段落 0105-0149, 0162-0179, 図 13(a)-22(b), 25-29 & JP 2015-139799 A & JP 2015-223607 A & JP 2015-223609 A & EP 3100817 A1, 段落 0110-0154, 0167-0184, 図 13A-22B, 25-29 & CN 105358285 A & TW 201532719 A	4 10, 35 1-3, 5-9, 11-3 4, 36-38
Y	JP 2015-024418 A (株式会社日立製作所) 2015.02.05, 段落 0025 (フ ァミリーなし)	10

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

09.02.2017

国際調査報告の発送日

21.02.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

篠原 将之

3 P

3226

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

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 請求項の番号
Y	JP 2012-228731 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ) 2012.11.22, 請求項 2 & US 2012/0255990 A1 & EP 2508292 A1, 請求 項 2 & CN 102728949 A	10
Y	JP 2015-199119 A (日本軽金属株式会社) 2015.11.12, 段落 0028-0034, 図 2(a)-3(b) & US 2015/0209893 A1, 段落 0048-0054, 図 2A-3B & WO 2015/060007 A1 & EP 2898981 A2 & EP 2995413 A1	35

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
別紙参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

< 第Ⅲ欄の続き >

文献 1 : WO 2015/114975 A1 (日本軽金属株式会社) 2015.08.06, 段落 0105-0149, 0162-0179, 図 13(a)-22(b), 25-29 JP 2015-139799 A & JP 2015-223607 A & JP 2015-223609 A & EP 3100817 A1, 段落 0110-0154, 0167-0184, 図 13A-22B, 25-29 & CN 105358285 A & TW 201532719 A

請求の範囲は、以下の 2 つの発明に区分される。

(発明 1) 請求項 1 ないし 3、7 ないし 9、13 ないし 34 及び 38

請求項 1 ないし 3、7 ないし 9、13 ないし 34 及び 38 に係る発明は「攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接触させる工程と、前記第一金属部材又は前記第二金属部材の一方のみに面接触するように補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含む接合方法。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明 1 に区分する。

(発明 2) 請求項 4 ないし 6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37

請求項 4 ないし 6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37 に係る発明は、発明 1 に区分された請求項 1 に係る発明と、「攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する接合方法であって、前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接触させる工程と、補助部材を配置する配置工程と、回転する前記攪拌ピンを前記補助部材の表面側から挿入し、前記攪拌ピンのみを前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材、前記第二金属部材及び前記補助部材を接合する摩擦攪拌工程と、を含む接合方法。」という共通の技術的特徴を有している。

しかしながら、上記当該技術的特徴は、文献 1 の開示内容に照らして (文献 1 に記載されている発明の「攪拌ピン F 2」、「本接合用回転ツール F」、「金属部材 101、102」及び「第一補助部材 7、第二補助部材 8」は、各々共通の技術的特徴の「攪拌ピン」、「回転ツール」、「第一金属部材と第二金属部材」及び「補助部材」に相当又は対応する。また、文献 1 には、攪拌ピン F 2 のみを金属部材 101、102 及び第一補助部材 7、第二補助部材 8 に接触させた状態で摩擦攪拌を行う点も記載されている (段落 0172 及び 0174 を参照。))、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項 4 ないし 6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37 に係る発明と、請求項 1 に係る発明との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項 4 ないし 6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37 に係る発明は請求項 1 に係る発明の従属請求項ではない。また、請求項 4 ないし 6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37 に係る発明は、発明 1 に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項 4 ないし 6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37 に係る発明は発明 1 に区分できない。

そして、請求項 5、6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37 に係る発明は、独立請求項である、請求項 4 に係る発明の発明特定事項を全て含む同一カテゴリーの請求項であるので、請求項 4 ないし 6、10 ないし 12 及び 35 ないし 37 に係る発明は発明 2 に区分する。