

(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
2022年4月21日(21.04.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/080483 A1

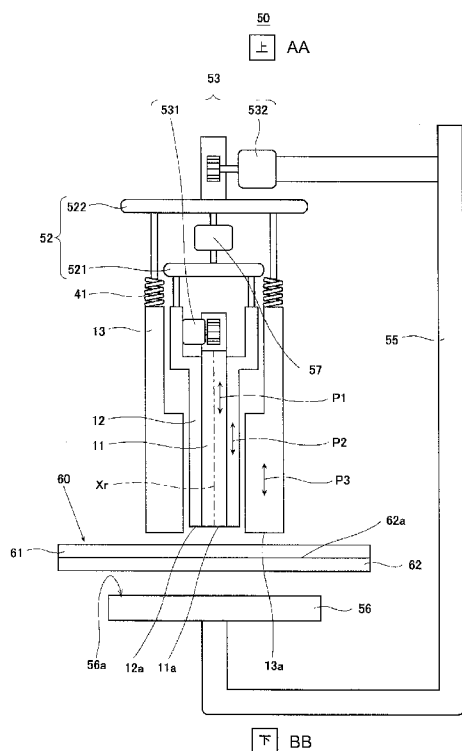
- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/038225
- (22) 国際出願日: 2021年10月15日(15.10.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-174152 2020年10月15日(15.10.2020) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 武岡 正樹 (TAKEOKA, Naoki), 村松 良崇 (MURAMATSU, Yoshitaka), 大橋 良司 (OHASHI, Ryoji).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (ARCO PATENT & TRADEMARK

ATTORNEYS); 〒6510088 兵庫県神戸市中央区小野柄通7丁目1番1号 日本生命三宮駅前ビル5階 Hyogo (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, IT, JO, JP, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: FRICTION-STIR SPOT WELDING DEVICE AND METHOD FOR OPERATING SAME

(54) 発明の名称: 摩擦攪拌点接合装置及びその運転方法



AA Top
BB Bottom

(57) Abstract: A friction-stir spot welding device provided with a pin member 11, a shoulder member 12, a rotary driving device 57, an advance/retract driving device 53, and a controller 51, wherein the controller 51 determines that the distal end of the shoulder member 12 or the distal end of the pin member 11 has reached an abutment surface 62a of a second member 62 in abutment against a first member 61, when a preset, prescribed first time has elapsed since the axial speed of the shoulder member 12 in a rotated state or the pin member 11 in a rotated state reached a preset, prescribed first speed.

(57) 要約: 摩擦攪拌点接合装置は、ピン部材11と、ショルダ部材12と、回転駆動器57と、進退駆動器53と、制御器51と、を備え、制御器51は、回転した状態のショルダ部材12又は回転した状態のピン部材11における軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態では、予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、ショルダ部材12の先端又はピン部材11の先端が、第2部材62における第1部材61との当接面62aに到達したと判定する。

WO 2022/080483 A1

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)）

明 細 書

発明の名称： 摩擦攪拌点接合装置及びその運転方法

技術分野

[0001] 本明細書は、摩擦攪拌点接合装置及びその運転方法を開示する。

背景技術

[0002] 第1、第2金属材料の各板厚寸法のばらつきに関係なく、第1金属材料と第2金属材料とを高い品質で接合可能とすることを目的とした異種金属接合方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] 特許文献1に開示されている異種金属接合方法では、ピン部材で第2金属材料に貫通孔を形成した後で、当該ピン部材が第1金属材料に食い込むと、ピン部材を回転、又は軸方向に変位させる駆動源（モータ）の負荷が急増することに着目している。そして、ピン部材を回転、又は軸方向に変位させる駆動源（モータ）の負荷が急増すると、当該駆動源（モータ）にかかる電流が急増する。

[0004] このため、特許文献1に開示されている異種金属接合方法では、これらの駆動源にかかる電流の変化量が所定の閾値よりも大きくなったときに、ピン部材が第1金属材料に食い込んだと判断できるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2020-127954号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、駆動源にかかる電流の変化量の増加は、瞬間的なものであるため、判断が困難になるおそれがあり、特許文献1に開示されている異種金属接合方法であっても、未だ改善の余地があった。

[0007] 本出願人の意図するところは、上記特許文献1に開示されている異種金属接合方法に比して、ショルダ部材の先端又はピン部材の先端が、第2部材に

おける第1部材との当接面に到達したことをより明確に判定することができる、摩擦攪拌点接合装置及びその運転方法を提供にある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、好ましい摩擦攪拌点接合装置は、第1部材と第2部材を有する、被接合物を摩擦熱で軟化させることにより接合する摩擦攪拌点接合装置であって、前記摩擦攪拌点接合装置は、円柱状に形成されているピン部材と、円筒状に形成され、前記ピン部材が内部に挿通されているショルダ部材と、前記ピン部材及び前記ショルダ部材を、前記ピン部材の軸心に一致する軸線周りに回転させる回転駆動器と、前記ピン部材及び前記ショルダ部材を、それぞれ、前記軸線に沿って進退移動させる進退駆動器と、制御器と、を備え、前記第1部材は、前記ピン部材及び前記ショルダ部材と対向するように配置され、かつ、前記第2部材よりも融点の低い材料で構成されている。

前記制御器は、

前記ピン部材及び前記ショルダ部材が、回転した状態で、前記被接合物の被接合部を押圧するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、

前記ピン部材及び前記ショルダ部材が前記被接合物を攪拌するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、

回転した状態の前記ショルダ部材又は回転した状態の前記ピン部材が、前記軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、前記ショルダ部材の先端又は前記ピン部材の先端が、前記第2部材における前記第1部材との当接面に到達したと判定する。

[0009] これにより、ショルダ部材の先端又はピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したことをより明確に判定することができる。

[0010] また、摩擦攪拌点接合装置の運転方法は、第1部材と第2部材を有する、被接合物を摩擦熱で軟化させることにより接合する摩擦攪拌点接合装置であ

って、前記摩擦攪拌点接合装置は、円柱状に形成されているピン部材と、円筒状に形成され、前記ピン部材が内部に挿通されているショルダ部材と、前記ピン部材及び前記ショルダ部材を、前記ピン部材の軸心に一致する軸線周りに回転させる回転駆動器と、前記ピン部材及び前記ショルダ部材を、それぞれ、前記軸線に沿って進退移動させる進退駆動器と、制御器と、を備え、前記第1部材は、前記ピン部材及び前記ショルダ部材と対向するように配置され、かつ、前記第2部材よりも融点の低い材料で構成されている。

前記制御器は、

前記ピン部材及び前記ショルダ部材が、回転した状態で、前記被接合物の被接合部を押圧するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、

前記ピン部材及び前記ショルダ部材が前記被接合物を攪拌するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、

回転した状態の前記ショルダ部材又は回転した状態の前記ピン部材が、前記軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、前記ショルダ部材の先端又は前記ピン部材の先端が、前記第2部材における前記第1部材との当接面に到達したと判定する。

[0011] これにより、ショルダ部材の先端又はピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したことをより明確に判定することができる。

[0012] 好ましい摩擦攪拌点接合装置及びその運転方法は、添付図面参照の下、以下の好適な実施形態の詳細な説明から明らかにされる。

発明の効果

[0013] 摩擦攪拌点接合装置及びその運転方法によれば、ショルダ部材の先端又はピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したことをより明確に判定することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の概略構成を示す模

式図である。

[図2]図2は、図1に示す摩擦攪拌点接合装置の制御構成を模式的に示すブロック図である。

[図3A]図3Aは、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図3B]図3Bは、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図4A]図4Aは、図1に示す摩擦攪拌点接合装置による摩擦攪拌点接合の各工程の一例を模式的に示す工程図である。

[図4B]図4Bは、図1に示す摩擦攪拌点接合装置による摩擦攪拌点接合の各工程の一例を模式的に示す工程図である。

[図5A]図5Aは、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図5B]図5Bは、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図6A]図6Aは、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置による摩擦攪拌点接合の各工程の一例を模式的に示す工程図である。

[図6B]図6Bは、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置による摩擦攪拌点接合の各工程の一例を模式的に示す工程図である。

[図7]図7は、試験例1の摩擦攪拌点接合装置を用いて、接合条件1で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対するショルダ部材の先端の位置をプロットしたグラフである。

[図8]図8は、試験例1の摩擦攪拌点接合装置を用いて、接合条件1で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対するショルダ部材の軸線方向の速度をプロットしたグラフである。

[図9]図9は、試験例1の摩擦攪拌点接合装置を用いて、接合条件1で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対する回転駆動器に通流した電流値をプロットしたグラフである。

[図10]図10は、比較例1の摩擦攪拌点接合装置を用いて、接合条件2で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対する回転駆動器に通流した電流値をプロットしたグラフである。

[図11]図11は、本実施の形態3に係る摩擦攪拌点接合装置による摩擦攪拌点接合の説明図である。

[図12A]図12Aは、本実施の形態3に係る摩擦攪拌点接合装置の、ショルダ部材が被接合物に圧入された使用状態の説明図である。

[図12B]図12Bは、本実施の形態3に係る摩擦攪拌点接合装置の、ショルダ部材が被接合物に図12Aより更に圧入された使用状態の説明図である。

[図12C]図12Cは、本実施の形態3に係る摩擦攪拌点接合装置の、ショルダ部材が第2部材の当接面に到達した使用状態の説明図である。

[図13]図13は、試験例2及び3で摩擦攪拌点接合したときの、接合時間に対するショルダ部材の先端の位置をプロットしたグラフである。

[図14]図14は、試験例2、3及び4で摩擦攪拌点接合したときの、接合時間に対するショルダ部材の軸線方向の速度をプロットしたグラフである。

[図15]図15は、試験例5、6及び7で摩擦攪拌点接合したときの、接合時間に対するショルダ部材の先端の位置をプロットしたグラフである。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、好ましい実施の形態が、図面を参照しながら説明される。なお、以下では全ての図を通じて同一又は相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。また、全ての図面において、実施の形態を説明するために必要となる構成要素を抜粋して図示しており、その他の構成要素については図示を省略している場合がある。更に、本明細書で開示された範囲は以下の実施の形態に限定されない。

[0016] (実施の形態1)

本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置は、第1部材と第2部材を有する、被接合物を摩擦熱で軟化させることにより接合する摩擦攪拌点接合装置であって、摩擦攪拌点接合装置は、円柱状に形成されているピン部材と、円

筒状に形成され、ピン部材が内部に挿通されているショルダ部材と、ピン部材及びショルダ部材を、ピン部材の軸心に一致する軸線周りに回転させる回転駆動器と、ピン部材及びショルダ部材を、それぞれ、軸線に沿って進退移動させる進退駆動器と、制御器と、を備え、第1部材は、ピン部材及びショルダ部材と対向するように配置され、かつ、第2部材よりも融点の低い材料で構成されている。

制御器は、

ピン部材及びショルダ部材が、回転した状態で、被接合物の被接合部を押しつぶすように、回転駆動器及び進退駆動器を動作させ、

ピン部材及びショルダ部材が被接合物を攪拌するように、回転駆動器及び進退駆動器を動作させ、

回転した状態のショルダ部材又は回転した状態のピン部材における軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で、予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、ショルダ部材の先端又はピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定する。

[0017] また、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置では、制御器は、回転した状態のショルダ部材における軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で、予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、ショルダ部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定してもよい。

[0018] ここで、予め設定されている所定の第1速度となった状態における第1速度は、速度の範囲を意味する。言い換えると、この第1速度となった状態とは、ショルダ部材における軸線方向の速度が、第1速度の速度範囲内にある状態をいう。本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置では、第1速度は、 -0.5 mm/秒 以上 $+0.5\text{ mm/秒}$ 以下であってもよい。

[0019] また、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置では、第1時間は、 0.01 秒以上 0.5 秒以下であってもよい。

[0020] また、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置では、制御器は、ショルダ部材の先端が、第 2 部材における第 1 部材との当接面に到達したと判定した後に、ショルダ部材の先端が、第 2 部材内における予め設定されている所定の第 1 位置まで到達させるように、進退駆動器及び回転駆動器を動作させてもよい。

[0021] 更に、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置では、第 1 位置は、第 2 部材における第 1 部材との当接面から 0.3 mm 以下の位置であってもよい。

[0022] 本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法は、第 1 部材と第 2 部材を有する、被接合物を摩擦熱で軟化させることにより接合する摩擦攪拌点接合装置の運転方法であって、摩擦攪拌点接合装置は、円柱状に形成されているピン部材と、円筒状に形成され、ピン部材が内部に挿通されているショルダ部材と、ピン部材及びショルダ部材を、ピン部材の軸心に一致する軸線周りに回転させる回転駆動器と、ピン部材及びショルダ部材を、それぞれ、軸線に沿って進退移動させる進退駆動器と、制御器と、を備え、第 1 部材は、ピン部材及びショルダ部材と対向するように配置され、かつ、第 2 部材よりも融点の低い材料で構成されている。

制御器は、

ピン部材及びショルダ部材が、回転した状態で、被接合物の被接合部を押圧するように、回転駆動器及び進退駆動器を動作させ、

ピン部材及びショルダ部材が被接合物を攪拌するように、回転駆動器及び進退駆動器を動作させ、

回転した状態のショルダ部材又は回転した状態のピン部材における軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第 1 速度となった状態で、予め設定されている所定の第 1 時間経過した場合には、ショルダ部材の先端又はピン部材の先端が、第 2 部材における第 1 部材との当接面に到達したと判定する。

[0023] また、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、制御器

は、回転した状態のショルダ部材における軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で、予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、ショルダ部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定してもよい。

[0024] また、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、第1速度は、 -0.5 mm/秒 以上 $+0.5\text{ mm/秒}$ 以下であってもよい。

[0025] また、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、第1時間は、 0.01 秒 以上 0.5 秒 以下であってもよい。

[0026] また、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、制御器は、ショルダ部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定した後に、ショルダ部材の先端が、第2部材内における予め設定されている所定の第1位置まで到達させるように、進退駆動器及び回転駆動器を動作させてもよい。

[0027] 更に、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、第1位置は、第2部材における第1部材との当接面から 0.3 mm 以下の位置であってもよい。

[0028] 以下、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の一例が、図面を参照しながら詳細に説明される。

[0029] [摩擦攪拌点接合装置の構成]

図1は、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置50の概略構成を示す模式図である。なお、図1は、図における上下方向を摩擦攪拌点接合装置50における上下方向として表している。

[0030] 図1に示すように、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置50は、ピン部材11、ショルダ部材12、工具固定器52、進退駆動器53、クランプ部材13、裏当て支持部55、裏当て部材56、及び回転駆動器57を備えている。

[0031] ピン部材11、ショルダ部材12、工具固定器52、進退駆動器53、クランプ部材13、及び回転駆動器57は、C型ガン（C型フレーム）で構成

される裏当て支持部55の上端に設けられている。また、裏当て支持部55の下端には、裏当て部材56が設けられている。ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13と、裏当て部材56と、は互いに対向する位置で裏当て支持部55に取り付けられている。なお、ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13と、裏当て部材56と、の間には、被接合物60が配置される。

[0032] ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13は、回転工具固定器521及びクランプ固定器522から構成される工具固定器52に固定されている。具体的には、ピン部材11及びショルダ部材12は、回転工具固定器521に固定されていて、クランプ部材13は、クランプ駆動器41を介して、クランプ固定器522に固定されている。そして、回転工具固定器521は、回転駆動器57を介して、クランプ固定器522に支持されている。なお、クランプ駆動器41は、スプリングにより構成されている。

[0033] また、ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13は、ピン駆動器531及びショルダ駆動器532から構成される進退駆動器53によって、上下方向に進退駆動される。

[0034] ピン部材11は、円柱状に形成されていて、図1には、詳細に図示されないが、回転工具固定器521により支持されている。また、ピン部材11は、回転駆動器57により、ピン部材11の軸心に一致する軸線 X_r （回転軸）周りに回転し、ピン駆動器531により、矢印P1方向、すなわち軸線 X_r 方向（図1では上下方向）に沿って、進退移動可能に構成されている。

[0035] なお、ピン駆動器531は、例えば、直動アクチュエータで構成されていてもよい。直動アクチュエータは、例えば、サーボモータとラックアンドピニオン、サーボモータとボールネジ、又はエアシリンダー等で構成されていてもよい。

[0036] ショルダ部材12は、中空を有する円筒状に形成されていて、回転工具固定器521により支持されている。ショルダ部材12の中空内には、ピン部材11が内挿されている。換言すると、ショルダ部材12は、ピン部材11

の外周面を囲むように配置されている。

[0037] また、ショルダ部材 1 2 は、回転駆動器 5 7 により、ピン部材 1 1 と同一の軸線 X r 周りに回転し、ショルダ駆動器 5 3 2 により、矢印 P 2 方向、すなわち軸線 X r 方向に沿って進退移動可能に構成されている。

[0038] なお、ショルダ駆動器 5 3 2 は、例えば、直動アクチュエータで構成されていてもよい。直動アクチュエータは、例えば、サーボモータとラックアンドピニオン、サーボモータとボールネジ、又はエアシリンダー等で構成されていてもよい。

[0039] このように、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2（回転工具）は、本実施の形態ではいずれも同一の回転工具固定器 5 2 1 によって支持され、いずれも回転駆動器 5 7 により軸線 X r 周りに一体的に回転する。更に、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 は、ピン駆動器 5 3 1 及びショルダ駆動器 5 3 2 により、それぞれ軸線 X r 方向に沿って進退移動可能に構成されている。

[0040] なお、本実施の形態 1 においては、ピン部材 1 1 は単独で進退移動可能であるとともに、ショルダ部材 1 2 の進退移動に伴っても進退移動可能となっているが、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 がそれぞれ独立して進退移動可能に構成されてもよい。

[0041] クランプ部材 1 3 は、ショルダ部材 1 2 と同様に、中空を有する円筒状に形成されていて、その軸心が軸線 X r と一致するように設けられている。クランプ部材 1 3 の中空内には、ショルダ部材 1 2 が内挿されている。

[0042] すなわち、ピン部材 1 1 の外周面を囲むように、円筒状のショルダ部材 1 2 が配置されていて、ショルダ部材 1 2 の外周面を囲むように円筒状のクランプ部材 1 3 が配置されている。換言すれば、クランプ部材 1 3、ショルダ部材 1 2 及びピン部材 1 1 が、それぞれ同軸心状の入れ子構造となっている。

[0043] また、クランプ部材 1 3 は、被接合物 6 0 を一方の面（表面 6 0 c）から押圧するように構成されている。クランプ部材 1 3 は、上述したように、本実施の形態 1 においては、クランプ駆動器 4 1 を介してクランプ固定器 5 2

2に支持されている。クランプ駆動器41は、クランプ部材13を裏当て部材56側に付勢するように構成されている。そして、クランプ部材13（クランプ駆動器41及びクランプ固定器522を含む）は、ショルダ駆動器532によって、矢印P3方向（矢印P1及び矢印P2と同方向）に進退可能に構成されている。

[0044] なお、クランプ駆動器41は、本実施の形態1においては、スプリングで構成したが、これに限定されるものではない。クランプ駆動器41は、クランプ部材13に付勢を与えたり加圧力を与えたりする構成であればよく、例えば、ガス圧、油圧、サーボモータ等を用いた機構も好適に用いることができる。

[0045] ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13は、それぞれ先端面11a、先端面12a、及び先端面13aを備えている。また、ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13は、進退駆動器53により進退移動することで、先端面11a、先端面12a、及び先端面13aは、それぞれ、被接合物60の表面60c（被接合物60の被接合部）に当接し、被接合物60を押圧する。

[0046] 裏当て部材56は、本実施の形態1においては、平板状の被接合物60の裏面を当接するように平坦な面（支持面56a）により、支持するように構成されている。裏当て部材56は、摩擦攪拌接合を実施できるように被接合物60を適切に支持することができるものであれば、その構成は特に限定されない。裏当て部材56は、例えば、複数の種類の形状を有する裏当て部材56が別途準備され、被接合物60の種類に応じて、裏当て支持部55から外して交換できるように構成されてもよい。

[0047] 被接合物60は、2枚の板状の第1部材61及び第2部材62を有する。第1部材61は、ピン部材11及びショルダ部材12と対向するように配置され、かつ、第2部材62よりも融点の低い材料で構成されている。

[0048] なお、被接合物60の、重ね合された第1部材61と第2部材62との接触部分にシーラント材が塗布されていてもよい。シーラント材は、シーリン

グ材であってもよく、接着剤であってもよい。シーラント材としては、例えば、ポリサルファイド系合成ゴム、天然ゴム、シリコーンゴム、フッ素ゴム等の合成ゴム、四フッ化エチレンゴム樹脂等の合成樹脂等を用いることができる。

[0049] 第1部材61としては、金属材料（例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、マグネシウム合金等）、熱可塑性プラスチック（例えば、ポリアミド等）、及び繊維強化プラスチック（例えば、炭素繊維強化プラスチック等）のうち、少なくとも1つの材料が用いられてもよい。アルミニウム合金としては、各種のアルミニウム合金を用いることができ、例えば、Al-Mg-Si系合金（A6061）を用いてもよく、Al-Si-Mg系合金（AC4C）が用いられてもよい。

[0050] また、第2部材62としては、金属材料（例えば、鋼、チタン、ステンレス、銅等）が用いられてもよい。鋼としては、各種の鋼をもちいることができ、軟鋼、又は高張力鋼を用いてもよい。また、鋼の表面に酸化膜が形成されていてもよく、メッキ層（例えば、亜鉛メッキ）が形成されていてもよい。亜鉛メッキが形成されている鋼板としては、溶融亜鉛メッキ鋼板（GI鋼板）であってもよく、合金化溶融亜鉛メッキ鋼板（GA鋼板）であってもよく、ガルバリウム鋼板（登録商標）であってもよく、アルミニウムシリコンメッキホットスタンプ鋼板であってもよい。更に、メッキ層の厚みは、2 μ mから50 μ mであってもよい。

[0051] なお、本実施の形態1においては、被接合物60を板状の第1部材61と板状の第2部材62で構成されている形態を採用した。しかし、これに限定されず、被接合物60（第1部材61及び第2部材62）の形状は任意であり、例えば、直方体状であってもよく、円弧状に形成されていてもよい。また、被接合物60は、3つ以上の部材を有していてもよい。

[0052] また、本実施の形態1におけるピン部材11、ショルダ部材12、工具固定器52、進退駆動器53、クランプ部材13、裏当て支持部55、及び回転駆動器57の具体的な構成は、前述した構成に限定されず、広く摩擦攪拌

接合の分野で公知の構成を好適に用いることができる。例えば、ピン駆動器 5 3 1 及びショルダ駆動器 5 3 2 は、摩擦攪拌接合の分野で公知のモータ及びギア機構等で構成されていてもよい。

[0053] また、裏当て支持部 5 5 は、本実施の形態 1 においては、C型ガンで構成されているが、これに限定されない。裏当て支持部 5 5 は、ピン部材 1 1、ショルダ部材 1 2、及びクランプ部材 1 3 を進退移動可能に支持するとともに、ピン部材 1 1、ショルダ部材 1 2、及びクランプ部材 1 3 に対向する位置に裏当て部材 5 6 を支持することができれば、どのように構成されていてもよい。

[0054] また、本実施の形態 1 は、クランプ部材 1 3 を備える構成を採用したが、これに限定されず、クランプ部材 1 3 を備えていない構成を採用してもよい。この場合、例えば、クランプ部材 1 3 は、必要に応じて裏当て支持部 5 5 から着脱可能に構成されていてもよい。

[0055] 更に、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 5 0 は、摩擦攪拌点接合用ロボット装置（図示せず）に配設される形態を採用している。具体的には、裏当て支持部 5 5 が、ロボット装置のアームの先端に取り付けられている。

[0056] このため、裏当て支持部 5 5 も摩擦攪拌点接合用ロボット装置に含まれるとみなすことができる。裏当て支持部 5 5 及びアームを含めて、摩擦攪拌点接合用ロボット装置の具体的な構成は特に限定されず、多関節ロボット等、摩擦攪拌接合の分野で公知の構成を好適に用いることができる。

[0057] なお、摩擦攪拌点接合装置 5 0（裏当て支持部 5 5 を含む）は、摩擦攪拌点接合用ロボット装置に適用される場合に限定されるものではなく、例えば、NC工作機械、大型のCフレーム、及びオートリベッター等の公知の加工用機器にも好適に適用することができる。

[0058] また、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 5 0 は、二対以上のロボットが、摩擦攪拌点接合装置 5 0 における裏当て部材 5 6 以外の部分と、裏当て部材 5 6 と、を正対させるように構成されていてもよい。更に、摩擦攪

拌点接合装置 50 は、被接合物 60 に対して安定して摩擦攪拌点接合を行うことが可能であれば、被接合物 60 を手持ち型にする形態を採用してもよく、ロボットを被接合物 60 のポジショナーとして用いる形態を採用してもよい。

[0059] [摩擦攪拌点接合装置の制御構成]

次に、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 の制御構成が、図 2 を参照しながら、具体的に説明される。

[0060] 図 2 は、図 1 に示す摩擦攪拌点接合装置 50 の制御構成を模式的に示すブロック図である。

[0061] 図 2 に示すように、摩擦攪拌点接合装置 50 は、制御器 51、記憶器 31、入力器 32、加圧力検出器 33、位置検出器 34、速度検出器 35、計時器 36 を備えている。

[0062] 制御器 51 は、摩擦攪拌点接合装置 50 を構成する各部材（各機器）を制御する。具体的には、制御器 51 は、記憶器 31 に記憶された基本プログラム等のソフトウェアを読み出して実行することにより、進退駆動器 53 を構成するピン駆動器 531 及びショルダ駆動器 532 と、回転駆動器 57 と、を制御する。

[0063] これにより、ピン部材 11 及びショルダ部材 12 の進出移動又は後退移動の切り替え、進退移動時のピン部材 11 及びショルダ部材 12 における、先端位置の制御、移動速度、及び移動方向等を制御することができる。また、ピン部材 11、ショルダ部材 12 及びクランプ部材 13 の被接合物 60 を押圧する押圧力を制御することができる。更に、ピン部材 11 及びショルダ部材 12 の回転数を制御することができる。

[0064] なお、制御器 51 は、集中制御する単独の制御器 51 によって構成されていてもよいし、互いに協働して分散制御する複数の制御器 51 によって構成されていてもよい。また、制御器 51 は、マイクロコンピュータで構成されていてもよく、MPU、PLC (Programmable Logic Controller)、論理回路等によって構成されていてもよい。

- [0065] 記憶器 3 1 は、基本プログラム、各種データを読み出し可能に記憶するものであり、記憶器 3 1 としては、公知のメモリ、ハードディスク等の記憶装置等で構成される。記憶器 3 1 は、単一である必要はなく、複数の記憶装置（例えば、ランダムアクセスメモリ及びハードディスクドライブ）として構成されてもよい。制御器 5 1 等がマイクロコンピュータで構成されている場合には、記憶器 3 1 の少なくとも一部がマイクロコンピュータの内部メモリとして構成されてもよいし、独立したメモリとして構成されてもよい。
- [0066] なお、記憶器 3 1 には、データが記憶され、制御器 5 1 以外からデータの読み出しが可能となってもよいし、制御器 5 1 等からデータの書き込みが可能となってもよいことはいうまでもない。
- [0067] 入力器 3 2 は、制御器 5 1 に対して、摩擦攪拌点接合の制御に関する各種パラメータ、あるいはその他のデータ等を入力可能とするものであり、キーボード、タッチパネル、ボタンスイッチ群等の公知の入力装置で構成されている。本実施の形態 1 では、少なくとも、被接合物 6 0 の接合条件、例えば、被接合物 6 0 の厚み、材質等のデータが入力器 3 2 により入力可能となっている。
- [0068] 加圧力検出器 3 3 は、ピン部材 1 1、又はショルダ部材 1 2 が被接合物 6 0 に当接又は押圧しているときに、これらの部材が被接合物 6 0 に与える加圧力（押圧力）を検出し、検出した押圧力を制御器 5 1 に出力するように構成されている。なお、本実施の形態 1 においては、加圧力検出器 3 3 としてロードセルを用いているが、これに限定されず、公知の加圧力検出装置を用いることができる。
- [0069] 位置検出器 3 4 は、ショルダ部材 1 2 の先端（先端面 1 2 a）の位置情報を検出して、検出した位置情報を制御器 5 1 に出力するように構成されている。位置検出器 3 4 としては、例えば、変位センサ、LVDT、エンコーダー等が用いられてもよい。位置検出器 3 4 として、エンコーダーを用いる場合には、当該エンコーダーは、ショルダ部材 1 2 を進退駆動させる進退駆動器 5 3（ショルダ駆動器 5 3 2）の回転角度を検出するように構成されてい

てもよい。また、位置検出器 3 4 は、シヨルダ部材 1 2 を進退駆動させる進退駆動器 5 3（シヨルダ駆動器 5 3 2）に供給される電流値を検出する電流計であってもよい。

[0070] 速度検出器 3 5 は、シヨルダ部材 1 2 の軸線方向の速度を検出し、検出した速度情報を制御器 5 1 に出力するように構成されている。速度検出器 3 5 としては、例えば、シヨルダ部材 1 2 を進退駆動させる進退駆動器 5 3（シヨルダ駆動器 5 3 2）の回転角度を検出する、エンコーダーが用いられてもよい。

[0071] 計時器 3 6 は、クロック機能及び／又はカレンダー機能を有している。また、計時器 3 6 は、時間測定を行い、測定した時間情報を制御器 5 1 に出力するように構成されている。

[0072] [摩擦攪拌点接合装置の動作（運転方法）]

次に、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 5 0 の動作が、図 3 A から図 4 B を参照して具体的に説明される。なお、以下の動作は、制御器 5 1 が、記憶器 3 1 に格納されているプログラムを読み出すことにより実行される。

[0073] 図 3 A 及び図 3 B は、本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 5 0 の動作の一例を示すフローチャートである。図 4 A 及び図 4 B は、図 1 に示す摩擦攪拌点接合装置 5 0 による摩擦攪拌点接合の各工程の一例を模式的に示す工程図である。

[0074] なお、図 4 A 及び図 4 B は、被接合物 6 0 として、第 1 部材 6 1 及び第 2 部材 6 2 を用い、これらを重ねて点接合にて連結する場合を例に挙げている。また、図 4 A 及び図 4 B においては、摩擦攪拌点接合装置 5 0 の一部を省略し、矢印 r は、ピン部材 1 1 及びシヨルダ部材 1 2 の回転方向を示し、ブロック矢印 F は、第 1 部材 6 1 及び第 2 部材 6 2 に加えられる力の方向を示す。

[0075] また、裏当て部材 5 6 からも第 1 部材 6 1 及び第 2 部材 6 2 に対して力が加えられているが、説明の便宜上、図 4 A 及び図 4 B には図示していない。

更に、図4 A及び図4 Bにおいては、ショルダ部材1 2には、ピン部材1 1及びクランプ部材1 3との区別を明確とするために、網掛けのハッチングが施されている。

[0076] まず、作業者（操作者）が、裏当て部材5 6の支持面5 6 aに被接合物6 0を載置する。ついで、作業者が入力器3 2を操作して、制御器5 1に被接合物6 0の接合実行を入力する。なお、ロボットが、裏当て部材5 6の支持面5 6 aに被接合物6 0を載置してもよい。

[0077] すると、図3 Aに示すように、制御器5 1は、回転駆動器5 7を駆動させて、ピン部材1 1及びショルダ部材1 2を予め設定されている所定の第1回転数（例えば、2 0 0から3 0 0 0 r p m）で回転させる（ステップS 1 0 1；図4 Aの工程（1）参照）。

[0078] 次に、制御器5 1は、進退駆動器5 3（ショルダ駆動器5 3 2）を駆動させて、ピン部材1 1及びショルダ部材1 2を回転させた状態で、ピン部材1 1、ショルダ部材1 2、及びクランプ部材1 3を被接合物6 0に接近させる。そして、ピン部材1 1の先端面1 1 a、ショルダ部材1 2の先端面1 2 a、及びクランプ部材1 3の先端面1 3 a（図4 A及び図4 Bには図示せず）を被接合物6 0の表面6 0 c（被接合物6 0の被接合部）に当接させる（ステップS 1 0 2；図4 Aの工程（2）参照）。

[0079] このとき、制御器5 1は、ピン部材1 1、ショルダ部材1 2、及びクランプ部材1 3が予め設定された所定の押圧力（例えば、3 k Nから1 5 k Nの範囲に含まれる所定値）で被接合物6 0を押圧するように、進退駆動器5 3（ショルダ駆動器5 3 2）を制御する。

[0080] このため、制御器5 1は、加圧力検出器3 3が所定の圧力（例えば、3 k N～1 5 k N）を検出したか否かを判定する（ステップS 1 0 3）。これにより、ピン部材1 1の先端面1 1 a、ショルダ部材1 2の先端面1 2 a、及びクランプ部材1 3の先端面1 3 aが被接合物6 0の表面6 0 cに当接したか否かを判定することができる。

[0081] 制御器5 1は、加圧力検出器3 3が所定の圧力を検出していないと判定し

た場合（ステップS103でNo）には、加圧力検出器33が所定の圧力を検出するまで、ステップS102及びステップS103の処理を繰り返す。

[0082] 一方、制御器51は、加圧力検出器33が所定の圧力を検出したと判定した場合（ステップS103でYes）には、ステップS104の処理を実行する。

[0083] ピン部材11の先端面11a、シヨルダ部材12の先端面12a、及びクランプ部材13の先端面13aが被接合物60の表面60cに当接されると、クランプ部材13と裏当て部材56とで第1部材61及び第2部材62が挟み込まれる。そして、クランプ駆動器41の収縮により、クランプ部材13が被接合物60の表面60c側に付勢され、クランプ力が発生する。

[0084] また、この状態では、ピン部材11及びシヨルダ部材12は、共に進退移動しないので、被接合物60の表面60cを「予備加熱」することになる。これにより、第1部材61の当接領域における構成材料が摩擦により発熱することで軟化し、被接合物60の表面60c近傍に塑性流動部60aが生じる。

[0085] ステップS104では、制御器51は、ピン部材11の先端面11aがシヨルダ部材12の先端面12aに対して没入するように、進退駆動器53を駆動する。このとき、制御器51は、ピン部材11が被接合物60から離れるように、進退駆動器53（ピン駆動器531）を駆動してもよい。また、制御器51は、シヨルダ部材12が被接合物60内に圧入されるように、進退駆動器53（シヨルダ駆動器532）を駆動してもよい。

[0086] これにより、シヨルダ部材12の先端部が、回転した状態で、被接合物60の被接合部内に圧入される。

[0087] 次に、制御器51は、速度検出器35から、当該速度検出器35が検出したシヨルダ部材12の軸線方向の速度情報を取得する（ステップS105）。ついで、制御器51は、ステップS105で取得した速度情報（速度）が、予め設定されている所定の第1速度であるか否かを判定する（ステップS106）。

- [0088] ここで、第1部材61と第2部材62は、異なる金属で構成されていて、第2部材62は、第1部材61よりも融点の高い材料（硬い材料）で構成されている。このため、ショルダ部材12の先端（先端面12a）が、第2部材62の第1部材61との当接面62aに到達すると、ショルダ部材12の軸線方向の速度が小さくなる。
- [0089] 従って、第1速度は、予め実験等により設定することができ、第2部材62の組成等により適宜設定される。第1速度は、速度検出器35の検出精度の観点から、 -0.5 mm/秒 以上 $+0.5\text{ mm/秒}$ 以下であってもよい。
- [0090] 制御器51は、ステップS105で取得した速度情報が、第1速度ではないと判定した場合（ステップS106でNo）には、ステップS105に戻り、ステップS105で取得した速度情報が第1速度になるまで、ステップS105及びステップS106の処理を繰り返す。
- [0091] 一方、制御器51は、ステップS105で取得した速度情報が、第1速度であると判定した場合（ステップS106でYes）には、計時器36から時間情報を取得する（ステップS107）。具体的には、制御器51は、ステップS105で取得した速度情報が、第1速度であると判定してから経過した時間を計時器36から取得する。
- [0092] 制御器51は、ステップS107で取得した時間情報（第1速度であると判定してから経過した時間）が、予め設定されている第1時間を経過したか否かを判定する（ステップS108）。
- [0093] ここで、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置50において、ショルダ部材12の軸線方向の速度が第1速度になってから経過した時間を計測するのは、以下の理由からである。すなわち、ショルダ部材12の先端（先端面12a）が、第2部材62の第1部材61との当接面62aに到達すると、すぐには、ショルダ部材12の先端部は、第2部材62内に圧入されることがない。
- [0094] このため、ショルダ部材12の軸線方向の速度が第1速度になってから経過した時間を計測することにより、誤検知を回避することができる。また、

ショルダ部材 1 2 の先端（先端面 1 2 a）が、第 2 部材 6 2 における第 1 部材 6 1 との当接面 6 2 a に到達したことをより明確に（正確に）判定することができる。

[0095] 第 1 時間は、予め実験等により設定することができる。第 1 時間としては、第 1 部材 6 1 と第 2 部材 6 2 の融点（硬さ）の差が小さい場合には、例えば、0.01 秒以上であってもよく、0.05 以上であってもよく、0.1 秒以上であってもよく、0.2 秒以上であってもよい。また、第 1 時間としては、第 1 部材 6 1 と第 2 部材 6 2 の融点（硬さ）の差が大きい場合には、例えば、0.5 秒以下であってもよく、0.4 秒以下であってもよい。

[0096] 制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 7 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過していないと判定した場合（ステップ S 1 0 8 で N o）には、ステップ S 1 0 7 に戻り、ステップ S 1 0 7 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過するまで、ステップ S 1 0 7 及びステップ S 1 0 8 の処理を繰り返す。

[0097] 一方、制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 7 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過したと判定した場合（ステップ S 1 0 8 で Y e s）には、位置検出器 3 4 から、ショルダ部材 1 2 の先端の位置情報を取得する（ステップ S 1 0 9；図 3 B 参照）。ついで、制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 9 で取得したショルダ部材 1 2 の先端の位置情報が、予め設定されている所定の第 1 位置まで到達したか否かを判定する（ステップ S 1 1 0）。

[0098] ここで、第 1 位置は、予め実験等により設定することができ、第 2 部材 6 2 の第 1 部材 6 1 との当接面 6 2 a から 0.3 mm 以下の間における任意の位置である。

[0099] 第 1 位置は、第 2 部材 6 2 に形成されているメッキ層（メッキ膜）又は酸化膜を除去して、新生面を形成させる観点から、当接面 6 2 a から 0.008 mm 以上の位置であってもよく、当接面 6 2 a から 0.01 mm 以上の位置であってもよい。また、第 1 位置は、ショルダ部材 1 2 の摩耗（損傷）を抑制する観点から、当接面 6 2 a から 0.25 mm 以下の位置であってもよく、当接面 6 2 a から 0.20 mm 以下の位置であってもよく、当接面 6 2

aから0.10mm以下の位置であってもよい。

[0100] 更に、第1位置は、第2部材62に形成されているメッキ層（メッキ膜）又は酸化膜を除去して、新生面を形成させる観点から、第2部材62に形成されているメッキ層（メッキ膜）又は酸化膜から0.20mm以下の位置であってもよく、第2部材62に形成されているメッキ層（メッキ膜）又は酸化膜から0.10mm以下の位置であってもよい。

[0101] これにより、ショルダ部材12の先端面12aが、第2部材62の当接面62aから0.3mm以下における任意の位置（すなわち、第1位置）にまで到達する。そして、第2部材62におけるショルダ部材12と当接している部分、及び／又は第2部材62における塑性流動部60aと当接している部分に、新生面が形成される。

[0102] なお、塑性流動部60aの軟化した材料はショルダ部材12により押し退けられ、ショルダ部材12の直下からピン部材11の直下に流動するので、ピン部材11は後退し、ショルダ部材12に対して浮き上がる（図4Aの工程（3）参照）。

[0103] また、第2部材62の表面に形成されているメッキ層（メッキ膜）又は酸化膜を形成する不純物（例えば、亜鉛、酸化鉄等）も、ピン部材11の直下に流動する。更に、上記不純物の一部が、ショルダ部材12先端部の外周面よりも外側に流出する。

[0104] 制御器51は、ステップS109で取得したショルダ部材12の先端の位置情報が、第1位置まで到達していないと判定した場合（ステップS110でN o）には、ステップS109に戻り、ステップS109で取得したショルダ部材12の先端部の位置情報が、第1位置まで到達したと判定するまで、ステップS109及びステップS110の処理を繰り返す。

[0105] 一方、制御器51は、ステップS109で取得したショルダ部材12の先端の位置情報が、第1位置まで到達したと判定した場合（ステップS110でY e s）には、ステップS111の処理を実行する。

[0106] ステップS111では、制御器51は、ピン部材11が被接合物60に向

かって進むように、進退駆動器 5 3（ピン駆動器 5 3 1）を駆動する、及び／又は、制御器 5 1 は、シヨルダ部材 1 2 が被接合物 6 0 から離れるように、進退駆動器 5 3（シヨルダ駆動器 5 3 2）を駆動する。

[0107] 具体的には、制御器 5 1 は、進退駆動器 5 3 を制御して、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a 及びシヨルダ部材 1 2 の先端面 1 2 a を、互いに段差がほとんど生じない程度に合わせる（面一とする）。

[0108] これにより、ピン部材 1 1 が徐々に第 1 部材 6 1 に向かって進み、シヨルダ部材 1 2 が第 1 部材 6 1 から後退する。このとき、塑性流動部 6 0 a の軟化した部分は、ピン部材 1 1 の直下からシヨルダ部材 1 2 の直下（シヨルダ部材 1 2 の圧入により生じた凹部）に流動する。

[0109] そして、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a とシヨルダ部材 1 2 の先端面 1 2 a が、被接合物 6 0 の表面 6 0 c 近傍まで移動する。これにより、被接合物 6 0 の表面 6 0 c が整形され、実質的な凹部が生じない程度の略平坦な面が得られる（図 4 B の工程（4）参照）。

[0110] なお、制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 4 及び／又はステップ S 1 1 1 の処理において、ピン部材 1 1 の先端面の面積を A_p 、シヨルダ部材 1 2 の先端面の面積を A_s とし、ピン部材 1 1 の圧入深さを P_p 、シヨルダ部材 1 2 の圧入深さを P_s としたときに、次の式（1）

$$A_p \cdot P_p + A_s \cdot P_s = T_x \quad \dots \quad (1)$$

で定義されるツール平均位置 T_x の絶対値を小さくするように、進退駆動器 5 3 を制御することが好ましく、ツール平均位置 $T_x = 0$ となるように、進退駆動器 5 3 を制御することがより好ましい。なお、ツール平均位置 T_x の絶対値を小さくする具体的な制御は、特開 2 0 1 2 - 1 9 6 6 8 2 号公報に詳細に開示されているため、ここでは、その説明が省略される。

[0111] また、制御器 5 1 は、ステップ S 1 1 1 の処理において、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a が、第 1 位置に位置するように、進退駆動器 5 3 を制御してもよい。この場合、制御器 5 1 は、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a が、第 1 位置に位置した後に、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a 及びシヨルダ部材 1 2 の先端

面12aが、面一となるように、進退駆動器53を制御してもよい。

[0112] 次に、制御器51は、ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13を被接合物60から離間するように、進退駆動器53を駆動させる（ステップS112）。ついで、制御器51は、回転駆動器57を制御して、ピン部材11及びショルダ部材12の回転を停止させ（ステップS113；図4Bの工程（5）参照）、本プログラム（被接合物60の接合工程）を終了する。

[0113] これにより、ピン部材11及びショルダ部材12の当接による回転（及び押圧）は第1部材61及び第2部材62に加えられなくなるので、塑性流動部60aでは塑性流動が停止し、塑性流動部60aと第2部材62の新生面とが接合する。

[0114] このように構成されている、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置50では、制御器51が、回転した状態のショルダ部材12における軸線方向の速度が、第1速度となった状態で、第1時間経過したか否かを判定するように構成されている。

[0115] これにより、第1部材61の厚みのばらつきに関わらず、ショルダ部材12の先端が、第2部材62における第1部材61との当接面62aに到達したとより明確に（より正確に）判定することができる。

[0116] また、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置50では、制御器51が、ショルダ部材12の先端を第2部材62における第1部材61との当接面62aから0.3mm以下における任意の位置（すなわち、第1位置）にまで到達させるように、進退駆動器53を動作させるように構成されている。

[0117] これにより、ショルダ部材12の先端部により、第2部材62の表面（当接面62a）に形成されているメッキ層（メッキ膜）又は酸化膜が除去されて、新生面が形成される。

[0118] また、除去されたメッキ層（メッキ膜）又は酸化膜を形成する不純物（例えば、亜鉛等）は、ピン部材11の直下に流動する。更に、上記不純物の一部が、ショルダ部材12の先端部の外周面よりも外側に流出する。

[0119] このため、塑性流動部60aの軟化した部分が、ピン部材11の直下からショルダ部材12の直下（ショルダ部材12の圧入により生じた凹部）に流動するとき、流出した不純物の分だけ、ショルダ部材12の直下に流動する不純物の量が減少される。

[0120] なお、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置50では、制御器51が、回転した状態のショルダ部材12における軸線方向の速度が、第1速度となった状態で、第1時間経過したと判定した後に、ショルダ部材12の先端を第1位置にまで到達させるように、進退駆動器53を動作させる形態を採用したが、これに限定されない。

[0121] 制御器51が、回転した状態のショルダ部材12における軸線方向の速度が、第1速度となった状態で、第1時間経過したと判定した後に、更に、所定の第2時間経過するまで、ショルダ部材12の移動を待機させるように構成されていてもよい。また、制御器51は、第2時間経過したと判定した後に、ピン部材11が被接合物60に向かって進むように、進退駆動器53（ピン駆動器531）を駆動する、及び／又は、制御器51は、ショルダ部材12が被接合物60から離れるように、進退駆動器53（ショルダ駆動器532）を駆動するように構成されていてもよい。

[0122] ここで、第2時間は、第2部材62の表面に新生面を形成させる観点から、0.1秒以上であってもよく、0.2秒以上であってもよい。また、第2時間は、第2部材62の表面に形成された新生面に過度の熱がかかるのを抑制する観点から、0.8秒以下であってもよく、0.75秒以下であってもよい。

[0123] （実施の形態2）

本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置は、実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置において、制御器が、回転した状態のピン部材における軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で、予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、ピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定する。

- [0124] また、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置では、第1速度は、 -0.5 mm/秒 以上 $+0.5\text{ mm/秒}$ 以下であってもよい。
- [0125] また、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置では、第1時間は、 0.01 秒以上 0.5 秒以下であってもよい。
- [0126] また、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置では、制御器は、ピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定した後に、ピン部材の先端が、第2部材内における予め設定されている所定の第1位置まで到達させるように、進退駆動器及び回転駆動器を動作させてもよい。
- [0127] 更に、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置では、第1位置は、第2部材における第1部材との当接面から 0.3 mm 以下の位置であってもよい。
- [0128] 本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法は、実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法において、制御器が、回転した状態のピン部材における軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で、予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、ピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定する。
- [0129] また、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、第1速度は、 -0.5 mm/秒 以上 $+0.5\text{ mm/秒}$ 以下であってもよい。
- [0130] また、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、第1時間は、 0.01 秒以上 0.5 秒以下であってもよい。
- [0131] また、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、制御器は、ピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したと判定した後に、ピン部材の先端が、第2部材内における予め設定されている所定の第1位置まで到達させるように、進退駆動器及び回転駆動器を動作させてもよい。
- [0132] 更に、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置の運転方法では、第1位置は、第2部材における第1部材との当接面から 0.3 mm 以下の位置であ

ってもよい。

[0133] 以下、本実施の形態 2 に係る摩擦攪拌点接合装置の一例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0134] なお、本実施の形態 2 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 は、実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 と基本的構成は同じであるが、位置検出器 34 及び速度検出器 35 の構成が異なる。

[0135] 具体的には、位置検出器 34 は、ピン部材 11 の先端（先端面 11a）の位置情報を検出して、検出した位置情報を制御器 51 に出力するように構成されている。位置検出器 34 としては、例えば、変位センサ、LVDT、エンコーダー等が用いられてもよい。

[0136] 位置検出器 34 として、エンコーダーを用いる場合には、当該エンコーダーは、ピン部材 11 を進退駆動させる進退駆動器 53（ピン駆動器 531）の回転角度を検出するように構成されていてもよい。また、位置検出器 34 は、ピン部材 11 を進退駆動させる進退駆動器 53（ピン駆動器 531）に供給される電流値を検出する電流計であってもよい。

[0137] 速度検出器 35 は、ピン部材 11 の軸線方向の速度を検出し、検出した速度情報を制御器 51 に出力するように構成されている。速度検出器 35 としては、例えば、ピン部材 11 を進退駆動させる進退駆動器 53（ピン駆動器 531）の回転角度を検出する、エンコーダーが用いられてもよい。

[0138] [摩擦攪拌点接合装置の動作及び作用効果]

本実施の形態 2 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 の動作が、図 5A から図 6B を参照して具体的に説明される。なお、以下の動作は、制御器 51 が、記憶器 31 に格納されているプログラムを読み出すことにより実行される。

[0139] 図 5A 及び図 5B は、本実施の形態 2 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 の動作の一例を示すフローチャートである。図 6A 及び図 6B は、本実施の形態 2 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 による摩擦攪拌点接合の各工程の一例を模式的に示す工程図である。

[0140] なお、図 6A 及び図 6B は、被接合物 60 として、第 1 部材 61 及び第 2

部材 6 2 を用い、これらを重ねて点接合にて連結する場合を例に挙げている。また、図 6 A 及び図 6 B においては、摩擦攪拌点接合装置 5 0 の一部を省略し、矢印 r は、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 の回転方向を示し、ブロック矢印 F は、第 1 部材 6 1 及び第 2 部材 6 2 に加えられる力の方向を示す。

[0141] また、裏当て部材 5 6 から第 1 部材 6 1 及び第 2 部材 6 2 に対して力が加えられているが、説明の便宜上、図 6 A 及び図 6 B には図示していない。更に、図 6 A 及び図 6 B においては、ショルダ部材 1 2 には、ピン部材 1 1 及びクランプ部材 1 3 との区別を明確とするために、網掛けのハッチングが施されている。

[0142] まず、作業者（操作者）が、裏当て部材 5 6 の支持面 5 6 a に被接合物 6 0 を載置する。ついで、作業者が入力器 3 2 を操作して、制御器 5 1 に被接合物 6 0 の接合実行を入力する。なお、ロボットが、裏当て部材 5 6 の支持面 5 6 a に被接合物 6 0 を載置してもよい。

[0143] すると、図 5 A に示すように、制御器 5 1 は、回転駆動器 5 7 を駆動させて、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 を予め設定されている所定の第 1 回転数（例えば、200 から 3000 rpm）で回転させる（ステップ S 2 0 1；図 6 A の工程（1）参照）。

[0144] 次に、制御器 5 1 は、進退駆動器 5 3（ショルダ駆動器 5 3 2）を駆動させて、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 を回転させた状態で、ピン部材 1 1、ショルダ部材 1 2、及びクランプ部材 1 3 を被接合物 6 0 に接近させる。そして、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a、ショルダ部材 1 2 の先端面 1 2 a、及びクランプ部材 1 3 の先端面 1 3 a（図 6 A 及び図 6 B には図示せず）を被接合物 6 0 の表面 6 0 c（被接合物 6 0 の被接合部）に当接させる（ステップ S 2 0 2；図 6 A の工程（2）参照）。

[0145] このとき、制御器 5 1 は、ピン部材 1 1、ショルダ部材 1 2、及びクランプ部材 1 3 が予め設定された所定の押圧力（例えば、3 k N から 15 k N の範囲に含まれる所定値）で被接合物 6 0 を押圧するように、進退駆動器 5 3

(ショルダ駆動器 5 3 2) を制御する。

- [0146] このため、制御器 5 1 は、加圧力検出器 3 3 が所定の圧力（例えば、3 k N から 1 5 k N）を検出したか否かを判定することにより（ステップ S 2 0 3）、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a、ショルダ部材 1 2 の先端面 1 2 a、及びクランプ部材 1 3 の先端面 1 3 a が被接合物 6 0 の表面 6 0 c に当接したか否かを判定することができる。
- [0147] 制御器 5 1 は、加圧力検出器 3 3 が所定の圧力を検出していないと判定した場合（ステップ S 2 0 3 で N o）には、加圧力検出器 3 3 が所定の圧力を検出するまで、ステップ S 2 0 2 及びステップ S 2 0 3 の処理を繰り返す。
- [0148] 一方、制御器 5 1 は、加圧力検出器 3 3 が所定の圧力を検出したと判定した場合（ステップ S 2 0 3 で Y e s）には、ステップ S 2 0 4 の処理を実行する。
- [0149] ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a、ショルダ部材 1 2 の先端面 1 2 a、及びクランプ部材 1 3 の先端面 1 3 a が被接合物 6 0 の表面 6 0 c に当接されると、クランプ部材 1 3 と裏当て部材 5 6 とで第 1 部材 6 1 及び第 2 部材 6 2 が挟み込まれる。そして、クランプ駆動器 4 1 の収縮により、クランプ部材 1 3 が被接合物 6 0 の表面 6 0 c 側に付勢され、クランプ力が発生する。
- [0150] また、この状態では、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 は、共に進退移動しないので、被接合物 6 0 の表面 6 0 c を「予備加熱」することになる。これにより、第 1 部材 6 1 の当接領域における構成材料が摩擦により発熱することで軟化し、被接合物 6 0 の表面 6 0 c 近傍に塑性流動部 6 0 a が生じる。
- [0151] ステップ S 2 0 4 では、制御器 5 1 は、ピン部材 1 1 の先端面 1 1 a がショルダ部材 1 2 の先端面 1 2 a に対して突出するように、進退駆動器 5 3 を駆動する。このとき、制御器 5 1 は、ピン部材 1 1 が被接合物 6 0 内に圧入されるように、進退駆動器 5 3（ピン駆動器 5 3 1）を駆動してもよい。また、制御器 5 1 は、ショルダ部材 1 2 が被接合物 6 0 から離れるように、進退駆動器 5 3（ショルダ駆動器 5 3 2）を駆動してもよい。

- [0152] これにより、ピン部材 11 の先端部が、回転した状態で、被接合物 60 の被接合部内に圧入される。
- [0153] 次に、制御器 51 は、速度検出器 35 から、当該速度検出器 35 が検出したピン部材 11 の軸線方向の速度情報を取得する（ステップ S 205）。ついで、制御器 51 は、ステップ S 205 で取得した速度情報（速度）が、予め設定されている所定の第 1 速度であるか否かを判定する（ステップ S 206）。
- [0154] 制御器 51 は、ステップ S 205 で取得した速度情報が、第 1 速度ではないと判定した場合（ステップ S 206 で No）には、ステップ S 205 に戻り、ステップ S 205 で取得した速度情報が第 1 速度になるまで、ステップ S 205 及びステップ S 206 の処理を繰り返す。
- [0155] 一方、制御器 51 は、ステップ S 205 で取得した速度情報が、第 1 速度であると判定した場合（ステップ S 206 で Yes）には、計時器 36 から時間情報を取得する（ステップ S 207）。具体的には、制御器 51 は、ステップ S 205 で取得した速度情報が、第 1 速度であると判定してから経過した時間を計時器 36 から取得する。
- [0156] 制御器 51 は、ステップ S 207 で取得した時間情報（第 1 速度であると判定してから経過した時間）が、予め設定されている第 1 時間を経過したか否かを判定する（ステップ S 208）。
- [0157] 制御器 51 は、ステップ S 207 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過していないと判定した場合（ステップ S 208 で No）には、ステップ S 207 に戻り、ステップ S 207 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過するまで、ステップ S 207 及びステップ S 208 の処理を繰り返す。
- [0158] 一方、制御器 51 は、ステップ S 207 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過したと判定した場合（ステップ S 208 で Yes）には、位置検出器 34 から、ピン部材 11 の先端の位置情報を取得する（ステップ S 209；図 6B 参照）。ついで、制御器 51 は、ステップ S 209 で取得したピン部材 11 の先端の位置情報が、予め設定されている所定の第 1 位置まで到達し

たか否かを判定する（ステップS210）。

- [0159] ここで、第1位置は、予め実験等により設定することができ、第2部材62の第1部材61との当接面62aから0.3mm以下の間における任意の位置である。
- [0160] これにより、ピン部材11の先端面11aが、第2部材62の当接面62aから0.3mm以下における任意の位置（すなわち、第1位置）にまで到達する。そして、第2部材62におけるピン部材11と当接している部分、及び／又は第2部材62における塑性流動部60aと当接している部分に、新生面が形成される。
- [0161] なお、塑性流動部60aの軟化した材料はピン部材11により押し退けられ、ピン部材11の直下からショルダ部材12の直下に流動するので、ショルダ部材12は後退し、ピン部材11に対して浮き上がる（図6Aの工程（3A）参照）。
- [0162] 制御器51は、ステップS209で取得したピン部材11の先端の位置情報が、第1位置まで到達していないと判定した場合（ステップS210でNo）には、ステップS209に戻り、ステップS209で取得したピン部材11の先端部の位置情報が、第1位置まで到達したと判定するまで、ステップS209及びステップS210の処理を繰り返す。
- [0163] 一方、制御器51は、ステップS209で取得したピン部材11の先端の位置情報が、第1位置まで到達したと判定した場合（ステップS210でYes）には、ステップS211の処理を実行する。
- [0164] ステップS211では、制御器51は、ショルダ部材12が被接合物60に向かって進むように、進退駆動器53（ショルダ駆動器532）を駆動する、及び／又は、制御器51は、ピン部材11が被接合物60から離れるように、進退駆動器53（ピン駆動器531）を駆動する。
- [0165] 具体的には、制御器51は、進退駆動器53を制御して、ピン部材11の先端面11a及びショルダ部材12の先端面12aを、互いに段差がほとんど生じない程度に合わせる（面一とする）。

[0166] これにより、ショルダ部材12が徐々に第1部材61に向かって進み、ピン部材11が第1部材61から後退する。このとき、塑性流動部60aの軟化した部分は、ショルダ部材12の直下からピン部材11の直下に流動する。

[0167] そして、ピン部材11の先端面11aとショルダ部材12の先端面12aが、被接合物60の表面60c近傍まで移動する。これにより、被接合物60の表面60cが整形され、実質的な凹部が生じない程度の略平坦な面が得られる(図6Bの工程(4)参照)。

[0168] なお、制御器51は、ステップS204及び/又はステップS211の処理において、ピン部材11の先端面の面積を A_p 、ショルダ部材12の先端面の面積を A_s とし、ピン部材11の圧入深さを P_p 、ショルダ部材12の圧入深さを P_s としたときに、次の式(1)

$$A_p \cdot P_p + A_s \cdot P_s = T_x \quad \dots \quad (1)$$

で定義されるツール平均位置 T_x の絶対値を小さくするように、進退駆動器53を制御することが好ましく、ツール平均位置 $T_x = 0$ となるように、進退駆動器53を制御することがより好ましい。なお、ツール平均位置 T_x の絶対値を小さくする具体的な制御は、特開2012-196682号公報に詳細に開示されているため、ここでは、その説明が省略される。

[0169] また、制御器51は、ステップS211の処理において、ショルダ部材12の先端面12aが、第1位置に位置するように、進退駆動器53を制御してもよい。この場合、制御器51は、ショルダ部材12の先端面12aaが、第1位置に位置した後に、ピン部材11の先端面11a及びショルダ部材12の先端面12aが、面一となるように、進退駆動器53を制御してもよい。

[0170] 次に、制御器51は、ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13を被接合物60から離間するように、進退駆動器53を駆動させる(ステップS212)。ついで、制御器51は、回転駆動器57を制御して、ピン部材11及びショルダ部材12の回転を停止させ(ステップS213；

図6Bの工程(5)参照)、本プログラム(被接合物60の接合工程)を終了する。

[0171] これにより、ピン部材11及びショルダ部材12の当接による回転(及び押圧)は第1部材61及び第2部材62に加えられなくなるので、塑性流動部60aでは塑性流動が停止し、塑性流動部60aと第2部材62の新生面とが接合する。

[0172] このように構成されている、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置50では、制御器51が、回転した状態のピン部材11における軸線方向の速度が、第1速度となった状態で、第1時間経過したか否かを判定する。

[0173] これにより、ピン部材11の先端が、第2部材62における第1部材61との当接面62aに到達したとより明確に(より正確に)判定することができる。

[0174] なお、本実施の形態2に係る摩擦攪拌点接合装置50では、制御器51が、回転した状態のピン部材11における軸線方向の速度が、第1速度となった状態で、第1時間経過したと判定した後に、ピン部材11の先端を第1位置にまで到達させるように、進退駆動器53を動作させる形態を採用したが、これに限定されない。

[0175] 制御器51が、回転した状態のピン部材11における軸線方向の速度が、第1速度となった状態で、第1時間経過したと判定した後に、更に、所定の第2時間経過するまで、ピン部材11の移動を待機させてもよい。また、制御器51は、第2時間経過したと判定した後に、ショルダ部材12が被接合物60に向かって進むように、進退駆動器53(ショルダ駆動器532)を駆動し、及び/又は、制御器51は、ピン部材11が被接合物60から離れるように、進退駆動器53(ピン駆動器531)を駆動してもよい。

[0176] [本実施の形態1に係る試験例]

次に、本実施の形態1に係る摩擦攪拌点接合装置50による、被接合物60の接合試験が説明される。

[0177] (試験例1)

本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 を用いて、被接合物 60 の接合試験を実行し、ショルダ部材 12 の先端の位置、ショルダ部材 12 の軸線方向の速度、及びショルダ部材 12 を回転駆動させる回転駆動器 57 に通流した電流値がプロットされた。

[0178] (接合条件 1)

第 1 部材 61 として、0.99 mm のアルミニウム板 (A6061-T6) が用いられ、第 2 部材 62 として、1.2 mm の 980 MPa 級ハイテン鋼板が用いられた。また、ピン部材 11 及びショルダ部材 12 の回転数である、第 1 回転数は 2000 rpm とされ、ピン部材 11、ショルダ部材 12、及びクランプ部材 13 の押圧力は 14.7 kN とされた。

[0179] なお、ショルダ部材 12 の目標到達位置である、第 1 位置は、第 2 部材 62 における第 1 部材 61 との当接面 62a から下方 0.04 mm の位置に設定された。

[0180] (比較例 1)

本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 を用いて、被接合物 60 の接合試験を実行し、ショルダ部材 12 を回転駆動させる回転駆動器 57 に通流した電流値がプロットされた。

[0181] (接合条件 2)

第 1 部材 61 として、0.99 mm のアルミニウム板 (A6061-T6) が用いられ、第 2 部材 62 として、1.2 mm の 980 MPa 級ハイテン鋼板が用いられた。また、ピン部材 11 及びショルダ部材 12 の回転数である、第 1 回転数は 2000 rpm とされ、ピン部材 11、ショルダ部材 12、及びクランプ部材 13 の押圧力は 14.7 kN とされた。

[0182] なお、ショルダ部材 12 の目標到達位置である、第 1 位置は、第 2 部材 62 における第 1 部材 61 との当接面 62a から下方 0.06 mm の位置に設定された。

[0183] (試験結果)

図 7 は、試験例 1 の摩擦攪拌点接合装置 50 を用いて、接合条件 1 で摩擦

攪拌点接合したときの接合時間に対するショルダ部材の先端の位置をプロットしたグラフである。図8は、試験例1の摩擦攪拌点接合装置50を用いて、接合条件1で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対するショルダ部材の軸線方向の速度をプロットしたグラフである。図9は、試験例1の摩擦攪拌点接合装置50を用いて、接合条件1で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対する回転駆動器57に通流した電流値をプロットしたグラフである。図10は、比較例1の摩擦攪拌点接合装置50を用いて、接合条件2で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対する回転駆動器57に通流した電流値をプロットしたグラフである。

[0184] なお、図7から図10において、接合時間とは、制御器51が、図3A及び図3Bに示す接合プログラムを開始してからの経過時間をいう。図7においては、被接合物60の表面60cが0と規定され、被接合物60内に圧入される向きがプラス、被接合物60から離れる向きがマイナスとして、表されている。また、図8においては、第1部材61の上面（被接合物60の表面60c）から第2部材62の当接面62aに向う側がマイナスとされ、第2部材62の当接面62aから第1部材61の上面に向かう側がプラスとされた。更に、図7から図9において、工程（1）から工程（5）の各工程は、図4A及び図4Bに示す工程（1）から工程（5）の各工程に対応している。

[0185] 図8に示すように、ショルダ部材12の先端部が、回転した状態で、被接合物60の被接合部内に圧入される工程（3）において、1.3秒から1.9秒の間で、ショルダ部材12の軸線方向の速度が、0mm/秒となっている。

[0186] そして、図7に示すように、接合時間が1.3から1.9秒の間では、ショルダ部材12の先端位置は、0.99mm前後に位置している。なお、ショルダ部材12の先端位置が、0.99mm前後に位置しているのは、ショルダ部材12にかかる圧力により、ショルダ部材12がたわみ、測定荷重のばらつきに起因すると考えられる。

- [0187] このため、1.3から1.9秒の間では、ショルダ部材12の先端は、第2部材62における第1部材61との当接面62aに位置していると推察される。
- [0188] 従って、制御器51が、回転した状態のショルダ部材12における軸線方向の速度が、第1速度となった状態で、第1時間経過したか否かを判定することで、ショルダ部材12の先端が、第2部材62における第1部材61との当接面62aに到達したか否かを判定できることが示された。
- [0189] また、図8に示すように、接合時間が1.9から1.95秒の間では、ショルダ部材12の軸線方向の速度が、 -0.3 mm/秒 の値を示している。これは、ショルダ部材12の先端が、第2部材62における第1部材61との当接面62aから第2部材62内に圧入され、第1位置に到達したものと考えられる。
- [0190] 一方、図9に示すように、試験例1の摩擦攪拌点接合装置50を用いて、接合条件1で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対する回転駆動器57に通流した電流値をプロットした場合には、どの時点で、所定の閾値よりも大きくなっているか、判断が困難となった。
- [0191] しかしながら、図10に示すように、比較例1の摩擦攪拌点接合装置50を用いて、接合条件2で摩擦攪拌点接合したときの接合時間に対する回転駆動器57に通流した電流値をプロットした場合には、接合時間が1.25秒前後で電流値が大きく変動して、所定の閾値よりも大きくなったものと推察している。
- [0192] このため、上記特許文献1に開示されている異種金属接合方法では、ショルダ部材12又はピン部材11の先端が、第2部材62における第1部材61との当接面62aに到達したと判定できる場合と判定できない場合があり、未だ改善の余地があることが示された。
- [0193] (実施の形態3)
- 本実施の形態3について、摩擦攪拌点接合装置50(図1参照)を用いて説明がされる。この摩擦攪拌点接合装置50の基本的構成は、実施の形態1

に係る摩擦攪拌点接合装置 50 のそれと同じである。ここでは、摩擦攪拌点接合装置 50 及び運転方法について、実施の形態 1 と異なる構成が説明され、同様の構成の説明は省略される。

[0194] [摩擦攪拌点接合装置の動作及び作用効果]

本実施の形態 3 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 の動作について、説明がされる。なお、以下の動作は、制御器 51 (図 2 参照) が、記憶器 31 (図 2 参照) に格納されているプログラムを読み出すことにより実行される。

[0195] 図 11 には、摩擦攪拌点接合装置 50 において、ピン部材 11 の先端面 11a、ショルダ部材 12 の先端面 12a、及びクランプ部材 13 の先端面 13a が、被接合物 60 の表面 60c に当接した状態が示されている。両矢印 R は、第 2 部材 62 の当接面 62a を含む検知範囲を表している。この検知範囲 R は、制御器 51 によって、ショルダ部材 12 の先端が当接面 62a に到達したか否かを判定される範囲である。両矢印 D は、第 1 部材 61 の上面 (被接合物 60 の表面 60c) から検知範囲 R までの距離を表している。

[0196] この実施の形態 3 の動作は、実施の形態 1 での動作に対して、検知範囲 R が設定されることで異なる。これにより、図 3A のステップ S105 とステップ S106 とでの動作が異なる。実施の形態 3 のその他の動作は、実施の形態 1 での動作と同様である。

[0197] 前述の本実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 50 の動作と同様に、図 3A に示される様に、ステップ S101 からステップ S104 が実行される。その後、更に、ステップ S105 及びステップ S106 が実行される。ここで、図 12A、図 12B 及び図 12C を参照して、ステップ S105 及びステップ S106 が説明される。

[0198] 図 12A には、このステップ S105 において、被接合物 60 に圧入されたショルダ部材 12 が示されている。ステップ S105 では、制御器 51 は、ショルダ部材 12 の軸方向の速度情報を取得する。また、位置検出器 34 が、ショルダ部材 12 の先端位置を検出する。制御器 51 は、ショルダ部材 12 の先端が検知範囲 R にあるか否かを判定する。制御器 51 は、ショルダ

部材 1 2 の先端が検知範囲 R にあると判定するまで、ステップ S 1 0 5 の処理を繰り返す。図 1 2 B に示される様に、制御器 5 1 は、ショルダ部材 1 2 の先端が検知範囲 R にあると判定すると、ステップ S 1 0 6 を実行する。

[0199] ステップ S 1 0 6 で、制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 5 で取得した速度情報が、第 1 速度ではないと判定した場合には、ステップ S 1 0 5 に戻り、ステップ S 1 0 5 及びステップ S 1 0 6 の処理を繰り返す。

[0200] そして、制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 5 で取得した速度情報が、第 1 速度であると判定した場合には、計時器 3 6 から時間情報を取得する（ステップ S 1 0 7）。このとき、図 1 2 C に示される様に、ショルダ部材 1 2 の先端は、第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a に到達している。このステップ S 1 0 7 では、制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 5 で取得した速度情報が、第 1 速度であると判定してから経過した時間を計時器 3 6 から取得する。

[0201] 制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 7 で取得した時間情報（第 1 速度であると判定してから経過した時間）が、予め設定されている第 1 時間を経過したか否かを判定する（ステップ S 1 0 8）。

[0202] 制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 7 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過していないと判定した場合には、ステップ S 1 0 7 に戻り、ステップ S 1 0 7 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過するまで、ステップ S 1 0 7 及びステップ S 1 0 8 の処理を繰り返す。

[0203] そして、ステップ S 1 0 8 で、制御器 5 1 は、ステップ S 1 0 7 で取得した時間情報が、第 1 時間を経過したと判定した場合には、図 3 B に示される様に、ステップ S 1 0 9 以降のステップが実行される。

[0204] この摩擦攪拌点接合装置 5 0 では、制御器 5 1 は、設定された検知範囲 R で、ショルダ部材 1 2 の先端が第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a に到達したか否かを判定する。この検知範囲 R は、第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a を含む範囲として設定される。

[0205] この検知範囲 R を外れる領域で、第 1 速度となった場合に、制御器 5 1 の誤判定が防止される。この摩擦攪拌点接合装置 5 0 は、ショルダ部材 1 2 の

先端が第2部材62の当接面62aに到達したか否かを高精度に判定できる。

[0206] 検知範囲Rを小さく設定することで、制御器51の誤判定が更に抑制される。この観点から、この検知範囲Rは、好ましくは、第1部材61の厚みより小さい。また、この検知範囲Rは、好ましくは、0.6mm以下であり、更に好ましくは0.4mm以下であり、特に好ましくは0.2mm以下である。また、検知範囲Rに占める第1部材61の厚みの割合を小さくすることで、制御器51の誤判定が更に抑制される。この観点から、検知範囲Rに占める第1部材61の厚みの割合は、好ましくは60%以下であり、更に好ましくは40%以下であり、特に好ましくは20%以下であり、最も好ましくは10%以下である。

[0207] この動作では、検知範囲Rを外れる領域で、第1速度となって第1時間が経過した場合に、制御器51の誤判定が防止される。この検知範囲Rを設定することで、第1時間を短く設定しても、誤判定が抑制される。従って、この摩擦攪拌点接合装置50は、第1時間が短く設定されうる。この検知範囲Rを設定することで、第1時間が、例えば0.01秒以上であれば、この制御器51は、誤判定を抑制できる。制御器51の誤判定を抑制する観点から、第1時間は、好ましくは0.05秒以上である。

[0208] この摩擦攪拌点接合装置50では、例えば、記憶器31は、被接合物60に対応する検知範囲Rと距離Dを記憶している。これにより、制御器51は、記憶器31の記憶した検知範囲Rに基づき、ショルダ部材12の先端が第2部材62の当接面62aに到達したか否かを判定する。

[0209] 更に、当接面62aを含む検知範囲Rを小さく設定する観点から、制御器51は、検知範囲Rを補正してもよい。例えば、位置検出器34が被接合物60の表面60cに当接したショルダ部材12の先端の位置を検出する。制御器51は、ショルダ部材12の先端が表面60c（図11参照）に当接した位置情報と第2部材62の当接面62a（図12C参照）に到達したと判定した位置情報とを取得する。制御器51は、これらの位置情報に基づき、

図 1 1 に示された距離 D と検知範囲 R とを補正してもよい。

- [0210] この様な補正をすることで、第 1 部材 6 1 の厚みや第 2 部材 6 2 の厚みのバラツキによる影響が抑制される。この補正によって、当接面 6 2 a を外すことなく、検知範囲 R は更に小さく設定されうる。
- [0211] なお、ここでは、被接合物 6 0 の表面 6 0 c と第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a とに基づいて補正がされたが、これに限られない。例えば、第 1 部材 6 1 の厚みが測定され、この厚みに基づいて距離 D と検知範囲 R とが補正されてもよい。また、被接合物 6 0 の厚みが測定され、この厚みに基づいて距離 D と検知範囲 R とが補正されてもよい。また、検知範囲 R は、第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a を含む範囲に設定されればよい。例えば、検知範囲 R は、距離 D を用いずに、第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a を特定し、当接面 6 2 a を中央値として定められてもよい。
- [0212] また、ステップ S 1 0 9 及びステップ S 1 1 0 で、ショルダ部材 1 2 が第 1 位置に到達したか否かの判定に代えて、所定の保持時間が経過したか否かが判定されてもよい。即ち、ショルダ部材 1 2 の先端が第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a に到達した後に、ショルダ部材 1 2 の回転と押圧力とが保持される。この状態で、制御器 5 1 が、所定の保持時間が経過したか否かを判定してもよい。所定の保持時間が経過したと判定された後に、ステップ S 1 1 1 以降のステップが実行されてもよい。
- [0213] ここでは、実施の形態 1 に係る摩擦攪拌点接合装置 5 0 を用いたが、この検知範囲 R の設定は、実施の形態 2 に係る摩擦攪拌点接合装置 5 0 にも、同様に適用できる。
- [0214] 即ち、実施の形態 2 に係る摩擦攪拌点接合装置 5 0 において、制御器 5 1 は、当接面 6 2 a を含む検知範囲 R が設定されてもよい。この検知範囲 R で、回転した状態のピン部材 1 1 の軸線方向の速度が第 1 速度となった状態で第 1 時間を経過した場合には、ピン部材 1 1 の先端が、第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a に到達したと判定してもよい。
- [0215] [本実施の形態 3 に係る試験例]

次に、本実施の形態3に係る摩擦攪拌点接合装置50による、被接合物60の接合試験について説明がされる。

[0216] (試験例2)

本実施の形態3に係る摩擦攪拌点接合装置50を用いて、被接合物60の接合試験が実行された。この試験例2では、ステップS108の後に、ショルダ部材12の先端が第2部材62の当接面62aに到達した後に、ショルダ部材12の回転と押圧力とが保持された。この状態が、所定の保持時間で保持された。その後に、ステップS111が実行された。なお、この保持時間は、0.2秒であった。その他の接合条件は、試験例1の接合条件1と同様である。即ち、第1部材61と、第2部材62と、ピン部材11及びショルダ部材12の回転数と、ピン部材11、ショルダ部材12、及びクランプ部材13の押圧力とは、接合条件1と同様にした。検知範囲Rは0.6mmとした。具体的には、検知範囲Rは、当接面62aを中央値にして+-（プラスマイナス）0.3mmとした。第1時間は、0.10秒とした。

[0217] (試験例3-4)

試験例3では第1時間は、0.05秒とし、試験例4では第1時間は、0.01秒とした。その他の接合条件は、試験例2と同じにした。

[0218] 図13のグラフ2は、試験例2の接合時間に対するショルダ部材の先端の位置（押し込み量）をプロットしたグラフである。グラフ3は、試験例3の接合時間に対するショルダ部材の先端の位置（押し込み量）をプロットしたグラフである。

[0219] 図14のグラフ2は、試験例2の接合時間に対するショルダ部材の軸線方向の速度をプロットしたグラフである。グラフ3は、試験例3の接合時間に対するショルダ部材の軸線方向の速度をプロットしたグラフである。グラフ4は、試験例4の接合時間に対するショルダ部材の軸線方向の速度をプロットしたグラフである。

[0220] (試験例5-7)

この試験例5では、ステップS109及びステップS110で、ショルダ

部材 1 2 が第 1 位置に到達したか否かが、判定された。検知範囲 R は、第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a を基準に +- (プラスマイナス) 0. 3 mm とされた。更に、第 1 時間は、0. 0 5 秒とされ、第 1 位置までの押し込み量が 0. 1 0 mm とされた。試験例 6 では、第 1 位置までの押し込み量が 0. 0 8 mm とされた。その他の接合条件は、試験例 5 と同じにされた。試験例 7 では、第 1 位置までの押し込み量が 0. 0 5 mm とされた。その他の接合条件は、試験例 5 と同じにされた。

[0221] 図 1 5 のグラフ 5 は、試験例 5 の接合時間に対するショルダ部材の先端の位置 (押し込み量) をプロットしたグラフである。グラフ 6 は、試験例 6 の接合時間に対するショルダ部材の先端の位置 (押し込み量) をプロットしたグラフである。グラフ 7 は、試験例 7 の接合時間に対するショルダ部材の先端の位置 (押し込み量) をプロットしたグラフである。

[0222] なお、図 1 3、1 4 及び 1 5 において、接合時間とは、制御器 5 1 が、図 3 A 及び図 3 B に示す接合プログラムを開始してからの経過時間をいう。図 1 3 及び 1 5 は、被接合物 6 0 の表面 6 0 c を 0 と規定し、被接合物 6 0 内に圧入される向きをプラス、被接合物 6 0 から離れる向きをマイナスとして、表している。また、図 1 4 においては、第 1 部材 6 1 の上面 (被接合物 6 0 の表面 6 0 c) から圧入される向きがマイナスとされ、離れる向きがプラスとされた。

[0223] 図 1 4 に示すように、試験例 2 及び試験例 3 では、ショルダ部材 1 2 の先端部が、回転した状態で被接合物 6 0 の被接合部内に圧入され、1. 3 秒から 1. 6 秒の間で、ショルダ部材 1 2 の軸線方向の速度が、0 mm/秒となった。

[0224] 図 1 3 に示すように、試験例 2 及び試験例 3 では、接合時間が 1. 3 から 1. 6 秒の間では、ショルダ部材 1 2 の先端位置は、0. 9 9 mm 前後に位置している。なお、ショルダ部材 1 2 の先端位置が、0. 9 9 mm 前後に位置しているのは、図 7 と同様の理由によると考えられる。

[0225] このため、試験例 2 及び試験例 3 では、1. 3 から 1. 6 秒の間では、シ

ョルダ部材 1 2 の先端は、第 2 部材 6 2 における第 1 部材 6 1 との当接面 6 2 a に位置していると推察される。この試験例 2 及び 3 では、所定の保持時間を判定することで、第 1 部材 6 1 と第 2 部材 6 2 とが接合された。この試験例 2 及び 3 では、第 1 位置による押し込み量を設定せずに、第 1 部材 6 1 と第 2 部材 6 2 とが接合された。

[0226] 一方で、図 1 4 に示すように、試験例 4 では、ショルダ部材 1 2 の先端部が、回転した状態で被接合物 6 0 の被接合部内に圧入され、1. 3 秒から 1. 4 秒の間で、ショルダ部材 1 2 の軸線方向の速度が、0 mm/秒となった。これは、第 1 時間が 0. 0 1 秒であったため、矢印 P の位置での速度によって、ショルダ部材 1 2 の先端が第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a に到達した誤判定したものと考えられる。しかし、第 1 時間が 0. 0 1 秒である場合にも、距離 D と検知範囲 R とを見直すことで、誤判定しないことが確認されている。

[0227] 図 1 5 に示すように、ショルダ部材 1 2 の先端位置が 1 mm 前後に位置している時間が、第 1 位置までの押し込み量大きいほど長い。図 1 5 では、押し込み量大きいほど時間が長くなっている。この試験例 5、6 及び 7 では、設定した押し込み量が得られることが確認された。

[0228] この試験例 2 - 7 では、制御器 5 1 が、ショルダ部材 1 2 の速度が、検知範囲 R で、第 1 速度となった状態で、第 1 時間経過したか否かを判定した。この試験例 2 - 7 によって、ショルダ部材 1 2 の先端が、第 2 部材 6 2 の当接面 6 2 a に到達したか否かを、短い第 1 時間で正確に判定できることが確認された。

[0229] 上記説明から、当業者にとっては、本実施形態の多くの改良又は他の実施形態が明らかである。従って、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、最良の形態を当業者に教示する目的で提供されたものである。本明細書で開示された範囲を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細は実質的に変更できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組合せにより種々の実施形態が形成できる。

産業上の利用可能性

[0230] これらの摩擦攪拌点接合装置及びその運転方法は、ショルダ部材の先端又はピン部材の先端が、第2部材における第1部材との当接面に到達したことをより明確に判定することができるため、有用である。

符号の説明

- [0231] 1 1 ピン部材
1 1 a 先端面
1 2 ショルダ部材
1 2 a 先端面
1 3 クランプ部材
1 3 a 先端面
3 1 記憶器
3 2 入力器
3 3 加圧力検出器
3 4 位置検出器
3 5 速度検出器
3 6 計時器
4 1 クランプ駆動器
5 0 摩擦攪拌点接合装置
5 1 制御器
5 2 工具固定器
5 3 進退駆動器
5 5 裏当て支持部
5 6 裏当て部材
5 6 a 支持面
5 7 回転駆動器
6 0 a 塑性流動部
6 0 被接合物

6 0 c 表面
6 1 第 1 部材
6 2 第 2 部材
6 2 a 当接面
5 2 1 回転工具固定器
5 2 2 クランプ固定器
5 3 1 ピン駆動器
5 3 2 ショルダ駆動器
X r 軸線

請求の範囲

- [請求項1] 第1部材と第2部材を有する、被接合物を摩擦熱で軟化させることにより接合する摩擦攪拌点接合装置であって、
- 前記摩擦攪拌点接合装置は、
- 円柱状に形成されているピン部材と、
- 円筒状に形成され、前記ピン部材が内部に挿通されているシヨルダ部材と、
- 前記ピン部材及び前記シヨルダ部材を、前記ピン部材の軸心に一致する軸線周りに回転させる回転駆動器と、
- 前記ピン部材及び前記シヨルダ部材を、それぞれ、前記軸線に沿って進退移動させる進退駆動器と、
- 制御器と、を備え、
- 前記第1部材は、前記ピン部材及び前記シヨルダ部材と対向するように配置され、かつ、前記第2部材よりも融点の低い材料で構成されていて、
- 前記制御器は、
- 前記ピン部材及び前記シヨルダ部材が、回転した状態で、前記被接合物の被接合部を押圧するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、
- 前記ピン部材及び前記シヨルダ部材が前記被接合物を攪拌するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、
- 回転した状態の前記シヨルダ部材又は回転した状態の前記ピン部材が、前記軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、前記シヨルダ部材の先端又は前記ピン部材の先端が、前記第2部材における前記第1部材との当接面に到達したと判定する、摩擦攪拌点接合装置。
- [請求項2] 前記第1速度は、 -0.5 mm/秒 以上 $+0.5\text{ mm/秒}$ 以下であ

る、請求項 1 に記載の摩擦攪拌点接合装置。

[請求項3] 前記第 1 時間は、0.01 秒以上 0.5 秒以下である、請求項 1 又は 2 に記載の摩擦攪拌点接合装置。

[請求項4] 前記制御器は、前記ショルダ部材の先端又は前記ピン部材の先端が、前記第 2 部材における前記第 1 部材との当接面に到達したと判定した後に、前記ショルダ部材の先端又は前記ピン部材の先端が、前記第 2 部材内における予め設定されている所定の第 1 位置まで到達させるように、前記進退駆動器及び前記回転駆動器を動作させる、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の摩擦攪拌点接合装置。

[請求項5] 前記第 1 位置は、前記第 2 部材の前記第 1 部材との当接面から 0.3 mm 以下の位置である、請求項 4 に記載の摩擦攪拌点接合装置。

[請求項6] 前記制御器は、前記当接面を含み前記第 1 部材の厚みより小さい検知範囲が設定され、前記検知範囲で、回転した状態の前記ショルダ部材又は回転した状態の前記ピン部材が、前記軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第 1 速度となった状態で予め設定されている所定の第 1 時間経過した場合には、前記ショルダ部材の先端又は前記ピン部材の先端が、前記第 2 部材における前記第 1 部材との当接面に到達したと判定する、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の摩擦攪拌点接合装置。

[請求項7] 前記検知範囲が、0.6 mm 以下である、請求項 6 に記載の摩擦攪拌点接合装置。

[請求項8] 前記検知範囲に占める前記第 1 部材の厚みの割合が、60% 以下である、請求項 6 又は 7 に記載の摩擦攪拌点接合装置。

[請求項9] 第 1 部材と第 2 部材を有する、被接合物を摩擦熱で軟化させることにより接合する摩擦攪拌点接合装置の運転方法であって、
前記摩擦攪拌点接合装置は、
円柱状に形成されているピン部材と、
円筒状に形成され、前記ピン部材が内部に挿通されているショルダ

部材と、

前記ピン部材及び前記ショルダ部材を、前記ピン部材の軸心に一致する軸線周りに回転させる回転駆動器と、

前記ピン部材及び前記ショルダ部材を、それぞれ、前記軸線に沿って進退移動させる進退駆動器と、

制御器と、を備え、

前記第1部材は、前記ピン部材及び前記ショルダ部材と対向するように配置され、かつ、前記第2部材よりも融点の低い材料で構成されていて、

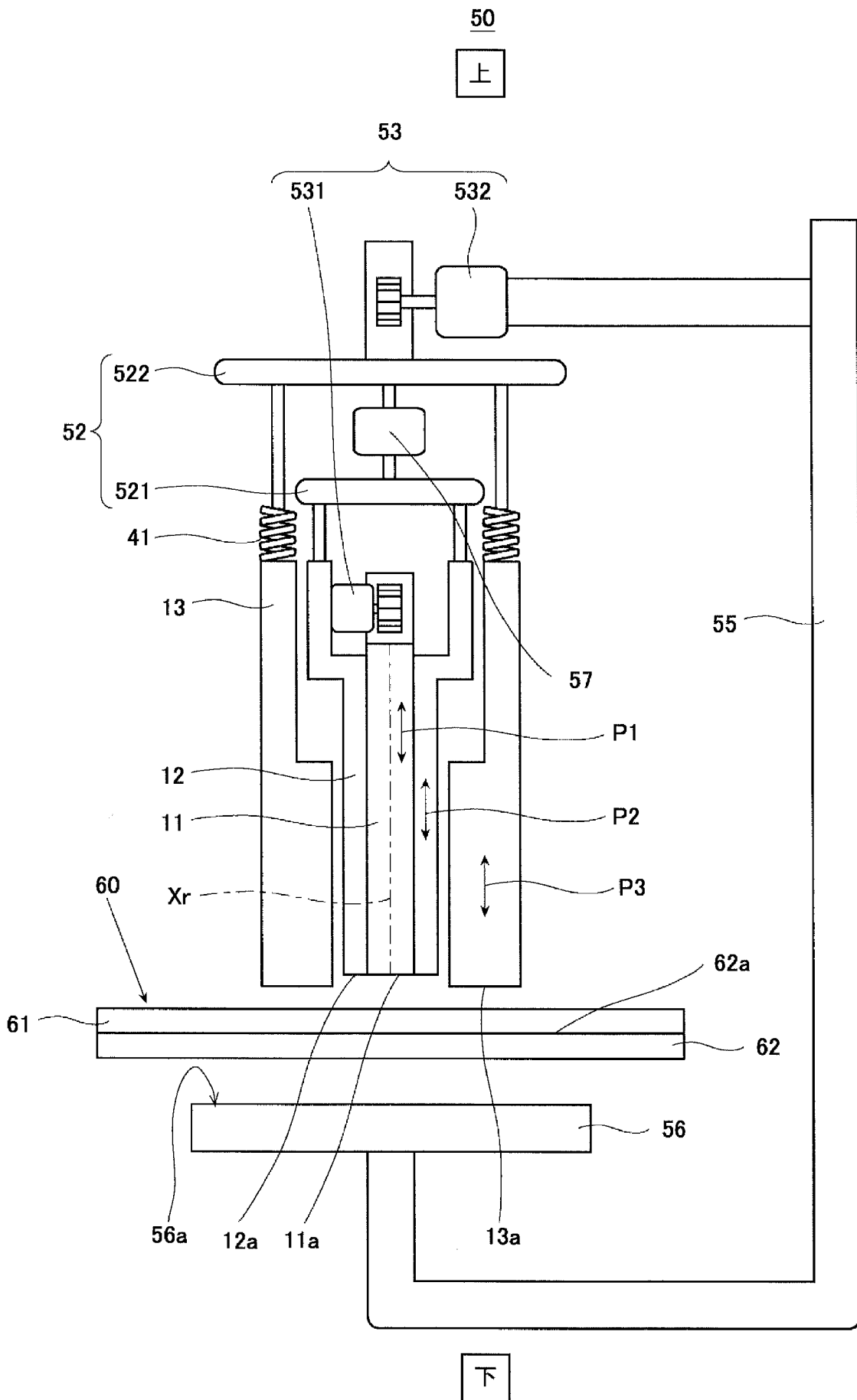
前記制御器は、

前記ピン部材及び前記ショルダ部材が、回転した状態で、前記被接合物の被接合部を押圧するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、

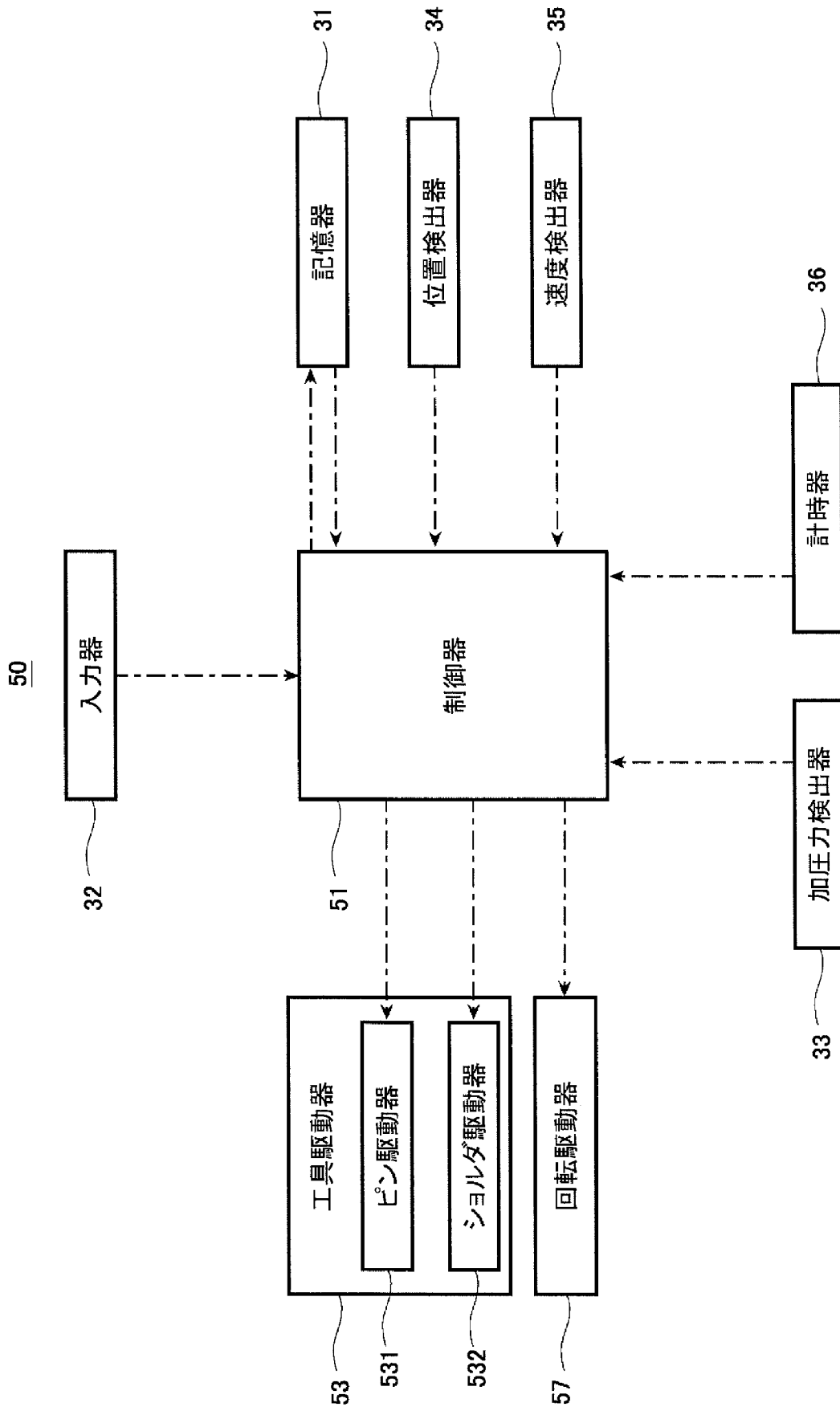
前記ピン部材及び前記ショルダ部材が前記被接合物を攪拌するように、前記回転駆動器及び前記進退駆動器を動作させ、

回転した状態の前記ショルダ部材又は回転した状態の前記ピン部材が、前記軸線方向の速度が、予め設定されている所定の第1速度となった状態で予め設定されている所定の第1時間経過した場合には、前記ショルダ部材の先端又は前記ピン部材の先端が、前記第2部材における前記第1部材との当接面に到達したと判定する、摩擦攪拌点接合装置の運転方法。

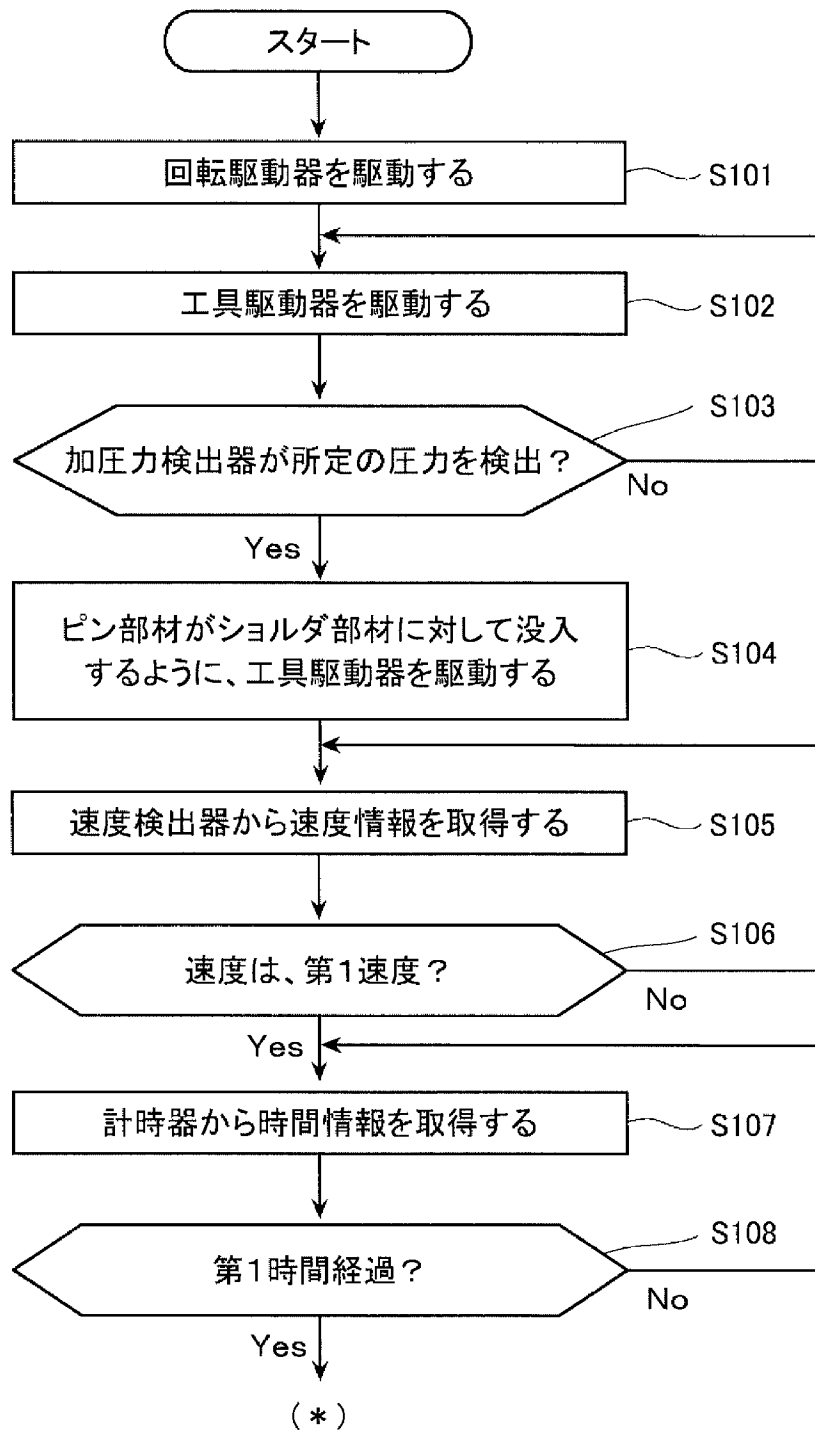
[図1]



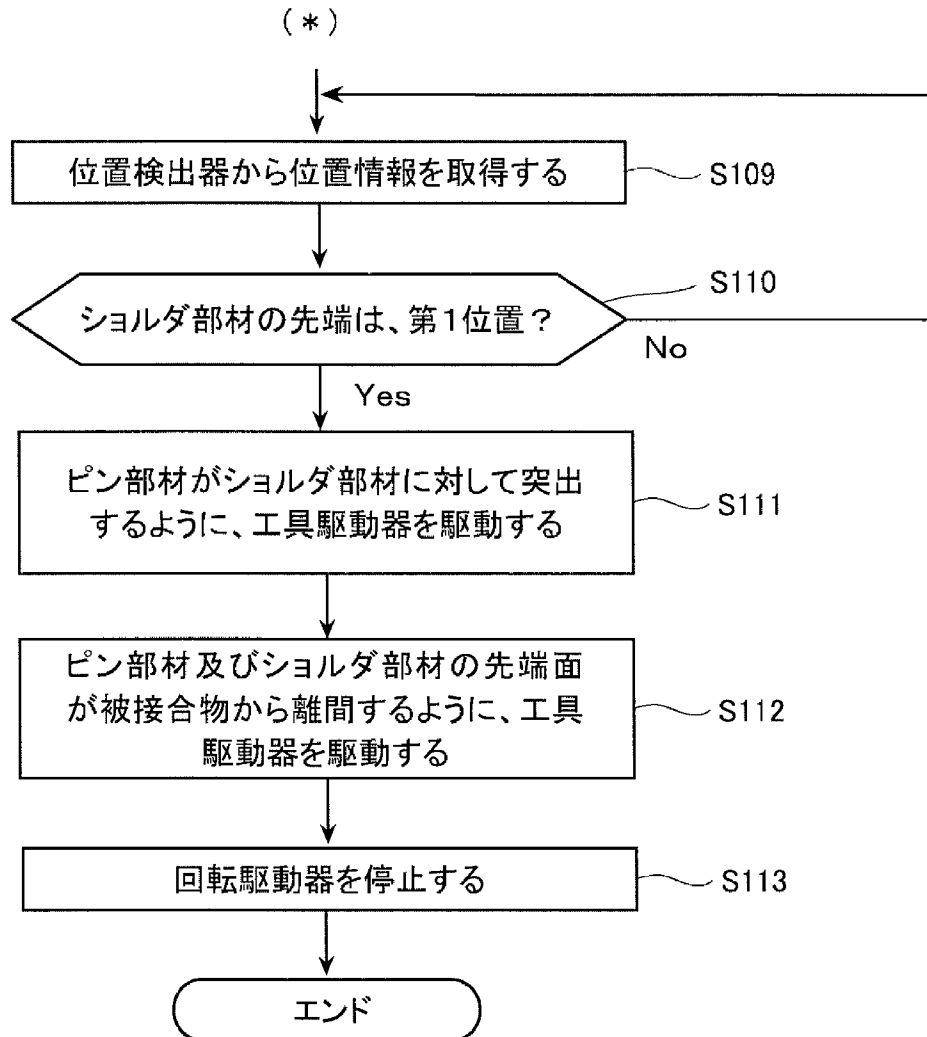
[図2]



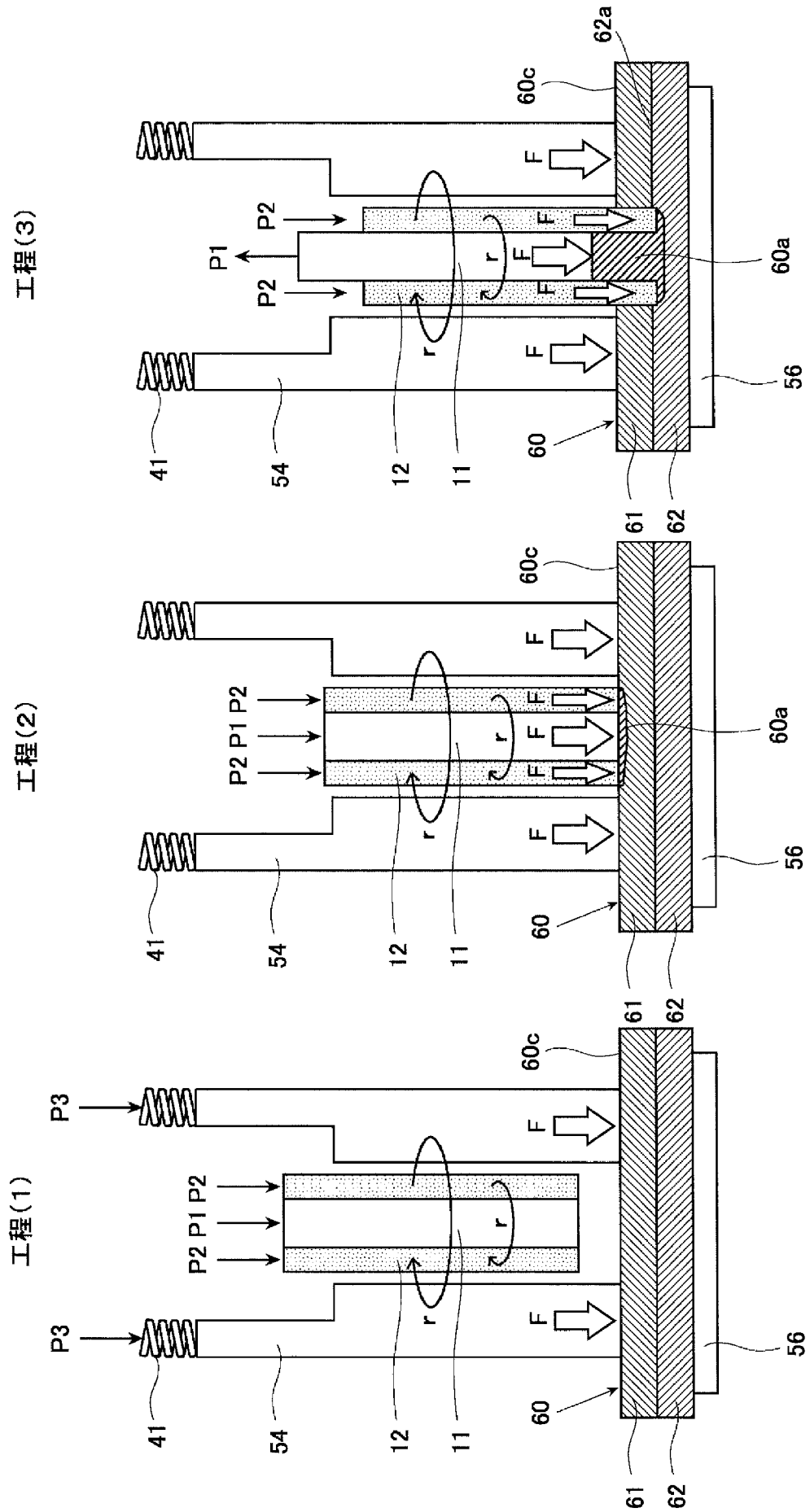
[図3A]



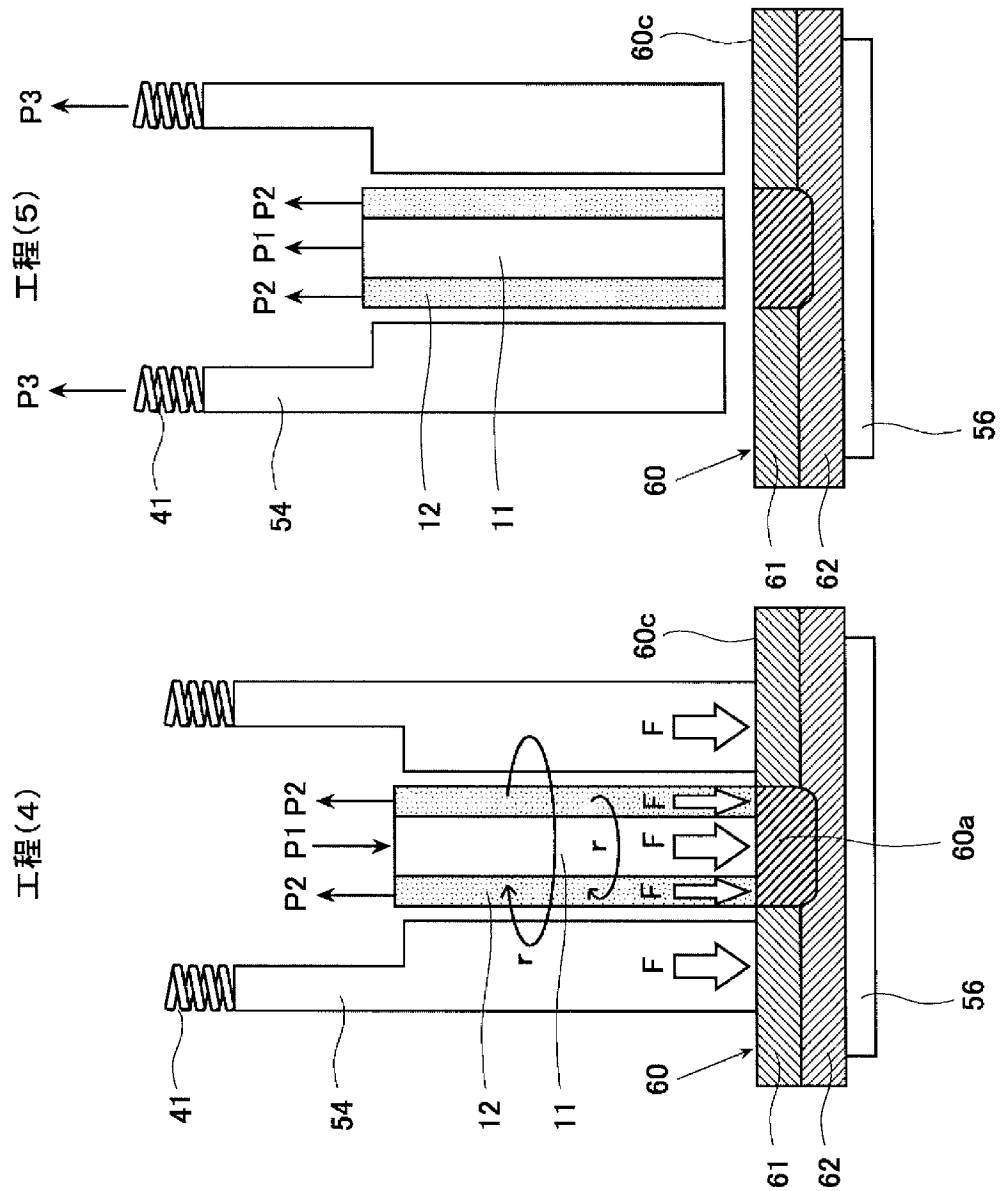
[図3B]



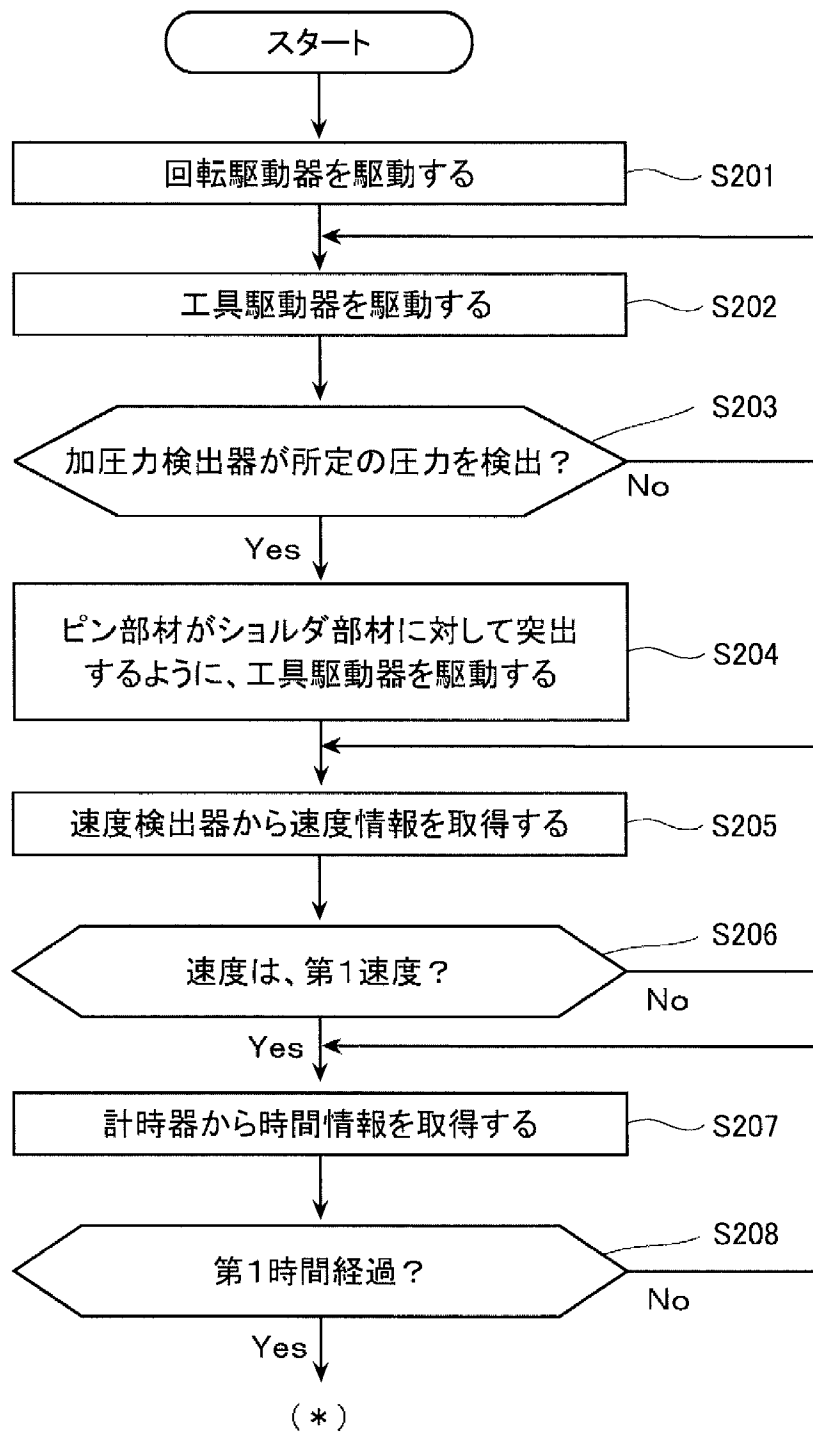
[図4A]



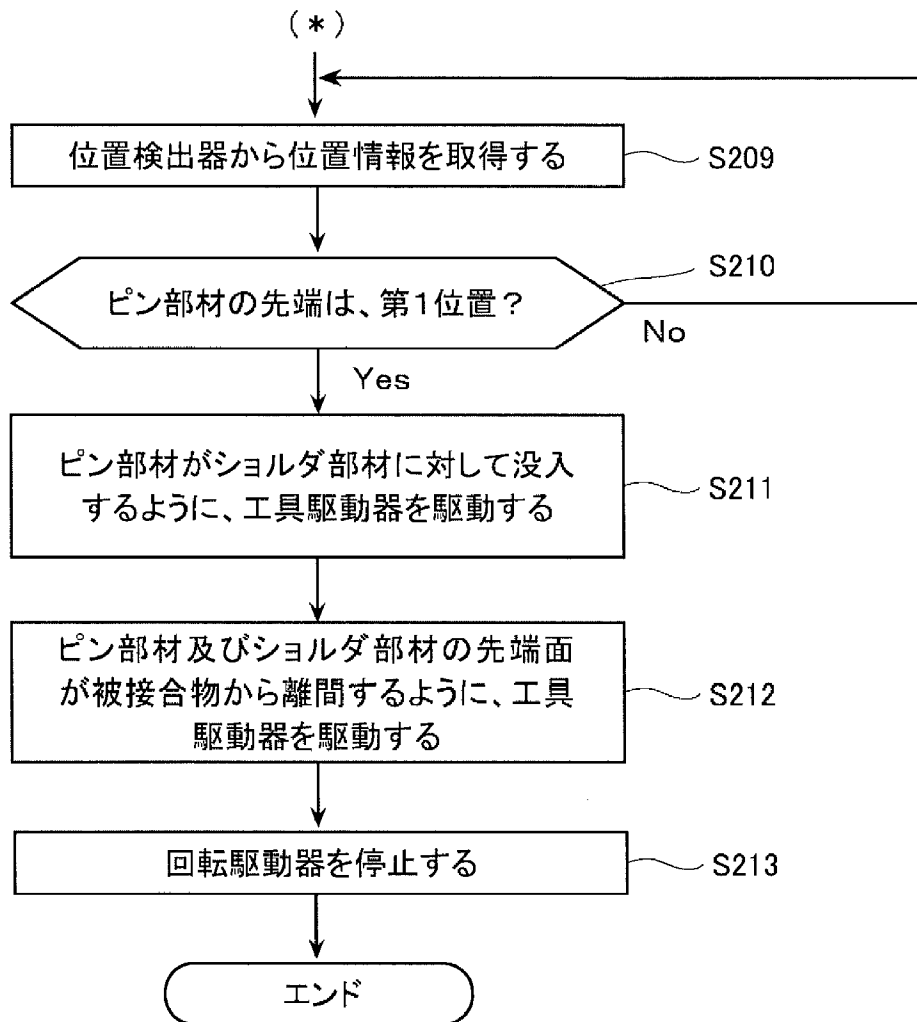
[図4B]



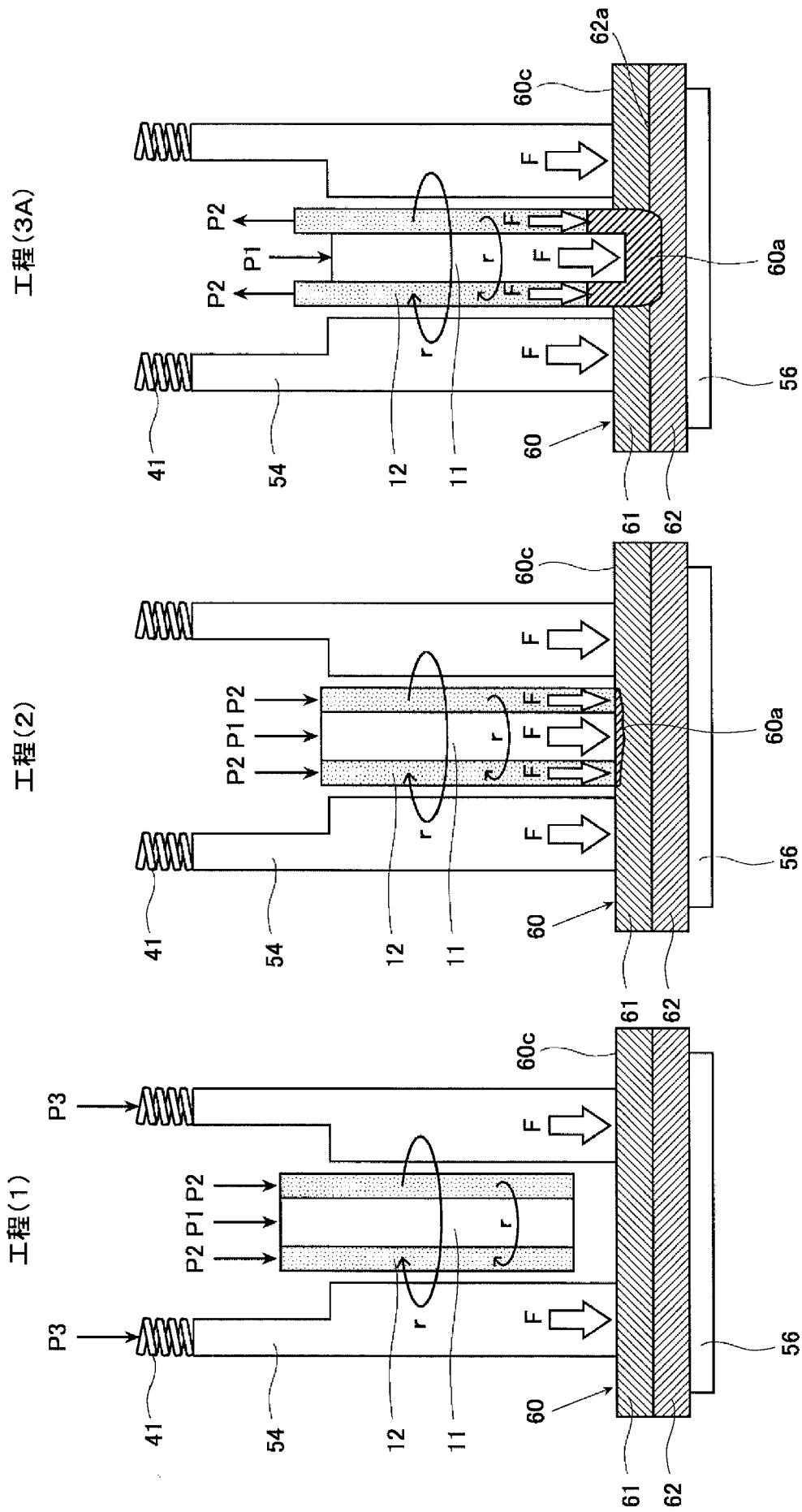
[図5A]



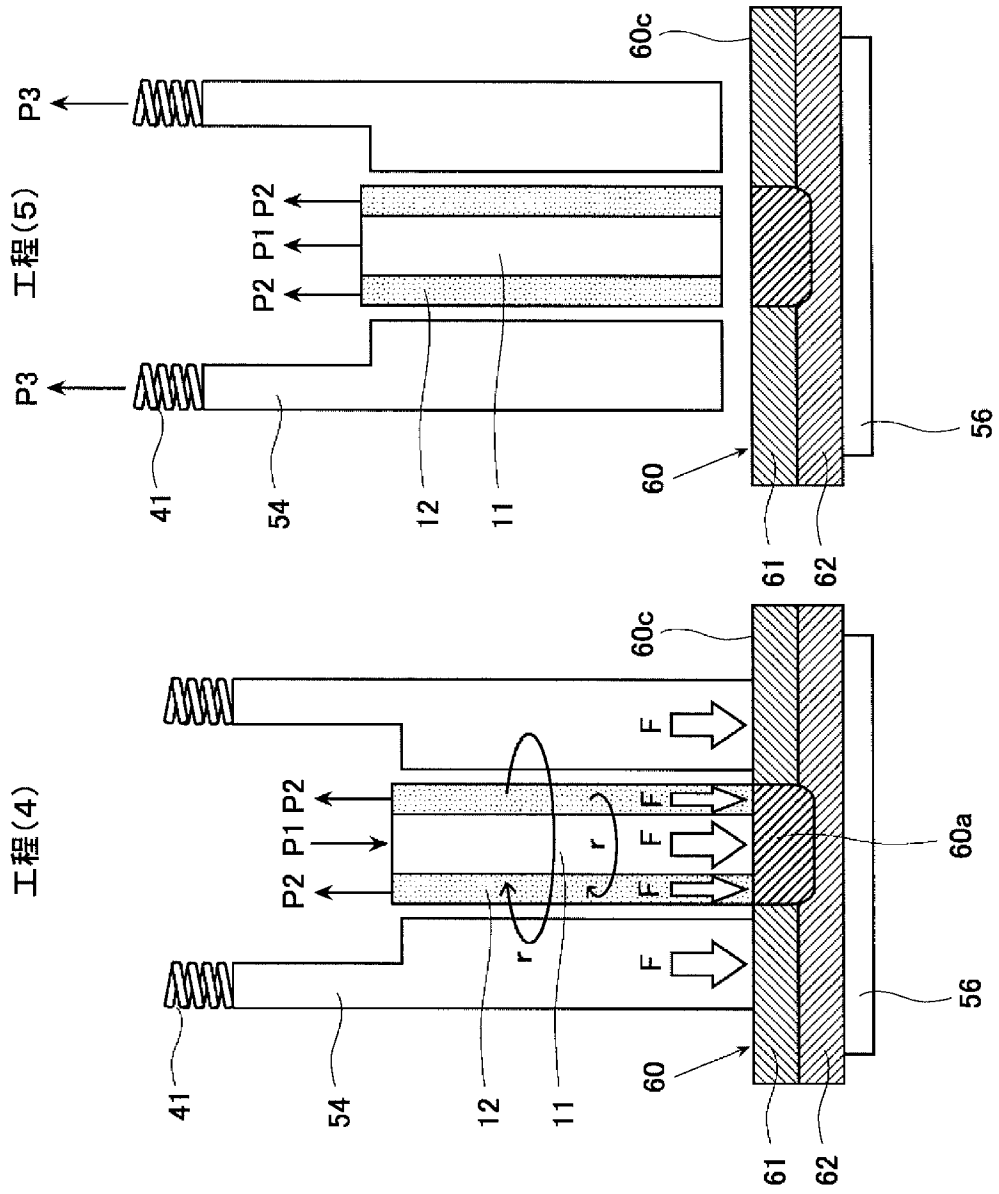
[図5B]



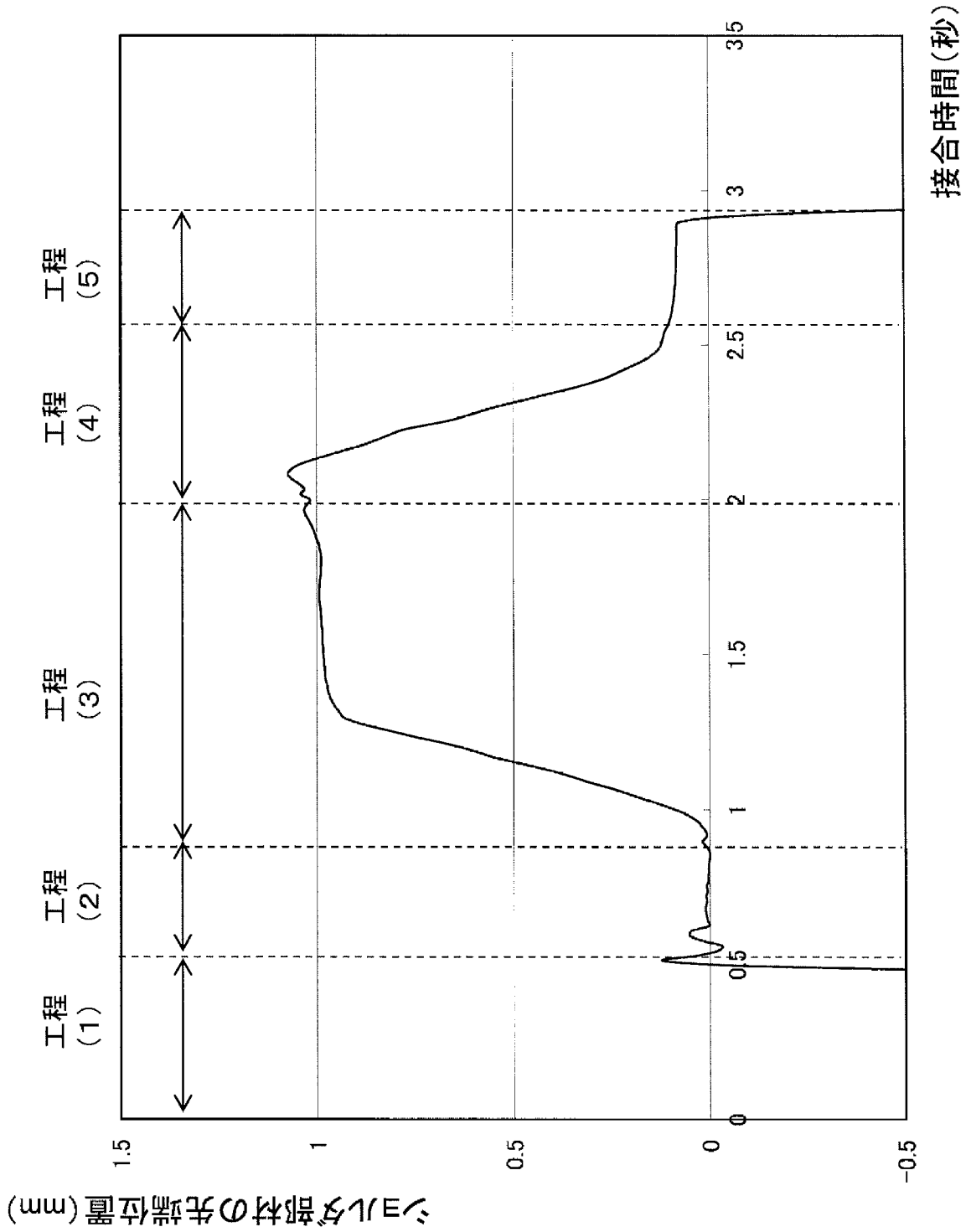
[図6A]



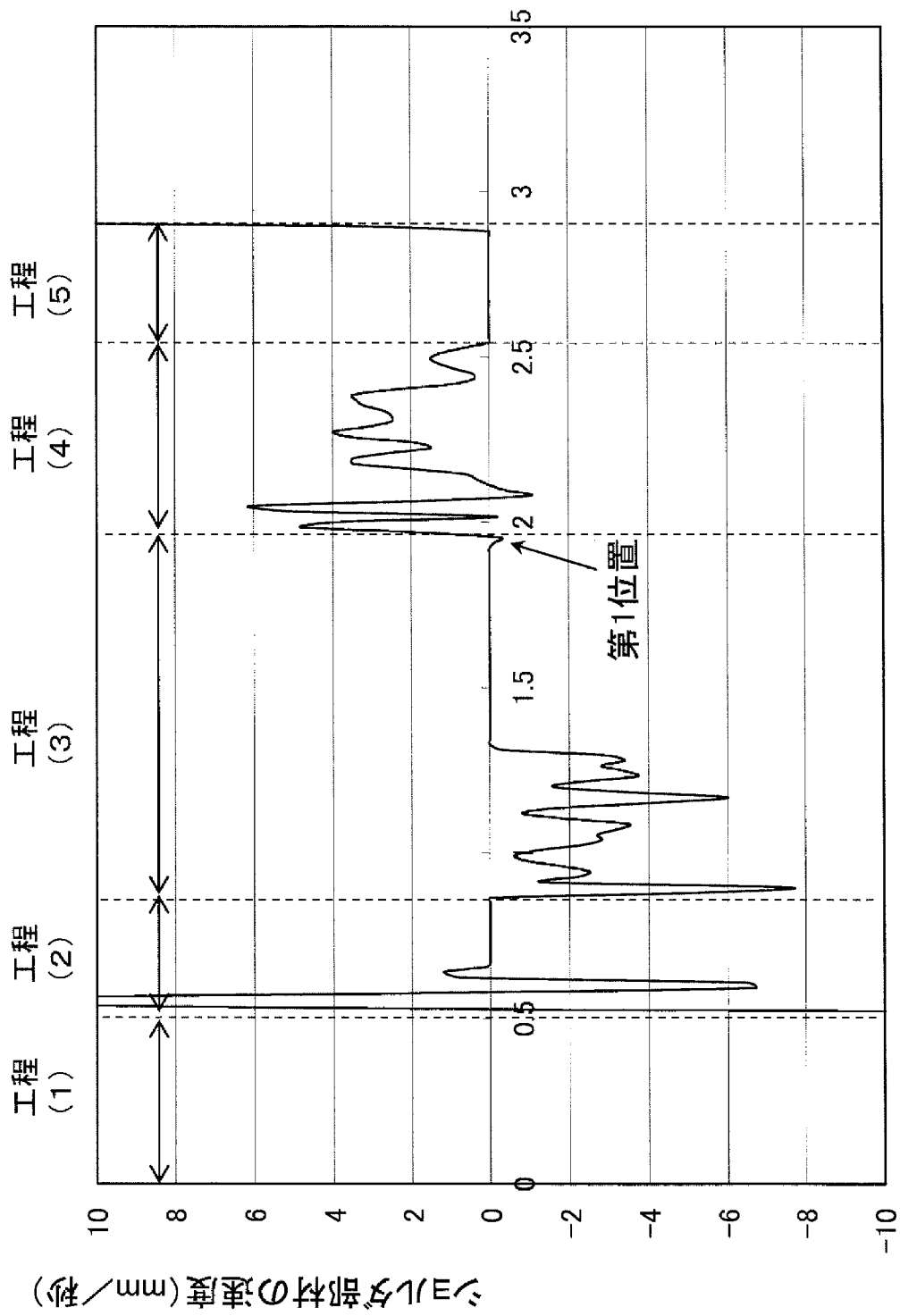
[図6B]



[図7]

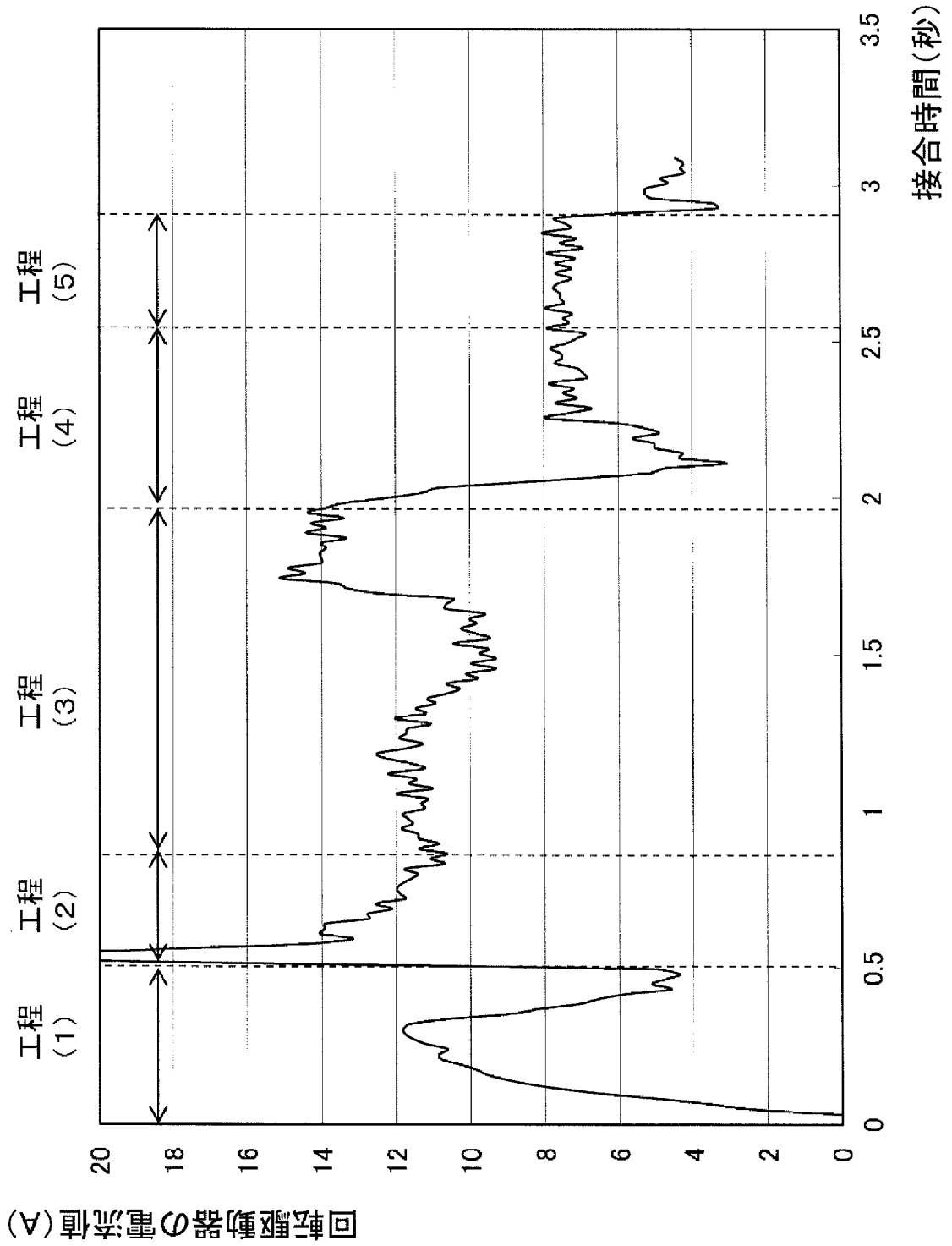


[図8]

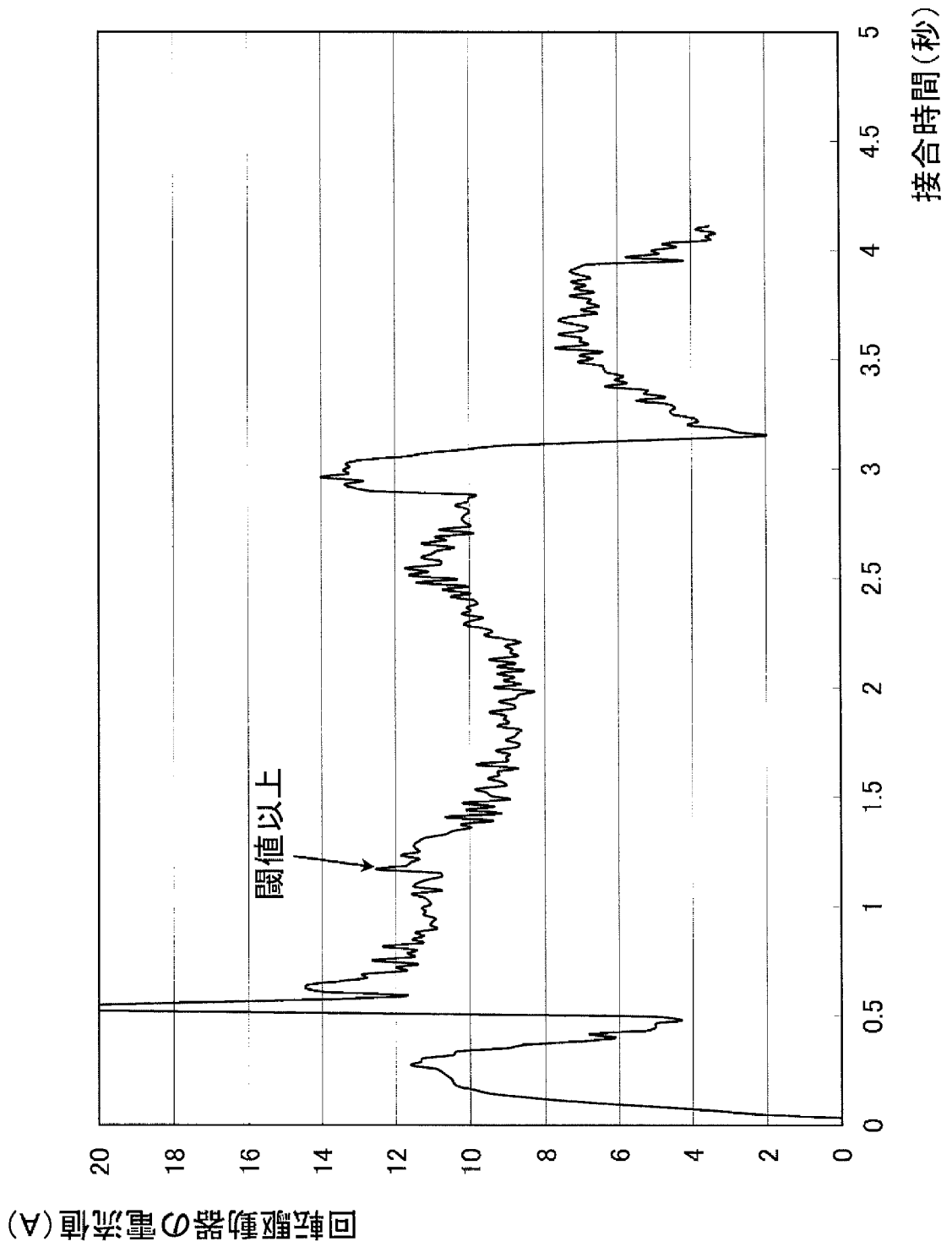


接合時間(秒)

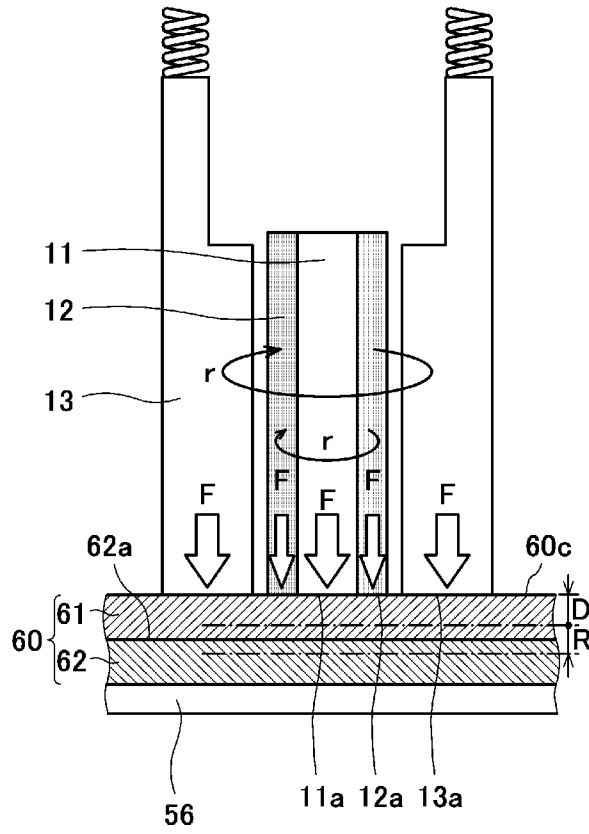
[図9]



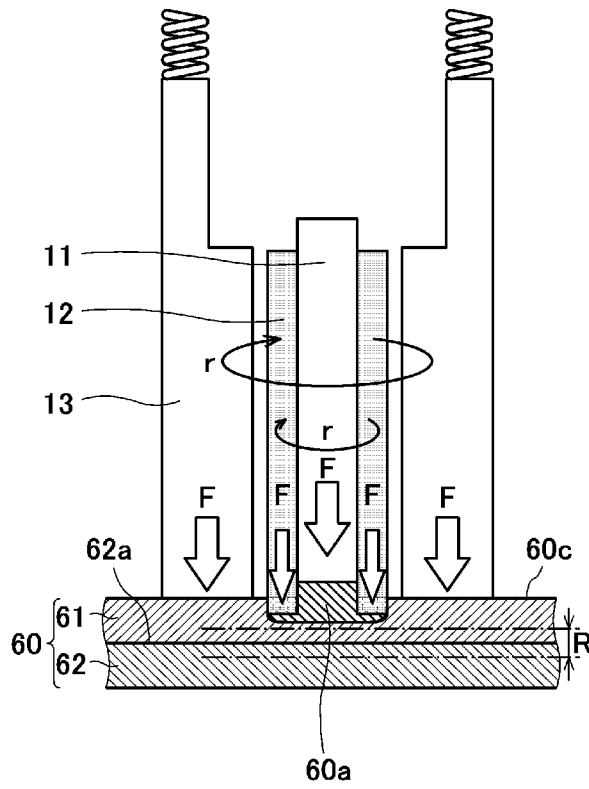
[図10]



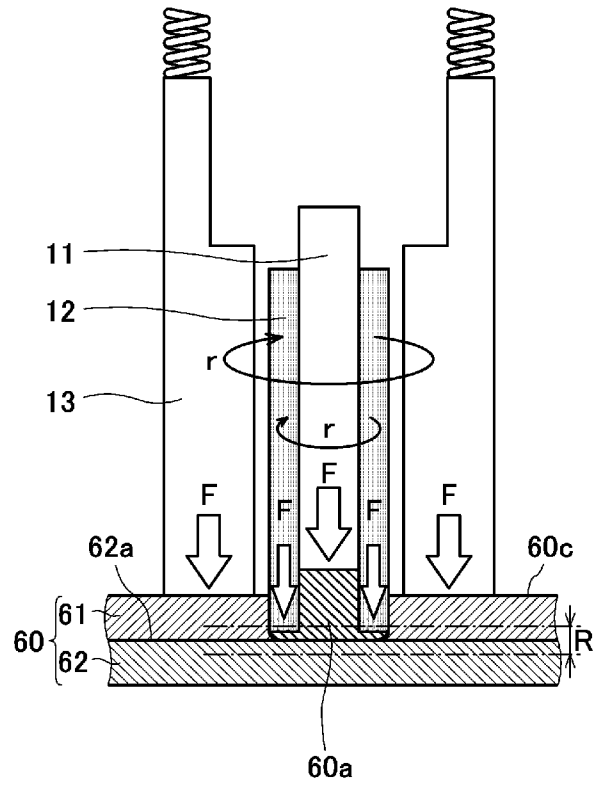
[図11]



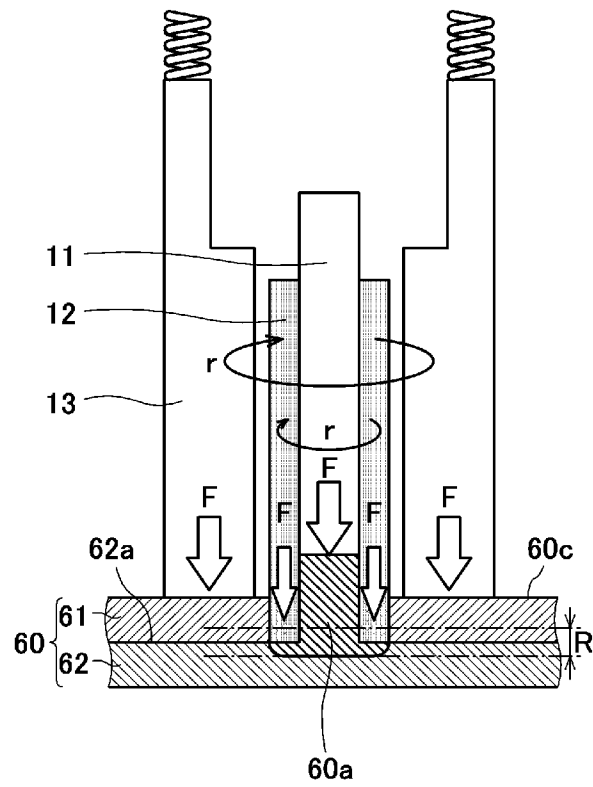
[図12A]



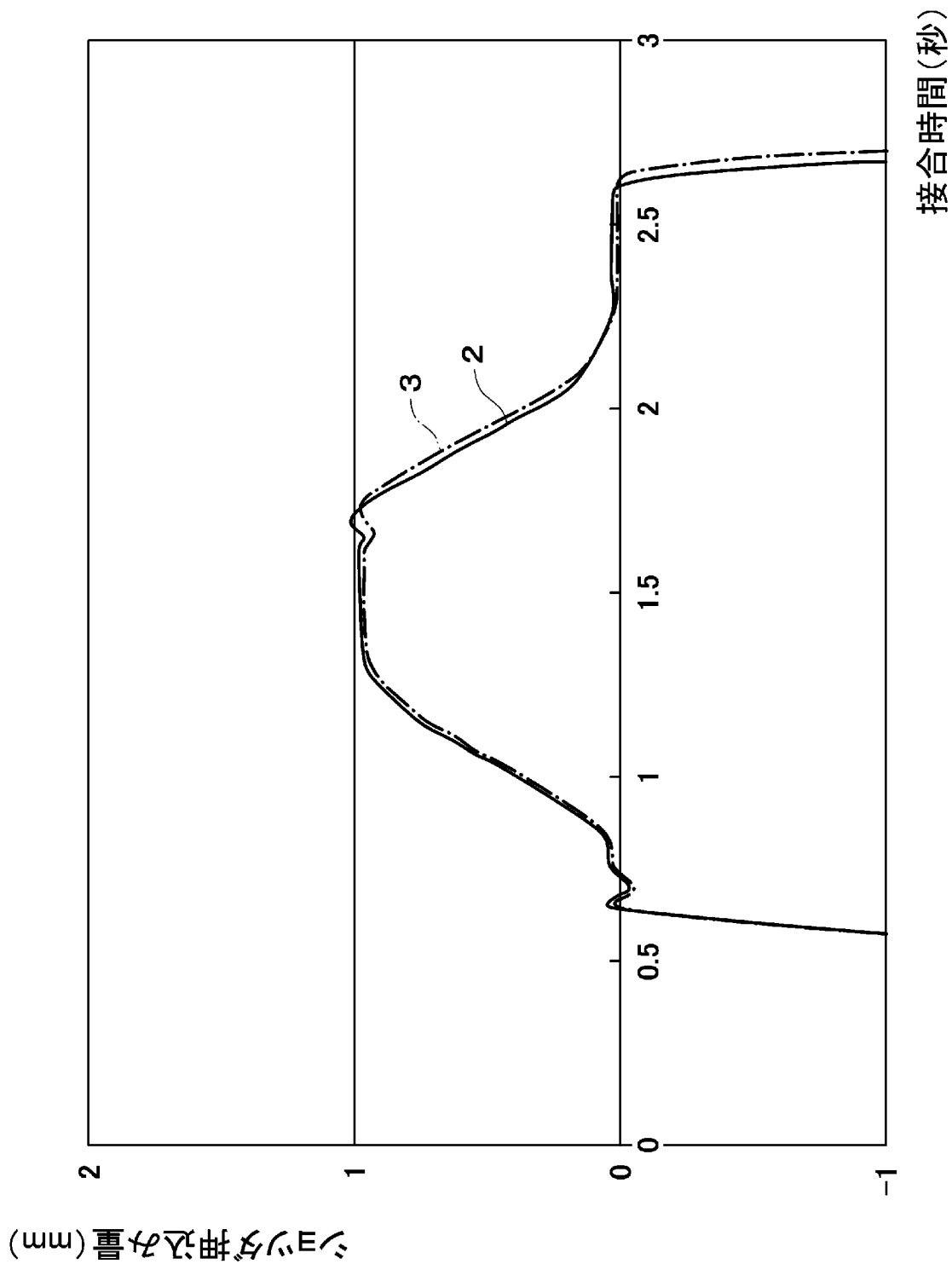
[図12B]



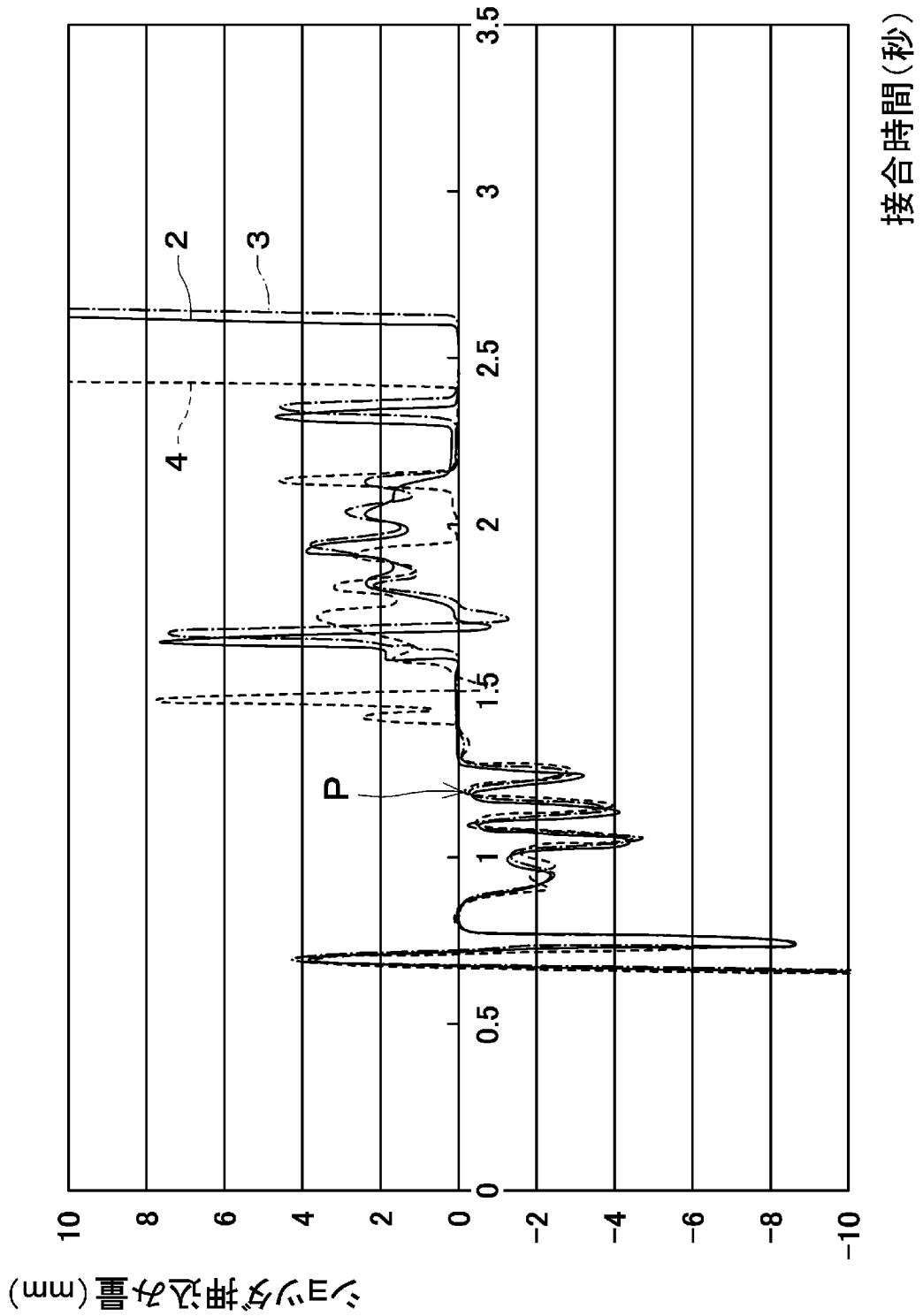
[図12C]



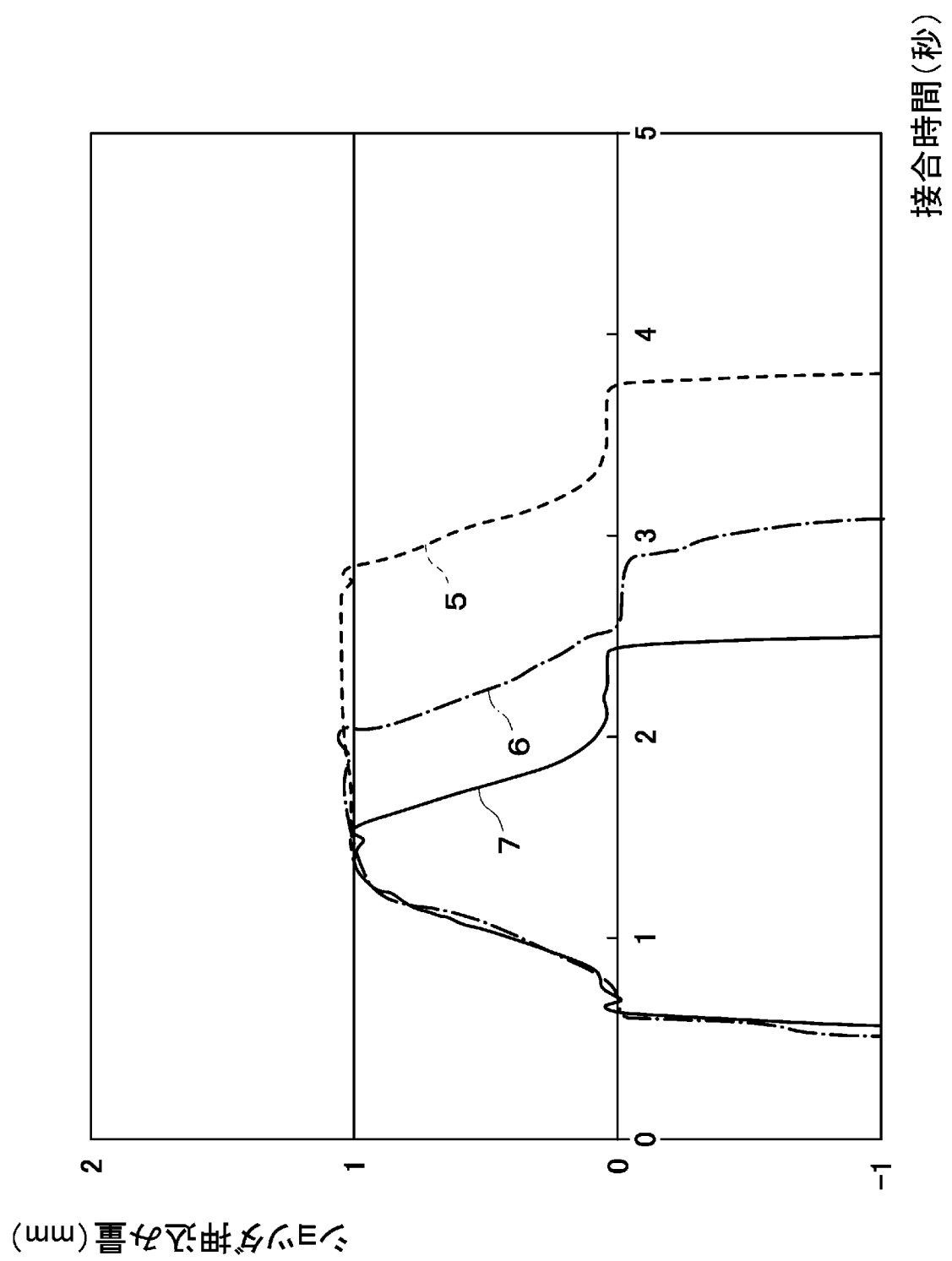
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/038225

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B23K 20/12</i> (2006.01) FI: B23K20/12 340		
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 Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
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.
A	JP 2015-180513 A (KAWASAKI HEAVY IND., LTD.) 15 October 2015 (2015-10-15) paragraph [0059]	1-9
A	JP 2007-118061 A (OSAKA INDUSTRIAL PROMOTION ORG.) 17 May 2007 (2007-05-17) paragraphs [0053], [0054]	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 25 November 2021		Date of mailing of the international search report 07 December 2021
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/038225

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015-180513 A	15 October 2015	(Family: none)	
JP 2007-118061 A	17 May 2007	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 20/12(2006.01)i FI: B23K20/12 340		
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）） 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 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021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
A	JP 2015-180513 A（川崎重工業株式会社）15.10.2015（2015 - 10 - 15） 段落0059	1-9
A	JP 2007-118061 A（財団法人大阪産業振興機構）17.05.2007（2007 - 05 - 17） 段落0053-0054	1-9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 25.11.2021	国際調査報告の発送日 07.12.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 正木 裕也 3P 4859 電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/038225

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-180513 A	15.10.2015	(ファミリーなし)	
JP 2007-118061 A	17.05.2007	(ファミリーなし)	