

(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2013-123746

(P2013-123746A)

(43) 公開日 平成25年6月24日(2013.6.24)

(51) Int.Cl.

B23K 20/12 (2006.01)

F1

B23K 20/12 340

B23K 20/12 344

B23K 20/12 360

テーマコード(参考)

4E167

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2011-275026 (P2011-275026)
(22) 出願日 平成23年12月15日(2011.12.15)

(71) 出願人 000000099
株式会社 I H I
東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(74) 代理人 100087527
弁理士 坂本 光雄
(72) 発明者 齋藤 浩
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
社 I H I 内
(72) 発明者 大岩 直貴
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
社 I H I 内
(72) 発明者 山中 聡
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会
社 I H I 内
Fターム(参考) 4E167 BG01 BG06 BG09 BG10 BG11
BG20 BG21

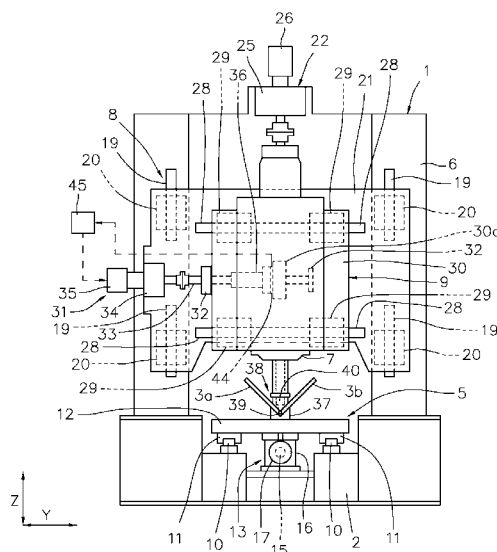
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合装置

(57) 【要約】

【課題】 接合線に倣って摩擦攪拌接合する。

【解決手段】 すみ肉接合用のワーク3aと3bを保持するX軸テーブル5と、門型フレーム6と主軸ユニット7との間のZ軸テーブル8及びY軸テーブル9とから主軸位置決め機構1を形成する。主軸ユニット7は、回転駆動可能なプローブ39と、下端部を2つのワーク接触面によるV字形形状とした固定式ショルダー40からなる摩擦攪拌接合ツール38を備える。Y軸テーブル9のボールねじ直動機構31のナット部材36と、Y軸テーブル本体30の間にロードセル44を介装する。摩擦攪拌接合を行うときに、ロードセル44で検出される固定式ショルダー40とワーク3a、3bの接触圧力の変化を制御器45で監視し、接触圧力が変化すると、変化分がゼロになるように、Y軸テーブル9のサーボモータ35へ指令を与えて、固定式ショルダー40とワーク3a、3bの位置関係が変わらないようにさせる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転駆動可能なプローブと、固定式ショルダーとを備えた摩擦攪拌接合ツールを有する摩擦攪拌接合装置において、

上記固定式ショルダーを、すみ肉接合対象のワークの接合線を挟んだ面にそれぞれ接触させるための 2 つのワーク接触面による V 字形状の下端部を備えてなる構成とし、

更に、上記摩擦攪拌接合ツールを摩擦攪拌接合の施工時における上記ワークとの相対移動方向に直角な水平方向へ移動可能とするための横行軸と、

上記固定式ショルダーの上記ワークに対する上記横行軸に平行な方向の接触圧力を検出する手段と、

該検出手段による接触圧力の検出値に応じて、上記横行軸に上記摩擦攪拌接合ツールの位置を制御するための指令を与える制御器と

を備えてなる構成を有することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項 2】

制御器は、検出手段より入力される接触圧力の検出値を監視して、入力された検出値と、摩擦攪拌接合開始時の該検出値の初期値との差がゼロになるように、上記横行軸に上記摩擦攪拌接合ツールの位置の荷重フィードバック制御を行わせる機能を備えるようにした請求項 1 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、すみ肉の摩擦攪拌接合に用いる摩擦攪拌接合装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

摩擦攪拌接合は、摩擦攪拌接合ツールに装備されたプローブ（棒状突起物、ピン）を、ワークの接合部に回転させながら押し付けてワーク内に没入させて、該ワークの接合部に摩擦熱を発生させて該接合部を軟化させると共に、上記プローブの回転力により、該プローブの周囲にワークの素材の塑性流動領域を形成させて攪拌混合して、複数のワークを一体に接合する手法である。かかる摩擦攪拌接合は、摩擦攪拌接合時に生じる接合反力が小さいアルミ合金材の薄板（10mm以下）の接合を中心に利用されてきている。

【0003】

摩擦攪拌接合に用いる摩擦攪拌接合ツールは、上記ワークの接合部に没入させるためのプローブの基端側に、該プローブよりも大径としてワークの接合部近傍の表面に接触させるためのショルダーを一体に設けた形式のものが主として用いられていた。

【0004】

上記摩擦攪拌接合ツールを用いる摩擦攪拌接合装置は、摩擦攪拌接合ツールを回転駆動可能に備えた主軸ユニットと、接合対象のワークについて、ワークの接合線に沿う方向となる X 軸方向と、鉛直方向である Z 軸方向と、上記 X 軸方向に直交する水平方向である Y 軸方向の相対位置を制御する必要があることから、一般に、3 軸門型加工機のような装置構成とされていた。

【0005】

ところで、上記摩擦攪拌接合装置では、ワークを X 軸方向に進行させて（ワークと摩擦攪拌接合ツールを X 軸方向に相対移動させて）摩擦攪拌接合を行う際に、上記ワークの進行方向に対して、該ワークの接合線の位置が Y 軸方向へ位置ずれを生じていたり、該接合線がワークの面内で X 軸方向から傾きを生じていたりすると、上記摩擦攪拌接合ツールの位置が、ワークの接合線より相対的にずれて、接合不良が生じる。

【0006】

そのため、上記摩擦攪拌接合装置による摩擦攪拌接合を実施する場合は、ワークの進行方向である X 軸方向に対し、該ワークの接合線の位置及び傾きにずれが生じないように、ワークの正確な位置決めを行う必要がある。

【0007】

しかし、ワークが、たとえば、船舶の内構材（ロンジ）のように、数m～20mとなるような非常に長い場合は、該ワークの全長に亘り、ワークの進行方向と、接合線の位置や傾きを正確に合わせるのは非常に困難である。

【0008】

そこで、たとえば、摩擦攪拌接合ツールのXYZ方向位置をサーボモータで制御可能な形式の摩擦攪拌接合装置では、摩擦攪拌接合ツールの進行方向前方のワーク接合線を撮影し、撮影画像中のワーク接合線の基準位置からのずれ量を演算し、該ずれ量に基づいたフィードバック制御により、上記摩擦攪拌接合ツールの位置をワーク接合線に対して微い制御させるようにすることが従来提案されている（たとえば、特許文献1参照）。 10

【0009】

ところで、摩擦攪拌接合は、当初、ワークの接合部が平坦な場合に適用されていたが、近年、ワークのすみ肉の接合について摩擦攪拌接合を適用することが提案されてきている（たとえば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2002-1550号公報

【特許文献2】特許第4240579号公報

【発明の概要】 20

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところが、ワークのすみ肉の接合に摩擦攪拌接合を適用する手法にも、ワークが長い場合は、該ワークの全長に亘り、ワークの進行方向と、接合線の位置や傾きを正確に合わせるのは困難であるという問題が生じるが、特許文献2には、その対策は何ら示されていない。

【0012】

上記特許文献1に示された摩擦攪拌接合の微い制御の手法は、ワークの接合線の位置を画像解析で検出する必要があるため、カメラや画像解析装置が必要であり、コストが嵩むという問題がある。又、該手法は、ワークの接合線の位置を検出する個所と、摩擦攪拌接合ツールにより摩擦攪拌接合を実施している個所が一致していないため、微い制御の精度を高めることが難しく、誤動作の可能性もある。 30

【0013】

そこで、本発明は、ワークのすみ肉の摩擦攪拌接合を行う際に、摩擦攪拌接合ツールとワークとの相対移動方向に対して、該ワークの接合線の位置及び水平面内での傾きにずれが生じていても、該ワークの接合線に沿う位置でのすみ肉の摩擦攪拌接合を、容易に且つ確実に実施することができる摩擦攪拌接合装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明は、上記課題を解決するために、請求項1に対応して、回転駆動可能なプローブと、固定式ショルダーとを備えた摩擦攪拌接合ツールを有する摩擦攪拌接合装置において、上記固定式ショルダーを、すみ肉接合対象のワークの接合線を挟んだ面にそれぞれ接触させるための2つのワーク接触面によるV字形状の下端部を備えてなる構成とし、更に、上記摩擦攪拌接合ツールを摩擦攪拌接合の施工時における上記ワークとの相対移動方向に直角な水平方向へ移動可能とするための横行軸と、上記固定式ショルダーの上記ワークに対する上記横行軸に平行な方向の接触圧力を検出する手段と、該検出手段による接触圧力の検出値に応じて、上記横行軸に上記摩擦攪拌接合ツールの位置を制御するための指令を与える制御器とを備えてなる構成を有する摩擦攪拌接合装置とする。 40

【0015】

又、上記構成において、制御器は、検出手段より入力される接触圧力の検出値を監視し 50

て、入力された検出値と、摩擦攪拌接合開始時の該検出値の初期値との差がゼロになるように、上記横行軸に上記摩擦攪拌接合ツールの位置の荷重フィードバック制御を行わせる機能を備えるようにした構成とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明の摩擦攪拌接合装置によれば、以下のような優れた効果を発揮する。

(1) 回転駆動可能なプローブと、固定式ショルダーとを備えた摩擦攪拌接合ツールを有する摩擦攪拌接合装置において、上記固定式ショルダーを、すみ肉接合対象のワークの接合線を挟んだ面にそれぞれ接触させるための2つのワーク接触面によるV字形状の下端部を備えてなる構成とし、更に、上記摩擦攪拌接合ツールを摩擦攪拌接合の施工時における上記ワークとの相対移動方向に直角な水平方向へ移動可能とするための横行軸と、上記固定式ショルダーの上記ワークに対する上記横行軸に平行な方向の接触圧力を検出する手段と、該検出手段による接触圧力の検出値に応じて、上記横行軸に上記摩擦攪拌接合ツールの位置を制御するための指令を与える制御器とを備えてなる構成としてあるので、すみ肉接合対象のワークの接合線の位置に、摩擦攪拌接合時における摩擦攪拌接合ツールとワークの相対移動方向に対する位置ずれや、傾きが生じている場合であっても、上記摩擦攪拌接合ツールのプローブを、上記ワークの接合線に倣って移動させることができる。したがって、上記ワークの精密な位置決めを行わなくても、該ワークの接合線の位置での摩擦攪拌接合を良好に実施することができる。

(2) これにより、上記ワークが長尺の場合にも、該ワークの摩擦攪拌接合を容易に実施することができる。

(3) 更に、摩擦攪拌接合の施工条件が安定するため、摩擦攪拌接合により製造する製品の品質の向上化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の摩擦攪拌接合装置の実施の一形態を示す概略正面図である。

【図2】図1の摩擦攪拌接合装置の概略側面図である。

【図3】図1の摩擦攪拌接合装置の摩擦攪拌接合ツールを拡大して示すもので、(a)は正面図、(b)は側面図である。

【図4】図1の摩擦攪拌接合装置におけるロードセルの取り付け個所を拡大して示す概略側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明を実施するための形態を図面を参照して説明する。

【0019】

図1乃至図4は本発明の摩擦攪拌接合装置の実施の一形態を示すもので、3軸門型の主軸位置決め機構を備える形式の場合の例を示すものである。

【0020】

ここで、先ず、上記3軸門型の主軸位置決め機構について説明する。

【0021】

上記3軸門型の主軸位置決め機構は、図1及び図2に符号1で示すように、水平な架台2上に、すみ肉の接合対象となるワーク3aと3bを載置して該ワーク3aと3bの接合線4(図3(a)(b)参照)の延びる方向に沿って移動させるためのX軸テーブル5を備える。

【0022】

更に、上記主軸位置決め機構1は、上記X軸テーブル5を跨ぐ門型フレーム6を備え、該門型フレーム6に、上記X軸テーブル5の上方に配置した主軸ユニット7が、該主軸ユニット7の鉛直方向(Z軸方向)の位置を制御するためのZ軸テーブル8と、上記X軸テーブル5の移動方向(以下、X軸方向と云う)に直交する水平方向(以下、Y軸方向と云う)の位置を制御するための横行軸としてのY軸テーブル9を介して取り付けられた構成

としてある。

【0023】

上記X軸テーブル5は、上記X軸方向に延びるように上記架台2上に設けたガイドレール10と、水平な平板状として上記ガイドレール10にガイドブロック11を介してスライド自在に取り付けたX軸テーブル本体12と、上記架台2とX軸テーブル本体12の間に設けたX軸方向の直動機構としてのボールねじ直動機構13とから構成されている。

【0024】

上記ボールねじ直動機構13は、上記ガイドレール10と平行に配置したねじ軸15と、該ねじ軸15の軸心方向の両端部を上記架台2に回転自在に支持させる軸受部材14と、上記ねじ軸15の軸心方向の一端部に接続した減速機16と、該減速機16に接続したサーボモータ17と、上記ねじ軸15の中間部に取り付けたナット部材18とから構成されている。上記ナット部材18は、ブラケット12aを介して上記X軸テーブル本体12に取り付けられている。

【0025】

これにより、上記X軸テーブル5は、サーボモータ17による上記減速機16を介したねじ軸15の回転駆動により、上記ナット部材18と一緒に上記X軸テーブル本体12を、上記X軸方向に移動させることができるようにしてある。この際、上記X軸テーブル5では、上記サーボモータ17の回転量の検出信号、もしくは、リニアゲージや変位センサ等の図示しない位置検出手段による上記ナット部材18やX軸テーブル本体12の位置の検出信号を基に、後述するように上記X軸テーブル本体12の上側に載置して保持させるワーク3a、3bの位置や移動速度を制御できるようにしてある。

【0026】

上記Z軸テーブル8は、上記門型フレーム6に設置した鉛直方向（Z軸方向）のガイドレール19と、上記X軸方向に垂直な鉛直面に沿う平板状として上記ガイドレール19にガイドブロック20を介してスライド自在に取り付けたZ軸テーブル本体21と、上記門型フレーム6とZ軸テーブル本体21の間に設けたZ軸方向の直動機構としてのボールねじ直動機構22とから構成されている。

【0027】

上記ボールねじ直動機構22は、上記ガイドレール19と平行に配置したねじ軸24と、該ねじ軸24の軸心方向の両端部を上記門型フレーム6に回転自在に支持させる軸受部材23と、上記ねじ軸24の軸心方向の一端部となる上端部に接続した減速機25と、該減速機25に接続したサーボモータ26と、上記ねじ軸24の中間部に取り付けたナット部材27とから構成されている。上記ナット部材27は、ブラケット21aを介して上記Z軸テーブル本体21に取り付けられている。

【0028】

これにより、上記Z軸テーブル8は、サーボモータ26による上記減速機25を介したねじ軸24の回転駆動により、上記ナット部材27と一緒に上記Z軸テーブル本体21を、鉛直方向としてのZ軸方向に移動させることができるようにしてある。この際、上記Z軸テーブル8では、上記サーボモータ26の回転量の検出信号、もしくは、リニアゲージや変位センサ等の図示しない位置検出手段による上記ナット部材27やZ軸テーブル本体21の位置の検出信号を基に、後述するように上記Z軸テーブル本体21にY軸テーブル9を介して保持される主軸ユニット7のZ軸方向の位置（高さ位置）を制御できるようにしてある。

【0029】

上記Y軸テーブル9は、上記Z軸テーブル本体21に設置したY軸方向のガイドレール28と、上記X軸方向に垂直な鉛直面に沿う平板状として上記ガイドレール28にガイドブロック29を介してスライド自在に取り付けたY軸テーブル本体30と、上記Z軸テーブル本体21とY軸テーブル本体30の間に設けたY軸方向の直動機構としてのボールねじ直動機構31とから構成されている。

【0030】

上記ボールねじ直動機構 31 は、上記ガイドレール 28 と平行に配置したねじ軸 33 と、該ねじ軸 33 の軸心方向の両端部を上記 Z 軸テーブル本体 21 に回転自在に支持させる軸受部材 32 と、上記ねじ軸 33 の軸心方向の一端部に接続した減速機 34 と、該減速機 34 に接続したサーボモータ 35 と、上記ねじ軸 33 の中間部に取り付けた被駆動部材としてのナット部材 36 とから構成されている。上記ナット部材 36 は、ブラケット 30a を介して上記 Y 軸テーブル本体 30 に取り付けられている。

【0031】

これにより、上記 Y 軸テーブル 9 は、サーボモータ 35 による上記減速機 34 を介したねじ軸 33 の回転駆動により、上記ナット部材 36 と一緒に上記 Y 軸テーブル本体 30 を、上記 Y 軸方向に移動させることができるようにしてある。この際、上記 Y 軸テーブル 9 は、上記サーボモータ 35 の回転量の検出信号、もしくは、リニアゲージや変位センサ等の図示しない位置検出手段による上記ナット部材 36 や Y 軸テーブル本体 30 の位置の検出信号を基に、上記 Y 軸テーブル本体 30 に取り付けられた上記主軸ユニット 7 について、上記 Y 軸方向の位置を制御できるようにしてある。

【0032】

本発明の摩擦攪拌接合装置は、更に、上記 X 軸テーブル本体 12 の上側に、すみ肉の接合対象となるワーク 3a と 3b を保持するための治具 37 を備える。該治具 37 は、図 3 (a) に示すように、上記ワーク 3a と 3b を、接合線 4 を挟んだ配置となる該ワーク 3a と 3b の面が共に傾斜面となるようにした姿勢、すなわち、該ワーク 3a と 3b のすみ肉の接合部が、上方に開放された V 字状となる姿勢で保持できるようにしてある。又、上記治具 37 は、上記ワーク 3a と 3b を、接合線 4 の長手方向が上記 X 軸テーブル 5 の動作方向に沿うように配置した状態で、該ワーク 3a と 3b における接合線 4 の長手方向の複数個所を保持できるようにしてあるものとする。上記治具 37 によるワーク 3a と 3b の保持は、摩擦攪拌接合を行うために、該ワーク 3a と 3b の接合部に、後述する摩擦攪拌接合ツール 38 を、接合線 4 の部分にプローブ 39 を没入させることができるような大きな力で押し付けても、上記ワーク 3a と 3b の位置にずれが生じないように保持できるようにしてあるものとする。

【0033】

なお、図 3 (a) では、ワーク 3a と 3b のすみ肉の接合部が角継手の場合を例示したが、すみ肉の接合部は、T 字継手や重ね継手や十字継手であってもよい。これらの場合は、接合線 4 を挟んで配置されるワーク 3a と 3b の面が共に傾斜面となるように該ワーク 3a と 3b をそれぞれ配置するときの姿勢に応じて、該ワーク 3a と 3b を保持する上記治具 37 の形状を適宜変更してよい。

【0034】

又、図 3 (a) に示すように、上記治具 37 は、すみ肉の接合対象となるワーク 3a と 3b を、ワーク接合線 4 を挟んで配置されるワーク 3a と 3b の面が共に鉛直方向から等しい傾斜角度となる姿勢で、該ワーク 3a と 3b を保持できるようにすることが好ましい。しかし、上記ワーク 3a と 3b すみ肉接合する継手の形状や配置によっては、上記治具 37 は、ワーク接合線 4 を挟んで配置されるワーク 3a と 3b の面が鉛直方向から異なる角度で傾斜した傾斜面となるように保持する形式としてもよいことは勿論である。

【0035】

上記主軸ユニット 7 の下端部には、図 3 (a) (b) に示すように、回転駆動可能なプローブ 39 と、固定式（不回転）のショルダー 40 とを備えた摩擦攪拌接合ツール 38 が装備されている。

【0036】

上記プローブ 39 は、軸心方向が上下方向となるように配置してあり、該プローブ 39 の基端となる上端には、回転駆動軸（プローブ軸）41 が接続されている。該回転駆動軸 41 は、上記主軸ユニット 7 に備えた図示しない回転駆動装置に接続されて、プローブ 39 に回転駆動力を伝えるようにしてある。

【0037】

上記固定式ショルダー４０は、下端部を、２つのワーク接触面４２ａと４２ｂとからなるＶ字形状としてＸ軸方向に沿って延びる形状としてある。上記ワーク接触面４２ａと４２ｂは、上記Ｘ軸テーブル５上の治具３７に保持されたワーク３ａと３ｂの面にそれぞれ沿う傾斜角度を備えるようにしてある。

【００３８】

更に、上記固定式ショルダー４０は、長手方向（Ｘ軸方向）の中間部に、プローブ挿通孔４３が、上下方向に貫通させて設けられた構成としてあり、該プローブ挿通孔４３に、上記回転駆動軸４１を挿通配置させて、上記プローブ３９がプローブ挿通孔４３より下方に突出するように配置させた状態として、該固定式ショルダー４０の上端側を、上記主軸ユニット７の下端部に、回転を阻止した状態で保持させるようにしてある。

10

【００３９】

これにより、上記主軸ユニット７は、上記摩擦攪拌接合ツール３８における固定式ショルダー４０の各ワーク接触面４２ａと４２ｂを、上記Ｘ軸テーブル５上に上記治具３７を介して保持されたワーク３ａと３ｂの接合線４を挟んで配置される面にそれぞれ押し当てるようにして接触させることができるようにしてあり、このように配置される固定式ショルダー４０は、該固定式ショルダー４０の下方に突出する上記プローブ３９を、すみ肉の接合対象である上記ワーク３ａと３ｂの接合線４に沿う位置に配置させるようにしてある。

【００４０】

更に、本発明の摩擦攪拌接合装置は、図１に示すように、上記固定式ショルダー４０のワーク３ａと３ｂに対するＹ軸方向の接触圧力を検出するための検出手段４４と、該検出手段４４による上記Ｙ軸方向の接触圧力の検出値に応じて、上記Ｙ軸テーブル９におけるＹ軸方向の直動機構であるボールねじ直動機構３１に指令を与えて、該Ｙ軸テーブル９のＹ軸テーブル本体３０に取り付けられている上記主軸ユニット７の摩擦攪拌接合ツール３８のＹ軸方向の位置を制御する指令を与える制御器４５を備える。

20

【００４１】

上記検出手段４４は、たとえば、上記Ｙ軸方向の直動機構であるボールねじ直動機構３１における被駆動部材であるナット部材３６と、上記Ｙ軸テーブル本体３０との間に介装したロードセル４４（説明の便宜上、上記検出手段４４と同じ符号が付してある）としてある。

30

【００４２】

上記ロードセル４４は、ナット部材３６と、Ｙ軸テーブル本体３０との間に作用するＹ軸方向に沿う一方向に関して、圧力の増減、すなわち、負荷荷重の増減を検出できるように、たとえば、図４に示すように、圧縮荷重を検出する形式のロードセル４４に、ばね４６により該ロードセル４４の荷重検出範囲のある割合のプリテンションを付与した状態で、上記ナット部材３６とＹ軸テーブル本体３０と一体のブラケット３０ａとの間に介装させるようにしてある。上記ロードセル４４に付与するプリテンションは、荷重検出範囲の３割～５割程度とすればよい。

【００４３】

あるいは、図示していないが、ロードセル４４が、圧縮荷重を検出する形式の場合は、該ロードセル４４を、ナット部材３６のＹ軸方向の両側に一対で配置して、ナット部材３６を該一対のロードセル４４を介してＹ軸テーブル本体３０に接続するようにしてもよい。更には、ロードセル４４が、圧縮加重と引張荷重を検出可能な形式の場合は、該ロードセル４４を、上記ナット部材３６とＹ軸テーブル本体３０との間に直接介装した構成としてもよい。

40

【００４４】

上記制御器４５は、摩擦攪拌接合を行う際に、上記ロードセル４４より入力されるＹ軸方向に沿う一方向に関する負荷荷重の検出値を監視して、該負荷荷重が一定になるように、上記Ｙ軸テーブル９のサーボモータ３５へ制御指令を与えるようにしてある。

【００４５】

50

すなわち、図 1 及び図 3 (a) に示すように、主軸ユニット 7 の摩擦攪拌接合ツール 3 8 は、上記主軸位置決め機構 1 における Z 軸テーブル 8 と Y 軸テーブル 9 により、X 軸テーブル 5 上に治具 3 7 を介して保持されたワーク 3 a と 3 b の位置に応じて配置され、上記固定式ショルダー 4 0 の各ワーク接触面 4 2 a と 4 2 b は、上記ワーク 3 a と 3 b の接合線 4 を挟んで配置された対応する面にそれぞれ押し付けられて接触し、且つ回転駆動されたプローブ 3 9 を上記ワーク 3 a と 3 b の接合線 4 の位置へ没入開始させる。

【0046】

上記制御器 4 5 は、この状態を初期状態として、上記ロードセル 4 4 により検出される Y 軸方向の一方向の負荷荷重の値、たとえば、図 1 及び図 3 (a) における右向きを正とする負荷荷重の値を、初期値として記憶する。

10

【0047】

上記のようにワーク 3 a, 3 b の摩擦攪拌接合を開始させた状態で、上記ワーク 3 a と 3 b の接合線 4 の位置が、Y 軸方向の一方向 (図 1 及び図 3 (a) における右方向) にずれると、上記固定式ショルダー 4 0 では、ワーク接触面 4 2 a 側に、上記ワーク 3 a の面がより強く押し当てられるようになる。したがって、上記固定式ショルダー 4 0 が、上記ワーク 3 a により上記 Y 軸方向の一方向へ押されるようになるため、その分、上記主軸ユニット 7 とボールねじ直動機構 3 1 のナット部材 3 6 との間に介装されている上記ロードセル 4 4 では、上記 Y 軸方向の一方向の負荷荷重が、上記初期値よりも増加する。

【0048】

そこで、上記制御器 4 5 は、上記監視しているロードセル 4 4 の Y 軸方向の一方向の負荷荷重の検出値が増加すると、上記 Y 軸テーブル 9 のサーボモータ 3 5 へ、ナット部材 3 6 を上記 Y 軸方向の一方向へ移動させるように制御指令を与えるようにしてある。これにより、上記ナット部材 3 6 が上記 Y 軸方向の一方向へ移動することに伴い、上記 Y 軸テーブル本体 3 0 と共に、上記主軸ユニット 7 の摩擦攪拌接合ツール 3 8 の固定式ショルダー 4 0 の位置が、上記 Y 軸方向の一方向へ変位される。このため、上記 Y 軸方向の一方向の負荷荷重の上記初期値からの増加が解消されるようになる。

20

【0049】

一方、上記ワーク 3 a と 3 b の接合線 4 の位置が、Y 軸方向の他方向 (図 1 及び図 3 (a) における左方向) にずれると、上記固定式ショルダー 4 0 では、ワーク接触面 4 2 b 側に、上記ワーク 3 b の面がより強く押し当てられるようになる。したがって、上記固定式ショルダー 4 0 が、上記ワーク 3 b により上記 Y 軸方向の他方向へ押されるようになることから、その分、上記ロードセル 4 4 では、上記 Y 軸方向の一方向の負荷荷重が、上記初期値よりも減少する。

30

【0050】

そこで、上記制御器 4 5 は、上記監視しているロードセル 4 4 の Y 軸方向の一方向の負荷荷重の検出値が減少すると、上記 Y 軸テーブル 9 のサーボモータ 3 5 へ、ナット部材 3 6 を上記 Y 軸方向の他方向へ移動させるように制御指令を与えるようにしてある。これにより、上記ナット部材 3 6 が上記 Y 軸方向の他方向へ移動することに伴い、上記 Y 軸テーブル本体 3 0 と共に、上記主軸ユニット 7 の摩擦攪拌接合ツール 3 8 の固定式ショルダー 4 0 の位置が、上記 Y 軸方向の他方向へ変位される。このため、上記 Y 軸方向の一方向の負荷荷重の上記初期値からの減少が解消されるようになる。

40

【0051】

上記制御器 4 5 の上記ロードセル 4 4 の検出信号に基づく上記 Y 軸テーブル 9 のナット部材 3 6 の移動量の制御は、たとえば、該ロードセル 4 4 による Y 軸方向の一方向の負荷荷重の検出値と、上記初期値との差がゼロとなるように、上記ロードセル 4 4 の検出信号を基に、従来知られていると同様のフィードバック制御手法を用いた荷重フィードバック制御を行うようにすることが好ましい。このようにすれば、上記制御器 4 5 は、上記ロードセル 4 4 の検出値に応じて、上記 Y 軸テーブル 9 のサーボモータ 3 5 へ、該検出値を上記初期値と一定にさせるための制御を容易に且つ効率よく実施させることができるようになる。

50

【0052】

以上の構成としてある本発明の摩擦攪拌接合装置を使用する場合は、X軸テーブル5に、すみ肉の接合対象であるワーク3aと3bを、治具37を介して保持させる。

【0053】

次に、上記X軸テーブル5と、Z軸テーブル8及びY軸テーブル9を位置決め制御して、上記主軸ユニット7の摩擦攪拌接合ツール38を、上述した初期状態に配置させる。このときの位置決め制御機能は、上記制御器45に備えるようにしてもよく、あるいは、該制御器45と連係する図示しない別の制御器に備えるようにしてもよい。

【0054】

次いで、上記摩擦攪拌接合ツール38のプロープ39の回転駆動を行わせた状態で、上記X軸テーブル5を運転して、上記摩擦攪拌接合ツール38を上記ワーク3aと3bの接合線4に沿って相対的に移動させて、プロープ39によるワーク3aと3bの接合線4の位置での摩擦攪拌接合を実施させる。このとき、上記制御器45による荷重フィードバック制御を開始させる。

【0055】

これにより、摩擦攪拌接合を施工する際、ワーク3aと3bの製作精度や、上記X軸テーブル5に対する治具37を介してワーク3aと3bを保持させるときの精度等に起因して、上記X軸テーブル5の運転に伴うワーク3aと3bの進行方向と、接合線4との平行度が低下している場合は、上記摩擦攪拌接合ツール38の固定式ショルダー40のワーク接触面42a又は42bと、上記ワーク3a又は3bとの干渉が大きくなる。よって、この干渉の増加により、上記ワーク3aと3bの進行方向であるX軸方向に直交する水平方向としてのY軸方向の負荷荷重が、初期値より変化する。

【0056】

上記Y軸方向の負荷荷重の変化が、上記ロードセル44により検出されると、そのロードセル44の検出信号に基づいて、上記制御器45より、上記Y軸テーブル9のサーボモータ35へ制御指令が与えられて、上記変化した負荷荷重が、上記初期値に一致するように、Y軸テーブル本体30と一緒に上記摩擦攪拌接合ツール38の固定式ショルダー40の位置が制御される。これにより、上記ワーク3aと3bに対する上記摩擦攪拌接合ツール38の固定式ショルダー40の位置関係は、上記初期状態と同様の配置となるため、上記プロープ39の位置は、ワーク3aと3bの接合線4の位置から外れることが防止されるようになる。

【0057】

その後、上記制御器45による荷重フィードバック制御を継続しながら、上記摩擦攪拌接合ツール38のプロープ39を、上記ワーク3aと3bの接合線4の全長に亘り移動させて、摩擦攪拌接合の施工が終了した後は、上記制御器45による荷重フィードバック制御を終了した後、再び上記位置決め制御により、上記Z軸テーブル8及びY軸テーブル9を動作させて、上記摩擦攪拌接合ツール38を所定の待機位置まで退避させるようにする。

【0058】

このように、本発明の摩擦攪拌接合装置によれば、ワーク3a及び3bと摩擦攪拌接合ツール38の相対的な移動方向であるX軸方向に対して、上記ワーク3aと3bの接合線4の位置にY軸方向への位置ずれが生じている場合や、該接合線4が水平面内で傾きを生じている場合であっても、上記摩擦攪拌接合ツール38のプロープ39を、上記接合線4に倣って移動させることができる。

【0059】

しかも、上記摩擦攪拌接合ツール38の倣い制御は、プロープ39による摩擦攪拌接合が実施されている個所における該摩擦攪拌接合ツール38の固定式ショルダー40と、ワーク3a、3bとの接触圧力の変化に応じて行われるため、倣い制御の精度を高めることができ、誤動作を防止することができる。

【0060】

したがって、上記 X 軸テーブル 5 にワーク 3 a, 3 b を保持させるときに、該ワーク 3 a, 3 b の精密な位置決めを行わなくても、該ワーク 3 a と 3 b の接合線 4 の位置での摩擦攪拌接合を良好に実施することができる。

【0061】

よって、上記ワーク 3 a と 3 b が長尺の場合にも、該ワーク 3 a と 3 b を上記 X 軸テーブル 5 に容易に保持させて、摩擦攪拌接合を実施することができる。

【0062】

更に、本発明の摩擦攪拌接合装置では、上記プローブ 3 9 をワーク 3 a と 3 b の接合線 4 に倣い制御させることで、摩擦攪拌接合の施工条件が安定するため、摩擦攪拌接合により製造する製品の品質の向上化を図ることができる。

10

【0063】

なお、本発明は上記実施の形態のみに限定されるものではなく、摩擦攪拌接合ツール 3 8 の固定式ショルダー 4 0 のワーク接触面 4 2 a, 4 2 b と、すみ肉接合の対象となるワーク 3 a と 3 b の接合線 4 を挟んで傾斜面として配置される面について、摩擦攪拌接合ツール 3 8 とワーク 3 a, 3 b との相対移動方向に直交する水平方向である Y 軸方向の接触圧力の変化を検出することができるようにしてあれば、たとえば、主軸ユニット 7 における上記固定式ショルダー 4 0 の取り付け個所にロードセルを介装させる構成や、Y 軸テーブル 9 の Y 軸テーブル本体 3 0 における主軸ユニット 7 の取り付け個所にロードセルを介装させる構成等、図示した以外の個所にロードセルを設置する構成を採用してもよい。これらの場合、使用するロードセルの形式や取り付け構造は、Y 軸方向の接触圧力の変化を検出することができるように適宜設定すればよい。

20

【0064】

更に、上記摩擦攪拌接合ツール 3 8 とワーク 3 a, 3 b の相対移動方向に直交する水平方向について、上記摩擦攪拌接合ツール 3 8 の位置を制御する横行軸としての機能を備えていれば、Y 軸テーブル 9 に代えて、任意の直動機構を採用してもよい。この場合、上記直動機構は、摩擦攪拌接合の実施時に、摩擦攪拌接合ツール 3 8 のプローブ 3 9 をワーク 3 a, 3 b の接合部に没入させるために該プローブ 3 9 に下向きの大きな押し付け力を作動させている状態で、該摩擦攪拌接合ツール 3 8 とワーク 3 a, 3 b の相対移動方向に直交する水平方向に摩擦攪拌接合ツール 3 8 の位置を制御できるようにしてあれば、台形ねじ直動機構や、リニアモータによる直動機構等、ボールねじ直動機構 3 1 以外のいかなる形式の直動機構を採用した構成としてもよい。更に、摩擦攪拌接合ツール 3 8 とワーク 3 a, 3 b との上記相対移動方向に直交する水平方向の接触圧力の変化を検出するための検出手段は、上記直動機構における被駆動部材と、上記摩擦攪拌接合ツール 3 8 とを繋ぐ構造のいずれかの個所に備えるようにすればよい。

30

【0065】

上記実施の形態では、本発明の摩擦攪拌接合装置が、主軸ユニット 7 の位置決め機構として、3 軸門型の主軸位置決め機構 1 を備えるものとして示したが、主軸ユニット 7 をワーク 3 a, 3 b に対して X Y Z の 3 軸方向に相対変位させることができ、且つ上記主軸ユニット 7 をワーク 3 a と 3 b の接合線 4 の全長に亘って相対移動させることができるようにしてあれば、図示した以外のいかなる形式の主軸ユニット 7 の位置決め機構を採用してもよい。

40

【0066】

Z 軸テーブル 8 は、Z 軸テーブル本体 2 1 を上下方向（Z 軸方向）へ移動させるための直動機構として、ボールねじ直動機構 2 2 を備えた構成を示したが、上記 Z 軸テーブル本体 2 1 の昇降動作を実施でき、且つ摩擦攪拌接合の実施時に、摩擦攪拌接合ツール 3 8 のプローブ 3 9 をワーク 3 a, 3 b の接合部に没入させるために該プローブ 3 9 に作用させる下向きの大きな押し付け力の反力を受けることができるようにしてあれば、台形ねじによる直動機構等、ボールねじ直動機構 2 2 以外のいかなる形式の直動機構を採用した構成としてもよい。

【0067】

50

X軸テーブル5は、X軸テーブル本体12を移動させるための直動機構として、ボールねじ直動機構13を備えた構成を示したが、摩擦攪拌接合の実施時に、摩擦攪拌接合ツール38のプロープ39をワーク3a、3bの接合部に没入させるために該プロープ39に下向きの大きな押し付け力を作用させている状態で、摩擦攪拌接合ツール38とワーク3a、3bとを、上記ワーク3a、3bの溶接線4に沿う方向へ相対移動させることができるようにしてあれば、台形ねじによる直動機構や、リニアモータによる直動機構等、ボールねじ直動機構13以外のいかなる形式の直動機構を採用した構成としてもよい。

【0068】

摩擦攪拌接合ツール38の固定式ショルダー40は、下端部が2つのワーク接触面42aと42bとからなるV字形状としてあれば、上部側の形状はいかなる形状であってもよい。

【0069】

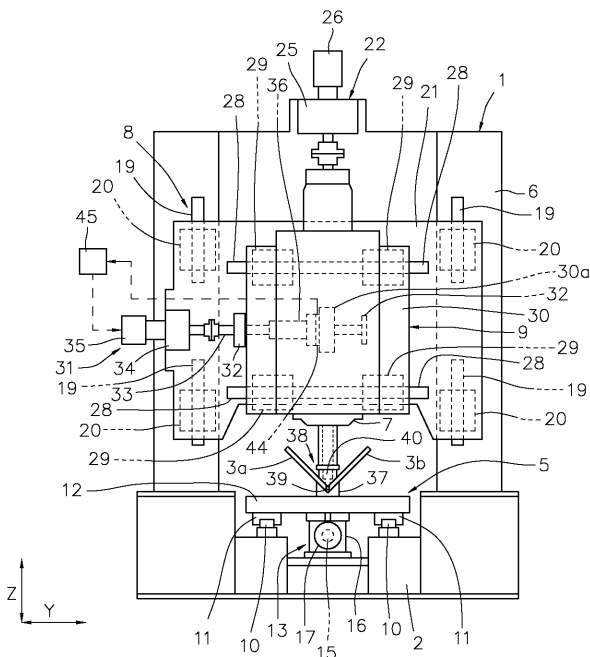
その他本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々変更を加え得ることは勿論である。

【符号の説明】

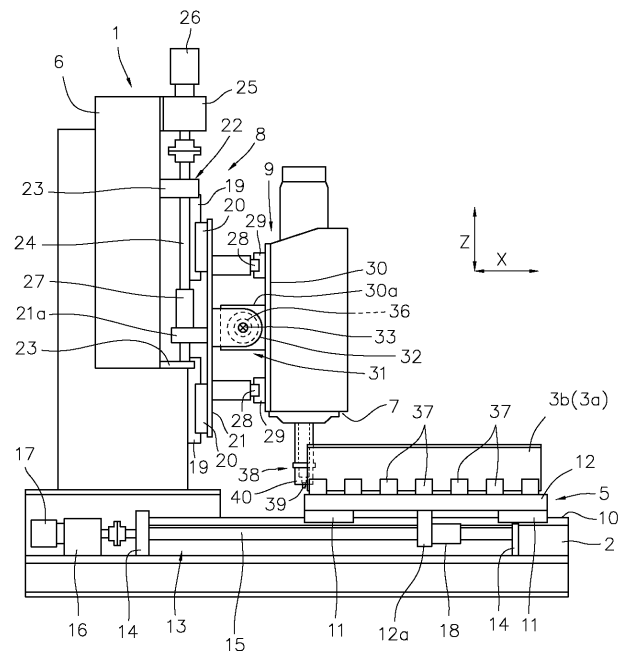
【0070】

- 3a、3b ワーク
- 4 接合線
- 9 Y軸テーブル（横行軸）
- 38 摩擦攪拌接合ツール
- 39 プロープ
- 40 固定式ショルダー
- 42a、42b ワーク接触面
- 44 ロードセル（検出手段）
- 45 制御器

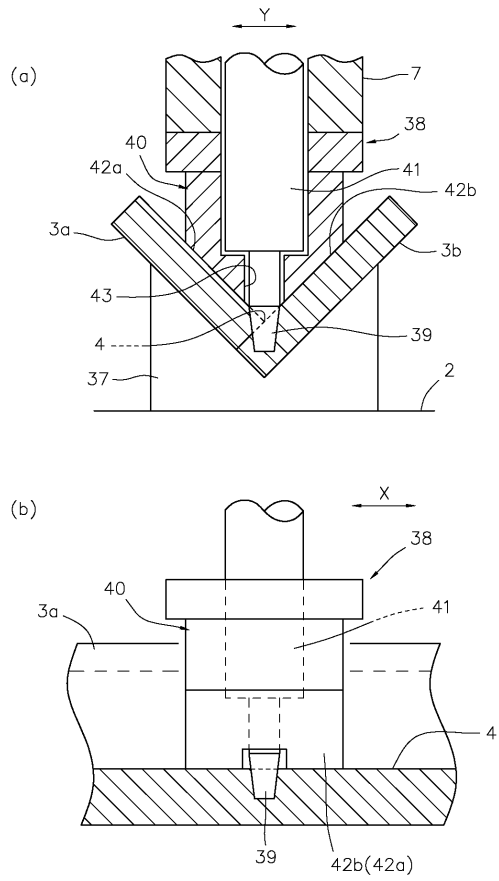
【図1】



【図2】



【図 3】



【図 4】

