

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年10月6日(06.10.2022)



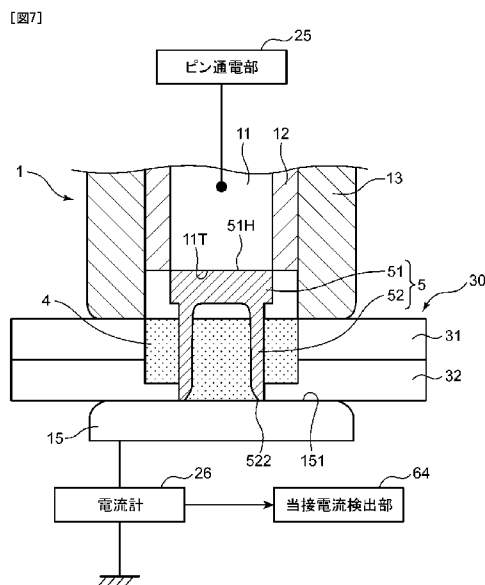
(10) 国際公開番号

WO 2022/210248 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01) B21J 15/10 (2006.01)
B21J 15/00 (2006.01) B23K 31/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/013905
- (22) 国際出願日: 2022年3月24日(24.03.2022)
- (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 2021-057900 2021年3月30日(30.03.2021) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 春名 俊祐 (HARUNA, Shunsuke). 深田 慎太郎 (FUKADA, Shintaro). 大橋 良司 (OHASHI, Ryoji). 波多野 遼一 (HATANO, Ryoichi).
- (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: INSPECTION METHOD FOR FRICTION STIR WELDED PART, AND WELDING DEVICE

(54) 発明の名称: 摩擦攪拌接合部の検査方法及び接合装置



25 Pin current supply unit
26 Ammeter
64 Abutment current detection unit

(57) Abstract: The friction stir welded part is formed by press-fitting a friction stir tool, from a first-member side, into an overlap portion that includes the first member and a second member arranged at a lower layer of the first member, in a state in which the second member is supported by a backing material, and thereby forming a friction stir part, and press-fitting a fastening body into the friction stir part from the first-member side. This inspection method for the friction stir welded part detects whether a part of the fastening body is in abutment against the backing material.

(57) 要約: 摩擦攪拌接合部は、第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含む重なり部に、前記第2部材を裏当て材で支持した状態で前記第1部材側から摩擦攪拌ツールを圧入して摩擦攪拌部を形成すると共に、当該摩擦攪拌部に前記第1部材側から締結体を圧入して形成されている。摩擦攪拌接合部の検査方法は、前記締結体の一部が前記裏当て材に当接したか否かを検出する。

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称： 摩擦攪拌接合部の検査方法及び接合装置

技術分野

[0001] 本開示は、二以上の部材の重なり部を、摩擦攪拌と締結体とを用いて接合してなる摩擦攪拌接合部の検査方法、及び前記重なり部の接合装置に関する。

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、金属部材、樹脂部材、繊維強化材が混合された熱可塑性樹脂部材などが用いられている。前記構造物の製造に際しては、二以上の部材を重ね合わせての接合が必要となる場合がある。この接合の手法として、リベットのような締結体を用いた接合や、摩擦攪拌を用いた接合が知られている。

[0003] 特許文献1には、ブラインドリベットを用いた接合方法が開示されている。この接合方法では、二つの部材の重なり部に、その表面側から鍔部付きブラインドリベットを打設して当該重なり部を貫通させる。その後、重なり部の背面側においてブラインドリベットの前記貫通した部分を膨出変形させることで、その膨出部と前記鍔部とで前記重なり部を挟持する態様の接合部が形成される。

[0004] 特許文献1の方法で作製された接合部は、前記膨出部及び前記鍔部が外部に露呈する態様となる。このため、前記接合部が正常に施行されているか否かの検査は、目視若しくは画像処理にて比較的容易に行うことができる。しかし、締結体が重なり部を貫通しない態様で打設して形成される接合部について、当該締結体が正常な形状で前記重なり部へ圧入されているか否かを検査することは難しい。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5250429号公報

発明の概要

- [0006] 本開示は、二以上の部材の重なり部を摩擦攪拌と締結体とを用いて接合してなる摩擦攪拌接合部の検査を的確に行うことができる検査方法、及び前記検査方法を実行可能な接合装置を提供することを目的とする。
- [0007] 本開示の一の局面に係る摩擦攪拌接合部の検査方法は、第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含む重なり部に、前記第2部材側を裏当て材で支持した状態で前記第1部材から摩擦攪拌ツールを圧入して摩擦攪拌部を形成すると共に、当該摩擦攪拌部に前記第1部材側から締結体を圧入して形成された摩擦攪拌接合部の検査方法であって、前記締結体の一部が前記裏当て材に当接したか否かを検出する。
- [0008] この検査方法によれば、締結体が摩擦攪拌部及び第2部材を貫通して裏当て材に当接したことを検出できる。つまり、前記締結体が、例えば第2部材の母材に対してインターロック部を形成するような、当該締結体に予定されている変形を為すことなく、前記摩擦攪拌部を貫通してしまった不良施行を検出することができる。従って、重なり部を貫通しない態様で締結体が打設される摩擦攪拌接合部の検査を的確に行わせることができる。
- [0009] 本開示の他の局面に係る接合装置は、第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含む重なり部を接合する接合装置であって、前記第1部材側から前記重なり部に圧入され、当該重なり部に摩擦攪拌部を形成する摩擦攪拌ツールと、前記摩擦攪拌部に前記第1部材から締結体を圧入する圧入ツールと、前記重なり部を前記第2部材側から支持する裏当て材と、前記締結体の一部が前記裏当て材に当接したか否かを検出する検出手段と、を備える。
- [0010] この接合装置によれば、摩擦攪拌部に締結体を圧入して摩擦攪拌接合部を形成する一連の工程において、締結体の一部が前記裏当て材に当接したか否かを検出することが可能となる。すなわち、前記締結体が、予定されている変形を為すことなく、前記摩擦攪拌部を貫通してしまった不良施行を、摩擦攪拌接合部の形成工程において検出することができる。従って、品質保証が

為された接合部を形成する接合装置を提供することができる。

[0011] 本開示によれば、二以上の部材の重なり部を摩擦攪拌と締結体とを用いて接合してなる摩擦攪拌接合部の検査を的確に行うことができる検査方法、及び前記検査方法を実行可能な接合装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図 1 は、本開示に係る摩擦攪拌接合部の検査方法を実行可能な、複動式の摩擦攪拌点接合装置の構成を示す模式図である。

[図2A]図 2 A は、第 1 部材と第 2 部材との重なり部を示す断面図である。

[図2B]図 2 B は、リベット（締結体）の一部破断側面図である。

[図2C]図 2 C は、摩擦攪拌とリベットとを併用して接合された接合体の断面図である。

[図3]図 3 は、摩擦攪拌点接合装置の電氣的構成を示すブロック図である。

[図4]図 4 は、リベット併用摩擦攪拌接合の準備状況を示す断面図である。

[図5]図 5 は、リベット併用摩擦攪拌接合の実施工程（A）～（D）を順次示す断面図である。

[図6]図 6 は、本実施形態に係るリベット併用摩擦攪拌接合部の検査方法の工程チャートを示す図である。

[図7]図 7 は、リベットの貫通エラーの検査工程の一例を示す模式図である。

[図8]図 8 は、リベットの貫通エラーの検査工程の他の例を示す模式図である。

[図9]図 9 は、リベットのヘッド部の浮き検査工程の一例を示す模式図である。

[図10A]図 10 A は、ヘッド部の浮きが生じていない接合部を示す断面図である。

[図10B]図 10 B は、ヘッド部に浮きが生じている接合部を示す断面図である。

[図11]図 11 は、リベットの筒体部の拡開度合いの検査工程の一例を示す模式図である。

[図12]図12は、リベットの筒体部の拡開度合いの検査工程の他の例を示す模式図である。

[図13]図13は、リベットの外部加熱の実施状況を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 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。本開示において検査対象となる摩擦攪拌接合部は、例えば、金属、熱可塑性樹脂、熱可塑性複合材等からなるプレート、フレーム、外装材或いは柱状材等の構造部材を、二つ以上重ね合わせて点接合してなる接合部である。この摩擦攪拌接合部を備えた接合体は、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。

[0014] [摩擦攪拌点接合装置の構成]

図1は、本開示に係る摩擦攪拌接合部の検査方法を実行可能な、複動式の摩擦攪拌点接合装置M（接合装置）の構成を示す模式図である。摩擦攪拌点接合装置Mは、例えば6軸の可動関節軸を有するロボットアームを備えた多関節ロボットのアーム先端に取り付けられる。なお、1軸に沿って昇降だけを行う機械装置に摩擦攪拌点接合装置Mが取り付けられていても良い。さらに、単動式の摩擦攪拌点接合装置を用いることもできる。

[0015] 摩擦攪拌点接合装置Mは、複動式の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1をワークに対して固定するツール固定部17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。本実施形態では前記ワークは、第1部材31と第2部材32とが上下方向に重ね合わされてなる重なり部30であって、摩擦攪拌点接合によって最終的に接合体3を構成する。本実施形態のツール1は、摩擦攪拌を行うツールと、後述のリベット5に対応する締結体を摩擦攪拌部へ圧入するツールとを兼ねるツールである。

[0016] ツール1は、ピン部材11、ショルダ部材12、クランプ部材13及びスプリング14を含む。ピン部材11は円柱状に形成された部材であり、その

軸線の方向が上下方向に延びるように配置されている。ピン部材 11 は、前記軸線を回転軸 R として回転が可能であり、且つ、回転軸 R に沿って矢印 Z1 で示す上下方向に進退移動が可能である。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ように、ツール 1 が重なり部 30 に固定される。

[0017] ショルダ部材 12 は、ピン部材 11 の外周を覆うように位置している。ショルダ部材 12 は、ピン部材 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。ショルダ部材 12 の軸心は、ピン部材 11 の軸線つまり回転軸 R と同軸上にある。ショルダ部材 12 は、ピン部材 11 と同一の回転軸 R 回りに回転が可能であり、且つ、回転軸 R に沿って上下方向に沿って矢印 Z2 で示す上下方向に進退移動が可能である。ショルダ部材 12 と、前記中空部に内挿されたピン部材 11 とは、共に回転軸 R の軸回りに回転しつつ、回転軸 R 方向に相対移動が可能である。すなわち、ピン部材 11 及びショルダ部材 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が可能である。

[0018] クランプ部材 13 は、ショルダ部材 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。クランプ部材 13 の軸心も、回転軸 R と同軸上にある。クランプ部材 13 は、軸回りに回転はしないが、回転軸 R に沿って矢印 Z3 で示す上下方向に進退移動が可能である。クランプ部材 13 は、ピン部材 11 又はショルダ部材 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。クランプ部材 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。

[0019] スプリング 14 は、クランプ部材 13 の上端部 131 に、上方へ延び出すように取り付けられている。スプリング 14 は、クランプ部材 13 を重なり部 30 に向かう方向、ここでは下方に付勢している。

[0020] ツール固定部 17 は、回転ツール固定器 171 と、クランプ固定器 172 とを含む。回転ツール固定器 171 は、ピン部材 11 が内挿されたショルダ部材 12 の上方に配置され、ピン部材 11 及びショルダ部材 12 を支持して

いる。クランプ固定器 172 は、スプリング 14 を介してクランプ部材 13 を支持している。また、クランプ固定器 172 は、後述の回転駆動部 23 を介して、回転ツール固定器 171 を支持している。

[0021] ツール 1 の下端面に対向して、裏当て材 15 が配置されている。裏当て材 15 は、接合対象のワーク、本実施形態では重なり部 30 の下面側に当接する支持平面 151 を備える。裏当て材 15 は、ピン部材 11 又はショルダ部材 12、並びに後述のリベット 5 が重なり部 30 に圧入される際に、当該重なり部 30 を裏面から支持する部材である。裏当て材 15 は、C 型フレーム 16 の先端部 161 にて保持されている。スプリング 14 で付勢されたクランプ部材 13 は、重なり部 30 を裏当て材 15 に押し当てる。これにより、ツール 1 は重なり部 30 に固定される。なお、C 型フレーム 16 は、例えば前記ロボットアームの先端に取り付けられるフレームである。

[0022] ツール駆動部 2 は、ピン駆動部 21、ショルダ駆動部 22 及び回転駆動部 23 を含む。ピン駆動部 21 は、回転軸 R に沿ってピン部材 11 を進退移動、ここでは昇降させる機構である。ピン駆動部 21 により、ピン部材 11 の下端部 11T が重なり部 30 へ向かうよう下降する、若しくは、重なり部 30 に対して上昇するように駆動される。ピン駆動部 21 としては、例えば直動アクチュエータを用いることができる。直動アクチュエータとしては、サーボモータ及びラック／ピニオンで構成されるアクチュエータ、或いは、サーボモータ及びボールねじで構成されるアクチュエータ等を用いることができる。

[0023] ショルダ駆動部 22 は、回転軸 R に沿ってショルダ部材 12 を進退移動させる機構である。ショルダ駆動部 22 により、ショルダ部材 12 の下端部 12T が重なり部 30 への圧入及び退避を行うように駆動される。ショルダ駆動部 22 としては、上記の同様な直動アクチュエータを用いることができる。本実施形態のショルダ駆動部 22 は、ピン部材 11、ショルダ部材 12 及びクランプ部材 13 を支持するツール固定部 17 自体を昇降させる機構とされている。このため、図 1 に示している、ピン部材 11、ショルダ部材 12

及びクランプ部材 1 3 の矢印 Z 1、Z 2、Z 3 方向の移動は、全てショルダ駆動部 2 2 の駆動によって実現可能である。

[0024] 但し、ピン部材 1 1 については、ピン駆動部 2 1 で駆動されることによって、ショルダ部材 1 2 及びクランプ部材 1 3 とは独立して進退移動が可能である。例えば、ショルダ駆動部 2 2 によりショルダ部材 1 2 が下降駆動されている状況でも、ピン駆動部 2 1 によりピン部材 1 1 が上昇駆動されることが可能である。また、クランプ部材 1 3 には、ショルダ駆動部 2 2 によって下降され、その下端部 1 3 T が重なり部 3 0 に当接した状態では、スプリング 1 4 の付勢力も作用する。前記付勢力により、クランプ部材 1 3 は重なり部 3 0 を裏当て材 1 5 に押圧し、重なり部 3 0 に対してツール 1 を固定する。

[0025] 回転駆動部 2 3 は、サーボモータ及び駆動ギア等を含み、クランプ固定器 1 7 2 に保持されている。回転駆動部 2 3 は、回転ツール固定器 1 7 1 を回転駆動する。この回転駆動により、回転ツール固定器 1 7 1 に支持されているピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 は、回転軸 R 回りに回転する。

[0026] [摩擦攪拌接合部の概要]

本開示に係る検査方法は、二以上の部材の重なり部を摩擦攪拌と締結体とを用いて接合してなる摩擦攪拌接合部を検査対象とする。この摩擦攪拌接合部の概要を説明しておく。図 2 A は、摩擦攪拌が行われる前の第 1 部材 3 1 と第 2 部材 3 2 との重なり部 3 0 を示す図である。図 2 B は、摩擦攪拌部 4 に圧入されるリベット 5（締結体）の一部破断側面図、図 2 C は、摩擦攪拌とリベット 5 とを併用して接合された接合体 3（摩擦攪拌接合部）の断面図である。

[0027] 図 2 A では、第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 が、複数枚の薄層シート 3 3 の積重体で構成されている例を示している。薄層シート 3 3 としては、連続繊維の配列体に熱可塑性樹脂を含浸した例えばプリプレグのようなシートを用いることができる。第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 は、それぞれ一枚の繊維強化熱可塑性樹脂の成形体で構成された部材でも良いし、金属や、繊維強

化材を含まない熱可塑性樹脂部材でも良い。図2Aでは、第1部材31と第2部材32とが同一の厚さを有する例を示しているが、両者は摩擦攪拌接合が可能な厚さを有する限りにおいて、異なる厚さであっても良い。

[0028] 重なり部30は、第1部材31の接合面31A（下面）と、第2部材32の接合面32A（上面）とが直接接触する合わせ面BDを有している。重なり部30は、このような二層構造に限定されない。第1部材31と、この第1部材31の下層に配置される第2部材32とを含み、両者の間に一層以上の他の層が介在されていても良い。重なり部30に対し、上述のツール1が第1部材31側から圧入され、所定の点接合位置Wを軸心として摩擦攪拌が行われ、摩擦攪拌部4が形成される。さらに、摩擦攪拌部4に第1部材31側からリベット5が圧入されることで、接合体3の施工が完了する。

[0029] 図2Bを参照して、リベット5は、例えばTi-6Al-4V等の導電性チタン合金からなり、円筒型のヘッド部51と、このヘッド部51の下方に連設された円筒型の筒体部52とを含む。ヘッド部51は、筒体部52よりも大径であり、その大径部分が鏑部54とされている。ヘッド部51は充実体からなり、ツール1から圧入力を受ける頂面51Hを有する。筒体部52は、ヘッド部51に一体的に繋がる上端部521と、重なり部30への打設時に先端部となる下端部522とを含む。筒体部52は、易変形性を具備させるため、その内部に円柱型の中空領域523を備えている。下端部522は、中空領域523の開口縁でもあり、環状の端縁形状を有している。

[0030] 上記のリベット5としては、例えばセルフピアスリベットを用いることができる。リベット5は、重なり部30に対して打設されることで一部が変形し、第1部材31と第2部材32とを一体化する係合力を発生する。なお、セルフピアスリベットに代えて、その一部が変形可能な各種の接合部材を、前記締結体として用いても良い。

[0031] 図2Cに示すように、リベット5は、摩擦攪拌部4において重なり部30へ圧入されている。摩擦攪拌部4は、第1部材31側から第2部材32の一部へ至る深さに形成され、側周面41及び底面42を有する。本実施形態で

は、筒体部 5 2 の全長が摩擦攪拌部 4（重なり部 3 0）へ圧入され、ヘッド部 5 1 の下端面が摩擦攪拌部 4 に接面することが予定されている。摩擦攪拌部 4 への圧入後、筒体部 5 2 の下端部 5 2 2 はベル型に拡開変形し、第 2 部材 3 2 における摩擦攪拌部 4 の周囲の母材部分にも圧入される。すなわち、下端部 5 2 2 は、摩擦攪拌部 4 の底面 4 2 よりも下方且つ側周面 4 1 より径方向外側の前記母材部分にも進入することによって、インターロック部 5 3 を形成している。インターロック部 5 3 単体の係止効果、並びにインターロック部 5 3 と錨部 5 4 とによる挟持効果によって、接合体 3 の接合強度を高めることができる。

[0032] 本実施形態では、筒体部 5 2 の全長が重なり部 3 0 へ圧入される例を示しているが、筒体部 5 2 の所定長が重なり部 3 0 へ圧入される態様としても良い。この場合、重なり部 3 0 の上面 3 0 U とヘッド部 5 1 の下端面との間に所定長の隙間が形成されることになる。また、ヘッド部 5 1 と筒体部 5 2 とが同径のリベット 5、或いは、ヘッド部 5 1 が筒体部 5 2 よりも径小のリベット 5 を用いても良い。さらに、リベット 5 の圧入後に、ヘッド部 5 1 を摩擦攪拌部 4 よりも径大となるように圧延しても良い。

[0033] [摩擦攪拌点接合装置の制御構成]

図 3 は、摩擦攪拌点接合装置 M の制御構成を示すブロック図である。摩擦攪拌点接合装置 M は、制御構成として、コントローラ 6 1（制御部）、入力部 6 2 及び検査部 6 3 を備えている。また、摩擦攪拌点接合装置 M は、図 1 では図示を省略したハード構成として、電流計 2 6、ストロークセンサ 2 7 及び温度検出部 2 8 を備えている。

[0034] コントローラ 6 1 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、並びに検査部 6 3 の動作を統括的に制御する。具体的にはコントローラ 6 1 は、ピン駆動部 2 1 を制御して、ピン部材 1 1 を独立的に進退移動させる。また、コントローラ 6 1 は、ショルダ駆動部 2 2 を制御して、ピン部材 1 1、ショルダ部材 1 2 及びクランプ部材 1 3 に、所要の進退移動を行わせる。これら進退移動に

より、重なり部30へのツール1の固定、重なり部30へのピン部材11又はショルダ部材12の圧入動作などが実行される。さらに、コントローラ61は回転駆動部23を制御して、前記進退移動の適宜の期間にピン部材11及びショルダ部材12を回転軸R回りに回転させ、重なり部30の点接合位置Wにおいて摩擦攪拌を実行させる。

[0035] 上述した複動式の摩擦攪拌点接合用のツール1の使用方法としては、ピン先行プロセスと、ショルダ先行プロセスとがある。ピン先行プロセスにて摩擦攪拌を行わせる場合、コントローラ61は、ツール1のピン部材11を先行して重なり部30へ圧入させて摩擦攪拌を実行させる一方、ショルダ部材12を上昇、つまり退避させる。その後の埋め戻し工程では、ピン部材11を上昇させて退避させる一方で、ショルダ部材12を下降させる。

[0036] 一方、ショルダ先行プロセスにて摩擦攪拌を行わせる場合、コントローラ61は、ツール1のショルダ部材12を先行して重なり部30へ圧入させて摩擦攪拌を実行させる一方、ピン部材11を上昇、つまり退避させる。その後の埋め戻し工程では、ショルダ部材12を上昇させて退避させる一方で、ピン部材11を下降させる。後述する図5の実施形態では、ショルダ先行プロセスにて摩擦攪拌が行われる例を詳述する。

[0037] 入力部62は、キーボードやタッチパネル等からなり、コントローラ61に対する所要のデータ入力を受け付ける。入力されるデータは、例えば、摩擦攪拌接合の制御に関する各種パラメータ、ワークの厚み、材質、ツール1の圧入深さ、点接合位置Wの座標データなどである。

[0038] ツール駆動部2は、上述のピン駆動部21、ショルダ駆動部22及び回転駆動部23に加え、エンコーダ24（計測手段）及びピン通電部25（検出手段）を含む。本実施形態では、ピン駆動部21、ショルダ駆動部22及び回転駆動部23の駆動源として、それぞれ電動モーターが用いられるものとする。エンコーダ24は、ピン駆動部21及びショルダ駆動部22の電動モーターに各々付設され、ピン部材11の下端部11T及びショルダ部材12の下端部12Tの高さ位置の特定に繋がる電気信号を出力する。

[0039] ピン通電部２５は、直流電圧の発生源を含み、後述するリベット５の貫通エラー検査時に、ピン部材１１に直流電圧を印加する。電流計２６（検出手段）は、前記貫通エラー検査時に、ツール１のピン部材１１と裏当て材１５との間に流れる電流を検出する。

[0040] ストロークセンサ２７（計測手段）は、ショルダ部材１２とクランプ部材１３との相対位置を検出するセンサである。クランプ部材１３が重なり部３０をクランプしている状態で、ストロークセンサ２７がショルダ部材１２とクランプ部材１３とが同位置にあることを検出した場合、ショルダ部材１２の下端部１２Ｔが重なり部３０の上面３０Ｕに当接していることになる。

[0041] 温度検出部２８（形状推定手段）は、接合中、若しくは接合後の摩擦攪拌接合部（重なり部３０／接合体３）の温度を計測する。温度検出部２８としては、各種の非接触型又は接触型の温度計測装置を用いることができる。前者としてはサーモグラフィーを、後者としては熱電対を、好ましい温度計測装置として例示することができる。

[0042] 検査部 63 は、摩擦攪拌部 4 とリベット 5 とを併用した接合体 3 に対して、各種の検査動作を行う。検査部 63 は、機能的に、当接電流検出部 64（検出手段）、モーター電流検出部 65（検出手段）、ツール位置検出部 66（計測手段）、隙間算出部 67（計測手段）、形状推定部 68（形状推定手段）及び判定部 69（形状推定手段）を備えている。これら機能部については、図 6 乃至図 13 に基づいて検査工程を説明する際に動作と共に詳述するので、ここでは概要を説明するに止める。

[0043] 当接電流検出部 64 は、電流計 26 が計測した電流値に基づいて、ピン部材 11 と裏当て材 15 との間に流れる電流が所定の閾値を超過したか否かを判定する。また、当接電流検出部 64 は、前記電流が前記所定の閾値を超過した場合、リベット 5 の下端部 522 が裏当て材 15 が当接したと判定する。

[0044] モーター電流検出部 65 は、ピン駆動部 21 の駆動源の電動モータのモーター電流、若しくは、シヨルダ駆動部 22 の駆動源の電動モータのモー

ター電流を検出する。また、モーター電流検出部 6 5 は、前記モーター電流が所定の閾値を超過した場合、リベット 5 の下端部 5 2 2 が裏当て材 1 5 が当接したと判定する。なお、当接電流検出部 6 4 及びモーター電流検出部 6 5 の検査機能は実質的に同一であるので、両者のうちのいずれか一方を省いても良い。

[0045] ツール位置検出部 6 6 は、エンコーダ 2 4 の出力値に基づいて、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 の下降位置、すなわち、これらの下端部 1 1 T、下端部 1 2 T の高さ位置を算出する。なお、ショルダ部材 1 2 の下端部 1 2 T の高さ位置は、ストロークセンサ 2 7 の出力値に基づいて、ツール位置検出部 6 6 に算出させるようにしても良い。

[0046] 隙間算出部 6 7 は、ツール位置検出部 6 6 の前記高さ位置の算出結果に基づいて、リベット 5 のヘッド部 5 1 の下端と、重なり部 3 0 の上面 3 0 U、換言すると第 1 部材 3 1 の上面との間隔を求める。この際、隙間算出部 6 7 は、予め入力部 6 2 から与えられているヘッド部 5 1 の厚さ情報を参照する。

[0047] 形状推定部 6 8 は、温度検出部 2 8 が検出する摩擦攪拌接合部の温度情報に基づいて、リベット 5 の筒体部 5 2 の拡開度合いないしは変形度合いを推定する処理を行う。判定部 6 9 は、形状推定部 6 8 が推定した筒体部 5 2 の拡開形状と、予め記憶されたテンプレートとを比較する等して、当該拡開形状が所要の拡開度合いを満たしているか否かを判定する。

[0048] [リベットを併用した摩擦攪拌接合方法]

続いて、摩擦攪拌点接合用のツール 1 を用いて、重なり部 3 0 にリベット 5 を併用した摩擦攪拌接合部を形成する方法の具体例を、図 4 及び図 5 を参照して説明する。本実施形態では、ショルダ先行プロセスにてツール 1 に重なり部 3 0 の摩擦攪拌を行わせる例を示す。また、前記摩擦攪拌工程及びリベット 5 の摩擦攪拌部 4 への圧入工程の双方を、ツール 1 にて行わせる例を示す。リベット 5 の圧入工程を、ツール 1 とは別個の圧入ツールに行わせても良い。

[0049] 図4は、リベットを併用する摩擦攪拌接合の準備工程を示す断面図である。準備工程では、第1部材31と第2部材32とを、両者の少なくとも一部が互いに当接した状態で重なり合う重なり部30が形成される。図4では、第1部材31がツール側（上側）、第2部材32が裏当て材15側（下側）に配置される例を示している。重なり部30の下面30Bは裏当て材15で支持され、上面30Uにはツール1の下端面が当接している。

[0050] 準備工程では、打設するリベット5を予めツール1に装填する動作も行われる。具体的には、図3に示すコントローラ61がピン駆動部21を動作させてピン部材11を上昇させ、ショルダ部材12の中空部内にリベット5の収容空間を創出する。つまり、ピン部材11の下端部11Tをショルダ部材12の下端部12Tに対して、リベット5の高さ以上相対的に上昇させて、ショルダ部材12の下端開口付近に収容空間を設ける。しかる後、リベット5が収容空間に装填される。続いて、ツール1の重なり部30へのクランプ動作が行われる。この際、ツール1の回転軸R（図1）は、重なり部30における点接合位置Wに位置合わせされる。この状態で、クランプ部材13は、スプリング14の付勢力を伴って、下端部13Tにて重なり部30を裏当て材15に押圧する。ショルダ部材12の下端部12Tも、上面30Uに接面した状態とされる。

[0051] 図5は、リベット併用摩擦攪拌接合の実施工程（A）～（D）を順次示す断面図である。図5の工程（A）は、ツール1のショルダ部材12を重なり部30へ圧入して摩擦攪拌を行う摩擦攪拌工程を示している。コントローラ61は、ショルダ駆動部22及び回転駆動部23を制御して、ショルダ部材12を軸回りに高速回転させながら下降させ、当該ショルダ部材12の重なり部30への圧入を開始する。一方、前記圧入で溢れた樹脂材料を逃がすように、コントローラ61はピン駆動部21を制御して、ピン部材11を上方へ退避させる。クランプ部材13は不動である。これにより、点接合位置Wを中心とする摩擦攪拌が実行される。なお、リベット5の収容のためピン部材11は上方に移動されているので、上記のピン部材11の退避動作は省い

ても良い。

[0052] 高速回転しているショルダ部材 1 2 が重なり部 3 0 に圧入されると、当該ショルダ部材 1 2 の圧入領域において重なり部 3 0 の材料は摩擦攪拌される。ショルダ部材 1 2 の圧入によって重なり部 3 0 から溢れ出した材料は、ショルダ部材 1 2 内の中空部に逃がされる。当該摩擦攪拌によって、前記圧入領域の材料は軟化し、重なり部 3 0 に摩擦攪拌部 4 が形成される。例えば、プレプリグ薄層シート 3 3 の積層体にて第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 が形成されている場合、摩擦攪拌部 4 では薄層シート 3 3 の連続繊維は分断され、粉碎された状態となる。このことは、後続するリベット 5 の打設並びに変形を容易とする。

[0053] 図 5 の工程 (B) は、先の摩擦攪拌工程で重なり部 3 0 から溢れ出した材料の埋め戻し工程を示す図である。埋め戻し工程では、ショルダ駆動部 2 2 がショルダ部材 1 2 を上昇させる。ピン部材 1 1 を上昇させていた場合は、これを下降させる。この動作により、摩擦攪拌部 4 において、ショルダ部材 1 2 の下端部 1 2 T 付近が占有していた領域に、軟化している材料が流れ込む。従って、重なり部 3 0 から溢れ出した材料も前記圧入領域に埋め戻される。以上の工程の実行により、重なり部 3 0 には、深さ d の円筒型の側周面 4 1 と、円板型の底面 4 2 とを備える摩擦攪拌部 4 が形成される。

[0054] 図 5 の工程 (C) は、リベット 5 の打設工程の実施状況を示す図である。打設工程では、第 1 部材 3 1 側から摩擦攪拌部 4 にリベット 5 を圧入する。具体的には、ピン駆動部 2 1 がピン部材 1 1 を下降させてヘッド部 5 1 に押圧力を与え、リベット 5 を重なり部 3 0 へ押し込む。リベット 5 は、予めピン部材 1 1 の下端部 1 1 T にヘッド部 5 1 の頂面 5 1 H が対向するように、前記収容空間に装填されている。従って、ピン部材 1 1 が下降すると、リベット 5 も下降し、下端部 5 2 2 の側から摩擦攪拌部 4 の内部へ進入してゆく。本実施形態では、リベット 5 を圧入する工具として摩擦攪拌点接合用のツール 1 を利用するので、リベット 5 を打設する圧入ツールを別途準備する必要がない。

[0055] 図5の工程(D)は、打設したリベット5の一部を変形させてインターロック部53を形成する工程を示す図である。この工程では、第2部材32にリベット5が到達した後、当該リベット5を変形させることで、第2部材32における摩擦攪拌部4の周囲の母材部分にリベット5の一部を入り込ませてインターロック部53を形成する。本実施形態では、円筒型を呈している筒体部52を、下端部522が拡径したベル型に変形させ、その拡径した下端部522を前記母材部分に圧入させることによって、インターロック部53が形成される。

[0056] 図5の工程(C)の状態からピン部材11によるリベット5の押下が進行すると、やがてリベット5の下端部522が摩擦攪拌部4の底面42に到達する。底面42より下方は母材部分であって軟化されていない。また、裏当て材15によって重なり部30が、底面42の真下の位置において支持されている。このため、底面42に到達後に、さらにピン部材11によるリベット5の押下が継続されると、図5の工程(D)に示すように、筒体部52がベル型に変形される。

[0057] つまり、下端部522は、底面42を越えて摩擦攪拌部4の下方の前記母材部分へ圧入されるだけでなく、径方向へ拡径して側周面41を越えて摩擦攪拌部4の側方の前記母材部分へも圧入されるようになる。このうち、側周面41を越えて前記母材部分へ圧入された部分が、第1部材31と第2部材32との引き剥がし方向、ここでは上下方向に対してアンカー効果を発揮するインターロック部53となる。なお、リベット5の筒体部52の変形は、第2部材32に到達する前に生じていても良い。例えば、摩擦攪拌部4に圧入後に第1部材31の領域で徐々に筒体部52の拡開変形が始まり、底面42に到達後にさらに拡開変形するという変形態様であっても良い。

[0058] その後、ツール1が重なり部30から取り外され、一つの接合箇所における施工が完了する。施工完了後の状態は、図2Cに示す接合体3の通りである。必要に応じて、リベット5のヘッド部51を圧潰する工程が追加実行される。例えば圧潰工程では、ヘッド部51の径が摩擦攪拌部4よりも径大と

なるように、ヘッド部 5 1 がプレスされる。以上説明した接合方法によれば、ツール 1 による摩擦攪拌部 4 とリベット 5 との併用により、重なり部 3 0 を優れた接合強度で接合することができる。

[0059] [リベット併用摩擦攪拌接合部の検査フロー]

リベット 5 を併用した摩擦攪拌接合部の品質保証のため、摩擦攪拌部 4 にリベット 5 が正常に打設されているか否かを検査する必要がある。本実施形態のリベット 5 は、重なり部 3 0 を貫通しない態様で打設されるため、目視や画像処理による外観検査での良否判定は困難である。そこで本実施形態では、外観検査に依らない手法で、リベット併用摩擦攪拌接合部の検査を行う。

[0060] 図 6 は、本実施形態に係るリベット併用摩擦攪拌接合部の検査方法の工程チャートを示す図である。最初に実行される検査工程は、リベット 5 の貫通エラー検査である（ステップ S 1）。貫通エラーとは、摩擦攪拌部 4 に打ち込まれたリベット 5 の筒体部 5 2 が、重なり部 3 0 を貫通した状態を言う。貫通が生じたということは、筒体部 5 2 が予定されている拡開変形が為されず、結果としてインターロック部 5 3 が形成されていないことに繋がる。この場合、リベット 5 は重なり部 3 0 の係止効果を発揮しない。

[0061] 重なり部 3 0 は裏当て材 1 5 で支持されているので、貫通エラーが生じた場合、締結体の一部である筒体部 5 2 の下端部 5 2 2 が裏当て材 1 5 に当接することになる。本実施形態では、この当接を、リベット 5 を押圧するピン部材 1 1 と裏当て材 1 5 との間の通電状態に基づいて検査する（図 7）、或いは、ピン駆動部 2 1 又は回転駆動部 2 3 の駆動源である電動モーターのモーター電流の変動に基づいて検査する（図 8）。これらの検査の結果、リベット 5 の裏当て材 1 5 への当接が検知された場合（ステップ S 2 で NO）、当該接合部は不良と判定される（ステップ S 8）。一方、リベット 5 が裏当て材 1 5 へ非当接である場合（ステップ S 2 で YES）、続いてステップ S 3 の検査が実行される。

[0062] ステップ S 3 では、リベット 5 のヘッド部 5 1 の浮き検査が実行される。

ヘッド部51の浮きとは、ヘッド部51の下端部522が重なり部30の上面30U、つまり摩擦攪拌部4の上面に当接せずに、両者間に隙間が生じている状態を言う。ヘッド部51の浮きが生じている場合、所定の圧入深さdまで筒体部52が摩擦攪拌部4に圧入されていないことに繋がる。この場合、不十分な圧入に起因して、リベット5が十分に係止効果を発揮しないことが想定される。

[0063] ヘッド部51は、ピン部材11の下端部11Tにて押圧される。従って、ヘッド部51の厚さが既知であれば、下端部11Tの下降位置と、重なり部30の上面30Uの位置との差を求めれば、ヘッド部51の下端部522と上面30Uとの間隔を求めることができる。なお、上面30Uの位置は、当該上面30Uに当接しているショルダ部材12の下端部12Tの高さ位置から求めることができる。本実施形態では、下端部11T、12Tの高さ位置を、ピン駆動部21及びショルダ駆動部22の駆動源の電動モーターに付設されているエンコーダ24の出力値に基づいて算出する(図9)。ヘッド部51の浮きに相当する隙間が存在する場合(ステップS4でNO)、当該接合部は不良と判定される(ステップS8)。一方、前記隙間が存在しない場合(ステップS4でYES)、続いてステップS5の検査が実行される。

[0064] ステップS5では、リベット5の筒体部52の拡開度合い検査が実行される。筒体部52の拡開度合いとは、円筒型を有する筒体部52がベル型に変形することで、下端部522の径が元の径に比べてどの程度増大しているかを示す指標である。リベット5が重なり部30を貫通せず、ヘッド部51に浮きが検出されなかったとしても、筒体部52が所期の通りに拡開変形していないケースが想定される。筒体部52が拡開不足である場合、或いは歪な拡開形状である場合、十分な係止効果を発揮するインターロック部53が形成されないことが想定される。

[0065] 一般に、重なり部30を形成する第1部材31及び第2部材32とリベット5とは、異なる材質であることが多い。先の例示では、前者は繊維強化熱可塑性樹脂、後者はチタン合金であり、両者は熱伝導率を異にする。従って

、リベット５が打設された摩擦攪拌接合部の温度を計測すれば、当該リベット５とその周囲との温度差に基づき、筒体部５２の拡開形状を推定することが可能となる。本実施形態では、前記温度計測をサーモグラフィー２８１にて行う場合（図１１）と、裏当て材１５に埋め込まれた熱電対２８２を用いる場合（図１２）とを例示する。筒体部５２の拡開度合いが異常である場合（ステップＳ６でＮＯ）、当該接合部は不良と判定される（ステップＳ８）。一方、筒体部５２の拡開度合いが正常である場合（ステップＳ６でＹＥＳ）、当該接合部は合格と判定される（ステップＳ７）。

[0066] [各検査の詳細]

以下、上記ステップＳ１の貫通エラー検査、ステップＳ３のヘッド部５１の浮き検査、及びステップＳ５の筒体部５２の拡開度合い検査の各具体例を、図７～図１３を参照して詳細に説明する。

[0067] <貫通エラー検査>

図７は、リベット５の貫通エラーの検査工程の一例を示す模式図である。図７には、リベット５が拡開変形せず、重なり部３０を貫通して下端部５２２が裏当て材１５に当接した状態となる貫通エラーが示されている。本検査例では、ピン部材１１と裏当て材１５との間に導電経路が形成されたか否かに基づき、下端部５２２が裏当て材１５に当接したか否か、つまり、貫通エラーが生じたか否かを検出する。従って本検査例では、ピン部材１１、リベット５及び裏当て材１５として導電性の部材が、重なり部３０を形成する第１部材３１及び第２部材３２として非導電性の材料が、それぞれ用いられていることが前提である。

[0068] ピン部材１１は、ピン通電部２５と電氣的に接続され、ピン通電部２５が備える直流電源から直流電圧が印加可能とされている。一方、裏当て材１５の接地経路には、電流計２６が組み入れられている。電流計２６が計測した電流値は、検査部６３（図３）の当接電流検出部６４に送信される。

[0069] リベット５の貫通エラーが生じている状態では、図７に示す通り、リベット５の頂面５１Ｈがピン部材１１の下端部１１Ｔに当接すると共に、下端部

５２２が裏当て材１５に当接する。このため、ピン部材１１と裏当て材１５とがリベット５で電氣的に短絡された状態となる。この状態では、ピン部材１１に直流電圧が印加されていると、貫通エラーの発生と同時に裏当て材１５の接地経路には電流が流れる。従って、直流電圧が印加されているピン部材１１にてリベット５を打ち込むと、貫通エラーが発生した場合に、電流計２６は大きな電流を検出することになる。

[0070] 当接電流検出部６４は、電流計２６が計測した電流値が所定の閾値を超過した場合に、リベット５の下端部５２２が裏当て材１５に当接したと判定する。つまり、貫通エラーが発生したと判定する。貫通エラーが発生していない場合、電流計２６が計測する電流値はゼロに等しい。従って、前記所定の閾値は、電流のＯＮ－ＯＦＦを識別できる程度の値とすれば良い。本検査例によれば、シンプルな電気機器の付設により、貫通エラーを電氣的に簡易に検出することができる。

[0071] 図８は、リベット５の貫通エラーの検査工程の他の例を示す模式図である。図８にも、リベット５の貫通エラーが発生している状態が示されている。本検査例では、ピン駆動部２１又は回転駆動部２３の駆動源である電動モーターのモーター電流に基づいて、リベット５の下端部５２２が裏当て材１５に当接したか否かを検知する。前記モーター電流は、モーター電流検出部６５によってモニターされる。

[0072] リベット５は、ピン部材１１の下降によって摩擦攪拌部４に打ち込まれる。ピン駆動部２１の電動モーターには、ピン部材１１の下降負荷に応じたモーター電流が流れる。貫通エラーが発生して下端部５２２が裏当て材１５に当接した場合、前記下降負荷は急激に増大する。このため、前記モーター電流も急激に上昇することになる。モーター電流検出部６５には、予め貫通エラーの判定基準となるモーター電流の閾値が与えられる。モーター電流検出部６５は、前記閾値を超過するモーター電流を検出した場合に、リベット５の下端部５２２が裏当て材１５に当接したと判定する。

[0073] リベット５は、その軸回りに回転させながら打設される場合がある。この

場合、ピン部材 1 1 とリベット 5 とを係合させる係合部が、下端部 1 1 T 及び頂面 5 1 H に各々設けられる。リベット 5 の圧入の際、回転駆動部 2 3 はピン部材 1 1 を回転させる。この際、回転駆動部 2 3 の電動モーターには、ピン部材 1 1 の回転負荷に応じたモーター電流が流れる。

[0074] このようなりベット 5 の回転打設が行われる場合において、貫通エラーが発生すると、回転する下端部 5 2 2 が裏当て材 1 5 に突き当たることになる。この突き当たりにより、下端部 5 2 2 の回転摩擦抵抗が急激に増大し、前記モーター電流も急激に上昇することになる。モーター電流検出部 6 5 は、回転駆動部 2 3 のモーター電流が、前記閾値を超過した場合に、リベット 5 の下端部 5 2 2 が裏当て材 1 5 に当接したと判定する。

[0075] ピン駆動部 2 1 又は回転駆動部 2 3 のモーター電流は、摩擦攪拌点接合時において、ツール 1 の重なり部 3 0 に対する圧入量制御等の目的で、モニターされることが多い。つまり、モーター電流検出部 6 5 に相当する機能部を、摩擦攪拌点接合装置 M が本来的に具備している場合が多い。図 8 の検査例によれば、摩擦攪拌点接合装置 M の本来の制御において必要な機能部を利用して、貫通エラーを検出することができる。

[0076] <ヘッド部の浮き検査>

図 9 は、リベット 5 のヘッド部 5 1 の浮き検査工程の一例を示す模式図である。図 9 には、リベット 5 の筒体部 5 2 の圧入が不十分で、ヘッド部 5 1 の下端面 5 1 B が重なり部 3 0 の上面 3 0 U から浮き上がっている例を示している。これに対し図 10 A は、ヘッド部 5 1 の浮きが生じていない正常な重なり部 3 0 を示している。下端面 5 1 B は上面 3 0 U に接面し、筒体部 5 2 の全長が摩擦攪拌部 4 に圧入されている。一方、図 10 B は、図 9 の浮き不良が生じている重なり部 3 0 から、ツール 1 を取り外した状態を示している。下端面 5 1 B と上面 3 0 U との間には、間隔 h_2 が生じている。

[0077] 本検査例では、下端面 5 1 B と上面 3 0 U との間隔 h_2 を求める処理を行うことで、ヘッド部 5 1 の浮きを検出する。具体的には、リベット 5 を押し込む圧入ツールであるピン部材 1 1 の下降位置と、ヘッド部 5 1 の厚さ h_1

とから、間隔 h_2 を算出する。既述の通り、前記算出に際しては、エンコーダ24の出力値が用いられる。

[0078] ピン駆動部21の電動モーターには、第1エンコーダ241が付設されている。ショルダ駆動部22の電動モーターには、第2エンコーダ242が付設されている。第1、第2エンコーダ241、242の出力値は、ツール位置検出部66に送信される。図9に示す状態では、ピン部材11の下端部11Tは、ヘッド部51の頂面51Hに当接している。このため、第1エンコーダ241の出力値は、下端部11Tの下降位置、つまり頂面51Hの高さ位置に相当する情報となる。また、ショルダ部材12の下端部12Tは、重なり部30の上面30Uに接面している。このため、第2エンコーダ242の出力値は、上面30Uの高さ位置に相当する情報となる。ツール位置検出部66は、これらの情報に基づいて下端部11T及び上面30Uの高さ位置を特定し、その位置データを隙間算出部67に送信する。

[0079] 隙間算出部67には、予めヘッド部51の厚さ情報であるヘッド部51の厚さ h_1 のデータが与えられている。隙間算出部67は、下端部11T及び上面30Uの高さ位置と、ヘッド部厚さ h_1 とから、ヘッド部51の下端面51Bと上面30Uとの間の距離である間隔 h_2 を算出する。隙間算出部67は、算出された間隔 h_2 に基づいて、ヘッド部51の浮き不良が発生しているか否かを判定する。筒体部52の全長が摩擦攪拌部4に圧入されることが予定されている場合は、間隔 h_2 の許容値はゼロ又はゼロ近傍である。筒体部52の全長の圧入が予定されておらず、ある程度のヘッド部51の浮きが許容されている場合は、それに応じて間隔 h_2 の許容値が設定される。

[0080] 上面30Uの高さ位置を、ストロークセンサ27の出力値から取得するようにしても良い。接合時には、クランプ部材13が重なり部30をクランプする。このため、クランプ部材13の下端部13Tは上面30Uに確実に当接している。一方、ストロークセンサ27は、ショルダ部材12とクランプ部材13との相対位置を検出する。従って、ピン部材11とショルダ部材12との原点合わせが行われている場合には、第1エンコーダ241の出力値

と、ストロークセンサ 27 の出力値とから、上面 30 U と下端部 11 T との高低差を知見することができる。

[0081] なお、ヘッド部 51 が筒体部 52 よりも径小のリベット 5 が用いられることがある。この場合、間隔 h_2 は、ヘッド部 51 と筒体部 52 との境界線となるヘッド部 51 の下端と、上面 30 U との間隔となる。また、リベット 5 の押し込みに、ツール 1 のピン部材 11 とは別個の圧入ツールを用いる場合は、その圧入ツールの下降位置に基づいて、ヘッド部 51 の頂面 51 H の高さ位置を知見することができる。

[0082] 本検査例では、第 1、第 2 エンコーダ 24 1、24 2 の出力値を利用する。一般に、ピン部材 11 の位置制御等を目的として、ピン駆動部 21 及びシヨルダ駆動部 22 の電動モーターにはエンコーダが標準装備されている。従って、本検査例によれば、新たな計測装置を付加することなく、ヘッド部 51 の浮き検査を行うことができる。

[0083] <筒体部の拡開度合い検査>

本実施形態では、リベット 5 が打設された摩擦攪拌接合部の温度を計測することで、筒体部 52 の拡開度合いを推定する形状推定手段を設け、前記拡開度合いの合否判定を行う。すなわち、インターロック部 53（筒体部の一部）が摩擦攪拌部 4 の周囲の第 2 部材 32 に入り込むように、筒体部 52 が拡開しているか否かを判定する。

[0084] 図 11 は、リベット 5 の筒体部 52 の拡開度合いの検査工程の一例を示す模式図である。図 11 では、前記形状推定手段として、サーモグラフィー 28 1 と、上述の形状推定部 68 及び判定部 69 とが用いられる例を示している。サーモグラフィー 28 1 は、物体から放射される赤外線を感知して前記物体の熱分布を検出することが可能な非接触型温度計測器である。図 11 では、サーモグラフィー 28 1 は、リベット 5 が打設された重なり部 30 の下方に配置されている例を示す。この例では、重なり部 30 の下面側の二次元温度分布が、サーモグラフィー 28 1 によって計測されることになる。

[0085] サーモグラフィー 28 1 は、裏当て材 15 と並列に C 型フレーム 16 に搭

載することができる。この場合、クランプ部材 13 による重なり部 30 のクランプを解除した後、ロボットアームを移動させる等して、リベット 5 の打設位置にサーモグラフィー 281 を対向させる。もちろん、サーモグラフィー 281 を、別個の保持部材に保持させるようにしても良い。また、裏当て材 15 が赤外線透過性の材質であれば、裏当て材 15 の下方に配置しても良い。さらに、接合後の別工程で温度計測を行う場合は、サーモグラフィー 281 を、重なり部 30 の上方側又は下方側の何れに配置しても良い。

[0086] リベット 5 は、重なり部 30 への圧入時に熱を帯びる。具体的には、摩擦攪拌されて高熱化している摩擦攪拌部 4 からの伝熱や、高速回転するピン部材 11 に接触することによる摩擦熱又は圧入自体による摩擦熱などが高温化の要因である。摩擦攪拌部 4 からの伝熱の場合、リベット 5 と第 2 部材 32 との熱伝導率が異なるため、リベット 5（筒体部 52）が存在している領域と、それ以外の領域とには明らかな温度差が生じる。摩擦熱の場合はリベット 5 自体が発熱するので、やはり第 2 部材 32 との温度差が生じる。従って、摩擦攪拌接合部の形成時又は形成直後であって、リベット 5 が第 2 部材 32 よりも高熱を保持している段階でサーモグラフィー 281 に温度計測を行われれば、前記温度差に基づく温度分布を明確に検出することができる。

[0087] 図 11 のうちの上図のグラフは、サーモグラフィー 281 が検出する温度分布を、図示されている重なり部 30 の断面形状にマッチするように温度勾配 TP を表示したグラフである。温度勾配 TP は、位置 L1 及び L2 で急激に上昇するカーブを有している。ここでは、位置 L1 及び L2 が、筒体部 52 の最拡開部、つまりインターロック部 53 に対応する場合を例示している。重なり部 30 の下面側からの温度分布では、インターロック部 53 がリベット 5 と第 2 部材 32 との熱境界となって表出する。

[0088] 筒体部 52 が正常に拡開されている場合、インターロック部 53 は、摩擦攪拌部 4 の側周面 41 よりも径方向外側へ延出する。従って、温度勾配 TP の位置 L1 及び L2 は、予定されている摩擦攪拌部 4 の外縁である側周面 41 よりも径方向外側に表れる。一方、筒体部 52 が拡開不調である場合、位

置Ｌ１及びＬ２は、側周面４１と略同じ位置か、側周面４１よりも径方向内側に表れることになる。

[0089] 図１１に例示したグラフは、位置Ｌ１及びＬ２がインターロック部５３に対応する場合を想定している。実際には、第２部材３２及びリベット５の構成材料の熱伝導率、第２部材３２の厚さ、リベット５の圧入の程度等によっては、位置Ｌ１及びＬ２とインターロック部５３の位置とにズレが生じる場合がある。この場合、予め実験等でそのズレ量を把握して補正值を設定しておくことで、位置Ｌ１及びＬ２とインターロック部５３とを対応付けることができる。

[0090] 形状推定部６８は、サーモグラフィー２８１が計測するリベット５の圧入後における重なり部３０の温度分布に基づき、筒体部５２の拡開形状を推定する。例えば形状推定部６８は、温度勾配ＴＰの変化率が予め定めた閾値を超過するポイントを探知することで、上述の位置Ｌ１及びＬ２を特定する。判定部６９は、既述の通り、形状推定部６８により推定された拡開形状と基準のテンプレート等とを比較することで、筒体部５２の拡開度合いが正常か否かを判定する。本検査例によれば、リベット５と第２部材３２との熱伝導率の相違を利用して、非破壊で筒体部５２の拡開度合いを検査することができる。

[0091] 上掲の例では、非接触型の温度計測器であるサーモグラフィー２８１を使用する例を示した。続いて、接触型の温度計測器を利用する例を示す。図１２は、筒体部５２の拡開度合いの検査工程の他の例を示す模式図である。裏当て材１５には、接触型の温度計測器として、熱電対２８２が組み込まれている。裏当て材１５には、接合時に重なり部３０の下面が当接する。つまり、重なり部３０の熱が、そのまま裏当て材１５に伝熱される。従って、裏当て材１５に熱電対２８２を埋設しておくことで、重なり部３０の下面の温度状態を検知することができる。

[0092] 熱電対２８２の感温部は、裏当て材１５の表面付近であって、筒体部５２が正常に拡開したときのインターロック部５３の想定位置に対して、上下方

向に対向する位置に配置される。筒体部 5 2 が正常に拡開されている場合、熱電対 2 8 2 は高温度を検出する。これは、インターロック部 5 3 に対して熱電対 2 8 2 が正対する状態となるため、インターロック部 5 3 から発せられる熱を熱電対 2 8 2 が検出するからである。一方、筒体部 5 2 が拡開不良である場合、熱電対 2 8 2 は比較的低温度を検出する。これは、インターロック部 5 3 に対して熱電対 2 8 2 が正対せず、第 2 部材 3 2 の温度を検出することによる。このように、インターロック部 5 3 が重なり部 3 0 において所定の位置に存在しているか否かを、熱電対 2 8 2 が検出する温度に基づいて知見することができる。

[0093] なお、熱電対 2 8 2 を裏当て材 1 5 に多数個組み込んで、重なり部 3 0 の下面の温度分布を検出するようにしても良い。この場合、同心円パターンを描くように、多数個の熱電対 2 8 2 を裏当て材 1 5 に配列することが望ましい。また、裏当て材 1 5 とは別の検温部材に熱電対 2 8 2 を組み込み、摩擦攪拌接合部の形成直後に重なり部 3 0 の下面に当接させても良い。さらに、熱電対 2 8 2 以外の他の接触型温度測定エレメントを用いるようにしても良い。

[0094] 摩擦攪拌接合部の形成時又は形成直後であれば、リベット 5 と第 2 部材 3 2 との温度差に基づき、図 1 1 又は図 1 2 の検査例を実行できる。しかし、接合部の形成から経時してリベット 5 が常温化すると、上掲の検査例は適用できなくなる。例えば、摩擦攪拌接合部の形成工程と検査工程とが時間において別工程で行われる場合は、前記温度差が消失するので、重なり部 3 0 に温度分布が表れなくなる。このような場合、検査の前にリベット 5 に対して外部から熱を与える。

[0095] 図 1 3 は、リベット 5 の外部加熱の実施状況を示す断面図である。図 1 3 には、リベット 5 のヘッド部 5 1 に対し、加熱源 2 8 3 から熱 H が与えられている状況が示されている。加熱源 2 8 3 としては、例えば加熱棒などを用いた接触型加熱源、熱風を発する非接触型加熱源等を用いることができる。また、ヘッド部 5 1 を一対の電極で把持し、リベット自体を抵抗加熱しても

良いし、リベット５が磁性体である場合はＩＨ加熱源を用いても良い。さらに、重なり部３０の下面側から、第２部材３２を介して間接的にリベット５に熱Ｈを与えるようにしても良い。加熱源２８３からリベット５に熱Ｈを与えた上で、サーモグラフィー２８１又は熱電対２８２で温度計測を行うことで、上述した重なり部３０の下面の温度分布を確実に検出することができる。

[0096] [変形例]

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではない。例えば、次に示すような変形実施形態を取ることができる。

[0097] (１) 上記実施形態では、リベット５の貫通エラー検査（図６のステップＳ１）、ヘッド部５１の浮き検査（ステップＳ３）及び筒体部５２の拡開度合い検査（ステップＳ５）の三種の検査を行う例を示した。これに代えて、前記浮き検査及び前記拡開度合い検査のいずれか一方、若しくは双方を省くようにしても良い。また、前記三種の検査の実行順は任意であり、前記浮き検査又は前記拡開度合い検査を最先に実行するようにしても良い。

[0098] (２) 上記実施形態では、リベット５の貫通エラー検査を、ピン部材１１－裏当て材１５間の通電検知（図７）又はモーター電流検知（図８）により行う例を示した。前記貫通エラーは、リベット５の下端部５２２が裏当て材１５に衝突した際の衝突音を検出する音波センサ、衝突時の裏当て材１５の振動又は圧力変動を検出する振動センサ又はロードセル等によっても検出することができる。

[0099] (３) 上記実施形態では、ヘッド部５１の浮きを、ピン駆動部２１及びシヨルダ駆動部２２の駆動源となる電動モーターのエンコーダ値に基づいて検出する例（図９）を示した。これに代えて、画像処理によりヘッド部５１の浮きを検出しても良い。例えば、重なり部３０へリベット５を打設した後に、上面３０Ｕ側に配置したカメラにてヘッド部５１の斜視画像を撮像する。ヘッド部５１の頂面５１Ｈと側周面とでは画像濃度に差異が生じるため、両

者を識別することができる。ヘッド部 5 1 に浮きが生じている場合、撮像された斜視画像において前記側周面の面積が増加する。従って、画像上で頂面 5 1 H と前記側周面との面積比を求めることで、ヘッド部 5 1 の浮きを知見することができる。

[0100] (4) 上記実施形態では、摩擦攪拌部 4 を形成するツールとして、複動式の摩擦攪拌点接合用のツール 1 が用いられる例を示した。これに代えて、前記ツールとして、摩擦攪拌の線接合用のツール、単動式の摩擦攪拌点接合用のツール、その他の摩擦攪拌接合用のツールを用いるようにしても良い。また、複動式の摩擦攪拌点接合用のツール 1 を用いる場合において、ピン先行プロセスにて摩擦攪拌を行わせても良い。

[0101] 以上説明した通り、本開示に係る摩擦攪拌接合部の検査方法は、リベット 5 の下端部 5 2 2 が裏当て材 1 5 に当接したか否かを検出するステップを含む。従って、リベット 5 が摩擦攪拌部 4 及び第 2 部材 3 2 を貫通して裏当て材 1 5 に当接したことを検出できる。つまり、リベット 5 が予定された変形、すなわち摩擦攪拌部 4 の周囲の第 2 部材 3 2 に対してインターロック部 5 3 を形成するような変形を為すことなく、摩擦攪拌部 4 を貫通してしまった不良施行を検出することができる。従って、重なり部 3 0 を貫通しない態様でリベット 5 が打設される摩擦攪拌接合部の検査を的確に行わせることができる。

[0102] [上記実施形態に含まれる発明]

以上説明した実施形態には、さらに以下に示す開示が含まれている。

[0103] 一の実施形態に係る摩擦攪拌接合部の検査方法は、第 1 部材と、前記第 1 部材の下層に配置される第 2 部材とを含む重なり部に、前記第 2 部材側を裏当て材で支持した状態で前記第 1 部材側から摩擦攪拌ツールを圧入して摩擦攪拌部を形成すると共に、当該摩擦攪拌部に前記第 1 部材側から締結体を圧入して形成された摩擦攪拌接合部において、前記締結体として、ヘッド部と、前記ヘッド部に連設された筒体部とを備え、前記筒体部の所定長が前記重なり部へ圧入される締結体が用いられる摩擦攪拌接合部の検査方法であって

、前記ヘッド部の下端と前記第1部材の上面との間隔を求める。

[0104] 一の実施形態に係る接合装置は、第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含む重なり部を接合する接合装置であって、前記第1部材側から前記重なり部に圧入され、当該重なり部に摩擦攪拌部を形成する摩擦攪拌ツールと、ヘッド部と、前記ヘッド部に連設された筒体部とを備え、前記筒体部の所定長が前記重なり部へ圧入される締結体を、前記摩擦攪拌部に前記第1部材側から圧入する圧入ツールと、前記重なり部を前記第2部材側から支持する裏当て材と、前記ヘッド部の下端と前記第1部材の上面との間隔を求める計測手段と、を備える。

[0105] 上記の検査方法若しくは接合装置によれば、計測手段の計測結果に基づき、締結体のヘッド部の下端と前記第1部材の上面との間隔が適正であるか否かを検査することができる。つまり、前記間隔の計測により、締結体の筒体部が規定された圧入深さだけ摩擦攪拌部に圧入されているか否かを検査することができる。例えば、前記筒体部に座屈が生じる等して圧入深さが不足している場合、ヘッド部の下端と第1部材の上面との間には、予め定められた規定値以上の間隔が開くことになる。より具体的には、正常な締結体の圧入が行われると、ヘッド部の下端と第1部材の上面とが密着することが予定されている場合には、圧入不足が生じると両者間に隙間が検出されることになる。従って、重なり部を貫通しない態様で締結体が打設される摩擦攪拌接合部の検査を的確に行わせることができる。

[0106] 他の実施形態に係る摩擦攪拌接合部の検査方法は、第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含む重なり部に、前記第2部材側を裏当て材で支持した状態で前記第1部材側から摩擦攪拌ツールを圧入して摩擦攪拌部を形成すると共に、当該摩擦攪拌部に前記第1部材側から締結体を圧入して形成された摩擦攪拌接合部において、前記締結体として、前記摩擦攪拌部の周囲の前記第2部材に少なくとも一部が入り込むように変形する筒体部を含む締結体を用いられる摩擦攪拌接合部の検査方法であって、前記摩擦攪拌接合部の温度計測により、前記筒体部の変形度合いを検出する。

[0107] 一の実施形態に係る接合装置は、第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含む重なり部を接合する接合装置であって、前記第1部材側から前記重なり部に圧入され、当該重なり部に摩擦攪拌部を形成する摩擦攪拌ツールと、前記摩擦攪拌部の周囲の前記第2部材に少なくとも一部が入り込むように変形する筒体部を含む締結体を、前記摩擦攪拌部に前記第1部材側から圧入する圧入ツールと、前記重なり部を前記第2部材側から支持する裏当て材と、前記摩擦攪拌接合部の温度を計測することで、前記筒体部の変形度合いを推定する形状推定手段と、を備える。

[0108] 上記の検査方法若しくは接合装置によれば、摩擦攪拌接合部の温度計測により、第1部材及び第2部材と締結体との温度差に基づき、締結体（筒体部）の重なり部の内部における形状を推定できる。そして、推定された筒体部の変形度合いに基づき、当該筒体部の変形状態が適正であるか否かを検査することができる。つまり、前記筒体部が正常に変形し、前記摩擦攪拌部の周囲の前記第2部材に当該筒体部の一部が入り込んでいるか否かを検査することができる。前記筒体部の変形が不十分である場合、前記筒体部の一部は前記摩擦攪拌部の周囲に存在する第2部材に入り込めず、十分なインターロック効果を発揮できない。従って、重なり部を貫通しない態様で締結体が打設される摩擦攪拌接合部の検査を的確に行わせることができる。

請求の範囲

- [請求項1] 第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含む重なり部に、前記第2部材を裏当て材で支持した状態で前記第1部材側から摩擦攪拌ツールを圧入して摩擦攪拌部を形成すると共に、当該摩擦攪拌部に前記第1部材側から締結体を圧入して形成された摩擦攪拌接合部の検査方法であって、
- 前記締結体の一部が前記裏当て材に当接したか否かを検出する、摩擦攪拌接合部の検査方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
- 前記摩擦攪拌ツール、前記締結体及び前記裏当て材として導電性の部材を用い、前記第1部材及び前記第2部材として非導電性の材料を用い、
- 前記摩擦攪拌ツールと前記裏当て材との間に流れる電流が所定の閾値を超過した場合に、前記締結体の一部が前記裏当て材に当接したと判定する、摩擦攪拌接合部の検査方法。
- [請求項3] 請求項1に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
- 前記摩擦攪拌ツールの駆動源として電動モーターを用い、
- 前記電動モーターを駆動するモーター電流が所定の閾値を超過した場合に、前記締結体の一部が前記裏当て材に当接したと判定する、摩擦攪拌接合部の検査方法。
- [請求項4] 請求項1に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
- 前記締結体として、ヘッド部と、前記ヘッド部に連設された筒体部とを備え、前記筒体部の所定長が前記重なり部へ圧入される締結体を用い、
- 前記ヘッド部の下端と前記第1部材の上面との間隔を求める、摩擦攪拌接合部の検査方法。
- [請求項5] 請求項4に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
- 前記締結体の前記重なり部への圧入を、圧入ツールの下降による前

記締結体の押し込みにより行い、

前記圧入ツールの下降位置と、前記ヘッド部の厚さとから、前記ヘッド部の下端と前記第1部材の上面との間隔を求める、摩擦攪拌接合部の検査方法。

[請求項6] 請求項5に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
前記圧入ツールとして前記摩擦攪拌ツールを用い、
前記摩擦攪拌ツールを駆動する電動モーターに付設されたエンコーダの出力値に基づいて、前記摩擦攪拌ツールの下降位置を算出する、
摩擦攪拌接合部の検査方法。

[請求項7] 請求項1に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
前記締結体は、前記摩擦攪拌部周囲の前記第2部材に少なくとも一部が入り込むように変形する筒体部を含み、
前記摩擦攪拌接合部の温度計測により、前記筒体部の変形度合いを検出するステップを含む、摩擦攪拌接合部の検査方法。

[請求項8] 請求項7に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
前記締結体の圧入後の前記摩擦攪拌接合部の温度分布を計測し、前記温度分布に基づいて前記筒体部の変形形状を推定することで、前記筒体部の変形度合いを検出する、摩擦攪拌接合部の検査方法。

[請求項9] 請求項7に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
前記摩擦攪拌接合部の温度計測を、前記裏当て材に組み込んだ温度計で行う、摩擦攪拌接合部の検査方法。

[請求項10] 請求項7～9のいずれか1項に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
前記摩擦攪拌接合部の形成後に、前記締結体に熱を与えて前記摩擦攪拌接合部の温度計測を行う、摩擦攪拌接合部の検査方法。

[請求項11] 請求項7～9のいずれか1項に記載の摩擦攪拌接合部の検査方法において、
前記摩擦攪拌接合部の形成時又は形成直後であって、前記締結体が

前記第 2 部材よりも高熱を保持している段階で、前記摩擦攪拌接合部の温度計測を行う、摩擦攪拌接合部の検査方法。

- [請求項12] 第 1 部材と、前記第 1 部材の下層に配置される第 2 部材とを含む重なり部を接合する接合装置であって、
- 前記第 1 部材から前記重なり部に圧入され、当該重なり部に摩擦攪拌部を形成する摩擦攪拌ツールと、
- 前記摩擦攪拌部に前記第 1 部材側から締結体を圧入する圧入ツールと、
- 前記重なり部を前記第 2 部材側から支持する裏当て材と、
- 前記締結体の一部が前記裏当て材に当接したか否かを検出する検出手段と、
- を備える接合装置。

- [請求項13] 請求項 1 2 に記載の接合装置において、
- 前記摩擦攪拌ツール及び前記圧入ツールを兼ねるツールとして、
- 軸線回りに回転し、当該軸線方向に進退移動可能な円柱状のピン部材と、
- 前記ピン部材の外周を覆うように位置し、当該ピン部材と同一の軸線回りに回転すると共に前記軸線方向に進退移動が可能な円筒状のショルダ部材と、を含む、複動式の摩擦攪拌点接合用のツールと、
- 前記ツールの制御部と、を備え、
- 前記制御部は、
- 前記摩擦攪拌部の形成に際しては、前記ピン部材又は前記ショルダ部材を前記重なり部に圧入させて摩擦攪拌動作を実行させ、
- 前記締結体の圧入に際しては、当該締結体を前記重なり部に押し込むよう前記ピン部材又は前記ショルダ部材を下降させる、接合装置。

- [請求項14] 請求項 1 2 又は 1 3 に記載の接合装置において、
- 前記締結体として、ヘッド部と、前記ヘッド部に連設された筒体部

とを備え、前記筒体部の所定長が前記重なり部へ圧入される締結体を用いられ、

前記ヘッド部の下端と前記第 1 部材の上面との間隔を求める計測手段をさらに備える、接合装置。

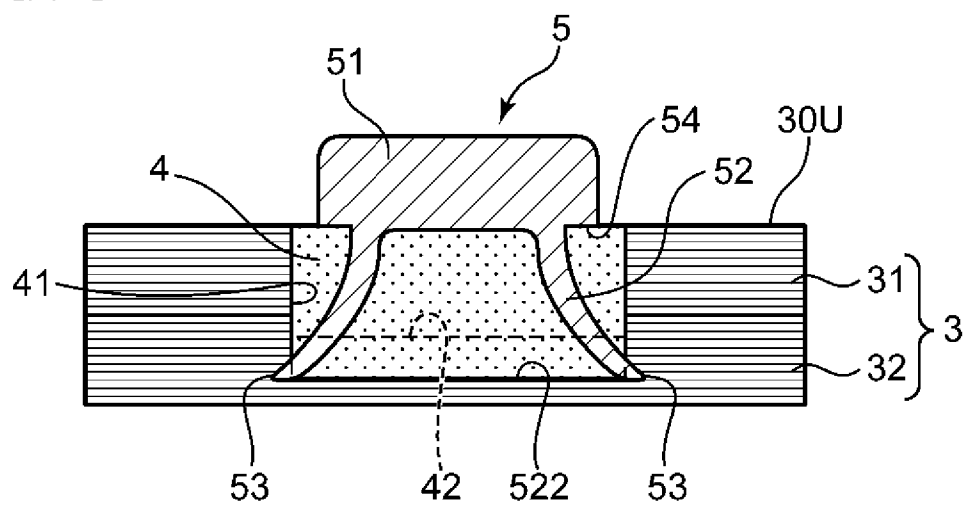
[請求項15]

請求項 1 2 又は 1 3 に記載の接合装置において、

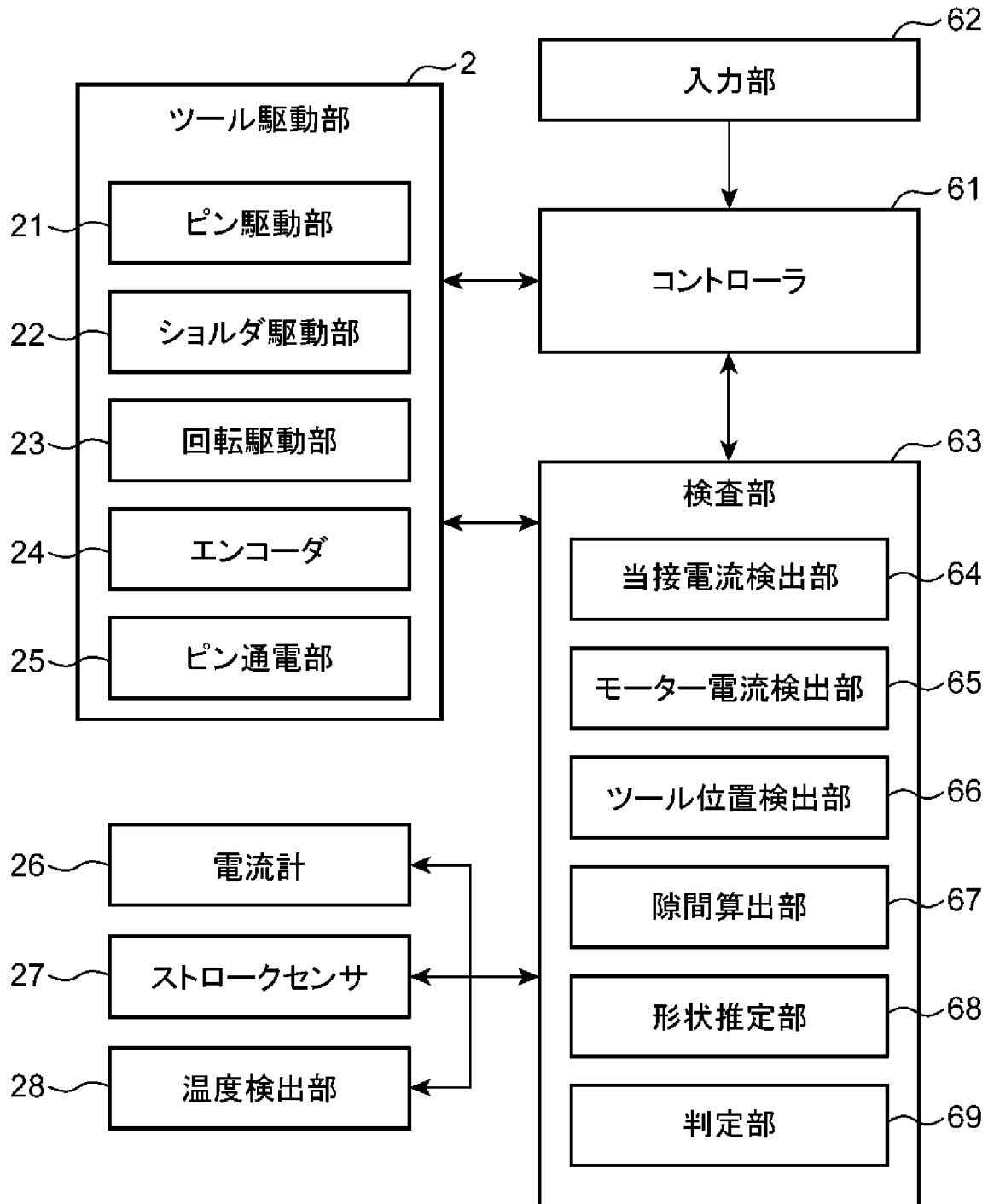
前記締結体は、前記摩擦攪拌部の周囲の前記第 2 部材に一部が入り込むように変形する筒体部を含み、

前記摩擦攪拌接合部の温度を計測することで、前記筒体部の変形度合いを推定する形状推定手段をさらに備える、接合装置。

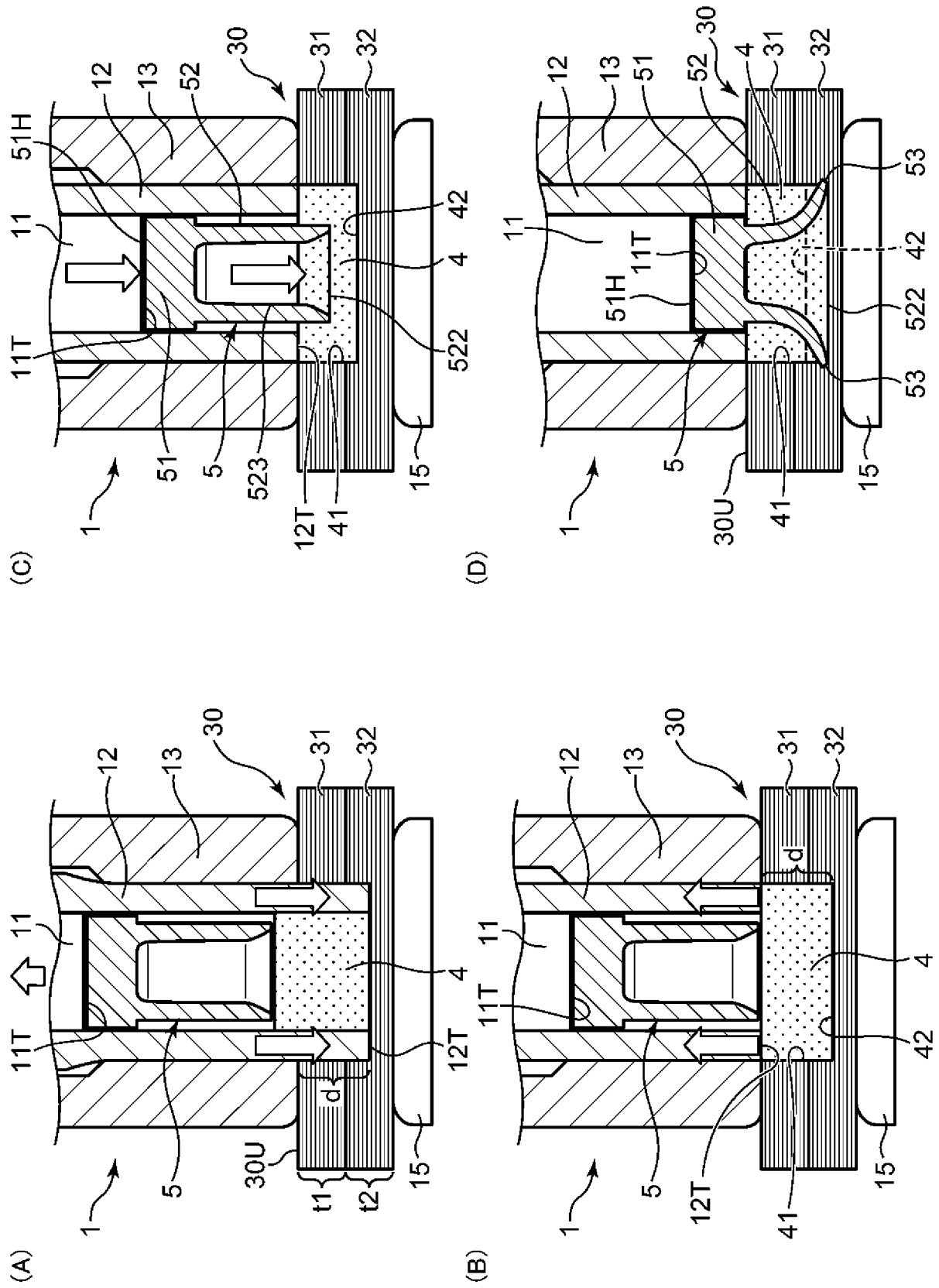
5.



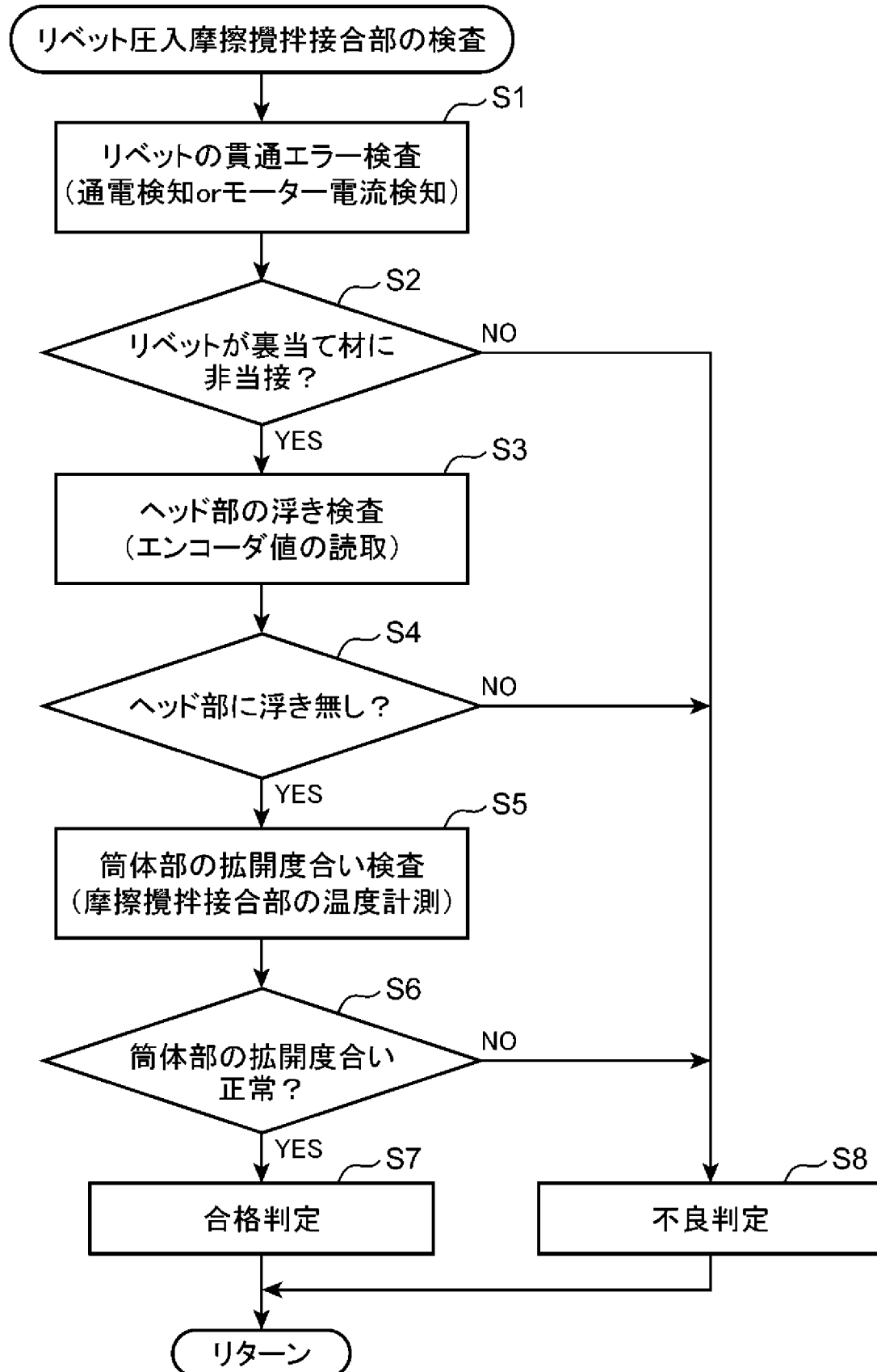
[図3]



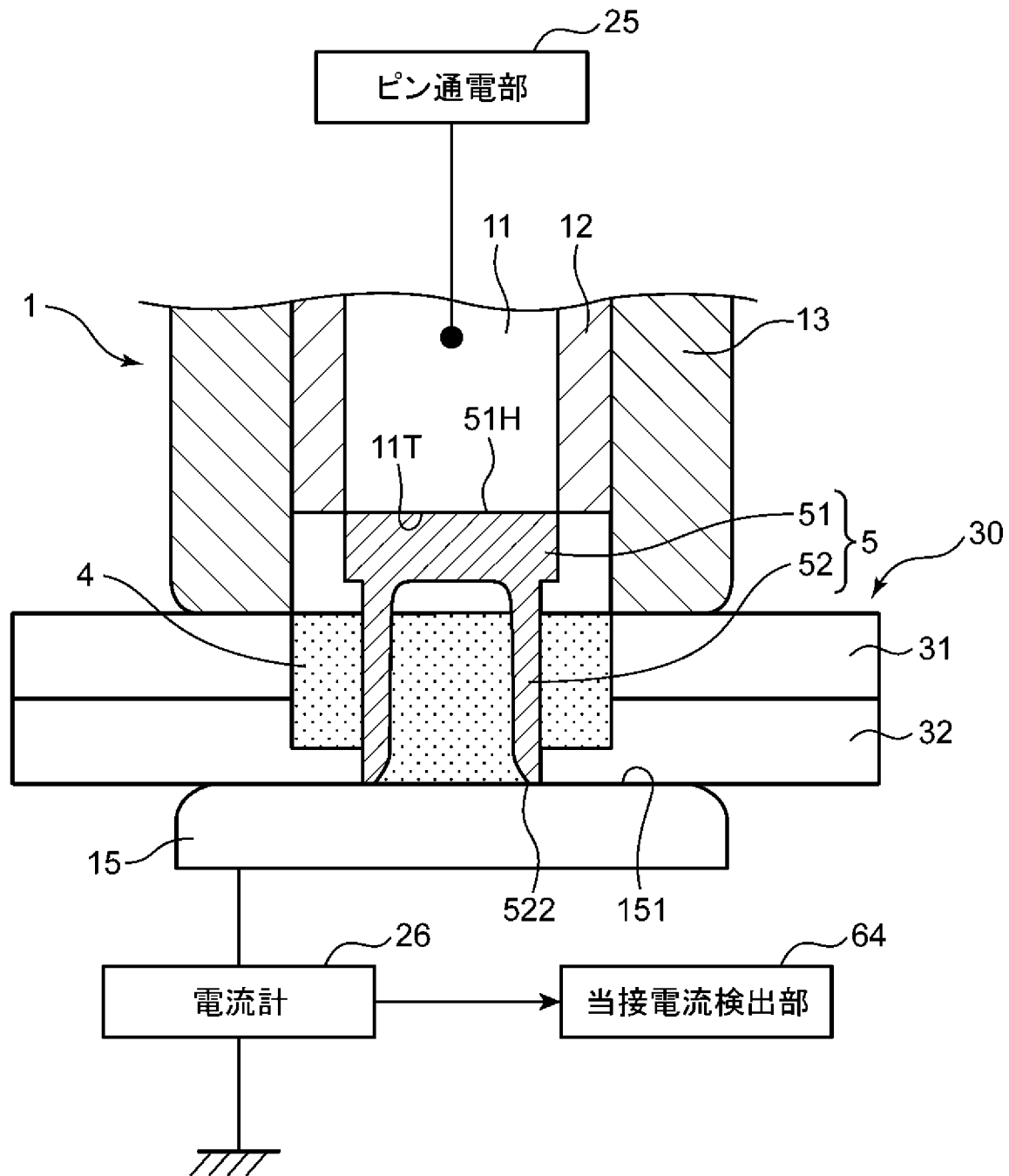
[図5]



[図6]



[図7]



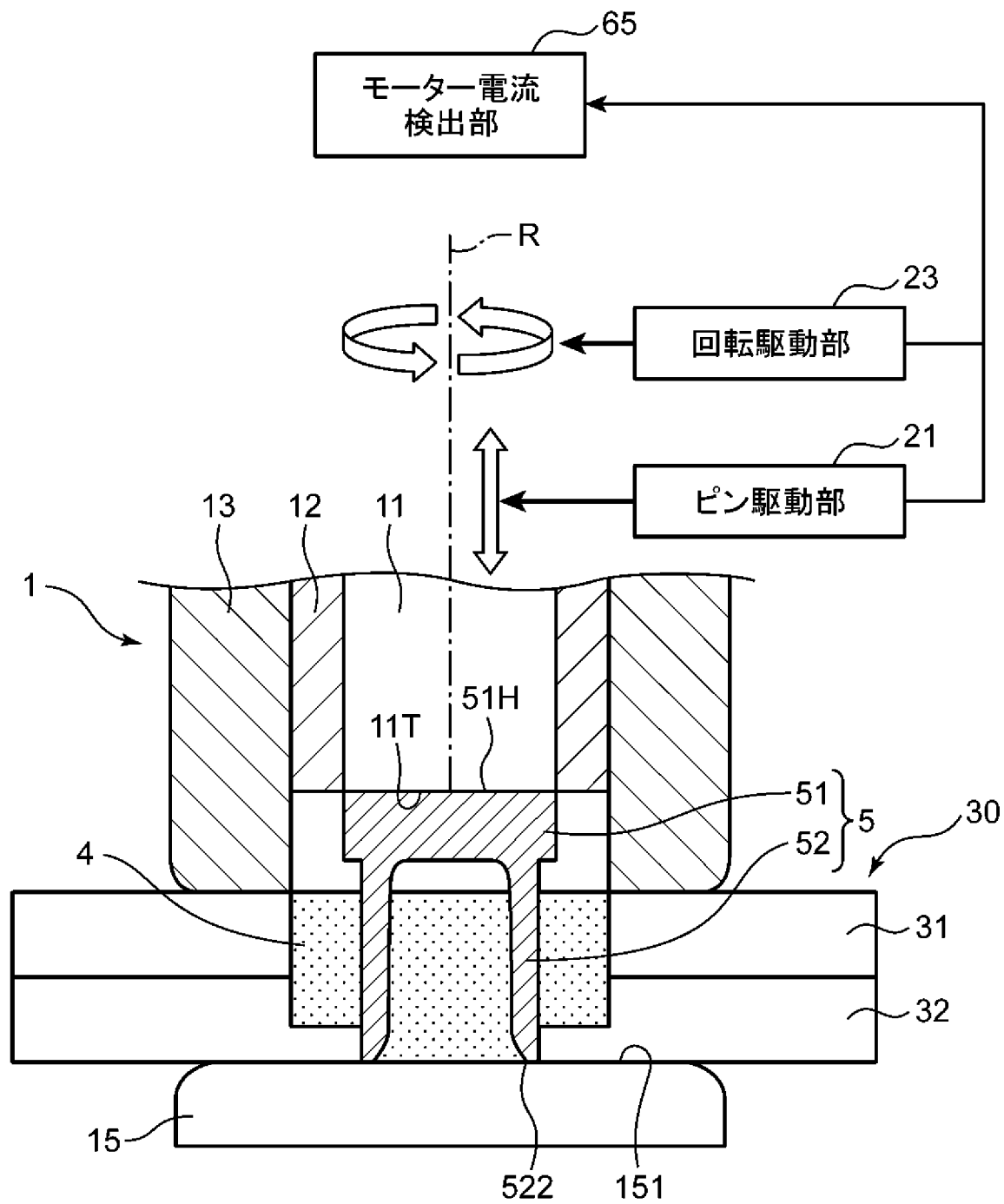
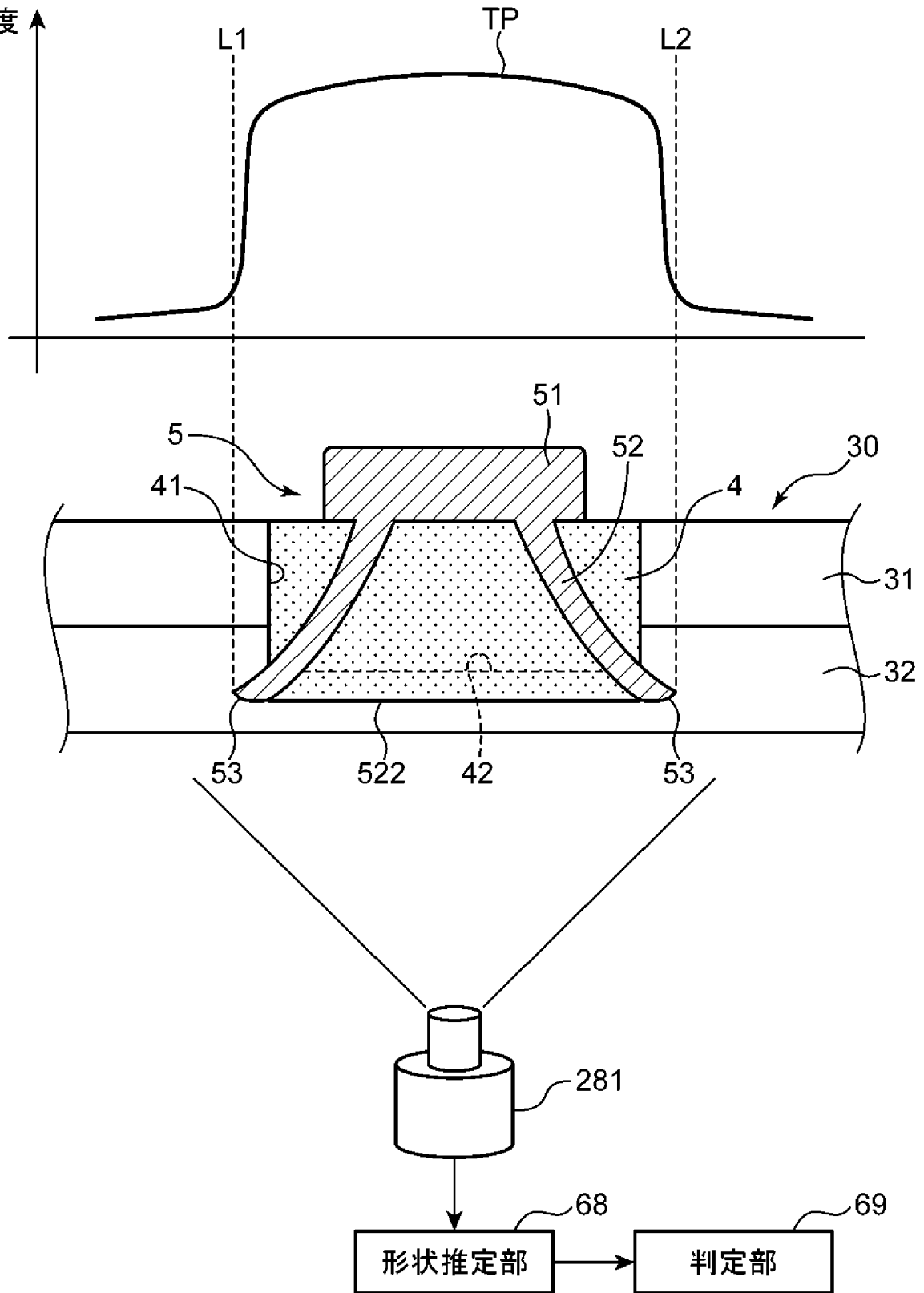


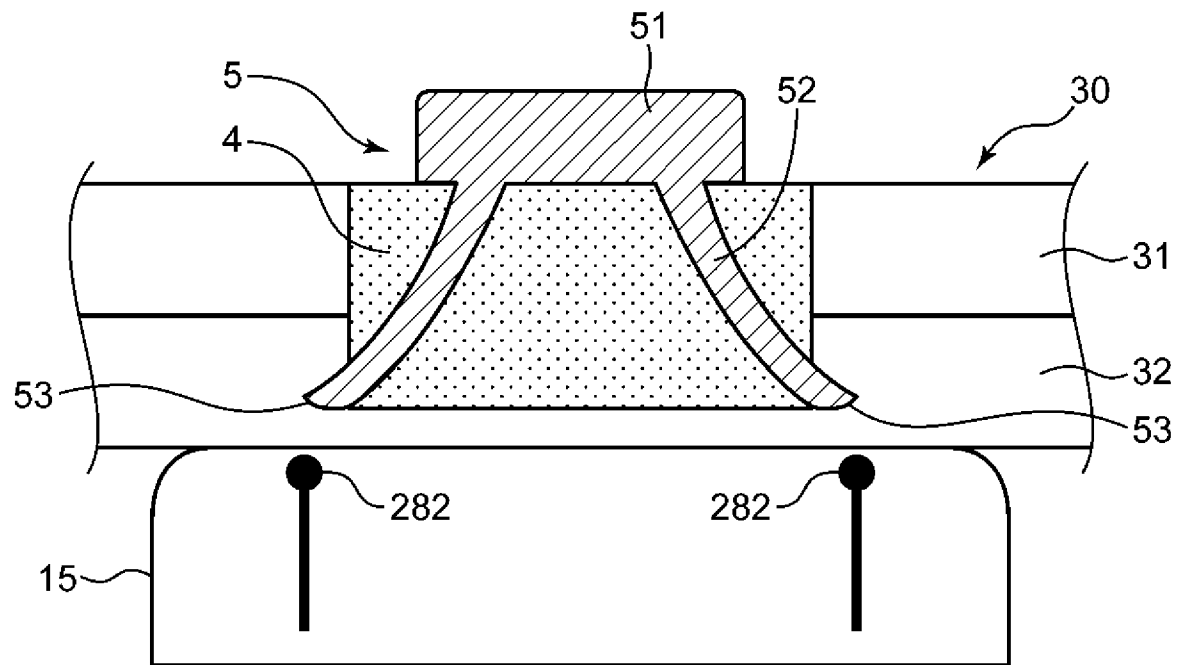
Figure 1 is a schematic diagram of a gap measuring device 1. The device includes a base 30 with a substrate 31 and a layer 32. A tool 4 is positioned on the substrate. The tool has a central part 11 and side parts 12. The side parts 12 are connected to a second encoder 242 (24) via a shoulder driving part 22. The central part 11 is connected to a first encoder 241 (24) via a pin driving part 21. The encoders are connected to a tool position detection part 66, which is connected to a gap calculation part 67. The diagram also shows a radius R, a height h1, and a height h2.

[図11]

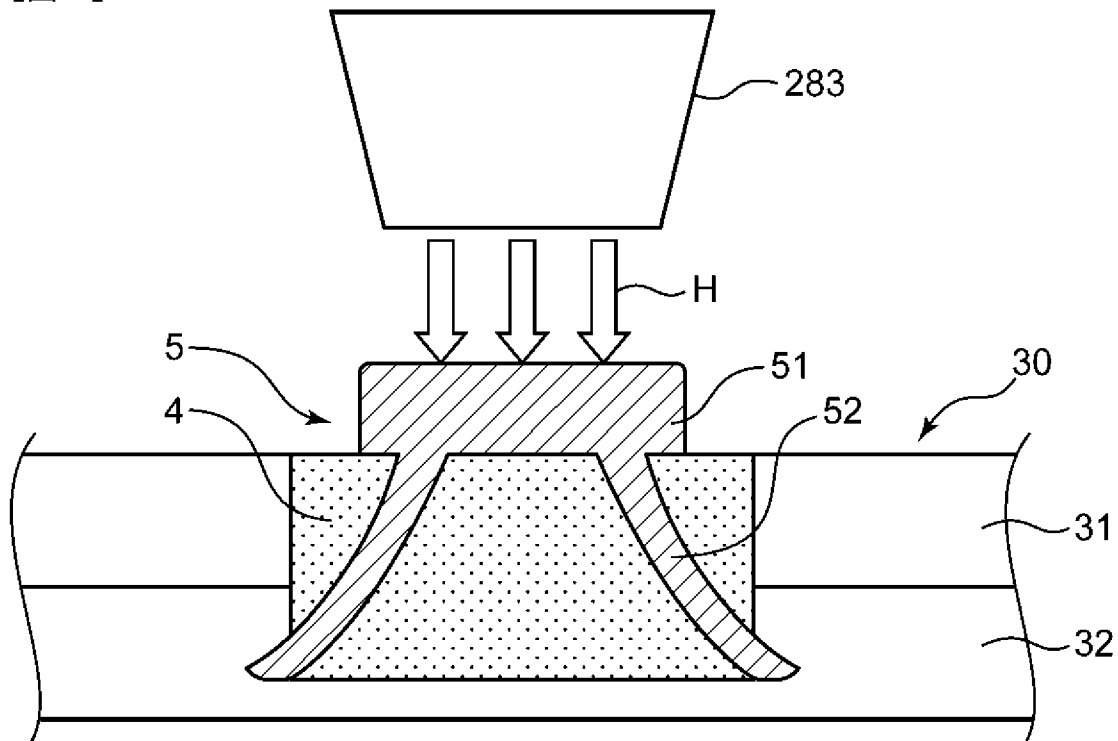
温度



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/013905

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 20/12(2006.01)i; **B21J 15/00**(2006.01)i; **B21J 15/10**(2006.01)i; **B23K 31/00**(2006.01)i
 FI: B23K20/12 330; B23K20/12 364; B23K20/12 344; B23K31/00 K; B21J15/00 U; B21J15/10 C

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; B21J15/00; B21J15/10; B23K31/00

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017-226012 A (HENROB LTD.) 28 December 2017 (2017-12-28) entire text, all drawings	1-15
A	WO 2007/116629 A1 (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 18 October 2007 (2007-10-18) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2004-136331 A (HITACHI, LTD.) 13 May 2004 (2004-05-13) entire text, all drawings	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

18 May 2022

Date of mailing of the international search report

31 May 2022

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/JP2022/013905

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2017-226012	A	28 December 2017	US	2015/0209857	A1	
				entire text, all drawings			
				KR	10-2015-0032896	A	
				CN	104640648	A	
WO	2007/116629	A1	18 October 2007	US	2009/0140026	A1	
				entire text, all drawings			
				EP	2015064	A1	
				KR	10-2008-0110893	A	
JP	2004-136331	A	13 May 2004	US	2004/0074944	A1	
				entire text, all drawings			
				EP	1410870	A1	
				KR	10-2004-0034324	A	
				CN	1490112	A	

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; B21J 15/00(2006.01)i; B21J 15/10(2006.01)i; B23K 31/00(2006.01)i FI: B23K20/12 330; B23K20/12 364; B23K20/12 344; B23K31/00 K; B21J15/00 U; B21J15/10 C														
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; B21J15/00; B21J15/10; B23K31/00														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年													
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）														
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 2017-226012 A（ヘンロブ・リミテッド）28.12.2017（2017 - 12 - 28） 全文, 全図	1-15												
A	WO 2007/116629 A1（川崎重工業株式会社）18.10.2007（2007 - 10 - 18） 全文, 全図	1-15												
A	JP 2004-136331 A（株式会社日立製作所）13.05.2004（2004 - 05 - 13） 全文, 全図	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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 参考文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 参考文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 参考文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 18.05.2022	国際調査報告の発送日 31.05.2022													
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） 柏原 郁昭 3P 3113 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/JP2022/013905

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2017-226012	A	28.12.2017	US	2015/0209857	A1	
				全文, 全図			
				KR	10-2015-0032896	A	
				CN	104640648	A	
WO	2007/116629	A1	18.10.2007	US	2009/0140026	A1	
				全文, 全図			
				EP	2015064	A1	
				KR	10-2008-0110893	A	
JP	2004-136331	A	13.05.2004	US	2004/0074944	A1	
				全文, 全図			
				EP	1410870	A1	
				KR	10-2004-0034324	A	
				CN	1490112	A	