

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年10月3日(03.10.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/189470 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)

[JP/JP]; 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 Hiroshima (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/013371

(22) 国際出願日: 2019年3月27日(27.03.2019)

(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 2018-063417 2018年3月29日(29.03.2018) JP

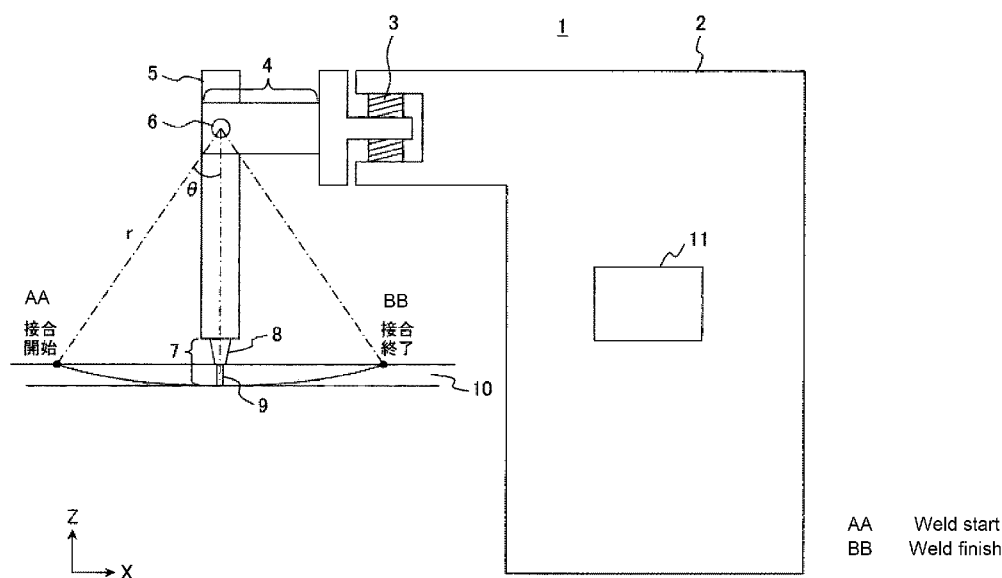
(71) 出願人: 株式会社日立パワーソリューションズ (HITACHI POWER SOLUTIONS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目2番2号 Ibaraki (JP). マツダ株式会社 (MAZDA MOTOR CORPORATION)

(72) 発明者: 小田 倉 富夫 (ODAKURA Tomio); 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立パワーソリューションズ内 Ibaraki (JP). 阿部 裕喜 (ABE Hiroki); 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立パワーソリューションズ内 Ibaraki (JP). 佐藤 章弘 (SATOU Akihiro); 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立パワーソリューションズ内 Ibaraki (JP). 船原 恒平 (FUNAHARA Kohei); 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立パワーソリューションズ内 Ibaraki (JP). 石黒 幸一 (ISHIGURO Koichi); 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株

(54) Title: FRICTION STIR WELDING DEVICE, AND FRICTION STIR WELDING METHOD

(54) 発明の名称: 摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合方法

[図1]



(57) Abstract: A friction stir welding device (1) characterized by: including a device main body (2), a control device (11), a swing mechanism part (4), a holder part (5) and a welding tool (7); the control device (11) having a first welding mode for performing friction stir welding on the basis of a welding conditions signal that determines the welding conditions of the welding tool (7), a swing control signal that controls the swing mechanism part (4), and a first holding position determination signal that determines the position at which the welding tool (7) is held by a vertical drive mechanism part

式会社日立パワーソリューションズ内 Ibaraki (JP). 篠原 俊(**SHINOHARA Shun**); 〒3170073 茨城県日立市幸町三丁目2番2号 株式会社日立パワーソリューションズ内 Ibaraki (JP). 杉本 幸弘(**SUGIMOTO Yukihiro**); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 西口 勝也(**NISHIGUCHI Katsuya**); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 田中 耕二郎(**TANAKA Koujiro**); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP). 森田 泰博(**MORITA Yasuhiro**); 〒7308670 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内 Hiroshima (JP).

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))

(74) 代理人: ポレール特許業務法人 (**POLAIRE I.P.C.**); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

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

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

(3), and a second welding mode for performing friction stir welding on the basis of the welding conditions signal, the swing control signal, and a second holding position determination signal that corrects the first holding position determination signal such that the depth of the weld part is controlled so as to be constant in accordance with the state of members (10) to be welded; and the first welding mode and the second welding mode being included in a single weld pass from the insertion of the welding tool (7) into the members (10) to be welded until the withdrawal of the welding tool (7).

(57) 要約: 摩擦攪拌接合装置 (1) であって、装置本体 (2)、制御装置 (11)、スイング機構部 (4)、ホルダ部 (5)、及び、接合ツール (7) を備え、前記制御装置 (11) は、前記接合ツール (7) の接合条件を決定する接合条件信号と、前記スイング機構部 (4) を制御するスイング制御信号と、上下動駆動機構部 (3) による前記接合ツール (7) の保持位置を決定する第1の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦攪拌接合する第1の接合モードと、前記接合条件信号と、前記スイング制御信号と、被接合部材 (10) の状態に応じて接合部の深さを一定に制御するように前記第1の保持位置決定信号を補正した第2の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦攪拌接合する第2の接合モードと、を有し、前記接合ツール (7) の前記被接合部材 (10) への挿入から引き抜きまでの一接合パスに、前記第1の接合モードと前記第2の接合モードを含むことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称： 摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合方法

技術分野

[0001] 本発明は、被接合部材同士を摩擦攪拌接合により接合する摩擦攪拌接合装置と摩擦攪拌接合方法に係り、特に、薄板の被接合部材の接合に適用して有効な技術に関する。

背景技術

[0002] 円柱状の接合ツールを回転させて発生する摩擦熱で被接合材料を軟化させ、その部分を攪拌することで被接合材料同士を接合する摩擦攪拌接合（F S W : Friction Stir Welding）は、材料以外の素材を用いないため、疲労強度が高く、材料も溶融しないことから溶接変形（ひずみ）の少ない接合が可能であり、航空機や自動車のボディなど、幅広い分野での応用が期待されている。

[0003] とりわけ、燃費を向上して二酸化炭素の排出量を低減するため車体重量の低減を目指している自動車産業にとっては、例えばフレーム材である鉄鋼とアルミニウム（A L）などの異材からなる複合材の摩擦攪拌接合は重要な課題となっている。

[0004] 本技術分野の背景技術として、例えば、特許文献1のような技術がある。特許文献1には「接合ヘッドに保持された接合ツールをスイングしてスポット的に摩擦攪拌接合する技術」が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第4 5 1 1 5 2 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、高接合品質を保持して、F S W装置により被接合部材を接合するには、接合ヘッド（接合ツールホルダ部）に保持された接合ツールの先端

部を所望の位置に精度良く配置して撹拌接合することが必要である。つまり、接合ツールの先端部（接合ピン）の位置が変動しては高接合品質を保持できない。

[0007] しかしながら、例えば、上記特許文献1のような従来の摩擦撹拌接合では、接合ヘッド（接合ツールホルダ部）の保持位置を固定しながらスイング軸を支点としてスイングさせるため、接合ツールの先端部（接合ピン）が円弧を描くこととなり、接合ツールの先端部（接合ピン）の位置が変動してしまい、高接合品質を保持することができない。

[0008] そこで、本発明の目的は、被接合部材に対する接合ツール先端部の深さ方向（Z方向）の位置を摩擦撹拌接合開始から摩擦撹拌接合終了まで変動させず、接合部の深さを一定に保持可能な摩擦撹拌接合装置及び摩擦撹拌接合方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために、本発明は、被接合部材同士を摩擦撹拌接合により接合する摩擦撹拌接合装置であって、装置本体と、前記摩擦撹拌接合装置の動作を制御する制御装置と、上下動駆動機構部を介して前記装置本体に接続されるスイング機構部と、回動機構部を介して前記スイング機構部に接続されるホルダ部と、前記ホルダ部に保持される接合ツールと、を備え、前記制御装置は、前記接合ツールの接合条件を決定する接合条件信号と、前記スイング機構部を制御するスイング制御信号と、前記上下動駆動機構部による前記接合ツールの保持位置を決定する第1の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦撹拌接合する第1の接合モードと、前記接合条件信号と、前記スイング制御信号と、被接合部材の状態に応じて接合部の深さを一定に制御するように前記第1の保持位置決定信号を補正した第2の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦撹拌接合する第2の接合モードと、を有し、前記接合ツールの前記被接合部材への挿入から引き抜きまでの一接合パスに、前記第1の接合モードと前記第2の接合モードを含むことを特徴とする。

[0010] また、本発明は、被接合部材同士を摩擦撹拌接合により接合する摩擦撹拌

接合装置であって、前記摩擦攪拌接合装置の動作を制御する制御装置と、複数の関節を有し、三次元空間を自在に移動可能な多軸ロボットアームと、前記多軸ロボットアームの先端に接続されるC型フレームと、上下動駆動機構部を介して前記C型フレームの一端に接続されるスイング機構部と、回動機構部を介して前記スイング機構部に接続されるホルダ部と、前記ホルダ部に保持される接合ツールと、前記C型フレームの他端に接続され、前記接合ツールからの押圧力を受け止める押圧力受け部と、を備え、前記制御装置は、前記接合ツールの接合条件を決定する接合条件信号と、前記スイング機構部を制御するスイング制御信号と、前記上下動駆動機構部による前記接合ツールの保持位置を決定する第1の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦攪拌接合する第1の接合モードと、前記接合条件信号と、前記スイング制御信号と、被接合部材の状態に応じて接合部の深さを一定に制御するように前記第1の保持位置決定信号を補正した第2の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦攪拌接合する第2の接合モードと、を有し、前記接合ツールの前記被接合部材への挿入から引き抜きまでの一接合パスに、前記第1の接合モードと前記第2の接合モードを含むことを特徴とする。

[0011] また、本発明は、被接合部材同士を摩擦攪拌接合により接合する摩擦攪拌接合方法であって、（a）制御部の指令により接合ツールを被接合部材の接合部の所定の位置へ挿入するステップと、（b）前記制御部の指令により接合部の深さを一定に制御するように前記被接合部材に対する前記接合ツールの高さを制御しながら前記接合部に沿って前記接合ツールをスイングさせ前記接合部を摩擦攪拌接合するステップと、（c）前記制御部の指令により前記接合ツールのスイング量が所定の位置に達した時点で前記接合ツールを前記接合部から引き抜くステップと、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、被接合部材に対する接合ツール先端部の深さ方向（Z方向）の位置を摩擦攪拌接合開始から摩擦攪拌接合終了まで変動させず、接合部の深さを一定に保持可能な摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合方法を実現

することができる。

[0013] これにより、例えば、鉄鋼製のフレーム材と薄板のアルミニウム材からなる複合材を摩擦撹拌接合する際の接合部の接合信頼性が向上する。

[0014] 上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明によって明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の全体概要を示す図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の動作（作用）を示す図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の接合パラメータを示す図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る摩擦撹拌接合方法を示すフローチャートである。

[図5A]本発明による摩擦撹拌接合の様子を模式的に示す図である。

[図5B]従来の摩擦撹拌接合の様子を模式的に示す図である。

[図6]本発明の一実施形態に係る摩擦撹拌接合装置の全体概要を示す図である。

[図7A]本発明による摩擦撹拌接合の様子を模式的に示す図である。

[図7B]従来の摩擦撹拌接合の課題を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。なお、各図面において、同一の構成については同一の符号を付し、重複する部分についてはその詳細な説明は省略する。

実施例 1

[0017] 先ず、図5Bを参照して、上述した従来の摩擦撹拌接合の問題点について詳しく説明する。図5Bは従来の摩擦撹拌接合装置による摩擦撹拌接合の様子を模式的に示す図である。

[0018] 従来の摩擦攪拌接合装置では、図5Bに示すように、

(1) 装置本体2に固定されたスイング機構部4の回動機構部6を中心点として、当該中心点（回動機構部6）から接合ツール部7の先端部までの長さを r として、

(2) 接合ツール部7の先端部が鉛直下方の状態（下死点）にある時の中心線と接合ツール部7の先端部とを結ぶ直線との交点に生じる角度を θ とすると、

(3) 摩擦攪拌接合する時には、接合ツール部7の先端部は、摩擦攪拌接合開始から摩擦攪拌接合終了まで r を半径として 2θ 分の円弧を描くこととなる。

[0019] 当該円弧の中で、接合ツール部7の先端部が下死点にあるとき、摩擦攪拌接合開始点と摩擦攪拌接合終了点とを結ぶ直線と接合ツール部7の先端部との間には、 $r(1 - \cos \theta)$ 分の偏差が生じる。その結果、接合点（接合面）が曲線（曲面）となり、接合品質に影響する。特に、被接合部材が薄板（薄肉）である場合、被接合部材の板厚が偏差 $r(1 - \cos \theta)$ よりも薄くなると接合部が被接合部材を突き抜けて、下地へ影響が出る恐れがある。

[0020] 次に、図1から図5Aを参照して、実施例1の摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合方法について説明する。図1は本実施例の摩擦攪拌接合装置1の全体概要を示し、図2はその動作（作用）を概念的に示している。図3は摩擦攪拌接合装置1の制御に必要な接合条件（接合パラメータ）を示している。図4は本実施例の摩擦攪拌接合方法を示すフローチャートである。また、図5Aは本実施例の摩擦攪拌接合装置1による摩擦攪拌接合の様子を模式的に示しており、従来の摩擦攪拌接合装置による摩擦攪拌接合の様子を示す図5Bに対応する図である。

[0021] 図1に示すように、摩擦攪拌接合装置1は主要な構成として、装置本体2、上下動駆動機構部3を介して装置本体2に接続されるスイング機構部4、回動機構部6を介してスイング機構部4に接続されるホルダ部（接合ヘッド）5、ホルダ部（接合ヘッド）5により保持される接合ツール部7を備えて

いる。上下動駆動機構部 3 には、図 1 に例示するように、例えばボールスクリュウなどが用いられる。接合ツール部 7 はショルダ 8 及び接合ピン 9 で構成され、ショルダ 8 を介して接合ピン 9 がホルダ部（接合ヘッド）5 に保持される。

[0022] この接合ピン 9 が被接合部材 10 の突き合せ部に挿入され、高速回転することで接合ピン 9 と被接合部材 10 の間に摩擦熱が発生し、摩擦熱により被接合部材 10 内で塑性流動が生じ、接合部が攪拌される。接合ピン 9 が移動すると攪拌部（接合部）が冷却されて、被接合部材同士が接合される。

[0023] 装置本体 2 には、摩擦攪拌接合装置 1 の動作を制御する制御部（制御装置）11 が設置されている。制御部（制御装置）11 は、接合ツール部 7 による接合条件を決定する接合条件信号やスイング機構部 4 を制御するスイング制御信号、上下動駆動機構部 3 による接合ツール部 7 の高さ方向（Z 方向）の保持位置（接合ピン 9 の挿入量）を決定する保持位置決定信号などの接合パラメータ（FSW 接合条件）を記憶する記憶部（図示せず）を備えている。

[0024] 次に、図 2 及び図 3 を用いて、摩擦攪拌接合装置 1 の動作（作用）を説明する。図 2 は図 1 におけるホルダ部（接合ヘッド）5 の動きを概念的に示しており、横軸は図 1 の X 方向を示し、縦軸は Z 方向（高さ方向）を示している。従来の摩擦攪拌接合装置では、上記特許文献 1 のように、摩擦攪拌接合開始点（ t_s ）から摩擦攪拌接合終了点（ t_e ）までホルダ部（接合ヘッド）5 の Z 方向（高さ方向）の位置は一定に保持される。（図 2 の上から 2 番目の線）この時、接合ツール部 7 の先端部（接合ピン 9）は図 2 の最も下の線に示すような軌跡を描いてスイング動作する。その結果、被接合部材の接合点（接合面）は曲線（曲面）となる。

[0025] 一方、本実施例の摩擦攪拌接合装置 1 では、摩擦攪拌接合開始点（ t_s ）から所定の間隔毎にホルダ部（接合ヘッド）5 の Z 方向（高さ方向）の位置を補正しながらホルダ部（接合ヘッド）5 を X 方向へスイング（移動）させる。（図 2 の最も上の線）ここでは、摩擦攪拌接合開始点（ t_s ）から t_1 、 t_2

、 t_3 と、一定の経過時間毎に補正する例を示す。（ここで、例えば、開始点 t_s における接合モードは第1の接合モード、 t_1 における接合モードは第2の接合モード、 t_2 における接合モードは第3の接合モード、 t_3 における接合モードは第4の接合モードとなる。）これにより、接合ツール部7の先端部（接合ピン9）は図2の下から2番目の線に示すような軌跡を描いてスイング動作する。その結果、被接合部材の接合点（接合面）は水平となる。

[0026] なお、図2に示す摩擦攪拌接合装置1の動作では、被接合部材の接合点（接合面）が水平になるように制御する例を示しているが、摩擦攪拌接合開始点（ t_s ）から摩擦攪拌接合終了点（ t_e ）の間の一度の接合動作（一接合パス：pass）において、複数の接合モードを含むように接合ツール部7の動作を制御することで、接合開始から接合終了までの間の被接合部材の接合点（接合面）の位置を任意に制御することができる。

[0027] 従って、所望の接合界面が上下に変化する曲線（曲面）のような場合でも、接合界面の上下位置の変化に合わせて接合ツール部7のZ方向（高さ方向）の位置を制御することができ、高精度で信頼性の高い接合界面を得ることができる。

[0028] つまり、接合界面の高さ（深さ）が一定でなく変化する場合などには、図5Bに示すような従来の接合開始時の接合ツール部の位置と接合終了時の接合ツール部の位置だけで接合界面の位置を決定するのではなく、接合界面の上下位置の変化を捉えて（変化に合わせて）接合ツール部7を制御する。

[0029] 上記で説明した図2に示す動作（作用）は、材質や形状（大きさ、長さ）、板厚などの被接合部材10の状態に応じて制御部（制御装置）11の記憶部に予め記憶（登録）した図3に示す接合パラメータに基づいて制御部（制御装置）11により摩擦攪拌接合装置1の動作を制御することで行う。

[0030] FSW接合条件（接合パラメータ）としては、図3に示すように、接合ツールの回転数（N）、接合ツールの挿入量（ Z_1 ）、すなわちホルダ部（接合ヘッド）5のZ方向（高さ方向）の位置、接合ツールのスイング量（L、T、 θ ）、接合ツールのスイング速度（V）、接合ツールの挿入速度（ V_p ）

、接合部への接合ツール挿入後の保持時間 (T_h) などが挙げられる。

[0031] なお、摩擦攪拌接合装置 1 の制御は、図 3 に示す FSW 接合条件（接合パラメータ）に限定されるものではなく、これら以外の接合パラメータを含んでいてもよい。また、図 2 では摩擦攪拌接合開始点 (t_s) からの経過時間 (T) に応じてホルダ部（接合ヘッド）5 の Z 方向（高さ方向）の位置を補正する例を示したが、例えば、図 3 に示す接合パラメータのうち、接合ツール部（スイング機構部 4）のスイング距離 (L) やスイング角度 (θ)、スイング角速度に応じてホルダ部（接合ヘッド）5 の Z 方向（高さ方向）の位置を補正してもよい。

[0032] また、ホルダ部（接合ヘッド）5 の Z 方向（高さ方向）の位置補正は、制御部（制御装置）11 の記憶部に予め記憶（登録）した複数の保持位置決定信号から被接合部材の状態や摩擦攪拌接合開始点 (t_s) からの経過時間 (T)、接合ツール部（スイング機構部 4）のスイング距離 (L)、スイング角度 (θ)、スイング角速度に応じて選択することで行ってもよい。

[0033] 図 4 を用いて、上記で説明した本実施例の摩擦攪拌接合装置による代表的な摩擦攪拌接合方法を説明する。

[0034] 先ず、制御部（制御装置）11 の指令により、接合ツール部 7 を被接合部材 10 の接合部（被接合部材同士の突き合せ部）の所定の位置へ挿入する。
（ステップ S 1）

次に、制御部（制御装置）11 の指令により、接合ツール部 7 の高さ（Z 方向の位置）を制御しながら、被接合部材 10 の接合部に沿って接合ツール部 7 をスイング（移動）させ、接合部を摩擦攪拌接合する。（ステップ S 2）

続いて、制御部（制御装置）11 の指令により、接合ツール部 7 のスイング量（X 方向の移動量）が所定の値（位置）に達した時点で接合ツール部 7 を被接合部材 10 の接合部から引き抜いて、摩擦攪拌接合処理を終了する。
（ステップ S 3）

以上説明したように、本実施例の摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合方法

によれば、被接合部材に対する接合ツール先端部の深さ方向（Z方向）の位置を摩擦攪拌接合開始から摩擦攪拌接合終了まで変動させず、接合部の深さを一定に制御することができる。

[0035] これにより、例えば、鉄鋼製のフレーム材と薄板のアルミニウム材からなる複合材を摩擦攪拌接合する際に、下地である鉄鋼製のフレーム材に影響を及ぼさずに、上層（表層）のアルミニウム材を精度よく摩擦攪拌接合することができ、接合部の接合信頼性が向上する。

[0036] また、例えば、下地（下層）が樹脂製の部材で、上層が鉄鋼材やアルミニウム材などの金属材である異材からなる複合部材を摩擦攪拌接合する場合（加熱溶着による金属－樹脂接合の場合）には、樹脂製部材と金属材との接合界面の温度が一定になるように接合ツール部の挿入深さを制御することもできる。

実施例 2

[0037] 図6から図7Bを参照して、実施例2の摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合方法について説明する。図6は本実施例の摩擦攪拌接合装置21の全体概要を示し、図7Aは摩擦攪拌接合装置21による摩擦攪拌接合の様子を模式的に示している。図7Bは従来の摩擦攪拌接合装置による摩擦攪拌接合の様子を示す図であり、図7Aと対比して説明するために示している。

[0038] 図6に示すように、摩擦攪拌接合装置21は主要な構成として、多軸ロボット22、C型フレーム23、昇降装置である上下動駆動機構部（ボールスクリュウ）24を介してC型フレーム23と接続されるスイング機構部25、回動機構部27を介してスイング機構部25と接続されるホルダ部（接合ヘッド）26、ホルダ部（接合ヘッド）26により保持される接合ツール部28を備えている。接合ツール部28はショルダ29及び接合ピン30で構成され、ショルダ29を介して接合ピン30がホルダ部（接合ヘッド）26に保持される。

[0039] 多軸ロボット22は、一般的にロボットアームと呼ばれる垂直多関節ロボットであり、多関節構造とサーボモーターによって三次元空間を自在に動作

(移動)することができる。関節の数(軸数)によって可動範囲が変化するが、ここでは台座部22a上に下腕部22b、上腕部22c、手首部22dを有する三軸タイプのロボットアームの例を示す。多軸ロボット22の白丸部分が関節である。

[0040] なお、摩擦攪拌接合装置21はサーボアンプや基板などが収納された制御装置(図示せず)を備えており、この制御装置からの指令(プログラム信号)により多軸ロボット22の動きを総合的にコントロールする。

[0041] 多軸ロボット22の手首部22dの先端には、略C型形状(または略コの字形状)のC型フレーム23が関節を介して回動可能に接続されている。C型フレーム23は、手首部22dの先端に接続されてC型フレーム23自体を多軸ロボット22に保持する保持部(立上部)23a、保持部23aの一方の端部に接続されて上下動駆動機構部(ボールスクリュウ)24を介してスイング機構部25を保持するスイング機構保持部23b、保持部(立上部)23aの他方の端部に接続されて接合ツール部28からの押圧力を受け止める押圧力受け部23cから構成されている。

[0042] なお、図6では保持部(立上部)23a、スイング機構保持部23b、押圧力受け部23cが一体物としてC型フレーム23を構成する例を示しているが、各部位がそれぞれ別体として形成され、それらを組み合わせることでC型フレーム23を構成する例も含んでいる。

[0043] スイング機構部25は、上下動駆動機構部(ボールスクリュウ)24を介してスイング機構保持部23bに接続されており、スイング機構保持部23bに対して上下方向(ここでは、図6のZ方向)に動作する。

[0044] ホルダ部(接合ヘッド)26は、回動機構部27を介してスイング機構部25と接続されており、スイング機構部25に対して前後方向(ここでは、図6のX方向)にスイング動作する。

[0045] 接合ツール部28は、ショルダ29、接合ピン30で構成され、接合ピン30を高速回転させながら被接合部材に所定の深さまで挿入し、接合部(接合線)に沿って移動させることで摩擦攪拌接合を行う。

- [0046] 以上のように、本実施例の摩擦攪拌接合装置 21 は、実施例 1 と同様に、上下動駆動機構部 24 及びスイング機構部 25、回動機構部 27 を介してホルダ部（接合ヘッド）26 及び接合ツール部 28 を C 型フレーム 23（装置本体）に接続しており、摩擦攪拌接合する際に、接合ツール部 28 の先端部（接合ピン 30）を図 6 の X 方向へスイング動作させると共に、Z 方向（高さ方向）の位置を制御することができる。
- [0047] 図 7 A は本実施例の摩擦攪拌接合装置 21 により、鉄鋼材（フレーム材）32 とアルミニウム（AL）32 の複合材を断続的にスポット接合する際の様子を模式的に示している。図 7 A に示すように、摩擦攪拌接合装置 21 により被接合部材を接合する際、ホルダ部（接合ヘッド）26 のスイング動作の支点となる回動機構部 27 の高さ（Z 方向の位置；図 7 A の Z_a 、 Z_b 、 Z_c ）を上下動駆動機構部 24 により制御する。
- [0048] これにより、接合点（接合面）を一定の深さ（水平）に制御することができる。図 7 A の例では、鉄鋼材（フレーム材）32 とアルミニウム（AL）32 の境界面に沿って摩擦攪拌接合が可能になる。
- [0049] 従来の摩擦攪拌接合装置では、スイング機構部 25 及び回動機構部 27 のみの動作であるため、図 7 B に示すように、被接合部材を接合する際、ホルダ部（接合ヘッド）26 のスイング動作の支点となる回動機構部 27 の高さ（Z 方向の位置；図 7 B の Z_a 、 Z_b 、 Z_c ）は一定であるため、接合点（接合面）が曲線（曲面）となり、下地の鉄鋼材（フレーム材）32 にまで到達し、接合部の信頼性が低下する恐れがある。一方、本実施例の摩擦攪拌接合装置 21 では、図 7 A に示すように、接合点（接合面）を一定の深さ（水平）に制御することができ、接合部の接合品質を確保することができる。
- [0050] また、本実施例では、上下動駆動機構部 24 及びスイング機構部 25、回動機構部 27 を介してホルダ部（接合ヘッド）26 及び接合ツール部 28 を C 型フレーム 23 に接続しており、なおかつ、C 型フレーム 23 を多軸ロボットアーム 22 により保持しているため、接合点（接合面）を三次元空間において自在に移動することができる。これにより、自動車のボディのように

立体的に配置され、曲面を含む複雑な形状の被接合部材の摩擦撹拌接合を精度よく行うことができる。

[0051] なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。

例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0052] また、本発明は以下の特徴も有している。

[0053] [付記] 装置本体と、前記装置本体の上下動駆動機構部に備わるスイング機構部にホルダ部を備え、ホルダ部に保持される接合ツール部と、から構成される摩擦撹拌接合装置を用いる摩擦撹拌接合方法であって、前記上下動駆動機構部の第1の保持位置を決定する第1の保持位置決定値と、接合開始後の経過時間に応じて決定する複数の第2の保持位置決定値と、接合ツール部に対する接合条件と、スイング機構部を制御するスイング制御条件と、を装置本体に記憶するステップと、前記第1の保持位置決定値に基づき摩擦撹拌接合を開始する時の前記上下動駆動機構部の保持位置を決定するとともに、接合条件に基づき摩擦撹拌接合を開始するステップと、スイング制御条件に基づきスイング機構部をスイングしながら、摩擦撹拌接合を開始後所定の時間が経過したときに該経過時間に応じた第2の保持位置決定値に基づき前記上下動駆動機構部の保持位置を変えて接合条件に基づき摩擦撹拌接合を繰り返すステップと、を備える。

符号の説明

[0054] 1…摩擦撹拌接合装置、2…装置本体、3…上下動駆動機構部（ボールスクリュウ）、4…スイング機構部、5…ホルダ部（接合ヘッド）、6…回動機構部、7…接合ツール部、8…ショルダ、9…接合ピン、10…被接合部

材、 1 1 …制御部（制御装置）、 2 1 …摩擦攪拌接合装置、 2 2 …多軸ロボット、 2 2 a …台座部、 2 2 b …下腕部、 2 2 c …上腕部、 2 2 d …手首部、 2 3 …C型フレーム、 2 3 a …保持部（立上部）、 2 3 b …スイング機構保持部、 2 3 c …押圧力受け部、 2 4 …上下動駆動機構部（ボールスクリー）、 2 5 …スイング機構部、 2 6 …ホルダ部（接合ヘッド）、 2 7 …回動機構部、 2 8 …接合ツール部、 2 9 …ショルダ、 3 0 …接合ピン、 3 1 …アルミニウム（AL）、 3 2 …鉄鋼材（フレーム材）。

請求の範囲

- [請求項1] 被接合部材同士を摩擦攪拌接合により接合する摩擦攪拌接合装置であって、
- 装置本体と、
- 前記摩擦攪拌接合装置の動作を制御する制御装置と、
- 上下動駆動機構部を介して前記装置本体に接続されるスイング機構部と、
- 回転機構部を介して前記スイング機構部に接続されるホルダ部と、
- 前記ホルダ部に保持される接合ツールと、を備え、
- 前記制御装置は、前記接合ツールの接合条件を決定する接合条件信号と、前記スイング機構部を制御するスイング制御信号と、前記上下動駆動機構部による前記接合ツールの保持位置を決定する第1の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦攪拌接合する第1の接合モードと、
- 前記接合条件信号と、前記スイング制御信号と、被接合部材の状態に応じて接合部の深さを一定に制御するように前記第1の保持位置決定信号を補正した第2の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦攪拌接合する第2の接合モードと、を有し、
- 前記接合ツールの前記被接合部材への挿入から引き抜きまでの一接合パスに、前記第1の接合モードと前記第2の接合モードを含むことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の摩擦攪拌接合装置であって、
- 前記制御装置は、前記第1の接合モード及び前記第2の接合モードのいずれかのモードにより前記接合ツールの接合条件と、前記スイング機構部のスイング制御条件と、前記上下動駆動機構部による前記接合ツールの保持位置を決定することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の摩擦攪拌接合装置であって、
- 前記制御装置は、前記第1の接合モードにより被接合部材の摩擦攪拌接合を開始し、所定の時間経過後に、前記第2の接合モードに切り

換えることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項4]

請求項1に記載の摩擦攪拌接合装置であって、

前記制御装置は、前記接合条件信号と、前記スイング制御信号と、前記第1の保持位置決定信号と、前記第2の保持位置決定信号と、を記憶する記憶部を有することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項5]

請求項4に記載の摩擦攪拌接合装置であって、

前記制御装置は、摩擦攪拌接合開始後の経過時間に応じて決定した前記接合ツールの保持位置を前記記憶部に予め記憶させ、当該記憶した保持位置に基づき前記第2の保持位置決定信号を決定することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項6]

請求項5に記載の摩擦攪拌接合装置であって、

前記制御装置は、予め記憶した複数の保持位置決定信号から摩擦攪拌接合開始時からの経過時間に応じて前記第2の保持位置決定信号を決定することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項7]

請求項4に記載の摩擦攪拌接合装置であって、

前記制御装置は、前記スイング機構部のスイング距離に応じて決定した保持位置を前記記憶部に予め記憶させ、当該記憶した保持位置に基づき前記第2の保持位置決定信号を決定することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項8]

請求項7に記載の摩擦攪拌接合装置であって、

前記制御装置は、予め記憶した複数の保持位置決定信号から摩擦攪拌接合開始時からの前記スイング機構部のスイング距離に応じて前記第2の保持位置決定信号を決定することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項9]

請求項4に記載の摩擦攪拌接合装置であって、

前記制御装置は、前記スイング機構部のスイング角度に応じて決定した保持位置を前記記憶部に予め記憶させ、当該記憶した保持位置に基づき前記第2の保持位置決定信号を決定することを特徴とする摩擦

撈拌接合装置。

[請求項10]

請求項9に記載の摩擦撈拌接合装置であって、

前記制御装置は、予め記憶した複数の保持位置決定信号から摩擦撈拌接合開始時からの前記スィング機構部のスィング角度に応じて前記第2の保持位置決定信号を決定することを特徴とする摩擦撈拌接合装置。

[請求項11]

被接合部材同士を摩擦撈拌接合により接合する摩擦撈拌接合装置であって、

前記摩擦撈拌接合装置の動作を制御する制御装置と、

複数の関節を有し、三次元空間を自在に移動可能な多軸ロボットアームと、

前記多軸ロボットアームの先端に接続されるC型フレームと、

上下動駆動機構部を介して前記C型フレームの一端に接続されるスィング機構部と、

回動機構部を介して前記スィング機構部に接続されるホルダ部と、

前記ホルダ部に保持される接合ツールと、

前記C型フレームの他端に接続され、前記接合ツールからの押圧力を受け止める押圧力受け部と、を備え、

前記制御装置は、前記接合ツールの接合条件を決定する接合条件信号と、前記スィング機構部を制御するスィング制御信号と、前記上下動駆動機構部による前記接合ツールの保持位置を決定する第1の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦撈拌接合する第1の接合モードと、

前記接合条件信号と、前記スィング制御信号と、被接合部材の状態に応じて接合部の深さを一定に制御するように前記第1の保持位置決定信号を補正した第2の保持位置決定信号と、に基づいて摩擦撈拌接合する第2の接合モードと、を有し、

前記接合ツールの前記被接合部材への挿入から引き抜きまでの一接合パスに、前記第1の接合モードと前記第2の接合モードを含むこと

を特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項12]

請求項 1 1 に記載の摩擦攪拌接合装置であって、

前記制御装置は、前記第 1 の接合モード及び前記第 2 の接合モードのいずれかのモードにより前記接合ツールの接合条件と、前記スイング機構部のスイング制御条件と、前記上下動駆動機構部による前記接合ツールの保持位置を決定することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

[請求項13]

被接合部材同士を摩擦攪拌接合により接合する摩擦攪拌接合方法であって、

(a) 制御部の指令により接合ツールを被接合部材の接合部の所定の位置へ挿入するステップと、

(b) 前記制御部の指令により接合部の深さを一定に制御するように前記被接合部材に対する前記接合ツールの高さを制御しながら前記接合部に沿って前記接合ツールをスイングさせ前記接合部を摩擦攪拌接合するステップと、

(c) 前記制御部の指令により前記接合ツールのスイング量が所定の位置に達した時点で前記接合ツールを前記接合部から引き抜くステップと、

を有することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

[請求項14]

請求項 1 3 に記載の摩擦攪拌接合方法であって、

前記 (b) ステップにおいて、摩擦攪拌接合開始時からの経過時間、前記接合ツールのスイング距離、前記接合ツールのスイング角度のいずれかに応じて予め決定した前記接合ツールの保持位置に基づき、前記接合ツールの高さを制御することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

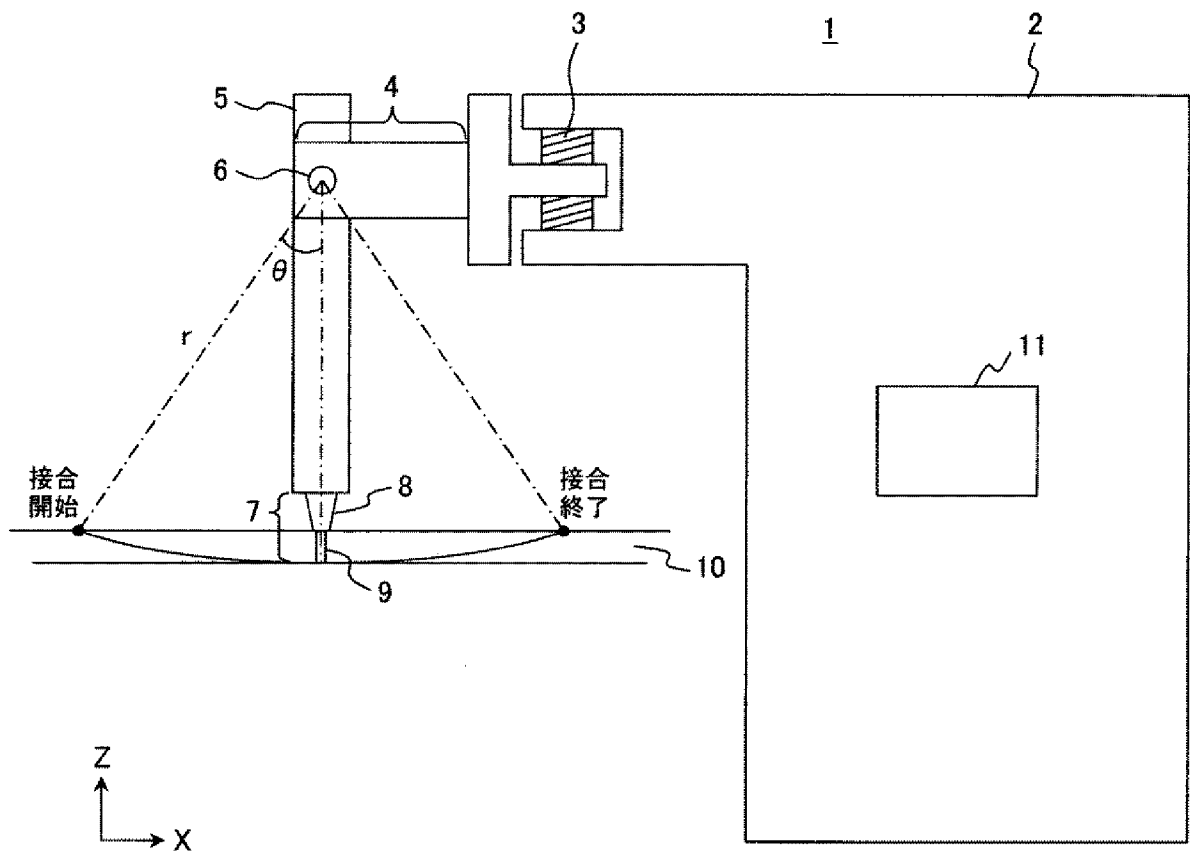
[請求項15]

請求項 1 3 または 1 4 に記載の摩擦攪拌接合方法であって、

前記被接合部材の接合部に対し、前記 (a) ステップから (c) ステップまでを断続的に繰り返すスポット接合であることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

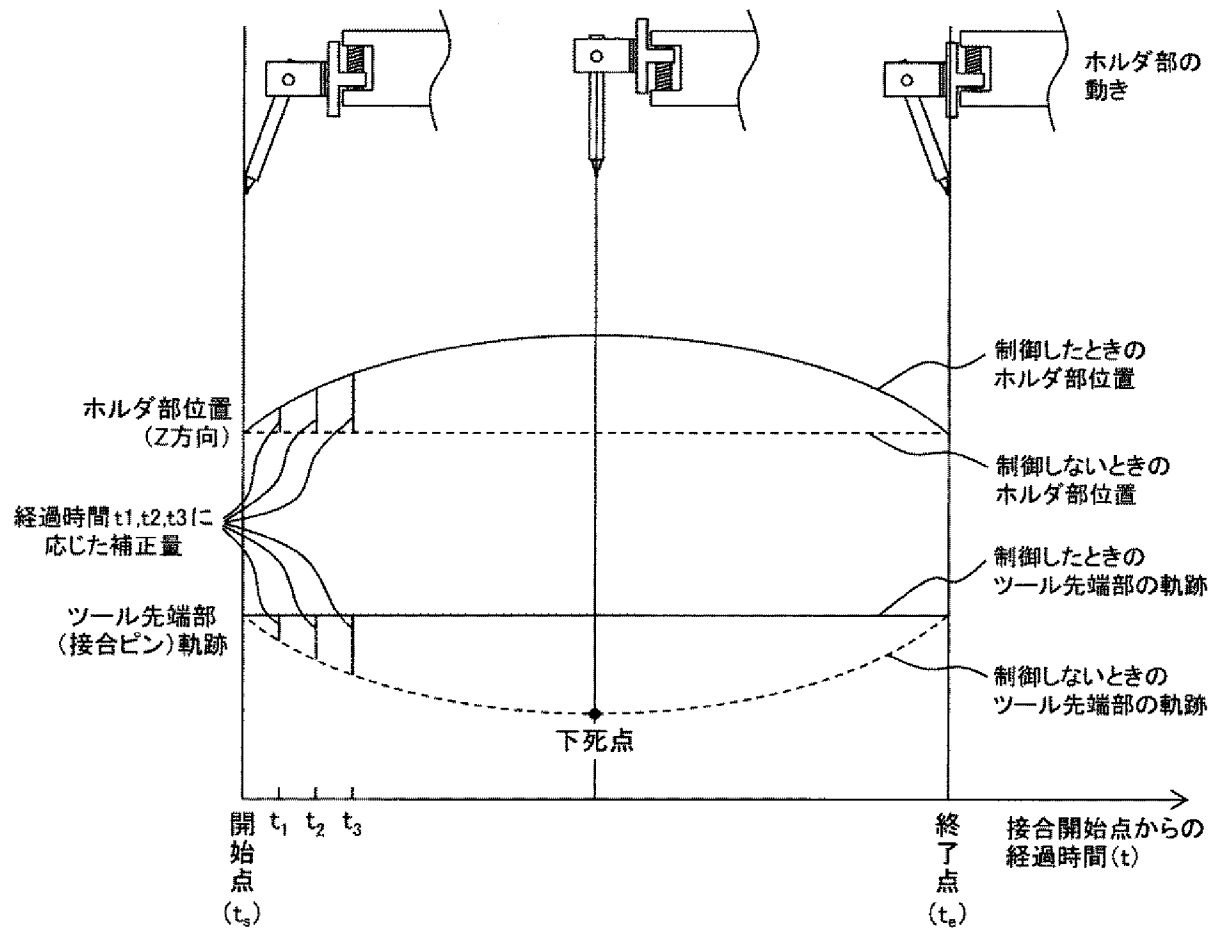
[図1]

図 1



[図2]

図 2



[図3]

図 3

No.	FSW 接合条件(接合パラメータ)		被接合部材の条件
1	(接合ツールの)回転数	N (rps)	材質, 形状, 板厚
2	(接合ツールの)挿入量	Z_1 (mm)	板厚
3	(接合ツールの)スイング量	L (mm) or T (s) or θ (deg.)	形状(大きさ, 長さ)
4	(接合ツールの)スイング速度	V (mm/s)	材質, 形状, 板厚
5	(接合ツールの)挿入速度	V_p (mm/s)	材質, 形状, 板厚
6	(接合ツール挿入後の)保持時間	T_h (s)	材質, 形状, 板厚

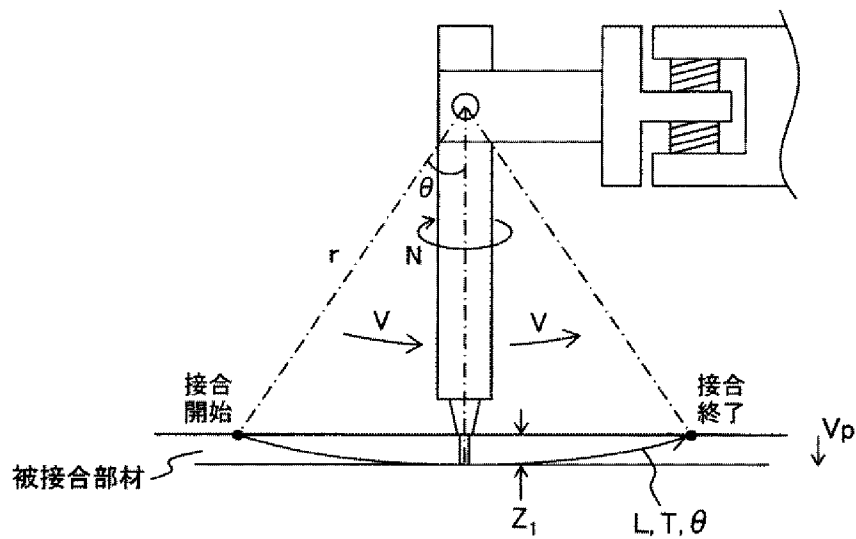
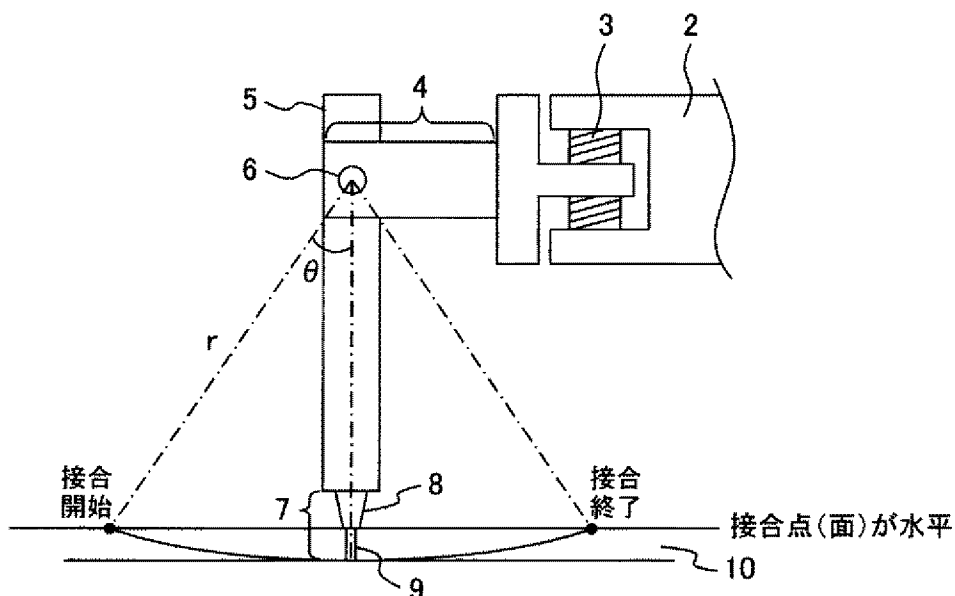


图 4

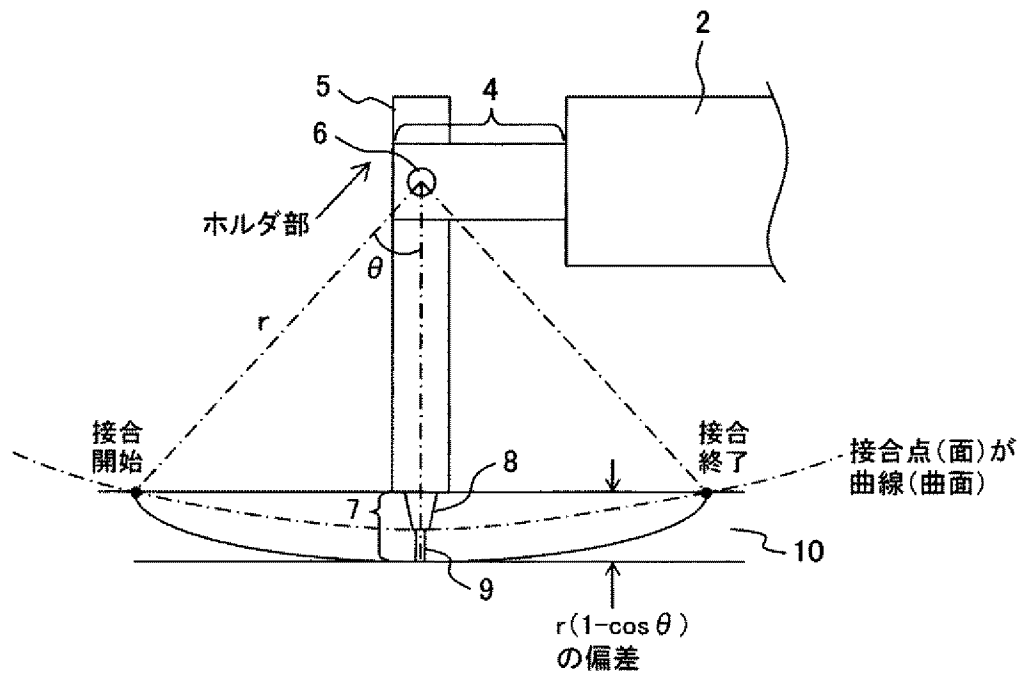


図 5A



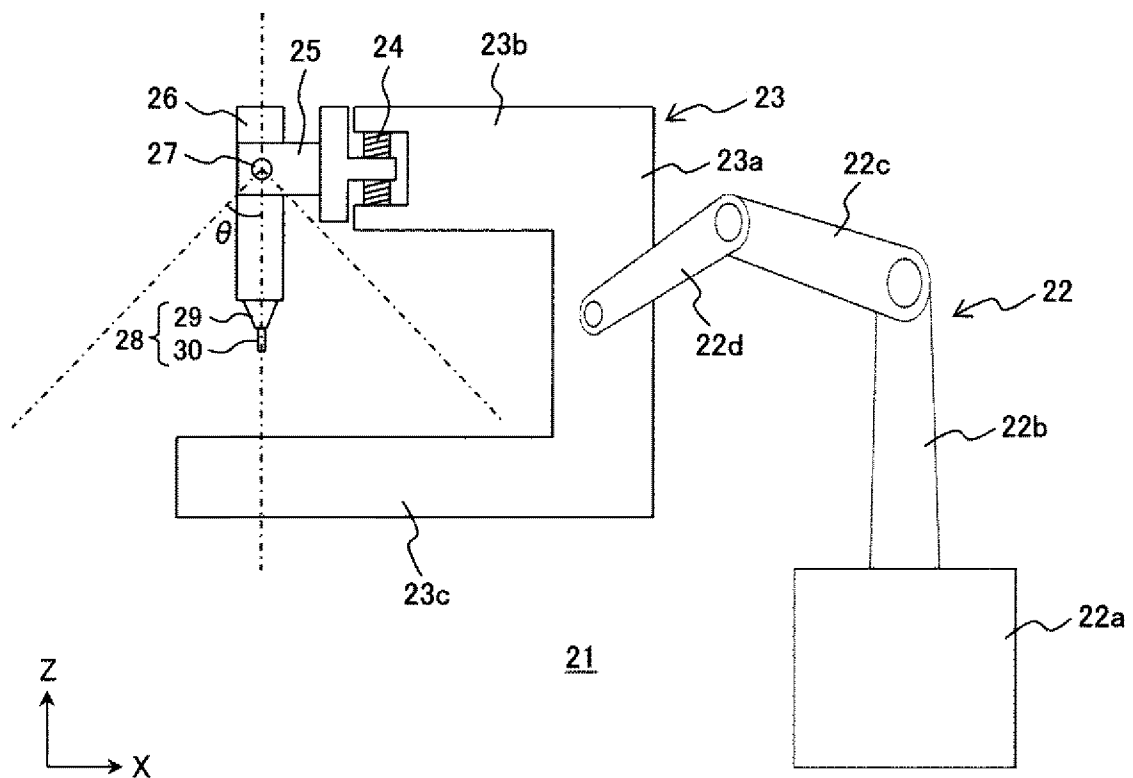
[図5B]

図 5B



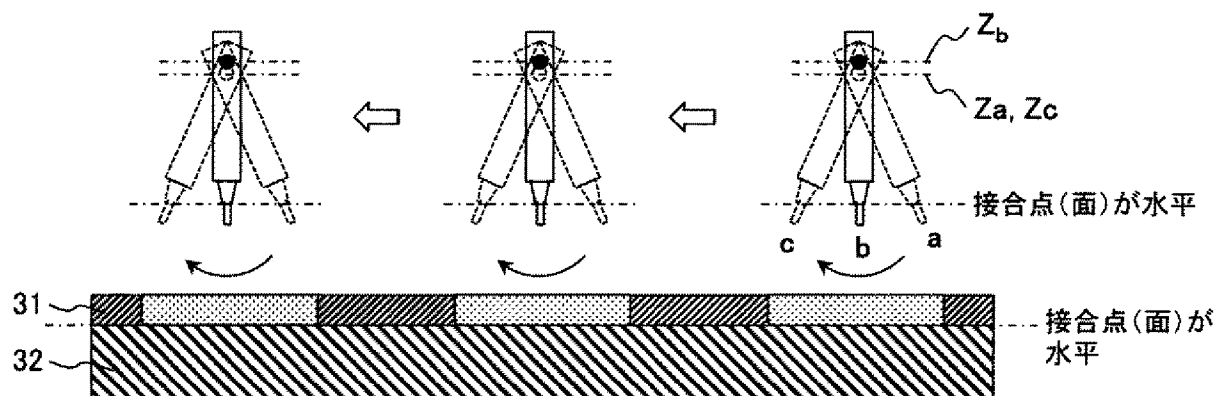
[図6]

図 6



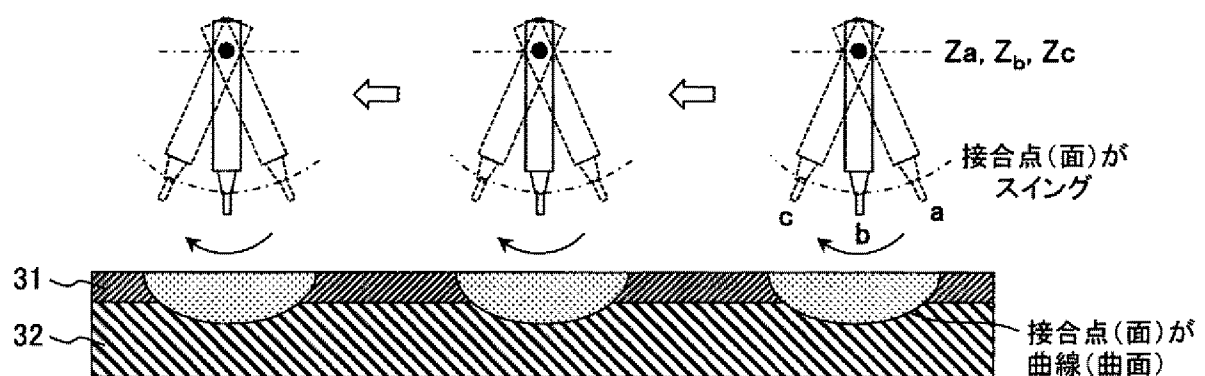
[図7A]

図 7A



[図7B]

図 7B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/013371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. 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)

Int.Cl. 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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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

DWPI (Derwent Innovation) [swing]

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP 6408735 B1 (HITACHI POWER SOLUTIONS CO., LTD.) 17 October 2018, claims 1-15 (Family: none)	1-15
A	JP 2014-024095 A (NSK LTD.) 06 February 2014, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2005-313227 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 10 November 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 June 2019 (19.06.2019)

Date of mailing of the international search report

02 July 2019 (02.07.2019)

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/JP2019/013371

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-136331 A (HITACHI, LTD.) 13 May 2004, entire text, all drawings & US 2004/0074944 A1 & EP 1410870 A1 & KR 10-2004-0034324 A & CN 1490112 A	1-15
A	EP 0785044 A1 (ROLLS-ROYCE PLC) 23 July 1997, entire text, all drawings & US 5853119 A	1-15
A	DE 102014213647 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 14 January 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-15

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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)

DWPI (Derwent Innovation) [swing]

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
P, X	JP 6408735 B1 (株式会社日立パワーソリューションズ) 2018. 10. 17, 請求項 1-15 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2014-024095 A (日本精工株式会社) 2014. 02. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2005-313227 A (川崎重工業株式会社) 2005. 11. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15

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

19.06.2019

国際調査報告の発送日

02.07.2019

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
A	JP 2004-136331 A (株式会社日立製作所) 2004.05.13, 全文, 全図 & US 2004/0074944 A1 & EP 1410870 A1 & KR 10-2004-0034324 A & CN 1490112 A	1-15
A	EP 0785044 A1 (ROLLS-ROYCE PLC) 1997.07.23, 全文, 全図 & US 5853119 A	1-15
A	DE 102014213647 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 2016.01.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15