(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
2011 年 7 月 21 日(21.07.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/086602 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2010/000204

(22) 国際出願日: 2010 年 1 月 15 日(15.01.2010)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社(**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 加藤慶訓 (**KATO, Yoshinori**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 弥益和重 (**YAMASU, Kazushige**) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 森隆一郎, 外(**MORI, Ryuichiro** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

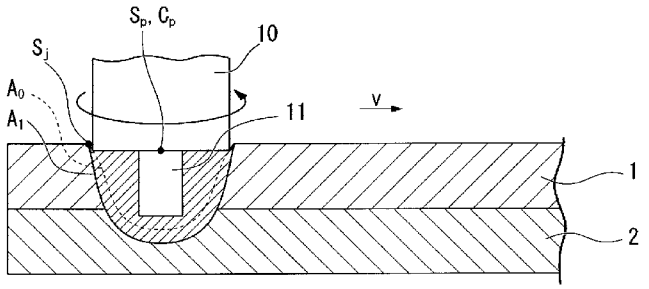
添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: METHOD FOR PRODUCING JOINT MEMBER AND FRICTION STIR WELDING APPARATUS

(54) 発明の名称 : 接合部材の製造方法及び摩擦攪拌接合装置

[図2]



(57) **Abstract**: Disclosed is a method and apparatus for friction stir welding of two members to be welded (1,2) placed adjacent to each other to produce a joint member. The method of producing a joint member includes a step in which a probe (11) dwells while rotating for a predetermined time at least at one of the starting point (Sp) where the probe forms a joint (Sj) in one of the members to be joined (1) and the end point where the probe forms an joint end in the member (1).

(57) 要約: 互いに接している二つの被接合部材（１，２）を摩擦攪拌接合して接合部材を製造する技術に関する。接合部材の製造方法では、被接合部材（１）中に接合始点（Ｓｊ）を形成する際のプローブ（１１）の位置であるプローブ始点位置（Ｓｐ）と、被接合部材（１）中に接合終点を形成する際のプローブの位置であるプローブ終点位置とのうちの少なくとも一方の位置で、所定時間だけプローブ（１１）を回転させる滞留工程を実施する。

WO 2011/086602 A1

明　細　書

発明の名称 ： 接合部材の製造方法及び摩擦攪拌接合装置

技術分野

[0001] 本発明は、プローブを回転させて二つの被接合部材を摩擦攪拌接合して接合部材を製造する方法、及び摩擦攪拌接合装置に関する。

背景技術

[0002] 摩擦攪拌接合方法は、ツールを回転させつつ、このツールの先端に設けられているプローブを被接合部材に挿入し、回転ツールを移動させることにより、回転ツールと被接合部材との間に生じる摩擦熱による塑性流動により、被接合部材の接合を図る技術である。

[0003] この摩擦攪拌接合方法は、接合部分が接合時に高熱で溶融されないために、被接合部材に歪や変形が生じ難い等の利点がある。

[0004] この摩擦攪拌接合の接合信頼性を高める技術としては、例えば、特許文献１，２に記載の技術がある。

[0005] 摩擦攪拌接合では、接合部中の接合終点を形成するプローブ終点位置で、プローブを引き抜くと、接合終点近傍にプローブ引抜穴が残り、この接合終点近傍の接合信頼性に不安が残る。そこで、特許文献１，２に記載の技術では、プローブをプローブ終点位置まで移動させた後、直ちに、この位置でプローブを引き抜かず、プローブ終点位置から外れた位置に移動させてから、プローブを引き抜いている。この技術では、以上のように、プローブ終点位置から外れた位置でプローブを引き抜くことで、プローブ引抜穴を接合終点から遠ざけ、接合終点近傍の接合信頼性の向上を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００５－９５９５１号公報

特許文献2：特開２００７－２８９９７６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記特許文献１，２に記載の技術では、確かに接合信頼性を向上させることができるものの、接合部中の接合始点と、この接合始点を形成する際のプローブ始点位置との間や、接合終点とプローブ終点位置との間で、被接合部材の界面の酸化膜が残存する量が多く、接合信頼性に不安が残る、という問題点がある。

[0008] 本発明は、このような従来技術の問題点に着目し、接合信頼性の向上を図ることができる接合部材の製造方法、及び摩擦攪拌接合装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記問題点を解決するための接合部材の製造方法に係る発明は、

互いに接している二つの被接合部材の接合予定部中に回転しているプローブを入れ、該接合予定部を連続的に摩擦攪拌接合して接合部材を製造する、接合部材の製造方法において、前記被接合部材中に接合始点を形成する際の前記プローブの位置であるプローブ始点位置から、該被接合部材中に接合終点を形成する際の該プローブの位置であるプローブ終点位置へ、該プローブを回転させつつ移動させる主接合工程と、前記プローブ始点位置と前記プローブ終点位置とのうちの少なくとも一方の位置で、所定時間だけ前記プローブを回転させる滞留工程と、を含む。

[0010] 上記発明によれば、プローブ始点位置又はプローブ終点位置で滞留工程を実施するので、プローブ始点位置まわり又はプローブ終点位置まわりでの塑性流動が進んで、摩擦攪拌接合が促進される。この結果、本発明では、プローブ始点位置まわり又はプローブ終点位置まわりでの、各被接合部材の界面の酸化膜は、著しく減少し、これらの位置まわりでの接合信頼性をより高めることができる。

[0011] ここで、前記所定時間は、前記プローブ始点位置から前記プローブ終点位置へ前記プローブを移動させる際の移動速度で、該プローブが設けられているツールの先端面の外径分の距離を移動できる時間以上であってもよい。こ

のように、所定時間を定めると、前記プローブ始点位置まわり、又は前記プローブ終点位置まわりを、プローブ始点位置とプローブ終点位置との間の中間部分での塑性流動と同等以上に塑性流動させることができる。

[0012] また、上記製造方法では、前記主接合工程を実施した後、前記プローブ終点位置から外れた位置であるプローブ引抜位置へ、前記プローブを回転させつつ移動させる終点位置回避工程と、前記プローブ引抜位置で、前記プローブを前記被接合部材から引き抜く引抜工程とを含んでいてもよい。この終点位置回避工程を行うと、プローブ引抜位置に形成されるプローブ引抜穴が、接合終点から遠ざかり、接合終点近傍の接合信頼性の向上させることができる。

[0013] また、前記プローブ引抜位置では、所定時間だけ前記プローブを回転させる引抜位置滞留工程を含んでいてもよい。この引抜位置滞留工程を行うと、プローブ引抜位置まわりの塑性流動が促され、このプローブ引抜位置に形成されるプローブ引抜孔が滑らかな形状になり、このプローブ引抜穴への応力集中を緩和することができる。

[0014] ここで、前記終点位置回避工程では、前記接合予定部内で、前記プローブ終点位置から前記プローブ始点位置側へ所定距離戻り、該所定距離戻った位置を前記プローブ引抜位置としてもよい。この場合、前記プローブ終点位置の該プローブを被接合部材側へわずかに押し込んでから、該プローブの押し込み量を維持しつつ、該プローブを前記プローブ引抜位置へ移動させてもよい。

[0015] また、上記問題点を解決するための摩擦攪拌接合装置に係る発明は、

互いに接している二つの被接合部材の接合予定部中に回転させているプローブを入れ、該接合予定部を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置において、

先端に前記プローブが設けられているツールが装着可能で、装着された該ツールを回転及び移動させる機構部と、前記機構部の動作を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記被接合部材中に接合始点を形成する際の前記プローブ

の位置であるプローブ始点位置と、該被接合部材中に接合終点を形成する際の該プローブの位置であるプローブ終点位置と、該プローブ始点位置と該プローブ終点位置との少なくとも一方の位置で、前記ツールを回転させる滞留処理の時間と、を含むパラメータを受け付ける入出力手段と、前記入出力手段が受け付けた前記制御パラメータに従って、前記機構部により、前記プローブを回転させつつ前記プローブ始点位置に位置させ、該プローブを回転させつつ前記プローブ終点位置へ移動させ、前記プローブ始点位置と前記プローブ終点位置との前記少なくとも一方の位置で前記時間分だけ前記滞留処理を実行させる制御実行手段と、を有している。

[0016] 本発明では、プローブ始点位置又はプローブ終点位置で滞留処理が実行されるので、プローブ始点位置まわり又はプローブ終点位置まわりでの塑性流動が進んで、摩擦攪拌接合が促進される。この結果、本発明では、プローブ始点位置まわり又はプローブ終点位置まわりでの、各被接合部材の界面の酸化膜は、著しく減少し、これらの位置まわりでの接合信頼性をより高めることができる。

[0017] ここで、前記入出力手段は、前記パラメータとして、前記プローブ始点位置から前記プローブ終点位置へ前記プローブを移動させる際の移動速度と、前記プローブが設けられているツールの先端面の外径と、を受け付け、入力された前記滞留処理の前記時間が、前記移動速度で前記先端面の径を移動できる時間未満の時には、該時間の受け付けを拒否する、又は該時間が適切でない旨の警告を発してもよい。このように、警告を発する等が行われることで、滞留処理の時間を適切な時間に設定することができる。

[0018] また、前記制御部の入出力手段は、プローブを被接合部材から引き抜くプローブ引抜位置と、該プローブ引抜位置で前記ツールを回転させる引抜位置滞留処理の時間と、を受け付け、前記制御部の制御実行手段は、前記機構部により、前記プローブ引抜位置で前記時間分だけ前記引抜位置滞留処理を実行させてもよい。この引抜位置滞留処理が行われることにより、プローブ引抜位置まわりの塑性流動が促され、このプローブ引抜位置に形成されるプロ

ーブ引抜孔が滑らかな形状になり、このプローブ引抜穴への応力集中を緩和することができる。

発明の効果

[0019] 本発明では、プローブ始点位置まわり又はプローブ終点位置まわりでの塑性流動が進むので、これらの位置まわりでの各被接合部材の界面の酸化膜は、著しく減少し、これらの位置まわりでの接合信頼性をより高めることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に係る一実施形態における、挿入工程直後の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図2]本発明に係る一実施形態における、プローブ始点位置での滞留工程直後の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図3]本発明に係る一実施形態における、主接合工程中の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図4]本発明に係る一実施形態における、主接合工程直後の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図5]本発明に係る一実施形態における、プローブ終点位置での滞留工程直後の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図6]本発明に係る一実施形態における、終点位置回避工程中にツールを押し込んだ際の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図7]本発明に係る一実施形態における、終点位置回避工程直後の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図8]本発明に係る一実施形態における、引抜工程後の被接合部材の状態を示す説明図である。

[図9]プローブ引抜穴を示す説明図である。

[図10]本発明に係る一実施形態における、接合過程中でのツールの移動軌跡を示す説明図である。

[図11]本発明に係る一実施形態の変形例における、接合過程中でのツールの

移動軌跡を示す説明図である。

[図12]本発明に係る一実施形態における摩擦攪拌接合装置の構成を示す説明図である。

[図13]本発明に係る一実施形態におけるパラメータ入力画面を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明に係る一実施形態について図面を用いて説明する。

[0022] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、図１２に示すように、先端にプローブが設けられているツール１０が装着され、このツール１０を回転及び移動させる機構部２０と、この機構部２０を制御する制御部３０と、を備えている。

[0023] 機構部２０は、ツール１０が装着される主軸２１と、この主軸２１を保持する主軸保持する主軸保持ヘッド２２と、水平方向（Ｙ方向）に伸びるＹ方向ガイド２３ｙを有し、主軸保持ヘッド２２が取り付けられる門型枠２３と、被接合部材が上面に取り付けられ、水平方向であってＹ方向と垂直なＸ方向に被接合部材を移動させる定盤２４と、を備えている。機構部２０は、さらに、図示されていないが、機構部２０の各機構を駆動させる油圧回路や電源回路や、各種センサ等を備えている。

[0024] 主軸保持ヘッド２２は、主軸２１を保持して、この主軸２１を回転させる機構（不図示）と、主軸２１を鉛直方向（Ｚ方向）に移動させるＺ方向移動機構（不図示）と、門型枠２３に設けられているＹ方向ガイド２３ｙに沿って主軸２１をＹ方向に移動させるＹ方向移動機構（不図示）と、を有している。

[0025] 制御部３０は、ディスプレイ３１と、入力キー３２と、コンピュータ３３と、コンピュータ３３が作成した制御信号を機構部２０の油圧回路や電源回路へ送る一方で、機構部２０の各種センサからの信号を受信してコンピュータ３３に送るインタフェース３４と、を備えている。なお、本実施形態において、入出力手段は、ディスプレイ３１と入力キー３２とコンピュータ３３

とを有して構成され、制御実行手段は、コンピュータ３３とインタフェース３４とを有して構成される。

[0026] ツール１０は、図８に示すように、円形のショルダ面１３を有するショルダ部１２と、ショルダ部１２のショルダ面１３から突出しているプローブ１１と、を有している。すなわち、ショルダ面１３は、プローブ１１が設けられるツールの先端面を成している。なお、本実施形態では、ショルダ部１２とプローブ１１とは一体回転するが、両者は必ずしも一体回転する必要はない。

[0027] 次に、以上で説明した摩擦攪拌接合装置の動作と共に、二つの被接合部材を摩擦攪拌接合により接合して接合部材を製造する手順について説明する。なお、以下では、二つの被接合部材の重ね合わせ接合を例にして説明する。

[0028] まず、オペレータは、図１２に示す摩擦攪拌接合装置の定盤２４上に、図１０に示すように、二つの被接合部材１，２を重ね合わせて、これを冶具等を用いて固定する。

続いて、オペレータは、摩擦攪拌接合装置の初期設定を行う。この初期設定では、ツール１０の原点合わせや、各種パラメータの入力処理を行う。

[0029] 各種パレメータの入力処理では、コンピュータ３３は、ディスプレイ３１にパラメータ入力画面を表示させる。このパラメータ入力画面には、図１３に示すように、プローブ長の入力欄３１aと、プローブ径の入力欄３１ｂと、ショルダ面の外径であるショルダ径の入力欄３１ｃと、被接合部材に接合始点を形成する際のプローブの位置であるプローブ始点位置の入力欄３１ｄと、被接合部材に接合終点を形成する際のプローブの位置であるプローブ終点位置の入力欄３１ｅと、プローブを引き抜く位置であるプローブ引抜位置の入力欄３１ｆと、ツール回転速度の入力欄３１ｇと、ツール移動速度の入力欄３１ｈと、プローブ始点位置での滞留処理の時間の入力欄３１ｉと、プローブ終点位置での滞留処理の時間の入力欄３１ｊと、プローブ引抜位置での滞留処理の時間の入力欄３１ｋとが、少なくとも表示される。

[0030] オペレータは、入力キー３２（図１２）を操作して、以上で説明したパラ

メータの入力欄のそれぞれに、数値を入力する。但し、プローブ始点位置での滞留時間の入力欄３１ｉと、プローブ終点位置での滞留時間の入力欄３１ｊと、プローブ引抜位置での滞留時間の入力欄３１ｋとには、必ず入力しなければならない分けではないが、以下では、全ての入力欄３１ｉ，３１ｊ，３１ｋに滞留時間を入力したものとする。また、ここで、プローブ始点位置、プローブ終点位置、プローブ引抜位置等のプローブ位置として入力される位置は、図８に示すように、プローブ１１の中心線Ｃとショルダ面１３との交点Ｃｐの位置である。なお、プローブ位置として入力される位置は、プローブ１１の中心線Ｃ上であって、プローブ１１の先端の位置であってもよい。

[0031] ここで、以上で述べた滞留処理について、簡単に説明する。滞留処理は、プローブ始点位置、プローブ終点位置、プローブ引抜位置のいずれかで実行される。滞留処理は、以上のいずれかの位置で、プローブ１１を回転させつつも移動させず、該当位置まわりでの被接合部材の摩擦攪拌を促進する処理である。滞留時間は、この滞留処理を施す時間である。

[0032] 以上の初期設定が終了すると、摩擦攪拌接合装置の制御部３０（図１２）は、機構部２０を動作させて、二つの被接合部材の摩擦攪拌接合による接合を開始させる。

[0033] 摩擦攪拌接合装置は、まず、図１に示すように、プローブ１１を回転させつつ、パラメータ入力処理で入力されたパラメータ始点位置Ｓｐへプローブ１１を移動させる。つまり、摩擦攪拌接合装置は、プローブ１１の被接合部材への挿入工程を実行する。なお、図１、及び以下の説明で用いる図２～図８は、いずれも、図１０におけるＡ－Ａ線断面の状態を示している。

[0034] この挿入工程で、プローブ１１の先端が被接合部材１の表面に接した後、徐々に、プローブ１１が被接合部材１内に挿入される。回転しているプローブ１１及びショルダ面１３と被接合部材１とが接触すると、両者間に摩擦熱が発生し、この摩擦熱により、プローブ１１まわりの被接合部材１，２は塑性流動し、塑性流動領域（又は動的再結晶領域）A_oが形成される。

[0035] 発明者は、摩擦攪拌接合している被接合部材１，２の断面を詳細に調べた結果、プローブ１１がプローブ始点位置Ｓｐに至った時点において、プローブ１１まわりに塑性流動領域A_0が形成させるものの、この塑性流動領域A_0での塑性流動が十分ではないために、この塑性流動領域A_0内に二つの被接合部材１，２の界面の酸化膜４が残ってしまうことを見出した。

[0036] このため、背景技術の欄で述べた技術のように、プローブ１１がプローブ始点位置Ｓｐに至った後、直ちに、プローブ１１をプローブ終点位置Ｅｐへ移動させた場合、プローブ始点位置Ｓｐを基準にして、プローブ１１の移動方向と反対側の塑性流動領域A_0内には、前述の界面酸化膜４が残ることになる。塑性流動領域A_0内にこの界面酸化膜４が残っていると、この部分での接合強度は低いものとなる。

[0037] そこで、本実施形態では、プローブ１１がプローブ始点位置Ｓｐに至った後、直ちに、プローブ１１をプローブ終点位置Ｅｐへ移動させず、このプローブ始点位置Ｓｐで、所定時間、プローブ１１を回転させつつも移動させない滞留工程を実行するようにしている。

[0038] この滞留工程を実行すると、図２に示すように、塑性流動領域が僅かに広がるとともに、広がった塑性流動領域A_1内での塑性流動が進み、摩擦攪拌接合が促進されて、図１における塑性流動領域A_0内の界面酸化膜４が事実上消滅する。

[0039] この滞留工程を実行する時間、つまり滞留時間としては、パラメータ入力処理で入力したショルダ面１３の外径であるショルダ径ｄ（図８）を、同じくパラメータ入力処理で入力したツール移動速度ｖで移動した場合にかかる時間以上であることが好ましい。具体的には、ツール移動速度等によるが、例えば、４秒以上であることが好ましい。

[0040] 基本的に、接合予定部内で、プローブ始点位置Ｓｐとプローブ終点位置Ｅｐとの間の中間部分では、摩擦攪拌時間が（ショルダ径）／（プローブ移動速度）となる。そこで、本実施形態では、プローブ始点位置Ｓｐ、プローブ終点位置Ｅｐでも、前述の中間部分と同等以上の摩擦攪拌時間を確保するた

め、上記滞留時間を設定している。

[0041] 本実施形態では、パラメータ入力処理で、プローブ始点位置Ｓｐでの滞留時間の入力欄３１ｉ、プローブ終点位置Ｅｐでの滞留時間の入力欄３１ｊに滞留時間を入力した際、この滞留時間が、先に入力したショルダ径ｄを、同じく先に入力したツール移動速度ｖで移動した場合にかかる時間未満であると、コンピュータ３３（図１２）が判断すると、このコンピュータ３３は、入力された滞留時間を受け付けないか、または、ディスプレイ３１に表示されている入力欄３１ｉ，３１ｊ（図１３）内を点滅させて、当該滞留時間が適切でない旨を警告する。

[0042] 滞留時間が終了すると、図３に示すように、ツール１０は、プローブ終点位置Ｅｐへ向かってツール移動速度ｖで移動を開始し、主接合工程が開始される。この滞留時間が終了した時点以降での塑性流動領域A_1，A_2の境界上であって、ツール移動方向と反対側の点が接合始点Ｓｊとなる。

[0043] プローブ１１が、図４に示すように、プローブ終点位置Ｅｐに至ると、主接合工程が終了し、ここでも、滞留工程が実行される。ところで、このプローブ１１がプローブ終点位置Ｅｐに至った時点での塑性流動領域A_3内で、プローブ１１を基準にして、これまでプローブ移動方向の側には、二つの被接合部材１，２の界面の酸化膜４が残る。

[0044] そこで、本実施形態では、このプローブ終点位置Ｅｐでも、プローブ始点位置Ｓｐと同様に、滞留工程を実行する。

[0045] この滞留工程を実行すると、図５に示すように、塑性流動領域が僅かに広がるとともに、広がった塑性流動領域A_4内での塑性流動が進み、摩擦攪拌接合が促進されて、図４における塑性流動領域A_3内の界面酸化膜４が事実上消滅する。また、広がった塑性流動領域A_4の境界上であって、これまでのツール移動方向側の点が接合終点Ｅｊとなる。

[0046] 滞留工程が終了すると、図６に示すように、ツール１０は、プローブ１１の先端側へ僅かに進む。つまり、ツール１０は、プローブ１１が被接合部材１内に僅かに押し込まれる。そして、このツール１０は、プローブ引抜位置

Ｐｐへ向かってツール移動速度で移動を開始する。本実施形態において、このプローブ引抜位置Ｐｐは、図１０に示すように、プローブ始点位置Ｓｐからプローブ終点位置Ｅｐへのプローブ１１の移動軌跡Ｆ上に存在する。

[0047] 摩擦攪拌接合を行った場合、図６に示すように、被接合部材１の表面１ｂのレベルは、摩擦攪拌接合前の表面１ａのレベルよりも、プローブ１１が伸びている方向、言い換えると、被接合部材１の厚さ方向に僅かに変化する。つまり、摩擦攪拌接合を行った場合、被接合部材１の表面１ａは僅かに沈む。

[0048] このため、プローブ１１をプローブ終点位置Ｅｐからプローブ引抜位置Ｐｐへ移動させる際、プローブ終点位置Ｅｐで、プローブ１１が伸びている方向へツール１０を僅かに移動させないと、ツール１０のショルダ面１３が被接合部材１の新たな表面１ｂと十分に接触しないことになり、ショルダ面１３と被接合部材１の新たな表面１ｂとの間で摩擦熱が発生しなくなる。そこで、本実施形態では、プローブ終点位置Ｅｐでの滞留時間が終了すると、プローブ１１が伸びている方向へツール１０を僅かに移動させ、ツール１０のショルダ面１３が被接合部材１の新たな表面１ｂと十分に接触するようにしている。

[0049] プローブ１１が伸びている方向へ移動した時点でのプローブ位置は、プローブ１１が伸びている方向において、プローブ引抜位置Ｐｐと同じである。そこで、摩擦攪拌接合装置のコンピュータ３３（図１２）は、プローブ１１が伸びている方向における、プローブ終点位置Ｅｐとプローブ引抜位置Ｐｐとの間の距離ｔを求め、この距離ｔを、プローブ１１が伸びている方向の移動量としている。

[0050] ツール１０は、図７に示すように、プローブ終点位置Ｅｐで被接合部材１内に僅かに押し込まれた後、前述したように、プローブ引抜位置Ｐｐへ向かってツール移動速度ｖで移動を開始する。この際、ツール１０の移動距離、つまり、このツール移動方向におけるプローブ終点位置Ｅｐとプローブ引抜位置Ｐｐとの間の距離Ｄは、ショルダ径ｄの半分、つまりショルダ半径ｄ／２

以上であることが好ましく、ここでは、ショルダ径ｄにしている。

[0051] なお、本実施形態において、終点位置回避工程は、プローブ終点位置Ｅｐでの滞留工程を終了してから、ツール１０をプローブ終点位置Ｅｐで被接合部材１内に僅かに押し込み、プローブ引抜位置Ｐｐまで移動させる工程である。この終点位置回避工程の終了時点で生成された塑性流動領域A_5は、図７に示すように、終点位置回避工程の開始時点で生成された塑性流動領域A_4よりも、被接合部材１，２の厚み方向に僅かに広がる。これは、終点位置回避工程の開始時点でツール１０を被接合部材１内に僅かに押し込むからである。

[0052] プローブ１１がプローブ引抜位置Ｐｐに至ると、ここでも、滞留工程が実行させる。なお、このプローブ引抜位置Ｐｐでのプローブ１１のまわりは、既に一度、プローブ１１が通過し、摩擦攪拌接合が行われた領域なので、プローブ始点位置Ｓｐやプローブ終点位置Ｅｐでのように、被接合部材１，２の界面の酸化膜は残っていない。

[0053] しかしながら、プローブ１１がプローブ引抜位置Ｐｐに至った時点で、プローブ１１を直ちに引き上げると、図９に示すように、プローブ引抜穴６には、プローブ外周面に形成されている溝に入り込んだ被接合部材の残さ６ａが、プローブ引抜穴６の内周面に残ると共に、プローブの先端面とプローブの周面との角の形状が残り、プローブ引抜穴６の内周面は荒れ、しかも、プローブ引抜穴６の内周面と底面との角６ｂも鋭くなる。これは、プローブがプローブ引抜位置Ｐｐに至った直後では、プローブのまわりの被接合部材の塑性流動性が十分ではないからである。このように、プローブ引抜穴６の内周面が荒れたり、内周面と底面との角６ｂが鋭くなると、鋭い角等に応力が集中してしまう。

[0054] そこで、本実施形態では、プローブ引抜位置Ｐｐでも滞留処理を実行し、プローブ引抜位置Ｐｐでのプローブ１１まわりの被接合部材の塑性流動性を高めている。この結果、このプローブ引抜位置Ｐｐでの滞留工程が終了し、プローブを被接合部材１，２から引き抜くと（引抜工程）、図８に示すよう

に、プローブ引抜穴５の内周面が滑らかになり、内周面と底面との角部５ｂは丸みを帯びる。これは、プローブ１１まわりの被接合部材の塑性流動性が高まったため、プローブ外周面に形成されている溝に入り込んだ被接合部材の残さが、プローブ１１の引抜工程で、プローブ引抜穴５の内周面に沿って流れ落ちるためである。

[0055] このプローブ引抜位置Ｐｐで滞留処理を実行する時間、つまり滞留時間としては、例えば、パラメータ入力処理で入力したショルダ径ｄの半分、つまりショルダ半径ｄ／２を、同じくパラメータ入力処理で入力したツール移動速度で移動した場合にかかる時間以上であることが好ましい。具体的には、ツール移動速度等によるが、例えば、２秒以上であることが好ましい。

[0056] 本実施形態では、パラメータ入力処理で、プローブ引抜位置Ｐｐでの滞留時間の入力欄３１ｋに滞留時間を入力した際、この滞留時間が、先に入力したショルダ径の半分ｄ／２を、同じく先に入力したツール移動速度で移動した場合にかかる時間未満であると、コンピュータ３３（図１２）が判断すると、このコンピュータ３３は、入力された滞留時間を受け付けないか、または、ディスプレイ３１に表示されている入力欄３１ｋ内を点滅させて、当該滞留時間が適切でない旨を警告する。

[0057] プローブ引抜工程が終了すると、被接合部材１と被接合部材２との間の接合が終了し、接合部材３が生成される。

[0058] 以上のように、本実施形態では、プローブ終点位置Ｅｐでプローブ１１を引き抜かず、プローブ終点位置Ｅｐから外れた位置でプローブ１１を引き抜いているので、接合終点Ｅｊ近傍にプローブ引抜穴が存在しなくなる。この結果、本実施形態では、接合終点Ｅｊ近傍での接合信頼性を高めることができる。

[0059] さらに、本実施形態では、プローブ始点位置Ｓｐ及びプローブ終点位置Ｅｐで滞留工程を実行しているので、プローブ始点位置Ｓｐまわり及びプローブ終点位置Ｅｐまわりでの塑性流動が進んで、摩擦攪拌接合が促進される。この結果、プローブ始点位置Ｓｐまわり及びプローブ終点位置Ｅｐまわりで

の、被接合部材１，２の界面の酸化膜４は、著しく減少又は消滅し、これらの位置での接合信頼性をより高めることができる。

[0060] また、本実施形態では、プローブ引抜位置Ｐｐでも滞留処理を実行しているので、プローブ引抜位置Ｐｐでの塑性流動性が向上し、プローブ引抜穴５の内面が滑らかで且つ鋭い角がなくなり、プローブ引抜穴５に対する応力集中を緩和することができる。

[0061] なお、本実施形態では、プローブ始点位置Ｓｐとプローブ終点位置Ｅｐの両方で、滞留処理を実行しているが、本発明は、これに限定されるものではなく、いずれか一方の位置のみで実行してもよい。例えば、接合始点Ｓｊ近傍には、大きな荷重がかからず、接合始点Ｓｊ近傍での接合強度を上げる必要性がない場合には、プローブ始点位置Ｓｐでの滞留処理は実行しなくてもよい。

[0062] さらに、本実施形態では、プローブ引抜位置Ｐｐでも滞留処理を実行しているが、このプローブ引抜位置Ｐｐ近傍での接合信頼性を上げる必要がない場合には、このプローブ引抜位置Ｐｐでの滞留処理も実行しなくてもよい。

[0063] また、本実施形態では、図１０に示すように、プローブ始点位置Ｓｐからプローブ終点位置Ｅｐへのプローブ１１の移動軌跡Ｆ上に、プローブ引抜位置Ｐｐを設定しているが、このプローブ引抜位置Ｐｐをプローブ１１の移動軌跡Ｆ上に設定する必要性はなく、例えば、図１１に示すように、プローブ１１の移動軌跡Ｆ外にプローブ引抜位置Ｐｐを設定してもよい。

[0064] また、以上の実施形態は、二つの被接合部材の重ね合わせ接合に本発明を適用したものであるが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、二つの被接合部材の突合せ接合に本発明を適用してもよい。

産業上の利用可能性

[0065] 本発明は、互いに接している二つの被接合部材の接合予定部中に回転しているプローブを入れ、該接合予定部を連続的に摩擦攪拌接合して接合部材を製造する、接合部材の製造方法であって、前記被接合部材中に接合始点を形成する際の前記プローブの位置であるプローブ始点位置から、該被接合部材

中に接合終点を形成する際の該プローブの位置であるプローブ終点位置へ、該プローブを回転させつつ移動させる主接合工程と、前記プローブ始点位置と前記プローブ終点位置とのうちの少なくとも一方の位置で、所定時間だけ前記プローブを回転させる滞留工程とを実施する接合部材の製造方法に関する。本発明によれば、プローブ始点位置まわり又はプローブ終点位置まわりでの接合信頼性をより高めることができる。

[0066] １０　ツール

１１　プローブ

１２　ショルダ部

１３　ショルダ面

２０　機構部

３０　制御部

Ｓｊ　接合始点

Ｅｊ　接合終点

Ｓｐ　プローブ始点位置

Ｅｐ　プローブ終点位置

Ｐｐ　プローブ引抜位置

請求の範囲

[請求項1] 互いに接している二つの被接合部材の接合予定部中に回転しているプローブを入れ、該接合予定部を連続的に摩擦攪拌接合して接合部材を製造する、接合部材の製造方法において、

前記被接合部材中に接合始点を形成する際の前記プローブの位置であるプローブ始点位置から、該被接合部材中に接合終点を形成する際の該プローブの位置であるプローブ終点位置へ、該プローブを回転させつつ移動させる主接合工程と、

前記プローブ始点位置と前記プローブ終点位置とのうちの少なくとも一方の位置で、所定時間だけ前記プローブを回転させる滞留工程と、

を含む接合部材の製造方法。

[請求項2] 請求項１に記載の接合部材の製造方法において、

前記所定時間は、前記プローブ始点位置から前記プローブ終点位置へ前記プローブを移動させる際の移動速度で、該プローブが設けられているツールの先端面の外径分の距離を移動できる時間以上である接合部材の製造方法。

[請求項3] 請求項１及び２のいずれか一項に記載の接合部材の製造方法において、

前記主接合工程を実施した後、前記プローブ終点位置から外れた位置であるプローブ引抜位置へ、前記プローブを回転させつつ移動させる終点位置回避工程と、

前記プローブ引抜位置で、前記プローブを前記被接合部材から引き抜く引抜工程と、

を含む接合部材の製造方法。

[請求項4] 請求項３に記載の接合部材の製造方法において、

前記プローブ引抜位置で、所定時間だけ前記プローブを回転させる引抜位置滞留工程を含む

接合部材の製造方法。

[請求項5] 請求項３及び４のいずれか一項に記載の接合部材の製造方法において、

前記終点位置回避工程では、前記接合予定部内で、前記プローブ終点位置から前記プローブ始点位置側へ所定距離戻り、該所定距離戻った位置を前記プローブ引抜位置とする接合部材の製造方法。

[請求項6] 請求項５に記載の接合部材の製造方法において、

前記終点位置回避工程では、前記プローブ終点位置の該プローブを被接合部材側へわずかに押し込んでから、該プローブの押し込み量を維持しつつ、該プローブを前記プローブ引抜位置へ移動させる接合部材の製造方法。

[請求項7] 互いに接している二つの被接合部材の接合予定部中に回転させているプローブを入れ、該接合予定部を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置において、

先端に前記プローブが設けられているツールが装着可能で、装着された該ツールを回転及び移動させる機構部と、

前記機構部の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、

前記被接合部材中に接合始点を形成する際の前記プローブの位置であるプローブ始点位置と、該被接合部材中に接合終点を形成する際の該プローブの位置であるプローブ終点位置と、該プローブ始点位置と該プローブ終点位置との少なくとも一方の位置で、前記ツールを回転させる滞留処理の時間と、を含むパラメータを受け付ける入出力手段と、

前記入出力手段が受け付けた前記制御パラメータに従って、前記機構部により、前記プローブを回転させつつ前記プローブ始点位置に位置させ、該プローブを回転させつつ前記プローブ終点位置へ移動させ

、前記プローブ始点位置と前記プローブ終点位置との前記少なくとも一方の位置で前記時間分だけ前記滞留処理を実行させる制御実行手段と、を有してい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において、

前記入出力手段は、

前記パラメータとして、前記プローブ始点位置から前記プローブ終点位置へ前記プローブを移動させる際の移動速度と、前記プローブが設けられているツールの先端面の外径と、を受け付け、

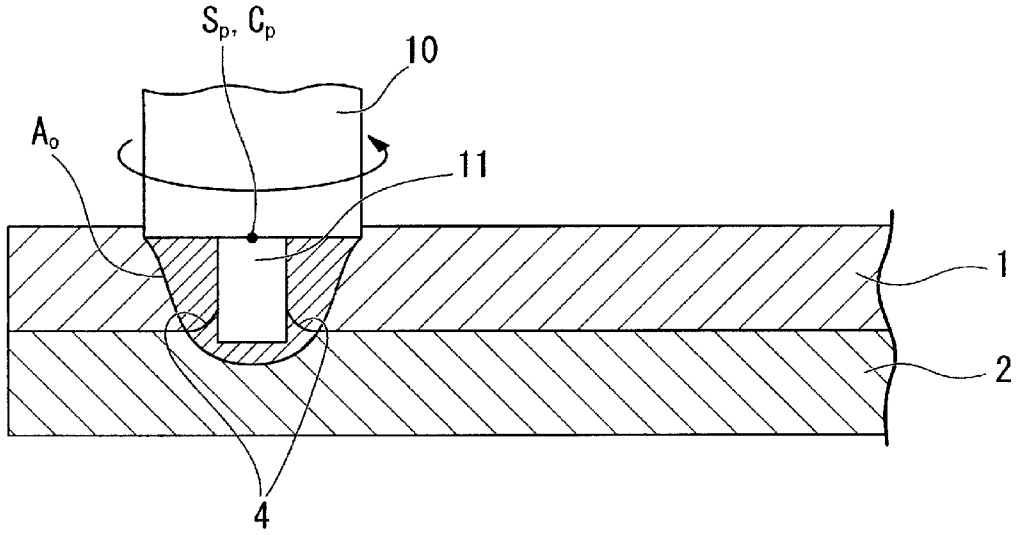
入力された前記滞留処理の前記時間が、前記移動速度で前記先端面の径を移動できる時間未満の時には、該時間の受け付けを拒否する、又は該時間が適切でない旨の警告を発する摩擦攪拌接合装置。

[請求項9] 請求項７及び８のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合装置において、

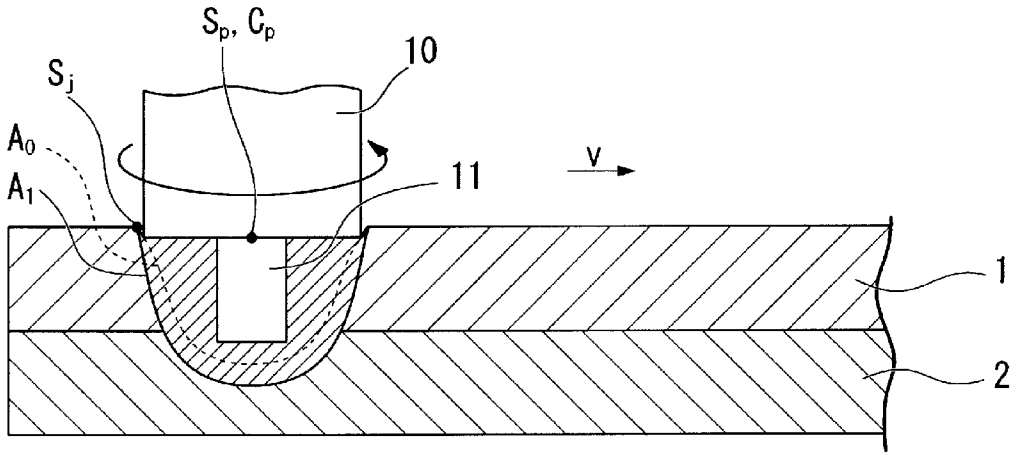
前記制御部の入出力手段は、プローブを被接合部材から引き抜くプローブ引抜位置と、該プローブ引抜位置で前記ツールを回転させる引抜位置滞留処理の時間と、を受け付け、

前記制御部の制御実行手段は、前記機構部により、前記プローブ引抜位置で前記時間分だけ前記引抜位置滞留処理を実行させる摩擦攪拌接合装置。

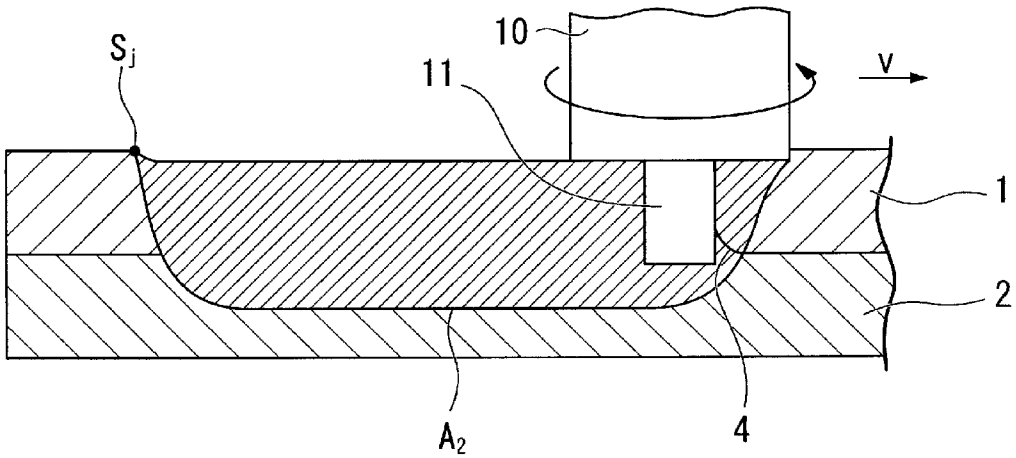
[図1]



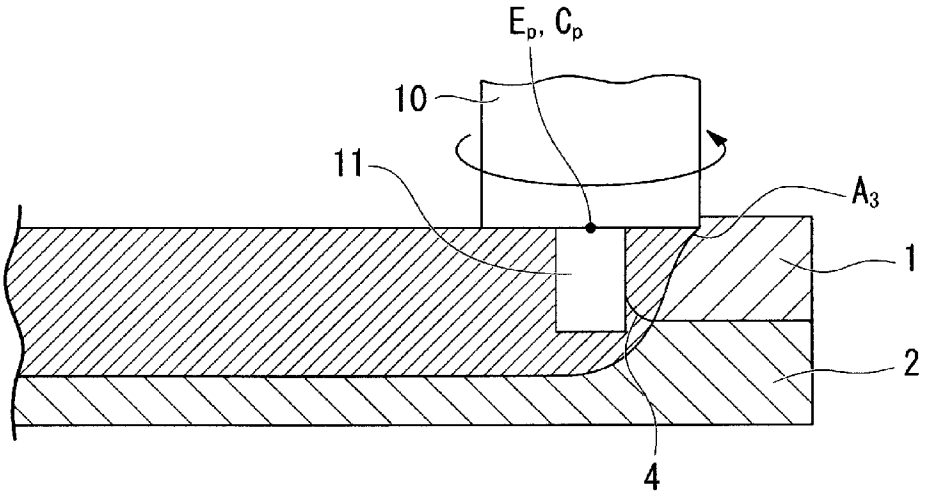
[図2]



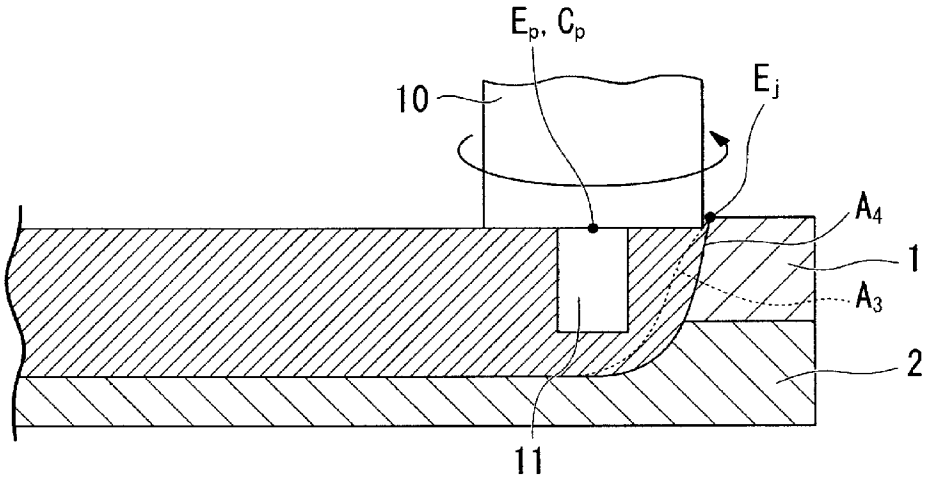
[図3]



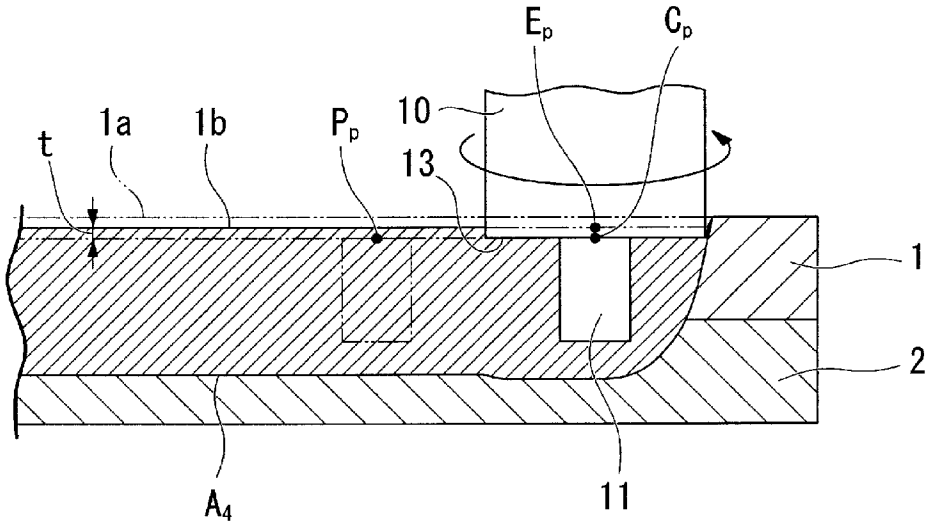
[図4]


E_p, C_p
10
11
A_3
1
2
4

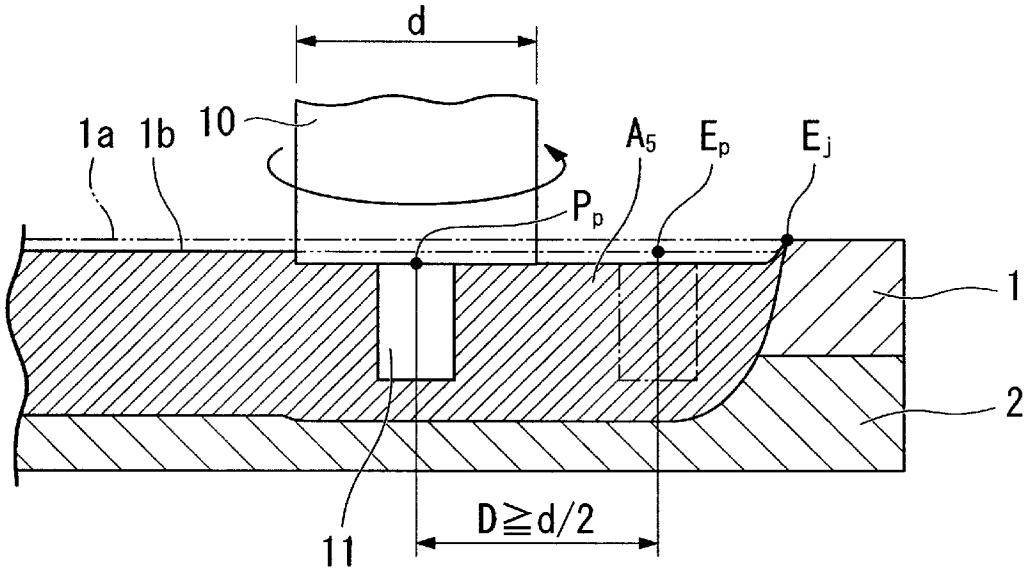
[図5]


E_p, C_p
10
E_j
A_4
1
A_3
2
11

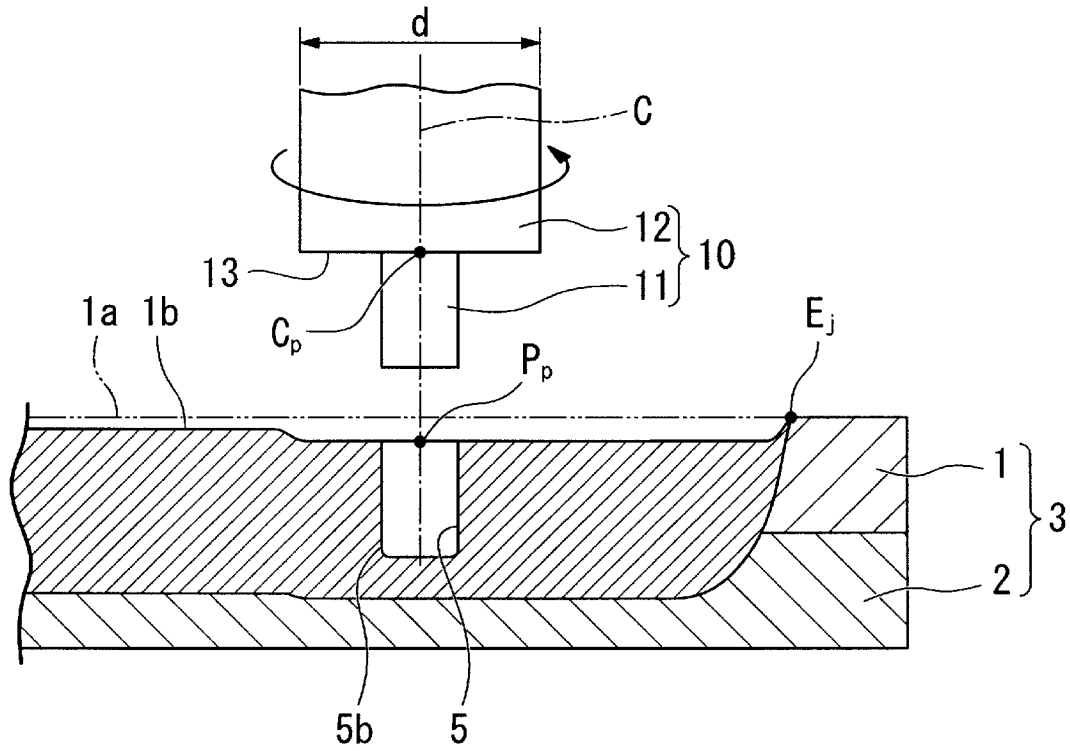
[図6]


E_p
C_p
t
1a
1b
P_p
10
13
1
2
A_4
11

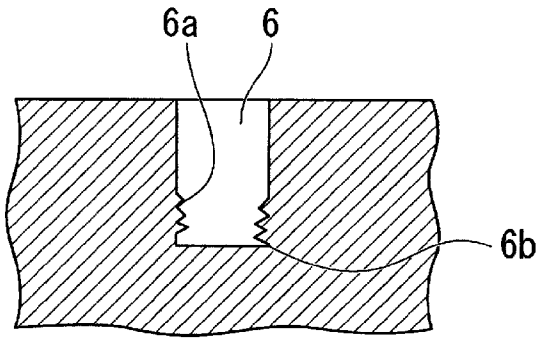
[図7]



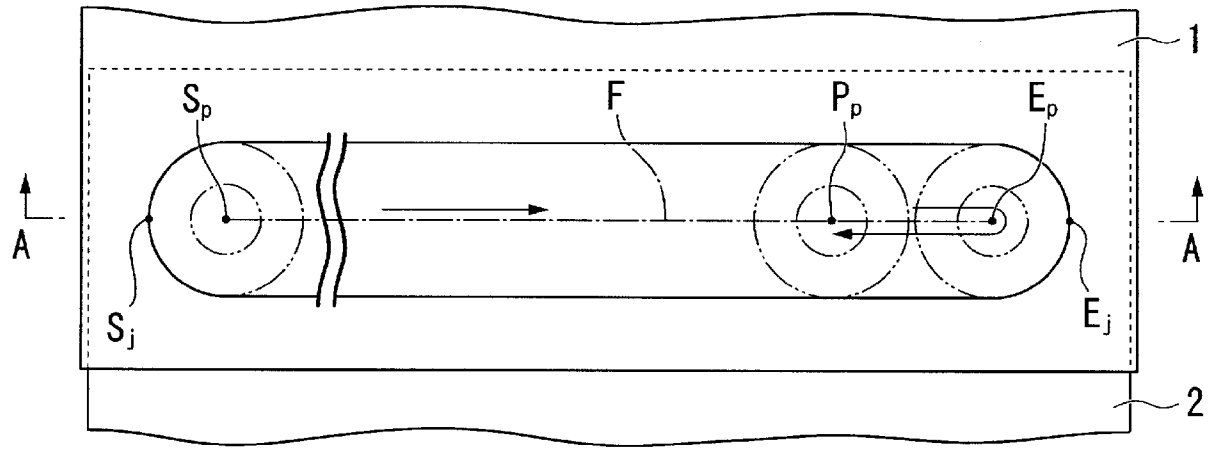
[図8]



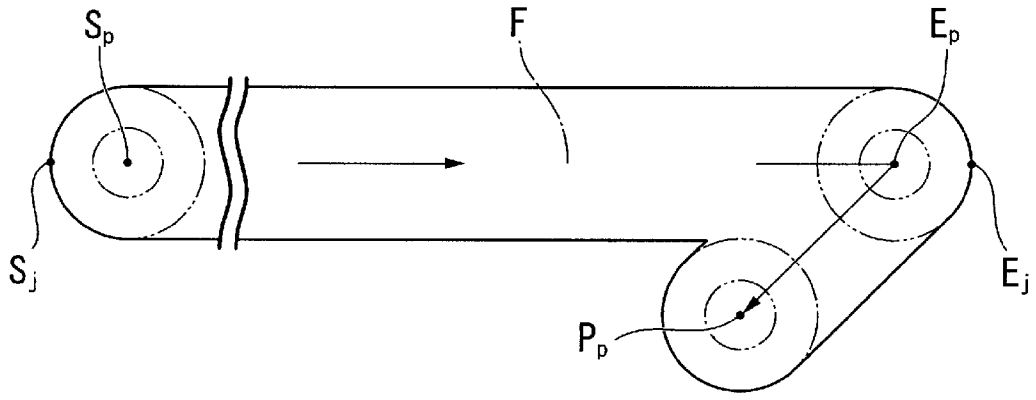
[図9]



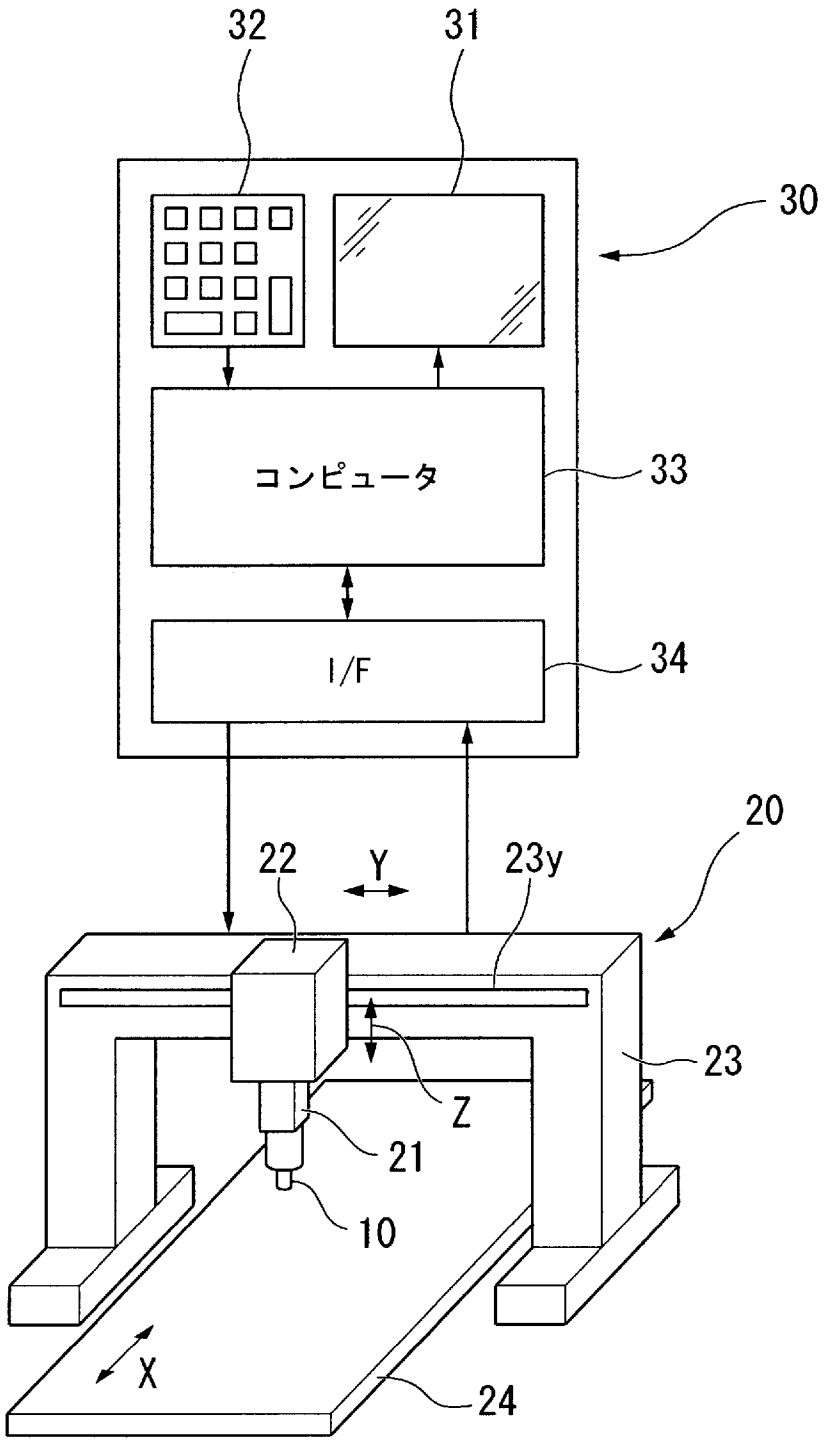
[図10]



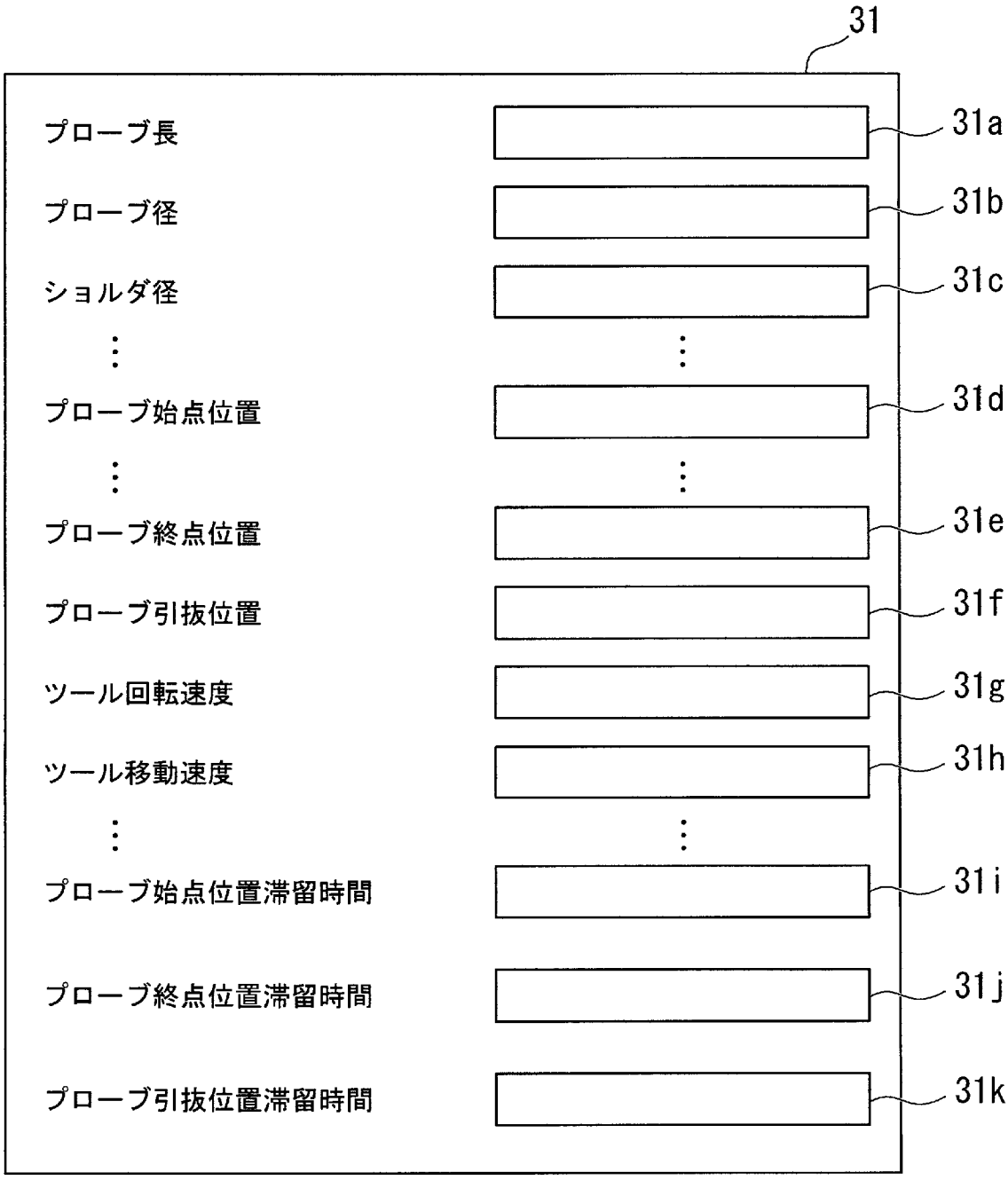
[図11]



[図12]



[図13]


31
プローブ長
31a
プローブ径
31b
ショルダ径
31c
プローブ始点位置
31d
プローブ終点位置
31e
プローブ引抜位置
31f
ツール回転速度
31g
ツール移動速度
31h
プローブ始点位置滞留時間
31i
プローブ終点位置滞留時間
31j
プローブ引抜位置滞留時間
31k

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/000204

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2003-80380 A (Hitachi, Ltd.), 18 March 2003 (18.03.2003), page 4, right column, line 46 to page 7, right column, line 21; fig. 1 to 9 & US 2003/0047584 A1 & US 2003/0047590 A1 & US 2004/0173663 A1	1,2,7,9 3-5 6,8
X A	JP 2006-7327 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 12 January 2006 (12.01.2006), page 6, line 16 to page 22, line 11; fig. 1 to 10 (Family: none)	1,7 2-6,8,9

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 April, 2010 (12.04.10)	20 April, 2010 (20.04.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/000204

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2007-289976 A (Honda Motor Co., Ltd.), 08 November 2007 (08.11.2007), page 4, line 33 to page 7, line 11; fig. 1 to 7 (Family: none)	3-5 6,8
A	JP 2002-1551 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 08 January 2002 (08.01.2002), entire text; drawings (Family: none)	1-9
A	JP 2006-26701 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 02 February 2006 (02.02.2006), entire text; drawings (Family: none)	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０００２０４

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	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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
X Y A	JP 2003-80380 A（株式会社日立製作所）2003.03.18, 第４ページ右欄第46行－第７ページ右欄第21行、及び図１－図９ & US 2003/0047584 A1 & US 2003/0047590 A1 & US 2004/0173663 A1	1，2，7，9 3-5 6，8
X A	JP 2006-7327 A（三菱重工業株式会社）2006.01.12, 第６ページ第16行－第22ページ第11行、及び図１－図10（ファミリーなし）	1，7 2-6，8，9

☑　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 １２．０４．２０１０	国際調査報告の発送日 ２０．０４．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｐ　３５０６ 松本　公一 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2007-289976 A（本田技研工業株式会社）2007.11.08, 第４ページ第33行－第７ページ第11行、及び図１－図７（ファミ	3-5
A	リーなし）	6，8
A	JP 2002-1551 A（川崎重工業株式会社）2002.01.08, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-9
A	JP 2006-26701 A（三菱重工業株式会社）2006.02.02, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-9