

(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
2024年2月8日(08.02.2024)



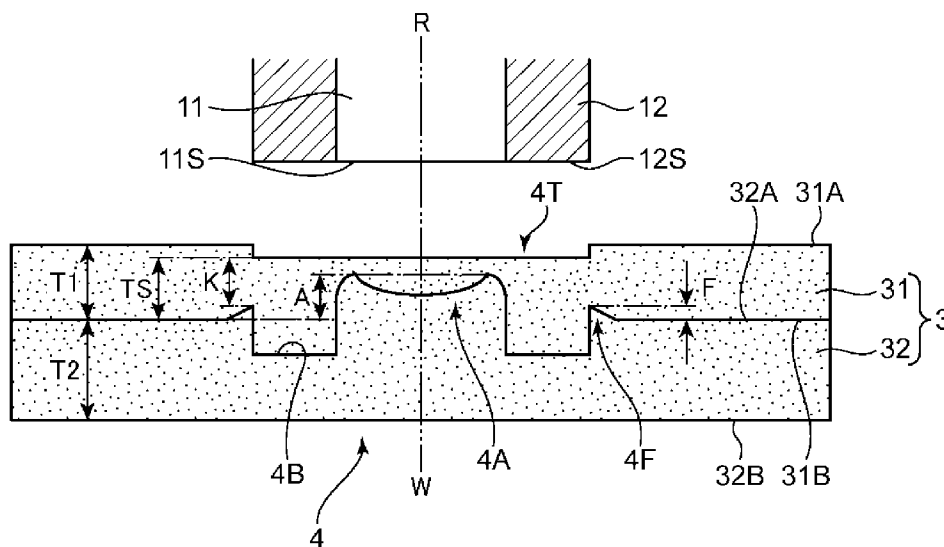
(10) 国際公開番号

WO 2024/029498 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/027992
- (22) 国際出願日: 2023年7月31日(31.07.2023)
- (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 2022-124889 2022年8月4日(04.08.2022) 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). 日産自動車株式会社 (NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 三宅将弘 (MIYAKE, Masahiro). 武岡正樹 (TAKEOKA, Naoki). 宮澤智則
- (MIYAZAWA, Tomonori); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1番1号 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 笈木大介 (OIKI, Daisuke); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1番1号 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 高立 (GAO, Li); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1番1号 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 小谷 昌崇, 外 (KOTANI, Masataka et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島2丁目2番2号 大阪中之島ビル2階 Osaka (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: WELDED BODY, METHOD FOR FRICTION STIR SPOT WELDING, AND DEVICE FOR FRICTION STIR SPOT WELDING

(54) 発明の名称: 接合体、摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置



(57) Abstract: A welded body (3) comprises an upper plate (31), a lower plate (32), and a stir-welded portion (4) in which the upper plate (31) and the lower plate (32) are welded together. The upper plate (31) has an upper plate front surface (31A) and an upper plate back surface (31B). The lower plate (32) has a lower plate front surface (32A) and a lower plate back surface (32B). The stir-welded portion (4) comprises a welding bottom surface (4B) that is the interface of the upper plate (31) and the lower plate (32), an anchor (4A) and a hooking (4F) that are bulging parts of the lower plate (32), and an indent (4T) that is a recess in the upper plate front surface (31A) of the upper plate (31).



WO 2024/029498 A1

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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))
 - 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))
-

(57) 要約：接合体 (3) は、上板 (31) と、下板 (32) と、上板 (31) と下板 (32) とが接合された攪拌接合部 (4) とを備える。上板 (31) は上板表面 (31A) と上板裏面 (31B) とを有し、下板 (32) は下板表面 (32A) と下板裏面 (32B) とを有する。攪拌接合部 (4) は、上板 (31) と下板 (32) との界面である接合底面 (4B) と、下板 (32) の一部が隆起したアンカー (4A) およびフッキング (4F) と、上板 (31) の上板表面 (31A) が窪んだインデント (4T) とを有する。

明 細 書

発明の名称：

接合体、摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置

技術分野

[0001] 本開示は、複数の金属部材が接合された接合体、複数の金属部材を接合するための摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置に関する。

背景技術

[0002] 航空機、鉄道車両又は自動車などの構造物の構成部材として、複数の金属部材が接合された接合体が用いられることがある。このような接合の手法の一つとして、摩擦攪拌点接合方法が知られている。

[0003] 特許文献1には、同軸に配置されたプローブ、内側ショルダ部材および外側ショルダ部材を備えた複動式の回転ツールを用いて、3枚の金属部材を摩擦攪拌点接合することによって接合体を形成する接合方法が開示されている。内側ショルダ部材は円柱状のプローブを内包する円筒形状を有し、外側ショルダ部材は内側ショルダ部材を内包する円筒形状を有する。この技術では、点接合される3枚の金属部材の重なり部に、プローブおよび内側ショルダ部材を互いの先端面が面一とされた状態で1枚目および2枚目の界面付近まで先行して圧入して摩擦攪拌を行うと共に、プローブを内側ショルダ部材から突出させて2枚目および3枚目の界面付近まで更に圧入することで、前記重なり部に3枚の金属部材を点接合する攪拌接合部が形成される。

[0004] 摩擦攪拌点接合によって接合された接合体では、僅かではあるが突発的な破断が発生する場合がある。当該破断には、接合体の内部において隣接する金属部材同士の界面に沿って破断が進行する界面破断と、接合体の外表面に向かって前記界面と交差するように破断が進行するプラグ破断とがある。このような破断が製造段階で突発的に発生した場合には、製造後の品質確認段階において破断が発生した接合体を精度良く抽出する必要があるため、外部からその破断が視認できることが望ましい。しかしながら、特許文献1に記

載されたような従来の接合体では、接合体においてプラグ破断および界面破断の発生をコントロールすることが難しいという問題があった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2006-320924号公報

発明の概要

[0006] 本開示の目的は、破断モードとして、不安定な界面破断の発生を低減し、プラグ破断に制御することが可能な接合体、摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置を提供することにある。

[0007] 本開示の一の局面に係る接合体は、金属からなり第1表面と第1裏面とを有する第1部材と、金属からなり第2表面と第2裏面とを有する第2部材とであって前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように配置される第2部材と、前記第1部材と前記第2部材とが摩擦攪拌接合によって接合された接合部と、を備える。前記接合部は、前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い位置に生じる前記第1部材と前記第2部材とのリング状の界面である接合底面と、前記接合底面の径方向内側において、前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部と、前記接合底面の径方向外側において、前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部と、前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され、前記第1表面の一部が窪んだ窪み部と、を有する。

[0008] また、本開示の他の局面に係る摩擦攪拌点接合方法は、それぞれ金属からなり、第1表面および第1裏面を有する第1部材と第2表面および第2裏面を有する第2部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合方法である。当該摩擦攪拌点接合方法は、ピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダを含む摩擦攪拌点接合装置を準備することと、前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部

材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように、前記第1部材および前記第2部材を配置することと、前記ピンおよび前記ショルダを前記重なり部に対向して配置することと、前記ピンを前記第1表面に対して退避させた状態で、前記ショルダを前記重なり部において前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記第1部材と前記第2部材との界面である接合底面を形成することと、前記接合底面を形成した後、前記ショルダを前記圧入位置から退避させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第1表面の一部が窪んだ窪み部を形成することと、前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径方向内側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成することと、を備える。

[0009] また、本開示の他の局面に係る摩擦攪拌点接合装置は、それぞれ金属からなり、第1表面および第1裏面を有する第1部材と第2表面および第2裏面を有する第2部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合装置である。当該摩擦攪拌点接合装置は、中心軸を有するピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダとを含む接合ツールと、前記接合ツールを前記中心軸回りに回転させることが可能な回転機構と、前記ピンおよび前記ショルダを前記中心軸が延びる方向にそれぞれ独立して移動させることが可能な移動機構と、前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する制御部と、を備える。前記制御部は、前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように前記第1部材および前記第2部材が配置され、かつ、前記ピンおよび前記ショルダが前記重なり部に対向して配置された状態で、前記ピンを前記第1表面に対して退避させ、前記ショルダを前記重なり

部において前記第 1 表面を基準として前記第 2 表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記ショルダによって前記第 1 部材と前記第 2 部材との界面である接合底面を形成し、更に、前記接合底面の形成後に前記ショルダを前記圧入位置から退避させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、前記第 1 部材および前記第 2 部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第 1 表面の一部が窪んだ窪み部を形成し、更に、前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径方向内側において前記第 2 部材の一部が前記接合底面を基準として前記第 2 表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第 2 部材の一部が前記接合底面を基準として前記第 2 表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成するように、前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する。

[0010] 本開示によれば、破断モードとして、不安定な界面破断の発生を低減し、プラグ破断に制御することが可能な接合体、摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]図 1 は、本開示に係る摩擦攪拌点接合装置の構成を示す模式図である。
- [図2]図 2 は、摩擦攪拌点接合用ツールを用いた場合において、ショルダを先行して接合部材の重なり部に圧入させるショルダ先行プロセスを示す図である。
- [図3]図 3 は、本開示の一実施形態に係る摩擦攪拌点接合方法の工程チャートを示す図である。
- [図4]図 4 は、本開示の一実施形態に係る接合体のアンカー、フッキングおよびインデントを説明するための模式的な断面図である。
- [図5]図 5 は、本開示の一実施形態に係る接合体のインデントを形成する際のピンおよびショルダの配置を示す模式的な断面図である。
- [図6]図 6 は、接合体の破断モードを説明するための模式的な断面図である。
- [図7]図 7 は、接合体に界面破断が発生した場合において、上板および下板を

引き剥がした状態の画像である。

[図8]図8は、接合体にプラグ破断が発生した場合において、上板および下板を引き剥がした状態の画像である。

[図9]図9は、本開示の一実施形態に係る摩擦攪拌点接合方法における接合時間とショルダ押込み量との関係を示すグラフである。

[図10]図10は、本開示に係る接合体におけるアンカー高さとの関係を示すグラフである。

[図11]図11は、本開示に係る接合体におけるアンカー高さとの関係を示すグラフである。

[図12]図12は、本開示に係る接合体におけるフッキング高さとの関係を示すグラフである。

[図13]図13は、本開示に係る接合体における下板へのショルダ圧入量との関係を示すグラフである。

[図14]図14は、本開示に係る接合体における下板へのショルダ圧入量との関係を示すグラフである。

[図15]図15は、本開示に係る接合体においてショルダ圧入量を変化させた場合のアンカー高さおよびフッキング高さを示す断面画像である。

[図16]図16は、本開示に係る接合体における有効距離との関係を示すグラフである。

[図17]図17は、接合体に対して引張せん断試験を行った際の変位と荷重との関係を示すグラフである。

[図18]図18は、図17に示すグラフに対応する接合体の破断状態を示す断面画像である。

[図19]図19は、本開示に係る接合体におけるアンカー高さとの関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面に基づいて、本開示の実施形態を詳細に説明する。本開示に係る摩擦攪拌点接合方法は、金属製のプレート、フレーム、外装材或いは柱状

材等の構造材を、二つ以上重ね合わせて点接合してなる各種接合体の製造に適用することができる。製造される接合体は、例えば、航空機、鉄道車両又は自動車などの構造物の構成部材となる。

[0013] [摩擦攪拌点接合装置の構成]

図1は、本開示の一実施形態に係る摩擦攪拌点接合装置Mの構成を示す模式図である。摩擦攪拌点接合装置Mは、上板31と下板32とを摩擦熱で軟化させることによって接合する。摩擦攪拌点接合装置Mは、摩擦攪拌点接合用のツール1と、ツール1を回転及び昇降駆動するツール駆動部2と、ツール駆動部2の動作を制御するコントローラCとを含む。なお、図1には「上」「下」の方向表示を付しているが、これは説明の便宜のためであり、実際のツール1の使用方向を限定する意図ではない。

[0014] ツール1は、ツール固定部によって支持される。前記ツール固定部は、例えば多関節ロボットの先端部とすることができる。ツール1の下端面に対向して、バックアップ15が配置されている。ツール1とバックアップ15との間には、接合対象となる少なくとも二つの金属部材が配置される。図1では、平板プレートからなる上板31の一部と、同じく平板プレートからなる下板32の一部とが上下方向に重なり合った重なり部30が、ツール1とバックアップ15との間に配置されている例を示している。なお、ツール1は、本開示の接合ツールに相当する。

[0015] ツール1は、所定の軸方向に沿って延びるピン11と、ショルダ12と、クランプ13と、スプリング14とを含む。ピン11は円柱状に形成されており、その中心軸が上下方向に延びるように配されている。ピン11は、前記軸心を回転軸Rとして回転可能であり、且つ、回転軸Rに沿って上下方向に昇降、つまり進退可能である。なお、ツール1の使用時には、回転軸Rと重なり部30における点接合位置Wとが位置合わせされる。ツール1は、ピン11およびショルダ12が独立して移動する複動式のツールである。

[0016] ショルダ12は、ピン11が内挿される中空部を備え、円筒状に形成された部材である。ショルダ12の軸心は、回転軸Rであるピン11の軸心と同

軸上にある。ショルダ 12 は、回転軸 R 回りに回転し、且つ、回転軸 R に沿って上下方向に昇降、つまり進退する。ショルダ 12 と、前記中空部に内挿されたピン 11 とは、共に回転軸 R の軸回りに回転しつつ、回転軸 R 方向に相対移動する。すなわち、ピン 11 及びショルダ 12 は、回転軸 R に沿って同時に昇降するだけでなく、一方が下降し他方が上昇するという独立移動を行う。

[0017] クランプ 13 は、ショルダ 12 が内挿される中空部を備え、円筒状に形成された部材である。クランプ 13 の軸心も、回転軸 R と同軸上にある。クランプ 13 は、軸回りに回転はしないが、回転軸 R に沿って上下方向に昇降、つまり進退する。クランプ 13 は、ピン 11 又はショルダ 12 が摩擦攪拌を行う際に、これらの外周を囲う役目を果たす。クランプ 13 の囲いによって、摩擦攪拌材料を四散させず、摩擦攪拌点接合部分を平滑に仕上げることができる。

[0018] スプリング 14 は、クランプ 13 の上端側に取り付けられ、クランプ 13 を重なり部 30 に向かう方向である下方に付勢している。クランプ 13 は、スプリング 14 を介して、前記ツール固定部に取り付けられている。バックアップ 15 は、接合対象（重なり部 30）の下面側を支持する支持面 15A（図 1）を備える。バックアップ 15 は、ピン 11 又はショルダ 12 が重なり部 30 に圧入される際に、当該重なり部 30 を支持する裏当て部材である。スプリング 14 で付勢されたクランプ 13 は、重なり部 30 をバックアップ 15 に押し当てる。

[0019] ツール駆動部 2 は、回転駆動部 21、ピン駆動部 22、ショルダ駆動部 23 及びクランプ駆動部 24 を含む。回転駆動部 21 は、モーター及び駆動ギア等を含み、ピン 11 及びショルダ 12 を回転軸 R 回りに回転駆動する。回転駆動部 21 は、本開示の回転機構に相当する。ピン駆動部 22 は、回転軸 R に沿ってピン 11 を進退移動、つまり昇降させる機構である。ピン駆動部 22 は、ピン 11 の重なり部 30 への圧入並びに重なり部 30 からの退避を行うように、ピン 11 を駆動する。ショルダ駆動部 23 は、回転軸 R に沿っ

てショルダ 1 2 を進退移動させる機構であって、ショルダ 1 2 の重なり部 3 0 への圧入並びに退避を行わせる。なお、ピン駆動部 2 2 およびショルダ駆動部 2 3 は、ピン 1 1 およびショルダ 1 2 を前記中心軸が延びる軸方向にそれぞれ独立して移動させることが可能な、本開示の移動機構に相当する。クランプ駆動部 2 4 は、回転軸 R に沿ってクランプ 1 3 を進退移動させる機構である。クランプ駆動部 2 4 は、クランプ 1 3 を重なり部 3 0 に向けて移動させ、重なり部 3 0 をバックアップ 1 5 に押圧させる。この際、スプリング 1 4 の付勢力が作用する。

[0020] コントローラ C は、マイクロコンピュータ等からなり、所定の制御プログラムを実行することで、ツール駆動部 2 の各部の動作を制御する。具体的にはコントローラ C は、回転駆動部 2 1 を制御して、ピン 1 1 及びショルダ 1 2 に所要の回転動作を行わせる。また、コントローラ C は、ピン駆動部 2 2 、ショルダ駆動部 2 3 及びクランプ駆動部 2 4 を制御して、ピン 1 1 、ショルダ 1 2 及びクランプ 1 3 に、所要の進退移動動作を行わせる。コントローラ C は、本開示の制御部に相当する。

[0021] [ツールの使用方法]

続いて、本実施形態で例示しているツール 1 の使用方法について説明する。摩擦攪拌点接合装置 M の使用方法としては、大略的に、ツール 1 のピン 1 1 を先行して接合部材の重なり部へ圧入させるピン先行プロセスと、ショルダ 1 2 を先行して接合部材の重なり部へ圧入させるショルダ先行プロセスとがある。このうち、本実施形態では、ショルダ先行プロセスが採用される。

[0022] 図 2 は、前記ショルダ先行プロセスによる摩擦攪拌点接合方法のプロセス P 1 1 ~ P 1 4 を示す図である。図 3 は、本実施形態に係る摩擦攪拌点接合方法の工程チャートを示す図である。図 3 では、上板 3 1 と下板 3 2 との重なり部 3 0 を、摩擦攪拌点接合する場合のプロセスを簡略的に示している。図 4 は、本実施形態に係る接合体 3 のアンカー、フッキングおよびインデントを説明するための模式的な断面図である。

[0023] 上板 3 1 は、金属からなり、上板表面 3 1 A と上板裏面 3 1 B とを有する

(図1)。上板表面31Aは、上板31の表面であり、図1では上板31の上面に相当する。同様に、上板裏面31Bは、上板31の裏面であり、図1では上板31の下面に相当する。上板表面31Aは本開示の第1表面に相当し、上板裏面31Bは本開示の第1裏面に相当する。また、一例として、上板31はアルミニウム合金である。なお、上板31は、展伸材、鋳物でもよい。また、上板31には、化成処理や電着塗装などが施されていてもよい。

[0024] 下板32は、金属からなり、下板表面32Aと下板裏面32Bとを有する(図1)。下板表面32Aは、下板32の表面であり、図1では下板32の上面に相当する。同様に、下板裏面32Bは、下板32の裏面であり、図1では下板32の下面に相当する。下板表面32Aは本開示の第2表面に相当し、下板裏面32Bは本開示の第2裏面に相当する。また、一例として、下板32は、高張力鋼である。なお、下板32は、軟鋼、ホットスタンプ鋼でもよい。また、下板32には、非メッキ処理、亜鉛メッキ処理、Al-Siメッキ処理、化成処理、電着塗装などが施されていてもよい。また、上板31と下板32との間には、接着剤やシーリング材が介在してもよい。なお、上記のように、上板31がアルミニウム合金であり、下板32が高張力鋼であることから、上板31の融点は下板32の融点よりも低く設定されることとなる。

[0025] 摩擦攪拌点接合を行うにあたって、まず、上板31および下板32によって重なり部30を形成する(図3のステップS1)。重なり部30では、下板表面32Aの少なくとも一部が上板裏面31Bに当接し、上板31と下板32とが重なり合うように配置される。

[0026] 次に、ツール1が所定の位置に配置されるとともに、回転される(図3のステップS2)。具体的に、まず上板31及び下板32の重なり方向、つまり上下方向にツール1の回転軸Rが平行になるように、重なり部30にツール1が対向して配置される。なお、この対向して配置される態様について、ツール1の回転軸Rが上下方向に対して傾斜するように配置されるものでもよい。本実施形態では、回転軸Rが、予め定められた点接合位置Wに位置合

わせされた状態で、ツール1の下端面が上板31の上板表面31Aに当接される。また、クランプ13は、スプリング14の付勢力を伴って、重なり部30をバックアップ15（図1）に押圧する。このようにツール1の下端面が上板31の上板表面31Aに当接した状態で、コントローラCが回転駆動部21を制御してピン11及びショルダ12を回転軸R回りに所定の回転数で回転させる（図2のプロセスP11）。この回転により、重なり部30におけるピン11及びショルダ12が当接している領域が摩擦によって予熱される。すなわち、図2のプロセスP11は、重なり部30の予熱工程を示している。

[0027] 次に、ピン11が重なり部30から退避した状態でショルダ12が重なり部30に圧入される圧入工程が行われる（図2のプロセスP12、図3のステップS3）。この工程では、コントローラCが、ツール1の回転を維持しながら、ショルダ駆動部23を制御してショルダ12を図2のプロセスP12の白抜き矢印のように下降させて重なり部30へ圧入させる一方、ピン駆動部22を制御してピン11を同白抜き矢印のように上昇、つまり退避させる。なお、クランプ13は不動である。ショルダ12は、重なり部30において上板表面31Aを基準として下板表面32Aよりも深い圧入位置まで圧入される（図2）。この結果、後記の接合底面4B（図4）が形成される。また、この動作により、図2の矢印b1で示すように、ショルダ12の圧入領域の材料が攪拌され、前記圧入によって重なり部30から溢れ出した溢れ出し材料OFが、ピン11の退避によって生じた、ショルダ12の中空空間に逃がされる。この結果、後記のアンカー4A（図4）の基礎となる部分および後記のフッキング4Fが形成される。なお、圧入工程では、ピン11、ショルダ12およびクランプ13の全体に対して軸方向に沿って加圧力、すなわち、圧入加圧力が付与される。一方、クランプ13には、当該クランプ13をバックアップ15に向かって押し付ける加圧力が付与される。この結果、ツール1が接合体3に向かって押し込まれる加圧力は、圧入加圧力からクランプの加圧力を差し引いた力に相当する。

[0028] 次に、コントローラCは、ツール1の回転を維持しながら、ショルダ駆動部23を制御してショルダ12を図2のプロセスP13の白抜き矢印のように前記圧入位置から退避させるとともに、ピン駆動部22を制御してピン11を同白抜き矢印のように重なり部30に進入するように下降させる（図2のプロセスP13、図3のステップS4）。この工程は、溢れ出し材料OFの埋め戻し工程を示している。当該工程では、コントローラCが、ショルダ駆動部23を制御してショルダ12を上昇させる一方で、ピン駆動部22を制御してピン11を下降させる。ピン11の下降により、矢印b2で示すように、前記中空空間に逃がされた溢れ出し材料OFが、ショルダ12の圧入領域に埋め戻される。

[0029] 次に、重なり部30にならし処理を施す、ならし工程が行われる（図2のプロセスP14、図3のステップS5）。当該工程では、コントローラCが、ピン駆動部22およびショルダ駆動部23を制御して、ピン11の下端面及びショルダ12の下端面を上板31の上板表面31Aよりも低い位置に配置した状態で両者を回転させ、点接合部分を平滑化する。この結果、後記のインデント4T（図4）が形成される。以上のプロセスにより、上板31と下板32とが接合された攪拌接合部4（図1）が形成される。攪拌接合部4は、本開示の接合部に相当する。

[0030] [接合体の構造]

上記のような摩擦攪拌点接合によって形成された接合体3の攪拌接合部4は、接合底面4Bと、アンカー4Aと、フッキング4Fと、インデント4Tとを有する。

[0031] 接合底面4Bは、ショルダ12に加圧されることで上板表面31Aを基準として下板表面32Aよりも深い位置に生じる、上板31と下板32との界面である。回転軸Rに沿って見た場合、接合底面4Bは、ショルダ12のショルダ下面部12Sに対応するリング形状を有する。なお、当該リング形状は、2つの正円からなるものに限定されるものではなく、摩擦攪拌点接合の条件に応じて異形となることがある。換言すれば、接合底面4Bは平面視に

において略リング形状を有する。

[0032] アンカー4 Aは、接合底面4 Bの径方向内側において、下板3 2の一部が接合底面4 Bを基準として下板表面3 2 Aよりも高い位置まで隆起した隆起部である。アンカー4 Aは、前記圧入工程において重なり部3 0からショルダ1 2の中空空間に溢れ出した溢れ出し材料O Fが、前記埋め戻し工程において、その上端部をピン1 1によって押しつぶされることで形成される。アンカー4 Aは、本開示の内側隆起部に相当する。

[0033] フッキング4 Fは、接合底面4 Bの径方向外側において、下板3 2の一部が接合底面4 Bを基準として下板表面3 2 Aよりも高い位置まで隆起した隆起部である。前述のように、前記圧入工程では、下板3 2の溢れ出し材料O Fがショルダ1 2の中空空間に溢れ出すが、ショルダ1 2の径方向外側においても、ショルダ1 2の圧入によって下板3 2の一部が押し上げられ、フッキング4 Fが形成される。フッキング4 Fは、本開示の外側隆起部に相当する。

[0034] インデント4 Tは、上板3 1および下板3 2の重なり方向、すなわち、上下方向において、接合底面4 Bおよびアンカー4 Aに対向して配置され、上板3 1の上板表面3 1 Aの一部が窪んだ窪み部に相当する。

[0035] 図5は、本実施形態に係る接合体3のインデントを形成する際のピン1 1およびショルダ1 2の配置を示す模式的な断面図である。本実施形態では、接合底面4 Bの形成後にショルダ1 2を回転させながら前記圧入位置から退避させ、前述のならし工程（図2のプロセスP 1 4、図3のステップS 5）において、図5に示すように、コントローラCが、ピン1 1のピン下面部1 1 Sおよびショルダ1 2のショルダ下面部1 2 Sを上板表面3 1 Aよりも上板裏面3 1 B側の位置に配置することで、攪拌接合部4における任意の位置にインデント4 Tを形成することができる。なお、ショルダ下面部1 2 Sは、ショルダ1 2の先端面に相当する。

[0036] 以上のように、本実施形態では、摩擦攪拌点接合装置MのコントローラCが、攪拌接合部4においてアンカー4 A、接合底面4 B、フッキング4 Fお

よびインデント4 Tを形成するようにツール駆動部2を制御しながら、上板3 1および下板3 2を接合する。

[0037] 再び、図4を参照して、攪拌接合部4における各特性値の定義について説明する。上板3 1および下板3 2の重なり方向（上下方向）において、上板3 1の厚さが上板厚さT 1、下板3 2の厚さが下板厚さT 2と定義される。また、フッキング4 Fの頂部からインデント4 Tの底部までの重なり方向における距離が、有効距離Kと定義される。また、下板表面3 2 Aからアンカー4 Aの頂部までの重なり方向における距離が、アンカー高さAと定義される。アンカー高さAは、本開示の内側隆起部高さに相当する。更に、上板裏面3 1 Bからインデント4 Tの底部までの重なり方向における距離が、基準距離T Sと定義される。また、上板裏面3 1 Bからフッキング4 Fの頂部までの重なり方向における距離が、フッキング高さFと定義される。

[0038] <請求項1、6、8>

[作用効果]

本実施形態に係る接合体3、摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置Mでは、以下のような作用効果が奏される。

[0039] 本実施形態では、上板3 1および下板3 2が接合される攪拌接合部4が、接合底面4 B、アンカー4 A、フッキング4 Fおよびインデント4 Tを有している。ショルダ1 2によって接合底面4 Bを形成することで、上板裏面3 1 B（下板表面3 2 A）よりも下方まで上板3 1の一部が食い込むように配置される。また、接合底面4 Bの径方向内側では、下板3 2の一部が、アンカー4 Aとして上板裏面3 1 Bよりも上方まで隆起して配置される。更に、接合底面4 Bの径方向外側では、下板3 2の一部がフッキング4 Fとして上板裏面3 1 Bよりも上方まで隆起して配置される。この結果、上板3 1および下板3 2が食い込みあい、上板3 1と下板3 2とを強固に接合し、その強度を高めることができる。

[0040] このような接合体3では、突発的または経時的な変化によって稀に破断が生じることがある。図6は、接合体3の破断モードを説明するための模式的

な断面図である。プラグ破断は上板 3 1 および下板 3 2 の重なり方向に沿って生じる破断であり、界面破断は上板 3 1 と下板 3 2 との界面に沿って生じる破断である。図 7 は、接合体 3 に意図して界面破断を発生させた場合における上板 3 1 および下板 3 2 を引き剥がした状態の攪拌接合部 4 の画像である。図 8 は、接合体 3 にプラグ破断が発生した場合において上板 3 1 および下板 3 2 を引き剥がした状態の攪拌接合部 4 の画像である。

[0041] 本実施形態では、図 6 に示すように、接合底面 4 B の上方にインデント 4 T を形成することで、上板表面 3 1 A の断面が不連続となり、インデント 4 T の端部（角部）とフッキング 4 F の頂部との間に意図的に最弱部分を配置することができる。このため、接合体 3 の製造後、突発的または経時的な何らかの原因によって攪拌接合部 4 に破断が発生することがあっても、上記の最弱部分に応力を集中させることでプラグ破断の発生を優先させ、界面破断の発生を抑制することができる。更に、本実施形態では、アンカー 4 A およびフッキング 4 F がそれぞれ上板 3 1 側に食い込んでいるため、図 7 のような上板 3 1 と下板 3 2 との界面における不安定な界面破断を防ぎ、安定的に図 8 のようなプラグ破断を得ることができる。したがって、攪拌接合部 4 における破断の発生を外部から視認することが可能となり、その発見、対応を容易かつ速やかに行うことができる。

[0042] なお、本実施形態では、前述のなりし工程において、ピン 1 1 のピン下面部 1 1 S およびショルダ 1 2 のショルダ下面部 1 2 S が、上板表面 3 1 A と上板裏面 3 1 B との間の位置、より詳しくは、上板表面 3 1 A の近傍に配置される。このため、攪拌接合部 4 にインデント 4 T を確実かつ安定して形成することができる。

[0043] なお、本実施形態では、後記の実施例において詳述するように、有効距離 K が基準距離 T S の 77.0% 以下であることが望ましい。この場合、インデント 4 T の端部（角部）とフッキング 4 F の頂部との間の最弱部分に応力を一層集中させることで、プラグ破断の発生を優先させ、界面破断の発生を抑制することができる。

[0044] また、アンカー高さAは基準距離TSの55.3%以上100%未満であることが望ましい。この場合、上板31と下板32とを更に強固に接合し、その強度を高めることができる。また、上板31と下板32との界面における不安定な界面破断を一層防ぎ、安定的にプラグ破断を得ることができる。

[0045] 更に、本実施形態では、上板31および下板32として、上板31の融点が下板32の融点よりも低いものをそれぞれ用いている。この場合、相対的に融点が高い上板31に対して、摩擦攪拌点接合によって下板32の一部がより高い位置まで食い込むことができるため、アンカー4Aおよびフッキング4Fをより安定して形成することができる。

実施例

[0046] 次に、本開示に係る接合体、摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置について、実施例を用いて更に詳述する。なお、本開示はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0047] <インデントの形成について>

本開示に係る摩擦攪拌点接合方法においてインデントの形成について確認実験を行った。当該実験の実験条件1を以下に示す。

[0048] (実験条件1)

・ピン11の外径：3mm、ショルダ12の外径：5mm、クランプ13の加圧荷重（クランプ加圧力）：7kN、ツール1の回転速度：2000rpm、ショルダ12を圧入する際の加圧力（圧入加圧力）：13kN。

・上板31：上板厚さT1が1.1mmの6000系アルミニウム合金、下板32：下板厚さT2が1.2mmの1.2GPa級超高張力鋼。

・アンカー高さA／基準距離TS：55.3%～95.7%。なお、アンカー高さA／上板厚さT1では、40%～80%。

[0049] 図9は、上記の実験における接合時間とショルダ押し込み量との関係を示すグラフである。図9の縦軸では、上板31の上板表面31Aの位置をゼロとして、ショルダの押し込み量を示している。また、横軸の接合時間については、接合作業の準備としてツール1を重なり部30に接近させるエアカット工

程が含まれているため、実際の接合作業は図9の0.5sec付近から開始される。なお、図9では、アンカー4Aの高さが異なる3つの条件におけるデータが示されており、前述の基準距離TSに対するアンカー高さAの割合として、55.3%、75.8%、95.7%の3つの条件の結果が示されている。

[0050] 図9のいずれのデータにおいても、接合作業の開始後1秒付近からショルダ12が上板表面31Aから押し込まれ、最大押し込み位置、すなわち圧入位置まで押し込まれた後、当該圧入位置から退避される。そして、上板表面31Aと上板裏面31Bとの間の位置、図9では上板表面31Aに対する押し込み量が約0.05mmの位置において、前述のならし工程が行われることで、インデント4Tが形成されることを確認することができた。

[0051] <アンカー高さ と破断モードとの関係>

次に、アンカー高さが異なる接合体3をそれぞれ製造し、各接合体3において発生する破断モードについて評価を行った。実験条件は、前述の実験条件1と同じであり、接合体3に対してJISZ3136に準拠した引張試験を行うことで、プラグ破断および界面破断のいずれが発生するかをそれぞれ確認した。表1～表5は、アンカー高さA／基準距離TSをパーセント表示したのに対して、それぞれの引張強度および確認した破断モードを示す。なお、各表において、カッコ内はアンカー高さA／上板厚さT1をパーセント表示したものである。

[0052]

[表1]

A/TS(A/T1)%	引張強度(kN)	破断モード
0(0)	2.67	界面
0(0)	2.61	界面
0(0)	2.76	プラグ
0(0)	2.79	プラグ
0(0)	2.71	プラグ
0(0)	2.68	プラグ
0(0)	2.72	プラグ
0(0)	2.77	プラグ
0(0)	2.68	プラグ
0(0)	2.67	プラグ

[0053] [表2]

A/TS(A/T1)%	引張強度(kN)	破断モード
34.4(20)	2.82	界面
34.4(20)	2.82	プラグ
34.4(20)	2.72	プラグ
34.4(20)	2.79	プラグ
34.4(20)	2.76	プラグ
34.4(20)	2.79	プラグ
34.4(20)	2.82	プラグ
34.4(20)	2.85	プラグ
34.4(20)	2.85	界面
34.4(20)	2.85	プラグ

[0054]

[表3]

A/TS(A/T1)%	引張強度(kN)	破断モード
55.3(40)	2.72	プラグ
55.3(40)	3.01	プラグ
55.3(40)	2.91	プラグ
55.3(40)	2.69	プラグ
55.3(40)	2.92	プラグ
55.3(40)	2.88	プラグ
55.3(40)	2.85	プラグ
55.3(40)	2.94	プラグ
55.3(40)	2.72	プラグ
55.3(40)	3.12	プラグ

[0055] [表4]

A/TS(A/T1)%	引張強度(kN)	破断モード
75.8(60)	2.68	プラグ
75.8(60)	2.86	プラグ
75.8(60)	2.87	プラグ
75.8(60)	3.30	プラグ
75.8(60)	3.15	プラグ
75.8(60)	3.01	プラグ
75.8(60)	3.02	プラグ
75.8(60)	3.12	プラグ
75.8(60)	3.23	プラグ
75.8(60)	2.99	プラグ

[0056]

[表5]

A/TS(A/T1)%	引張強度(kN)	破断モード
95.7(80)	2.74	プラグ
95.7(80)	2.83	プラグ
95.7(80)	2.86	プラグ
95.7(80)	2.72	プラグ
95.7(80)	2.81	プラグ
95.7(80)	2.81	プラグ
95.7(80)	2.84	プラグ
95.7(80)	2.68	プラグ
95.7(80)	2.69	プラグ
95.7(80)	2.80	プラグ

[0057] 図10は、上記の表1～表5に示される結果に基づいて、基準距離TSに対するアンカー高さAの割合と引張強度との関係を示すグラフである。同グラフでは、A/TSの各条件において引張強度の平均値を棒グラフで示し、バラツキをIチャートで示している。図10に破線で示すように、引張強度の下限値は、A/TSの値に関わらずほぼ一定であり、アンカー高さA/基準距離TSが大きくなっても、大きな強度の低下は生じないことが確認された。

[0058] 図11は、上記の表1～表5に示される結果に基づいて、基準距離TSに対するアンカー高さAの割合と破断モードとの関係を示すグラフである。図11の横軸は、基準距離TSに対するアンカー高さAの割合をパーセント表示したものを示し、縦軸は破断モードを確認した接合部の数を示している。なお、図11の横軸において、カッコ内は上板厚さT1に対するアンカー高さAの割合で示したものである。A/TSが0および34.4の条件では、接合部数10のうち2つの接合部において界面破断が生じているが、A/TSが55.3以上の各条件では、全数においてプラグ破断が発生することが確認された。このように、 $A/TS \geq 55.3$ の条件下では、攪拌接合部4において発生する破断モードをプラグ破断に高い精度でコントロールするこ

とができた。なお、アンカー高さ A を相対的に高く設定する一方、攪拌接合部 4 の強度低下を回避するためには、アンカー 4 A の頂部がインデント 4 T に到達しないように設定することが望ましい。本開示では、ショルダ 1 2 の圧入位置と最終位置（ならし位置）とをそれぞれ調整することで、適切なアンカー 4 A およびインデント 4 T を形成することができる。

[0059] <フッキング高さと破断モードとの関係>

次に、フッキング高さが異なる接合体 3 をそれぞれ製造し、各接合体 3 において発生する破断モードについて評価を行った。実験条件は、前述の実験条件 1 と同じであり、接合体 3 に対して J I S Z 3 1 3 6 に準拠した引張試験を行うことで、プラグ破断および界面破断のいずれが発生するかをそれぞれ確認した。

[0060] 図 1 2 は、基準距離 T S に対するフッキング高さ F の割合と破断モードとの関係を示すグラフである。図 1 2 の横軸では、基準距離 T S に対するフッキング高さ F をパーセント表示したものを 4 つの水準に分類しており、縦軸は破断モードを確認した接合部の数を示している。F / T S が 0 ~ 9 % の条件では、1 3 の接合部数のうち 4 つの接合部における破断モードが界面破断であったが、F / T S が 9 % 以上の各条件では、発生した破断モードがすべてプラグ破断であることが確認された。そこで、F / T S が 0 ~ 9 % の条件における各接合部の詳細データを以下の表 6 に示す。

[0061]

[表6]

接合部	フッキング高さF (mm)	フッキング高さF/ 基準距離TS(%)	破断モード
1	0.020	1.8	界面
2	0.040	3.6	プラグ
3	0.050	4.5	界面
4	0.050	4.5	プラグ
5	0.065	5.9	プラグ
6	0.065	5.9	プラグ
7	0.070	6.4	プラグ
8	0.070	6.4	プラグ
9	0.075	6.8	プラグ
10	0.075	6.8	プラグ
11	0.075	6.8	界面
12	0.085	7.7	界面
13	0.095	8.6	プラグ

[0062] 表6および図12の結果から、 F/TS が7.7%以下では、界面破断が起こりうるものの、 $F/TS \geq 8.6\%$ の条件では、すべての攪拌接合部4において、発生する破断モードをプラグ破断にコントロールすることができることが確認された。したがって、攪拌接合部4において発生する破断モードをプラグ破断に高い精度でコントロールすることができる。

[0063] <アンカー、フッキングとショルダ圧入量との関係>

次に、前述の実験条件1において、ショルダ圧入量を変化させ、発生するアンカー4Aおよびフッキング4Fの高さについて評価を行った。図13は、各接合体3における下板32へのショルダ圧入量とアンカー高さAとの関係を示すグラフである。図13に示すように、下板32へのショルダ圧入量が大きいくほど、アンカー4Aの高さが大きくなり、両者は右上がりの線形的な相関関係があることが確認された。

[0064] また、図14は、下板32へのショルダ圧入量とフッキング高さFとの関係を示すグラフである。図14に示すように、下板32へのショルダ圧入量

が大きいほど、フッキング高さFの高さが大きくなり、アンカー4 Aと比較するとバラツキが大きいものの、両者は右上がりの線形的な相関関係があることが確認された。

[0065] 図15は、上記の各接合体3においてショルダ圧入量を変化させた場合のアンカー4 Aおよびフッキング4 Fの変化の様子を示す断面画像である。図15に示すように、接合底面4 Bが深い位置にあるほど、換言すれば、ショルダ圧入量が高いものほど、アンカー4 Aおよびフッキング4 Fが上方に隆起し、アンカー高さAおよびフッキング高さFが大きくなることが確認できる。

[0066] 以上のように、ショルダ12の圧入量を調整することで、アンカー高さAおよびフッキング高さFを狙いの高さに設定することができることが確認された。なお、前述のならし工程におけるピン11およびショルダ12の配置によって、アンカー高さAを更に細かく調整することができる。

[0067] <有効距離と破断モードとの関係>

次に、前述の実験条件1において、接合体3における有効距離Kと破断モードとの関係について評価を行った。図16は、基準距離TSに対する有効距離Kの割合と破断モードとの関係を示すグラフである。図16の横軸は、基準距離TSに対する有効距離Kの割合をパーセント表示したものを示し、縦軸は破断モードを確認した接合部の数を示している。図16に示すように、 K/TS が45%以上73%以下の条件では、すべての接合体3において発生した破断モードがプラグ破断であった。一方、 K/TS が73%以上91%以下の条件では、発生した破断モードに界面破断が含まれる結果となった。そこで、 K/TS が73%以上91%以下の条件における各接合体3の詳細データについて、以下の表7に示す。表7では、対象となる17の接合体3を、 K/TS の大きいものから順に示している。

[0068]

[表7]

接合部	有効距離K (mm)	有効距離K/ 基準距離TS(%)	破断モード
1	0.93	84.4	界面
2	0.91	82.5	プラグ
3	0.90	81.5	界面
4	0.88	80.4	プラグ
5	0.88	80.4	プラグ
6	0.88	80.1	プラグ
7	0.88	79.7	界面
8	0.88	79.6	プラグ
9	0.86	78.4	プラグ
10	0.86	78.1	プラグ
11	0.86	77.9	プラグ
12	0.85	77.3	界面
13	0.85	77.0	プラグ
14	0.84	76.6	プラグ
15	0.84	76.3	プラグ
16	0.83	75.7	プラグ
17	0.81	73.5	プラグ

[0069] 図16および表7に示されるように、 $K/TS \geq 77.3\%$ の範囲では一部に界面破断が発生している一方、 $K/TS \leq 77.0\%$ の範囲では、接合体3において発生した破断モードがすべてプラグ破断であることが確認された。

[0070] <亀裂の進展評価>

次に、上記のように破断モードをプラグ破断にコントロールした接合体3において、破断時の亀裂の進展について評価を行った。図17は、接合体3に対して、JIS Z3136に準拠した引張せん断試験を行った際の変位と荷重との関係を示すグラフである。図18は、図17に示すグラフ中の番号1、2、3に対応する接合体3の破断状態を示す断面画像である。引張せん断試験では、下板32に対して右方向、上板31に対して左方向の負荷を

かけて、接合体3に対して試験を行った。図17、図18に示すように、上板31および下板32を変位させながら荷重を増大させていくと、「(1) ピーク前」から「(2) ピーク後」にかけて、プラグ破断の亀裂が進展していくことが確認できるとともに、その後の「(3) 破断」段階において、接合体3が完全にプラグ破断していることが確認できた。

[0071] <異なる実験条件の結果について>

次に、上記の実験条件1とは異なる実験条件2における破断モードの評価結果を示す。実験条件2は以下のとおりである。

- [0072] (実験条件2) ・ピン11の外径：3.25mm、ショルダ12の外径：6mm、クランプ13の加圧荷重：6kN、ツール1の回転速度：2000rpm、ショルダ12を圧入する際の加圧力：13kN。
- ・上板31：上板厚さT1が1.0mmの6000系アルミニウム合金、下板32：下板厚さT2が1.0mmの1.2GPa級超高張力鋼。
 - ・アンカー高さA／基準距離TS：0%～94.0%。アンカー高さA／上板厚さT1では、0%～70%。

- [0073] 図19は、各接合体3における基準距離TSに対するアンカー高さAの割合と破断モードとの関係を示すグラフである。図19の横軸は、基準距離TSに対するアンカー高さAの割合をパーセント表示したものを示し、縦軸は破断モードを確認した接合部の数を示している。本評価では、図19に示すように、A／TSが55.6%以上の条件では、接合体3において発生する破断モードがすべてプラグ破断となることが確認された。

- [0074] 更に、上記の実験条件1、2とは異なる実験条件3において、破断モードの評価を行った結果を表8に示す。

[0075]

[表8]

実験	ツール寸法		接合条件				板組				引張強度 (kN)	破断 モード
	シヨルダ 径(mm)	ピン径 (mm)	クランプ 荷重(kN)	回転速度 (rpm)	圧入加 圧力(kN)	シヨルダ 入深さ(mm)	上板	板厚 (mm)	下板	板厚 (mm)		
1	7	4	5	2000	12	1.07	6000 系AI	1.0	980Mpa 級鋼	1.2	3.39	プラグ
2	7	4	5	2000	12	1.07	6000 系AI	1.0	980Mpa 級鋼	1.2	3.56	プラグ
3	7	4	5	2000	12	1.07	6000 系AI	1.0	980Mpa 級鋼	1.2	3.35	プラグ

[0076] 表8に示すように、ピン11の外径：4 mm、ショルダ12の外径：7 mm、クランプ13の加圧荷重：5 k N、ツール1の回転速度：2000 rpm、ショルダ12を圧入する際の加圧力：12 k N、ショルダの圧入深さ：1.07 mm、上板31：上板厚さT1が1.0 mmの6000系アルミニウム合金、下板32：下板厚さT2が1.2 mmの980 MP a級鋼の条件において、実験を三回行ったところ、引張強度3.35以上3.56 k Nの範囲において、発生した破断モードがいずれもプラグ破断であった。このような条件においても、攪拌接合部4が、接合底面4 B、アンカー4 A、フッキング4 Fおよびインデント4 Tを有することで、安定して破断モードをプラグ破断にコントロールすることができることが確認された。

[0077] なお、本開示の開示者らは、以下のような条件下においても、上記と同様に接合体3における破断モードをプラグ破断にコントロールすることができることを確認した。

[0078] 表9には、ツール1のピン11およびショルダ12の外径、接合条件としてクランプ荷重、回転速度、圧入加圧力および下板圧入量、板組として上板31および下板32の材料および板厚のそれぞれの上限および下限を示している。なお、下板圧入量とは、下板表面32 Aを基準としてショルダ12を下板32に圧入する深さに相当する。この際、表9では、下限をゼロと表示しているが、詳しくは、ゼロよりも大きな値を意味する（以後の表10、表11でも同様）。また、上板31はダイカスト、いわゆる金型鑄造によって製造されたものである。なお、表9に示される各パラメータは独立して上下限の間で設定することができる。以後の表でも同様である。

[0079]

[表9]

	ツール寸法		接合条件				板組			
	シヨルダ径(mm)	ピン径(mm)	クランプ荷重(kN)	回転速度(rpm)	圧入加圧力(kN)	下板圧入量(mm)	上板	板厚(mm)	下板	板厚(mm)
下限	5	3	4	800	9	0	5000、6000系AI、ダイカスト	1.0	270Mpa級鋼	0.7
上限	9	6	10	4000	25	1.0		3.5	1.5Gpa級鋼	1.8

[0080] また、表10には、より望ましい条件として、ツール1のピン11およびシヨルダ12の外径、接合条件としてクランプ荷重、回転速度、圧入加圧力

および下板圧入量、板組として上板 3 1 および下板 3 2 の材料および板厚のそれぞれの上限および下限を示している。

[0081] [表10]

	ツール寸法		接合条件				板組			
	シヨルダ 径(mm)	ピン径 (mm)	クランプ 荷重(kN)	回転速度 (rpm)	圧入加 圧力(kN)	下板圧入量 (mm)	上板	板厚 (mm)	下板	板厚 (mm)
下限	5	3	5	2000	10	0	6000系AI	1.0	780Mpa 級鋼	1.0
上限	7	5	7	3000	15	0.3	6000系AI	1.4	1.5Gpa 級鋼	1.2

[0082] 表 1 1 には、更に望ましい条件として、ツール 1 のピン 1 1 およびショルダ 1 2 の外径、接合条件としてクランプ荷重、回転速度、圧入加圧力および下板圧入量、板組として上板 3 1 および下板 3 2 の材料および板厚のそれぞれの上限および下限を示している。

[0083]

[表11]

	ツール寸法		接合条件				板組			
	シヨルダ 径(mm)	ピン径 (mm)	クランプ 荷重(kN)	回転速度 (rpm)	圧入加 圧力(kN)	下板圧入量 (mm)	上板	板厚 (mm)	下板	板厚 (mm)
下限	5	3	6	2000	12	0	6000系AI	1.0	980Mpa 級鋼	1.0
上限	7	4	7	2000	13	0.41	6000系AI	1.1	1.2Gpa 級鋼	1.2

[0084] 上記のいずれの場合においても、攪拌接合部4が、接合底面4B、アンカー4A、フッキング4Fおよびインデント4Tを有することで、プラグ破断

を促進し、界面破断の発生数を低減することができた。この際、攪拌接合部4がインデント4Tを有さない場合には、相対的に、界面破断の発生数が増加することが確認された。また、攪拌接合部4がインデント4Tを有するとともに、有効距離Kを基準距離TSの77.0%以下とすることで、発生する破断モードを更にプラグ破断にコントロールし、界面破断の発生を低減することができた。また、アンカー高さAを基準距離TSの55.3%以上100%未満とすることで、一層プラグ破断を促進し、界面破断の発生数を低減することができた。なお、表9に示される範囲と比較して、表10、表11に示される範囲では、より高い精度でプラグ破断をコントロールすることができる。また、表10に示される範囲と比較して、表11に示される範囲では、更に高い精度でプラグ破断をコントロールすることができる。

[0085] なお、本開示は上記の条件に限定されるものではない。その他の条件下においても、攪拌接合部4がインデント4Tを有する場合には、インデント4Tを有さない場合と比較して攪拌接合部4が前記最弱部分を有するため、破断モードをプラグ破断にコントロールすることができる。

[0086] 以上、本開示に係る接合体3、摩擦攪拌点接合方法および摩擦攪拌点接合装置Mについて説明したが、本開示は上掲の実施形態に何ら限定されない。例えば、上述の接合体3などについて、次のような変形実施形態を取ることができる。

[0087] 上記の説明では、上板31および下板32が、それぞれ1枚の板材からなる態様にて説明したが、本開示はこれに限定されるものではない。上板31および下板32のうちの少なくとも一方が、前記重なり方向において重なるように配置された複数の部材から構成されるものでもよい。当該複数の部材は、接着材などで接続されていてもよい。このような構成においても、上板31と下板32とを強固に接合することができるとともに、界面破断の発生を抑制し、仮に破断が発生することがあってもプラグ破断を優先させることができる。

[0088] [本開示のまとめ]

以上説明した具体的実施形態には、以下の構成を有する開示が含まれている。

[0089] 本開示の第1の局面に係る接合体は、金属からなり、第1表面と第1裏面とを有する第1部材と、金属からなり、第2表面と第2裏面とを有する第2部材であって、前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように配置される第2部材と、前記第1部材と前記第2部材とが摩擦攪拌接合によって接合された接合部と、を備える。前記接合部は、前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い位置に生じる前記第1部材と前記第2部材とのリング状の界面である接合底面と、前記接合底面の径方向内側において、前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部と、前記接合底面の径方向外側において、前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部と、前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され、前記第1表面の一部が窪んだ窪み部と、を有する。

[0090] 本構成によれば、第1部材および第2部材が接合される接合部が、接合底面、内側隆起部、外側隆起部および窪み部を有している。接合底面では、第2表面よりも深い位置まで第1部材の一部が食い込むように配置される。また、接合底面の径方向内側では、第2部材の一部が内側隆起部として第1裏面よりも高い位置まで隆起して配置される。更に、接合底面の径方向外側では、第2部材の一部が外側隆起部として第1裏面よりも高い位置まで隆起して配置される。この結果、第1部材と第2部材とを強固に接合し、その強度を高めることができる。

[0091] 更に、接合底面の上方に窪み部を形成することで、第1表面の断面が不連続となり、窪み部の端部（角部）と外側隆起部の頂部との間に意図的に最弱部分を形成することができる。このため、接合体の製造後、突発的または経時的な何らかの原因によって接合部に破断が発生することがあっても、上記

の最弱部分に応力を集中させることでプラグ破断の発生を優先させ、界面破断の発生を抑制することができる。更に、内側隆起部および外側隆起部がそれぞれ第1部材側に食い込んでいるため、第1部材と第2部材との界面における不安定な界面破断を防ぎ、安定的にプラグ破断を得ることができる。したがって、接合部における破断の発生を外部から視認することが可能となり、その発見、対応を容易かつ速やかに行うことができる。

[0092] 本開示の第2の局面に係る接合体は、上記の第1の局面に係る接合体において、前記外側隆起部の頂部から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である有効距離が、前記第1裏面から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における前記距離である基準距離の77.0%以下である。

[0093] 本構成によれば、窪み部の端部と外側隆起部の頂部との間の最弱部分に応力を一層集中させることでプラグ破断の発生を優先させ、界面破断の発生を抑制することができる。

[0094] 本開示の第3の局面に係る接合体は、上記の第1または第2の局面に係る接合体において、前記第2表面から前記内側隆起部の頂部までの前記重なり方向における距離である内側隆起部高さが、前記第1裏面から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である基準距離の55.3%以上100%未満である。

[0095] 本構成によれば、第1部材と第2部材とを更に強固に接合し、その強度を高めることができる。また、第1部材と第2部材との界面における不安定な界面破断を一層防ぎ、安定的にプラグ破断を得ることができる。

[0096] 本開示の第4の局面に係る接合体は、上記の第1から第3の局面に係る接合体において、前記第1部材の融点が前記第2部材の融点よりも低い。

[0097] 本構成によれば、相対的に融点が低い第1部材に対して、摩擦攪拌点接合によって第2部材の一部がより高い位置まで食い込むことができるため、内側隆起部および外側隆起部を安定して形成することができる。

[0098] 本開示の第5の局面に係る接合体は、上記の第1から第4の局面に係る接合体において、前記第1部材は、前記重なり方向において重なるように配置

された複数の部材から構成されている。

[0099] 本構成においても、第1部材と第2部材とを強固に接合することができるとともに、界面破断の発生を抑制し、仮に破断が発生することがあってもブラグ破断を優先させることができる。

[0100] また、本開示の一の局面に係る摩擦攪拌点接合方法は、それぞれ金属からなり、第1表面および第1裏面を有する第1部材と第2表面および第2裏面を有する第2部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合方法である。当該摩擦攪拌点接合方法は、ピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダを含む摩擦攪拌点接合装置を準備することと、前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように、前記第1部材および前記第2部材を配置することと、前記ピンおよび前記ショルダを前記重なり部に対向して配置することと、前記ピンを前記第1表面に対して退避させた状態で、前記ショルダを前記重なり部において前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記第1部材と前記第2部材との界面である接合底面を形成することと、前記接合底面を形成した後、前記ショルダを前記圧入位置から退避させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第1表面の一部が窪んだ窪み部を形成することと、前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径方向内側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成することと、を備える。

[0101] 本開示の他の局面に係る摩擦攪拌点接合方法は、上記の一の局面に係る摩擦攪拌点接合方法において、前記接合底面の形成後に、前記ショルダを回転させながら前記圧入位置から退避させ、前記ショルダの先端面を前記第1表

面と前記第1裏面との間の位置に配置することで前記窪み部を形成することを更に備える。

[0102] また、本開示の他の局面に係る摩擦攪拌点接合装置は、それぞれ金属からなり、第1表面および第1裏面を有する第1部材と第2表面および第2裏面を有する第2部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合装置である。当該摩擦攪拌点接合装置は、中心軸を有するピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダとを含む接合ツールと、前記接合ツールを前記中心軸回りに回転させることが可能な回転機構と、前記ピンおよび前記ショルダを前記中心軸が延びる方向にそれぞれ独立して移動させることが可能な移動機構と、前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する制御部と、を備える。前記制御部は、前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように前記第1部材および前記第2部材が配置され、かつ、前記ピンおよび前記ショルダが前記重なり部に対向して配置された状態で、前記ピンを前記第1表面に対して退避させ、前記ショルダを前記重なり部において前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記ショルダによって前記第1部材と前記第2部材との界面である接合底面を形成し、更に、前記接合底面の形成後に前記ショルダを前記圧入位置から退避させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第1表面の一部が窪んだ窪み部を形成し、更に、前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径方向内側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成するように、前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する。

請求の範囲

[請求項1]

金属からなり、第1表面と第1裏面とを有する第1部材と、
金属からなり、第2表面と第2裏面とを有する第2部材であって、
前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材
と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように配置される
第2部材と、

前記第1部材と前記第2部材とが摩擦攪拌接合によって接合された
接合部と、

を備え、

前記接合部は、

前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い位置に生じる
前記第1部材と前記第2部材とのリング状の界面である接合底面と、

前記接合底面の径方向内側において、前記第2部材の一部が前記
接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側
隆起部と、

前記接合底面の径方向外側において、前記第2部材の一部が前記
接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側
隆起部と、

前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合
底面に対向して配置され、前記第1表面の一部が窪んだ窪み部と、

を有する、接合体。

[請求項2]

請求項1に記載の接合体であって、

前記外側隆起部の頂部から前記窪み部の底部までの前記重なり方向
における距離である有効距離が、前記第1裏面から前記窪み部の底部
までの前記重なり方向における距離である基準距離の77.0%以下
である、接合体。

[請求項3]

請求項1または2に記載の接合体であって、

前記第2表面から前記内側隆起部の頂部までの前記重なり方向にお

ける距離である内側隆起部高さが、前記第1裏面から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である基準距離の55.3%以上100%未満である、接合体。

[請求項4] 請求項1乃至3の何れか1項に記載の接合体であって、
前記第1部材の融点の前記第2部材の融点よりも低い、接合体。

[請求項5] 請求項1乃至4の何れか1項に記載の接合体であって、
前記第1部材は、前記重なり方向において重なるように配置された複数の部材から構成されている、接合体。

[請求項6] それぞれ金属からなり、第1表面および第1裏面を有する第1部材と第2表面および第2裏面を有する第2部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合方法であって、

ピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダとを含む摩擦攪拌点接合装置を準備することと、

前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように、前記第1部材および前記第2部材を配置することと、

前記ピンおよび前記ショルダを前記重なり部に対向して配置することと、

前記ピンを前記第1表面に対して退避させた状態で、前記ショルダを前記重なり部において前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記第1部材と前記第2部材との界面である接合底面を形成することと、

前記接合底面を形成した後、前記ショルダを前記圧入位置から退避させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第1表面の一部が窪んだ窪み部を形成することと、

前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径

方向内側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成することと、
を備える、摩擦攪拌点接合方法。

[請求項7]

請求項6に記載の摩擦攪拌点接合方法であって、
前記接合底面の形成後に、前記ショルダを回転させながら前記圧入位置から退避させ、前記ショルダの先端面を前記第1表面と前記第1裏面との間の位置に配置することで前記窪み部を形成することを更に備える、摩擦攪拌点接合方法。

[請求項8]

それぞれ金属からなり、第1表面および第1裏面を有する第1部材と第2表面および第2裏面を有する第2部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合装置であって、
中心軸を有するピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダとを含む接合ツールと、
前記接合ツールを前記中心軸回りに回転させることが可能な回転機構と、
前記ピンおよび前記ショルダを前記中心軸が延びる方向にそれぞれ独立して移動させることが可能な移動機構と、
前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する制御部と、
を備え、
前記制御部は、

前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように前記第1部材および前記第2部材が配置され、かつ、前記ピンおよび前記ショルダが前記重なり部に対向して配置された状態で、前記ピンを前記第1表面に対して退避させ、前記ショルダを前記重なり部において前

記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記ショルダによって前記第1部材と前記第2部材との界面である接合底面を形成し、

更に、前記接合底面の形成後に前記ショルダを前記圧入位置から退避させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第1表面の一部が窪んだ窪み部を形成し、

更に、前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径方向内側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成するように、前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する、摩擦攪拌点接合装置。

補正された請求の範囲
[2023年11月28日(28.11.2023)国際事務局受理]

[請求項1]

(補正後)

金属からなり、第1表面と第1裏面とを有する第1部材と、
金属からなり、第2表面と第2裏面とを有する第2部材であって、
前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材
と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように配置される
第2部材と、

前記第1部材と前記第2部材とが摩擦攪拌接合によって接合された
接合部と、

を備え、

前記接合部は、

前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い位置に生じる
前記第1部材と前記第2部材とのリング状の界面である接合底面と、

前記接合底面の径方向内側において、前記第2部材の一部が前記
接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側
隆起部と、

前記接合底面の径方向外側において、前記第2部材の一部が前記
接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側
隆起部と、

前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合
底面に対向して配置され、前記第1表面の一部が窪んだ窪み部と、

を有し、

前記外側隆起部の頂部から前記窪み部の底部までの前記重なり方向
における距離である有効距離が、前記第1裏面から前記窪み部の底部
までの前記重なり方向における距離である基準距離の77.0%以下
である、接合体。

[請求項2]

(削除)

[請求項3]

(補正後)

請求項 1 に記載の接合体であって、

前記第 2 表面から前記内側隆起部の頂部までの前記重なり方向における距離である内側隆起部高さが、前記第 1 裏面から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である基準距離の 55.3%以上 100%未満である、接合体。

[請求項4] (補正後)

請求項 1 または 3 に記載の接合体であって、

前記第 1 部材の融点の前記第 2 部材の融点よりも低い、接合体。

[請求項5] (補正後)

請求項 1、3、4 のうちの何れか 1 項に記載の接合体であって、

前記第 1 部材は、前記重なり方向において重なるように配置された複数の部材から構成されている、接合体。

[請求項6] (補正後)

それぞれ金属からなり、第 1 表面および第 1 裏面を有する第 1 部材と第 2 表面および第 2 裏面を有する第 2 部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合方法であって、

ピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダとを含む摩擦攪拌点接合装置を準備することと、

前記第 2 表面の少なくとも一部が前記第 1 裏面に当接し前記第 1 部材と前記第 2 部材とが重なり合う重なり部を形成するように、前記第 1 部材および前記第 2 部材を配置することと、

前記ピンおよび前記ショルダを前記重なり部に対向して配置することと、

前記ピンを前記第 1 表面に対して退避させた状態で、前記ショルダを前記重なり部において前記第 1 表面を基準として前記第 2 表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記第 1 部材と前記第 2 部材との界面である接合底面を形成することと、

前記接合底面を形成した後、前記ショルダを前記圧入位置から退避

させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第1表面の一部が窪んだ窪み部を形成することと、

前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径方向内側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成し、前記外側隆起部の頂部から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である有効距離を、前記第1裏面から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である基準距離の77.0%以下とすることと、

を備える、摩擦攪拌点接合方法。

[請求項7]

請求項6に記載の摩擦攪拌点接合方法であって、

前記接合底面の形成後に、前記ショルダを回転させながら前記圧入位置から退避させ、前記ショルダの先端面を前記第1表面と前記第1裏面との間の位置に配置することで前記窪み部を形成することを更に備える、摩擦攪拌点接合方法。

[請求項8]

(補正後)

それぞれ金属からなり、第1表面および第1裏面を有する第1部材と第2表面および第2裏面を有する第2部材とを摩擦熱で軟化させることによって接合する、摩擦攪拌点接合装置であって、

中心軸を有するピンと前記ピンが内挿される中空部を有する円筒状のショルダとを含む接合ツールと、

前記接合ツールを前記中心軸回りに回転させることが可能な回転機構と、

前記ピンおよび前記ショルダを前記中心軸が延びる方向にそれぞれ

独立して移動させることが可能な移動機構と、

前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する制御部と、
を備え、

前記制御部は、

前記第2表面の少なくとも一部が前記第1裏面に当接し前記第1部材と前記第2部材とが重なり合う重なり部を形成するように前記第1部材および前記第2部材が配置され、かつ、前記ピンおよび前記ショルダが前記重なり部に対向して配置された状態で、前記ピンを前記第1表面に対して退避させ、前記ショルダを前記重なり部において前記第1表面を基準として前記第2表面よりも深い圧入位置まで圧入し、前記ショルダによって前記第1部材と前記第2部材との界面である接合底面を形成し、

更に、前記接合底面の形成後に前記ショルダを前記圧入位置から退避させるとともに前記ピンを前記重なり部に進入させ、前記ショルダおよび前記ピンによって、前記第1部材および前記第2部材の重なり方向において前記接合底面に対向して配置され前記第1表面の一部が窪んだ窪み部を形成し、

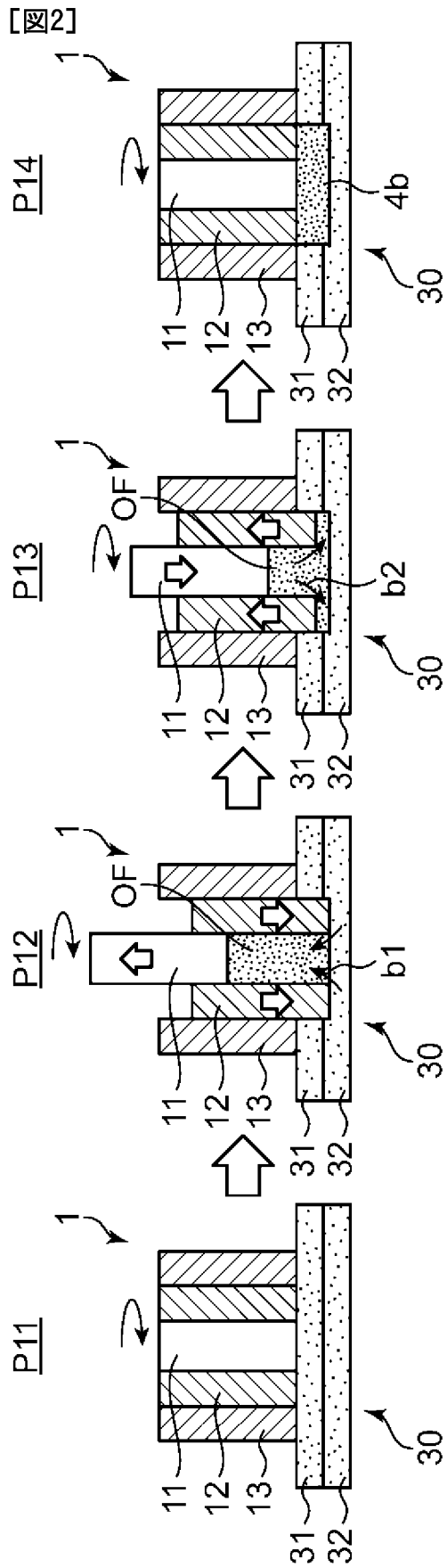
更に、前記接合底面および前記窪み部の形成に伴って、前記接合底面の径方向内側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した内側隆起部を形成する一方、前記接合底面の径方向外側において前記第2部材の一部が前記接合底面を基準として前記第2表面よりも高い位置まで隆起した外側隆起部を形成し、前記外側隆起部の頂部から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である有効距離が、前記第1裏面から前記窪み部の底部までの前記重なり方向における距離である基準距離の77.0%以下となるように、前記回転機構および前記移動機構をそれぞれ制御する、摩擦攪拌点接合装置。

条約第19条（1）に基づく説明書

補正後の請求項1は、補正前の請求項1に請求項2の内容を含むように補正したものである。補正前の請求項2は削除した。補正後の請求項3、4及び5は、補正前の請求項3、4及び5の従属先を変更したものである。

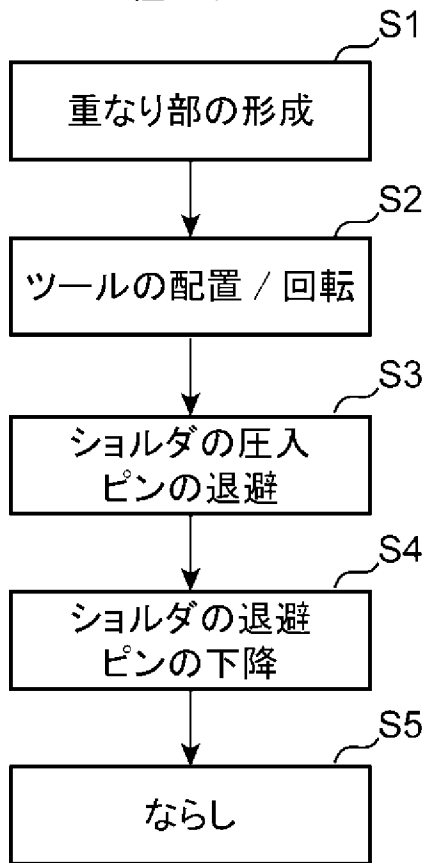
補正後の請求項6は、補正前の請求項6に、補正前の請求項2の内容を含むように補正したものである。補正後の請求項7は、補正前の請求項7に相当する。

補正後の請求項8は、補正前の請求項8に、補正前の請求項2の内容を含むように補正したものである。

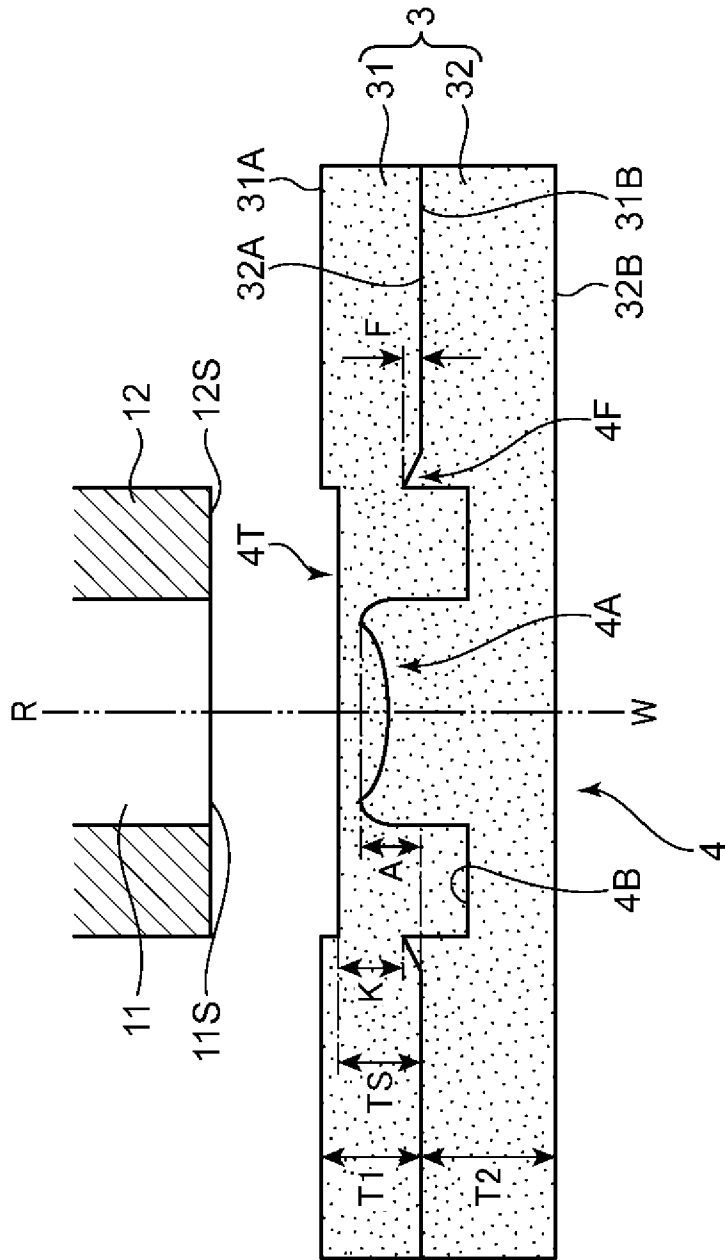


[図3]

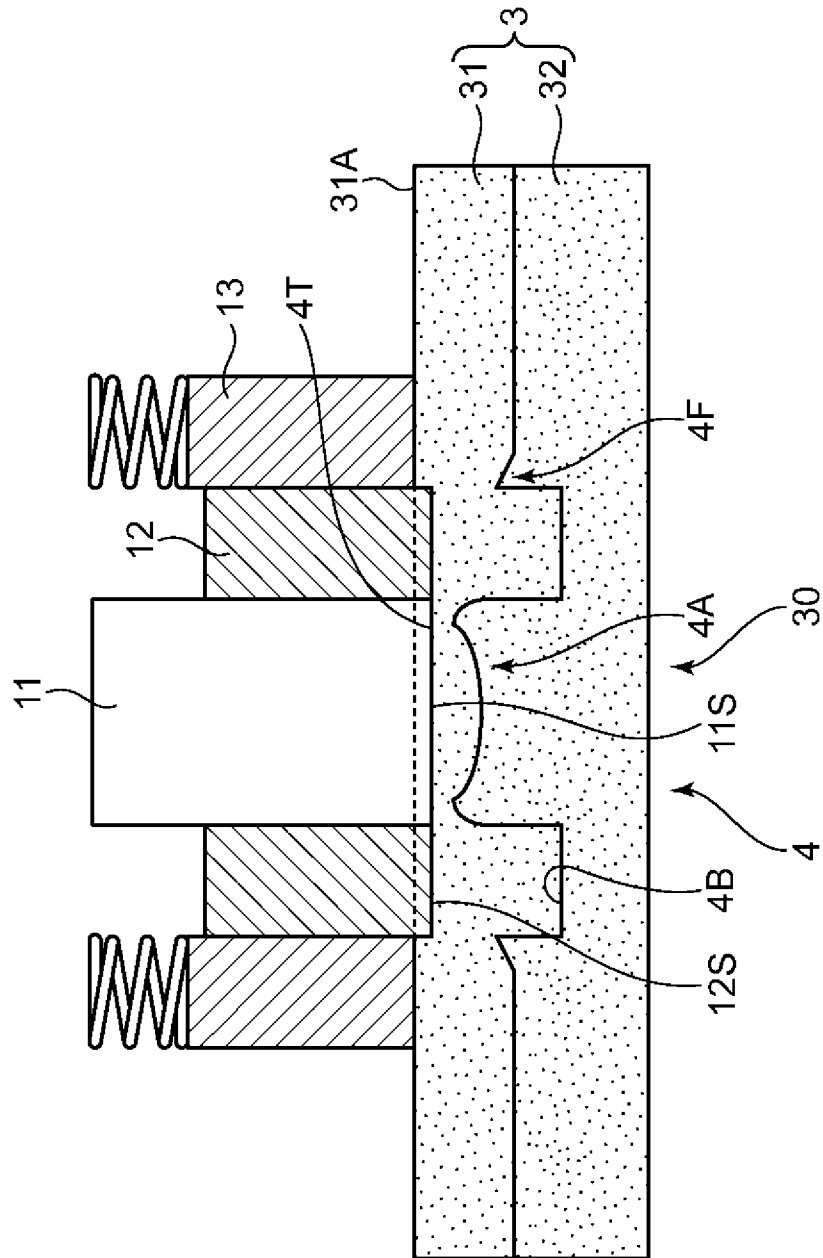
< 工程チャート >



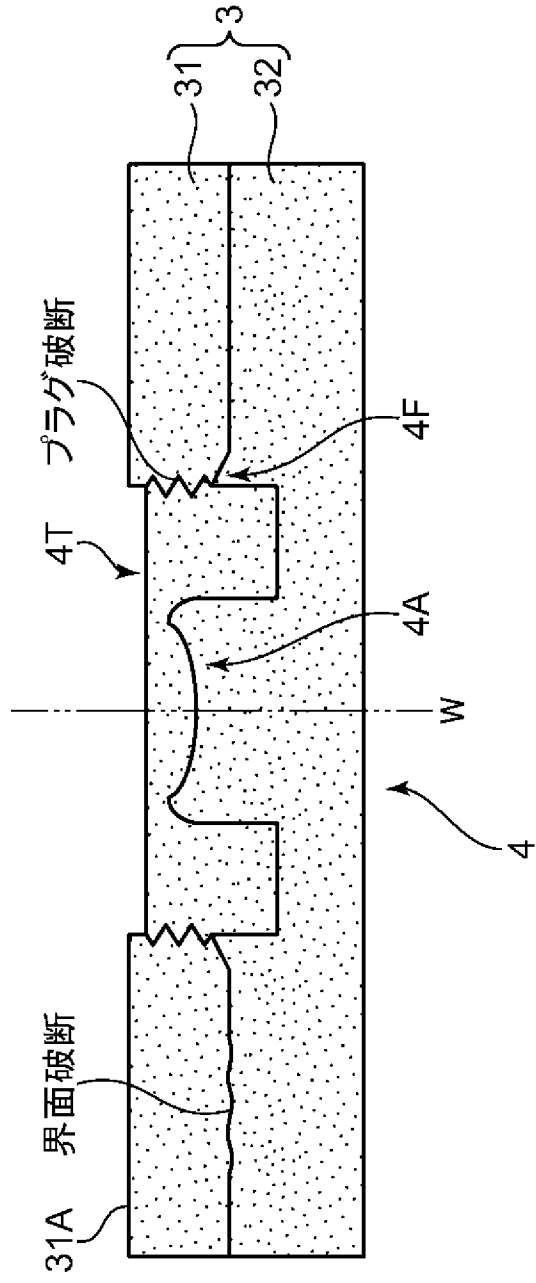
[図4]



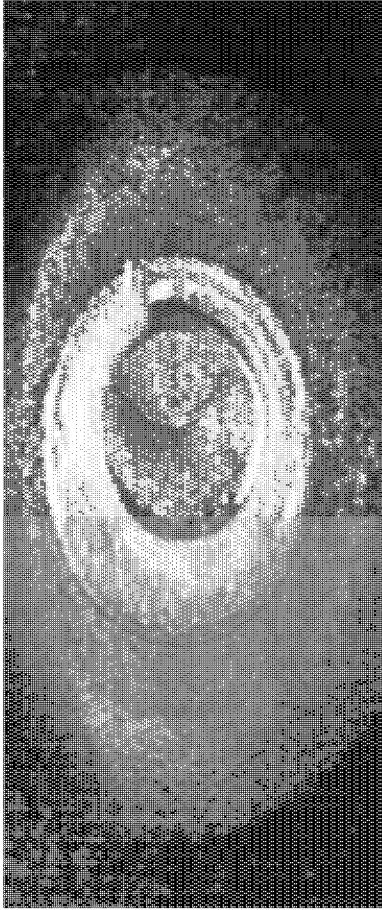
[図5]



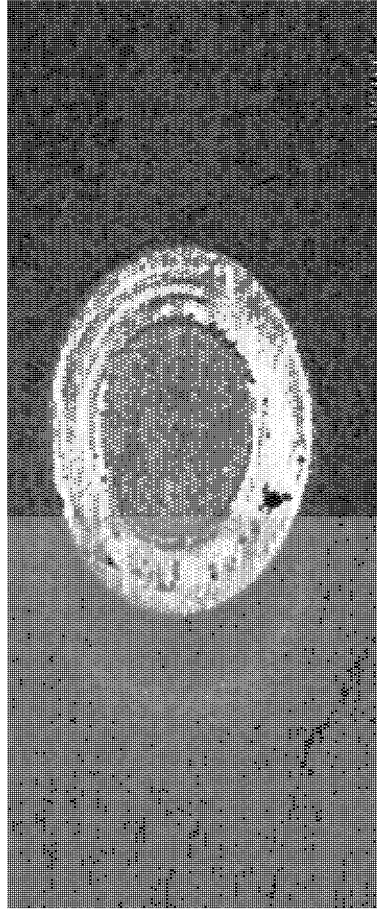
[図6]



[図7]

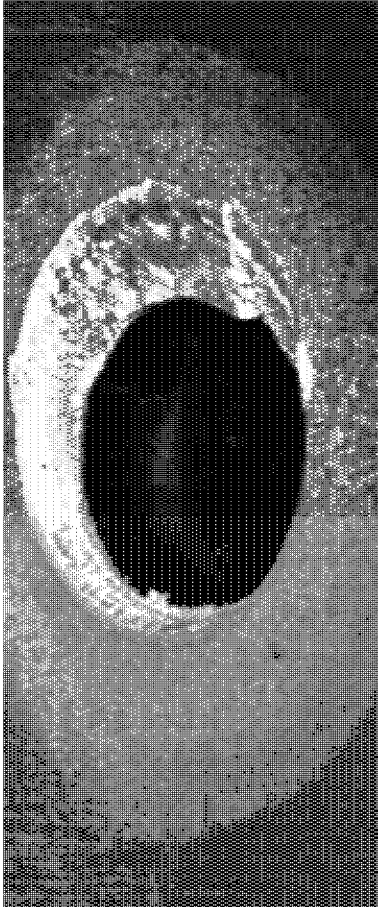


上板側

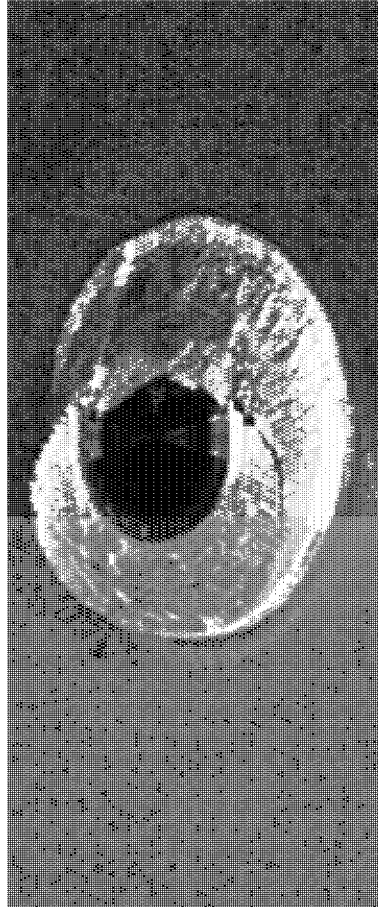


下板側

[図8]

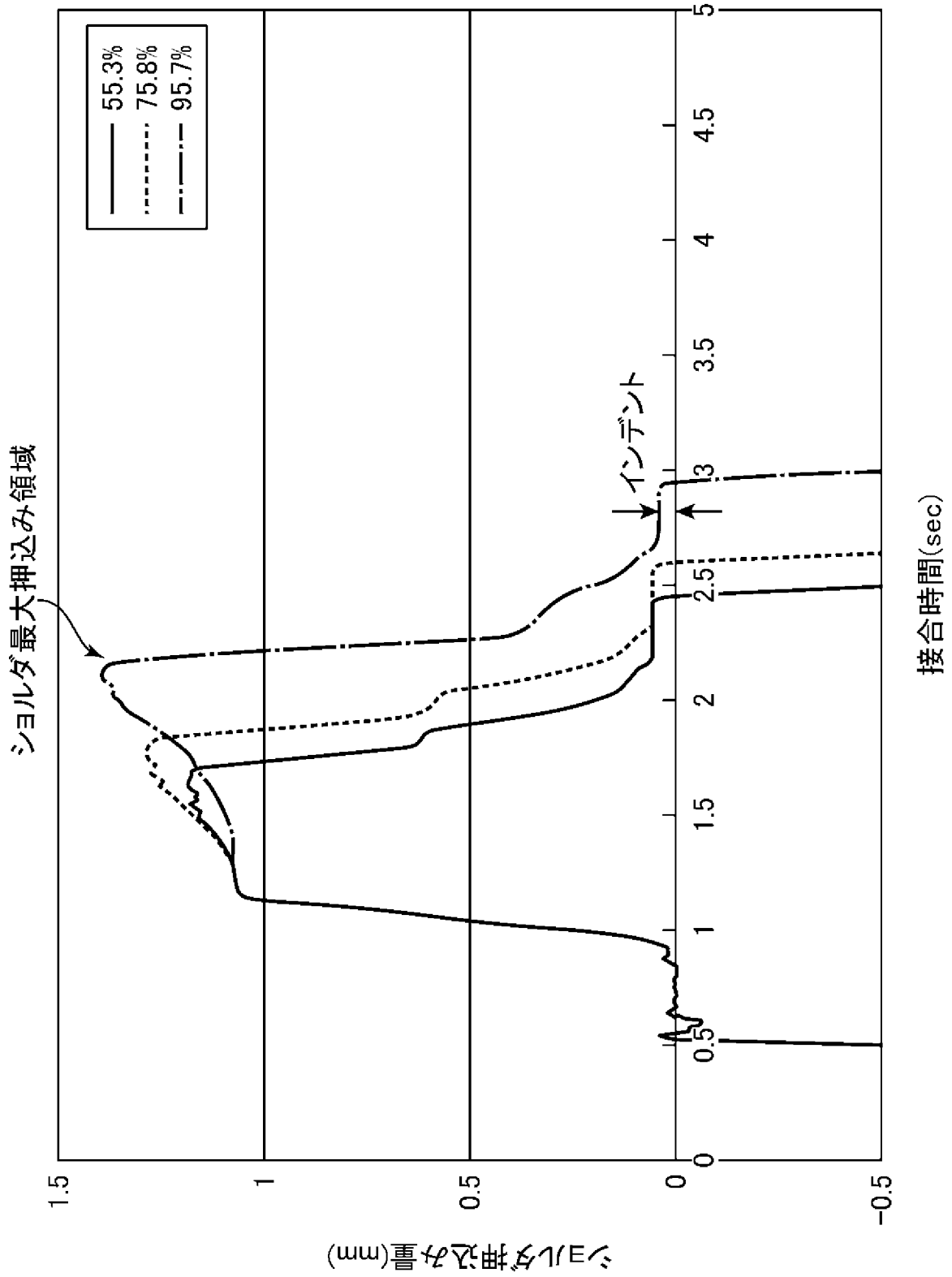


上板側

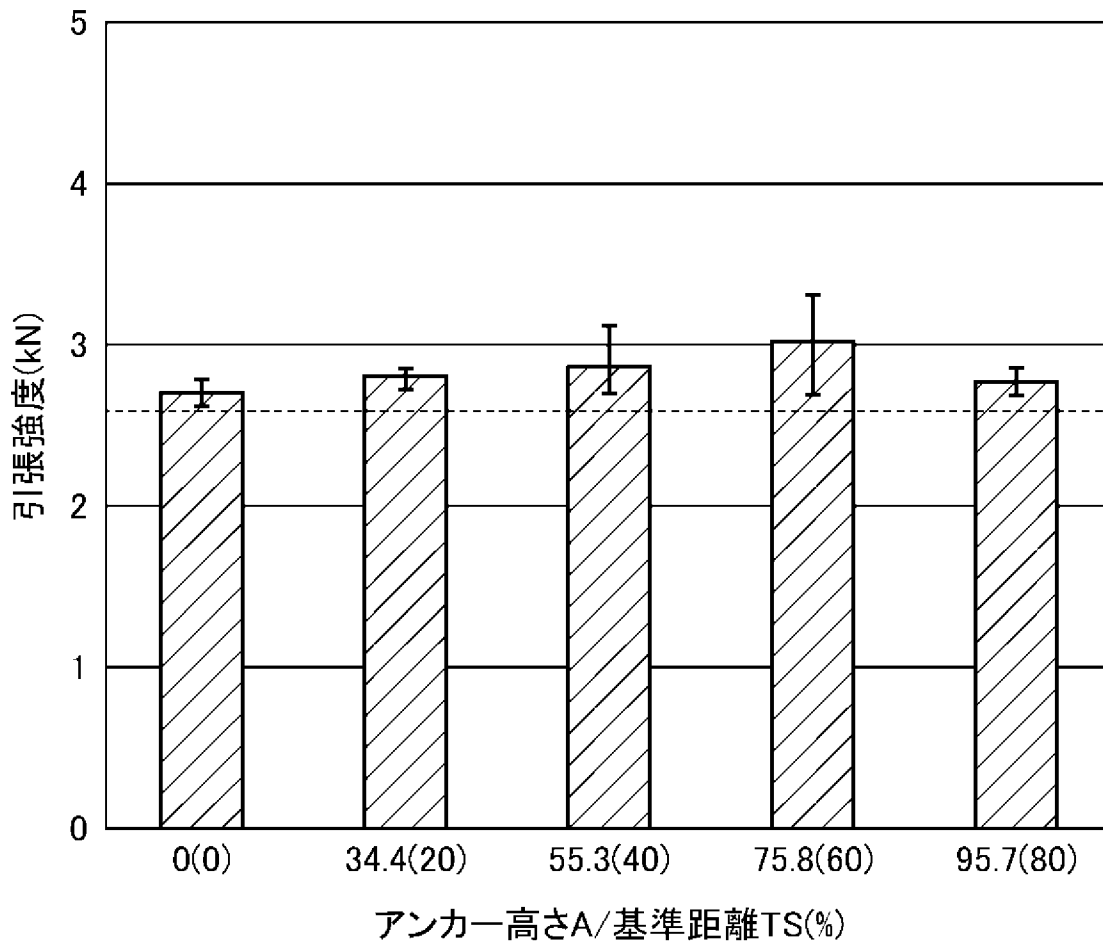


下板側

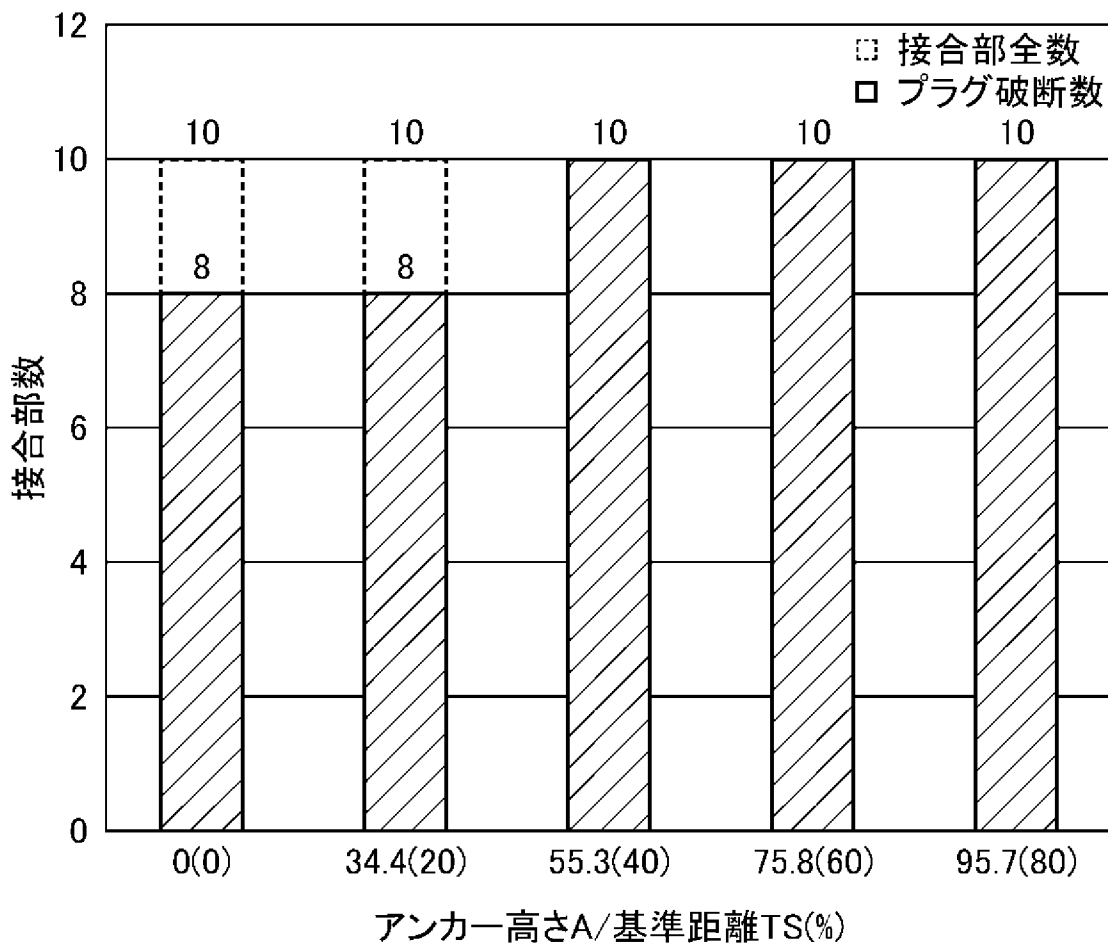
[図9]



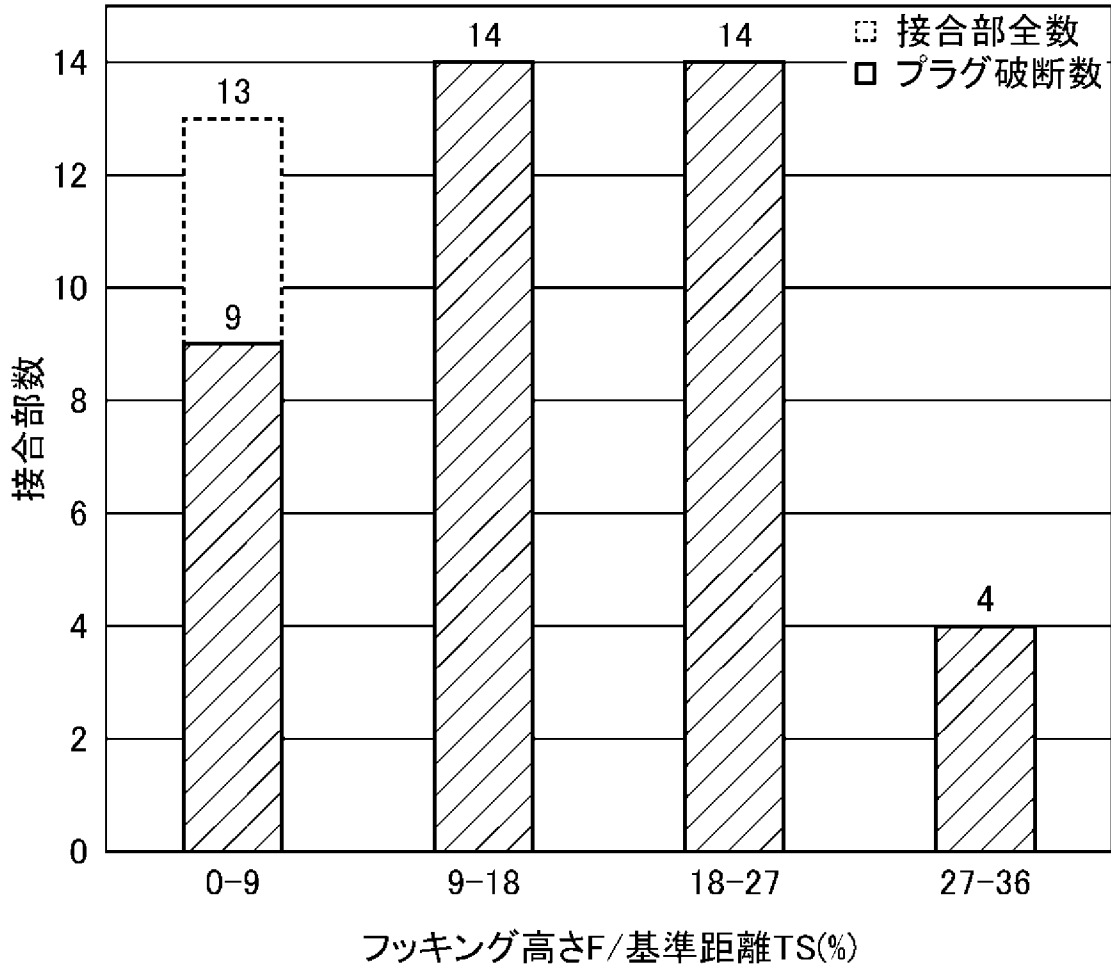
[図10]



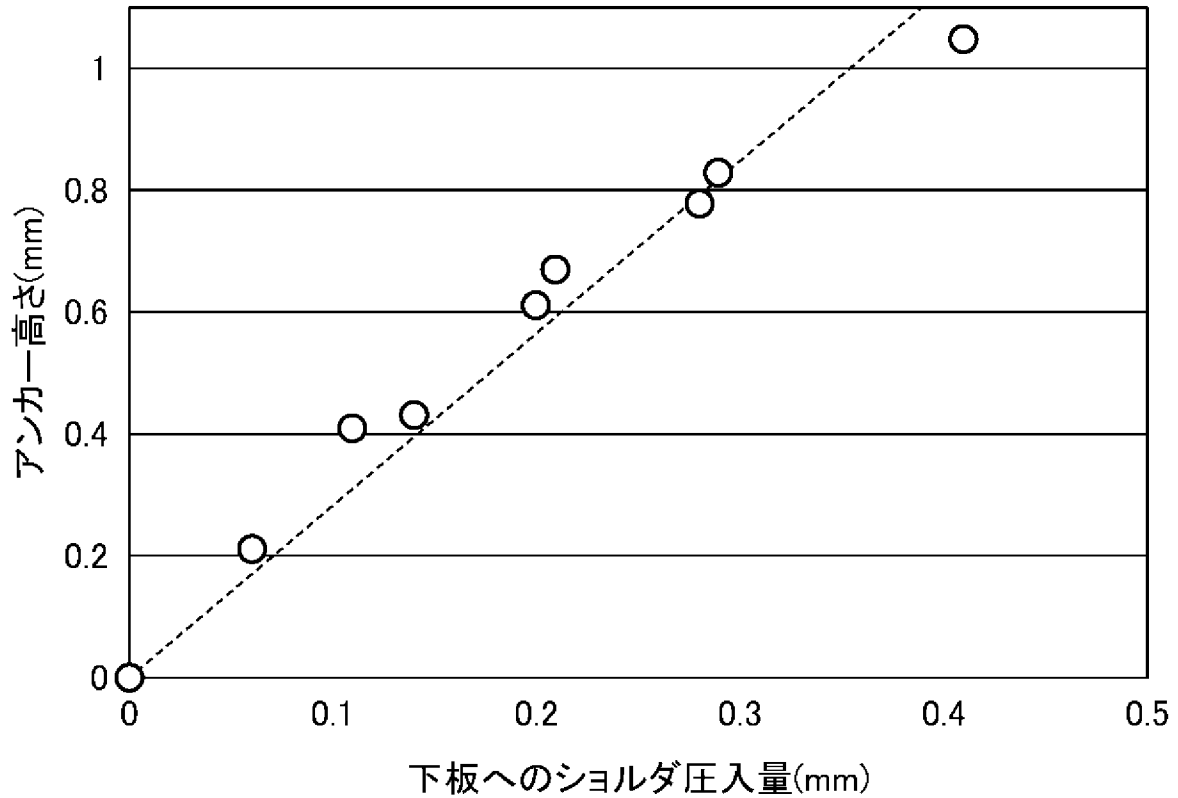
[図11]



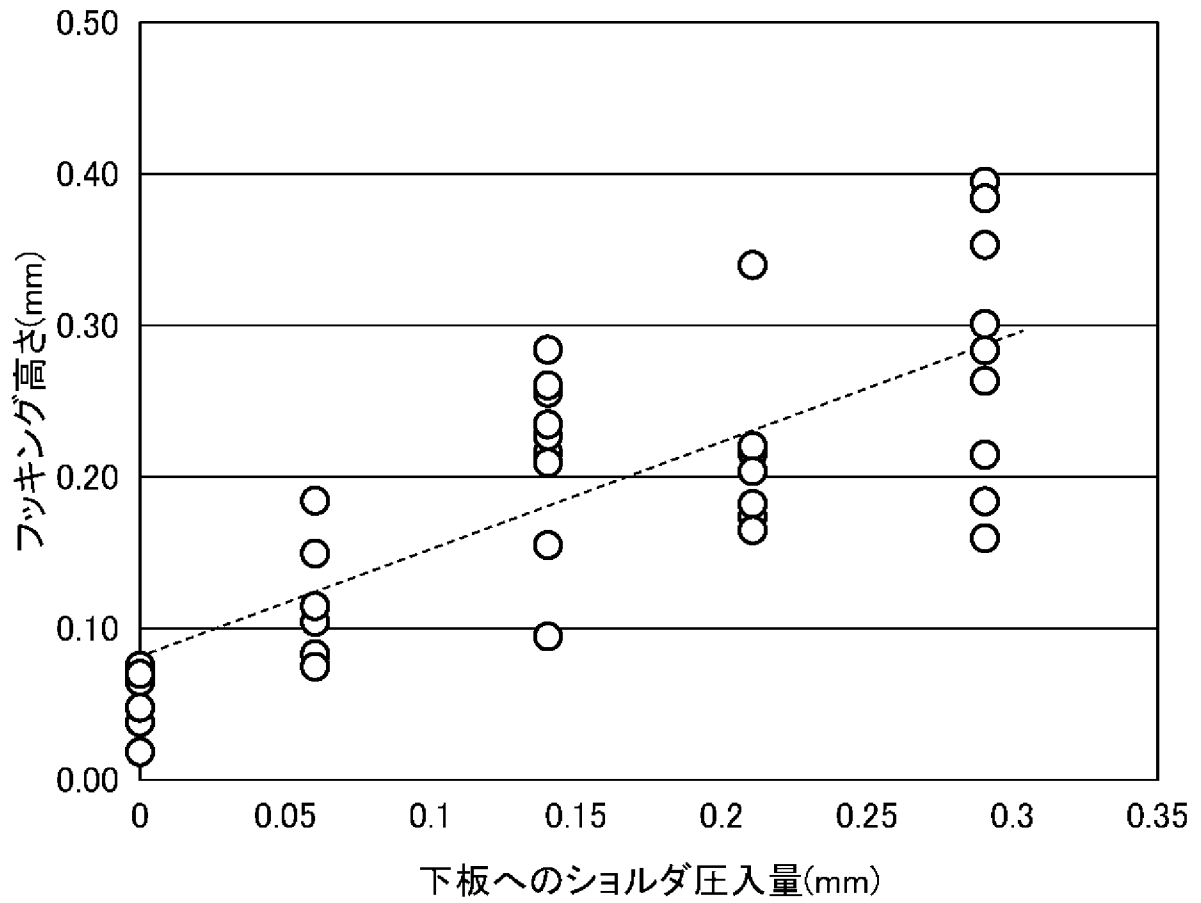
[図12]



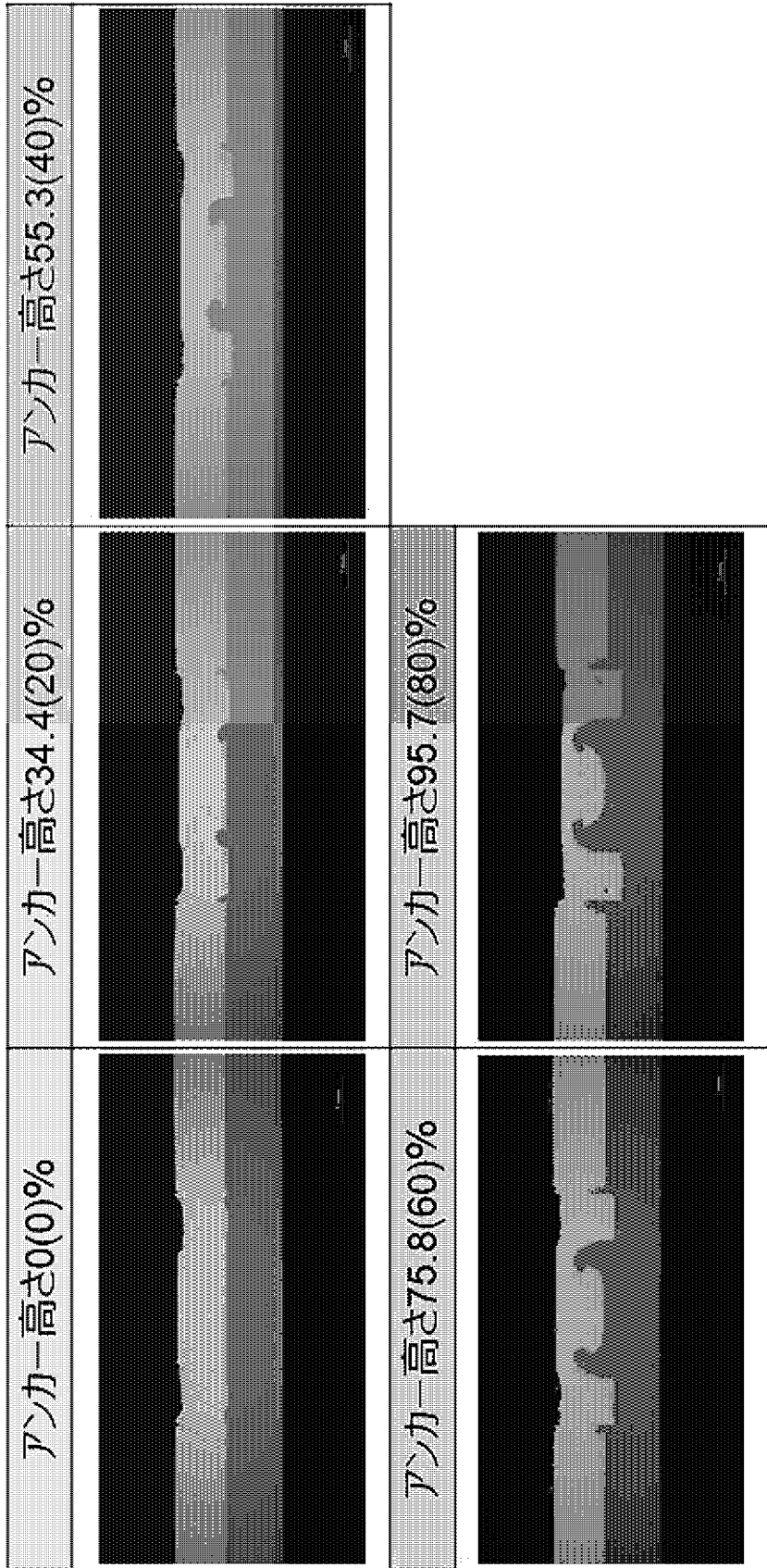
[図13]



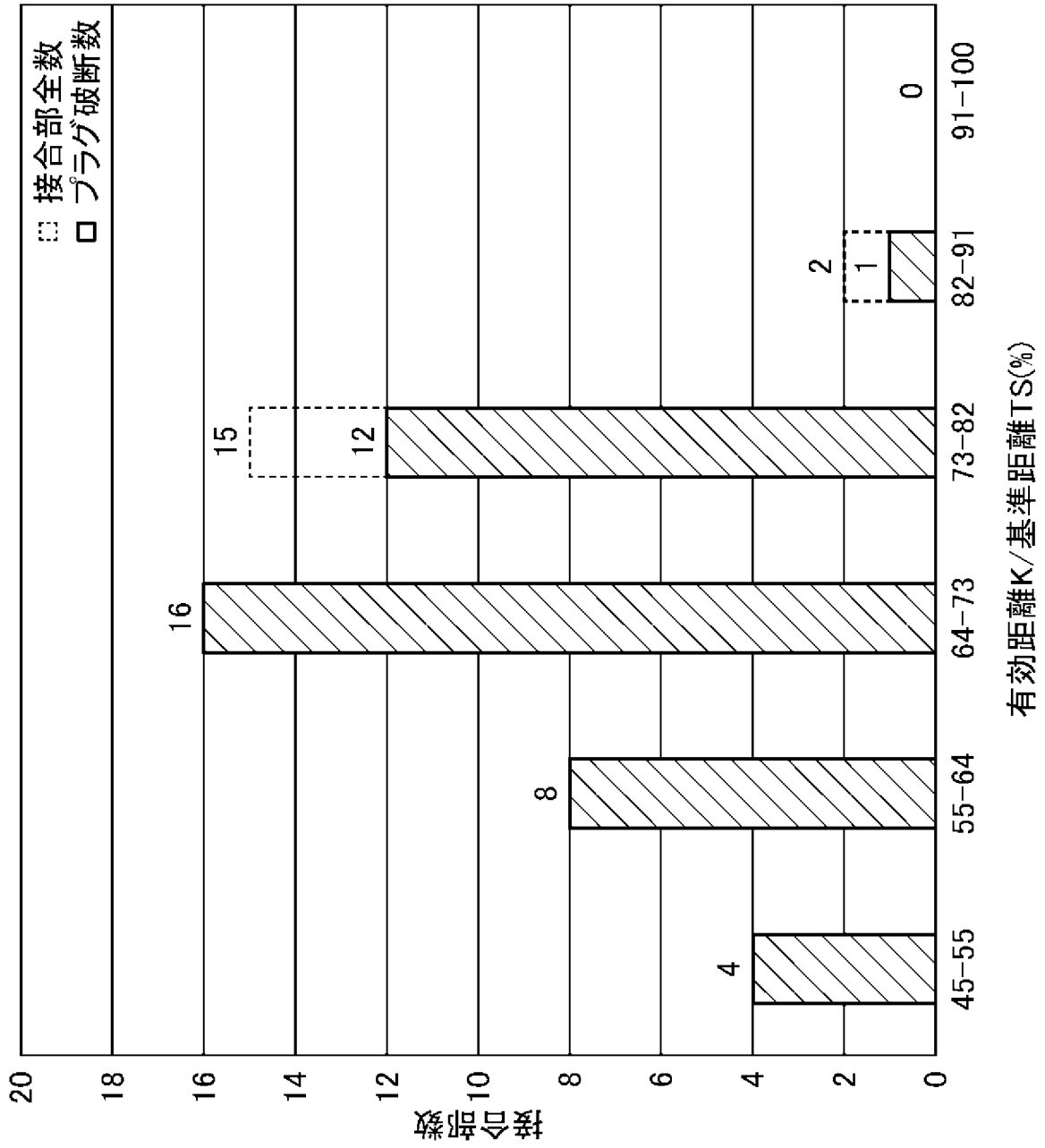
[図14]



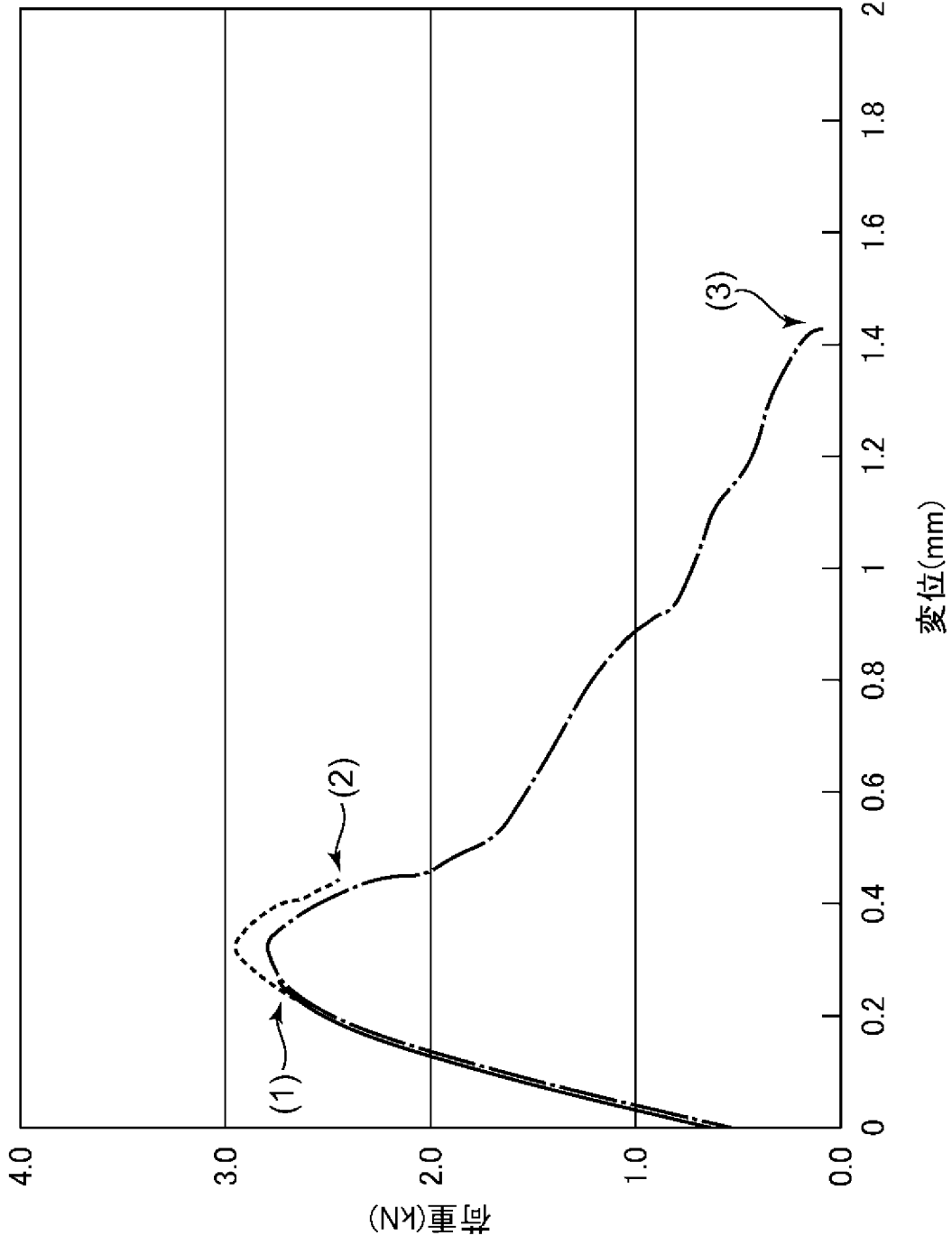
[図15]



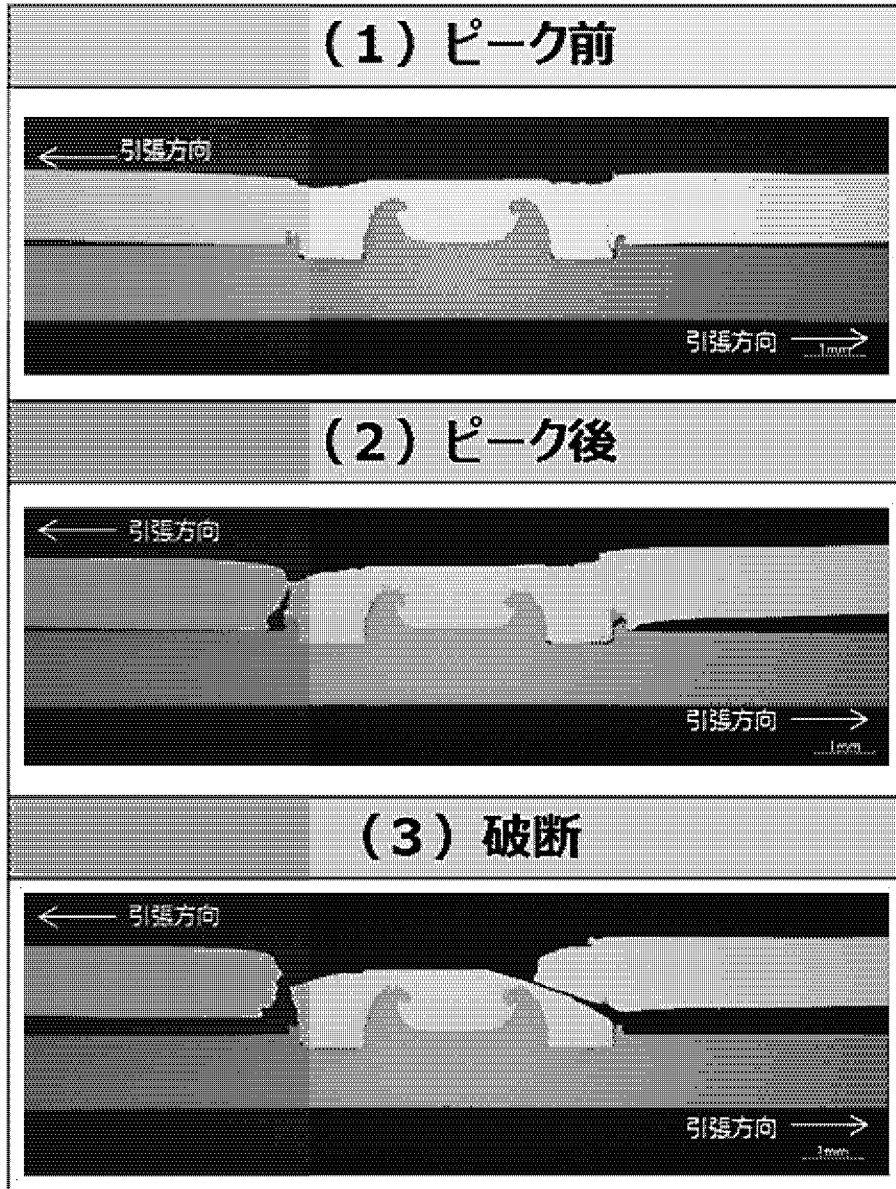
[図16]



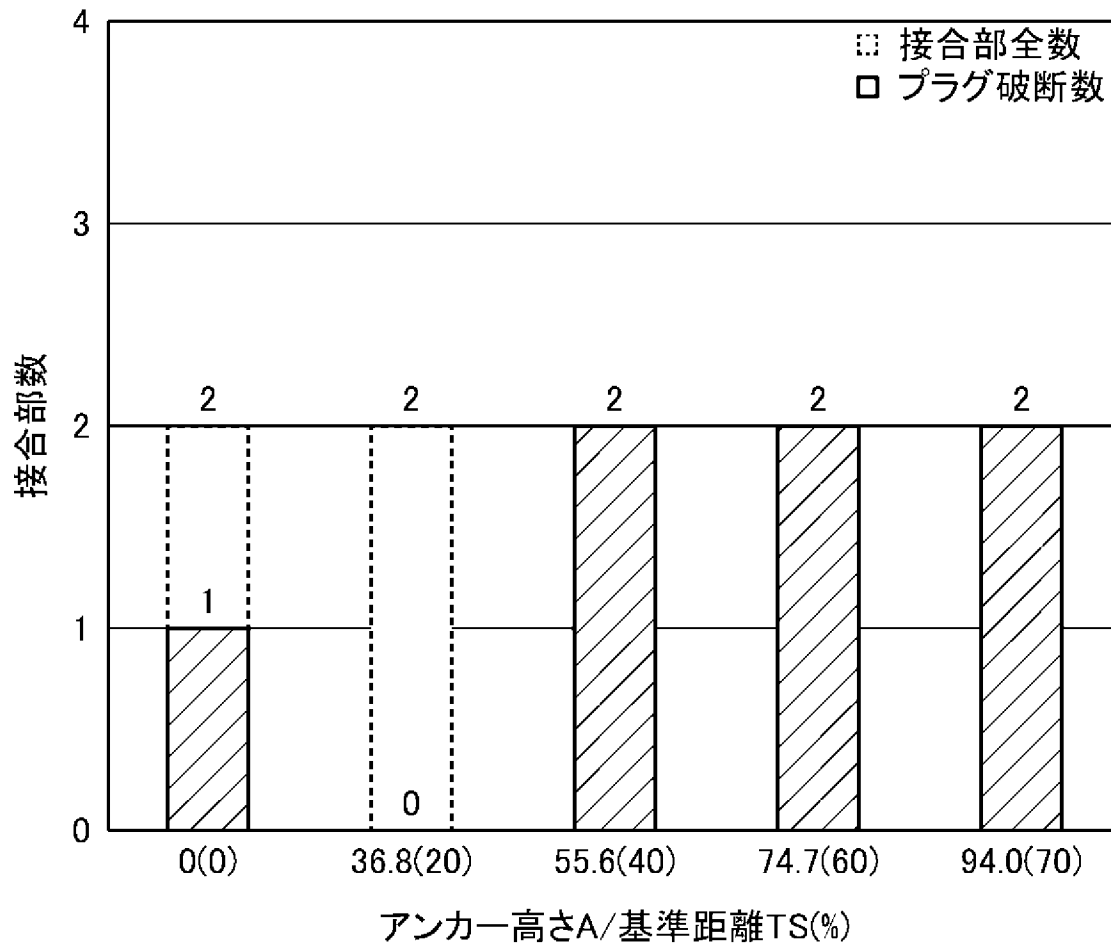
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/027992

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B23K 20/12</i> (2006.01) FI: B23K20/12 364; B23K20/12 344		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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	WO 2020/218445 A1 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 29 October 2020 (2020-10-29) paragraphs [0043], [0047], [0069]-[0081], [0093]-[0095], [0139]-[0143], fig. 4, 9B	1, 4-8
A	JP 2014-24101 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 06 February 2014 (2014-02-06) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2002-144052 A (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 21 May 2002 (2002-05-21) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2017-164788 A (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 21 September 2017 (2017-09-21) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2021-30266 A (UNIV OZYEGIN) 01 March 2021 (2021-03-01) entire text, all drawings	1-8
<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 22 August 2023		Date of mailing of the international search report 05 September 2023
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/JP2023/027992

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/218445	A1	29 October 2020	EP 3960357 A1 paragraphs [0043], [0047], [0069]-[0081], [0093]-[0095], [0140]-[0144], fig. 4, 9B KR 10-2021-0141691 A CN 113747993 A	

JP	2014-24101	A	06 February 2014	(Family: none)	

JP	2002-144052	A	21 May 2002	(Family: none)	

JP	2017-164788	A	21 September 2017	US 2019/0070692 A1 entire text, all drawings CN 108778603 A KR 10-2018-0122673 A	

JP	2021-30266	A	01 March 2021	(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: B23K20/12 364; B23K20/12 344		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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	WO 2020/218445 A1 (川崎重工業株式会社) 29.10.2020 (2020-10-29) 段落0043, 0047, 0069-0081, 0093-0095, 0139-0143, 図4, 9B	1,4-8
A	JP 2014-24101 A (住友電気工業株式会社) 06.02.2014 (2014-02-06) 全文、全図	1-8
A	JP 2002-144052 A (川崎重工業株式会社) 21.05.2002 (2002-05-21) 全文、全図	1-8
A	JP 2017-164788 A (川崎重工業株式会社) 21.09.2017 (2017-09-21) 全文、全図	1-8
A	JP 2021-30266 A (オージェギン ユニベルシテシ) 01.03.2021 (2021-03-01) 全文、全図	1-8
<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	22.08.2023	国際調査報告の発送日 05.09.2023
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） 山内 隆平 3P 1958 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/JP2023/027992

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/218445	A1	29.10.2020	EP 3960357 A1 段落0043, 0047, 0069-0081, 00 93-0095, 0140 -0144, 図4, 9B KR 10-2021-0141691 A CN 113747993 A	
JP	2014-24101	A	06.02.2014	(ファミリーなし)	
JP	2002-144052	A	21.05.2002	(ファミリーなし)	
JP	2017-164788	A	21.09.2017	US 2019/0070692 A1 全文、全図 CN 108778603 A KR 10-2018-0122673 A	
JP	2021-30266	A	01.03.2021	(ファミリーなし)	