

(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 2016/147999 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/057519
- (22) 国際出願日: 2016年3月10日(10.03.2016)
- (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 2015-054605 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

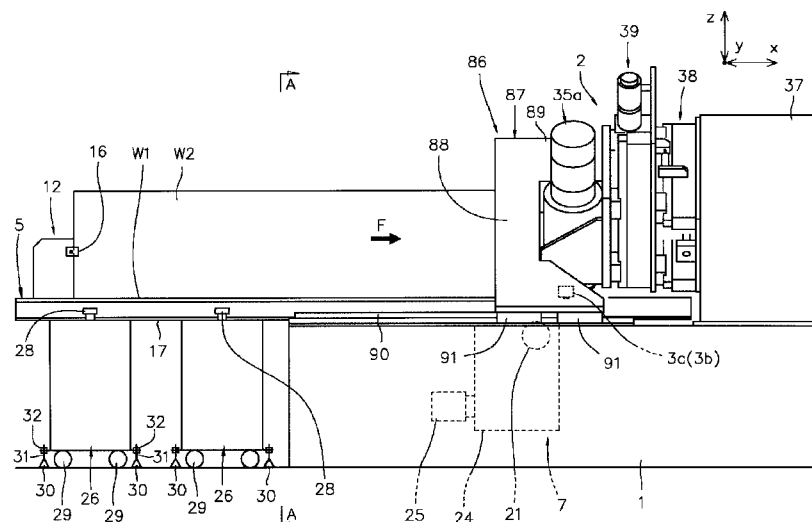
京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 田部井 康(TABEI Yasushi); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP).

- (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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: FRICTION STIR WELDING DEVICE

(54) 発明の名称: 摩擦撹拌接合装置



(57) Abstract: This friction stir welding device is provided with: a fixed welding device main body (2) that is provided with friction stir welding tools (3a, 3b) and that friction stir welds corner sections (c1, c2) in the extension direction thereof, the corner sections (c1, c2) being formed from a first workpiece (W1) and a second workpiece (W2) on either side of the second workpiece (W2); a workpiece table (5) on which the first workpiece (W1) and the second workpiece (W2) are arranged in a welding position in which the corner sections (c1, c2) are formed; and a moving mechanism (7) that moves the workpiece table (5) in the extension direction of the corner sections (c1, c2).

(57) 要約:

[続葉有]



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本開示の摩擦攪拌接合装置は、第 1 のワーク (W1) と第 2 のワーク (W2) とで形成される第 2 のワーク (W2) の両側の角隅部 (c1, c2) を角隅部 (c1, c2) の延びる方向に沿って摩擦攪拌接合し、摩擦攪拌接合ツール (3a, 3b) を備えて定置される接合装置本体 (2) と、第 1 のワーク (W1) と第 2 のワーク (W2) とを角隅部 (c1, c2) が形成された接合姿勢で配置するワークテーブル (5) と、ワークテーブル (5) を、角隅部 (c1, c2) の延びる方向に移動させる移動機構 (7) とを備える。

明 細 書

発明の名称： 摩擦攪拌接合装置

技術分野

[0001] 本開示は、ワーク間の接合部の摩擦攪拌接合に用いられる摩擦攪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２０１５－０５４６０５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] 摩擦攪拌接合装置に用いられる摩擦攪拌接合ツール（摩擦攪拌接合用工具）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攪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）を摩擦攪拌接合するために、固定式ショルダが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攪拌接合ツールを用いる摩擦攪拌接合装置としては、基台の上に、水平な第１のワーク（水平部材）と、その上に立設された第２のワーク（立設部材）とを配置し、第１のワークと第２のワークとの突き合わせにより形成された２つの角隅部を、角隅部に沿って移動させる一対の摩擦攪拌接合ツールによって摩擦攪拌接合する装置が、従来提案されている（たとえば、特許文献１参照）。

[0005] 固定式ショルダを備えた摩擦攪拌接合ツールによる角隅部の摩擦攪拌接合を行う際に、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

[0006] 特許文献１：日本国特開２０１３－１６６１５９号公報

非特許文献

- [0007] 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特許情報」、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

- [0008] 特許文献1に示された摩擦攪拌接合装置では、一度に接合可能な接合部の長さが摩擦攪拌接合ツールの移動ストロークに依存するため、摩擦攪拌接合を行うことにより接合可能なワークの長さには制限が生じてしまう。
- [0009] 非特許文献1には、摩擦攪拌接合ツールと、接合対象となる角隅部を有するワークとを、角隅部の延びる方向に相対的に移動させるための具体的な構成は示されていない。
- [0010] 本開示は、接合対象とするワークの長さの制限を受けることなく、一对の摩擦攪拌接合ツールを用いてワーク同士の2つの角隅部の摩擦攪拌接合を行うことが可能であ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

- [0011] 本開示の一態様の摩擦攪拌接合装置は、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のワークとで形成される前記第2のワークの両側の角隅部を前記角隅部の延びる方向に沿って摩擦攪拌接合し、摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌接合ツールを備えて定置される接合装置本体と、前記第1のワークと前記第2のワークとを前記角隅部が形成された接合姿勢で配置するワークテーブルと、前記ワークテーブルを、前記角隅部の延びる方向に移動させる移動機構と、を備える。

発明の効果

- [0012] 本開示の摩擦攪拌接合装置によれば、接合対象とするワークの長さの制限を受けることなく、一对の摩擦攪拌接合ツールを用いてワーク同士の2つの角隅部の摩擦攪拌接合を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]第1実施形態の摩擦攪拌接合装置の概略側面図である。

[図2]第1実施形態の摩擦攪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実施形態の摩擦攪拌接合装置の摩擦攪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5A]第1実施形態のワークテーブルを拡大して示す平面図である。

[図5B]第1実施形態のワークテーブルを拡大して示す側面図である。

[図6]第1実施形態の摩擦攪拌接合装置のテーブル移動経路を示す概略平面図である。

[図7]第1実施形態の摩擦攪拌接合装置の接合装置本体を摩擦攪拌接合の進行方向に沿って見た拡大図である。

[図8]第1実施形態の摩擦攪拌接合装置の接合装置本体の軸直交方向移動ユニットを示す一部切断図である。

[図9]図8のC－C方向矢視図である。

[図10]第1実施形態の摩擦攪拌接合装置の接合装置本体の軸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]第1実施形態の摩擦攪拌接合装置のワーク保持部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実施形態の摩擦攪拌接合装置のワークテーブルを示す平面図である。

[図15A]第3実施形態の摩擦攪拌接合装置のワークテーブルを示す平面図である。

[図15B]第3実施形態の摩擦攪拌接合装置のワークテーブルを示す側面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 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。

[0015] [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5Aは、ワークテーブルを拡大して示す平面図であり、図5Bはワークテーブルを拡大して示す側面図である。図6はワーク移動経路を示す概略平面図である。図7は接合装置本体を摩擦撹拌接合の進行方向に沿って見た拡大図である。図8は接合装置本体の軸直交方向移動ユニットを示す一部切断図である。図9は図8のC-C方向矢視図である。図10は接合装置本体の軸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はワーク保持部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13は図12のE-E方向矢視図である。

[0016] 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。

[0017] なお、説明の便宜上、図4Aおよび図4Bに示すように、角隅部c1、c2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W1の面P1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W1の面P1に沿うxy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W2は鉛直面であるxz平面に沿って配置されてい

る。なお、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。

[0018] 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 1 の表面に定置された接合装置本体 2 を備えている。接合装置本体 2 は、図 4 A および図 4 B に示すように、角隅部 c 1, c 2 に配置される固定式ショルダ 4 a, 4 b を備えた一对の摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b を備えている。更に、本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、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ためのワークテーブル 5 と、架台 1 の表面でワークテーブル 5 を x 軸方向に延びるテーブル移動経路 6 (図 6 参照) に沿って移動させる移動機構 7 とを備えている。なお、角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合を実施するときにワークテーブル 5 と共にワーク W 1, W 2 を進行 (移動) させる向きは、図 1、図 2 に矢印 F で示す向きとする (以下、この向きはワーク進行方向 F という、以降の図も同様である)。

[0019] ワークテーブル 5 の x 軸方向の寸法は、図 5 A および図 5 B に示すように、第 1 のワーク W 1 及び第 2 のワーク W 2 の x 軸方向の寸法よりも長い。

[0020] ワークテーブル 5 の表面には、図 5 A、図 7 に示すように、第 1 のワーク W 1 を配置する領域 8 が設定されている。領域 8 の y 軸方向の一側には、第 1 のワーク W 1 の y 軸方向の一端面を突き当てて位置決めする段差部 9 が設けられている。領域 8 の y 軸方向の他側には、端面クランプ 10 と表面クランプ 11 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。

[0021] 端面クランプ 10 は、第 1 のワーク W 1 の y 軸方向の他側の端面に押し当てられて、第 1 のワーク W 1 を y 軸方向に沿って段差部 9 との間に挟んで固定する。

[0022] 表面クランプ 11 は、第 1 のワーク W 1 の y 軸方向の他端縁側で面 P 1 (図 4 B 参照) に押し当てられて、第 1 のワーク W 1 を z 軸方向に沿ってワー

クテーブル 5 の表面との間に挟んで固定する。

[0023] ワークテーブル 5 のワーク進行方向 F の後端側（図 5 A および図 5 B では左側）となる x 軸方向の一端側の表面に、終端側端部押さえ部材 1 2 が設けられている。終端側端部押さえ部材 1 2 は、角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合の実施時に接合処理の終端側（処理終了側）に位置する第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 の端部に突き当てられることにより、第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 の位置決めを行う。

[0024] ワークテーブル 5 のワーク進行方向 F の前端側（図 5 A および図 5 B では右側）となる x 軸方向の他端側の表面に、始端側端部押さえ部材 1 3 が設けられている。始端側端部押さえ部材 1 3 は、角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合の実施時に、接合処理の始端側（処理開始側）に位置する第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 の端部に突き当てられることにより、第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 の位置決めを行う。

[0025] 終端側端部押さえ部材 1 2 及び始端側端部押さえ部材 1 3 は、たとえば、第 1 のワーク W 1 と同様の厚み寸法を備えた横板部 1 4 に、第 2 のワーク W 2 と同様の厚み寸法を備えた縦板部 1 5 が、第 1 のワーク W 1 に対する第 2 のワーク W 2 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 1 2, 1 3 は、横板部 1 4 に縦板部 1 5 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。

[0026] 端部押さえ部材 1 2, 1 3 の横板部 1 4 及び縦板部 1 5 は共に x 軸方向に沿って延び、横板部 1 4 が、ワークテーブル 5 の表面に取り付けられている。

[0027] 始端側端部押さえ部材 1 3 は、ワークテーブル 5 に対する x 軸方向の取り付け位置を、変更可能に設けられるあることが好ましい。この場合、摩擦攪拌接合の対象となる第 1 のワーク W 1 及び第 2 のワーク W 2 の x 軸方向の寸法が変化したとしても、始端側端部押さえ部材 1 3 のワークテーブル 5 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 W 1 と第 2 のワーク

W 2 の x 軸方向の両端部を、終端側端部押さえ部材 1 2 及び始端側端部押さえ部材 1 3 の双方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 W 1 及び第 2 のワーク W 2 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 5 を使用することができる。

[0028] 端部押さえ部材 1 2, 1 3 の縦板部 1 5 には、第 2 のワーク W 2 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 1 6 が設けられている。

[0029] ワークテーブル 5 の裏面における y 軸方向の両端側には、ワークテーブル 5 の移動方向となる x 軸方向に延びる 2 条のラック 1 7 が全長に亘り設けられている。

[0030] 架台 1 には、図 6 に二点鎖線で示すように、架台 1 の y 軸方向の中央部に、ワークテーブル 5 (図 2、図 5 A および図 5 B 参照) を x 軸方向に移動させるためのテーブル移動経路 6 が設定されている。

[0031] テーブル移動経路 6 は、ワークテーブル 5 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 6 に沿って配置されたボトムガイドローラ 1 8 と、サイドガイドローラ 1 9 と、トップガイドローラ 2 0 とを備える。

[0032] ボトムガイドローラ 1 8 は、図 7 に示すように、テーブル移動経路 6 (図 6 参照) に沿って x 軸方向に移動するワークテーブル 5 の裏面を、ラック 1 7 と干渉しない位置で支持する。ボトムガイドローラ 1 8 は、図 6 に示すように、架台 1 の表面において、テーブル移動経路 6 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 1 8 は、接合装置本体 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b が配置されている部分 (図 1、図 2 参照) の下方では、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、以下の理由による。

[0033] 角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合を行うときには、図 4 A および図 4 B に示すように、角隅部 c 1, c 2 に対して摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b が押圧される。そのため、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b に付与された押圧荷重

の鉛直方向（ z 軸方向）の成分が、第1のワークW1を介してワークテーブル5に下向きに作用する（図7参照）。

[0034] 一般に、固定式ショルダを備えた形式の摩擦攪拌接合ツールは、固定式ショルダではワークとの摩擦熱を発生させることができないため、ワークに対する押圧荷重が、回転式ショルダを備えた形式の摩擦攪拌接合ツールのワークに対する押圧荷重に比して大きくなる。

[0035] したがって、接合装置本体2では、摩擦攪拌接合ツール3a, 3bに比較的大きな押圧荷重を付与する必要がある。したがって、摩擦攪拌接合ツール3a, 3bに付与される押圧荷重の鉛直方向の成分を、より多くのボトムガイドローラ18で受けるために、ボトムガイドローラ18の配列密度が前記のように設定されることが好ましい。

[0036] サイドガイドローラ19は、図2、図3に示すように、ワークテーブル5の y 軸方向の両側面を支持する。サイドガイドローラ19は、図6に示すように、架台1の表面において、テーブル移動経路6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。

[0037] トップガイドローラ20は、図2、図3に示すように、ワークテーブル5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20は、図6に示すように、架台1の表面において、テーブル移動経路6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20は、 x 軸方向において、接合装置本体2の摩擦攪拌接合ツール3a, 3b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20を2つずつの組で設けるのは、ワークテーブル5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20は、2つずつの組以外の配置で設けてもよい。

[0038] これにより、テーブル移動経路6では、ボトムガイドローラ18、サイドガイドローラ19、及び、トップガイドローラ20により、ワークテーブルの 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5の x 軸方向への移動がガイドされる。

- [0039] テーブル移動経路 6 の y 軸方向の一侧に設けられたサイドガイドローラ 19 とトップガイドローラ 20 の y 軸方向の位置は固定され、一方、テーブル移動経路 6 の y 軸方向の他側に設けられたサイドガイドローラ 19 とトップガイドローラ 20 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 19 とトップガイドローラ 20 とを、実際に使用するワークテーブル 5 の寸法に合わせて配置するためである。
- [0040] 移動機構 7 は、図 1、図 3、図 6 に示すように、架台 1 に設定されているテーブル移動経路 6 の下方位置に設けられ、ワークテーブル 5 のラック 17 と噛合可能な一对のピニオンギア 21 を備えている。ピニオンギア 21 は、図 1 に示すように、x 軸方向にて、接合装置本体 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b が配置されている個所の真下からずれた位置に配置されていることが好ましい。
- [0041] ボトムガイドローラ 18 の配列密度の設定理由で前述したように、接合装置本体 2 は、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b に比較的大きな押圧荷重を付与する。摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b に付与される押圧荷重の鉛直方向の成分がラック 17 とピニオンギア 21 との噛み合い個所に作用すると、ピニオンギア 21 のラック 17 とのクリアランス（頂げき）が変化する可能性があるため、ピニオンギア 21 を上述のように配置する。ピニオンギア 21 とラック 17 とのクリアランスに変化が生じた場合は、ピニオンギア 21 の回転によるラック 17 の送り動作が円滑に行われなくなる可能性や、ラック 17 の送り量に変化する可能性がある。
- [0042] 一方、ピニオンギア 21 は、ラック 17 の送り動作が円滑に行われ、かつラック 17 の送り量が一定となる範囲で、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b になるべく近い位置に配置されていることが好ましい。これは、角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b による摩擦攪拌接合の実施時に、ワークテーブル 5 に対し、摩擦攪拌接合の実施個所になるべく近い位置で、x 軸方向におけるワーク移動の駆動力を付与できるようにするためである。このようにすれば、ワークテーブル 5 の駆動力が付与される個所から角隅部 c 1

， c 2 の摩擦攪拌接合の実施個所までの間でワークテーブル 5 に生じる歪みや変形を抑えることができるため、ワークテーブル 5 に配置されたワーク W 1 ， W 2 の歪みや変形が抑制できる。

[0043] 一対のピニオンギア 2 1 は、軸受 2 2 に支持された y 軸方向の回転軸 2 3 により互いに連結されている（図 6 参照）。回転軸 2 3 の一端は、架台 1 の内部に設けられた減速機 2 4 の出力側に連結され、減速機 2 4 には、サーボモータ等の駆動モータ 2 5 が接続されている。

[0044] 以上の構成を有する移動機構 7 では、駆動モータ 2 5 により減速機 2 4 を介して回転軸 2 3 と共にピニオンギア 2 1 を回転駆動させると、ワークテーブル 5 は、ピニオンギア 2 1 に噛合したラック 1 7 と一体に、テーブル移動経路 6 に沿って x 軸方向に移動する。移動機構 7 は、駆動モータ 2 5 の回転方向を切り替えることにより、ワークテーブル 5 を、テーブル移動経路 6 にて、ワーク進行方向 F と、その逆方向に往復動させることができる。

[0045] これにより、ワークテーブル 5 と移動機構 7 では、ワークテーブル 5 の x 軸方向の長さ寸法が架台 1 の x 軸方向の寸法よりも大となる場合であっても、ワークテーブル 5 は、テーブル移動経路 6 に沿って移動できる。

[0046] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、図 1、図 2 に示すように、ワークテーブル 5 の架台 1 からはみ出す部分を支持するテーブル支持台 2 6 を備えている。

[0047] テーブル支持台 2 6 は、架台 1 の外側において、テーブル移動経路 6（図 6 参照）の延長線上に配置される。テーブル支持台 2 6 の上面には、ワークテーブル 5 の裏面をラック 1 7 と干渉しない位置で支持するボトムガイドローラ 2 7 と、ワークテーブル 5 の y 軸方向の両側面を支持するサイドガイドローラ 2 8 とが設けられる。

[0048] ワークテーブル 5 の架台 1 よりはみ出す部分がテーブル支持台 2 6 で支持されることにより、ワークテーブル 5、及び、ワークテーブル 5 に保持させたワーク W 1 ， W 2 に、自重による z 軸方向の撓みや変形、 y 軸方向の変形や蛇行が生じることを抑制することができる。

- [0049] テーブル支持台 26 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 29 と昇降式の支持脚 30 とを備える。
- [0050] 支持脚 30 は、走行輪 29 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 29 の下端よりも上方に上昇させた状態とに、配置を変更できるよう構成される。
- [0051] 支持脚 30 の昇降機構として、たとえば、支持脚 30 にねじが形成された支柱 31 を設け、テーブル支持台 26 にはナット部材 32 を設ける。この構成によれば、ナット部材 32 に対して支柱 31 を回転させることで、支持脚 30 をテーブル支持台 26 に対して相対的に昇降させることができる。
- [0052] なお、図 1、図 2 では、テーブル支持台 26 を架台 1 のワーク進行方向 F の上流側に 2 台配置する構成を示す。しかしながら、テーブル支持台 26 を架台 1 よりもワーク進行方向 F の下流側に配置してもよい。架台 1 よりワークテーブル 5 がはみ出す量に応じて、テーブル支持台 26 の数を 1 台又は 3 台以上としてもよい。
- [0053] 接合装置本体 2 は、図 4 A および図 4 B に示すように、2 つの角隅部 c 1 , c 2 のうち、第 2 のワーク W 2 の一方の側面 P 2 a 側の角隅部 c 1 の接合用の第 1 の摩擦攪拌接合ツール 3 a と、他方の側面 P 2 b 側の角隅部 c 2 の接合用の第 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 b とを備えている。
- [0054] 第 1 の摩擦攪拌接合ツール 3 a は、回転駆動可能なプローブ 33 a と、プローブ 33 a の基端側の外周に配置された固定式ショルダ 4 a とを備える。プローブ 33 a は、プローブ 33 a の軸心方向が y z 平面内で角隅部 c 1 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 c 1 が直角であるため、プローブ 33 a の軸心方向は、y z 平面内で第 2 のワーク W 2 に沿う z 軸方向（鉛直方向）から一方の側面 P 2 a 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 4 a は、プローブ 33 a の先端寄りに配置される端部が、角隅部 c 1 を形成させる第 1 のワーク W 1 の面 P 1 と第 2 のワーク W 2 の側面 P 2 a とにそれぞれ接触する 2 つのワーク接触面 34 a を備える山形（V 字形状

)である。

[0055] 第1の摩擦攪拌接合ツール3 aは、図7に示すように、プローブ3 3 aを回転駆動する回転駆動部3 6 aを備えた第1の主軸ユニット3 5 aの先端側に取り付けられた状態で使用される。

[0056] 第2の摩擦攪拌接合ツール3 bは、図4 Aおよび図4 Bに示すように、回転駆動可能なプローブ3 3 bと、プローブ3 3 bの基端側の外周に配置された固定式ショルダ4 bとを備える。プローブ3 3 bは、プローブ3 3 bの軸心方向がy z平面内で角隅部c 2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c 2が直角であるため、プローブ3 3 bの軸心方向は、y z平面内で第2のワークW 2に沿うz軸方向（鉛直方向）から他方の側面P 2 b側へ4 5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4 bは、プローブ3 3 bの先端寄りに配置される端部が、角隅部c 2を形成させる第1のワークW 1の面P 1と第2のワークW 2の側面P 2 bとにそれぞれ接触する2つのワーク接触面3 4 bを備える山形（V字形状）である。

[0057] 第2の摩擦攪拌接合ツール3 bは、図7に示すように、プローブ3 3 bを回転駆動する回転駆動部3 6 bを備えた第2の主軸ユニット3 5 bの先端側に取り付けられた状態で使用される。

[0058] 本実施形態では、図4 Aに示したように、第1の摩擦攪拌接合ツール3 aと第2の摩擦攪拌接合ツール3 bにおいては、固定式ショルダ4 a, 4 b同士、及び、プローブ3 3 a, 3 3 b同士が第2のワークW 2を挟んでx軸方向の同位置に配置される。

[0059] 第1の摩擦攪拌接合ツール3 aと第2の摩擦攪拌接合ツール3 bは、図4 Bに示すように、第2のワークW 2の両面側で角隅部c 1と角隅部c 2の摩擦攪拌接合を同時に行うときに、角隅部c 1, c 2に没入させるプローブ3 3 a, 3 3 b同士、更には、プローブ3 3 a, 3 3 bによる角隅部c 1, c 2の攪拌領域s 1, s 2同士に干渉が生じないように、プローブ3 3 a, 3 3 bの固定式ショルダ4 a, 4 bからの突出量が設定されている。

- [0060] これにより、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b による第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 とで形成される角隅部 c 1, c 2 の摩擦攪拌接合が、プローブ 3 3 a による攪拌領域 s 1 と、プローブ 3 3 b による攪拌領域 s 2 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 W 1 と第 2 のワーク W 2 において、攪拌領域 s 1 での攪拌によって接合された部分と、攪拌領域 s 2 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 W 1 と第 2 のワーク W 2 とが当接する当接面が一部残っている。
- [0061] プローブ 3 3 a, 3 3 b の角隅部 c 1, c 2 への挿入量を、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ブの角隅部への挿入量に比して、低減させることができる。
- [0062] これにより、プローブ 3 3 a, 3 3 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、プローブ 3 3 a, 3 3 b が受ける反力を、全攪拌接合を行う場合にプローブ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、摩擦攪拌接合の施工速度を、全攪拌接合を行う場合に比して向上させることができる。又、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b の寿命を向上させることができる。
- [0063] 更に、個々のプローブ 3 3 a, 3 3 b で発生させる摩擦熱によってワーク W 1, W 2 におけるプローブ 3 3 a, 3 3 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。
- [0064] 又、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b 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 3 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 3 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、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 3 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 3 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W1、W2や、ワークテーブル5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。

[0065] 又、角隅部c1、c2について、第2のワークW2の両面側から摩擦攪拌接合を同時に行う。したがって、プローブ33a、33bにより発生する摩擦熱により、ワークW1、W2のx軸方向における同一の位置が加熱される。そのため、角隅部c1と角隅部c2をx軸方向の異なる位置に配置されたプローブで発生する摩擦熱により加熱する場合に比して、ワークW1、W2の加熱は、より効率よく行われる。したがって、高い熱量を用いることにより、角隅部c1と角隅部c2との摩擦攪拌接合を安定して行うことができる。

[0066] 前記のようにワークW1、W2の加熱の効率が向上すると、プローブ33a、33bにより攪拌される攪拌領域s1、s2は軟化しやすくなる。このことによっても、摩擦攪拌接合の施工速度を向上させることができる。又、プローブ33a、33b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3a、3bの寿命を向上させることができる。

[0067] 更に、角隅部c1と角隅部c2をx軸方向の異なる位置に配置されたプローブで発生する摩擦熱により加熱する場合は、角隅部c1と角隅部c2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、本実施形態においては、プローブ33a、33bをx軸方向の同じ位置に配置するので、角隅部c1、c2に対する入熱を均等にすることができる。

[0068] 接合装置本体2は、図1、図2に示すように、テーブル移動経路6（図6参照）をy軸方向に沿って跨ぐように架台1の表面に配置された門形のフレーム37を備えている。フレーム37のy軸方向の一端側には、図2、図3、図7に示すように、第1の主軸ユニット35aが、たとえば、第1の軸直交方向移動ユニット38及び第1の軸方向移動ユニット39を介して取り付けられている。フレーム37のy軸方向の他端側には、第2の主軸ユニット35bが、たとえば、第2の軸直交方向移動ユニット40及び第2の軸方向

移動ユニット 4 1 を介して取り付けられている。

[0069] 第 1 の軸直交方向移動ユニット 3 8 は、図 7、図 8、図 9 に示すように、第 1 の主軸ユニット 3 5 a を、 $y z$ 平面内でプローブ 3 3 a（図 4 参照）の軸心方向に沿う方向（以下、 p 軸方向という）に対して直交する方向（以下、 q 軸方向という）に移動させるよう構成される。

[0070] 具体的には、第 1 の軸直交方向移動ユニット 3 8 は、図 8、図 9 に示すように、フレーム 3 7 に取り付けられたベースプレート 4 2 と、 q 軸方向に延びるようにベースプレート 4 2 に設けられたガイドレール 4 3 と、ガイドレール 4 3 にガイドブロック 4 4 を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル 4 5 と、移動テーブル 4 5 をガイドレール 4 3 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 4 6 とを備える。

[0071] ボールねじ機構 4 6 は、サーボモータ 4 7 と、サーボモータ 4 7 の出力側に連結されたねじ軸 4 8 と、ねじ軸 4 8 に取り付けられたナット部材 4 9 とを備える。

[0072] ボールねじ機構 4 6 は、ベースプレート 4 2 の表面に、ねじ軸 4 8 がガイドレール 4 3 と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構 4 6 のナット部材 4 9 が、ロードセル 5 0 と取付部材 5 1 とを介して移動テーブル 4 5 に取り付けられている。

[0073] 以上の構成を有する第 1 の軸直交方向移動ユニット 3 8 は、サーボモータ 4 7 の駆動力によってねじ軸 4 8 を回転駆動することにより、移動テーブル 4 5 を、ナット部材 4 9 と一緒に、ガイドレール 4 3 に沿わせて q 軸方向に移動させる。

[0074] 第 1 の軸直交方向移動ユニット 3 8 においては、サーボモータ 4 7 による駆動力を停止した状態では、移動テーブル 4 5 がガイドレール 4 3 に沿って無制御で移動できる。

[0075] 第 1 の軸直交方向移動ユニット 3 8 には、移動テーブル 4 5 の自重及び移動テーブル 4 5 に作用する重量のガイドレール 4 3 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52が備えられている。

[0076] ガススプリング52の一端側はベースプレート42の固定個所に取り付けられ、ガススプリング52の他端側は移動テーブル45に取り付けられている。移動テーブル45に作用する重量とは、ナット部材49、ロードセル50、取付部材51、第1の軸方向移動ユニット39及び第1の主軸ユニット35aの重量である。

[0077] 第1の軸方向移動ユニット39は、図7、図10、図11に示すように、第1の主軸ユニット35aを、p軸方向に移動させるよう構成される。

[0078] 具体的には、第1の軸方向移動ユニット39は、第1の軸直交方向移動ユニット38の移動テーブル45に取り付けられたベースプレート53と、p軸方向に延びるようにベースプレート53に設けられたガイドレール54と、ガイドレール54にガイドブロック55を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル56と、移動テーブル56をガイドレール54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57とを備える。

[0079] ボールねじ機構57は、サーボモータ58と、サーボモータ58の出力側に接続された減速機59と、減速機59の出力側に連結されたねじ軸60と、ねじ軸60に取り付けられたナット部材61とを備える。

[0080] ボールねじ機構57は、ベースプレート53の表面に、ねじ軸60がガイドレール54と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構57のナット部材61が、ロードセル62と取付部材63とを介して移動テーブル56に取り付けられている。

[0081] 以上の構成を有する第1の軸方向移動ユニット39は、サーボモータ58の駆動力により減速機59を介してねじ軸60を回転駆動することにより、移動テーブル56を、ナット部材61と一緒に、ガイドレール54に沿わせてp軸方向に移動させる。

[0082] 移動テーブル56には、図7に示すように、第1の主軸ユニット35aが

取り付けられている。

[0083] 第2の軸直交方向移動ユニット40は、図7、図8に示すように、第2の主軸ユニット35bを、yz平面内でプローブ33b（図4参照）の軸心方向に沿う方向（以下、r軸方向という）に対して直交する方向（以下、s軸方向という）に移動させるよう構成される。

[0084] 具体的には、第2の軸直交方向移動ユニット40は、フレーム37に取り付けられたベースプレート64と、s軸方向に延びるようにベースプレート64に設けられたガイドレール65と、ガイドレール65にガイドブロック66を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル67と、移動テーブル67をガイドレール65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68とを備える。

[0085] ボールねじ機構68は、サーボモータ69と、サーボモータ69の出力側に連結されたねじ軸70と、ねじ軸70に取り付けられたナット部材71とを備える。

[0086] ボールねじ機構68は、ベースプレート64の表面に、ねじ軸70がガイドレール65と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構68のナット部材71が、ロードセル72と取付部材73とを介して移動テーブル67に取り付けられている。

[0087] 以上の構成を有する第2の軸直交方向移動ユニット40は、サーボモータ69の駆動力によってねじ軸70を回転駆動することにより、移動テーブル67を、ナット部材71と一緒に、ガイドレール65に沿わせてs軸方向に移動させる。

[0088] 第2の軸直交方向移動ユニット40においては、サーボモータ69による駆動力を停止した状態では、移動テーブル67がガイドレール65に沿って無制御で移動できる。

[0089] 第2の軸直交方向移動ユニット40には、移動テーブル67の自重及び移動テーブル67に作用する重量のガイドレール65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 7 4 が備えられている。

[0090] ガススプリング 7 4 の一端側はベースプレート 6 4 側の固定個所に取り付けられ、ガススプリング 7 4 の他端側は移動テーブル 6 7 に取り付けられている。移動テーブル 6 7 に作用する重量とは、ナット部材 7 1、ロードセル 7 2、取付部材 7 3、第 2 の軸方向移動ユニット 4 1 及び第 2 の主軸ユニット 3 5 b の重量である。

[0091] 第 2 の軸方向移動ユニット 4 1 は、図 7、図 10 に示すように、第 2 の主軸ユニット 3 5 b を、 r 軸方向に移動させるよう構成される。

[0092] 具体的には、第 2 の軸方向移動ユニット 4 1 は、第 2 の軸直交方向移動ユニット 4 0 の移動テーブル 6 7 に取り付けられたベースプレート 7 5 と、 r 軸方向に延びるようにベースプレート 7 5 に設けられたガイドレール 7 6 と、ガイドレール 7 6 にガイドブロック 7 7 を介してスライド自在に取り付けられた移動テーブル 7 8 と、移動テーブル 7 8 をガイドレール 7 6 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 7 9 とを備える。

[0093] ボールねじ機構 7 9 は、サーボモータ 8 0 と、サーボモータ 8 0 の出力側に接続された減速機 8 1 と、減速機 8 1 の出力側に連結されたねじ軸 8 2 と、ねじ軸 8 2 に取り付けられたナット部材 8 3 とを備える。

[0094] ボールねじ機構 7 9 は、ベースプレート 7 5 の表面に、ねじ軸 8 2 がガイドレール 7 6 と平行に延びる姿勢で設置される。ボールねじ機構 7 9 のナット部材 8 3 が、ロードセル 8 4 と取付部材 8 5 とを介して移動テーブル 7 8 に取り付けられている。

[0095] 以上の構成を有する第 2 の軸方向移動ユニット 4 1 は、サーボモータ 8 0 の駆動力により減速機 8 1 を介してねじ軸 8 2 を回転駆動することにより、移動テーブル 7 8 を、ナット部材 8 3 と一緒に、ガイドレール 7 6 に沿わせて r 軸方向に移動させる。

[0096] 移動テーブル 7 8 には、図 7 に示すように、第 2 の主軸ユニット 3 5 b が取り付けられている。

- [0097] したがって、接合装置本体 2 によれば、第 1 の主軸ユニット 35 a に取り付けられている第 1 の摩擦攪拌接合ツール 3 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 38 によって行われる。第 1 の摩擦攪拌接合ツール 3 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 39 によって行われる。
- [0098] 同様に、第 2 の主軸ユニット 35 b に取り付けられている第 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 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 40 によって行われる。第 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 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 41 によって行われる。
- [0099] 接合装置本体 2 では、第 1 の摩擦攪拌接合ツール 3 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 3 a の角隅部 c 1 に対する押圧荷重の制御を、ロードセル 62 の検出結果を基に、第 1 の軸方向移動ユニット 39 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 3 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 38 により実施することができる。
- [0100] 同様に、接合装置本体 2 では、第 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 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 3 b の角隅部 c 2 に対する押圧荷重の制御を、ロードセル 84 の検出結果を基に、第 2 の軸方向移動ユニット 41 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 3 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 40 により実施することができる。
- [0101] このため、接合装置本体 2 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 3 a, 3 b の押圧荷重をより確実に制御することができる。
- [0102] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、図 1、図 2 に示すように、接合装置本

体 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b が配置されている個所の付近で、ワークテーブル 5 と一緒に移動する第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 との接合姿勢を保持するワーククランプユニット 8 6 を備えている。

[0103] ワーククランプユニット 8 6 は、図 1 2、図 1 3 に示され、図 1、図 2 に示した接合装置本体 2 よりもワーク進行方向 F の上流側に配置されたフレーム 8 7 を備えている。

[0104] フレーム 8 7 は、図 1 3 に示すように、テーブル移動経路 6（図 6 参照）を y 軸方向に沿って跨ぐように配置された門形部 8 8 と、図 1 2 に示すように、門形部 8 8 の接合装置本体 2 に臨む面側に設けられる突出部 8 9 とを備える。突出部 8 9 は、図 2 に示すように、第 1 の主軸ユニット 3 5 a と第 2 の主軸ユニット 3 5 b との間に形成される空間内に配置可能な形状を有している。

[0105] フレーム 8 7 の門形部 8 8 の y 軸方向の両端側は、それぞれ、一对のガイドレール 9 0 に、ガイドブロック 9 1 を介してスライド可能に支持されている。一对のガイドレール 9 0 は、架台 1 の y 軸方向の両端部にそれぞれ設けられ、x 軸方向に沿って延びる。これにより、フレーム 8 7 は、ガイドレール 9 0 に沿って、図 2 に実線で示したように突出部 8 9 が第 1 の主軸ユニット 3 5 a と第 2 の主軸ユニット 3 5 b との間の空間内に配置される位置と、図 2 に二点鎖線で示すように突出部 8 9 が第 1 の主軸ユニット 3 5 a 及び第 2 の主軸ユニット 3 5 b から離れた状態になる退避配置との間で移動可能となっている。

[0106] 図示しないが、フレーム 8 7 と架台 1 との間には、フレーム 8 7 を図 2 に実線で示した配置で解除可能に位置固定するためのフレーム固定部が設けられる。

[0107] 門形部 8 8 の内側の z 軸方向の二箇所には、図 1 2、図 1 3 に示すように、一对のサイドクランプローラ 9 2 a, 9 2 b と、一对のサイドクランプローラ 9 2 c, 9 2 d が設けられる。一对のサイドクランプローラ 9 2 a, 9 2 b および一对のサイドクランプローラ 9 2 c, 9 2 d は、それぞれ、y 軸

方向に沿って対向配置され、第2のワークW2の両側面P2a, P2b (図4Aおよび図4B参照) に接触する。

[0108] 一対のサイドクランプローラ92a, 92bと、一対のサイドクランプローラ92c, 92dのうち、たとえば、y軸方向の一側に配置されているサイドクランプローラ92a, 92cは、門形部88に固定されている。一方、y軸方向の他側に配置されているサイドクランプローラ92b, 92d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93を介して門形部88に取り付けられている。サイドクランプローラ92a, 92cと、サイドクランプローラ92b, 92d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93を伸長作動させることにより、第2のワークW2の両側面P2a, P2bには、サイドクランプローラ92a, 92cと、サイドクランプローラ92b, 92dとが両側から押し付けられる。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。

[0109] 門形部88の内側の架台1から離反する端部側に、トップクランプローラ94aが設けられる。トップクランプローラ94a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。トップクランプローラ94aは、yz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95を介して門形部88に取り付けられている。トップクランプローラ94a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95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5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のz軸方向の位置が保持される。

[0110] 突出部89には、一対のサイドクランプローラ92e, 92f及びトップクランプローラ94bが設けられている。一対のサイドクランプローラ92e, 92fは、門形部88の一対のサイドクランプローラ92a, 92bと同様の構成である。サイドクランプローラ92fは、突出部89に油圧シリ

ンダ 93 を介して支持されている。トップクランプローラ 94 b は、門形部 88 のトップクランプローラ 94 a と同様の構成であり、突出部 89 に、油圧シリンダ 95 を介して支持されている。一対のサイドクランプローラ 92 e, 92 f とトップクランプローラ 94 b は、突出部 89 が図 2 に示すように第 1 の主軸ユニット 35 a と第 2 の主軸ユニット 35 b との間の空間内に配置されるときに、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b の上方に配置されることが好ましい。

[0111] なお、サイドクランプローラ 92 a ~ 92 f とトップクランプローラ 94 a, 94 b 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。これは、第 2 のワーク W2 の x 軸方向に沿う姿勢から y 軸方向や z 軸方向へのずれをより確実に防止させるためである。

[0112] 以上の構成を有するワーククランプユニット 86 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、フレーム 87 を、図 2 に実線で示した位置に配置させる。ワーククランプユニット 86 により、摩擦攪拌接合が行われる個所の付近で、摩擦攪拌接合を行う第 2 のワーク W2 の位置の y 軸方向への変位を防止することができ、また、第 1 のワーク W1 及び第 2 のワーク W2 の位置の z 軸方向への変位を防止することができる。

[0113] 主軸ユニット 35 a, 35 b が支持されている接合装置本体 2 のフレーム 37 は、摩擦攪拌接合を行うときに、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b に作用させる押圧荷重の反力の影響を受ける。これに対し、ワーククランプユニット 86 は、接合装置本体 2 のフレーム 37 とは別体のフレーム 87 を備えている。したがって、ワーククランプユニット 86 によるワーク W1, W2 の位置の保持が、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 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。

[0114] 摩擦攪拌接合を実施していないときには、フレーム固定部（図示せず）によるワーククランプユニット 86 の固定を解除して、ワーククランプユニット 86 を、図 2 に二点鎖線で示したように接合装置本体 2 から離れた退避配

置に移動させる。この状態では、突出部 8 9 が露出されるため、サイドクランプローラ 9 2 e, 9 2 f やトップクランプローラ 9 4 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。又、この状態では、第 1 の主軸ユニット 3 5 a と第 1 の摩擦攪拌接合ツール 3 a、及び、第 2 の主軸ユニット 3 5 b と第 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 b から、ワーククランプユニット 8 6 が離れている。したがって、これらの機器に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。

[0115] 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。

[0116] 摩擦攪拌接合の開始前に、作業者が、ワークテーブル 5 に、第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 を配置する。

[0117] この作業は、先ず、ワークテーブル 5 の領域 8（図 5、図 7 参照）に、第 1 のワーク W 1 のワーク進行方向 F の後端側に配置される端部を終端側端部押さえ部材 1 2 の横板部 1 4 に突き当て、第 1 のワーク W 1 の y 軸方向の一端部を段差部 9 に突き当てて配置する。次に、第 1 のワーク W 1 を、端面クランプ 1 0 と表面クランプ 1 1 とを用いてワークテーブル 5 に保持させる。次いで、図 4 A および図 4 B に示した接合姿勢となるように、第 1 のワーク W 1 の面 P 1 に対し、第 2 のワーク W 2 の端縁を突き当てて配置する。この状態で、第 2 のワーク W 2 のワーク進行方向 F の後端側に配置された端部を、終端側端部押さえ部材 1 2 の縦板部 1 5 に突き当てて配置し、第 2 のワーク W 2 を縦板部 1 5 に保持具 1 6 を介して保持させる。ワークテーブル 5 には、第 1 のワーク W 1 と第 2 のワーク W 2 のワーク進行方向 F の前端側に配置された端部に突き当てるようにして始端側端部押さえ部材 1 3 を取り付け、始端側端部押さえ部材 1 3 の縦板部 1 5 に、保持具 1 6 を介して第 2 のワーク W 2 の対応する個所を保持させる。

[0118] ワークテーブル 5 にワーク W 1, W 2 を配置して保持させる作業は、ワークテーブル 5 を x 軸方向に適宜移動させて、接合装置本体 2 及びワーククランプユニット 8 6 と干渉しない位置に配置させた状態で行うようにすればよ

い。この際、ワークテーブル5を、テーブル支持台26を適宜使用して架台1よりはみ出す位置、更には、架台1から外れた位置に配置させてもよい。

[0119] ワークW1, W2をワークテーブル5に保持させた後、ワークテーブル5を、移動機構7によりテーブル移動経路6に沿って移動させて、ワークW1, W2の角隅部c1, c2の摩擦攪拌接合の始端側を、摩擦攪拌接合ツール3a, 3bと同じyz平面内に配置する。

[0120] その後、接合装置本体2では、軸直交方向移動ユニット38, 40と軸方向移動ユニット39, 41により、摩擦攪拌接合ツール3a, 3bのプロープ33a, 33bが角隅部c1, c2に近接して配置されるように主軸ユニット35a, 35bの位置調整を行う。

[0121] 次に、ワーククランプユニット86を、図1、図2に示すように、接合装置本体2に近接した位置に配置させて固定する。次いで、ワーククランプユニット86は、サイドクランプローラ92a~92f及びトップクランプローラ94a, 94bにより、ワークテーブル5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軸方向への変位と、第1のワークW1のz軸方向への変位は防止される。

[0122] この状態で、接合装置本体2は、主軸ユニット35a, 35bの回転駆動部36a, 36bを起動してプロープ33a, 33bの回転駆動を開始する。その後、接合装置本体2は、軸方向移動ユニット39, 41により、主軸ユニット35a, 35bをプロープ33a, 33bの軸心方向(p軸方向、r軸方向)に沿って移動させて、回転駆動状態のプロープ33a, 33bを、角隅部c1, c2に没入させる。更に、固定式ショルダ4aのワーク接触面34aを、第1のワークW1の面P1と第2のワークW2の一方の側面P2aに接触させ、固定式ショルダ4bのワーク接触面34bを、第1のワークW1の面P1と第2のワークW2の他方の側面P2bに接触させる。

[0123] 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c1, c2には、没入されたプロープ33a, 33bによる攪拌領域s1, s2が、互いに干渉しない状態で形成される。

- [0124] 次いで、移動機構 7 は、ワークテーブル 5 の移動を開始する。ワークテーブル 5 が移動すると、ワークテーブル 5 の移動に伴われて移動する角隅部 c 1, c 2 は、定置された接合装置本体 2 の摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b と相対移動する。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。
- [0125] 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 2 は、軸方向移動ユニット 3 9, 4 1 により摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 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 3 9, 4 1 に対する制御を開始する。
- [0126] 同時に、接合装置本体 2 は、軸直交方向移動ユニット 3 8, 4 0 について、サーボモータ 4 7, 6 9 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 3 8 では、移動テーブル 4 5 に第 1 の軸方向移動ユニット 3 9 を介して保持した第 1 の主軸ユニット 3 5 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ようになる。又、第 2 の軸直交方向移動ユニット 4 0 では、移動テーブル 6 7 に第 2 の軸方向移動ユニット 4 1 を介して保持した第 2 の主軸ユニット 3 5 b の位置が、s 軸方向に作用する外力に応じて自在に変化ようになる。
- [0127] その結果、角隅部 c 1, c 2 に位置ずれが生じたとしても、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b の固定式ショルダ 4 a, 4 b が第 1 のワーク W 1 の面 P 1 に沿って滑ることで、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b の位置は、角隅部 c 1, c 2 の位置ずれに追従できる。なお、この場合であっても、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b の角隅部 c 1, c 2 に対する押圧荷重は、軸方向移動ユニット 3 9, 4 1 によって一定に保持されている。
- [0128] このため、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b の位置を、角隅部 c 1, c 2 に倣わせた状態で角隅部 c 1, c 2 に沿う摩擦攪拌接合を行うことができる。
- [0129] 以上のようにして、摩擦攪拌接合ツール 3 a, 3 b による摩擦攪拌接合が角隅部 c 1, c 2 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 7 はワークテーブル 5 の移動を停止させる。

- [0130] 次いで、軸直交方向移動ユニット38、40は、それぞれのサーボモータ47、69による制御を再開し、軸直交方向移動ユニット38、40と軸方向移動ユニット39、41とにより、摩擦撹拌接合ツール3a、3b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33a、33bは、角隅部c1、c2より抜き出される。その後、主軸ユニット35a、35bによるプローブ33a、33bの回転駆動を停止する。
- [0131] その後、ワーククランプユニット86によるワークW1、W2の保持を解除し、ワーククランプユニット86を退避位置まで移動させる。
- [0132] その後、ワークテーブル5を、移動機構7により接合装置本体2及びワーククランプユニット86と干渉しない位置まで移動させてから、ワークW1、W2の接合体を取り出す。
- [0133] 本実施形態の摩擦撹拌接合装置によれば、一对の摩擦撹拌接合ツール3a、3bを用いて、ワークW1、W2間の角隅部c1、c2の摩擦撹拌接合を行うことができる。
- [0134] 摩擦撹拌接合を行う際、本実施形態の摩擦撹拌接合装置においては、角隅部c1、c2が形成される接合姿勢に保持されたワークW1、W2は、ワークテーブル5と一緒に、架台1に定置された接合装置本体2に対して移動する。このため、本実施形態の摩擦撹拌接合装置においては、ワークW1、W2の長さに応じたワークテーブル5を使用することで、接合装置本体2により摩擦撹拌接合するワークW1、W2の長さの制限を受けずに摩擦撹拌接合を行うことができる。
- [0135] ワークテーブル5は、ワーク進行方向Fの後端側に設けられる終端側端部押さえ部材12を備える。ワークテーブル5に配置されるワークW1、W2の双方の角隅部c1、c2の摩擦撹拌接合処理の終端側に位置する端部を、終端側端部押さえ部材12に突き当てて配置することができる。このため、ワークテーブル5をワーク進行方向Fへ移動させるときには、ワークテーブル5に端面クランプ10と表面クランプ11を介して直接保持された第1のワークW1のみならず、第2のワークW2も、終端側端部押さえ部材12に

よってワーク進行方向Fへ押される。これにより、接合装置本体2に対してワークW1、W2の双方を確実に相対移動させることができる。したがって、本実施形態の摩擦攪拌接合装置では、第1のワークW1と第2のワークW2とのx軸方向のずれを防止した状態で、角隅部c1、c2の摩擦攪拌接合ツール3a、3bによる摩擦攪拌接合を実施することができる。

[0136] 又、ワークテーブル5は、第1のワークW1を配置する領域8のy軸方向の一側に設けられる段差部9を備える。段差部9に第1のワークW1のy軸方向の一端面を突き当てることで、ワークテーブル5に第1のワークW1を毎回同じ位置、同じ姿勢で容易に配置することができる。

[0137] 更に、摩擦攪拌接合の実施時は、第1のワークW1とワークテーブル5は、摩擦攪拌接合ツール3a、3bを角隅部c1、c2に対して押圧する荷重の鉛直方向の成分をx軸方向の一個所で受ける。しかし、ワークテーブル5は、端面クランプ10と表面クランプ11を用いて第1のワークW1を保持するため、第1のワークW1のy軸方向への変位に加えて、第1のワークW1がワークテーブル5から離反するような変位も防止することができる。

[0138] [第2実施形態]

図14は、第2実施形態の摩擦攪拌接合装置のワークテーブルを示す平面図である。

[0139] なお、図14において、図5Aおよび図5B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。

[0140] 本実施形態におけるワークテーブル105においては、第1のワークW1を配置する領域8のy軸方向の一側に、段差部9を設ける構成に代えて、図14に示すように、y軸方向の一側に、y軸方向の他側と同様の端面クランプ10と表面クランプ11とを交互に配置する。

[0141] 本実施形態の摩擦攪拌接合装置の構成は、ワークテーブル105以外は、第1実施形態と同様である。

[0142] 本実施形態におけるワークテーブル105を使用する場合は、領域8に第1のワークW1を配置した後、y軸方向の両側に設けられている端面クラン

プ10により、第1のワークW1のy軸方向の位置決めと固定とを行う。その後、表面クランプ11により、第1のワークW1をz軸方向に沿ってワークテーブル105の表面との間に挟んで固定する。

[0143] ワークテーブル105を用いる本実施形態の摩擦攪拌接合装置は、ワークテーブル105に配置する第1のワークW1のy軸方向の位置決めと固定の処理を除いて、第1実施形態の摩擦攪拌接合装置と同様に使用可能であり、同様の効果を得ることができる。

[0144] [第3実施形態]

図15Aは、第3実施形態の摩擦攪拌接合装置のワークテーブルを示す平面図であり、図15Bは、第3実施形態の摩擦攪拌接合装置のワークテーブルを示す側面図である。

[0145] なお、図15Aおよび図15Bにおいて、図5Aおよび図5B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。本実施形態の摩擦攪拌接合装置の構成は、ワークテーブル205以外は、第1実施形態と同様である。

[0146] 本実施形態におけるワークテーブル205においては、図15Aおよび図15Bに示すように、ワーク進行方向Fの後端側（図15Aおよび図15Bでは左側）となるx軸方向の一端側の表面に、逆T字形の終端側端部押さえ部材12を設ける構成に代えて、ブロック形状の終端側端部押さえ部材12aを設ける。

[0147] 終端側端部押さえ部材12aは、ワークテーブル205の表面からz軸方向に突出して設けられる。終端側端部押さえ部材12aは、第2のワークW2における角隅部c1、c2の摩擦攪拌接合処理の終端側に位置する端部の第1のワークW1寄りの部分を突き当てることができる寸法を有する。

[0148] ブロック形状の終端側端部押さえ部材12aのz軸方向の寸法は、たとえば、図12、図13に示したワーククランプユニット86の最も架台1寄りに配置されているサイドクランプローラ92c、92d、及び、サイドクランプローラ92c、92dの支持構造に干渉しないように設定されていることが好ましい。

- [0149] 摩擦撹拌接合処理を行うときには、ワークテーブルに直接保持された第1のワークW1のみならず、第2のワークW2も接合装置本体2に対して確実に相対移動させることが必要とされる。終端側端部押さえ部材は、第1のワークW1と第2のワークW2をワーク進行方向Fへ押すという機能を果たす点で重要度が高い。これに対し、第1実施形態に示した始端側端部押さえ部材13は、第1のワークW1と第2のワークW2の摩擦撹拌接合処理の始端側に位置する端部の位置を定めるとの効果を奏するが、第1のワークW1と第2のワークW2をワーク進行方向Fへ押すという機能には関与していない。
- [0150] この点に鑑みて、本実施形態では、ワークテーブル205は、始端側端部押さえ部材は省略した構成としてある。
- [0151] 本実施形態の摩擦撹拌接合装置は、第1実施形態と同様に、図12、図13に示したワーククランプユニット86を備えていることを前提としている。そのため、ワークテーブル205に配置された第1のワークW1と第2のワークW2との接合姿勢は、ワーククランプユニット86によって保持することができる。そこで、本実施形態で用いるワークテーブル5の終端側端部押さえ部材12aは、ワークテーブル205に配置された第2のワークW2を接合姿勢で保持するための保持具を備えない。
- [0152] なお、摩擦撹拌接合装置における、ワークテーブル205に配置された第1のワークW1と第2のワークW2との接合姿勢を保持するための手段は、ワーククランプユニット86に限らず、別の接合姿勢保持手段であってもよい。この場合も、終端側端部押さえ部材12aは、保持具を省略した構成としてよい。
- [0153] 本実施形態におけるワークテーブル205を使用する場合は、ワークテーブル205に、先ず、第1実施形態の場合と同様に第1のワークW1を配置して固定する。
- [0154] その後、図4に示した接合姿勢となるように、ワークテーブル205に保持された第1のワークW1の面P1に、第2のワークW2の端縁を突き当て

て配置する。

[0155] 更に、第2のワークW2の角隅部c1、c2の摩擦撹拌接合処理の終端側に位置する端部を、終端側端部押さえ部材12aに突き当てて配置する。

[0156] この状態で、ワークテーブル205に配置したワークW1、W2の接合姿勢は、第1実施形態の場合と同様に、別の接合姿勢保持手段であるワーククランプユニット（図12、図13参照）によって保持される。

[0157] その後は、第1実施形態の場合と同様の手順で摩擦撹拌接合処理を行う事により、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0158] 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、ワークテーブル5の裏面に設けられるラック17は、ピンラックであってもよい。この場合、移動機構7に備えるピニオンギア21は、ピンラックに噛合する形式とすればよい。更に、ワークテーブル5の裏面にラック17に代えてチェーンラックを設け、移動機構7には、ピニオンギア21に代えてチェーンラックに噛み合うスプロケットを設けてもよい。

[0159] 又、ワークテーブル5がワークテーブル5の移動方向に延びるラック17又はチェーンラックを備え、移動機構7がワークテーブル5のラック17に噛合するピニオンギア21、又は、チェーンラックに噛合するスプロケットを回転駆動可能に備えていれば、ラック17とピニオンギア21、又は、チェーンラックとスプロケットは、ワークテーブル5の側方や上方に配置されていてもよい。

[0160] ワークテーブル5、105、205に設けられる終端側端部押さえ部材12、12aは、第1のワークW1と第2のワークW2の角隅部c1、c2の摩擦撹拌接合処理の終端側に位置する端部を突き当てて配置することができれば、図5A、図5B、及び図14に示した逆T字形の終端側端部押さえ部材や、図15Aおよび図15Bに示したブロック形状の終端側端部押さえ部材以外の任意の形状、構造としてもよい。

[0161] 更に、ワークテーブル5、105、205に、第1のワークW1が、クランプ10、11等による保持によって角隅部c1、c2の摩擦撹拌接合時に

もワークテーブル 5, 105, 205 と x 軸方向のずれを生じないように固定される場合は、終端側端部押さえ部材 12, 12a は、必ずしも第 1 のワーク W1 に接していなくてもよい。この場合、終端側端部押さえ部材 12, 12a は、第 2 のワーク W2 に接して第 2 のワーク W2 をワーク進行方向 F へ押すことができる形状や構造を備えていればよい。

[0162] 第 1 実施形態にて図 5 A および図 5 B に示したワークテーブル 5 と、第 2 実施形態の図 14 に示したワークテーブル 105 は、始端側端部押さえ部材 13 を省略した構成としてもよい。更に、ワーククランプユニット 86 のような別の接合姿勢保持手段が存在する場合は、終端側端部押さえ部材 12 は、保持具 16 を備えない構成としてもよい。

[0163] ワークテーブル 5, 105, 205 に第 1 のワーク W1 を保持するためのクランプとして、図示した端面クランプ 10 及び表面クランプ 11 以外の任意の形式のクランプを採用してもよい。

[0164] 本開示の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 P2a 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 3a の固定式ショルダ 4a が、第 1 のワーク W1 の面 P1 と第 2 のワーク W2 の側面 P2a 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 P2b 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 3b は、固定式ショルダ 4b が、第 1 のワーク W1 の面 P1 と第 2 のワーク W2 の側面 P2b 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。

[0165] 又、摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b のプローブ 33a, 33b が、固定式ショルダ 4a, 4b 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。

[0166] この場合、ワークテーブル 5, 105, 205 の終端側端部押さえ部材 12, 12a と、必要に応じてワークテーブル 5, 105, 205 に設ける始端側端部押さえ部材 13 は、ワークテーブル 5, 105, 205 に保持させた第 1 のワーク W1 に対して 90 度以外の角度をなす姿勢で配置される第 2 のワーク W2 の端部に突き当てることが可能な形状を備える。

[0167] 図 6 に示したテーブル移動経路 6 におけるボトムガイドローラ 18、サイドガイドローラ 19、トップガイドローラ 20 のサイズと数と配置は一例である。テーブル移動経路 6 の長さ（x 軸方向の寸法）や幅（y 軸方向の寸法）、角隅部 c1, c2 の摩擦攪拌接合時に摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b に付与する押圧荷重の大きさ等に応じて、ガイドローラ 18, 19, 20 のサイズや数や配置は適宜変更してもよい。

[0168] 接合装置本体 2 は、ワークテーブル 5 に配置された第 1 のワーク W1 と第 2 のワーク W2 とによって形成される角隅部 c1, c2 に、図 4A および図 4B に示したような固定式ショルダ 4a, 4b を備えた一对の摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b を配置して、角隅部 c1, c2 の摩擦攪拌接合を行うことができる。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 2 において、フレーム 37 と第 1 の主軸ユニット 35a との間に介装した第 1 の軸直交方向移動ユニット 38 と第 1 の軸方向移動ユニット 39 との x 軸方向の配置（順序）を入れ替え、フレーム 37 と第 2 の主軸ユニット 35b との間に介装した第 2 の軸直交方向移動ユニット 40 と第 2 の軸方向移動ユニット 41 との x 軸方向の配置（順序）を入れ替えてもよい。

[0169] 軸直交方向移動ユニット 38, 40 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 46, 68 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 43, 65 の数や配置、ガイドブロック 44, 66 の数や配置、ベースプレート 42, 64 や移動テーブル 45, 67 の形状、ガススプリング 52, 74 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 38, 40 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 52, 74 以外の任意の形式を採用してもよい。

[0170] 軸方向移動ユニット 39, 41 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 57, 79 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 54, 76 の数や配置、ガイドブロック 55, 77 の数や配置、ベースプレート 53, 75 や移動テーブル 56, 78 の形状等については、任意に変更してもよい。

[0171] 角隅部 c1, c2 に配置する一对の摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b は、x 軸方向の位置を互いにずらした配置としてもよい。摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b を角隅部 c1, c2 に配置させ、角隅部 c1, c2 に向かう押圧力を付与するための機構は、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形式であってもよい。

[0172] 本開示の摩擦攪拌接合装置は、図 12、図 13 に示したワーククランプユニット 86 を備えることが好ましいが、接合装置本体 2 が摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b の付近で第 1 のワーク W1 と第 2 のワーク W2 の接合姿勢を保持させるためのクランプローラ等の接合姿勢保持手段を備えている場合は、ワーククランプユニット 86 を省略した構成としてもよい。

[0173] 摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b のプローブ 33a, 33b の軸心方向が、それぞれ接合対象となる角隅部 c1, c2 の角度の二等分線の方に必ずしも一致していなくてもよい。

[0174] 摩擦攪拌接合ツール 3a, 3b のプローブ 33a, 33b の軸心方向が、yz 平面に沿う方向からワーク進行方向 F (x 軸方向) に傾斜していてもよい。

[0175] 固定式ショルダ 4a, 4b は、接合対象の角隅部 c1, c2 の両側のワーク W1, W2 の面に接触させるワーク接触面 34a, 34b が山形となっていれば、その他の部分は図示した以外の形状としてもよい。

[0176] 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、 x y 平面を基準に角度を変更すればよい。

[0177] 摩擦撹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。

[0178] この場合は、摩擦撹拌接合ツール ３ a, ３ b の固定式ショルダ ４ a, ４ b のワーク接触面 ３ ４ a, ３ ４ b により形成されている山形の頂部における、プローブ ３ ３ a, ３ ３ b よりもワーク進行方向 F の上流側（図 ４ A では下側）となる部分には、フィラーを挿入するための切欠部を設け、プローブ ３ ３ a, ３ ３ b よりもワーク進行方向 F の下流側（図 ４ A では上側）となる部分には、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。

[0179] 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

[0180] 本開示の摩擦撹拌接合装置によれば、接合対象とするワークの長さの制限を受けることなく、一対の摩擦撹拌接合ツールを用いてワーク同士の２つの角隅部の摩擦撹拌接合を行うことができる。

符号の説明

- [0181]
- １ 架台
 - ２ 接合装置本体
 - ３ a 第１の摩擦撹拌接合ツール（摩擦撹拌接合ツール）
 - ３ b 第２の摩擦撹拌接合ツール（摩擦撹拌接合ツール）
 - ４ a, ４ b 固定式ショルダ
 - ５ ワークテーブル
 - ６ テーブル移動経路
 - ７ 移動機構

8 領域

9 段差部

10 端面クランプ（クランプ）

11 表面クランプ（クランプ）

12, 12a 終端側端部押さえ部材

16 保持具

17 ラック

18 ボトムガイドローラ（ガイドローラ）

19 サイドガイドローラ（ガイドローラ）

20 トップガイドローラ（ガイドローラ）

21 ピニオンギア

33a, 33b プローブ

W1 第1のワーク

W2 第2のワーク

c1, c2 角隅部

請求の範囲

- [請求項1] 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のワークとで形成される前記第2のワークの両側の角隅部を前記角隅部の延びる方向に沿って摩擦撹拌接合する摩擦撹拌接合装置であって、
- 摩擦撹拌接合を行う摩擦撹拌接合ツールを備え、定置される接合装置本体と、
- 前記第1のワークと前記第2のワークとを前記角隅部が形成された接合姿勢で配置するワークテーブルと、
- 前記ワークテーブルを、前記角隅部の延びる方向に移動させる移動機構と、
- を備える
- 摩擦撹拌接合装置。
- [請求項2] 前記ワークテーブルは、摩擦撹拌接合を行うときに前記ワークテーブルに配置した前記第1のワークと前記第2のワークとを進行させる方向であるワーク進行方向とは反対側に設けられる終端側端部押さえ部材を備え、
- 前記終端側端部押さえ部材は、摩擦撹拌接合を行うときに、前記第2のワークを前記ワーク進行方向へ押すよう構成される
- 請求項1記載の摩擦撹拌接合装置。
- [請求項3] 前記終端側端部押さえ部材は、前記第2のワークを前記接合姿勢で保持するよう構成される保持具を備える
- 請求項2記載の摩擦撹拌接合装置。
- [請求項4] 前記ワークテーブルは、
- 前記第1のワークを配置する領域の一側に設けられる段差部と、
- 前記第1のワークを配置する領域の他側に設けられるクランプと、
- を有し、
- 前記第1のワークは前記段差部と前記クランプとの間に挟んで保持

される

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]

前記接合装置本体を定置する架台をさらに備え、

前記架台は、前記ワークテーブルの移動をガイドするガイドローラを有するテーブル移動経路を備える、

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合装置。

[請求項6]

前記ワークテーブルは、前記ワークテーブルの移動方向に延びるラック又はチェーンラックを備え、

前記移動機構は、前記ラックに噛合するピニオンギア、又は、前記チェーンラックに噛合するスプロケットを回転駆動可能に備える

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合装置。

[請求項7]

前記ワークテーブルは、前記ワークテーブルの移動方向に延びるラック又はチェーンラックを備え、

前記移動機構は、前記ラックに噛合するピニオンギア、又は、前記チェーンラックに噛合するスプロケットを回転駆動可能に備える

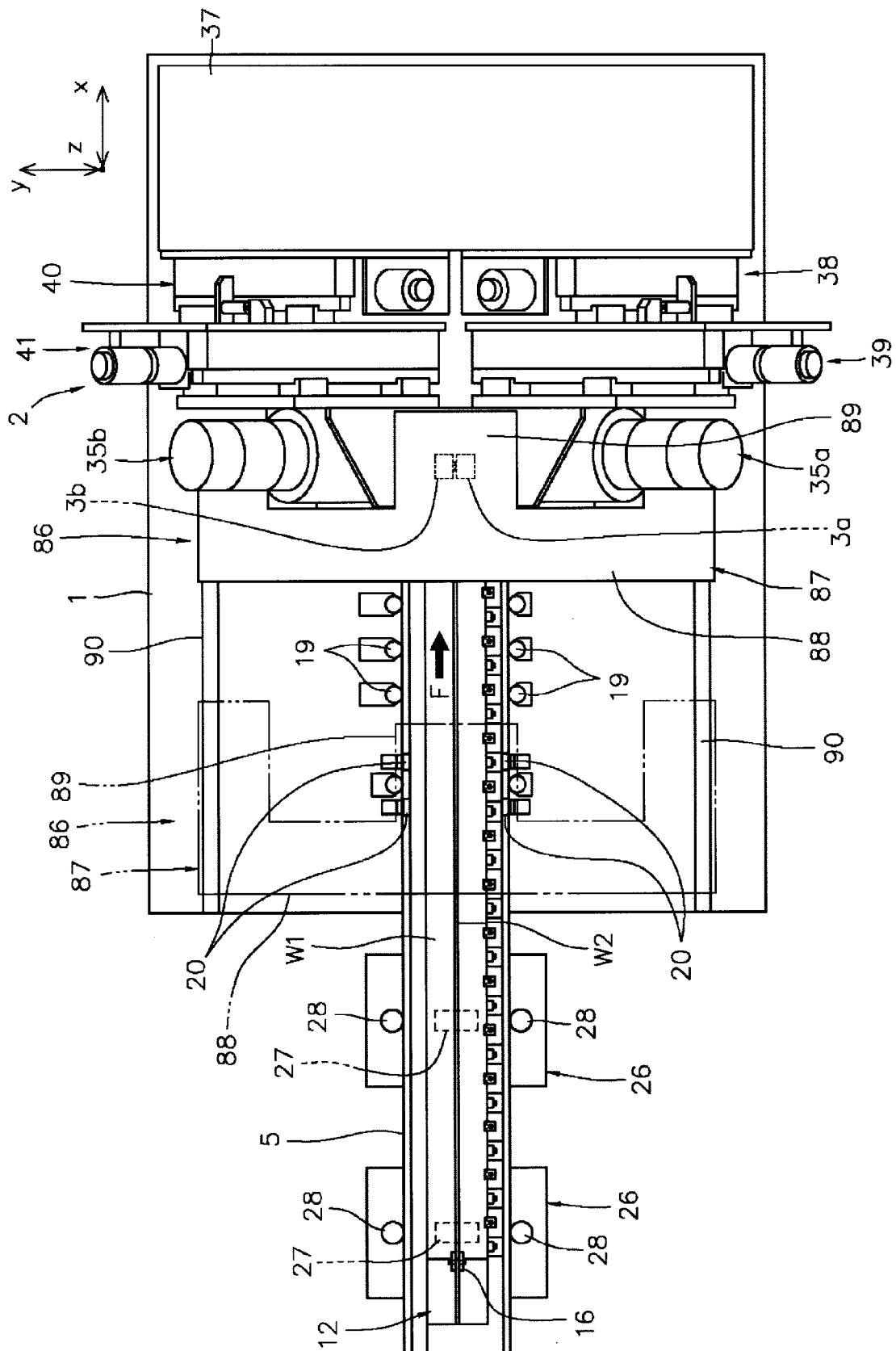
請求項 5 に記載の摩擦攪拌接合装置。

[請求項8]

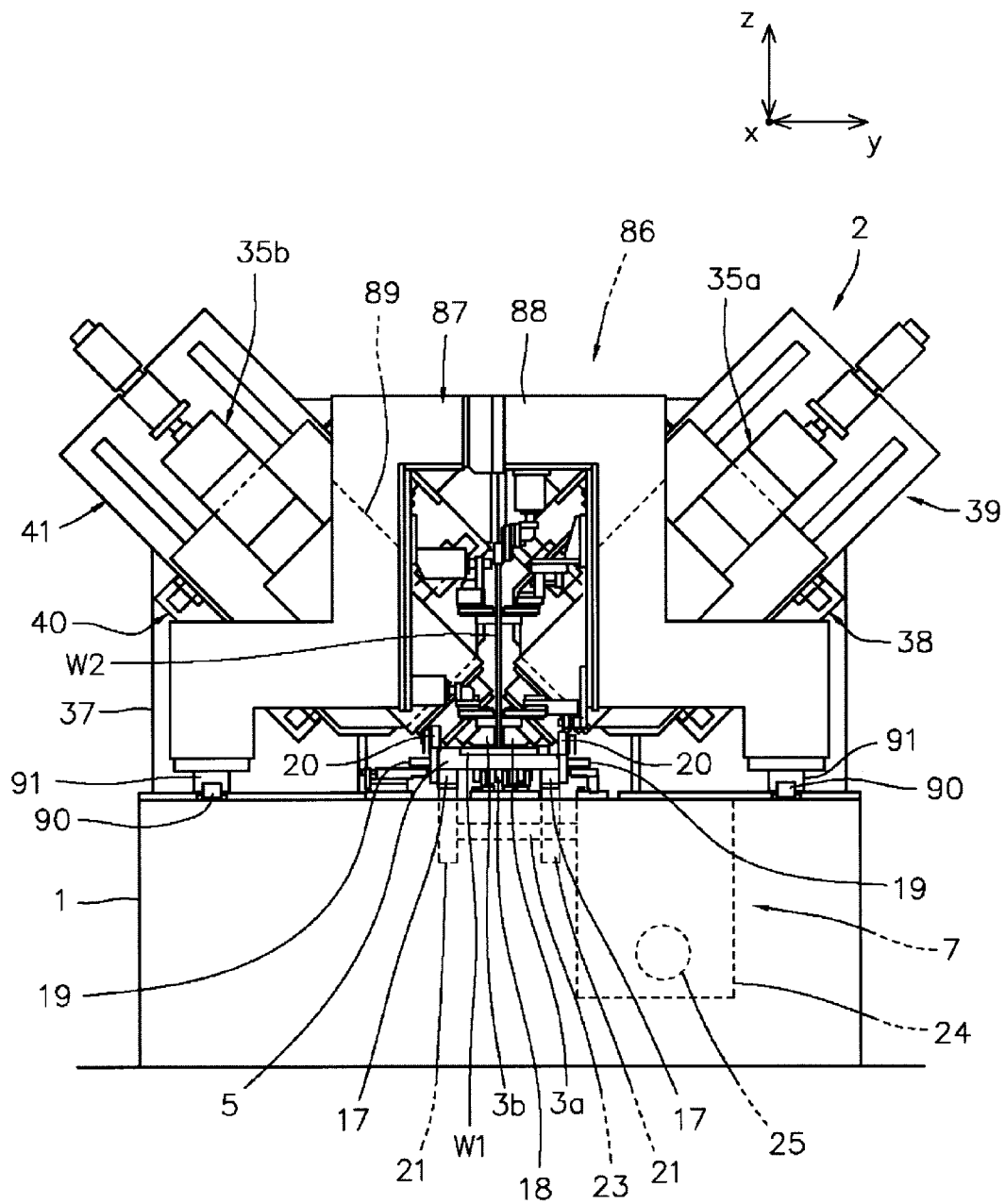
前記移動機構の前記ピニオンギア又は前記スプロケットは、前記テーブル移動経路であって、摩擦攪拌接合を行う時に前記摩擦攪拌接合ツールを前記角隅部へ押圧する荷重が前記第 1 のワークに対し垂直な方向に作用する位置とは異なる位置に設けられる

請求項 7 に記載の摩擦攪拌接合装置。

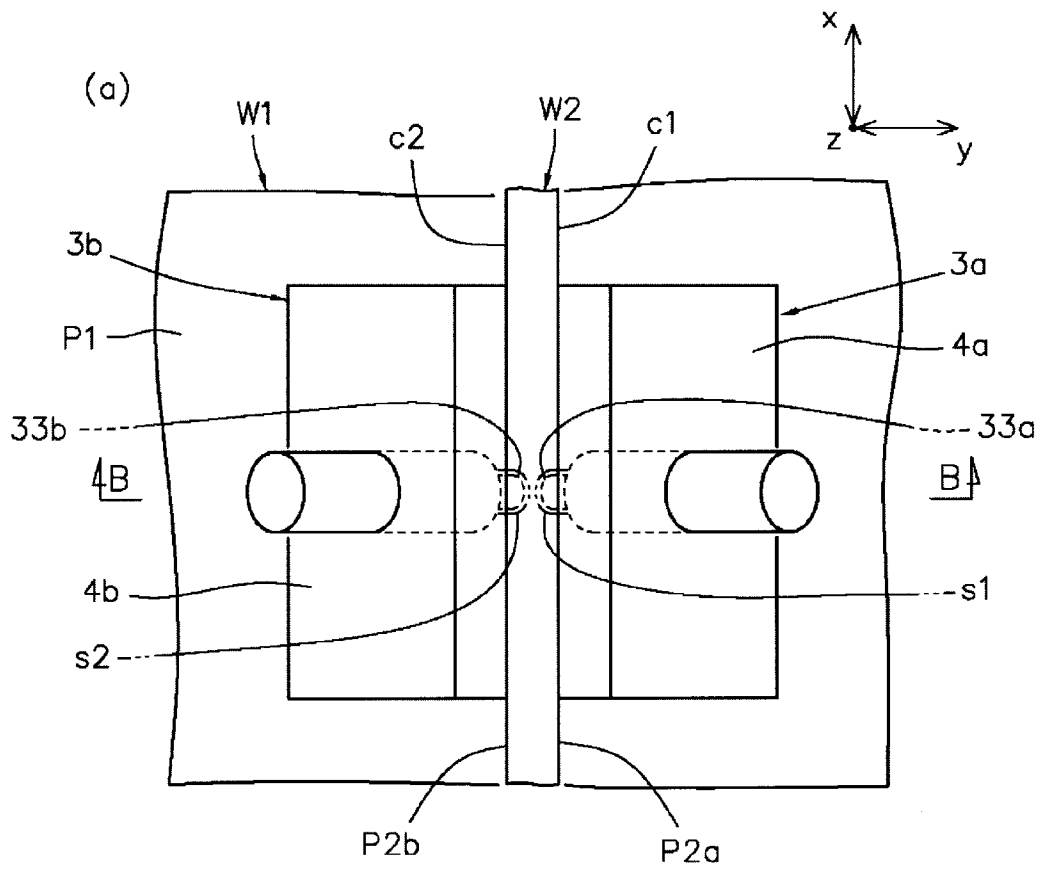
[図2]



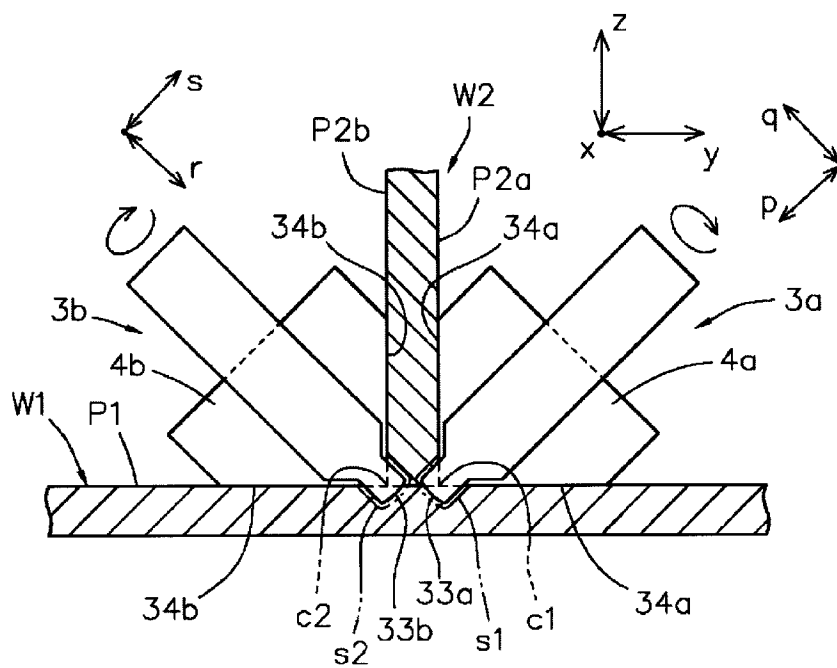
[図3]



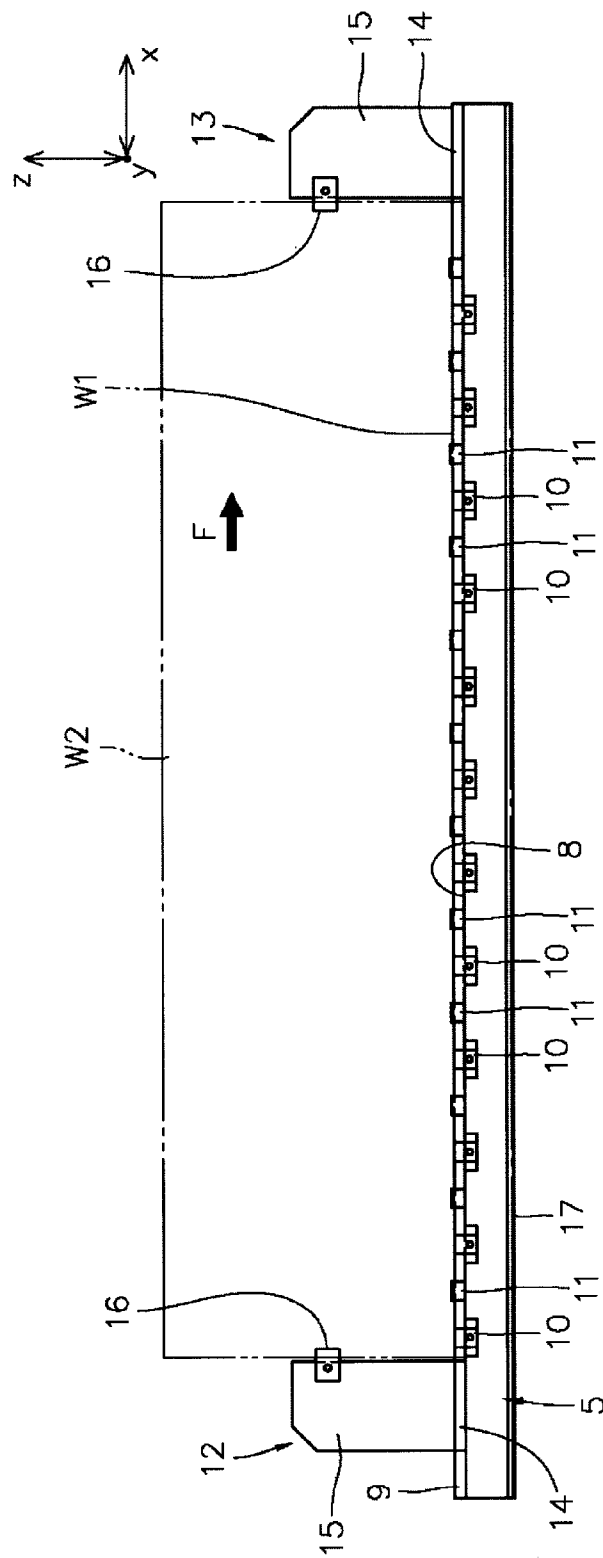
[図4A]



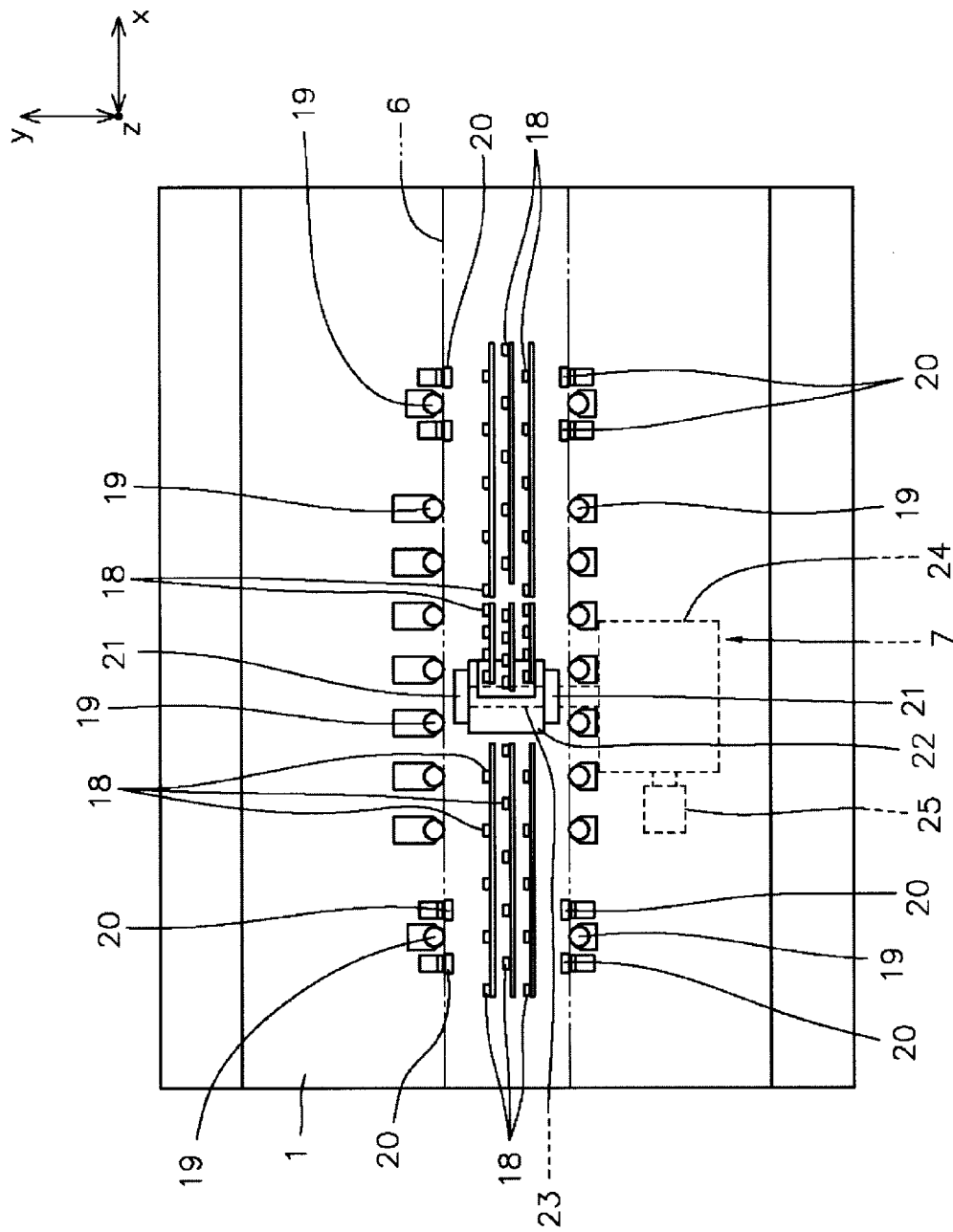
[図4B]



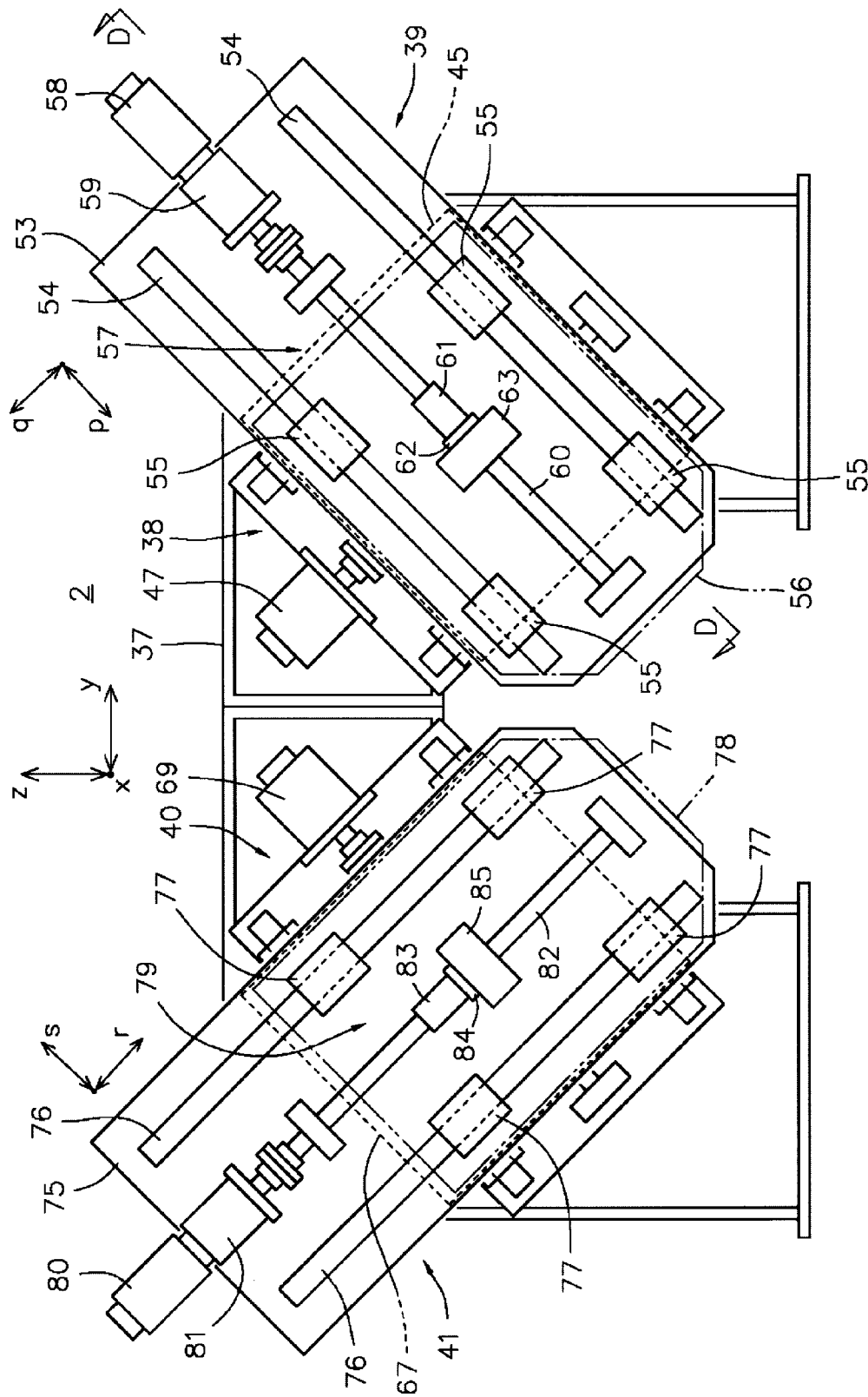
[図5B]



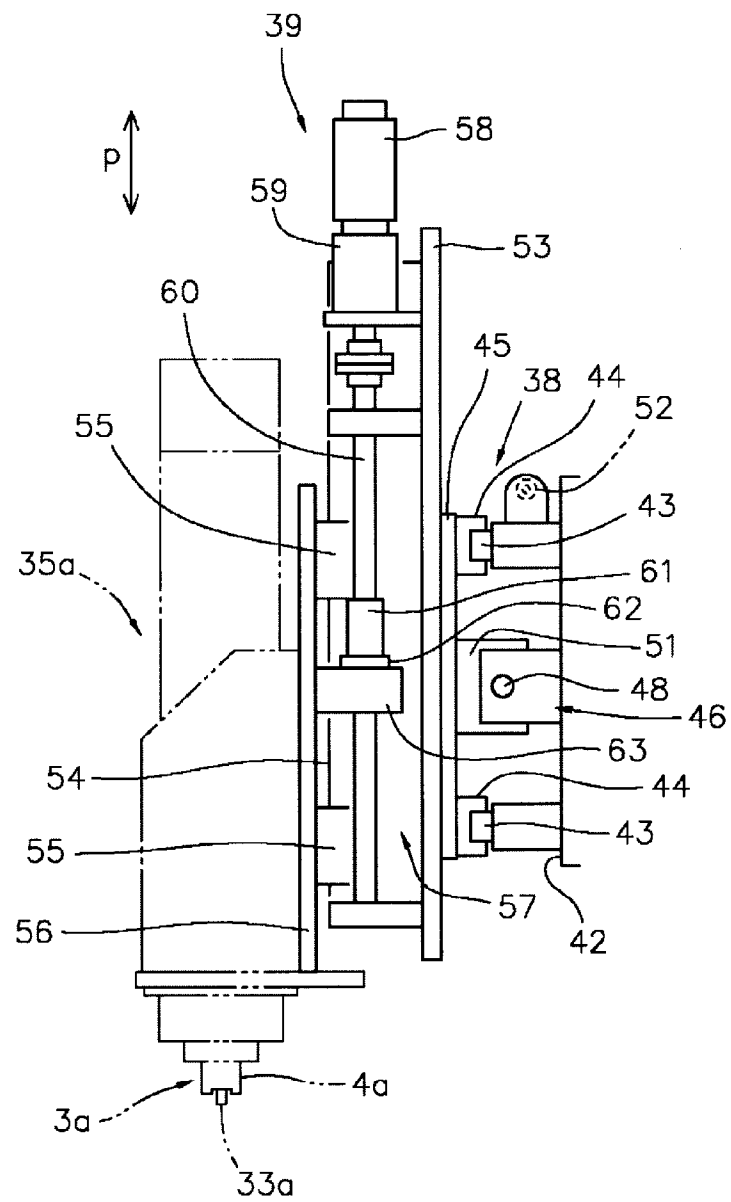
[図6]



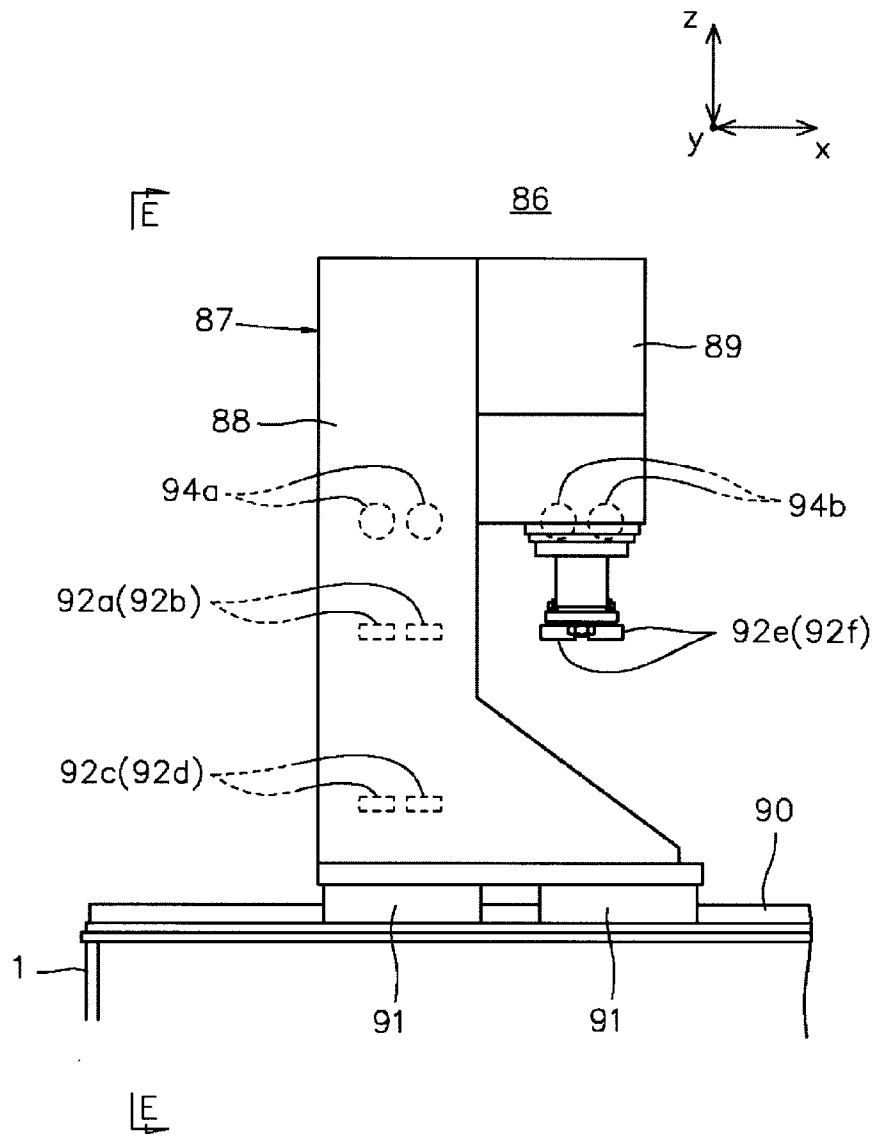
[図10]



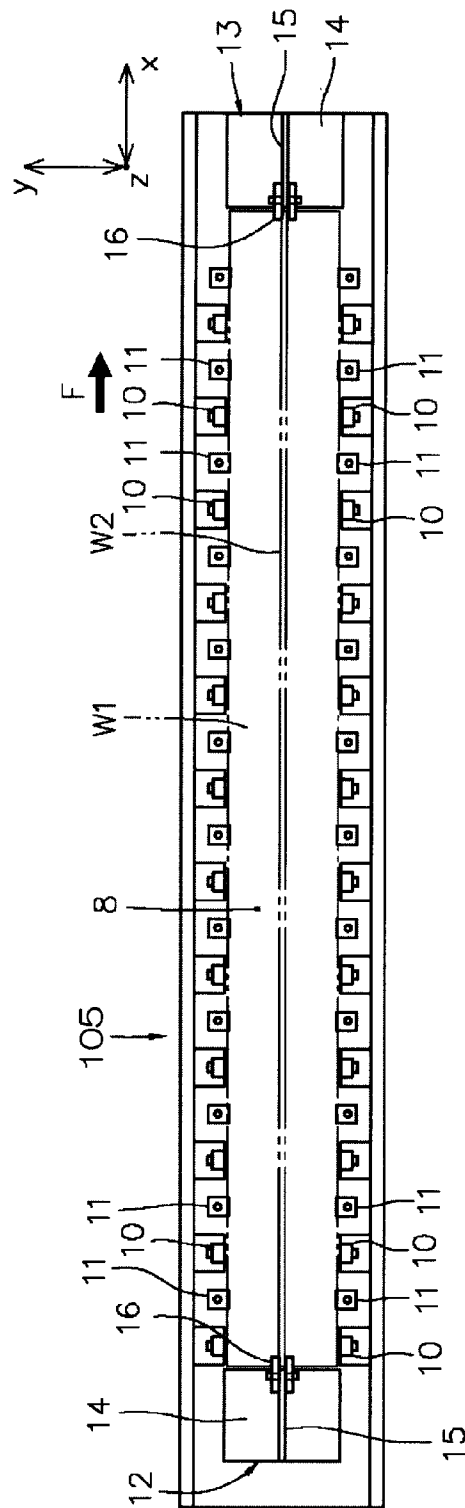
[図11]



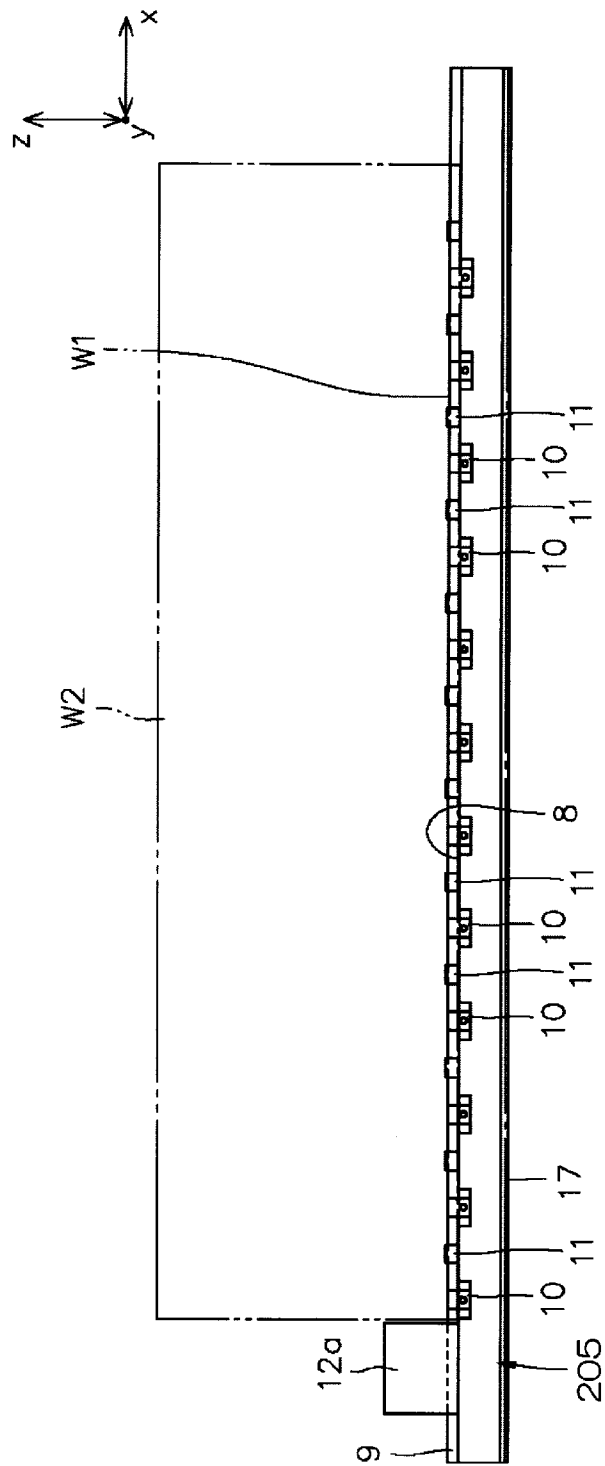
[図12]



[図14]



[図15B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/057519

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.
A	JP 2013-166159 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 29 August 2013 (29.08.2013), fig. 1 to 3 (Family: none)	1-8
A	JP 2013-202629 A (IHI Corp.), 07 October 2013 (07.10.2013), fig. 1 to 4 (Family: none)	1-8

☐ 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
09 May 2016 (09.05.16)

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.

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
A	JP 2013-166159 A（三菱重工業株式会社） 2013.08.29, 図1-3 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2013-202629 A（株式会社IHI） 2013.10.07, 図1-4 (ファミリーなし)	1-8

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

09.05.2016

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