

(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
2016 年 9 月 22 日(22.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/147983 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057403
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 9 日(09.03.2016)
- (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 2015-054606 2015 年 3 月 18 日(18.03.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社 I H I (IHI CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 齋藤 浩(SAITO Hiroshi); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 真崎 邦崇(MASAKI Kunitaka); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 根崎 孝二(NEZAKI Koji); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 金山 維史(KANAYAMA Tadafumi); 〒1358710 東京都江東区

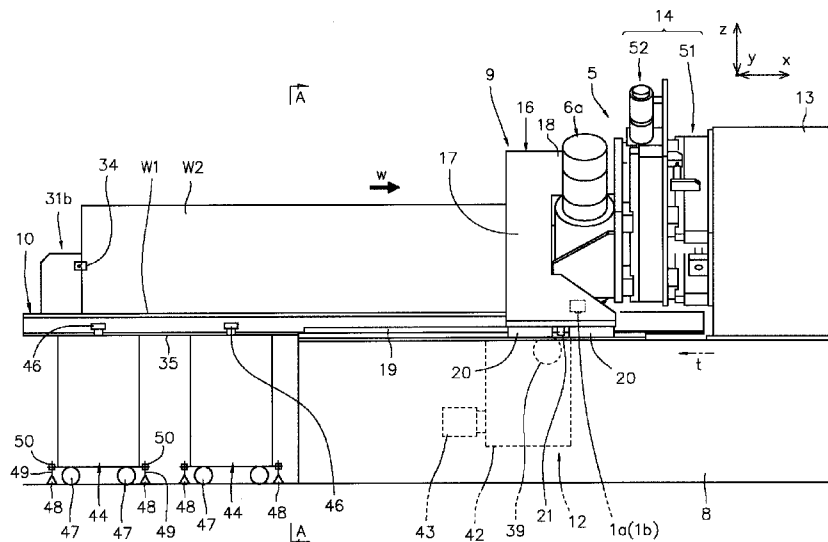
豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 山中 聡(YAMANAKA Satoshi); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 田部井 康(TABEI Yasushi); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 寺本 光生, 外(TERAMOTO Mitsuo et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: FRICTION STIR WELDING DEVICE

(54) 発明の名称: 摩擦攪拌接合装置



(57) Abstract: This friction stir welding device is provided with: a welding device main body (5) that is provided with friction stir welding tools (1a, 1b) that friction stir weld a welding section that is between a plurality of workpieces (W1, W2) that are in contact with each other; and a workpiece clamping unit (9) that is formed separately from the welding device main body (5) and that has rolling bodies (22a-22f, 25a, 25b) that are configured so as to hold the workpieces (W1, W2) when the welding section is being friction stir welded.

(57) 要約: 本開示の摩擦攪拌接合装置は、互いに接する複数のワーク (W1, W2) の間の接合部を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツール (1a, 1b) を備える接合装置本体 (5) と、接合装置本体 (5) とは別体に形成され、接合部の摩擦攪拌接合を行うときにワーク (1a, 1b) を保持するよう構成される転動体 (22a~22f, 25a, 25b) を有するワーククランプユニット (9) とを備える。



WO 2016/147983 A1



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))

明 細 書

発明の名称： 摩擦撹拌接合装置

技術分野

[0001] 本開示は、ワーク間の接合部の摩擦撹拌接合に用いられる摩擦撹拌接合装置に関する。

本願は、2015年3月18日に日本に出願された特願2015-054606号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 摩擦撹拌接合装置に用いられる摩擦撹拌接合ツール（摩擦撹拌接合用工具）としては、プローブと一体に回転する回転式ショルダを備えた形式と、回転するプローブと非回転の固定式ショルダとを備えた形式が知られている。

[0003] 固定式ショルダを備える摩擦撹拌接合ツールとしては、接合すべきワーク同士の角隅部（内隅部）を摩擦撹拌接合するために、固定式ショルダは角隅部を形成する両ワーク表面に当接する面を備える形状が知られている。

[0004] 前記のような角隅部接合用の摩擦撹拌接合ツールを用いる摩擦撹拌接合装置としては、水平な第1のワーク（水平部材）と、その上に立設される第2のワーク（立設部材）との突き合わせによって形成された2つの角隅部を、一对の摩擦撹拌接合ツールを用いて、立設される第2のワークの両側から摩擦撹拌接合する装置が、従来提案されている（たとえば、特許文献1参照）。

[0005] この摩擦撹拌接合装置は、ワークを跨ぐように配置された門形のフレーム（門柱）を備える。フレームに設けられた押圧機構により、立設される第2のワークを上方から押圧して水平な第1のワークに対して押し付けることで、第2のワークが第1のワーク上に立設する接合姿勢を保持する。この状態で、フレームに設けられた別の押圧機構により、一对の摩擦撹拌接合ツールをワーク間の角隅部にそれぞれ押圧して、角隅部の摩擦撹拌接合を行う。

[0006] 固定式ショルダを備えた摩擦撹拌接合ツールによる角隅部の摩擦撹拌接合

を行う際に、フィラーを加えて、接合後の角隅部に湾曲面（肉盛りによるフィレット）を形成させるようにした *Ad Stir* と云われる手法も、従来提案されている（たとえば、非特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：日本国特開 2013-166159 号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献1：福田哲夫，角張隆男、「TWI の最新 FSW プロセス開発状況とパテント情報」、溶接技術、産報出版株式会社、2011 年 6 月、59 巻、6 号、p. 57-60

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献 1 に示された摩擦攪拌接合装置では、摩擦攪拌接合を行う際、摩擦攪拌接合ツールを角隅部に押圧すると、その押圧荷重の反力がフレームに入力される。

[0010] この際、姿勢保持用の押圧機構によって保持されている立設される第 2 のワークの接合姿勢の精度が、摩擦攪拌接合ツールの押圧荷重の反力の影響を受ける。

[0011] 非特許文献 1 には、摩擦攪拌接合時に接合対象となる角隅部を形成したワークの接合姿勢を保持する手段は、特に示されていない。

[0012] 本開示は、接合すべきワーク同士の接合姿勢を、摩擦攪拌接合ツールの押圧荷重の反力の影響を受けない状態で保持しながら、ワーク間の接合部を摩擦攪拌接合することができる摩擦攪拌接合装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 本開示の一態様の摩擦攪拌接合装置は、互いに接する複数のワークの間の接合部を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツールを備える接合装置本体と、前

記接合装置本体とは別体に形成され、前記接合部の摩擦撹拌接合を行うときに前記ワークを保持するよう構成される転動体を有するワーククランプユニットとを備える。

発明の効果

[0014] 本開示の摩擦撹拌接合装置によれば、接合すべきワーク同士の接合姿勢を、摩擦撹拌接合ツールの押圧荷重の反力の影響を受けない状態で保持しながら、ワーク間の接合部を摩擦撹拌接合することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置の概略側面図である。

[図2]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置の概略平面図である。

[図3]図1のA－A方向矢視図である。

[図4A]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置の摩擦撹拌接合ツールの部分を拡大して示す平面図である。

[図4B]図4AのB－B方向矢視図である。

[図5]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置の接合装置本体を摩擦撹拌接合時にワークが移動する方向に沿って見た拡大図である。

[図6]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置のワーククランプユニットを拡大して示す側面図である。

[図7]図6のC－C方向矢視図である。

[図8A]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置のワーク保持部のワークテーブルを拡大して示す平面図である。

[図8B]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置のワーク保持部のワークテーブルを拡大して示す側面図である。

[図9]第1実施形態の摩擦撹拌接合装置のテーブルの移動経路を示す概略平面図である。

[図10]図5の接合装置本体のツール押圧部における軸直交方向移動ユニットを示す一部切断図である。

[図11]図10のD－D方向矢視図である。

[図12]図5の接合装置本体のツール押圧部における軸方向移動ユニットを示す一部切断図である。

[図13]図12のE-E方向矢視図である。

[図14]第2実施形態の摩擦撹拌接合装置のワーククランプユニットを示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 本開示の摩擦撹拌接合装置について、図面を参照して説明する。

[0017] [第1実施形態]

図1は、第1実施形態の摩擦撹拌接合装置を示す概略側面図である。図2は図1の概略平面図、図3は図1のA-A方向矢視図である。図4Aは、摩擦撹拌接合ツールの部分を拡大して示す平面図であり、図4Bは図4AのB-B方向矢視図である。図5は第1実施形態における接合装置本体を摩擦撹拌接合時にワークが移動する方向に沿って見た拡大図である。図6は第1実施形態におけるワーククランプユニットを拡大して示す側面図である。図7は図6のC-C方向矢視図である。図8Aは、第1実施形態におけるワークテーブルを拡大して示す平面図であり、図8Bは、ワークテーブルを拡大して示す側面図である。図9は第1実施形態におけるテーブル移動経路を示す概略平面図である。図10は接合装置本体のツール押圧部における軸直交方向移動ユニットを示す一部切断図である。図11は図10のD-D方向矢視図である。図12は接合装置本体のツール押圧部における軸方向移動ユニットを示す一部切断図である。図13は図12のE-E方向矢視図である。

[0018] 本実施形態の摩擦撹拌接合装置は、図4Bに示すように、第1のワークW1と、第1のワークW1の面P1に対し所定の角度で交差する姿勢で端縁が突き合わされた第2のワークW2とにより形成される2つの角隅部（内隅部）c1、c2を、摩擦撹拌接合の対象とする。本実施形態では、一例として、第1のワークW1の面P1が水平に配置され、第2のワークW2が鉛直な姿勢で第1のワークW1の面P1に対して上方から突き合わされている場合について説明する。

- [0019] なお、説明の便宜上、角隅部 $c\ 1$ 、 $c\ 2$ の延びる方向を x 軸方向、 x 軸方向に垂直な平面内で第 1 のワーク $W\ 1$ の面 $P\ 1$ に平行な方向を y 軸方向、 x 軸方向及び y 軸方向の双方に直交する方向を z 軸方向とする 3 次元直交座標系を設定する。本実施形態では、第 1 のワーク $W\ 1$ の面 $P\ 1$ に沿う $x\ y$ 平面が水平面となるので、 z 軸方向が鉛直方向となり、第 2 のワーク $W\ 2$ は鉛直面である $x\ z$ 平面に沿って配置されている。
- [0020] 本開示では、 $x\ y$ 平面は、 x 軸方向と y 軸方向に沿う平面を示し、 $x\ z$ 平面は、 x 軸方向と z 軸方向に沿う平面を示し、 $y\ z$ 平面は、 y 軸方向と z 軸方向に沿う平面を示す。 $x\ y$ 平面、 $x\ z$ 平面、および $y\ z$ 平面は、位置が特定された平面を意味しない。
- [0021] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、図 1 から図 3 に示すように、架台 8 の表面に定置された接合装置本体 5 と、第 1 のワーク $W\ 1$ と第 2 のワーク $W\ 2$ とを前述した接合姿勢で配置するワークテーブル 10 と、架台 8 の表面でのワークテーブル 10 の x 軸方向の移動をガイドするテーブル移動経路 11（図 7 参照）と、ワークテーブル 10 の移動機構 12 とを備える。更に、本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、接合装置本体 5 とは別体に形成されるワーククランプユニット 9 を備える。
- [0022] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、図 1 から図 3 に示すように、摩擦攪拌接合ツール 1 a、1 b を備えた接合装置本体 5 が架台 8 に設置され、接合装置本体 5 に対し、ワーク $W\ 1$ 、 $W\ 2$ を図 1、図 2 に矢印 w で示すように x 軸方向に沿う一方向に移動させる。摩擦攪拌接合ツール 1 a、1 b は、ワーク $W\ 1$ 、 $W\ 2$ の移動に伴って、角隅部 $c\ 1$ 、 $c\ 2$ に対して相対的に移動して摩擦攪拌接合を行う。ワーククランプユニット 9 は、接合装置本体 5 よりもツール相対移動方向 t の前側（図 1、図 2 では左側）に配置されている。ツール相対移動方向 t とは、摩擦攪拌接合を行う際に、角隅部 $c\ 1$ 、 $c\ 2$ を基準として、摩擦攪拌接合ツール 1 a、1 b 及び接合装置本体 5 が相対的に移動する方向である。本実施形態では、図 1、図 2 に示すように、ツール相対移動方向 t は、ワーク $W\ 1$ 、 $W\ 2$ の実際の移動方向（矢印 w で示す方向）とは

逆向きとなる。

[0023] 本実施形態の接合装置本体5は、図4Aおよび図4Bに示すように、2つの角隅部c1, c2のうち、第2のワークW2の一方の側面P2a側の角隅部c1の接合に用いる第1の摩擦攪拌接合ツール1aと、他方の側面P2b側の角隅部c2の接合に用いる第2の摩擦攪拌接合ツール1bとを有している。

[0024] 第1の摩擦攪拌接合ツール1aは、回転駆動可能なプローブ2aと、プローブ2aの基端側の外周に配置された固定式ショルダ3aとを備える。プローブ2aは、プローブ2aの軸心方向がyz平面内で角隅部c1の角度の二等分線に平行となるように配置されることが好ましい。本実施形態では、角隅部c1が直角であるため、プローブ2aの軸心方向は、yz平面内で第2のワークW2に沿うz軸方向（鉛直方向）から一方の側面P2a側へ45度傾斜させた斜め下向きの角度をなすように配置されている。固定式ショルダ3aは、プローブ2aの先端寄りに配置される端部が、角隅部c1を形成させる第1のワークW1の面P1と第2のワークW2の側面P2aとにそれぞれ接触する2つのワーク接触面4aを備える山形（V字形状）である。

[0025] 第1の摩擦攪拌接合ツール1aは、図5に示すように、接合装置本体5にて、プローブ2aを回転駆動する回転駆動部7aを備えた第1の主軸ユニット6aの先端側に取り付けられた状態で使用される。

[0026] 第2の摩擦攪拌接合ツール1bは、図4Aおよび図4Bに示すように、回転駆動可能なプローブ2bと、プローブ2bの基端側の外周に配置された固定式ショルダ3bとを備える。プローブ2bは、プローブ2bの軸心方向がyz平面内で角隅部c2の角度の二等分線に平行となるように配置されることが好ましい。本実施形態では、角隅部c2が直角であるため、プローブ2bの軸心方向は、yz平面内で第2のワークW2に沿うz軸方向（鉛直方向）から他方の側面P2b側へ45度傾斜させた斜め下向きの角度をなすように配置されている。固定式ショルダ3bは、プローブ2bの先端寄りに配置される端部が、角隅部c2を形成させる第1のワークW1の面P1と第2の

ワークW2の側面P2bとにそれぞれ接触する2つのワーク接触面4bを備える山形（V字形状）である。

[0027] 第2の摩擦攪拌接合ツール1bは、図5に示すように、接合装置本体5にて、プローブ2bを回転駆動する回転駆動部7bを備えた第2の主軸ユニット6bの先端側に取り付けられた状態で使用される。

[0028] 本実施形態では、図4Aに示したように、第1の摩擦攪拌接合ツール1aと第2の摩擦攪拌接合ツール1bにおいては、固定式ショルダ3a, 3b同士、及び、プローブ2a, 2b同士が第2のワークW2を挟んでx軸方向の同位置に配置される。このため、摩擦攪拌接合ツール1a, 1bを装着した主軸ユニット6a, 6bは、図5に示すように、一つのyz平面に沿ってV字状に配置される。

[0029] 第1の摩擦攪拌接合ツール1aと第2の摩擦攪拌接合ツール1bにおいては、図4Bに示すように、第2のワークW2の両面側で角隅部c1と角隅部c2の摩擦攪拌接合を同時に行うときに、角隅部c1, c2に没入させるプローブ2a, 2b同士、更には、プローブ2a, 2bによる角隅部c1, c2の攪拌領域s1, s2同士に干渉が生じないように、プローブ2a, 2bの固定式ショルダ3a, 3bからの突出量が設定されている。

[0030] これにより、摩擦攪拌接合ツール1a, 1bによる第1のワークW1と第2のワークW2とで形成される角隅部c1, c2の摩擦攪拌接合が、プローブ2aによる攪拌領域s1と、プローブ2bによる攪拌領域s2とが互いに干渉しない部分攪拌接合として行われる。このため、接合後の第1のワークW1と第2のワークW2において、攪拌領域s1での攪拌によって接合された部分と、攪拌領域s2での攪拌によって接合された部分との間に、第1のワークW1と第2のワークW2とが当接する当接面が一部残っている。

[0031] 摩擦攪拌接合ツール1a, 1bを上述のように配置することにより、第1の摩擦攪拌接合ツール1aに対し角隅部c1に向けた押圧荷重を作用させる位置と、第2の摩擦攪拌接合ツール1bに対し角隅部c2に向けた押圧荷重を作用させる位置が、x軸方向において一致する。すなわち、第1の摩擦攪

拌接合ツール 1 a に対し角隅部 c 1 に向けた押圧荷重を作用させる位置と、第 2 の摩擦攪拌接合ツール 1 b に対し角隅部 c 2 に向けた押圧荷重を作用させる位置が、第 2 のワーク W 2 を間に挟んで同一の y z 平面内に位置している。このため、押圧荷重に起因して、ワーク W 1, W 2 や、後述するワークテーブル 1 0 に x y 平面内で回転モーメントが生じることが防止される。

[0032] 接合装置本体 5 は、図 5 に示すように、テーブル移動経路 1 1（図 9 参照）を y 軸方向に沿って跨ぐように配置された門形のフレーム 1 3 を備えている。

[0033] フレーム 1 3 の y 軸方向の一端側には、第 1 の主軸ユニット 6 a が、第 1 のツール押圧部 1 4 を介して取り付けられている。フレーム 1 3 の y 軸方向の他端側には、第 2 の主軸ユニット 6 b が第 2 のツール押圧部 1 5 を介して取り付けられている。ツール押圧部 1 4, 1 5 は、それぞれ、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b の y z 平面内での位置の調整と、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b を角隅部 c 1, c 2 に向けて押圧するための押圧荷重の付与を行う。ツール押圧部 1 4, 1 5 の具体的な構成については後述する。

[0034] 図 6、図 7 に、ワーククランプユニット 9 が示される。ワーククランプユニット 9 は、図 1、図 2 に示したように、架台 8 の表面において、接合装置本体 5 よりもツール相対移動方向 t の前側（図 1、図 2 では左側）に設けられる。ワーククランプユニット 9 は、接合装置本体 5 とは別体であるフレーム 1 6 を備える。

[0035] フレーム 1 6 は、図 6、図 7 に示すように、テーブル移動経路 1 1（図 9 参照）を y 軸方向に沿って跨ぐように配置された門形部 1 7 と、門形部 1 7 の接合装置本体 5 に臨む面側に設けられる突出部 1 8 とを備える。突出部 1 8 は、図 2 に示すように、第 1 の主軸ユニット 6 a と第 2 の主軸ユニット 6 b との間に形成された空間内に配置可能な形状を有している。

[0036] 架台 8 の y 軸方向の両端部には、x 軸方向に沿って延びる一対のガイドレール 1 9 が設けられる。フレーム 1 6 の門形部 1 7 の y 軸方向の両端側は、それぞれ、一対のガイドレール 1 9 にガイドブロック 2 0 を介してスライド

可能に支持されている。これにより、フレーム 16 は、図 2 に実線で示したように突出部 18 が第 1 の主軸ユニット 6 a と第 2 の主軸ユニット 6 b との間の空間内に配置されて摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b に近接した状態となる近接位置と、図 2 に二点鎖線で示すように突出部 18 が第 1 の主軸ユニット 6 a 及び第 2 の主軸ユニット 6 b から離れた状態になる退避位置との間で、ガイドレール 19 に沿って移動可能となっている。なお、フレーム 16 が近接位置に配置される場合、図 2 に実線で示すように、突出部 18 は摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b の上方に配置される。

[0037] 図 6 に示すように、門形部 17 の y 軸方向の両端側には、フレーム 16 をガイドレール 19 上で解除可能に位置固定するためのフレーム固定部 21 が設けられる。これにより、フレーム 16 を、図 2 に実線で示した近接位置など任意の位置で固定することができる。なお、少なくとも図 2 に実線で示した近接位置でフレーム 16 を固定することができれば、その他の個所では固定されなくてもよい。フレーム固定部 21 は、ガイドレール 19 をクランプすることで、フレーム 16 を固定してもよい。又、フレーム固定部 21 として、その他の公知の方法でフレーム 16 を固定するフレーム固定手段を採用してもよい。

[0038] 門形部 17 の内側の z 軸方向の二箇所には、図 6、図 7 に示すように、一対のサイドクランプローラ 22 a, 22 b と、一対のサイドクランプローラ 22 c, 22 d が設けられる。一対のサイドクランプローラ 22 a, 22 b、および一対のサイドクランプローラ 22 c, 22 d は、それぞれ、y 軸方向に沿って対向配置された一対の転動体であり、第 2 のワーク W2 の両側面 P2 a, P2 b (図 4 A および図 4 B 参照) に接触する。

[0039] 一対のサイドクランプローラ 22 a, 22 b と、一対のサイドクランプローラ 22 c, 22 d のうち、たとえば、y 軸方向の一侧 (図 7 では右側) に配置されているサイドクランプローラ 22 a, 22 c が、門形部 17 にブラケット 23 を介して位置が固定された状態で取り付けられている。一方、y 軸方向の他側 (図 7 では左側) に配置されているサイドクランプローラ 22

b, 22 d は、y 軸方向に沿って配置された押圧手段としての油圧シリンダ 24 を介して門形部 17 に取り付けられている。サイドクランプローラ 22 a, 22 c と、サイドクランプローラ 22 b, 22 d との間に、第 2 のワーク W2 が配置された状態で油圧シリンダ 24 を伸長作動させることで、第 2 のワーク W2 の両側面 P2 a, P2 b に、サイドクランプローラ 22 a, 22 c と、サイドクランプローラ 22 b, 22 d とが両側から押し付けられた状態となる。このため、第 2 のワーク W2 の y 軸方向の位置が保持される。

[0040] このように、y 軸方向の一側のサイドクランプローラ 22 a, 22 c の位置を固定した構成とすることにより、第 2 のワーク W2 を保持する位置を、固定されたサイドクランプローラ 22 a, 22 c を基準として y 軸方向の同じ位置に決めることができる。

[0041] なお、固定されたサイドクランプローラ 22 a, 22 c を支持しているブラケット 23 は、サイドクランプローラ 22 a, 22 c の y 軸方向の位置の調整機構を備えてもよい。ブラケット 23 に、サイドクランプローラ 22 a, 22 c の y 軸方向の位置の調整量を検出するためのスケールを設けてもよい。このようにすれば、たとえば、厚みの異なる第 2 のワーク W2 を接合対象とする場合であっても、第 2 のワーク W2 の厚みの中心を揃えることが可能になる。

[0042] 門形部 17 の内側の架台 8 から離反する端部側に、トップクランプローラ 25 a が設けられる。トップクランプローラ 25 a は、第 2 のワーク W2 の第 1 のワーク W1 側とは反対側の端部に押し当てられる転動体である。トップクランプローラ 25 a は、y z 平面内で第 2 のワーク W2 の面に沿う方向、すなわち、本実施形態では z 軸方向に配置された押圧手段としての油圧シリンダ 26 を介して門形部 17 に取り付けられている。

[0043] トップクランプローラ 25 a が第 2 のワーク W2 の端部に接するように配置された状態で油圧シリンダ 26 を伸長作動させると、第 2 のワーク W2 が第 1 のワーク W1 に対して押し付けられる。第 1 のワーク W1 は、第 2 のワーク W2 から受ける押し付け力により、ワークテーブル 10 に押し付けられ

る。このため、第1のワークW1と第2のワークW2とのz軸方向の位置が保持される。

[0044] 突出部18には、転動体としての一对のサイドクランプローラ22e, 22f及びトップクランプローラ25bが設けられている。一对のサイドクランプローラ22e, 22fは、門形部17に設けられる一对のサイドクランプローラ22a, 22bと同様の構成である。サイドクランプローラ22fは、油圧シリンダ24を介して突出部18に支持されている。トップクランプローラ25bは、門形部17に設けられるトップクランプローラ25aと同様の構成であり、油圧シリンダ26を介して突出部18に支持されている。突出部18が図2に示すように第1の主軸ユニット6aと第2の主軸ユニット6bとの間の空間内に配置されるときに、一对のサイドクランプローラ22e, 22f及びトップクランプローラ25bは、摩擦攪拌接合ツール1a, 1b(図3参照)と、z軸方向に関して同じ位置か、又は、摩擦攪拌接合ツール1a, 1bよりもツール相対移動方向tの前寄りの位置に配置されることが好ましい。

[0045] サイドクランプローラ22a~22fとトップクランプローラ25a, 25bは、x軸方向に並べて配置された2連のローラ本体を備えた構成であることが好ましい。このような構成により、第2のワークW2のx軸方向に沿う姿勢からのy軸方向やz軸方向へのずれが、より確実に防止される。

[0046] サイドクランプローラ22a~22f、およびトップクランプローラ25a, 25bが前記のように2連のローラ本体を備える場合は、サイドクランプローラ22a, 22c, 22eの2連のローラ本体を保持させたローラフレーム(図示せず)が、ブラケット23に、x軸方向に揺動可能に取り付けられていることが好ましい。同様に、サイドクランプローラ22b, 22d, 22fとトップクランプローラ25a, 25bの2連のローラ本体を保持させたローラフレーム(図示せず)が、油圧シリンダ24, 26に、x軸方向に揺動可能に取り付けられていることが好ましい。更に、サイドクランプローラ22a~22f、およびトップクランプローラ25a, 25bのロー

ラ本体は、外周面にクラウニングが施されていることが好ましい。

[0047] 一般に、長尺の部材は、全長に亘って振れや変形が全くない状態で製造することは難しい。ワーククランプユニット9のサイドクランプローラ22a～22f、及び、トップクランプローラ25a、25bがx軸方向に揺動し、サイドクランプローラ22a～22f、およびトップクランプローラ25a、25bのローラ本体の外周面にクラウニングが施される構成とすることで、第2のワークW2が長手方向（x軸方向）に振れや変形を有している場合であっても、ローラ本体がその振れや変形に倣うようにすることができる。

[0048] 以上の構成を有するワーククランプユニット9を用いてワークW1、W2の角隅部c1、c2の摩擦攪拌接合を行うときには、先ず、フレーム16を、図2に実線で示した位置に配置させ、フレーム固定部21により架台8に位置固定する。

[0049] この状態で、ワーククランプユニット9の一对のサイドクランプローラ22a、22b、一对のサイドクランプローラ22c、22d、及び、一对のサイドクランプローラ22e、22fは、第2のワークW2のy軸方向の位置を保持し、トップクランプローラ25a、25bは、第1のワークW1と第2のワークW2のz軸方向の位置を保持する。

[0050] なお、一对のサイドクランプローラ22a、22b、一对のサイドクランプローラ22c、22d、及び、一对のサイドクランプローラ22e、22fは、第2のワークW2のy軸方向の位置を保持できれば、必ずしも第2のワークW2に接していなくてもよい。又、トップクランプローラ25a、25bは、第1のワークW1と第2のワークW2のz軸方向の位置を保持することができれば、必ずしも第2のワークW2に接していなくてもよい。

[0051] これにより、第1のワークW1と第2のワークW2の、摩擦攪拌接合が行われている個所の付近であって、摩擦攪拌接合ツール1a、1bよりもツール相対移動方向tの前側の位置にある摩擦攪拌接合が行われる直前の部分が、ワーククランプユニット9によって接合姿勢に保持される。

- [0052] 摩擦撹拌接合が行われている際、主軸ユニット 6 a, 6 b が支持されているフレーム 1 3 は、摩擦撹拌接合ツール 1 a, 1 b に作用させる押圧荷重の反力を受けている。これに対し、ワーククランプユニット 9 は、フレーム 1 3 とは独立した別体のフレーム 1 6 を備えている。したがって、ワーククランプユニット 9 によりワーク W 1, W 2 を接合姿勢で保持していても、ワーククランプユニット 9 が摩擦撹拌接合ツール 1 a, 1 b に作用させる押圧荷重の反力の影響を受けることはない。
- [0053] 摩擦撹拌接合を実施していないときには、フレーム固定部 2 1 による架台 8 に対するワーククランプユニット 9 の固定を解除して、ワーククランプユニット 9 を、図 2 に二点鎖線で示したように接合装置本体 5 から離れた退避位置に配置する。この状態では、突出部 1 8 が露出されるため、サイドクランプローラ 2 2 e, 2 2 f やトップクランプローラ 2 5 b に対して作業者が容易に近づいて点検や保守作業を行うことができる。
- [0054] 又、ワーククランプユニット 9 を退避させた状態では、第 1 の主軸ユニット 6 a と第 1 の摩擦撹拌接合ツール 1 a、及び、第 2 の主軸ユニット 6 b と第 2 の摩擦撹拌接合ツール 1 b から、ワーククランプユニット 9 が離れている。このため、角隅部 c 1, c 2 の摩擦撹拌接合を開始するときに、ワークテーブル 1 0 に実際に配置されたワーク W 1, W 2 間の角隅部 c 1, c 2 に対して摩擦撹拌接合ツール 1 a, 1 b の位置合わせを行う作業を、目視しながら行うことができる。更に、この状態で、主軸ユニット 6 a, 6 b や摩擦撹拌接合ツール 1 a, 1 b に作業者が容易に近づいて点検や保守作業を行うことも可能になる。
- [0055] ワーククランプユニット 9 を、図 2 に実線で示した摩擦撹拌接合を行うときの近接位置と、図 2 に二点鎖線で示した退避位置との間で移動させる方向が、x 軸方向であって、ワークテーブル 1 0 に配置したワーク W 1, W 2 のテーブル移動経路 1 1 での移動方向に一致している。
- [0056] このため、ワーククランプユニット 9 を移動させても、テーブル移動経路 1 1 を移動するワークテーブル 1 0 に配置されたワーク W 1, W 2 に対する

サイドクランプローラ 22 a ~ 22 f の y 軸方向の相対的な配置と、ワークテーブル 10 に配置されたワーク W1, W2 に対するトップクランプローラ 25 a, 25 b の z 軸方向の相対的な配置は、変化しない。しかも、サイドクランプローラ 22 a ~ 22 f とトップクランプローラ 25 a, 25 b の一部または全部が第 2 のワーク W2 に接している状態であっても、ワーククランプユニット 9 の移動に支障が生じることはない。

[0057] したがって、ワーククランプユニット 9 を、近接位置と退避位置との間で往復動させても、ワーク W1, W2 の接合姿勢を保持することが可能である。

[0058] ワークテーブル 10 の x 軸方向の寸法は、図 8 A および図 8 B に示すように、第 1 のワーク W1 及び第 2 のワーク W2 の x 軸方向の寸法よりも長い。

[0059] 図 5 および図 8 A に示すように、ワークテーブル 10 の表面における第 1 のワーク W1 を配置する領域 27 の y 軸方向の一側に、第 1 のワーク W1 の y 軸方向の一端面を突き当てて位置決めする段差部 28 が設けられている。領域 27 の y 軸方向の他側には、y 軸方向クランプ 29 と z 軸方向クランプ 30 が、x 軸方向に沿って所定の間隔で交互に配列して設けられている。

[0060] y 軸方向クランプ 29 は、第 1 のワーク W1 を、y 軸方向に沿って段差部 28 との間に挟んで固定する。z 軸方向クランプ 30 は、第 1 のワーク W1 の y 軸方向の他端縁部を、z 軸方向に沿ってワークテーブル 10 の表面との間に挟んで固定する。

[0061] ワークテーブル 10 の x 軸方向の両端側の表面には、第 1 のワーク W1 と第 2 のワーク W2 の x 軸方向の両端面を突き当てて x 軸方向の変位を防止する端部押さえ部材 31 a, 31 b が設けられている。なお、端部押さえ部材 31 a, 31 b は、必ずしも第 1 のワーク W1 と第 2 のワーク W2 の両ワークの端面に突き当てる必要はなく、ワークテーブル 10 にクランプ 29, 30 によって直接保持することができない第 2 のワーク W2 を、ワークテーブル 10 と一緒に確実に移動させることができるよう構成されていればよい。この観点からは、端部押さえ部材 31 a, 31 b を、少なくとも第 2 のワー

クW2のx軸方向の端面のみに突き当てるようにすればよい。

[0062] 端部押さえ部材31a, 31bは、たとえば、第1のワークW1と同様の厚み寸法を備えた横板部32に、第2のワークW2と同様の厚み寸法を備えた縦板部33が、第1のワークW1に対する第2のワークW2の突き合わせ角度と同様の角度で突き合わされて一体化されて形成される。本実施形態では、端部押さえ部材31a, 31bは、横板部32に縦板部33が垂直な配置で突き合わされて一体化された逆T字形の構造を有する。

[0063] 端部押さえ部材31a, 31bの横板部32及び縦板部33は共にx軸方向に沿って延び、横板部32が、ワークテーブル10の表面に取り付けられている。

[0064] 縦板部33には、第2のワークW2のx軸方向の端縁をy軸方向の両側から挟んで保持する保持具34が設けられている。

[0065] なお、摩擦攪拌接合の実施時にワークテーブル10を進行させる方向の前端側、すなわち、角隅部c1, c2における摩擦攪拌接合の始端側（図11では右側）に配置されている一方の端部押さえ部材31aは、ワークテーブル10に対する取り付け位置をx軸方向に変更可能に設けられることが好ましい。この場合、摩擦攪拌接合の対象となる第1のワークW1及び第2のワークW2のx軸方向の寸法が変化したとしても、一方の端部押さえ部材31aのワークテーブル10に対する取り付け位置を変更することにより、第1のワークW1と第2のワークW2の両端部を、端部押さえ部材31a, 31bに突き当てて配置させることができる。そのため、x軸方向の寸法が異なる第1のワークW1及び第2のワークW2の摩擦攪拌接合を行う場合であっても、共通のワークテーブル10を使用することができる。なお、端部押さえ部材31aは、第1のワークW1と第2のワークW2の接合姿勢を保持させた状態で、第1のワークW1と第2のワークW2とをワーククランプユニット9に容易に導入させるためにワークテーブル10に設けられることが好ましいが、設けられなくてもよい。

[0066] ワークテーブル10の裏面におけるy軸方向の両端側には、x軸方向に延

びる2条のラック35が全長に亘り設けられている。

[0067] 架台8には、図9に二点鎖線で示すように、架台8のy軸方向の中央部に、ワークテーブル10（図2、図8A、および図8B参照）をx軸方向に移動させるためのテーブル移動経路11が設定されている。

[0068] テーブル移動経路11は、ワークテーブル10のx軸方向の移動をガイドするガイド手段として、テーブル移動経路11に沿って配置されたボトムガイドローラ36と、サイドガイドローラ37と、トップガイドローラ38とを備える。

[0069] ボトムガイドローラ36は、図3、図5に示すように、テーブル移動経路11（図9参照）に沿ってx軸方向に移動するワークテーブル10の裏面を、ラック35と干渉しない位置で支持する。ボトムガイドローラ36は、図9に示すように、架台8の表面において、テーブル移動経路11の内側に、x軸方向及びy軸方向に、たとえば千鳥状に多数設けられている。ボトムガイドローラ36は、接合装置本体5の摩擦攪拌接合ツール1a、1bが配置されている部分（図1、図2参照）とx軸方向において一致する部分では、その他の部分よりも密に配置されていることが好ましい。これは、ワークテーブル10に保持された第1のワークW1と第2のワークW2の角隅部c1、c2の摩擦攪拌接合を行う際に、角隅部c1、c2に摩擦攪拌接合ツール1a、1b（図4Aおよび図4B参照）が押圧されることにより生じる荷重のz軸方向の成分を、より多くのボトムガイドローラ36で受けるためである。

[0070] サイドガイドローラ37は、図2、図3に示すように、ワークテーブル10のy軸方向の両側面を支持する。サイドガイドローラ37は、図9に示すように、架台8の表面において、テーブル移動経路11のy軸方向の両側位置に、x軸方向に所定の間隔で配列して設けられている。

[0071] トップガイドローラ38は、図2、図3に示すように、ワークテーブル10の表面のy軸方向の両端縁部に当接する。トップガイドローラ38は、図9に示すように、架台8の表面において、テーブル移動経路11のy軸方向

の両側位置に設けられる。トップガイドローラ 38 は、x 軸方向において、接合装置本体 5 の摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b が配置されている部分（図 2 参照）を挟んだ両側位置に、所定の間隔を隔てて 2 つずつの組として設けられる。このようにトップガイドローラ 38 を 2 つずつの組で設けるのは、ワークテーブル 10 の z 軸方向への傾きをより確実に防止するためである。なお、トップガイドローラ 38 は、2 つずつの組以外の配置で設けてもよい。

[0072] これにより、テーブル移動経路 11 では、ボトムガイドローラ 36、サイドガイドローラ 37、およびトップガイドローラ 38 により、ワークテーブル 10 の z 軸方向、及び、y 軸方向への変位が拘束された状態で、ワークテーブル 10 の x 軸方向への移動がガイドされる。

[0073] テーブル移動経路 11 の y 軸方向の一侧に設けられたサイドガイドローラ 37 とトップガイドローラ 38 の y 軸方向の位置は固定され、一方、テーブル移動経路 11 の y 軸方向の他側に設けられたサイドガイドローラ 37 とトップガイドローラ 38 の y 軸方向の位置は調整できることが好ましい。これは、サイドガイドローラ 37 とトップガイドローラ 38 とを、実際に使用するワークテーブル 10 の寸法に合わせて配置するためである。

[0074] 移動機構 12 は、図 1、図 3、図 9 に示すように、架台 8 におけるテーブル移動経路 11（図 9 参照）の下方に設けられ、ワークテーブル 10 のラック 35 と噛合可能な一对のピニオンギア 39 を備えている。ピニオンギア 39 は、図 1 に示すように、x 軸方向にて、接合装置本体 5 の摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b が配置されている個所の真下の近傍に配置されていることが好ましい。これは、ワークテーブル 10 に対し、摩擦攪拌接合が行われる個所の近傍で、x 軸方向の駆動力を付与できるようにするためである。

[0075] 一对のピニオンギア 39 は、軸受 40 に支持された y 軸方向の回転軸 41 により互いに連結されている（図 9 参照）。回転軸 41 の一端は、架台 8 の内部に設けられた減速機 42 の出力側に連結され、減速機 42 には、サーボモータ等の駆動モータ 43 が接続されている。

- [0076] 以上の構成を有する移動機構 12 では、駆動モータ 43 により減速機 42 を介して回転軸 41 と共にピニオンギア 39 を回転駆動させると、ワークテーブル 10 は、ピニオンギア 39 に噛合したラック 35 と一体に、テーブル移動経路 11 に沿って x 軸方向に移動する。移動機構 12 は、駆動モータ 43 の回転方向を切り替えることにより、ワークテーブル 10 を、テーブル移動経路 11 で往復動させることができる。
- [0077] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、ワーク W1, W2 を補助的に保持するために、図 1、図 2 に示すように、ワーク W1, W2 の、ワークテーブル 10 の架台 8 からはみ出す部分を支持するテーブル支持台 44 を備えている。
- [0078] テーブル支持台 44 は、架台 8 の外側において、テーブル移動経路 11（図 9 参照）の延長線上に配置される。テーブル支持台 44 の上面には、ワークテーブル 10 の裏面をラック 35 と干渉しない位置で支持するボトムガイドローラ 45 と、ワークテーブル 10 の y 軸方向の両側面を支持するサイドガイドローラ 46 とが設けられる。
- [0079] テーブル支持台 44 は、使用状況に応じて容易に設置、あるいは撤去するために、底部に走行輪 47 と昇降式の支持脚 48 とを備える。
- [0080] 支持脚 48 は、走行輪 47 の下端よりも下方に突出するように下降させた状態と、走行輪 47 の下端よりも上方に上昇させた状態に配置できるよう構成される。
- [0081] 支持脚 48 の昇降手段として、たとえば、支持脚 48 にねじが形成された支柱 49 を設け、テーブル支持台 44 にはナット部材 50 を設けて、ナット部材 50 に対して支柱 49 を回転させることで、支持脚 48 をテーブル支持台 44 に対して相対的に昇降させてもよい。
- [0082] なお、テーブル支持台 44 は、架台 8 からワーク W1, W2 がはみ出すことがない場合や、架台 8 からワーク W1, W2 がはみ出した部分を支持する必要がない場合など、ワーク W1, W2 を補助的に保持する必要がなければ、テーブル支持台 44 を省略してもよい。
- [0083] 次に、接合装置本体 5 の第 1 のツール押圧部 14 と第 2 のツール押圧部 1

5について説明する。

- [0084] 第1のツール押圧部14は、第1の軸直交方向移動ユニット51と、第1の軸方向移動ユニット52とを備える。図2、図3、図5に示すように、フレーム13のy軸方向の一端側と、第1の主軸ユニット6aとの間に、フレーム13側から順に、第1の軸直交方向移動ユニット51と第1の軸方向移動ユニット52が介装される。
- [0085] 第2のツール押圧部15は、第2の軸直交方向移動ユニット53と、第2の軸方向移動ユニット54とを備える。フレーム13のy軸方向の他端側と、第2の主軸ユニット6bとの間に、フレーム13側から順に、第2の軸直交方向移動ユニット53と、第2の軸方向移動ユニット54が介装される。
- [0086] 第1の軸直交方向移動ユニット51は、図5、図10、図11に示すように、第1の主軸ユニット6aを、yz平面内でプローブ2a（図4参照）の軸心方向に沿う方向（以下、p軸方向と云う）に対して直交する方向（以下、q軸方向と云う）に移動させるよう構成される。
- [0087] 具体的には、第1の軸直交方向移動ユニット51は、図10、図11に示すように、フレーム13に取り付けられたベースプレート55と、q軸方向に延びるようにベースプレート55に設けられたガイドレール56と、ガイドレール56にガイドブロック57を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル58と、移動テーブル58をガイドレール56の長手方向に沿って移動させるq軸方向の直動機構であるボールねじ機構59とを備える。
- [0088] ボールねじ機構59は、サーボモータ60と、サーボモータ60の出力側に連結されたねじ軸61と、ねじ軸61に取り付けられたナット部材62とを備える。
- [0089] ボールねじ機構59は、ベースプレート55の表面に、ねじ軸61がガイドレール56と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構59のナット部材62が、ロードセル63と取付部材64を介して移動テーブル58に取り付けられている。
- [0090] 以上の構成を有する第1の軸直交方向移動ユニット51は、サーボモータ

60の駆動力によってねじ軸61を回転駆動することにより、移動テーブル58を、ナット部材62と一緒に、ガイドレール56に沿わせてq軸方向に移動させる。

[0091] 第1の軸直交方向移動ユニット51においては、サーボモータ60による駆動力を停止した状態では、移動テーブル58がガイドレール56に沿って無制御で移動できる。

[0092] 第1の軸直交方向移動ユニット51には、移動テーブル58の自重及び移動テーブル58に作用する重量のガイドレール56に沿う方向の成分を支持する機械的な重力補償機構（自重補償機構、重量補償機構とも称する）として、たとえば、q軸方向に沿って配置されたガススプリング65が備えられている。

[0093] ガススプリング65の一端側はベースプレート55の固定個所に取り付けられ、ガススプリング65の他端側は移動テーブル58に取り付けられている。移動テーブル58に作用する重量とは、ナット部材62、ロードセル63、取付部材64、第1の軸方向移動ユニット52及び第1の主軸ユニット6aの重量である。

[0094] 第1の軸方向移動ユニット52は、図5、図12、図13に示すように、第1の主軸ユニット6aを、p軸方向に移動させるよう構成される。

[0095] 具体的には、第1の軸方向移動ユニット52は、第1の軸直交方向移動ユニット51の移動テーブル58に取り付けられたベースプレート66と、p軸方向に延びるようにベースプレート66に設けられたガイドレール67と、ガイドレール67にガイドブロック68を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル69と、移動テーブル69をガイドレール67の長手方向に沿って移動させるp軸方向の直動機構であるボールねじ機構70とを備える。

[0096] ボールねじ機構70は、サーボモータ71と、サーボモータ71の出力側に接続された減速機72と、減速機72の出力側に連結されたねじ軸73と、ねじ軸73に取り付けられたナット部材74とを備える。

- [0097] ボールねじ機構 70 は、ベースプレート 66 の表面に、ねじ軸 73 がガイドレール 67 と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構 70 のナット部材 74 が、ロードセル 75 と取付部材 76 を介して移動テーブル 69 に取り付けられている。
- [0098] 以上の構成を有する第 1 の軸方向移動ユニット 52 は、サーボモータ 71 の駆動力により減速機 72 を介してねじ軸 73 を回転駆動することにより、移動テーブル 69 を、ナット部材 74 と一緒に、ガイドレール 67 に沿わせて p 軸方向に移動させる。
- [0099] 移動テーブル 69 には、図 5 に示すように、第 1 の主軸ユニット 6a が取り付けられている。
- [0100] 第 2 の軸直交方向移動ユニット 53 は、図 5、図 10 に示すように、第 2 の主軸ユニット 6b を、y z 平面内でプローブ 2b（図 4 参照）の軸心方向に沿う方向（以下、r 軸方向と云う）に対して直交する方向（以下、s 軸方向と云う）に移動させるよう構成される。
- [0101] 具体的には、第 2 の軸直交方向移動ユニット 53 は、フレーム 13 に取り付けられたベースプレート 77 と、s 軸方向に延びるようにベースプレート 77 に設けられたガイドレール 78 と、ガイドレール 78 にガイドブロック 79 を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル 80 と、移動テーブル 80 をガイドレール 78 の長手方向に沿って移動させる s 軸方向の直動機構であるボールねじ機構 81 とを備える。
- [0102] ボールねじ機構 81 は、サーボモータ 82 と、サーボモータ 82 の出力側に連結されたねじ軸 83 と、ねじ軸 83 に取り付けられたナット部材 84 とを備える。
- [0103] ボールねじ機構 81 は、ベースプレート 77 の表面に、ねじ軸 83 がガイドレール 78 と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構 81 のナット部材 84 が、ロードセル 85 と取付部材 86 を介して移動テーブル 80 に取り付けられている。
- [0104] 以上の構成を有する第 2 の軸直交方向移動ユニット 53 は、サーボモータ

８２の駆動力によりねじ軸８３を回転駆動することにより、移動テーブル８０を、ナット部材８４と一緒に、ガイドレール７８に沿わせてｓ軸方向に移動させる。

[0105] 第２の軸直交方向移動ユニット５３においては、サーボモータ８２による駆動力を停止した状態では、移動テーブル８０がガイドレール７８に沿って無制御で移動できる。

[0106] 第２の軸直交方向移動ユニット５３には、移動テーブル８０の自重及び移動テーブル８０に作用する重量のガイドレール７８に沿う方向の成分を支持する機械的な重力補償機構として、たとえば、ｓ軸方向に沿って配置されたガススプリング８７が備えられている。

[0107] ガススプリング８７の一端側はベースプレート７７の固定個所に取り付けられ、ガススプリング８７の他端側は移動テーブル８０に取り付けられている。移動テーブル８０に作用する重量とは、ナット部材８４、ロードセル８５、取付部材８６、第２の軸方向移動ユニット５４及び第２の主軸ユニット６ｂの重量である。

[0108] 第２の軸方向移動ユニット５４は、図５、図１２に示すように、第２の主軸ユニット６ｂを、ｒ軸方向に移動させるよう構成される。

[0109] 具体的には、第２の軸方向移動ユニット５４は、第２の軸直交方向移動ユニット５３の移動テーブル８０に取り付けられたベースプレート８８と、ｒ軸方向に延びるようにベースプレート８８に設けられたガイドレール８９と、ガイドレール８９にガイドブロック９０を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル９１と、移動テーブル９１をガイドレール８９の長手方向に沿って移動させるｒ軸方向の直動機構であるボールねじ機構９２とを備える。

[0110] ボールねじ機構９２は、サーボモータ９３と、サーボモータ９３の出力側に接続された減速機９４と、減速機９４の出力側に連結されたねじ軸９５と、ねじ軸９５に取り付けられたナット部材９６とを備える。

[0111] ボールねじ機構９２は、ベースプレート８８の表面に、ねじ軸９５がガイ

ドレール 8 9 と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構 9 2 のナット部材 9 6 が、ロードセル 9 7 と取付部材 9 8 を介して移動テーブル 9 1 に取り付けられている。

[0112] 以上の構成を有する第 2 の軸方向移動ユニット 5 4 は、サーボモータ 9 3 の駆動力により減速機 9 4 を介してねじ軸 9 5 を回転駆動することにより、移動テーブル 9 1 を、ナット部材 9 6 と一緒に、ガイドレール 8 9 に沿わせて r 軸方向に移動させる。

[0113] 移動テーブル 9 1 には、図 5 に示すように、第 2 の主軸ユニット 6 b が取り付けられている。

[0114] したがって、接合装置本体 5 によれば、第 1 の主軸ユニット 6 a に取り付けられている第 1 の摩擦攪拌接合ツール 1 a の q 軸方向の位置の調整と力の制御が、第 1 の軸直交方向移動ユニット 5 1 によって行われる。第 1 の摩擦攪拌接合ツール 1 a の p 軸方向の位置の調整と力の制御が第 1 の軸方向移動ユニット 5 2 によって行われる。

[0115] 同様に、第 2 の主軸ユニット 6 b に取り付けられている第 2 の摩擦攪拌接合ツール 1 b の s 軸方向の位置の調整と力の制御が第 2 の軸直交方向移動ユニット 5 3 によって行われる。第 2 の摩擦攪拌接合ツール 1 b の r 軸方向に沿う方向の位置の調整と力の制御が第 2 の軸方向移動ユニット 5 4 によって行われる。

[0116] 接合装置本体 5 では、第 1 の摩擦攪拌接合ツール 1 a の角隅部 c 1 に対する押圧荷重は p 軸方向に作用する。したがって、第 1 の摩擦攪拌接合ツール 1 a の角隅部 c 1 に対する押圧荷重の制御を、ロードセル 7 5 の検出結果を基に、第 1 の軸方向移動ユニット 5 2 の出力のみの制御で実施することができる。第 1 の摩擦攪拌接合ツール 1 a の q 軸方向の位置の調整は、押圧荷重の制御に関与することなく第 1 の軸直交方向移動ユニット 5 1 により実施することができる。

[0117] 同様に、接合装置本体 5 では、第 2 の摩擦攪拌接合ツール 1 b の角隅部 c 2 に対する押圧荷重は r 軸方向に作用する。したがって、第 2 の摩擦攪拌接

合ツール 1 b の角隅部 c 2 に対する押圧荷重の制御を、ロードセル 9 7 の検出結果を基に、第 2 の軸方向移動ユニット 5 4 の出力のみの制御で実施することができる。第 2 の摩擦攪拌接合ツール 1 b の s 軸方向の位置の調整は、押圧荷重の制御に関与することなく第 2 の軸直交方向移動ユニット 5 3 により実施することができる。

[0118] このため、接合装置本体 5 によると、角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合を行う際の、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b の押圧荷重をより確実に制御することができる。

[0119] 次に、本実施形態の摩擦攪拌接合装置を用いて行う摩擦攪拌接合について説明する。

[0120] 摩擦攪拌接合の開始前に、作業者が、ワークテーブル 1 0 に、第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 を保持させる。この作業は、ワークテーブル 1 0 を、接合装置本体 5 及びワーククランプユニット 9 と干渉しない位置に x 軸方向に移動させた状態で行うようにすればよい。この際、テーブル支持台 4 4 を適宜使用してもよい。

[0121] ワーク W 1, W 2 をワークテーブル 1 0 に保持させた後、ワークテーブル 1 0 を移動機構 1 2 によりテーブル移動経路 1 1 に沿って移動させて、ワーク W 1, W 2 の角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合の始端側を、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b と同じ y z 平面内に配置する。

[0122] その後、ワーククランプユニット 9 を接合装置本体 5 から離反した退避位置に配置させた状態で、接合装置本体 5 は、軸直交方向移動ユニット 5 1, 5 3 と軸方向移動ユニット 5 2, 5 4 により、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b のプローブ 2 a, 2 b が角隅部 c 1, c 2 に近接して配置されるように主軸ユニット 6 a, 6 b の位置調整を行う。

[0123] 次に、ワーククランプユニット 9 を、図 1、図 2 に示すように、接合装置本体 5 に近接した近接位置に配置し、フレーム固定部 2 1 によりワーククランプユニット 9 の位置を固定する。次いで、ワーククランプユニット 9 では、サイドクランプローラ 2 2 a ~ 2 2 f 及びトップクランプローラ 2 5 a,

25 bにより、ワークテーブル10に保持されたワークW1, W2を接合姿勢で保持する。これにより、第2のワークW2のy軸方向及びz軸方向への変位、および第1のワークW1のz軸方向への変位は防止される。

[0124] この状態で、接合装置本体5は、主軸ユニット6 a, 6 bの回転駆動部7 a, 7 bを起動してプローブ2 a, 2 bの回転駆動を開始する。その後、接合装置本体5は、軸方向移動ユニット5 2, 5 4により、主軸ユニット6 a, 6 bをプローブ2 a, 2 bの軸心方向（p軸方向、r軸方向）に移動させて、回転駆動状態のプローブ2 a, 2 bを、角隅部c 1, c 2に没入させる。更に、固定式ショルダ3 aのワーク接触面4 aを、第1のワークW1の面P 1と第2のワークW2の一方の側面P 2 aに接触させ、固定式ショルダ3 bのワーク接触面4 bを、第1のワークW1の面P 1と第2のワークW2の他方の側面P 2 bに接触させる。

[0125] これにより、第2のワークW2を挟んで対称な位置にある角隅部c 1, c 2には、没入されたプローブ2 a, 2 bによる攪拌領域s 1, s 2が、互いに干渉しない状態で形成される。

[0126] 次に、移動機構1 2は、ワークテーブル10の移動を開始する。ワークテーブル10が移動すると、ワークテーブル10の移動に伴われて移動する角隅部c 1, c 2に対し、定置された接合装置本体5の摩擦攪拌接合ツール1 a, 1 bが相対的に移動する。これにより、角隅部c 1, c 2に沿った摩擦攪拌接合が角隅部c 1と角隅部c 2とで同時に開始される。

[0127] このようにして摩擦攪拌接合が開始されると、接合装置本体5では、軸方向移動ユニット5 2, 5 4により摩擦攪拌接合ツール1 a, 1 bを角隅部c 1, c 2に対して押圧する荷重が予め設定された目標値に一致するように、軸方向移動ユニット5 2, 5 4に対する制御を開始する。

[0128] 同時に、接合装置本体5は、軸直交方向移動ユニット5 1, 5 3について、サーボモータ6 0, 8 2の制御と動力とを遮断する。これにより、第1の軸直交方向移動ユニット5 1では、移動テーブル5 8に第1の軸方向移動ユニット5 2を介して保持した第1の主軸ユニット6 aの位置が、q軸方向に

作用する外力に応じて自在に変化するようになる。又、第2の軸直交方向移動ユニット53では、移動テーブル80に第2の軸方向移動ユニット54を介して保持した第2の主軸ユニット6bの位置が、s軸方向に作用する外力に応じて自在に変化するようになる。

[0129] その結果、角隅部c1, c2に位置ずれが生じたとしても、摩擦撹拌接合ツール1a, 1bの固定式ショルダ3a, 3bが第1のワークW1の面P1に沿って滑ることで、摩擦撹拌接合ツール1a, 1bの位置は、角隅部c1, c2の位置ずれに追従できる。なお、この場合であっても、摩擦撹拌接合ツール1a, 1bの角隅部c1, c2に対する押圧荷重は、軸方向移動ユニット52, 54によって一定に保持されている。

[0130] このため、摩擦撹拌接合ツール1a, 1bの位置を、角隅部c1, c2に倣わせた状態で角隅部c1, c2に沿う摩擦撹拌接合を行うことができる。

[0131] 前記のように角隅部c1, c2の摩擦撹拌接合が行われている間、接合装置本体5には、軸方向移動ユニット52, 54によって摩擦撹拌接合ツール1a, 1bを角隅部c1, c2に対し押圧している押圧荷重の反力が入力される。しかしながら、この反力の影響が接合装置本体5とは別体であるワーククランプユニット9に及ぶことはない。したがって、角隅部c1, c2の摩擦撹拌接合を行っている間、ワーククランプユニット9により、ワークW1, W2同士の接合姿勢を正確に保持し続けることができる。

[0132] 以上のようにして、摩擦撹拌接合ツール1a, 1bによる摩擦撹拌接合が角隅部c1, c2の終端側の予め設定されている個所まで進行すると、移動機構12はワークテーブル10の移動を停止させる。

[0133] 次いで、軸直交方向移動ユニット51, 53は、それぞれのサーボモータ60, 82による制御を再開し、軸直交方向移動ユニット51, 53と軸方向移動ユニット52, 54とにより、摩擦撹拌接合ツール1a, 1bを角隅部c1, c2より離反する方向に移動させる。これにより、プローブ2a, 2bは、角隅部c1, c2より抜き出される。その後、主軸ユニット6a, 6bによるプローブ2a, 2bの回転駆動を停止する。

- [0134] その後、ワーククランプユニット 9 によるワーク W 1, W 2 の保持を解除し、ワーククランプユニット 9 を退避位置まで移動させる。
- [0135] その後、ワークテーブル 10 を、移動機構 12 により接合装置本体 5 及びワーククランプユニット 9 と干渉しない位置まで移動させ、その状態で、ワーク W 1, W 2 の接合体を取り出す。
- [0136] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置によれば、固定式ショルダ 3 a, 3 b を備えた一对の摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b を用いて、ワーク W 1, W 2 間の角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合を行うことができる。
- [0137] 又、本実施形態の摩擦攪拌接合装置においては、ワーククランプユニット 9 が接合装置本体 5 とは別体に形成されている。したがって、ワーククランプユニット 9 によって、接合すべきワーク W 1, W 2 同士の接合姿勢を、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b の押圧荷重の反力の影響を受けない状態で保持しながら、ワーク W 1, W 2 間の角隅部 c 1, c 2 を摩擦攪拌接合することができる。
- [0138] このため、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、製造されるワーク W 1, W 2 の接合体の品質を向上させることができる。
- [0139] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b の固定式ショルダ 3 a, 3 b を角隅部 c 1, c 2 に直接配置する。
- [0140] 従来の回転式ショルダを備えた形式の摩擦攪拌接合ツールを用いて角隅部の摩擦攪拌接合を行うときには、角隅部に三角断面の部材を配置するか、あるいは、一方のワークに、角隅部に三角断面で張り出す部分を設けるというような事前処理が必要である。しかしながら、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、これらの事前処理は不要である。
- [0141] 更に、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b の固定式ショルダ 3 a, 3 b からのプローブ 2 a, 2 b の突出量が、部分攪拌接合を行うことが可能であるように設定されている。
- [0142] このため、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、従来の角隅部の摩擦攪拌接合のように、角隅部に配置されるプローブによる攪拌領域同士が相互に干

渉する全攪拌接合を行う場合のプロープの角隅部への挿入量に比して、プロープ2 a, 2 bの角隅部c 1, c 2への挿入量を低減させることができる。

[0143] これにより、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、プロープ2 a, 2 bを角隅部c 1, c 2に没入させた状態で移動させるときに、プロープ2 a, 2 bが受ける反力を、全攪拌接合を行う場合にプロープが受ける反力に比して小さくすることができる。そのため、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、全攪拌接合を行う場合に比して、摩擦攪拌接合の施工速度を向上させることができ、また、摩擦攪拌接合ツール1 a, 1 bの寿命を向上させることができる。

[0144] 更に、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、個々のプロープ2 a, 2 bで発生させる摩擦熱によってワークW 1, W 2におけるプロープ2 a, 2 bの没入個所の周辺に局所的に入熱される熱量は、全攪拌接合を行う場合に比して少なくなる。そのため、ワークW 1, W 2の熱によるひずみや変形の発生を抑制することができる。

[0145] 又、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、角隅部c 1, c 2について、第2のワークW 2の両面側から摩擦攪拌接合を同時に行う。したがって、プロープ2 a, 2 bにより発生する摩擦熱により、ワークW 1, W 2のx軸方向における同一の位置が加熱される。そのため、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、角隅部c 1と角隅部c 2をx軸方向の異なる位置に配置されたプロープで発生する摩擦熱により加熱する場合に比して、ワークW 1, W 2の加熱をより効率よく行うことができる。したがって、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、高い熱量を用いることにより、角隅部c 1と角隅部c 2との摩擦攪拌接合を安定して行うことができる。

[0146] 前記のようにワークW 1, W 2の加熱の効率が向上すると、プロープ2 a, 2 bにより攪拌される攪拌領域s 1, s 2は軟化しやすくなる。このことによっても、本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、摩擦攪拌接合の施工速度を向上させることができる。又、プロープ2 a, 2 bを回転駆動させる際の抵抗が軽減されるので、摩擦攪拌接合ツール1 a, 1 bの寿命を向上させるこ

とができる。

[0147] 更に、角隅部 c 1 と角隅部 c 2 を x 軸方向の異なる位置に配置されたプロローブで発生する摩擦熱により加熱する場合は、角隅部 c 1 と角隅部 c 2 のいずれか一方が先行して加熱され、他方が後から加熱されることになるため、入熱の条件が均等にならない可能性がある。しかしながら、本実施形態の摩擦撹拌接合装置では、角隅部 c 1, c 2 に対する入熱を均等に行うことができる。

[0148] [第 2 実施形態]

図 1 4 は、第 2 実施形態の摩擦撹拌接合装置のワーククランプユニットを示す。

[0149] なお、図 1 4 において、図 7 と同一の構成には同一の符号を付してその説明を省略する。

[0150] 本実施形態におけるワーククランプユニット 1 0 9 においては、サイドクランプローラのうち、z 軸方向の架台 8 から離れた位置に配置されてブラケット 2 3 を介してフレーム 1 6 に支持されたサイドクランプローラ 2 2 a, 2 2 e (図 7 参照) を、ブラケット 2 3 ごとフレーム 1 6 に対し着脱できる。図 1 4 は、サイドクランプローラ 2 2 a, 2 2 e をフレーム 1 6 から取り外した状態を示す。

[0151] 又、本実施形態におけるワーククランプユニット 1 0 9 においては、トップクランプローラ 2 5 a, 2 5 b 用の油圧シリンダ 2 6 も、フレーム 1 6 に対し着脱できる。更に、本実施形態では、ワーククランプユニット 1 0 9 は、支柱部材 9 9 を備え、支柱部材 9 9 を介して油圧シリンダ 2 6 がフレーム 1 6 に取り付けられる。

[0152] 本実施形態においては、油圧シリンダ 2 6 を、第一実施形態 (図 7) と同様にフレーム 1 6 に直接取り付ける状態と、図 1 4 に示すようにフレーム 1 6 に対して支柱部材 9 9 を介して取り付ける状態とに変更できる。支柱部材 9 9 は、第 2 のワーク W 2 の z 軸方向の寸法が小さく、架台 8 の表面から第 2 のワーク W 2 の上端までの距離が、架台 8 の表面から一対のサイドクラン

プローラ 22 a, 22 b 及び一対のサイドクランプローラ 22 e, 22 f (図 7 参照) の上端部までの距離よりも小さいときに使用される。

[0153] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置の構成は、ワーククランプユニット 109 以外は、第 1 実施形態と同様である。

[0154] 本実施形態におけるワーククランプユニット 109 は、図 14 に二点鎖線で示すように、ワークテーブル 10 に接合姿勢で配置された第 2 のワーク W2 の上端 (z 軸方向の寸法) が、一対のサイドクランプローラ 22 a, 22 b 及び一対のサイドクランプローラ 22 e, 22 f (図 7 参照) の位置まで達しない場合に、図 14 に示した構成で使用される。すなわち、トップクランプローラ 25 a, 25 b 用の油圧シリンダ 26 は、支柱部材 99 を介してフレーム 16 に取り付けられている。この際、トップクランプローラ 25 a, 25 b と干渉する可能性のあるサイドクランプローラ 22 a, 22 e は、予めブラケット 23 ごとフレーム 16 から取り外しておく。又、サイドクランプローラ 22 a, 22 e と対になっているサイドクランプローラ 22 b, 22 f は、油圧シリンダ 24 により、トップクランプローラ 25 a, 25 b と干渉しない位置に予め退避させておく。

[0155] これにより、本実施形態におけるワーククランプユニット 109 は、ワークテーブル 10 に配置された図 14 に二点鎖線で示す第 1 のワーク W1 と第 2 のワーク W2 の接合姿勢を、一対のサイドクランプローラ 22 c, 22 d と、トップクランプローラ 25 a, 25 b により保持することができる。

[0156] したがって、本実施形態の摩擦攪拌接合装置によっても、第 1 実施形態と同様に第 1 のワーク W1 と第 2 のワーク W2 の角隅部 c1, c2 の摩擦攪拌接合処理を行うことができ、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0157] なお、本開示は、前記実施形態にのみ限定されるものではなく、ワーククランプユニット 9 は、接合装置本体 5 とは別体に形成され、フレーム 13 とは別のフレーム 16 に、第 1 のワーク W1 と第 2 のワーク W2 の摩擦攪拌接合を行う部分を接合姿勢に保持するローラを備えていれば、図示した以外の

構成であってもよい。

- [0158] たとえば、サイドクランプローラ 22 a ~ 22 f の数は、3 対として示したが、ワーク W1, W2 のサイズや重量等に応じて適宜増減してもよい。サイドクランプローラの x 軸方向及び z 軸方向の配置は、適宜変更してもよい。同様に、トップクランプローラ 25 a, 25 b は、数や配置を適宜変更してもよい。
- [0159] サイドクランプローラ 22 a ~ 22 f と、トップクランプローラ 25 a, 25 b の径や、外周面の幅寸法（軸心方向の寸法）は、図示したものに限定されることなく適宜変更してもよい。
- [0160] ワーククランプユニット 9 に備えられる第 2 のワーク W2 を両側から保持する転動体としてサイドクランプローラ 22 a ~ 22 f を、第 2 のワーク W2 を第 1 のワーク W1 とは反対側から保持する転動体としてトップクランプローラ 25 a, 25 b を示したが、転動体は、第 2 のワーク W2 の移動に追従して転動することが可能な部材であれば、保持具（ホルダ）に回転自在に保持された球体等、その他の部材を用いてもよい。
- [0161] 更に、複数のワーククランプユニット 9 を、接合装置本体 5 よりもツール相対移動方向 t の前側（図 1、図 2 では左側）に、配列してもよい。この場合、接合装置本体 5 の最も近くに配置されたワーククランプユニット 9 以外のワーククランプユニット 9 は、フレーム 16 の突出部 18 を省略して、門形部 17 のみを備える構成とすればよい。
- [0162] サイドクランプローラ 22 b, 22 d, 22 f の押圧手段としては、サイドクランプローラ 22 b, 22 d, 22 f を第 2 のワーク W2 に側方から押し付けることができれば、空気圧シリンダや送りねじ機構等、油圧シリンダ 24 以外の任意の構成を採用してもよい。
- [0163] ワーククランプユニット 9 のサイドクランプローラ 22 b, 22 d, 22 f と対となっているサイドクランプローラ 22 a, 22 c, 22 e にも押圧手段を備えてもよい。
- [0164] トップクランプローラ 25 a, 25 b の押圧手段としては、トップクラン

プローラ 25 a, 25 b を第 2 のワーク W2 における第 1 のワークと反対側の端縁に押し付けることができれば、空気圧シリンダや送りねじ機構等、油圧シリンダ 26 以外の任意の構成を採用してもよい。

[0165] 第 2 実施形態では、トップクランプローラ 25 a, 25 b の位置を調整するために、油圧シリンダ 26 とフレーム 16 との間に支柱部材 99 を取り付けける構成を示した。しかしながら、支柱部材 99 を設ける代わりに、油圧シリンダ 26 を、支柱部材 99 の長さ以上のストロークを有するよう構成してもよい。

[0166] 本開示における摩擦攪拌接合装置は、第 1 のワーク W1 と、第 1 のワーク W1 の面 P1 に対して 90 度以外の角度をなす姿勢で端縁が突き合わされた第 2 のワーク W2 とにより形成される 2 つの角隅部（内隅部）c1, c2 を、摩擦攪拌接合の対象としてもよい。この場合は、第 1 のワーク W1 の面 P1 と第 2 のワーク W2 の側面 P2 a との間の角度が 90 度以外となるため、角隅部 c1 の摩擦攪拌接合に用いる第 1 の摩擦攪拌接合ツール 1 a の固定式ショルダ 3 a が、第 1 のワーク W1 の面 P1 と第 2 のワーク W2 の側面 P2 a との間の角度に応じた山形の端部を有するよう形成される。同様に、第 1 のワーク W1 の面 P1 と第 2 のワーク W2 の側面 P2 b との間の角度が 90 度以外となるため、角隅部 c2 の摩擦攪拌接合に用いる第 2 の摩擦攪拌接合ツール 1 b の固定式ショルダ 3 b が、第 1 のワーク W1 の面 P1 と第 2 のワーク W2 の側面 P2 b との間の角度に応じた山形の端部を有するよう形成される。

[0167] 又、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b のプローブ 2 a, 2 b が、固定式ショルダ 3 a, 3 b の端部の山形の角度の二等分線の方角に沿って配置される。

[0168] この場合、ワーククランプユニット 9 において、サイドクランプローラ 22 a ~ 22 f を、第 2 のワーク W2 を挟んで対称となる位置に配置し、トップクランプローラ 25 a, 25 b を第 2 のワーク W2 の面に沿わせて傾斜配置する。

[0169] 更に、接合装置本体 5 は、ワークテーブル 10 に配置された第 1 のワーク

W 1 と第 2 のワーク W 2 とによって形成される角隅部 c 1, c 2 に、図 4 A および図 4 B に示したような固定式ショルダ 3 a, 3 b を備えた一对の摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b を配置して、角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合を行うことができれば、図示した以外の構成を備えていてもよい。たとえば、接合装置本体 5 において、フレーム 1 3 と第 1 の主軸ユニット 6 a との間に介装する第 1 のツール押圧部 1 4 の第 1 の軸直交方向移動ユニット 5 1 と第 1 の軸方向移動ユニット 5 2 との x 軸方向の配置（順序）を入れ替えてもよい。又、第 2 のツール押圧部 1 5 も同様に、フレーム 1 3 と第 2 の主軸ユニット 6 b との間に介装した第 2 の軸直交方向移動ユニット 5 3 と第 2 の軸方向移動ユニット 5 4 との x 軸方向の配置（順序）を入れ替えてもよい。

[0170] 軸直交方向移動ユニット 5 1, 5 3 は、直動機構として、ラックアンドピニオン方式や、アクチュエータ等、ボールねじ機構 5 9, 8 1 以外の直動機構を使用してもよい。又、直動機構の配置、ガイドレール 5 6, 7 8 の数や配置、ガイドブロック 5 7, 7 9 の数や配置、ベースプレート 5 5, 7 7 や移動テーブル 5 8, 8 0 の形状、ガススプリング 6 5, 8 7 の配置等については、任意に変更してもよい。軸直交方向移動ユニット 5 1, 5 3 の重力補償機構として、定荷重ばねやその他のばね、シリンダ、カウンターウェイト等、ガススプリング 6 5, 8 7 以外の任意の形式を採用してもよい。

[0171] 軸方向移動ユニット 5 2, 5 4 は、直動機構として、ラックアンドピニオン方式や、アクチュエータ等、ボールねじ機構 7 0, 9 2 以外の直動機構を使用してもよい。又、直動機構の配置、ガイドレール 6 7, 8 9 の数や配置、ガイドブロック 6 8, 9 0 の数や配置、ベースプレート 6 6, 8 8 や移動テーブル 6 9, 9 1 の形状等については、任意に変更してもよい。

[0172] 更に、第 1 のツール押圧部 1 4 と第 2 のツール押圧部 1 5 は、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b の位置の制御と、摩擦攪拌接合ツール 1 a, 1 b に付与する押圧荷重の制御を行うことができれば、図示した以外の任意の形式を採用してもよい。たとえば、y 軸方向に移動するテーブルを備えた移動ユニットと、z 軸方向に移動するテーブルを備えた移動ユニットとのテーブル移動

量及び出力を組み合わせることで制御してもよい。

- [0173] 角隅部 c_1 , c_2 に配置する一対の摩擦攪拌接合ツール $1a$, $1b$ は、 x 軸方向の位置を互いにずらした配置としてもよい。
- [0174] 移動機構 12 は、ワークテーブル 10 を x 軸方向に沿って移動させることができる構成としてあれば、図示した以外の構成でもよい。たとえば、移動機構 12 として、ボールねじ機構やアクチュエータを用いてもよい。あるいは、移動機構 12 は、架台 8 側に設けられるラックと、ワークテーブル 10 側に設けられる回転駆動可能なピニオンギアとを備えた構成としてもよい。
- [0175] 第 1 のワーク $W1$ の面 $P1$ を配置する xy 平面は水平面でなく、傾斜していてもよい。この場合は、装置構成の説明に用いた前述した 3 次元直交座標系を、 xy 平面を基準に角度を変更すればよい。
- [0176] 摩擦攪拌接合を行うときに、非特許文献 1 に示された *Ad Stir* と云われる手法を適用してもよい。
- [0177] この場合は、摩擦攪拌接合ツール $1a$, $1b$ の固定式ショルダ $3a$, $3b$ のワーク接触面 $4a$, $4b$ により形成されている山形の頂部における、ツール相対移動方向 t の前側にはフィラーを挿入するための切欠部を設け、ツール相対移動方向 t の後側には接合後の角隅部 c_1 , c_2 に形成されるフィレットに応じた形状の切欠部を設ける。
- [0178] 接合装置本体は、固定式ショルダを備えた形式の摩擦攪拌接合ツールに限らず、回転式ショルダを備えた形式の摩擦攪拌接合ツールを有する構成であってもよい。
- [0179] 更に、本開示の摩擦攪拌接合装置は、接合すべきワーク同士の間で接合部であれば、 2 つの角隅部 c_1 , c_2 以外の任意の接合部の接合に用いてもよい。
- [0180] たとえば、板状のワークの端縁部同士を突き合わせて配置した接合部について摩擦攪拌接合を行う場合にも適用できる。この場合、ワーククランプユニットは、接合装置本体とは別体に形成され、接合装置本体の摩擦攪拌接合ツールが配置されている個所の付近、特に、ツール相対移動方向 t の前側と

なる位置に、ワークの表面に押し付けて接合姿勢を保持するためのローラ（転動体）を備える。これにより、ワーククランプユニットは、ワークの表面に押し付けたローラと、ワークが配置されているテーブルや架台等の部材との間で、ワークをクランプして接合姿勢を保持することができる。

[0181] ワーククランプユニット 9 を、摩擦攪拌接合時に接合装置本体 5 に近接させた近接位置から、 x 軸方向以外に接合装置本体 5 から離反させて退避させる方向は、 x 軸方向でなくてもよい。その場合は、 x 軸方向のガイドレール 19 に代えて、退避させる方向に延びるガイド部を備えればよい。

[0182] ワーククランプユニット 9 を、摩擦攪拌接合時に接合装置本体 5 に近接させた近接位置から、接合装置本体 5 から離反した退避位置に移動できるとしたが、ワーククランプユニット 9 が、接合装置本体 5 に近接した位置に取外し可能に固定されていてもよい。

[0183] 更に、本開示の摩擦攪拌接合装置は、接合すべきワークを固定し、固定されたワーク間の接合部に沿って摩擦攪拌接合ツールを有する接合装置本体を移動させるようにして摩擦攪拌接合を行う装置に適用してもよい。この場合は、ワーククランプユニットが接合装置本体の移動方向に先行する側の近接した位置に配置され、摩擦攪拌接合を行うために接合装置本体を接合部の延びる方向に移動させるときに、ワーククランプユニットが接合装置本体に押されて一緒に移動するようにすればよい。又、ワーククランプユニットが、接合装置本体と同期して移動するための移動機構を備えてもよい。

[0184] 以上、本開示の好ましい実施例を説明したが、本開示はこれら実施例に限定されることはない。本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。本開示は前述した説明によって限定されることはなく、添付のクレームの範囲によってのみ限定される。

産業上の利用可能性

[0185] 本開示によれば、接合すべきワーク同士の接合姿勢を、摩擦攪拌接合ツールの押圧荷重の反力の影響を受けない状態で保持しながら、ワーク間の接合部を摩擦攪拌接合することができる摩擦攪拌接合装置を提供することができる。

る。

符号の説明

- [0186] 1 a 第1の摩擦攪拌接合ツール（摩擦攪拌接合ツール）
 1 b 第2の摩擦攪拌接合ツール（摩擦攪拌接合ツール）
 5 接合装置本体
 9 ワーククランプユニット
 1 3 フレーム（第1フレーム）
 1 6 フレーム（第2フレーム）
 2 2 a～2 2 f サイドクランプローラ（第1転動体）
 2 5 a, 2 5 b トップクランプローラ（第2転動体）
 W 1 第1のワーク（ワーク）
 W 2 第2のワーク（ワーク）
 c 1, c 2 角隅部（接合部）

請求の範囲

- [請求項1] 互いに接する複数のワークの間の接合部を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツールを備える接合装置本体と、
前記接合装置本体とは別体に形成され、前記接合部の摩擦攪拌接合を行うときに前記ワークを保持するよう構成される転動体を有するワーククランプユニットと、を備える
摩擦攪拌接合装置。
- [請求項2] 前記ワーククランプユニットは、前記接合装置本体に近接した近接位置と、前記接合装置本体から離反した退避位置とに移動可能であるよう構成される
請求項1記載の摩擦攪拌接合装置。
- [請求項3] 前記ワーククランプユニットは、前記接合部の延びる方向に沿って移動可能であるよう構成される
請求項2記載の摩擦攪拌接合装置。
- [請求項4] 前記接合装置本体は、前記摩擦攪拌接合ツールの押圧荷重の反力を受ける第1フレームを備え、
前記ワーククランプユニットは、前記接合装置本体の前記第1フレームとは別の第2フレームを備える
請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合装置。
- [請求項5] 前記接合装置本体は、前記摩擦攪拌接合ツールのプローブを回転駆動するよう構成される主軸ユニットと、前記摩擦攪拌接合ツールを前記接合部に向けて押圧するための押圧荷重を付与するよう構成されるツール押圧部とを備え、
前記第1フレームに、前記主軸ユニットが、前記ツール押圧部を介して取り付けられる
請求項4記載の摩擦攪拌接合装置。
- [請求項6] 前記第2フレームは、前記摩擦攪拌接合ツールに近接して配置され、

前記第 2 フレームに前記転動体に取り付けられている

請求項 4 記載の摩擦攪拌接合装置。

[請求項 7] 前記第 2 フレームは、門形部と、前記門形部の前記接合装置本体を望む面から前記接合装置本体へ向けて突出する突出部とを備え、

前記突出部は、前記第 2 フレームが前記摩擦攪拌接合ツールに近接して配置されるときに、前記摩擦攪拌接合ツールの上方に配置される

、

請求項 6 記載の摩擦攪拌接合装置。

[請求項 8] 前記複数のワークは、第 1 のワークと、前記第 1 のワークの面に対して所定の角度で交わる姿勢で端縁を接して配置される第 2 のワークとを有し、

前記接合部は、前記第 1 のワークと前記第 2 のワークとにより形成される前記第 2 のワークの両側の角隅部であり、

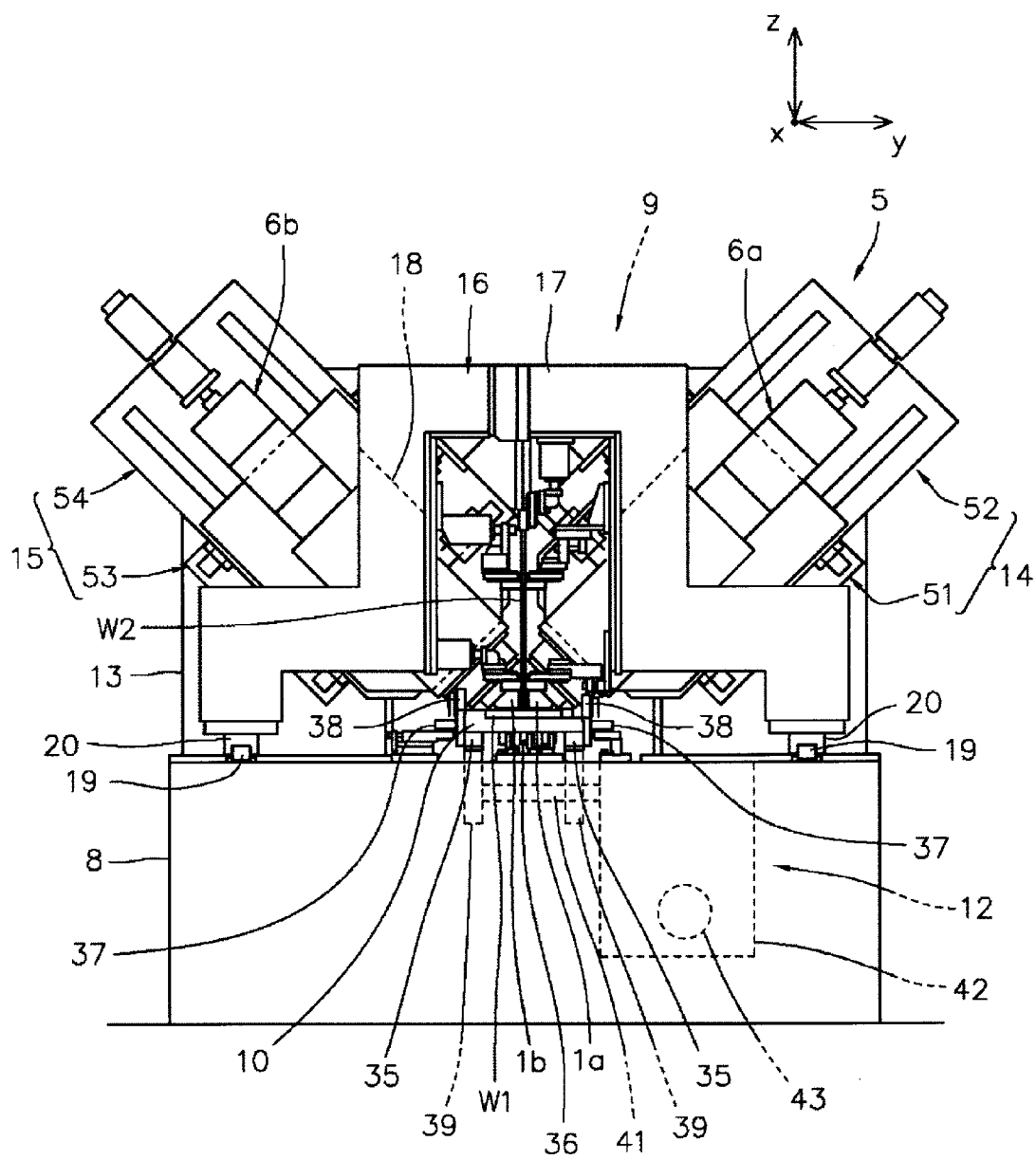
前記ワーククランプユニットの前記転動体は、前記第 2 のワークを両側から挟んで保持する一対の第 1 転動体と、前記第 2 のワークを前記第 1 のワークが設けられる側とは反対側の端部において保持する第 2 転動体とを備える

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合装置。

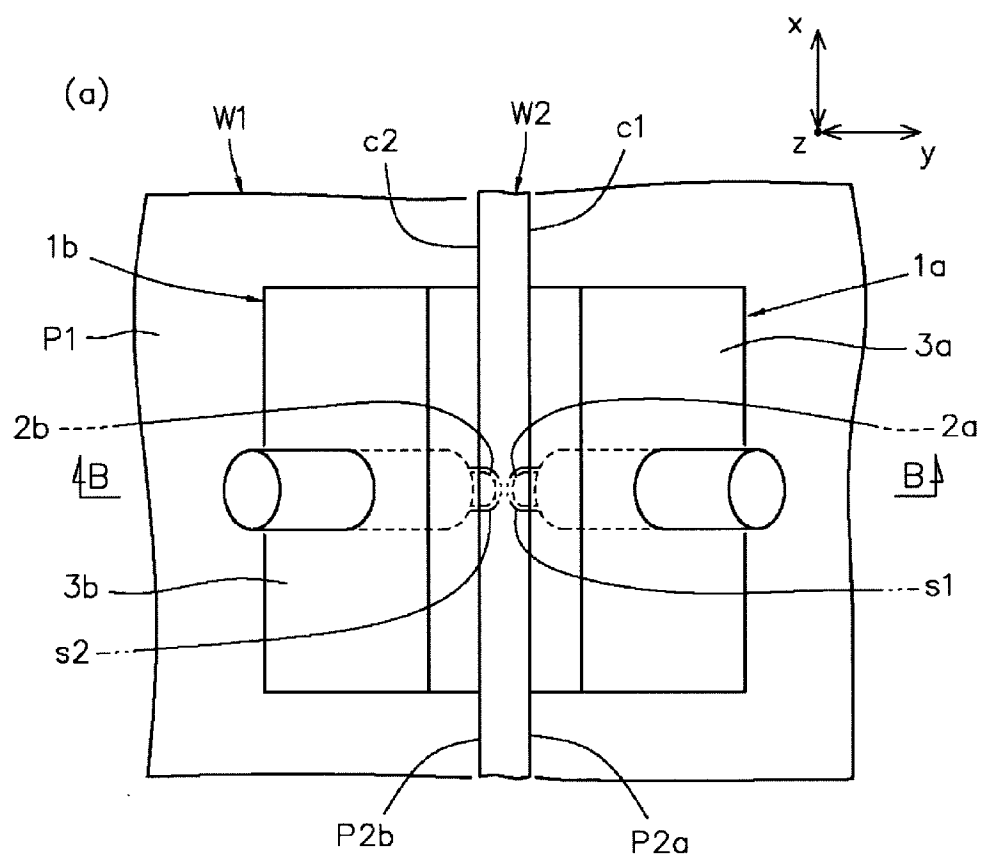
[請求項 9] 前記転動体は、前記接合部の摩擦攪拌接合を行う時に前記接合部を基準として前記摩擦攪拌接合ツールを相対的に移動させる方向であるツール相対移動方向において、摩擦攪拌接合を行う個所よりも前側となる位置、及び、前記ツール相対移動方向において、摩擦攪拌接合を行う個所と同じ位置に備えられる

請求項 8 記載の摩擦攪拌接合装置。

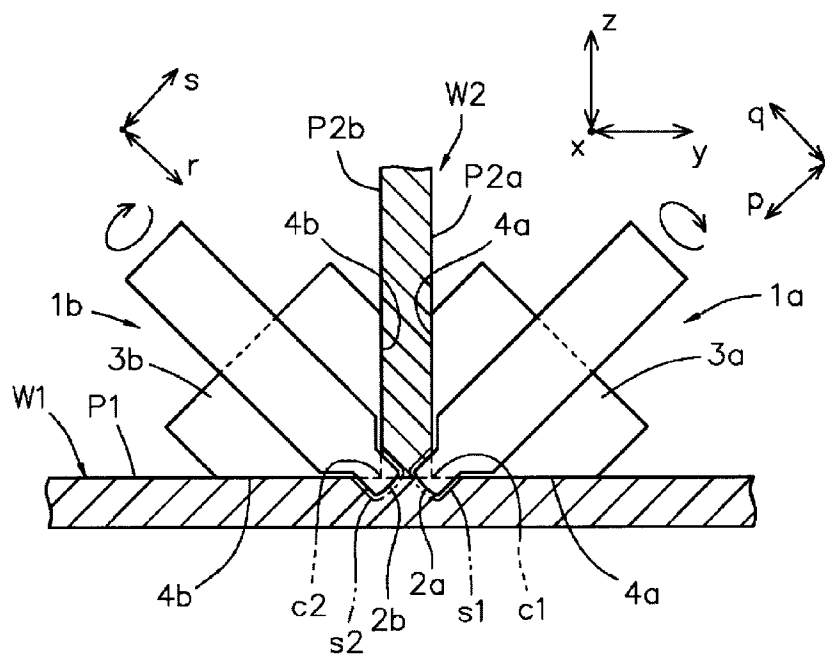
[図3]



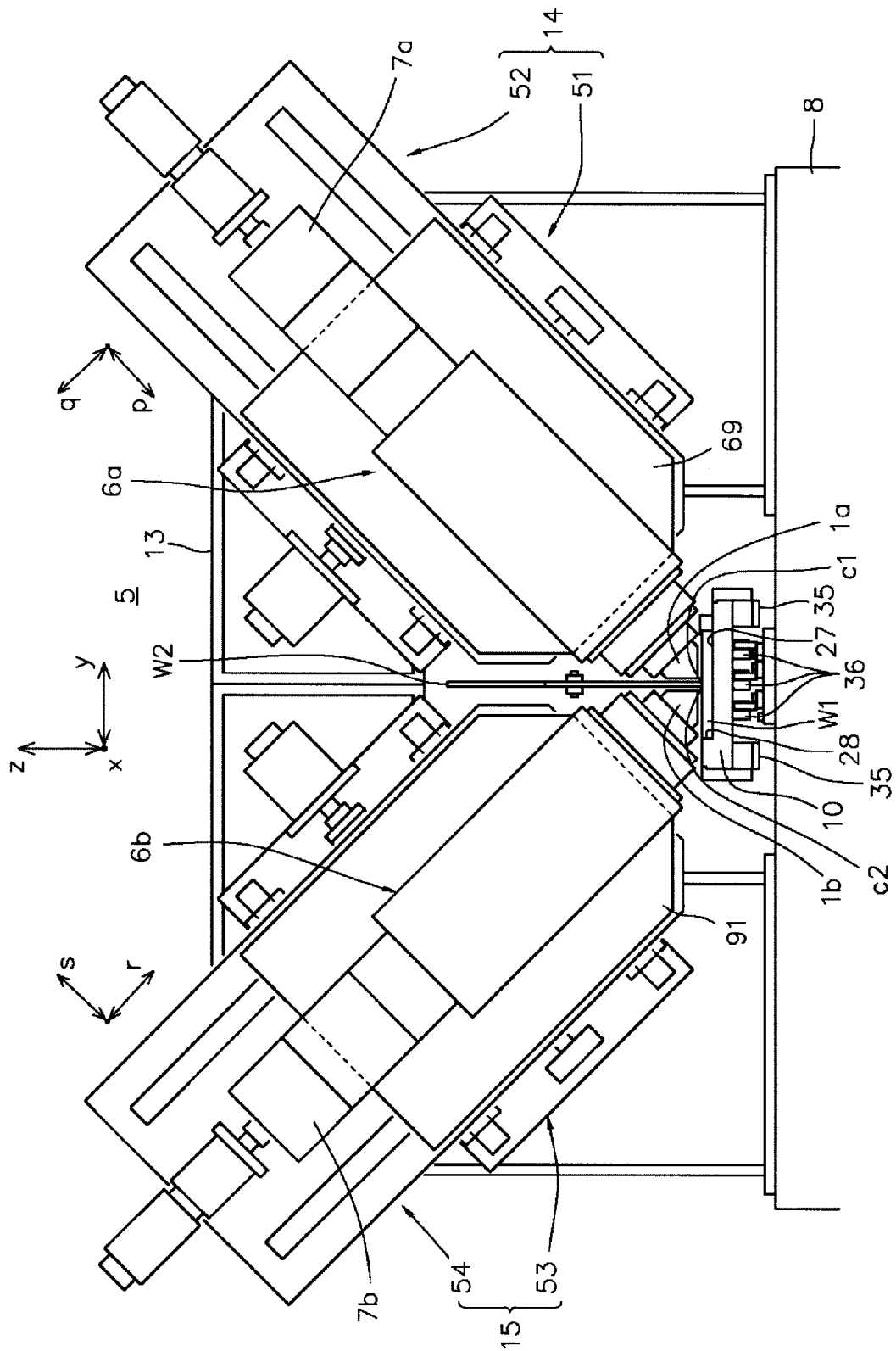
[図4A]



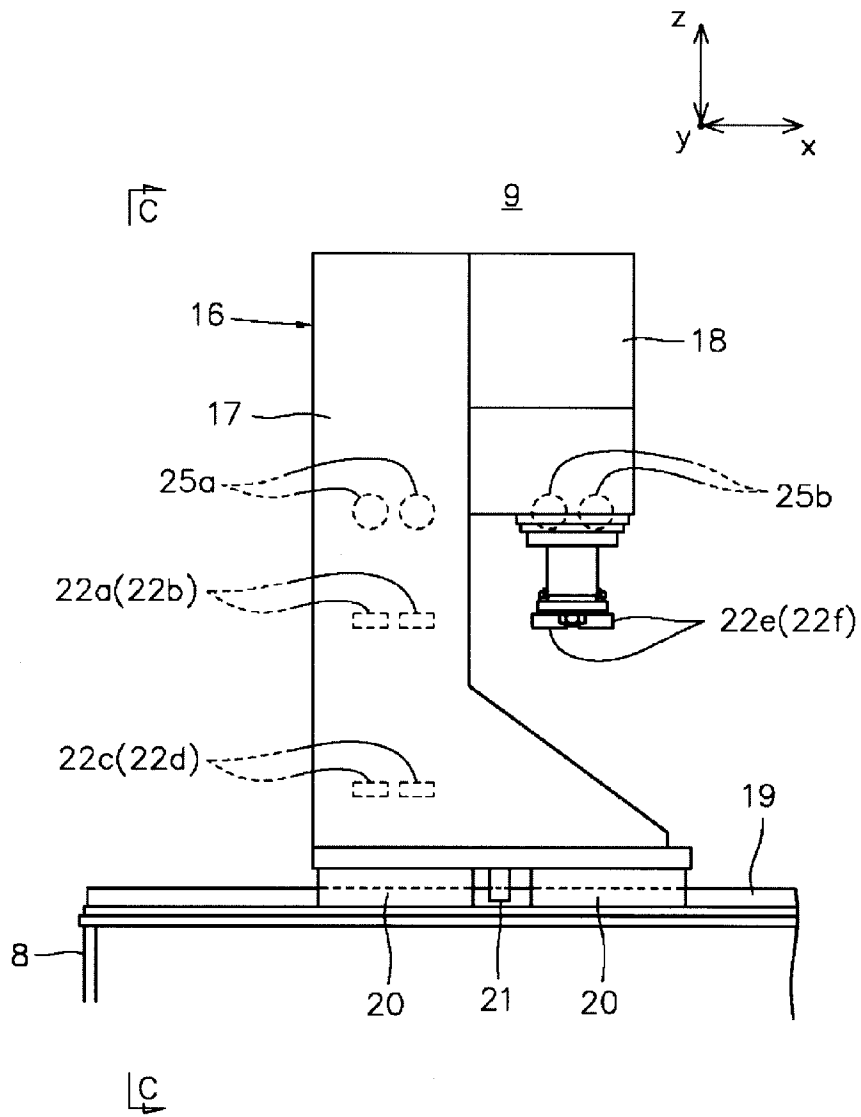
[図4B]



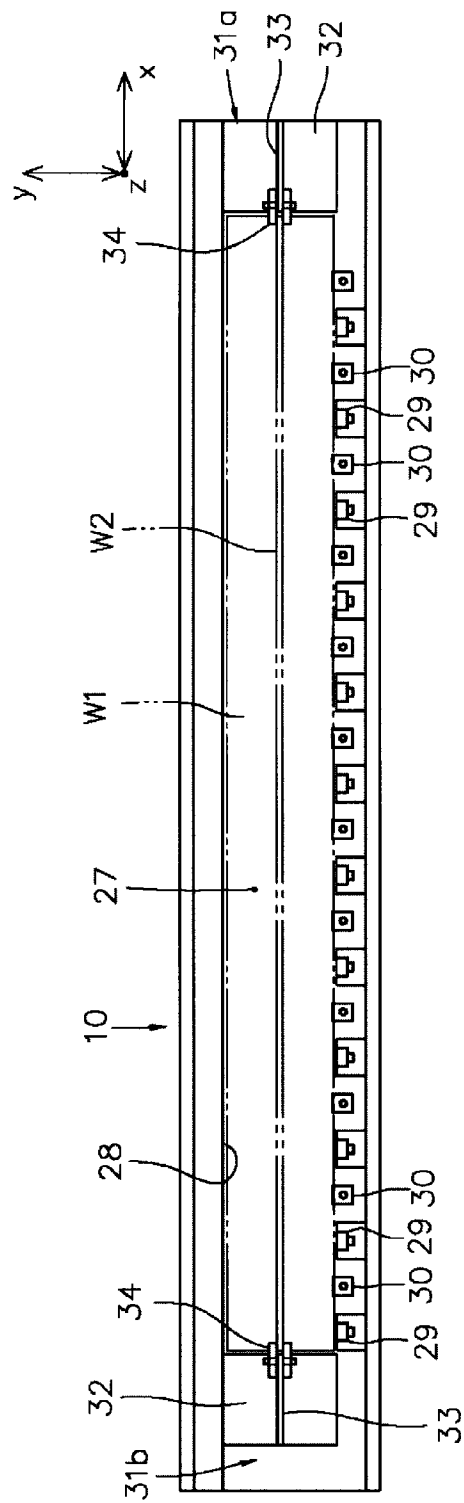
[図5]



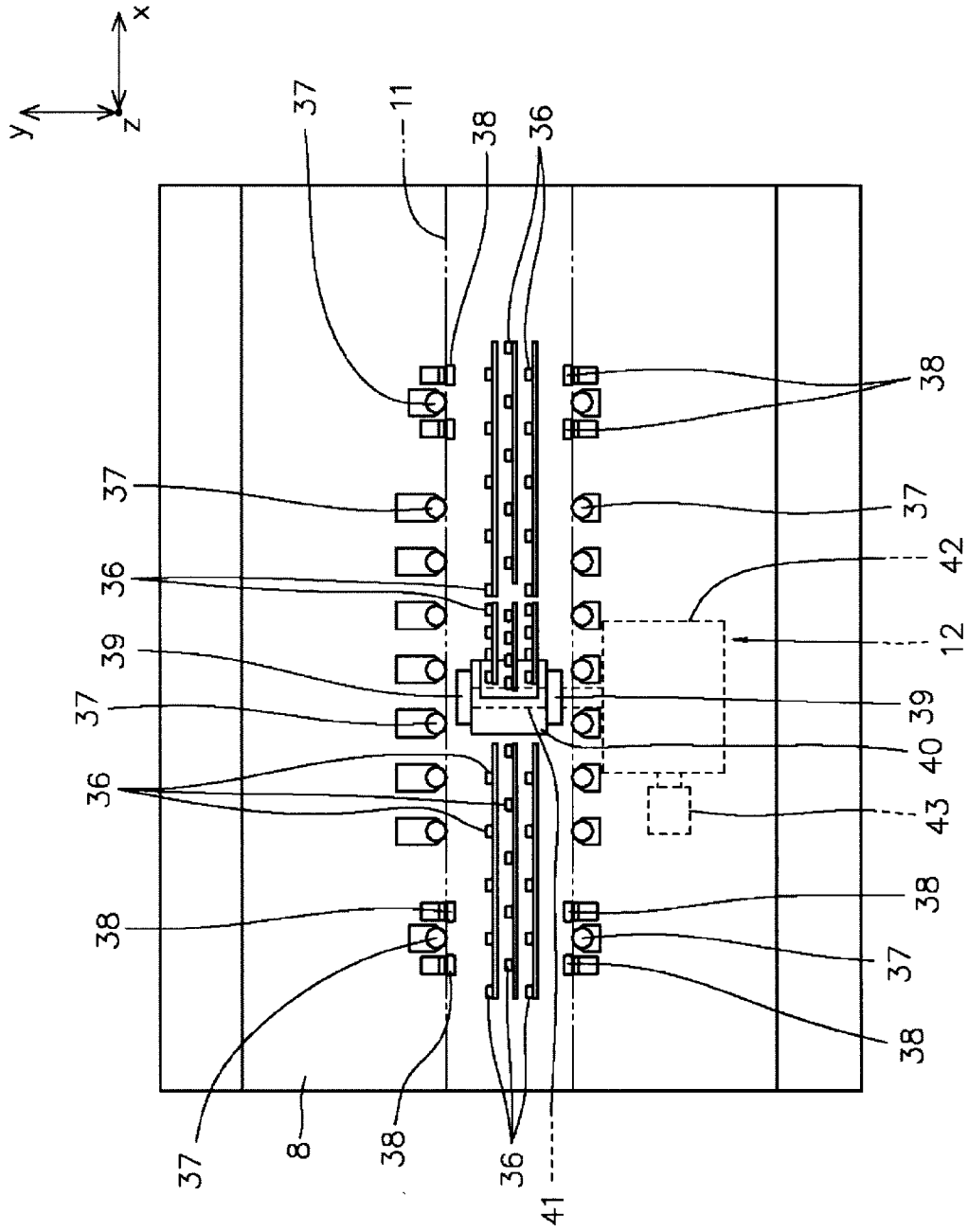
[図6]



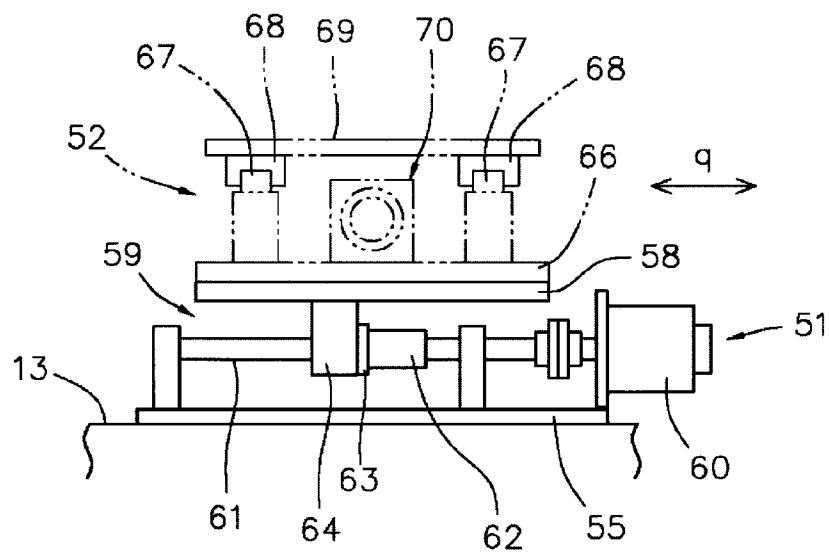
[図8A]



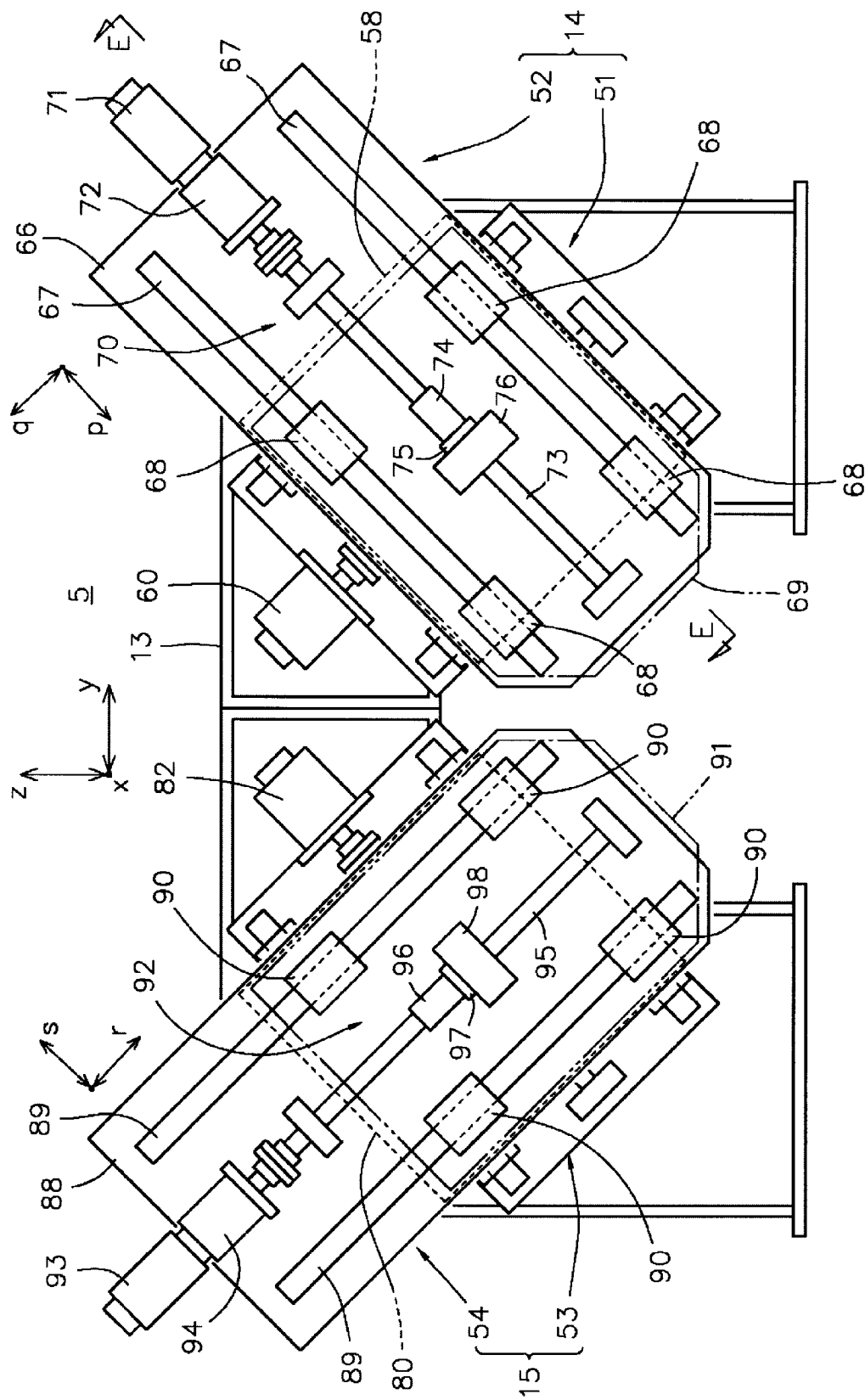
[図9]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057403

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K20/12(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K20/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2009-208116 A (Nikkeikin Aluminium Core Technology Co., Ltd.), 17 September 2009 (17.09.2009), paragraphs [0032] to [0041], [0079]; fig. 2, 4, 9 (Family: none)	1-4, 6 5 7-9
Y	JP 2013-166159 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 29 August 2013 (29.08.2013), paragraphs [0020] to [0022]; fig. 2 (Family: none)	5
A	JP 2001-138072 A (Hitachi, Ltd.), 22 May 2001 (22.05.2001), paragraphs [0022] to [0039]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-9

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 April 2016 (28.04.16)

Date of mailing of the international search report
17 May 2016 (17.05.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057403

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-343251 A (Hitachi, Ltd.), 12 December 2000 (12.12.2000), fig. 1 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K20/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K20/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2009-208116 A (日軽金アクト株式会社) 2009.09.17, 段落[0032]-[0041], [0079], 図2, 図4, 図9 (ファミリーなし)	1-4, 6 5 7-9
Y	JP 2013-166159 A (三菱重工業株式会社) 2013.08.29, 段落[0020]-[0022], 図2 (ファミリーなし)	5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.04.2016

国際調査報告の発送日

17.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

竹下 和志

3 P

2926

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2001-138072 A (株式会社日立製作所) 2001.05.22, 段落[0022]－[0039], 図1－7 (ファミリーなし)	1－9
A	JP 2000-343251 A (株式会社日立製作所) 2000.12.12, 図1 (ファミリーなし)	1－9