

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-5676

(P2010-5676A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.

B 2 3 K 20/12 (2006.01)

F 1

B 2 3 K 20/12 3 4 O

B 2 3 K 20/12 3 4 2

B 2 3 K 20/12 3 6 4

テーマコード (参考)

4 E O 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-169808 (P2008-169808)

(22) 出願日 平成20年6月30日 (2008. 6. 30)

(71) 出願人 000000262

株式会社ダイヘン

大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号

(74) 代理人 100086380

弁理士 吉田 稔

(74) 代理人 100103078

弁理士 田中 達也

(74) 代理人 100115369

弁理士 仙波 司

(74) 代理人 100117178

弁理士 古澤 寛

(74) 代理人 100130650

弁理士 鈴木 泰光

(74) 代理人 100135389

弁理士 白井 尚

最終頁に続く

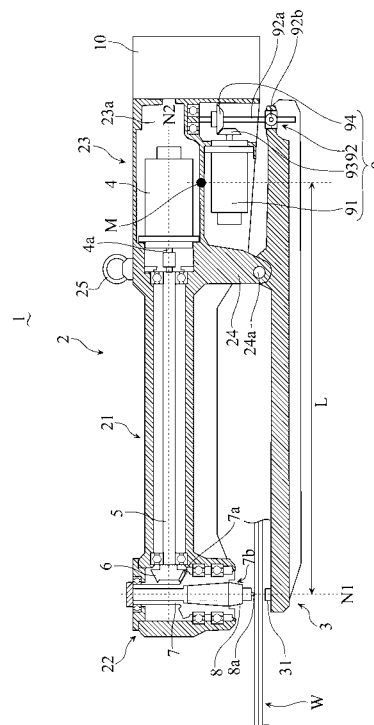
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合装置

(57) 【要約】

【課題】摩擦攪拌接合における反力による衝撃を緩和し、作業者が把持して接合を行なうことができる摩擦攪拌接合装置を提供する。

【解決手段】摩擦攪拌接合装置1は、先端部をL字状に屈曲させて工具8を回転可能に支持する工具保持部22が形成された横長の胴体2を備え、この胴体2の後端部の駆動力部23に工具8の駆動力を発生する主軸回転モータ4が配設され、胴体2の後端部と先端部との間に主軸回転モータ4で発生した駆動力を工具8に伝達するためのシャフト5及び笠歯車6、7aからなる伝達機構が配設されている。反力の発生する工具8に対してアーム部21の長さ以上の距離を離して重量の重い主軸回転モータ4などの駆動力源を配置することにより、摩擦攪拌接合装置1の慣性モーメント(工具8からの距離 $L^2 \times$ 駆動力部23の質量 m)を大きくし、この慣性モーメントにより摩擦攪拌接合時の工具8の回転力の反力を緩和する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

工具を回転させながら被接合物の接合点に圧接させることで摩擦力を発生させ、その摩擦熱により前記接合点周辺を塑性流動させて前記被接合物の接合を行う摩擦攪拌接合装置において、

先端部を L 字状に屈曲させて前記工具を回動可能に支持する工具保持部が形成された横長の胴体を備え、

前記胴体の後端部に前記工具の駆動力を発生させる駆動力発生手段が配設され、前記胴体の後端部と先端部との間に前記駆動力発生手段で発生した駆動力を前記工具保持部に支持された前記工具に伝達する伝達手段が配設されていることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

10

【請求項 2】

前記駆動力発生手段は、電動モータであり、

前記伝達手段は、一方端が前記電動モータのロータに固着され、他方端が前記胴体の長手方向の軸に沿って前記工具保持部に延びるシャフトと、このシャフトの他方端に固着された第 1 の笠歯車と、前記工具の回転軸に設けられ、前記第 1 の笠歯車に歯合した第 2 の笠歯車とで構成されている、請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 3】

前記工具保持部には、前記工具を装着脱することが可能な主軸が回転可能に設けられ、前記第 2 の笠歯車は前記主軸に形成されている、請求項 2 に記載の摩擦攪拌接合装置。

20

【請求項 4】

前記胴体の下側に当該胴体の横長方向と略平行に配置され、中間位置が前記胴体に揺動可能に支持されたアームと、

前記アームの一方端部の、前記工具と対向する位置に設けられ、前記工具との間で前記被接合物を挟持する受け手段と、

前記アームの他方端部を前記胴体から離間する方向に加圧する力を発生する加圧手段とをさらに備えている、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 5】

前記加圧手段は、前記アームの他方端部に設けられたボールスクリュート、このボールスクリュートの回転トルクを発生する加圧モータとを含む、請求項 4 に記載の摩擦攪拌接合装置。

30

【請求項 6】

前記加圧手段は、前記胴体の後端部における前記駆動力発生手段の配設位置の下方位置に配設されている、請求項 4 又は 5 に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 7】

前記胴体の後端部には、更に前記駆動力発生手段および前記加圧手段の駆動を制御する制御手段が配置されている、請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 8】

前記アームの一方端部の前記工具保持部と対向する面に設けられる第 1 の押え手段と、前記工具保持部の先端に上下に移動可能に取り付けられた第 2 の押え手段と、

40

前記工具保持部に設けられ、前記第 2 の押え手段を前記第 1 の押え手段の方向に付勢する付勢手段と、

をさらに備えている、請求項 4 乃至 7 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、点接合装置に関し、特に作業者による手動操作が可能な点接合装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

従来、2枚の重ね合わせた板状の被接合物に先端に突起のある円筒状の工具を加圧した状態で回転させることにより被接合物を点接合する摩擦攪拌接合装置が開発されている。この摩擦攪拌接合装置は、工具の回転により生じる摩擦熱により被接合物を軟化させ、工具の回転力により接合部の周辺を攪拌して塑性流動を生じさせて接合する。

【 0 0 0 3 】

例えば、特許第3400409号公報には、摩擦攪拌点溶接方法に関する基本技術が開示されている。また、特開2002-137067号公報には、多関節ロボットのアームの先端に取り付けられる摩擦攪拌接合装置が開示されている。この摩擦攪拌接合装置は側面視で箱形状の本体の下部にL字状に屈曲した腕が延設されたC字形状のガンアームを備え、本体における腕の先端に対向する位置に回転子（点接合を行う工具に相当）が配設されるとともに、その回転子の横に当該回転子の駆動源であるモータが配設され、腕の先端の回転子に対向する位置に被接合物を挟持するための受け部が設けられた構造を有している。また、特開2005-334891号公報には、腕を本体に揺動可能に支持させるとともに、腕の受け部が設けられる端部とは反対側の端部に加圧部材を設け、点接合時に加圧部材によって受け部を回転子側に押圧させる、いわゆるX型摩擦攪拌点接合装置が記載されている。

10

【 0 0 0 4 】

【特許文献1】特許第3400409号公報

【特許文献2】特開2002-137067号公報

20

【特許文献2】特開2005-334891号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

上記の特許文献に記載の摩擦攪拌接合装置は、いずれも多関節ロボットのアームの先端に取り付けられる装置として提案されているものであり、摩擦攪拌接合装置の被接合物の点接合位置への移動や点接合動作を多関節ロボットによって行わせることを前提としている。しかしながら、被接合物には、例えば、寸法が大きく移動させることが困難で、しかも多関節ロボットを適用する程の生産量を確保できないものがあり、このような被接合物に対しては作業員自身が行うことのできる摩擦攪拌接合装置が必要となる。

30

【 0 0 0 6 】

そこで、上記の特許文献に記載の摩擦攪拌接合装置を多関節ロボットのアームに取り付けず、例えば、摩擦攪拌接合装置をカウンタバランスを使用して吊り下げ、その摩擦攪拌接合装置を作業員が被接合物の点接合位置に移動させて点接合動作を行わせる方法が考えられる。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、この方法では、摩擦攪拌接合方法が工具を被接合物に加圧した状態で回転させて点接合を行うものであるため、装置本体に工具の回転力に起因して反力が生じ、とりわけ工具が回転を開始するときには非常に大きな反力が生じ、その反力が作業員に衝撃力として作用することになり、以下に説明するように、摩擦攪拌接合装置の操作性や点接合の作業性に問題がある。

40

【 0 0 0 8 】

図5は、多関節ロボットのアームの先端に取り付けられる従来の摩擦攪拌接合装置の基本構成を示す側断面図である。また、図6は、従来の摩擦攪拌接合装置とワークに生じるトルクを説明するための図である。

【 0 0 0 9 】

同図に示すように、従来の摩擦攪拌接合装置100の基本構造は、箱形状のボディ101の一方の端部（図5では左端部）に主軸102を介して工具103を回転可能に取り付ける一方、ボディ101内に工具103の駆動源であるモータ104を配設し、モータ104の回転力をタイミングベルト105によって主軸102に伝達して工具103を回転

50

させる構成となっている。そして、ボディ 101 の他方の端部（図 5 では右端部）を多関節ロボットのアーム 107 の先端に取り付け、当該多関節ロボットによって工具 103 をワーク（被接合物）106 に圧接させ、モータ 104 の回転力によって工具 103 を回転させてワーク 106 の点接合を行う。

【0010】

点接合プロセスにおいて、モータ 104 で発生したトルクをタイミングベルト 105 を介して主軸 102 に伝達し、その主軸 102 に固着された工具 103 を回転させ、その状態で工具 103 をワーク 106 に押し付けると、図 6 に示すように、ワーク 106 は工具 103 の回転方向と同一の回転力 T_4 を受ける。しかし、ワーク 106 はその回転力 T_4 以上の力で固定され、回転することはないので、工具 103 をワーク 106 に接触させると、工具 103 とワーク 106 と間に摩擦力が生じ、この摩擦力に起因してボディ 101 には工具 103 の回転力の反力として工具 103 の回転方向と同一の回転力 T_5 が生じる。

10

【0011】

工具 103 をワーク 106 に接触させた瞬間は非常に大きな摩擦力が生じるが、その後はその摩擦力は低下するので、ボディ 101 に生じる回転力 T_5 は工具 103 をワーク 106 に接触させた直後が最も大きく、その回転力 T_5 は、ボディ 101 を支える作業者に衝撃力として作用することになる。この衝撃力は、ワーク 106 の材質や厚みや工具 103 の回転力などの種々の条件で異なるが、例えば、板厚 1 mm の 2 枚の銅板を回転数 3600 rpm の工具で点接合した場合、100 N・m 以上にもなることがある。

20

【0012】

摩擦攪拌接合装置 100 を多関節ロボットのアーム 107 の先端に取り付けて使用する場合、上記の衝撃力やその後のボディ 101 に生じる回転力 T_5 は多関節ロボットによって吸収されるので、特に問題は生じないとしても、作業者が摩擦攪拌接合装置 100 を把持して使用する場合は、上記の衝撃力が摩擦攪拌接合装置の操作性や点接合の作業性を著しく困難にすることになる。

【0013】

従って、従来の多関節ロボット用の摩擦攪拌接合装置を作業者が扱う装置として転用することは現実的でなく、作業者が扱うのに適した構成の摩擦攪拌接合装置を新たに設計する必要があるが、未だそのような摩擦攪拌接合装置は提案されていない。

30

【0014】

本発明は上記した事情のもとで考え出されたものであって、摩擦攪拌接合における反力による衝撃を緩和し、作業者が把持して摩擦攪拌接合を行なうことができる摩擦攪拌接合装置を提供することをその目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決するため、本発明では、次の技術的手段を講じている。

【0016】

本発明は、工具を回転させながら被接合物の接合点に圧接させることで摩擦力を発生させ、その摩擦熱により前記接合点周辺を塑性流動させて前記被接合物の接合を行う摩擦攪拌接合装置において、先端部を L 字状に屈曲させて前記工具を回動可能に支持する工具保持部が形成された横長の胴体を備え、前記胴体の後端部に前記工具の駆動力を発生させる駆動力発生手段が配設され、前記胴体の後端部と先端部との間に前記駆動力発生手段で発生した駆動力を前記工具保持部に支持された前記工具に伝達する伝達手段が配設されていることを特徴としている（請求項 1）。

40

【0017】

好ましくは、請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合装置において、前記駆動力発生手段は、電動モータであり、前記伝達手段は、一方端が前記電動モータのロータに固着され、他方端が前記胴体の長手方向の軸に沿って前記工具保持部に延びるシャフトと、このシャフトの他方端に固着された第 1 の笠歯車と、前記工具の回転軸に設けられ、前記第 1 の笠歯車に

50

歯合した第 2 の笠歯車とで構成するとよい（請求項 2）。

【0018】

更に、請求項 2 に記載の摩擦攪拌接合装置において、前記工具保持部には、前記工具を装着脱することが可能な主軸を回転可能に設け、前記第 2 の笠歯車は前記主軸に形成するとよい（請求項 3）。

【0019】

また、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置において、前記胴体の下側に当該胴体の横長方向と略平行に配置され、中間位置が前記胴体に揺動可能に支持されたアームと、前記アームの一方端部の、前記工具と対向する位置に設けられ、前記工具との間で前記被接合物を挟持する受け手段と、前記アームの他方端部を前記胴体から離間する方向に加圧する力を発生する加圧手段と、をさらに備えるとよい（請求項 4）。

10

【0020】

また、請求項 4 に記載の摩擦攪拌接合装置において、前記加圧手段は、前記アームの他方端部に設けられたボールスクリュート、このボールスクリュートの回転トルクを発生する加圧モータとを含む構成にするよい（請求項 5）。

【0021】

また、請求項 4 又は 5 に記載の摩擦攪拌接合装置において、前記加圧手段は、前記胴体の後端部における前記駆動力発生手段の配設位置の下方位置に配設するとよい（請求項 6）。

【0022】

20

また、請求項 4 乃至 6 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置において、前記胴体の後端部には、更に前記駆動力発生手段および前記加圧手段の駆動を制御する制御手段を配置するとよい（請求項 7）。

【0023】

また、請求項 4 乃至 7 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置において、前記アームの一方端部の前記工具保持部と対向する面に設けられる第 1 の押え手段と、前記工具保持部の先端に上下に移動可能に取り付けられた第 2 の押え手段と、前記工具保持部に設けられ、前記第 2 の押え手段を前記第 1 の押え手段の方向に付勢する付勢手段と、をさらに備えるとよい（請求項 8）。

【発明の効果】

30

【0024】

本発明によれば、先端部が L 字状に屈曲した横長の胴体を備え、先端部に工具を配設し、胴体の後端部に工具の駆動力を発生させる駆動力発生手段や制御手段を配設しているので、胴体の後端部の質量を重くすることにより、当該後端部の質量中心と工具からこの質量中心までの距離による慣性力を大きくすることができ、摩擦攪拌接合時に工具の回転による反力が胴体に発生してもその反力を慣性力により緩和することができる。したがって、作業者は摩擦攪拌接合装置を把持して容易に摩擦攪拌接合を行なうことができる。

【0025】

特に、胴体の後端部に、工具の電動モータやアームの加圧手段やこれらの制御手段を集中配置するので、これらの部材により胴体の後端部に重量物を容易に配置することができ、摩擦攪拌接合装置のコンパクト化、小型化が可能になる。

40

【0026】

本発明のその他の特徴および利点は、添付図面を参照して以下に行う詳細な説明によって、より明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面を参照して具体的に説明する。

【0028】

図 1 は、本発明に係る摩擦攪拌接合装置の第 1 実施形態を示す断面図である。

【0029】

50

同図に示す摩擦攪拌接合装置 1 は、作業者が把持して摩擦攪拌接合作業を行なうための摩擦攪拌接合装置である。

【 0 0 3 0 】

従来の多関節ロボットに取り付けられる摩擦攪拌接合装置が、側面視で、どちらかと言えば縦長の形状を有し、X 型であっても横方向に寸法の短かい形状を有するのに対し、図 1 に示す摩擦攪拌接合装置 1 は、側面視で横長、どちらかといえば棒形状である点に特徴を有する。摩擦攪拌接合装置 1 の形状を、このように横長の棒形状にしているのは、作業者が把持し易くするというだけでなく、主として慣性モーメント（工具からの距離×重量物の質量）を大きくし、その慣性モーメントにより摩擦攪拌接合開始時の非常に大きな摩擦力に起因して装置本体に生じる衝撃力を緩和し、作業者による摩擦攪拌接合装置の操作性や作業性を好適にするためである。

10

【 0 0 3 1 】

慣性モーメントにより衝撃力を緩和する作用効果については、後述するとして、まず、摩擦攪拌接合装置 1 の構成について説明する。

【 0 0 3 2 】

摩擦攪拌接合装置 1 は、横長の棒形状の胴体 2 とこの胴体 2 の下側に揺動自在に支持された揺動アーム 3 とを備えている。胴体 2 および揺動アーム 3 は、金属製であるが、それらの材質は、金属に限定されるものではない。作業者による可搬性を考慮して装置全体を可及的に軽量にするために、一部または全部を軽量で剛性の高い C F R P（炭素繊維強化プラスチック）などの合成樹脂製とすることができる。

20

【 0 0 3 3 】

胴体 2 は、工具 8 が装着される主軸保持部 2 2 と、工具 8 の回転力を発生する主軸回転モータ 4 や揺動アーム 3 への加圧力を発生する加圧装置 9 やこれらの部材の動作を制御する制御装置 1 0 が配設される駆動力部 2 3 と、主軸回転モータ 4 の回転力を主軸保持部 2 2 内の工具 8 に伝達するシャフト 5 が配設されるアーム部 2 1 とで構成されている。なお、胴体 2 のアーム部 2 1、主軸保持部 2 2 及び駆動力部 2 3 は、一体的に形成されている。胴体 2 のアーム部 2 1 と駆動力部 2 3 との境界付近には下側に突出させて支持部 2 4 が設けられており、揺動アーム 3 がこの支持部 2 4 の先端にアーム支持ピン 2 4 a で揺動可能に支持されている。

【 0 0 3 4 】

30

胴体 2 の上側面のアーム部 2 1 と駆動力部 2 3 との境界付近（図 1 では支持部 2 4 の上方位位置）には吊り金具 2 5 が取り付けられている。吊り金具 2 5 は、カウンタバランスを取り付けて摩擦攪拌接合装置 1 を宙吊りするためのもので、これによって作業者への摩擦攪拌接合装置 1 の自重の負荷を軽減するものである。図 1 に示す摩擦攪拌接合装置 1 では、その重心位置がほぼアーム部 2 1 と駆動力部 2 3 との境界付近に設定されているので、カウンタバランスを取り付けるための吊り金具 2 5 をその重心位置付近に設けている。なお、摩擦攪拌接合装置 1 の総重量が、作業者が持ち運びできる程度のもので、特にカウンタバランスを必要としない場合は、吊り金具 2 5 は無くてもよい。

【 0 0 3 5 】

40

胴体 2 のアーム部 2 1 は、慣性モーメントの腕部分（工具 8 からの距離）として作用させる部分で、比較的長さ寸法の長い金属製の円筒である。本実施形態では、アーム部 2 1 を、例えば長さ約 1 . 2 m、直径約 1 5 c m としているが、工具 8 からの距離が 0 . 5 m 以上となるように、アーム部 2 1 の長さを設計するとよい。主軸保持部 2 2 も金属製の円筒であり、主軸保持部 2 2 は、主軸保持部 2 2 の中心軸 N 1（長手方向に沿う軸）がアーム部 2 1 の中心軸 N 2（長手方向に沿う軸）と直交するように L 字状に屈曲させて、アーム部 2 1 の先端（図 1 において左端）に一体的に形成されている。また、駆動力部 2 3 にも上側に円筒状の主軸回転モータ 4 を収納するためのモータ収納室 2 3 a が設けられ、駆動力部 2 3 もアーム部 2 1 の基端（図 1 において右端）に一体的に形成されている。アーム部 2 1 の両端には孔が穿設されており、主軸保持部 2 2 の空洞部分と駆動力部 2 3 のモータ収納室 2 3 a はそれらの孔によってアーム部 2 1 の空洞部分に連通している。

50

【 0 0 3 6 】

なお、駆動力部 2 3 は、慣性モーメントの質量部分として作用させる部分で、重量の重い主軸回転モータ 4、加圧装置 9 及び制御装置 1 0 を駆動力部 2 3 にコンパクトに収納することによってその作用を実現している。そして、主軸回転モータ 4 は主軸 7 の回転力を発生する駆動力源であるので、モータ収納室 2 3 a は駆動力部 2 3 におけるアーム部 2 1 の中心軸 N 2 上に配置され、その下部に加圧装置 9 が配置される構成となっている。

【 0 0 3 7 】

主軸保持部 2 2 の空洞部分には、工具 8 を回転自在に保持するための主軸 7 が設けられている。主軸 7 は円筒の先端にそれよりも外径の大きい筒体を延設した形状を有し、筒体部分が装着脱可能な工具 8 を取り付け部分となっている。主軸 7 の円筒と筒体との段差部分 10 は、アーム部 2 1 と連通する孔に近接する位置に設定され、この段差部分に笠歯車 7 a が形成されている。筒体の部分には開口端から内側に窄まった穴 7 b が設けられ、工具 8 は基端側（図 1 では上側）をこの穴 7 b に収納させて取り付けられる。円筒の部分の基端（図 1 では主軸 7 の上端）は、主軸保持部 2 2 の上面に軸受けにより回転自在に支持され、筒体の部分も主軸保持部 2 2 の内側面に軸受けにより回転自在に支持されている。この構成により、主軸保持部 2 2 内で主軸 7 が中心軸 N 1 の周りに回転するので、主軸 7 に取り付けられる工具 8 は中心軸 N 1 を軸として回転する。

【 0 0 3 8 】

工具 8 は、先端の中央に突起 8 a が設けられた金属製の略円柱状の工具である。工具 8 の基端側は先窄まりのテーパ状に形成された取付部となっている。この取付部の形状は主軸保持部 2 2 の穴 7 b の形状とほぼ同一で、この取付部を穴 7 b に嵌合させて工具 8 が主軸保持部 2 2 に取り付けられている。なお、工具 8 の取付部の形状は、先窄まりのテーパ状に限定されるものではなく、円柱であってもよい。また、工具 8 をチャック等で主軸保持部 2 2 に取り付けてもよい。また、工具 8 の材質は金属に限定されず、セラミックスやエンジニアリングプラスチックなどであってもよい。

【 0 0 3 9 】

アーム部 2 1 の内部にはシャフト 5 が嵌装されている。シャフト 5 は、アーム部 2 1 の基端部（図 1 では右端側）と先端部（図 1 では左端側）で軸受けにより回転可能に支持されている。シャフト 5 の主軸保持部 2 2 内に突出した先端（図 1 では左端）には笠歯車 6 が設けられ、この笠歯車 6 は主軸保持部 2 2 内の主軸 7 に形成された笠歯車 7 a に歯合している。一方、駆動力部 2 3 のモータ収納室 2 3 a には、主軸回転モータ 4 がそのロータ軸をアーム部 2 1 の中心軸 N 2 に一致させて配設されており、シャフト 5 のモータ収納室 2 3 a 内に突出した基端（図 1 では右端）は主軸回転モータ 4 のロータ 4 a に固着されている。

【 0 0 4 0 】

主軸回転モータ 4 が回転すると、その回転力がシャフト 5、笠歯車 6 及び笠歯車 7 a を介して主軸 7 に伝達され、主軸 7 が回転する。従って、主軸回転モータ 4 を回転させると、主軸 7 が回転し、これにより工具 8 が主軸 7 と共に一体的に回転する。工具 8 を被接合物 W（2 枚の板材を重ね合わせたもの）に圧接させた状態で主軸回転モータ 4 を回転させると、これにより工具 8 が回転して被接合物 W における工具 8 の圧接点に摩擦熱が生じ、その摩擦熱で被接合物 W に塑性流動を生じて摩擦攪拌接合が行われる。

【 0 0 4 1 】

揺動アーム 3 は、胴体 2 とほぼ同じ長さを有する細長い金属製の板であり、摩擦攪拌接合時にその先端（図 1 では左端）を被接合物 W に押し付けて当該被接合物 W に対し工具 8 を相対的に圧接させる機能を果たすものである。揺動アーム 3 は胴体 2 の下側に突出した支持部 2 4 に揺動可能に支持され、側面視の形状が X 字状になっている。この外観形状から、摩擦攪拌接合装置 1 は、いわゆる X 型の摩擦攪拌接合装置に属する。

【 0 0 4 2 】

揺動アーム 3 の先端部の工具 8 に対向する位置には、工具 8 の先端の突起 8 a との間で被接合物 W を挟持するための工具受け 3 1 が設けられている。一方、揺動アーム 3 の基端

10

20

30

40

50

部は加圧装置 9 に連結されている。加圧装置 9 は、揺動アーム 3 の基端側を下方に所定の圧力で押圧するものであり、揺動アーム 3 の基端側（図 1 において右端側）が加圧装置 9 によって下方に押圧されることで、先端側の工具受け 3 1 が上方に移動し、被接合物 W が工具 8 に押しつけられる。

【 0 0 4 3 】

加圧装置 9 は、加圧モータ 9 1 と加圧ボールスクリュウ 9 2 を備えている。加圧モータ 9 1 は、トルク制御されるモータであり、所定のトルクを発生させるものである。加圧モータ 9 1 は、モータ収納室 2 3 a の下部に主軸回転モータ 4 と平行で、ロータの出力方向を主軸回転モータ 4 とは逆向きにして設けられている。また、加圧モータ 9 1 のロータ出力側に隣接して、スクリュウ 9 2 a とナット 9 2 b からなる加圧ボールスクリュウ 9 2 が設けられている。スクリュウ 9 2 a は、加圧モータ 9 1 のロータに直交させるように配置され、その上端が駆動力部 2 3 内で軸受けにより回転可能に支持される一方、ナット 9 2 b が揺動アーム 3 の基端部に取り付けられ、スクリュウ 9 2 a の下端部はナット 9 2 b に螺合している。

【 0 0 4 4 】

加圧モータ 9 1 のロータには笠歯車 9 3 が固着され、スクリュウ 9 2 a のその笠歯車 9 3 に臨む位置に当該笠歯車 9 3 に歯合させて笠歯車 9 4 が固着されている。笠歯車 9 3 , 9 4 は、加圧モータ 9 1 の回転力をスクリュウ 9 2 a に伝達するものである。加圧モータ 9 1 を回転させると、その回転力が笠歯車 9 3 , 9 4 を介してスクリュウ 9 2 a に伝達され、スクリュウ 9 2 a が長手方向に沿う中心軸を回転軸として回転する。スクリュウ 9 2 a の回転によりナット 9 2 b が当該スクリュウ 9 2 a に対して相対的に移動し、これにより揺動アーム 3 の基端部が上下動する。

【 0 0 4 5 】

摩擦攪拌接合時には、揺動アーム 3 の基端部が下降する方向（ナット 9 2 b が下に移動する方向）に加圧モータ 9 1 が回転される。揺動アーム 3 の基端部が下降すると、揺動アーム 3 の先端部が上昇し、工具受け 3 1 が被接合物 W（図 1 では被接合物 W の裏面）に圧接される。工具受け 3 1 が被接合物 W に圧接された後も加圧モータ 9 1 は回転し、その出力トルクが所定値になると、加圧モータ 9 1 は出力トルクがその所定値に保持されるように制御される。これにより、工具受け 3 1 が所定の圧力で被接合物 W に押し付けられた状態で、摩擦攪拌接合が行われる。

【 0 0 4 6 】

制御装置 1 0 は、主軸回転モータ 4 および加圧モータ 9 1 を制御するものであり、胴体 2 の駆動力部 2 3 の背面（図 1 では右側の側面）に設けられている。制御装置 1 0 は、主軸回転モータ 4 に対しては回転速度を制御し、加圧モータ 9 1 に対しては出力トルクを制御する。具体的には、制御装置 1 0 は、工具 8 の突起 8 a を被接合物 W に圧入させるとき（摩擦攪拌接合開始時）には、工具 8 の回転速度が所定の第 1 速度になるように、主軸回転モータ 4 の回転を制御し、工具受け 3 1 の押圧力が所定の第 1 圧力になるように、加圧モータ 9 1 の出力トルクを所定の第 1 トルクに制御する。工具 8 の突起 8 a が被接合物 W に圧入した後に塑性流動を生じさせるために、制御装置 1 0 は、工具 8 の回転速度が第 1 速度よりも小さい所定の第 2 速度になるように、主軸回転モータ 4 の回転速度を低下させ、工具受け 3 1 の押圧力が第 1 圧力よりも小さい所定の第 2 圧力になるように、加圧モータ 9 1 の出力トルクを所定の第 2 トルクに低下させる。なお、主軸回転モータ 4 の制御目標値である第 1 速度および第 2 速度や加圧モータ 9 1 の制御目標値である第 1 トルクおよび第 2 トルクは、被接合物 W の材質および厚さにより予め設定されている。

【 0 0 4 7 】

次に、摩擦攪拌接合装置 1 による摩擦攪拌接合動作について説明する。

【 0 0 4 8 】

作業者は、胴体 2 の吊り金具 2 5 が取り付けられた付近を抱えるようにして摩擦攪拌接合装置 1 を把持し、被接合物 W の点接合位置が工具 8 と揺動アーム 3 の工具受け 3 1 で挟まれるように、摩擦攪拌接合装置 1 を移動させた後、図示しないスイッチを押圧すること

により摩擦攪拌接合を開始する。

【 0 0 4 9 】

制御装置 10 は、工具 8 の突起 8 a を被接合物 W に圧入させるために、主軸回転モータ 4 および加圧モータ 9 1 を起動し、各モータの回転速度及び出力トルクを制御する。すなわち、工具 8 の回転速度が第 1 速度となるように主軸回転モータ 4 の回転速度を制御するとともに、工具受け 3 1 の被接合物 W への押圧力が第 1 圧力となるように、加圧モータ 9 1 の出力トルクを制御する。

【 0 0 5 0 】

工具 8 の突起 8 a が被接合物 W に圧接された状態で回転することにより、被接合物 W の圧接位置に摩擦熱が生じ、この摩擦熱により被接合物 W は軟化され、工具 8 の突起 8 a は 2 枚の板材を貫くように被接合物 W に圧入される。

10

【 0 0 5 1 】

その後、制御装置 10 は、主軸回転モータ 4 の回転速度を第 2 速度に低下させるとともに、加圧モータ 9 1 の出力トルクを第 2 トルクに低下させ、その状態を所定の時間保持することにより、被接合物 W 内の工具 8 の突起 8 a 周辺で 2 枚の板材の金属組成を塑性流動によって流動させる。その後、制御装置 10 は、加圧モータ 9 1 を逆回転させて工具受け 3 1 の被接合物 W への押圧を解除し、工具 8 の突起 8 a を被接合物 W から引き抜き、主軸回転モータ 4 の回転を停止する。これにより、被接合物 W の摩擦攪拌接合処理は終了する。

【 0 0 5 2 】

20

次に、摩擦攪拌接合装置 1 の作用について、図 2 を用いて説明する。

【 0 0 5 3 】

図 6 を用いて説明したように、摩擦攪拌接合処理においては、被接合物 W を工具 8 と工具受け 3 1 とで挟んだ状態で工具 8 を回転させると、その回転開始時に非常に大きな摩擦力が発生し、その摩擦力に起因して胴体 2 に工具 8 の回転力の反力として工具 8 の回転方向と同一の回転力が生じる。しかしながら、本発明に係る摩擦攪拌接合装置 1 では、反力の発生源に対しアーム部 2 1 によって長い距離を離して駆動力部 2 3 に主軸回転モータ 4 、加圧装置 9 及び制御装置 10 を含む重量物を配置しているので、図 2 に示すように、工具 8 の回転力の反力が胴体 2 を回転させようとしても駆動力部 2 3 における回転力 T 5 はその重量物による慣性モーメントにより低減され、駆動力部 2 3 が殆ど回転せず、アーム部 2 1 が変形するだけであるので、胴体 2 が回転動作をすることは殆どない。

30

【 0 0 5 4 】

図 1 において、M の位置に駆動力部 2 3 における重量物の質量中心があるとし、工具 8 の回転軸（図 1 の中心軸 N 1）から重量物の質量中心 M までの距離を L、重量物の質量を m、質量中心 M における質量 m の慣性モーメントを I、質量 m に作用する工具 8 の回転力の反力を T、質量 m に反力 T が時間 t だけ作用したときの質量 m の移動角度を θ とすると、これらの物理量の間には下記（1）～（3）の関係式が成立する。

【 0 0 5 5 】

【数 1】

$$I = m \cdot L^2 \quad \cdots (1)$$

40

$$\alpha = T / I \quad \cdots (2)$$

$$\theta = (1/2) \cdot \alpha \cdot t^2 \quad \cdots (3)$$

【 0 0 5 6 】

従って、例えば、工具 8 の回転軸（図 1 の中心軸 N 1）から重量物の質量中心 M までの距離 L を 1.5 m、重量物の質量 m を 500 kg とし、摩擦攪拌接合開始時に工具 8 の回転力の反力 T として 100 N・m の衝撃力が胴体 2 に 0.5 秒間加わった場合の駆動力部 2 3 の移動角度 θ を、上記（1）～（3）の関係式により求めると、 $I = 500 \times 1.5 \times 1.5 = 1125 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 、角加速度 $\alpha = \{ 100 / 9.8 (\text{kg} \cdot \text{m} / \text{sec}^2 \cdot \text{m}) \}$

50

$/ 1125 (kg \cdot m^2) \quad 0.0091 \text{ rad/sec}^2$ であるから、 $\theta = (1/2) \times 0.0091 \times 0.5^2 = 0.00113 \text{ rad}$ となる。そして、工具 8 の回転軸（図 1 の中心軸 N 1）から重量物の質量中心 M までの距離 L は 1.5 m であるので、質量 m の移動距離 d に換算すると、 $d = 1.71 (= 0.00113 \times 1500) \text{ mm}$ となる。

【0057】

上記のように、 $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ の衝撃力 T が胴体 2 に加わったとしても駆動力部 23 は僅か 2.55 mm しか移動しないので、摩擦攪拌接合開始時に瞬時的に $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ の衝撃力 T が生じて、図 2 に示すように、駆動力部 23 は殆ど移動せず、胴体 2 の中心線が変形する（具体的にはアーム部 21 の中心軸 N 2 が変形する）ことによりその衝撃力 T が吸収されることになる。なお、図 2 では、変形した胴体 2 の中心線を円弧状に点線で記載しているが、その中心線の変形量は、工具 8 の回転の中心軸 N 1 と重量物の質量中心 M を 2.55 mm だけ下方向に移動させた位置を結ぶ直線 S に円弧が接する量である。従って、実質的に胴体 2 を保持している作業には衝撃力 T は殆ど作用しないといえる。

10

【0058】

なお、比較として、胴体 2 を図 6 に示す従来構成に近似した構成として、距離 $L = 0.2 \text{ m}$ 、質量 $m = \text{約 } 200 \text{ kg}$ と仮定し、 $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ の衝撃力が胴体に加わった場合の質量 m の移動距離 d を求めると、 $\alpha = (100 / 9.8) / (200 \times 0.2 \times 0.2) = 1.28 \text{ rad/sec}^2$ 、 $\theta = (1/2) \times 1.28 \times 0.5^2 = 0.16 \text{ rad}$ 、 $d = 0.16 \times 200 = 32 \text{ mm}$ となる。このように、従来構成では質量 m の移動距離 d が大きく、しかも距離 L が短かく胴体の変形し難いので、作業者に作用する衝撃力 T を本願発明に係る摩擦攪拌接合装置 1 のように十分に抑制することできないことが分かる。

20

【0059】

上記のように、本実施形態においては、工具 8 の駆動源である主軸回転モータ 4 や揺動アーム 3 を加圧する加圧装置 9 などの比較的重量の重い部材を工具 8 が取り付けられる主軸 7 から所定の距離以上に離れた位置に配設し、その重量物の回転モーメントによって摩擦攪拌接合時の工具 8 の回転力の反力による衝撃を緩和するので、作業者が摩擦攪拌接合装置 1 を把持しての摩擦攪拌接合における操作性や作業性を損なうことなく、容易に接合作業することができる。また、摩擦攪拌接合装置 1 を多関節ロボットの先端に設けた場合でも多関節ロボットにかかる負担が緩和されるので、多関節ロボットの劣化を防止し、寿命を延ばすことができる。

30

【0060】

なお、第 1 実施形態では、シャフト 5 と主軸回転モータ 4 の回転軸を同軸上に配置したが、主軸回転モータ 4 の回転軸をシャフト 5 の回転軸と直交させ、両回転軸をギアで連結する構成であってもよい。要するに、駆動力部 23 の質量中心が位置 M の辺りになるのであれば、主軸回転モータ 4 の駆動力部 23 内の位置や向きは図 1 の構成に限定されない。

【0061】

同様に、加圧モータ 91 の設置場所や向きも図 1 の構成に限定されるものではなく、他の機構により加圧装置 9 を構成してもよい。また、駆動力部 23 内での主軸回転モータ 4、加圧装置 9、および制御装置 10 などの重量の重い部品をより末端側に設置することで、駆動力部 23 の質量中心 M の位置を工具 8 から遠ざけ、より大きな慣性モーメントが生じるようにしてもよい。あるいは、主軸回転モータ 4、加圧装置 9、および制御装置 10 などの質量を大きくしたり、補助的に錘部材を駆動力部 23 内に収納したりして駆動力部 23 の質量 m を重くしたり、胴体 2 のアーム部 21 を長くして慣性モーメントを大きくするようにしてもよい。

40

【0062】

なお、第 1 実施形態では、揺動アーム 3 を設けていたが、揺動アーム 3 は必ずしも必要ではなく、摩擦攪拌接合における負荷が比較的軽い被接合物 W に対する摩擦攪拌接合装置では、揺動アーム 3 のない構成とすることができる。この場合は、主軸保持部 22 を被接合物 W に加圧させるべく、パネ等で抑える機構を設けてもよい。

【0063】

50

その一方、摩擦攪拌接合における負荷が大きい被接合物Wでは、主軸7の回転力の反力による衝撃は、工具8の突起8aを接合位置からずらしたり、2枚の被接合物Wの接合位置をずらしたりする場合がある。工具8の突起8aが接合位置からずれると摩擦熱が分散して被接合物Wを軟化できず塑性流動が生じない。また、2枚の被接合物Wの接合位置がずれると接合不良となる。したがって、このような被接合物Wに対しては、衝撃による接合位置のずれを生じないようにする構成が必要がある。

【0064】

図3は、本発明に係る摩擦攪拌接合装置の第2実施形態を示す断面図である。なお、同図において、第1実施形態と同一または類似の要素には、同一の符号を付している。摩擦攪拌接合装置1'は、揺動アーム3の先端部に第1押さえ32が設けられている点、および、主軸保持部22の開放端に第2押さえ22aおよびバネ22bが設けられている点で第1実施形態に係る摩擦攪拌接合装置1と異なり、その他の構成は同一である。従って、以下では、異なる構成についてのみ説明し、共通の構成の説明は省略する。

【0065】

第1押さえ32および第2押さえ22aは、被接合物Wを挟んで固定するものであり、接触を開始したときの反力により工具8の突起8aが接合位置からずれないように、また、2枚の被接合物Wの接合位置がずれないようにするために設けられている。第1押さえ32は、中央部に孔が穿設された円形状の金属部材であり、孔の中央に工具受け31が位置するように、揺動アーム3の先端部に固着されている。第1押さえ32の被接合物Wと対向する面（以下、「上面」という。）は、工具受け31の被接合物Wと対向する面と略同一となるように設定されている。

【0066】

なお、第2実施形態では、第1押さえ32を摩擦熱を放熱するための放熱部材として機能させるために、その材質を熱拡散率が大きく冷却しやすい銅としている。第1押さえ32の材質はこれに限定されず、被接合物Wの発熱が小さい場合はエンジニアリングプラスチックなどの合成樹脂でもよい。また、第1押さえ32の形状は、円形状に限定されるものではない。

【0067】

第2押さえ22aは、円盤型のキャップ形状を成し、登頂部分（図1では下面の部分）には工具8の突起8aを通すための円形の孔が穿設され、リング状となっている。第2押さえ22aの下面の形状は、第1押さえ32の上面と略同一の形状になっている。第2押さえ22aは、中心軸が主軸7と略同一となるように、主軸保持部22の開放端に、中心軸N1方向に移動自在に取り付けられている。また、第2押さえ22aの鏝部分にはバネ22bが収納され、このバネ22bの復元力により第2押さえ22aが下側に付勢されている。

【0068】

図4は、摩擦攪拌接合装置1'における第1押さえ32および第2押さえ22aの作用を説明するための図である。

【0069】

第2実施形態においては、主軸保持部22と揺動アーム3の先端部との間に被接合物Wの接合位置が挟まれるように摩擦攪拌接合装置1'を移動させた後（図4（a）参照）、加圧装置9を動作させると、揺動アーム3の先端部が上昇し、揺動アーム3の第1押さえ32と主軸保持部22の第2押さえ22aとが被接合物Wの下面と上面にそれぞれ接触する状態（図4（b）参照）となる。その状態で加圧装置9により揺動アーム3に所定の加圧力を加えると、揺動アーム3の第1押さえ32が被接合物Wの下面に圧接される一方、被接合物Wの上面もバネ22bの付勢力により第2押さえ22aが圧接される（図4（c）参照）。これにより、被接合物Wの上下の接合点の周りが第1押さえ32及び第2押さえ22aのドーナツ状の面で押圧され、この状態で摩擦攪拌接合が行われる。

【0070】

第2実施形態に係る摩擦攪拌接合装置1'では、被接合物Wの接合点の周りがドーナツ

10

20

30

40

50

状の面によって所定の圧力で挟持されるので、摩擦攪拌接合中に工具 8 を回転させてもその先端の突起 8 a の位置がずれ難く、安定して摩擦攪拌接合処理を行うことができる。

【 0 0 7 1 】

本発明に係る摩擦攪拌接合装置は、上述した実施形態に限定されるものではない。本発明に係る摩擦攪拌接合装置の各部の具体的な構成は、種々に設計変更自在である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 2 】

【図 1】本発明に係る摩擦攪拌接合装置の第 1 実施形態を示す断面図である。

【図 2】本発明に係る摩擦攪拌接合装置における工具の回転力の反力を低減する作用を説明するための図である。

10

【図 3】本発明に係る摩擦攪拌接合装置の第 2 実施形態を示す断面図である。

【図 4】第 2 実施形態に係る摩擦攪拌接合装置の第 1 押さえ 3 2 および第 2 押さえ 2 2 a の作用を説明するための図である。

【図 5】従来の摩擦攪拌接合装置の基本構成を示す側断面図である。

【図 6】摩擦攪拌接合時に摩擦攪拌接合装置の各部に生じるトルクを説明するための図である。

【符号の説明】

【 0 0 7 3 】

1, 1' 摩擦攪拌接合装置

2 胴体

20

2 1 アーム部

2 2 主軸保持部(工具保持部)

2 2 a 第 2 押さえ(第 2 の押さえ手段)

2 2 b バネ

2 3 駆動力部

2 4 支持部

2 4 a アーム支持ピン

2 5 吊り金具

3 揺動アーム(アーム)

3 1 工具受け(受け手段)

30

3 2 第 1 押さえ(第 1 の押さえ手段)

4 主軸回転モータ(電動モータ)

5 シャフト(伝達手段の要素)

6 笠歯車(伝達手段の要素、第 1 の笠歯車)

7 主軸

7 a 笠歯車(伝達手段の要素、第 2 の笠歯車)

7 b 穴

8 工具

8 a 突起

9 加圧装置(加圧手段)

40

9 1 加圧モータ

9 2 加圧ボールスクリー

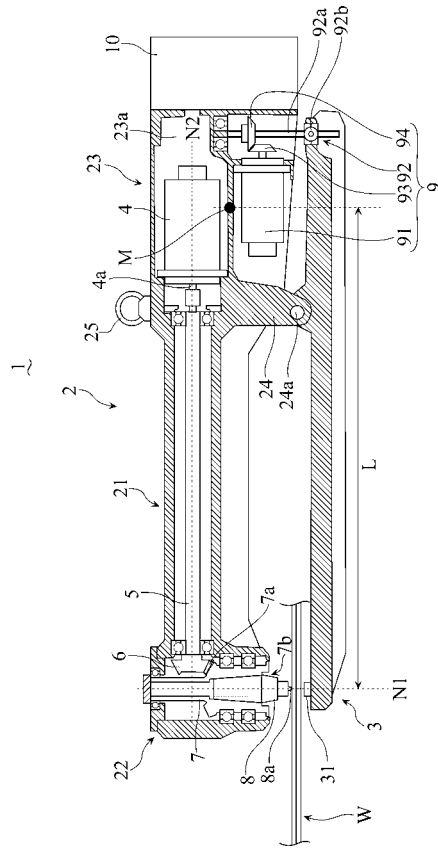
9 2 a スクリー

9 2 b ナット

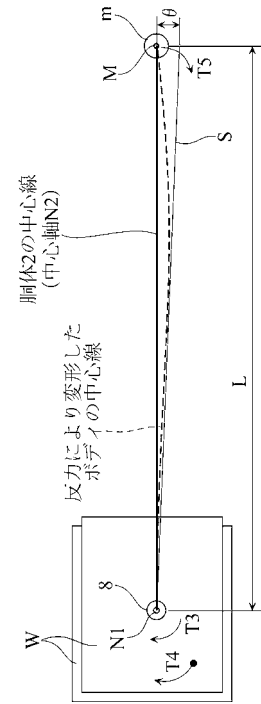
9 3, 9 4 笠歯車

1 0 制御装置(制御手段)

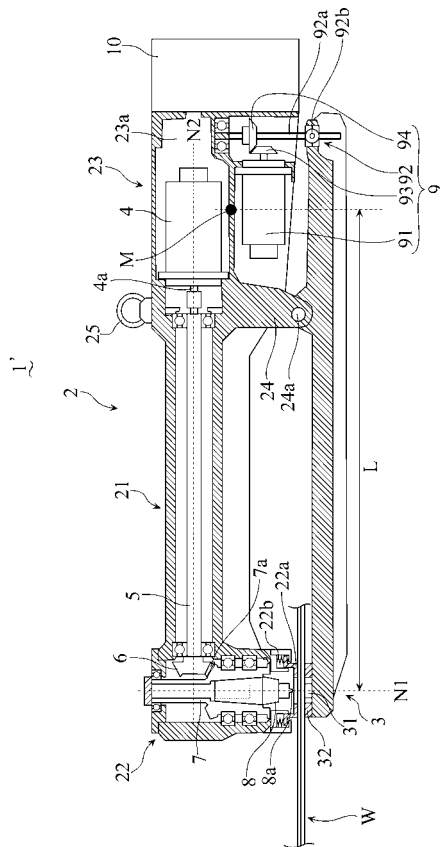
【図 1】



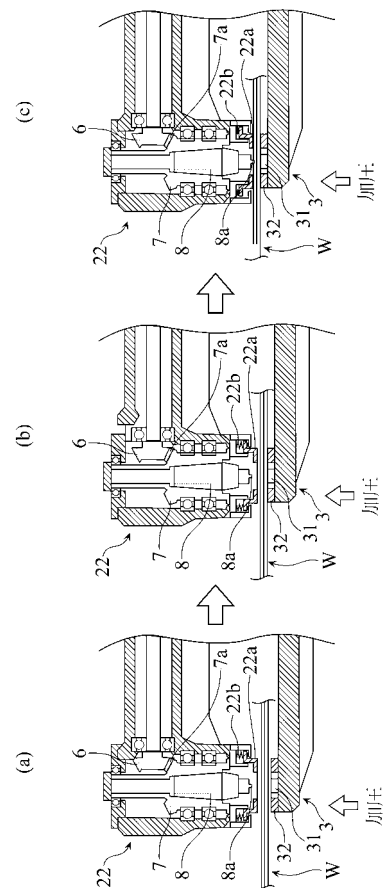
【図 2】



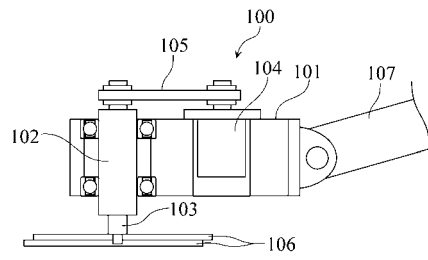
【図 3】



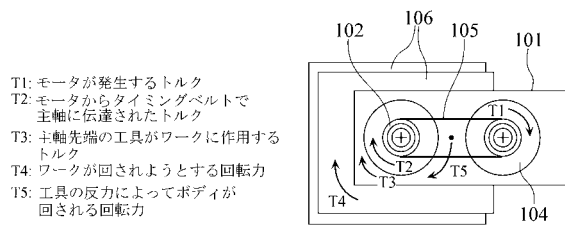
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 笠上 文男

大阪市淀川区田川 2 丁目 1 番 1 1 号 株式会社ダイヘン内

(72)発明者 田中 順一

大阪市淀川区田川 2 丁目 1 番 1 1 号 株式会社ダイヘン内

F ターム(参考) 4E067 BG00 CA01 EC03