



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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 接合方法は、摩擦攪拌接合用のツールと締結体とを用いて、前記ツール側の第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含んで形成される重なり部を接合する方法である。前記接合方法は、前記ツールを、前記第1部材側から前記重なり部へ圧入して摩擦攪拌を行うことで、前記重なり部に摩擦攪拌部を形成するステップと、圧入方向から見たサイズが前記摩擦攪拌部よりも小さい締結体を用い、当該締結体の一端側を押圧することで、当該締結体の他端側を前記第1部材側から前記摩擦攪拌部に圧入するステップと、前記締結体の一端側に、前記摩擦攪拌部よりも大きいサイズを有するヘッド部を形成するステップと、を含む。

明 細 書

発明の名称： 接合方法、接合体及び接合装置

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する接合方法、及びこれを用いた接合体、並びに前記接合方法に用いる接合装置に関する。

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、セルフピアスリベットを用いた繊維強化熱可塑性樹脂部材の接合方法が開示されている。この接合方法では、樹脂部材を加熱して軟化させることが可能な特殊な下型を使用し、軟化させた箇所セルフピアスリベットを打設する。この打設は、セルフピアスリベットのヘッド部が接合体の表面と面一となるように行われる。

[0004] しかしながら、二以上の部材の重なり部を接合するに際し、セルフピアスリベットを単純に打設する手法では、層間剥離等が生じて十分な接合強度や継手品質を得られない場合があった。また、摩擦攪拌接合だけに依存した接合方法の場合、接合強度は樹脂の性質に依存しやすいことから、十分な引き剥がし強度が得られない場合があった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5333584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従前以上に強固に接合することがで

きる接合方法、及びこれを用いた接合体、並びに前記接合方法に用いる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接合方法は、摩擦攪拌接合用のツールと締結体とを用いて、前記ツール側の第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含んで形成される重なり部を接合する接合方法であって、前記ツールを、前記第1部材側から前記重なり部へ圧入して摩擦攪拌を行うことで、前記重なり部に摩擦攪拌部を形成し、圧入方向から見たサイズが前記摩擦攪拌部よりも小さい締結体を用い、当該締結体の一端側を押圧することで、当該締結体の他端側を前記第1部材側から前記摩擦攪拌部に圧入し、前記締結体の一端側に、前記摩擦攪拌部よりも大きいサイズを有するヘッド部を形成することを特徴とする。

[0008] この接合方法によれば、摩擦攪拌と締結体との併用により、優れた強度を有する接合体を得ることができる。すなわち、重なり部には、後に締結体が圧入される摩擦攪拌部が形成される。この摩擦攪拌部では、摩擦攪拌により前記重なり部の構成材が混練されると共に、前記構成材が軟化した状態となる。このような摩擦攪拌部に対して、前記締結体を容易に圧入させることができる。従って、前記締結体が備える締結効果を発揮させ易くなる。さらに、前記締結体の一端側には、前記摩擦攪拌部よりも大きいサイズを有するヘッド部が形成される。つまり、ヘッド部が、前記摩擦攪拌部と前記第1部材及び前記第2部材の母材との境界部分を覆う仕上がりとなる。このようなヘッド部の係止効果により、前記境界部分に沿った破断を抑制することができる。

[0009] 本開示の他の局面に係る接合体は、第1部材及び第2部材を含んで形成される重なり部の接合体であって、前記第1部材が重なり方向の一端側に、前記第2部材が重なり方向の他端側に配置されるように重なり合う重なり部と、前記重なり部に設けられた摩擦攪拌部と、前記摩擦攪拌部に圧入された締結体と、を備え、前記締結体は、前記第2部材に当該締結体の一部が入り込んだインターロック部と、前記摩擦攪拌部の上面、及び、前記摩擦攪拌部の

周縁の前記第 1 部材の上面に当接するフランジ部と、を備える。

[0010] この接合体によれば、重なり部に形成される前記摩擦攪拌部と、摩擦攪拌部に圧入される締結体とによって、重なり部に接合力が与えられる。すなわち、摩擦攪拌接合だけに依存せず、前記締結体の締結効果によって第 1 部材及び第 2 部材を強固に接合させることができる。さらに、前記締結体のインターロック部とフランジ部とにより、前記摩擦攪拌部が挟持される態様となる。従って、前記摩擦攪拌部と前記第 1 部材及び前記第 2 部材の母材との境界部分に沿った破断は抑制され、優れた接合強度を有する接合体を構築できる。

[0011] 本開示のさらに他の局面に係る接合装置は、第 1 部材及び第 2 部材を含んで形成される重なり部を、摩擦攪拌と締結体とを用いて接合する接合装置であって、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、前記ピン部材により押圧される一端側と、前記押圧によって前記重なり部に形成される摩擦攪拌部へ圧入される他端側とを有し、前記ピン部材の上昇により創出される収容空間に装填される締結体と、前記締結体の一端側に、前記摩擦攪拌部よりも大きいサイズを有するヘッド部を形成する後処理部と、を備える。

[0012] この接合装置を用いれば、前記重なり部に対する摩擦攪拌から締結体の圧入、並びにヘッド部の形成の工程を、流れ作業でスムーズに実行させることができる。

[0013] 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併用して強固に接合することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図 1 は、本開示に係る接合方法を実行可能な、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2]図 2 は、接合方法にて接合される第 1 部材及び第 2 部材の構成を示す図である。

[図3]図3は、本実施形態に係る接合方法の工程チャートを示す図である。

[図4A]図4Aは、接合方法の準備工程の実施状況を示す断面図である。

[図4B]図4Bは、重なり部の形成工程の実施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状態（A）～（D）を順次示す断面図である。

[図6A]図6Aは、インターロック部の形成工程後の接合体の断面図である。

[図6B]図6Bは、ヘッド部の形成工程完了後の接合体の断面図である。

[図7A]図7Aは、第1実施形態に係るヘッド部の形成工程を示す断面図である。

[図7B]図7Bは、第1実施形態に係るヘッド部の形成工程を示す断面図である。

[図8A]図8Aは、第2実施形態に係るヘッド部の形成工程で用いられるリベット及びヘッド片を示す図である。

[図8B]図8Bは、前記リベットと前記ヘッド片とが接合された状態を示す側面図である。

[図9A]図9Aは、第2実施形態に係るヘッド部の形成工程を示す断面図である。

[図9B]図9Bは、第2実施形態に係るヘッド部の形成工程を示す断面図である。

[図10]図10は、第2実施形態に係る接合方法で接合された接合体の断面図である。

[図11A]図11Aは、第3実施形態に係るヘッド部の形成工程で用いられるハット型ヘッド片を示す平面図である。

[図11B]図11Bは、第3実施形態に係るヘッド部の形成工程で用いられるハット型ヘッド片を示す側面図である。

[図11C]図11Cは、第3実施形態に係るヘッド部の形成工程を示す断面図である。

[図12]図12は、第3実施形態に係る接合方法で接合された接合体の断面図

である。

[図13]図13は、第3実施形態の変形例に係る接合方法を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] 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。本開示に係る接合方法は、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各種接合体の製造に適用することができる。前記熱可塑性複合材は、例えば炭素繊維等の繊維補強体を含む複合材である。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。

[0016] [複動式の摩擦攪拌点接合装置の構成]

先ず、図1を参照して、本開示の実施形態に係る接合方法を実行可能な、複動式の摩擦攪拌点接合装置Mの構成例を説明する。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、ツール駆動部2の動作を制御するコントローラCと、所要の加熱動作を実行可能な加熱装置61（後処理部）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。

[0017] ツール1は、図略のツール支持部材によって支持される。前記ツール支持部材は、例えば多関節ロボットの先端部に取り付けられたC型フレーム等の支持フレームとすることができる。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。ツール1と裏当て材15との間には、接合対象となる少なくとも二つの部材が配置される。図1では、平板プレートからなる第1部材31の一部と、同じく平板プレートからなる第2部材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と裏当て材15との間に配置されている例を示している。このような重なり部30が、摩擦攪拌とリベット5（締結体）とを併用する接合法によって接合されることで、第1部材31と第2部材32との接合体3が形成される。重なり部30は、第1部

材 3 1 と第 2 部材 3 2 との間に、一つ又は複数の部材がさらに介在されたものであっても良い。

[0018] ツール 1 は、ピン部材 1 1、ショルダ部材 1 2、クランプ部材 1 3 及びスプリング 1 4 を含む。ピン部材 1 1 は円柱状に形成された部材であり、その軸線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 1 1 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 に沿って上下方向に進退移動する昇降が可能である。なお、ツール 1 の使用時には、回転軸 R と重なり部 3 0 における点接合位置 W とが位置合わせされる。

[0019] ショルダ部材 1 2 は、ピン部材 1 1 の外周を覆うように位置している。ショルダ部材 1 2 は、ピン部材 1 1 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 1 2 の軸心は、ピン部材 1 1 の軸線、つまり回転軸 R と同軸上にある。ショルダ部材 1 2 は、ピン部材 1 1 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進退移動が可能である。ショルダ部材 1 2 と、前記中空部に内挿されたピン部材 1 1 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 1 1 及びショルダ部材 1 2 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。

[0020] クランプ部材 1 3 は、ショルダ部材 1 2 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 1 3 の軸心も、回転軸 R と同軸上にある。クランプ部材 1 3 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進退可能である。クランプ部材 1 3 は、ピン部材 1 1 又はショルダ部材 1 2 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 1 3 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。

[0021] スプリング 1 4 は、クランプ部材 1 3 の上端側に取り付けられ、クランプ部材 1 3 を重なり部 3 0 に向かう方向、ここでは下方に付勢している。クランプ部材 1 3 は、スプリング 1 4 を介して、前記ツール支持部に取り付けら

れている。裏当て材 15 は、接合対象（重なり部 30）の下面側に当接する平面を備える。裏当て材 15 は、ピン部材 11 又はショルダ部材 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部材 13 は、重なり部 30 を裏当て材 15 に押し当てる。

[0022] 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、ピン部材 11 及びショルダ部材 12 を回転軸 R 回りに回転駆動する。ピン駆動部 22 は、回転軸 R に沿ってピン部材 11 を進退移動させる機構である。ピン駆動部 22 は、ピン部材 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、ピン部材 11 を駆動する。ショルダ駆動部 23 は、回転軸 R に沿ってショルダ部材 12 を進退移動させる機構であって、ショルダ部材 12 の重なり部 30 への圧入並びに退避を行わせる。クランプ駆動部 24 は、回転軸 R に沿ってクランプ部材 13 を進退移動させる機構である。クランプ駆動部 24 は、クランプ部材 13 を重なり部 30 に向けて移動させ、重なり部 30 を裏当て材 15 に押圧させる。この際、スプリング 14 の付勢力が作用する。

[0023] 加熱装置 61 は、リベット 5 を外部加熱する際に用いられる装置である。具体的には加熱装置 61 は、リベット 5 のヘッド部 51（図 6 参照）を圧延加工する際に、当該ヘッド部 51 を加熱して前記圧延加工を容易化する。加熱装置 61 としては、輻射加熱装置、抵抗加熱装置、誘導加熱装置、レーザ加熱装置、加熱バーナ等を用いることができる。加熱装置 61 は、例えばツール 1 と共に前記ツール支持部に支持させても良いし、別途の支持部材に支持させても良い。加熱制御部 62 は、加熱装置 61 の動作を制御することで、リベット 5 へ与える入熱量を制御する。

[0024] 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 21 を制御して、ピン部材 11 及びショル

ダ部材 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、所要の進退移動動作を行わせる。また、コントローラ C は、加熱制御部 6 2 に加熱指示を与え、加熱装置 6 1 を企図する通りに動作させる。

[0025] 上述した複動式の摩擦攪拌点接合用ツール 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。ピン先行プロセスの摩擦攪拌工程では、ツール 1 のピン部材 1 1 を先行して重なり部 3 0 へ圧入させて摩擦攪拌を実行させる一方、ショルダ部材 1 2 を退避のため上昇させる。その後の埋め戻し工程では、ピン部材 1 1 を上昇させて退避させる一方で、ショルダ部材 1 2 を下降させる。一方、ショルダ先行プロセスの摩擦攪拌工程では、ツール 1 のショルダ部材 1 2 を先行して重なり部 3 0 へ圧入させて摩擦攪拌を実行させる一方、ピン部材 1 1 を上昇させる。その後の埋め戻し工程では、ショルダ部材 1 2 を上昇させて退避させる一方で、ピン部材 1 1 を下降させる。

[0026] [接合対象の部材]

図 2 は、本実施形態の接合方法にて接合される重なり部 3 0 の構成を示す図である。第 1 部材 3 1 と第 2 部材 3 2 とが上下方向に重ね合わされ、重なり部 3 0 が形成されている。第 1 部材 3 1 は、重ね合わせ方向に厚さ t_1 を有している。第 2 部材 3 2 は、厚さ t_1 と同一の厚さ t_2 ($t_1 = t_2$) を有している。 t_1 及び t_2 は、摩擦攪拌接合が可能な厚さであればよく、 t_1 と t_2 とが異なる厚さであっても良い。

[0027] 既述の通り、本開示において接合対象となる部材には特に制限はなく、金属、熱可塑性樹脂、熱可塑性複合材等からなる部材を選択することができる。これらの中で、第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 の双方が、繊維強化熱可塑性樹脂からなる成形体であることが望ましい。繊維強化熱可塑性樹脂の成形体としては、例えば繊維強化材としての短繊維又は長繊維を熱可塑性樹脂に混合した成形体、連続繊維を所定方向に配列した繊維配列体若しくは連続繊維

維の織布に熱可塑性樹脂を含浸してなる成形体を例示することができる。

[0028] 第1部材31及び第2部材32の構成材として用いることが可能な熱可塑性樹脂としては、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）、ポリアミド（PA）、ポリスチレン（PS）、ポリアリールエーテルケトン（PEAK）、ポリアセタール（POM）、ポリカーボネート（PC）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、ABS樹脂、熱可塑性のエポキシ樹脂などを例示することができる。繊維強化材としては、例えば炭素繊維、ガラス繊維、セラミック繊維、金属繊維或いは有機繊維を用いることができる。

[0029] 第1部材31及び第2部材32は、それぞれ一つの繊維強化熱可塑性樹脂の成形体で構成されていても良いが、複数枚の薄層シートの積重体で構成されていることが望ましい。図2では、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多層に積層してなる成形体が、第1部材31及び第2部材32として用いられる例を示す。

[0030] 図2には、第1部材31を構成しているシート積重体33の一部が示されている。シート積重体33は、それぞれ連続繊維の配列体に熱可塑性樹脂を含浸したシートからなる第1シート層33A、第2シート層33B及び第3シート層33Cを含む。第1シート層33Aは、連続繊維34の多数本が所定の配列方向に配列され、その配列体に熱可塑性樹脂を含浸して一体化した、厚さ0.1mm～0.5mm程度のシートである。第2シート層33B及び第3シート層33Cも上記と同様なシートであるが、連続繊維34の配列方向が相互に異なる方向とされている。このように、例えば連続繊維34の配列方向を互いに異なる3軸方向とした3種のシートを多層に積層することで、第1部材31は疑似等方性を備えている。第2部材32も、第1部材31と同様なシートの多層積層体からなるプレートである。

[0031] 連続繊維34としては、例えば炭素繊維、ガラス繊維、セラミック繊維、金属繊維或いは有機繊維を用いることができる。図2では、連続繊維34を

一方向に配列したシートを例示しているが、連続繊維を縦糸及び横糸として織布を形成した後に熱可塑性樹脂を含浸させるファブリック型のシートを用いても良い。また、連続繊維34に代えて、長さが2mm～20mm程度の長繊維、若しくは短繊維を熱可塑性樹脂に混合させたシート又はプレートを用いることもできる。

[0032] 第1部材31と第2部材32とは、上述の例の通り同一材質の部材であっても良いが、互いに異なるからなる部材であっても良い。例えば、第1部材31及び第2部材32の一方が熱可塑性樹脂の成形体で、他方が繊維強化熱可塑性樹脂の成形体であっても良い。この場合、ツール1のピン部材11又はショルダ部材12が最後に圧入される側に位置する第2部材32として、繊維強化熱可塑性樹脂の成形体、乃至は、連続繊維に熱可塑性樹脂を含浸させた成形体を用いることが望ましい。或いは、第1部材31及び第2部材32の一方が特定の熱可塑性樹脂又は金属の成形体で、他方がこれとは異質の熱可塑性樹脂又は金属の成形体であっても良い。

[0033] 締結体の一例として図1に例示しているリベット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。後記で詳述するが、本実施形態ではリベット5は、重なり部30においてツール1で摩擦攪拌された領域に打設され、その一部が摩擦攪拌されていない母材部分に入り込むことによって前記係合力を発生する。リベット5の材質には特に制限は無く、チタンなどの金属、熱可塑性樹脂、熱可塑性複合材からなるリベットを用いることができる。セルフピアスリベットに代えて、例えば単純な円筒型リベット等、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。

[0034] [摩擦攪拌とリベットとを併用した接合方法]

図3は、本実施形態に係る接合方法の工程チャートを示す図である。本実施形態の接合方法は、第1部材31と第2部材32とを含む重なり部30の接合方法であって、次の工程S1～S6を含む。

- ・工程 S 1 : 打設するリベット 5 を予めツール 1 に装填する準備工程。
- ・工程 S 2 : 第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 を含む重なり部 3 0 を形成する重なり部の形成工程。
- ・工程 S 3 : ツール 1 のショルダ部材 1 2 を重なり部 3 0 へ圧入して摩擦攪拌を行う摩擦攪拌工程。
- ・工程 S 4 : ツール 1 のピン部材 1 1 で、第 1 部材 3 1 側から摩擦攪拌部にリベット 5 を圧入するリベット打設工程。
- ・工程 S 5 : 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を形成する工程。
- ・工程 S 6 : リベット 5 のヘッド部 5 1 の形成工程。

[0035] 以下、上記の工程 S 1 ～ S 6 の各々について具体的に説明する。図 4 A は、上記工程 S 1 の準備工程を示す断面図である。図 4 A には、リベット 5 の縦断面が示されている。リベット 5 は、例えば T i - 6 A l - 4 V 等のチタン合金からなり、ヘッド部 5 1 (一端側) と、このヘッド部 5 1 の下方に連なる筒体部 5 2 (他端側) とを含む。ヘッド部 5 1 は円柱体からなり、ツール 1 から圧入力を受ける頂面 5 1 H を有する。筒体部 5 2 は、ヘッド部 5 1 よりもやや径小の円筒体からなる。筒体部 5 2 は、ヘッド部 5 1 に一体的に繋がる上端部 5 2 1 と、重なり部 3 0 への打設時に先端部となる下端部 5 2 2 と、内部の中空領域 5 2 3 とを備えている。中空領域 5 2 3 を備えることで、筒体部 5 2 は易変形性を有する。下端部 5 2 2 は、中空領域 5 2 3 の開口縁でもあり、環状の端縁形状を有している。

[0036] ツール 1 側では、リベット 5 の装填のための動作が行われる。具体的には、図 1 に示すコントローラ C がピン駆動部 2 2 を動作させてピン部材 1 1 を上昇させ、ショルダ部材 1 2 の中空部内にリベット 5 の収容空間 H を創出する。つまり、ピン部材 1 1 の下端部 1 1 T をショルダ部材 1 2 の下端部 1 2 T 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 1 2 の下端開口付近に収容空間 H を設ける。しかる後、リベット 5 が収容空間 H に装填される。なお、以上の準備工程は、ショルダ先行プロセスを適用して摩擦攪拌を行うことを前提としている。

[0037] 収容空間Hへの事前装填が必要となるので、リベット5としては、ショルダ部材12の中空部の内径よりも小さい外径を有するものが選択される。このため、加工前のヘッド部51は、リベット5の圧入方向から見たサイズが、ツール1により形成される摩擦攪拌部4（図6A参照）よりも小さくならざるを得ない。従って、本実施形態では、後述の工程S6において、ヘッド部51が摩擦攪拌部4よりも径大となるように加工を施す。

[0038] 図4Bは、工程S2の重なり部30の形成工程の実施状況を示す断面図である。工程S2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4Bでは、第1部材31がツール側（上側）、第2部材32が第1部材31の下層側であって裏当て材15側（下側）に配置される例を示している。第1部材31はツール1が最初に圧入され、第2部材32はツール1が最後に圧入されることになる。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。なお、第1部材31と第2部材32との間に、1以上の他の部材を介在させて形成される重なり部30であっても良い。

[0039] 図2も参照して、重なり部30には、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）とが直接接触した合わせ面BDが形成されている。このような二層の重なり部30において、ツール1によって、所要の点接合位置Wを軸心として摩擦攪拌が行われ、且つ、リベット5の圧入が行われる。クランプ部材13は、ツール1の回転軸R（図1）が点接合位置Wに位置合わせされた状態で、ツール1の下端面が第1部材31の上面に当接するよう、ツール1を重なり部30へクランプする。図4Bでは、ショルダ部材12の下端部12T及びクランプ部材13の下端部13Tが、重なり部30の上面30Uに接面している状態を示している。クランプ部材13は、スプリング14の付勢力を伴って、重なり部30を裏当て材15に押圧している。

[0040] 図5は、リベット併用摩擦攪拌接合の実施状態（A）～（D）を順次示す

断面図である。図5の状態（A）は、ツール1のショルダ部材12を第1部材31側から重なり部30へ圧入して摩擦攪拌を行う、工程S3の摩擦攪拌工程を示している。コントローラCは、回転駆動部21及びショルダ駆動部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Cはピン駆動部22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。

[0041] 高速回転しているショルダ部材12が重なり部30に圧入されると、当該ショルダ部材12の圧入領域において重なり部30の材料は摩擦攪拌される。ショルダ部材12の圧入によって重なり部30から溢れ出した材料は、ショルダ部材12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30に摩擦攪拌部4が形成される。例えば、プレプリグのシート積重体33にて第1部材31及び第2部材32が形成されている場合、摩擦攪拌部4では各シート層33A、33B、33Cの連続繊維34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。

[0042] 図5の状態（B）は、工程S3の摩擦攪拌工程における溢れ出し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23がショルダ部材12を上昇させる。ピン部材11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12の下端部12T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30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30には、深さdの円筒型の側周面41と、円板型の底面42とを備える摩擦攪拌部4が形成される。一方、摩擦攪拌部4の周囲の母材部分では、第1部材31及び第2部材32の本来の硬度が

維持され、連続繊維 3 4 による補強構造も維持されている。

[0043] 図 5 の状態 (C) は、工程 S 4 のリベット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 2 がピン部材 1 1 を下降させてヘッド部 5 1 (締結体の一端側) 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 (締結体の他端側) 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。

[0044] 図 5 の状態 (D) は、工程 S 5 のインターロック部 5 3 の形成工程の実施状況を示す断面図である。この工程では、第 2 部材 3 2 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 3 2 における摩擦攪拌部 4 の周囲の母材部分にリベット 5 の一部を押し込ませてインターロック部 5 3 を形成する。本実施形態では、円筒型を呈している筒体部 5 2 を、下端部 5 2 2 が拡張したベル型に変形させ、その拡張した下端部 5 2 2 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 5 3 が形成される。

[0045] 図 5 の状態 (C) の状態からピン部材 1 1 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 5 2 2 が摩擦攪拌部 4 の底面 4 2 に到達する。底面 4 2 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 1 5 によって重なり部 3 0 が、底面 4 2 の真下の位置において支持されている。このため、底面 4 2 に到達後に、さらにピン部材 1 1 によるリベット 5 の押下が継続されると、図 5 の状態 (D) に示すように、筒体部 5 2 がベル型に変形される。

[0046] つまり、下端部 5 2 2 は、底面 4 2 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、径方向へ拡張して側周面 4 1 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 4 1 を越えて前記母材部分へ圧入された部分が、第 1 部材 3 1 と第 2 部材 3 2 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 5 3 となる。なお、リベット 5 の筒体部 5 2 の変形は、第 2 部材 3 2 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 3 1 の領域で徐々に筒体部 5 2 の拡開変形が始まり、底面 4 2 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。

[0047] 図 6 A は、工程 S 5 が完了した接合体 3 を示す断面図である。工程 S 1 ～ S 5 の間、ヘッド部 5 1 はショルダ部材 1 2 内の中空部内に収容され、その外周面が拘束された状態にある。このため、ヘッド部 5 1 は拡径変形せず、打設前の形状を維持している。一方、摩擦攪拌部 4 はショルダ部材 1 2 の重なり部 3 0 への圧入によって形成される。従って、ヘッド部 5 1 の径は摩擦攪拌部 4 よりも径小である。ヘッド部 5 1 は、摩擦攪拌部 4 の上面と係合する鰐部 5 4 (フランジ部) を有しているが、重なり部 3 0 の上面 3 0 U とは係合していない。このような接合体 3 であると、摩擦攪拌部 4 の側周面 4 1 において破断が生じる懸念がある。このため、続いて工程 S 6 のヘッド部 5 1 の形成工程が行われる。

[0048] 工程 S 6 では、リベット 5 の上端側に、摩擦攪拌部 4 よりも大きいサイズを有するヘッド部 5 1 を形成する。換言すると、リベット 5 の上端側に、摩擦攪拌部 4 及び第 1 部材 3 1 の表面、つまり上面 3 0 U に接する部分を含むヘッド部 5 1 を形成する。なお、前記の「表面に接する」とは、実際にヘッド部 5 1 が前記表面に接触している状態だけでなく、両者間に僅かな隙間が介在しているものの実質的に接触しているに等しいと扱える場合も含む。図 6 B は、工程 S 6 が完了した接合体 3 を示す断面図である。ここに示すヘッド部 5 1 は、図 6 A に示したものよりも径大に加工されている。ヘッド部 5 1 が備える鰐部 5 4 A は、摩擦攪拌部 4 の上面に当接すると共に、当該摩擦攪拌部 4 の周縁の第 1 部材 3 1 の上面にも当接するサイズを有している。このような鰐部 5 4 A を有する接合体 3 によれば、第 2 部材 3 2 の母材部分に入り込んだインターロック部 5 3 と、第 1 部材 3 1 の母材部分の上面と係合

する鍔部54Aとで、摩擦攪拌部4が挟み込まれる態様となる。従って、摩擦攪拌部4の重なり部30への定着性を高め、安定性に優れた接合体3とすることができる。以下、ヘッド部51の形成工程の具体例を説明する。

[0049] [第1実施形態に係るヘッド部の形成工程]

図7A及び図7Bは、第1実施形態に係るヘッド部51の形成工程（工程S6）を示す断面図である。第1実施形態では、上述の工程S5が完了した後、ヘッド部51（締結体の一端側）を、摩擦攪拌部4から第1部材31の表面の上面30Uに至るように変形させる例を示す。具体的には、後処理部としての加熱装置61とツール1とを用いて、ヘッド部51を加熱及び加圧する。

[0050] 図5の状態（D）に示す工程S5の実行後、コントローラCは、図7Aに示すように、クランプ部材13を含めてツール1を重なり部30の上面30Uから一旦離間させる。さらに、コントローラCは、ピン部材11、ショルダ部材12及びクランプ部材13の各下端部11T、12T、13Tが面一となるように、ピン駆動部22、ショルダ駆動部23及びクランプ駆動部24を動作させる。この動作により、ヘッド部51が上面30Uにおいて露出する。加熱装置61は、ターゲットとするヘッド部51へ熱HEを放射可能な位置に配置される。加熱装置61が誘導加熱装置である場合は、ヘッド部51との間で磁気回路が形成される位置に、IHコイルが配置される。

[0051] 次にコントローラCは、加熱制御部62にターゲットのヘッド部51の加熱温度及び加熱時間を含む加熱の設定情報を与える。加熱制御部62は、前記設定情報に基づいて、加熱装置61を動作させる。加熱装置61は、外部からヘッド部51に熱HEを与えて軟化させる。同時にコントローラCは、ツール1を全体的に下降させ、ヘッド部51の頂面51Hに加圧力Pを加える。なお、図示は省略しているが、接合体3の裏面は裏当て材15にて支持されている。

[0052] 図7Bは、加熱軟化されたヘッド部51がツール1によって加圧され、当該ヘッド部51が圧延されている状態を示している。面一とされたピン部材

1 1、ショルダ部材 1 2 及びクランプ部材 1 3 の各下端部 1 1 T、1 2 T、1 3 T が、ヘッド部 5 1 の頂面 5 1 H を押圧している。この押圧により、ヘッド部 5 1 は摩擦攪拌部 4 よりも径大に圧延されている。圧延後の鏝部 5 4 A は、摩擦攪拌部 4 の側周面 4 1 を超えて径方向外側に延出し、摩擦攪拌されていない第 1 部材 3 1 の上面を覆っている。

[0053] クランプ部材 1 3 は必ずしも下降させなくても良い。しかし、ピン部材 1 1 及びショルダ部材 1 2 の下端部 1 1 T、1 2 T で押圧できる範囲は、摩擦攪拌部 4 の上面に相当する範囲に止まる。クランプ部材 1 3 も併せて下降させた場合、押圧範囲を拡大することができる。すなわち、クランプ部材 1 3 の下端部 1 3 T にて、鏝部 5 4 A を第 1 部材 3 1 の上面に押し付け、両者を密着状態とすることができる。インターロック部 5 3 と鏝部 5 4 A とによる摩擦攪拌部 4 の挟持効果を一層高めることができる。

[0054] なお、上記実施形態ではツール 1 の加圧だけを行わせる例を示したが、ヘッド部 5 1 の加熱もツール 1 に行わせるようにしても良い。この場合、面一とされたピン部材 1 1、ショルダ部材 1 2 及びクランプ部材 1 3 の各下端部 1 1 T、1 2 T、1 3 T を、ヘッド部 5 1 の頂面 5 1 H に接面させた状態で、ツール 1 を回転軸 R 回りに高速回転させる。これにより、摩擦熱によってヘッド部 5 1 を加熱軟化させる。同時に、ツール 1 を下降させることで、ヘッド部 5 1 を圧延する。

[0055] 以上説明した第 1 実施形態によれば、複動式の摩擦攪拌点接合用のツール 1 のピン部材 1 1 で打設する故、摩擦攪拌部 4 よりも径大とはできないヘッド部 5 1 自体を、摩擦攪拌部 4 から第 1 部材 3 1 の表面に至るように変形させる。このため、他の係止部材等を追加的に用いることなく、リベット 5 による接合強度を高めることができる。また、ヘッド部 5 1 を加熱すると共に加圧するので、ヘッド部 5 1 を容易に変形させることができる。さらに、少なくともヘッド部 5 1 の加圧には、摩擦攪拌部 4 を形成するツール 1 を用いるので、ヘッド部 5 1 の加圧用のツールを別途準備する必要がない。

[0056] [第 2 実施形態に係るヘッド部の形成工程]

第2実施形態では、上述の工程S5が完了した後、ヘッド部51（締結体の一端側）に、リベット5とは別体の部材であって、摩擦攪拌部4よりも径大のヘッド部を形成するためのヘッド片55（ヘッド部用部材）を接合させる例を示す。図8Aは、第2実施形態に係るヘッド部の形成工程で用いられるリベット5A及びヘッド片55を示す図である。図8Bは、リベット5Aとヘッド片55とが接合された状態を示す側面図である。

[0057] リベット5Aは、第1実施形態のリベット5と同様に、ヘッド部51A及び筒体部52を備えているが、ヘッド部51Aは比較的薄肉である。ヘッド片55は、リベット5Aと同種の金属、若しくはリベット5Aと接合可能な異種金属からなる円板状の部材である。ヘッド片55の外径は、ヘッド部51Aよりも大きく、且つ、摩擦攪拌部4の口径よりも大きい。ヘッド片55の上面には、回転トルク伝達のための一对の係合孔551が備えられている。係合孔551に代えて、突起部をヘッド片55の上面に突設しても良い。ヘッド片55は、リベット5Aに対して相対的に回転させながらヘッド部51Aに圧接する摩擦圧接接合によって、図8Bに示す通り接合一体化される。

[0058] 図9A及び図9Bは、第2実施形態に係るヘッド部の形成工程を示す断面図である。図9Aは、リベット5Aの摩擦攪拌部4への打設が完了した状態、すなわち、上述した工程S5のインターロック部53の形成工程を終えた状態を示している。インターロック部53は、摩擦攪拌部4の側周面41を越えて、第2部材32へ進入している。一方、ヘッド部51Aは、摩擦攪拌部4よりも径小の状態である。

[0059] 図9Bは、ヘッド片55の摩擦圧接接合の状況を示す。本実施形態では、前記摩擦圧接接合のための摩擦圧接ツール63が後処理部として用いられ、図1に例示した加熱装置61は用いない。摩擦圧接ツール63は、円柱状のツールであって、図略の回転駆動機構により回転軸R回りに回転可能であると共に、図略の昇降駆動機構により回転軸Rに沿って昇降が可能である。摩擦圧接ツール63の下端面には、ヘッド片55の係合孔551に嵌合する突起が備えられている。

[0060] ヘッド片55は、摩擦圧接ツール63の前記突起に係合孔551が嵌合された状態で、リベット5Aのヘッド部51Aの上にセッティングされる。その後、摩擦圧接ツール63は、前記回転駆動機構により高速回転されると共に、前記昇降駆動機構により下降される。この動作により、ヘッド片55の下面55Aとヘッド部51Aの頂面51Hは当接すると共に、ヘッド片55が高速回転する。ヘッド片55の前記高速回転による摩擦熱と、ヘッド片55の下降による加圧力とがヘッド部51に与えられる。これら摩擦熱及び加圧力により、ヘッド部51Aとヘッド片55とは摩擦圧接接合される。

[0061] 図10は、第2実施形態に係る接合方法で接合された接合体3の断面図である。図9Aと比較して明らかな通り、ヘッド片55の接合によってヘッド部51Aは径大化している。ヘッド片55の下面55Aは、摩擦攪拌部4の上面に当接すると共に、当該摩擦攪拌部4の周縁の第1部材31の上面にも当接している。このような下面55Aを有する接合体3によれば、インターロック部53と第1部材31の上面と係合するヘッド片55とで、摩擦攪拌部4が挟み込まれる態様となる。従って、摩擦攪拌部4の重なり部30への定着性を高め、安定性に優れた接合体3とすることができる。

[0062] 以上説明した第2実施形態によれば、ヘッド片55のサイズや厚み、材質を選択することで、多様なヘッド部をリベット5Aに後付けすることができる。また、リベット5Aの加熱等を要しないので、施工設備を簡素化することができる。なお、摩擦圧接ツール63に代えて、摩擦攪拌点接合用のツール1のピン部材11を用いるようにしても良い。

[0063] [第3実施形態に係るヘッド部の形成工程]

第3実施形態では、上述の工程S5が完了した後、ヘッド部51Aに、リベット5とは別体の部材であって、摩擦攪拌部4よりも径大のヘッド部を形成するためのハット型ヘッド片56（ヘッド部用部材）を、抵抗溶接する例を示す。

[0064] 図11Aは、ハット型ヘッド片56の下面視の平面図、図11Bは、ハット型ヘッド片56の側面図である。ハット型ヘッド片56は、リベット5A

と同種の金属、若しくはリベット5 Aとの溶接が可能な異種金属からなる部材である。ハット型ヘッド片5 6は、本体部5 6 1、キャビティ5 6 2及び側面開口5 6 3を備える。本体部5 6 1は、上面視で円弧状の短辺と、直線状の長辺とを備えた略四角形状の部材である。前記短辺はリベット5 Aのヘッド部5 1 Aの径よりも短く、前記長辺は摩擦攪拌部4の口径よりも長いサイズを有している。

[0065] キャビティ5 6 2は、本体部5 6 1の下面を凹没させた空間であり、ヘッド部5 1 Aを収容できる容積を備える。側面開口5 6 3は、本体部5 6 1の前記長辺の側面に設けられた開口である。図1 1 Aに点線で示すように、ヘッド部5 1 Aがキャビティ5 6 2に収容された状態で、当該ヘッド部5 1 Aの側周面の一部が側面開口5 6 3から突出する。

[0066] 図1 1 Cは、第3実施形態に係るヘッド部の形成工程を示す断面図である。当該工程の実行に際し、ハット型ヘッド片5 6はヘッド部5 1 Aに嵌め込まれる。本実施形態では、ヘッド部5 1 Aとハット型ヘッド片5 6とを抵抗溶接して一体化する抵抗溶接装置6 4が後処理部として用いられる。抵抗溶接装置6 4は、第1電極6 4 1、第2電極6 4 2、加圧片6 4 3、トランス6 4 4及び電源6 4 5を含む。第1電極6 4 1は、ヘッド部5 1 Aと同程度の径を有する円板電極であり、ハット型ヘッド片5 6の上面に接触している。第2電極6 4 2は、側面開口5 6 3から露呈しているヘッド部5 1 Aの側周面に接触している。加圧片6 4 3は、ハット型ヘッド片5 6をヘッド部5 1 Aに押し付ける押圧力を発生する。トランス6 4 4及び電源6 4 5は、第1電極6 4 1及び第2電極6 4 2に対し、前記抵抗溶接に必要な電圧を供給する。

[0067] 図1 2は、第3実施形態に係る接合方法で接合された接合体3の断面図である。リベット5 Aとハット型ヘッド片5 6とは、キャビティ5 6 2にヘッド部5 1 Aに収容される態様で、溶着部5 6 Aにより一体化している。ハット型ヘッド片5 6の溶接によってヘッド部5 1 Aは径大化している。ハット型ヘッド片5 6は、摩擦攪拌部4の上面及び当該摩擦攪拌部4の周縁の第1

部材 3 1 の上面に当接している。従って、インターロック部 5 3 と第 1 部材 3 1 の上面と係合するハット型ヘッド片 5 6 とで、摩擦攪拌部 4 が挟み込まれる態様の接合体 3 を形成することができる。

[0068] 第 3 実施形態において、第 2 部材 3 2 の内部にリベット 5 A への導電経路を確保できる導電層が存在する場合は、その導電層を利用して抵抗溶接のための通電を行っても良い。図 1 3 は、第 3 実施形態の変形例に係る接合方法を示す断面図である。第 2 部材 3 2 の下端付近には導電層 3 2 B が備えられている。導電層 3 2 B は、リベット 5 A のインターロック部 5 3 と接触している。ヘッド部 5 1 A には、ハット型ヘッド片 5 6 が嵌め込まれている。なお、本変形例ではハット型ヘッド片 5 6 として、側面開口 5 6 3 を具備しない、上面視で円形の部材を用いることができる。

[0069] ハット型ヘッド片 5 6 には、第 1 電極 6 4 1 が当接されると共に、加圧片 6 4 3 にて加圧力が与えられる。導電層 3 2 B は、上述の例における第 2 電極 6 4 2 として利用される。抵抗溶接装置 6 4 は、トランス 6 4 4 を介して電源 6 4 5 から、第 1 電極 6 4 1 及び導電層 3 2 B に対し、抵抗溶接に必要な電圧を供給する。これにより、リベット 5 A とハット型ヘッド片 5 6 とは、溶着部 5 6 A により一体化される。

[0070] [その他の変形例]

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。

[0071] (1) 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、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ても良い。この場合、リベット 5 を摩擦攪拌部 4 へ圧入するツールとして、単動式の摩擦攪拌点接合用ツール自体、若しくは、別途の圧入ツールを用いることができる。

[0072] (2) 上記実施形態では、複動式の摩擦攪拌点接合用のツール 1 を、ショ

ルダ先行プロセスで用いて摩擦攪拌部 4 を形成する例を示した。これに代えて、ツール 1 を、ピン先行プロセスで用いて摩擦攪拌部 4 を形成しても良い。

[0073] (3) 上記実施形態では、リベット 5 の筒体部 5 2 にインターロック部 5 3 が形成される例を示した。このインターロック部 5 3 を積極的に形成しない態様の接合体 3 としても良い。また、インターロック部 5 3 が摩擦攪拌部 4 よりも径大である例を示した。つまり、筒体部 5 2 の下端部 5 2 2 が、摩擦攪拌部 4 の側周面 4 1 よりも径方向外側へ拡開される例を示した。インターロック部 5 3 は、第 2 部材 3 2 の母材部分に対するアンカー効果を発揮していれば良く、底面 4 2 の下方の母材部分へ進入する態様でも良い。

[0074] 以上説明した本開示に係る接合方法によれば、摩擦攪拌とリベット 5 との併用により、優れた強度を有する接合体 3 を得ることができる。重なり部 3 0 には、後にリベット 5 が圧入される摩擦攪拌部 4 が形成される。この摩擦攪拌部 4 では、摩擦攪拌により重なり部 3 0 を構成する第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 が混練され、これらが軟化した状態となる。このような摩擦攪拌部 4 であるので、リベット 5 を容易に圧入させることができる。従って、リベット 5 が備える締結効果を発揮させ易くなる。さらに、リベット 5 の上端側には、摩擦攪拌部 4 よりも大きいサイズを有するヘッド部 5 1、すなわち摩擦攪拌部 4 及び第 1 部材 3 1 の表面に接する部分を含むヘッド部 5 1 が形成される。つまり、ヘッド部 5 1 が、摩擦攪拌部 4 と第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 の母材との境界部分である側周面 4 1 上を覆う仕上がりとなる。このようなヘッド部 5 1 の係止効果により、側周面 4 1 に沿った破断を抑制することができる。

[0075] また、本開示に係る接合体 3 によれば、重なり部 3 0 に形成される摩擦攪拌部 4 と、摩擦攪拌部 4 に圧入されるリベット 5 とによって、重なり部 3 0 に接合力が与えられる。すなわち、摩擦攪拌接合だけに依存せず、リベット 5 の締結効果によって第 1 部材 3 1 及び第 2 部材 3 2 を強固に接合させることができる。さらに、リベット 5 のインターロック部 5 3 とヘッド部 5 1 の

鰐部 5 4 とにより、摩擦攪拌部 4 が挟持される態様となる。従って、側周面 4 1 に沿った破断は一層抑制され、優れた接合強度を有する接合体 3 を構築できる。

請求の範囲

- [請求項1] 摩擦攪拌接合用のツールと締結体とを用いて、前記ツール側の第1部材と、前記第1部材の下層に配置される第2部材とを含んで形成される重なり部を接合する接合方法であって、
- 前記ツールを、前記第1部材側から前記重なり部へ圧入して摩擦攪拌を行うことで、前記重なり部に摩擦攪拌部を形成し、
- 圧入方向から見たサイズが前記摩擦攪拌部よりも小さい締結体を用い、当該締結体の一端側を押圧することで、当該締結体の他端側を前記第1部材側から前記摩擦攪拌部に圧入し、
- 前記締結体の一端側に、前記摩擦攪拌部よりも大きいサイズを有するヘッド部を形成する、
- 接合方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の接合方法において、
- 前記締結体の圧入の後、前記第2部材に前記締結体の他端側を入り込ませてインターロック部を形成する、接合方法。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の接合方法において、
- 前記締結体の一端側を、前記摩擦攪拌部から前記第1部材の表面に至るように変形させることで、前記ヘッド部を形成する、接合方法。
- [請求項4] 請求項3に記載の接合方法において、
- 前記締結体の一端側を、加熱及び加圧することで変形させる、接合方法。
- [請求項5] 請求項4に記載の接合方法において、
- 前記加熱及び加圧のうちの少なくとも加圧を、前記ツールによる前記締結体の一端側の押圧により行う、接合方法。
- [請求項6] 請求項1又は2に記載の接合方法において、
- 前記締結体の一端側に、当該締結体とは別体の部材であって前記ヘッド部に対応するヘッド部用部材を接合する、接合方法。
- [請求項7] 請求項6に記載の接合方法において、

前記締結体と前記ヘッド部用部材とを、相対的に回転させながら圧接させることで、両者を接合する、接合方法。

[請求項8] 請求項1～7のいずれか1項に記載の接合方法において、
前記ツールとして、

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を用い、

前記ピン部材又は前記ショルダ部材の下降動作により、前記締結体を前記摩擦攪拌部に圧入する、接合方法。

[請求項9] 請求項8に記載の接合方法において、
前記ピン部材を上昇させて前記ショルダ部材内に收容空間を創出すると共に、当該收容空間に予め前記締結体を装填し、
前記ショルダ部材を前記重なり部へ圧入させて前記摩擦攪拌を行い、
前記ピン部材を下降させて前記締結体の圧入を行う、接合方法。

[請求項10] 第1部材及び第2部材を含んで形成される重なり部の接合体であって、

前記第1部材が重なり方向の一端側に、前記第2部材が重なり方向の他端側に配置されるように重なり合う重なり部と、

前記重なり部に設けられた摩擦攪拌部と、

前記摩擦攪拌部に圧入された締結体と、を備え、

前記締結体は、

前記第2部材に当該締結体の一部が入り込んだインターロック部と、

前記摩擦攪拌部の上面、及び、前記摩擦攪拌部の周縁の前記第1

部材の上面に当接するフランジ部と、を備える接合体。

[請求項11]

請求項10に記載の接合体において、

前記第2部材、又は、前記第1部材及び前記第2部材の双方が、繊維強化熱可塑性樹脂からなる、接合体。

[請求項12]

第1部材及び第2部材を含んで形成される重なり部を、摩擦攪拌と締結体とを用いて接合する接合装置であって、

軸線方向に進退移動可能な円柱状のピン部材と、

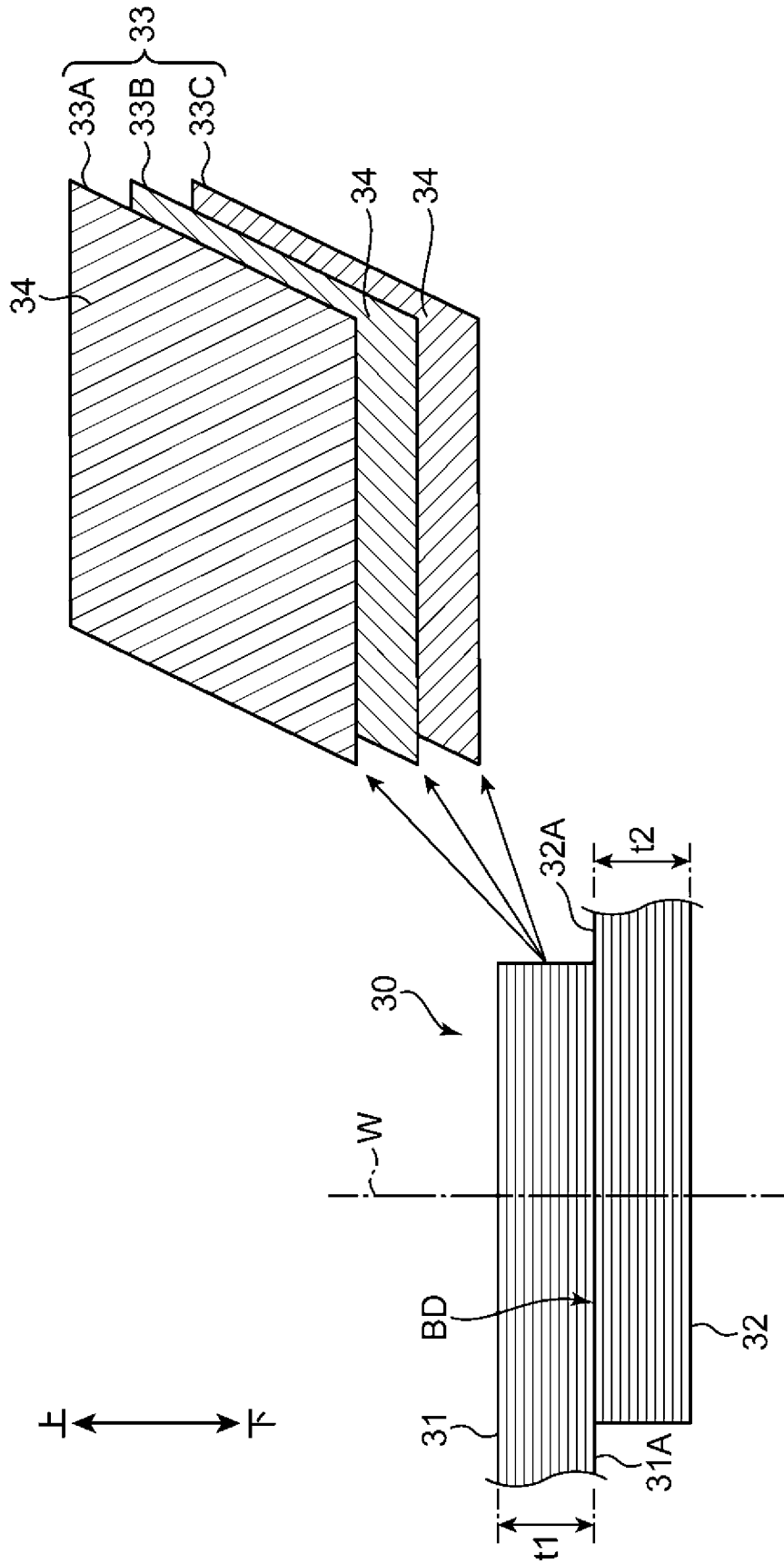
前記ピン部材の外周を覆うように位置し、当該ピン部材と同一の軸線回りに回転すると共に前記軸線方向に進退移動が可能な円筒状のシヨルダ部材と、

前記ピン部材により押圧される一端側と、前記押圧によって前記重なり部に形成される摩擦攪拌部へ圧入される他端側とを有し、前記ピン部材の上昇により創出される収容空間に装填される締結体と、

前記締結体の一端側に、前記摩擦攪拌部よりも大きいサイズを有するヘッド部を形成する後処理部と、

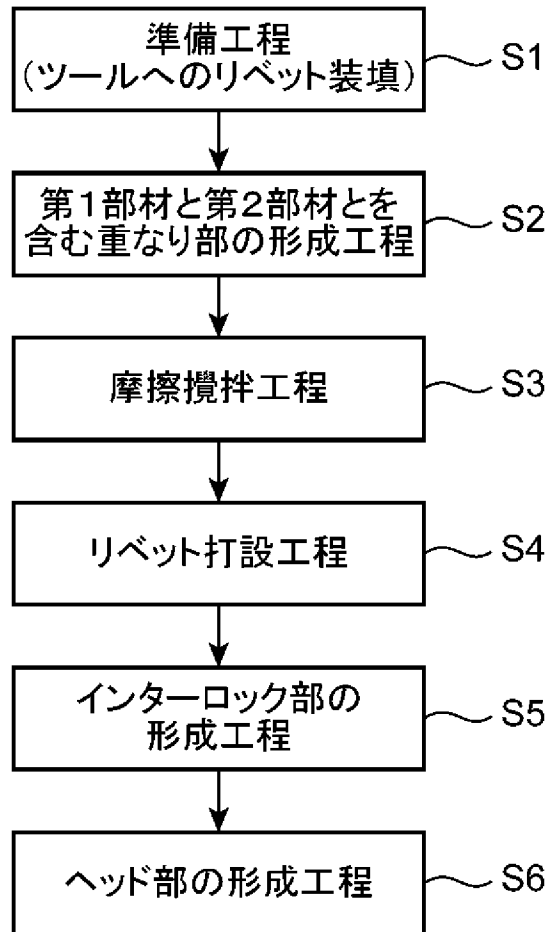
を備える接合装置。

[図2]

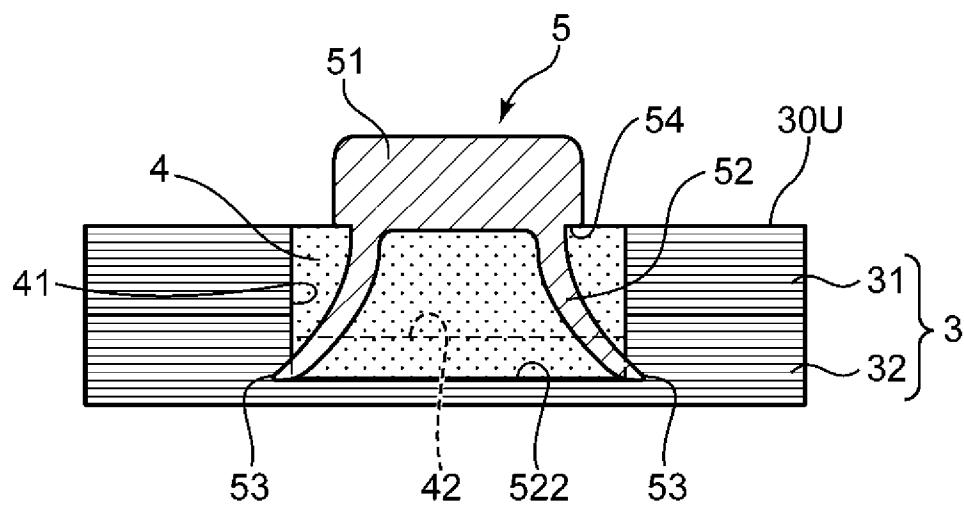


[図3]

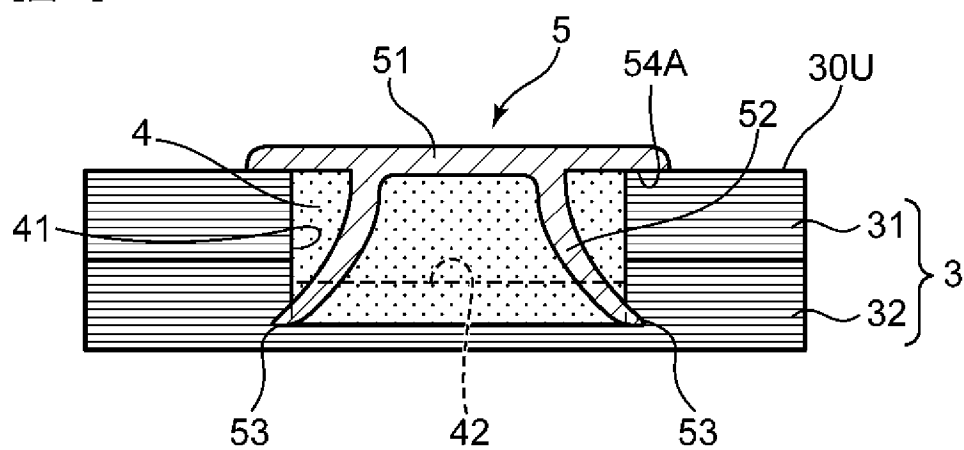
<工程チャート>



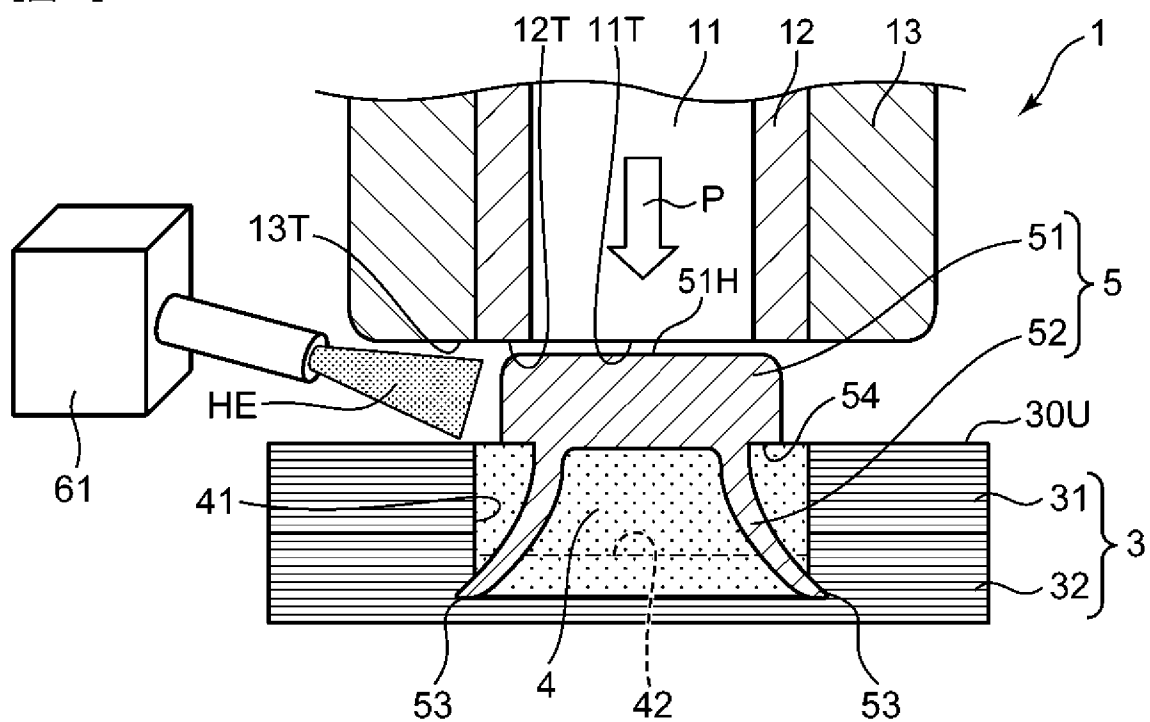
[図6A]



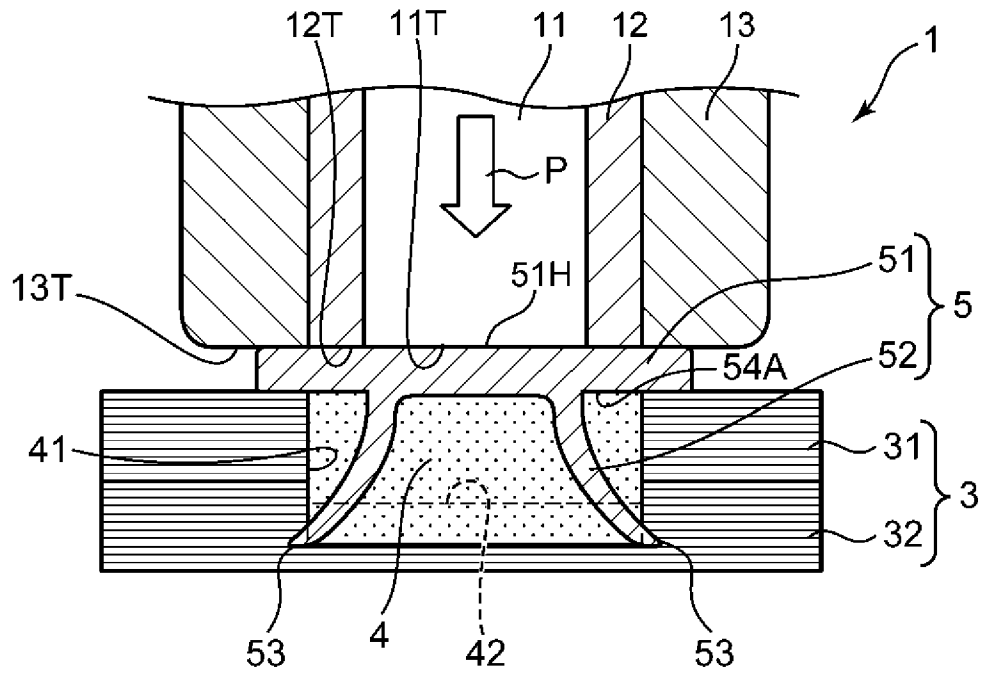
[図6B]



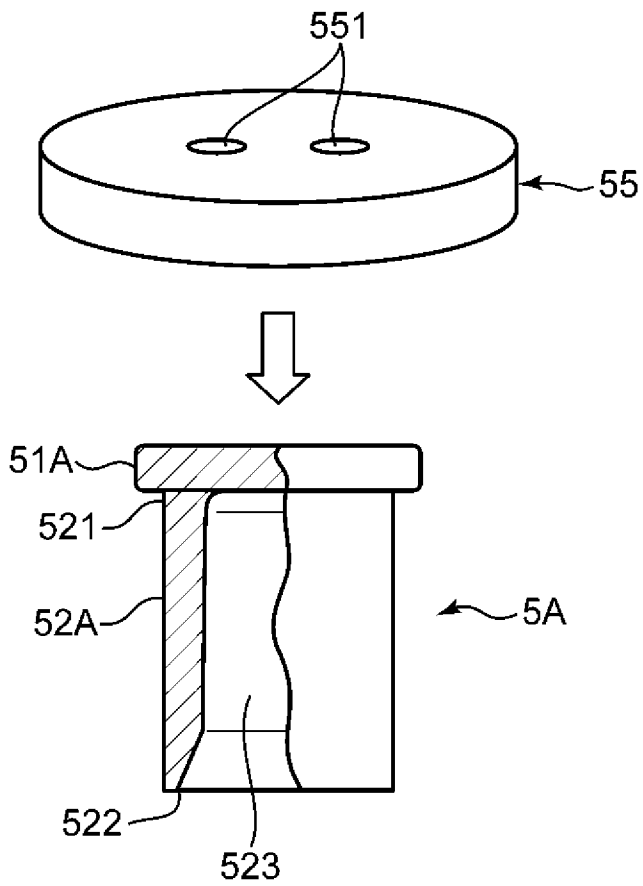
[図7A]



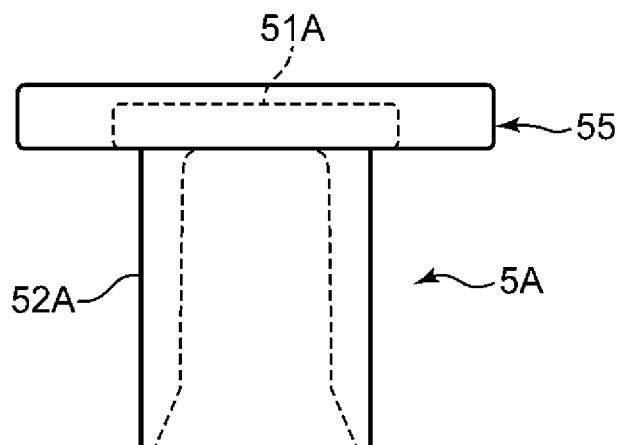
[図7B]



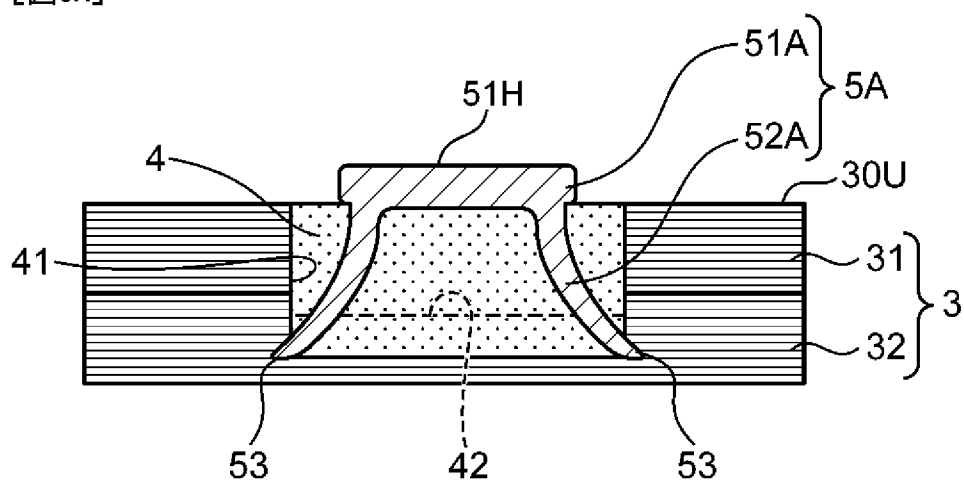
[図8A]



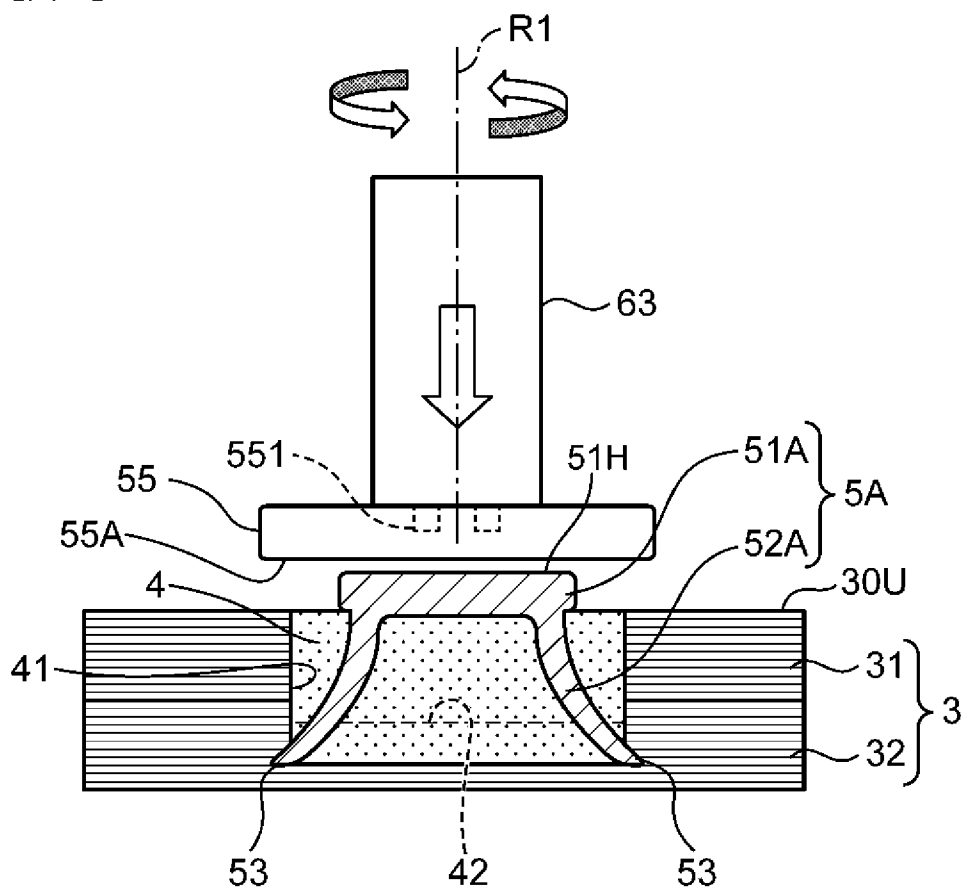
[図8B]



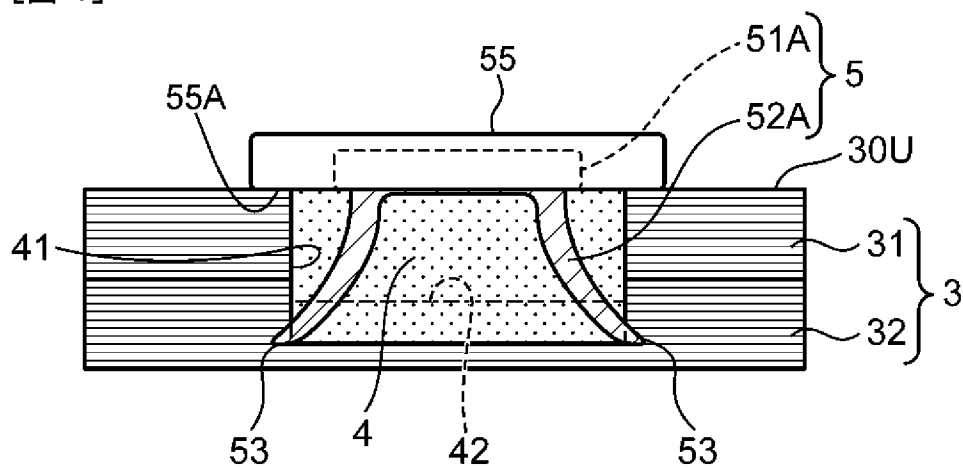
[図9A]



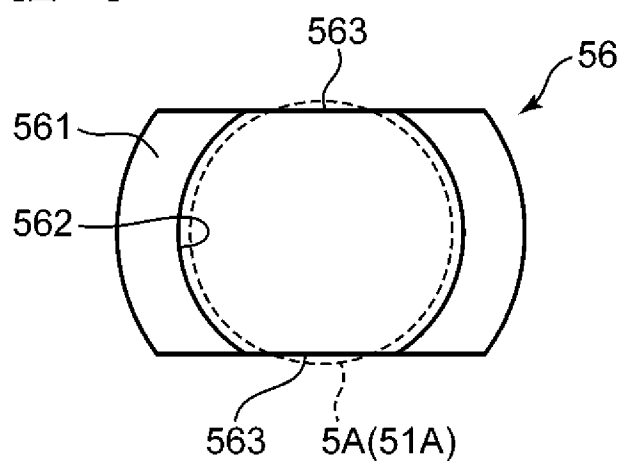
[図9B]



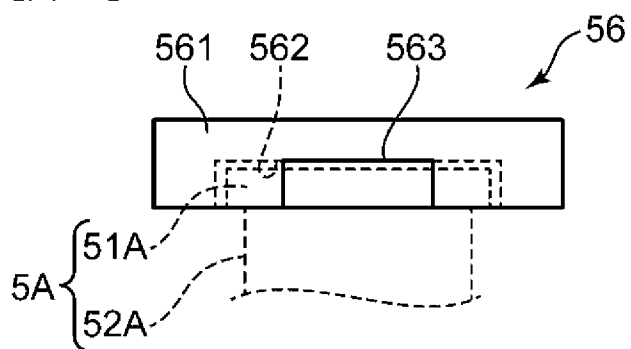
[図10]



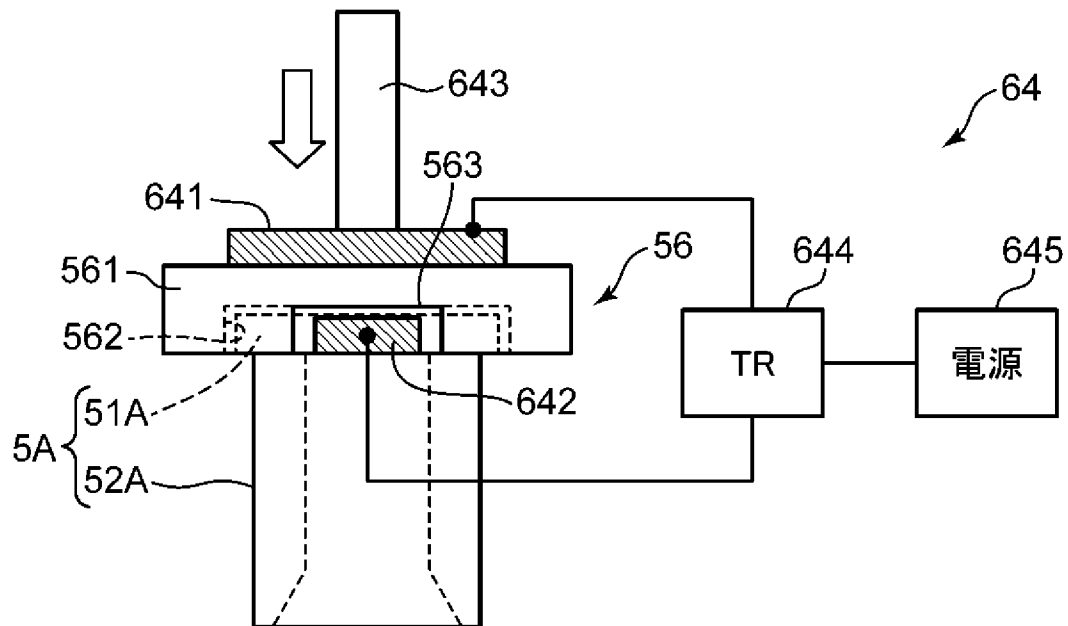
[図11A]



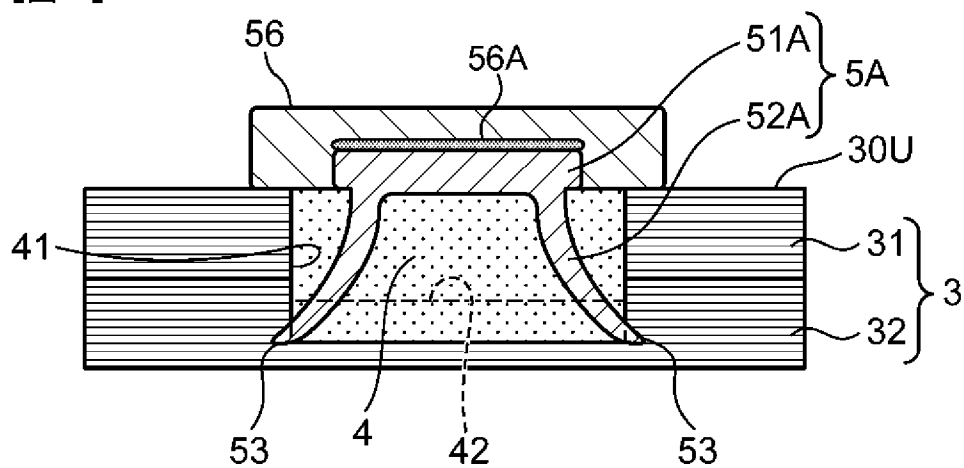
[図11B]



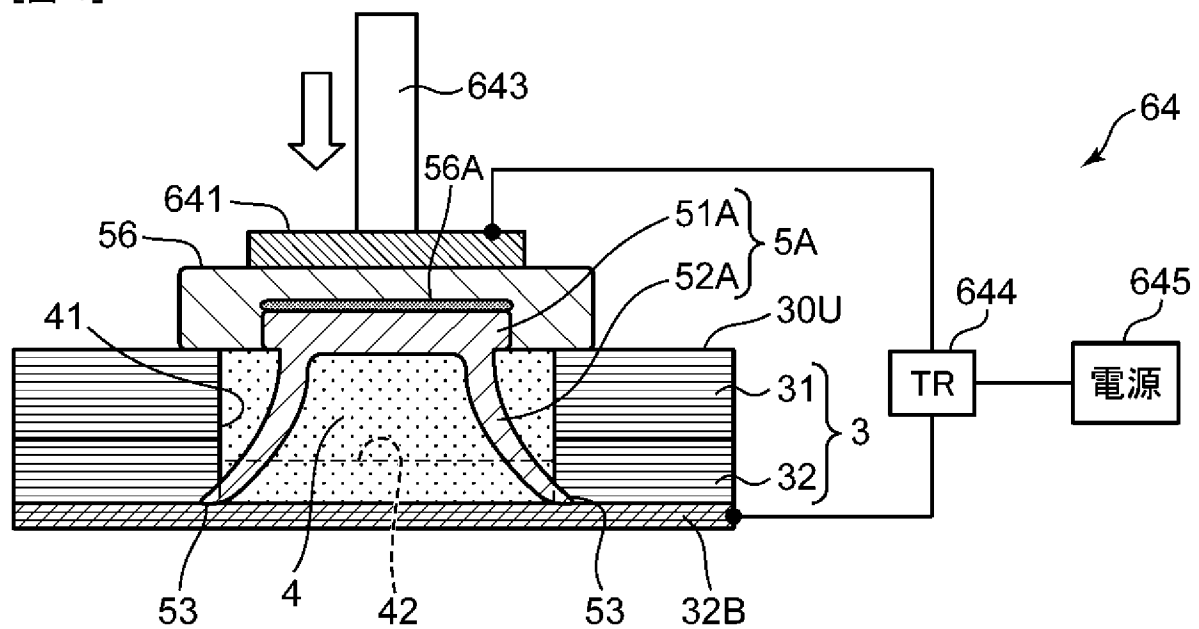
[図11C]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/013910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 20/12**(2006.01)i; **B29C 65/06**(2006.01)i; **B29C 65/60**(2006.01)i

FI: B29C65/60; B23K20/12 310; B29C65/06

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; B29C65/06; B29C65/60

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	WO 2013/094008 A1 (TOYOTA JIDOSHA KK) 27 June 2013 (2013-06-27) entire text	1-12
A	CN 110654035 A (SHENYANG AEROSPACE UNIVERSITY) 07 January 2020 (2020-01-07) entire text	1-12
A	CN 106863821 A (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 20 June 2017 (2017-06-20) entire text	1-12
A	JP 2018-51606 A (KOKUSHIKAN) 05 April 2018 (2018-04-05) entire text	1-12

☐ 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

10 May 2022

Date of mailing of the international search report

24 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/JP2022/013910

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2013/094008	A1	27 June 2013	US 2014/0356053 A1 entire text EP 2796272 A1 CN 103987510 A	
CN	110654035	A	07 January 2020	(Family: none)	
CN	106863821	A	20 June 2017	US 2017/0165739 A1 entire text US 2020/0164424 A1 DE 102016224887 A1	
JP	2018-51606	A	05 April 2018	(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; B29C 65/06(2006.01)i; B29C 65/60(2006.01)i FI: B29C65/60; B23K20/12 310; B29C65/06														
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; B29C65/06; B29C65/60														
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	WO 2013/094008 A1（トヨタ自動車株式会社）27.06.2013（2013 - 06 - 27） 全文	1-12												
A	CN 110654035 A（SHENYANG AEROSPACE UNIVERSITY）07.01.2020（2020 - 01 - 07） 全文	1-12												
A	CN 106863821 A（GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC）20.06.2017（2017 - 06 - 20） 全文	1-12												
A	JP 2018-51606 A（学校法人国士舘）05.04.2018（2018 - 04 - 05） 全文	1-12												
☐ 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>* 引用文献のカテゴリー</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>			* 引用文献のカテゴリー	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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 10.05.2022	国際調査報告の発送日 24.05.2022													
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） 関口 貴夫 4R 6110 電話番号 03-3581-1101 内線 3471													

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/JP2022/013910

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2013/094008	A1	27.06.2013	US	2014/0356053	A1	
				全文			
				EP	2796272	A1	
				CN	103987510	A	
CN	110654035	A	07.01.2020	(ファミリーなし)			
CN	106863821	A	20.06.2017	US	2017/0165739	A1	
				全文			
				US	2020/0164424	A1	
				DE	102016224887	A1	
JP	2018-51606	A	05.04.2018	(ファミリーなし)			