

明 細 書

発明の名称： 摩擦攪拌接合装置

技術分野

[0001] 本発明は、ワークを摩擦攪拌接合するために用いられる摩擦攪拌接合装置に関する。

本願は、２０１０年１１月４日に日本に出願された特願２０１０－２４７８１１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] 摩擦攪拌接合では、摩擦攪拌接合用ツールの先端部に設けられたプローブ（棒状突起物）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ることにより、ワークの接合部に摩擦熱を発生させて、ワークを軟化させると共に、上記摩擦攪拌接合用ツールの回転力により、接合部周辺を塑性流動させて攪拌混合し、複数のワークを一体に接合する。摩擦攪拌接合は、現在、接合時に生じる接合反力が小さいアルミ材薄板（厚さ１０ｍｍ以下）の接合を中心に利用されつつある。

[0003] 摩擦攪拌接合に用いる従来の摩擦攪拌接合装置としては、ワークを載置する定盤の両側に設置した案内レールと、上記定盤を跨いで上記案内レール上に移動自在に設置した門型フレームと、門型フレームに定盤の幅方向に移動自在に片持ち支持させた基台と、基台に上下方向に移動自在に片持ち支持させた接合装置本体と、接合装置本体の下端部に回転可能に取り付けた摩擦攪拌接合用ツールとを備える装置が提案されている（たとえば特許文献１参照）。

[0004] また、従来の摩擦攪拌接合装置の他の例としては、摩擦攪拌接合用ツールと摩擦攪拌接合用ツールを回転駆動する回転駆動手段と上記摩擦攪拌接合用ツールを上下方向に移動させる変位駆動手段とを備えてなる接合装置本体を、車輪と車輪を回転駆動させる車輪回転手段とを備えて自走可能な車体に搭載した装置が提案されている（たとえば特許文献２参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開2004-195549号公報

特許文献2：日本国特開2005-186084号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところが、上記特許文献1に記載されたような、接合装置本体を片持ち支持する構造を有する摩擦撹拌接合装置では、摩擦撹拌接合時に生じる接合反力が大きい場合、たとえば、厚板（たとえば、アルミ材では18mm以上）同士の接合等に際して接合反力が約1tを超える場合などでは、その大きな接合反力を受けることができず、正常にワークの摩擦撹拌接合を行うことができない。また、門型フレームがワークを跨ぐ構造であるため、摩擦撹拌接合することができるワークのサイズ（幅寸法）が門型フレームの大きさに制限され、ワークサイズが大きい場合は装置を大型化しなければならない。

[0007] また、上記特許文献2に記載されたような、車輪を用いて自走可能にした摩擦撹拌接合装置では、摩擦撹拌接合時に生じる接合反力が大きい場合、その接合反力により走行方向がぶれてしまい、正常にワークの摩擦撹拌接合を行うことができない。なお、上記特許文献2では、摩擦撹拌接合装置の一方の側にワーク間の接合線に沿って延びるガイド部材を設置すると共に、ガイド部材を挟持する一対のローラとローラを回転自在に支持する固定部とを備えるガイド機構を摩擦撹拌接合装置に設けて、ガイド部材に沿って摩擦撹拌接合装置を移動させる構造も提案されているが、上記摩擦撹拌接合装置に設けた一対のローラでは、摩擦撹拌接合時に生じる大きな接合反力を受けることができない。よって、この場合でも正常にワークの摩擦撹拌接合を行うことはできない。

[0008] そこで、本発明は、ワークのサイズが大きくても、また、摩擦撹拌接合時の接合反力が大きくても装置を大型化することなく正常にワークの摩擦撹拌

接合を行うことができる摩擦撹拌接合装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために、本発明に係る摩擦撹拌接合装置は、ワークを接合する接合線の長さよりも長い架構と、この架構の上面に、上記ワーク間の接合線に沿って延びる隙間を形成するように設置された一対のワーク固定盤と、上記隙間の下方に位置し、上記隙間から上方に突出する摩擦撹拌接合用ツールと、この摩擦撹拌接合用ツールを上端部に取り付ける主軸と、この主軸を回転させる主軸回転駆動装置とを備える接合装置本体と、この接合装置本体を上記隙間に沿って移動自在に支持するリニアガイド機構と、上記接合装置本体を上記隙間に沿って移動させる移動装置と、を備える。

[0010] また、上記リニアガイド機構が、接合装置本体に設置したローラ循環式のリニアガイドブロックと、このリニアガイドブロックに対応させて架構に設置した、上記隙間に沿って延びるリニアガイドレールとを備えることが好ましい。

[0011] この場合、リニアガイド機構が、架構に平行に設置した複数本のリニアガイドレールを備えることが好ましい。また、リニアガイド機構が、1本のリニアガイドレールあたり複数個のリニアガイドブロックを介して、接合装置本体を支持していることが好ましい。

[0012] 更に、上記摩擦撹拌接合用ツールをポピンツールとし、摩擦撹拌接合用ツールと主軸との間に、上記摩擦撹拌接合用ツールを支持する弾性体を設置することが好ましい。

[0013] 更にまた、上記接合装置本体の主軸の外周側に油冷室を形成するためのケーシングを設け、このケーシングに、主軸を軸受けを介して回転可能に支持させ、軸受けと上記油冷室に潤滑油を循環させることが好ましい。

[0014] また、上記接合装置本体に、摩擦撹拌接合用ツールの外周側を冷却する気体の噴出方向が変更可能な冷却用ノズルを設置することが好ましい。

発明の効果

[0015] 本発明の摩擦撹拌接合装置では、ワークを接合する接合線の長さよりも長

い架構の上面に、一对のワーク固定定盤を、ワーク固定定盤同士の上に上記ワーク間の接合線に沿って延びる隙間を形成するように設置している。また、上記架構における上記隙間の下方に、隙間から上方に突出する摩擦撚拌接合用ツールと、摩擦撚拌接合用ツールを上端部に取り付ける主軸と、主軸を回転させる主軸回転駆動装置とを備えてなる接合装置本体を、リニアガイド機構を介して上記隙間に沿って移動自在に設け、更に、上記接合装置本体を隙間に沿って移動させる移動装置を設けている。この構成により、摩擦撚拌接合時に生じる接合反力が大きい場合、たとえば、厚板（たとえば、アルミ材では18mm以上）同士の摩擦撚拌接合等に際し接合反力が1tを超える場合などであっても、その大きな接合反力を十分に受けることができる。よって、ワークの摩擦撚拌接合を正常に行うことができる。また、架構上のワーク固定定盤に載置したワークを、ワーク固定定盤同士の上に形成した隙間の下方に位置する接合装置本体により摩擦撚拌接合するので、ワークの幅寸法がワーク固定定盤の幅寸法よりも大きくても、ワークの摩擦撚拌接合を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の摩擦撚拌接合装置の実施の一形態を示す概略平面図である。

[図2]図1の概略正面図である。

[図3]接合装置本体のベースへの設置状態を示す概略平面図である。

[図4]図3のA-A方向に沿った概略断面図である。

[図5]図4のB-B方向に沿った概略断面図である。

[図6]図5のX部の拡大図である。

発明を実施するための形態

[0017] 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。

図1乃至図6は本発明の実施の一形態を示している。この摩擦撚拌接合装置では、摩擦撚拌接合で摩擦撚拌接合用ツール5を移動させる方向（以下、前後方向と定義する。）に延びるベースプレート1c上に、ベースプレート1cの長手方向に沿い平行に配した左右一对のフレーム1bと1bを、一定

の間隔を置いて設置することにより、架構 1 を構成している、また、各フレーム 1 b と 1 b の各上端面には、上面にワーク 2 a, 2 b が載置される一対のワーク固定定盤 3 a と 3 b とがそれぞれ設置されている。各ワーク固定定盤 3 a と 3 b の上面はいずれも水平に保たれ、且つ固定定盤 3 a と 3 b との間には、前後方向にスリット状に延びる、所定間隔を有する隙間 4 が形成されている。そして、隙間 4 の下方には、ベースプレート 1 c と左右のフレーム 1 b と左右のワーク固定定盤 3 a, 3 b とで囲まれる空間部 1 a が形成されている。

[0018] 空間部 1 a には、ボビン状をなす摩擦攪拌接合用ツール 5 と、摩擦攪拌接合用ツール 5 を上端部に備える垂直方向に延びる主軸 6 と、主軸 6 を介して摩擦攪拌接合用ツール 5 を回転させる主軸回転駆動装置 7 とを備える接合装置本体 8 が収納されている。また、ベースプレート 1 c の左右（ベースプレート 1 c の幅方向）両側部にそれぞれ設けられたリニアガイドレール 2 7 には、接合装置本体 8 の左右両側面にそれぞれ設けられたリニアガイドブロック 2 6 が係合されている。そして、リニアガイドブロック 2 6 とリニアガイドレール 2 7 とからなるリニアガイド機構 9 により、接合装置本体 8 が、摩擦攪拌接合用ツール 5 を隙間 4 より上方へ突出させた状態でベースプレート 1 c の長手方向となる前後方向に移動可能となっている。

[0019] 更に、空間部 1 a には移動装置 1 0 が設けられている。この移動装置 1 0 は、ベースプレート 1 c の前後方向における一端側の上面に設置したエンドレスウィンチ 2 9 と、エンドレスウィンチ 2 9 のドラム 2 9 a の下方に設置したシーブ 3 0 と、ベースプレート 1 c の前後方向における他端側の上面に設置したシーブブロック 2 8 と、エンドレスウィンチ 2 9 のドラム 2 9 a に巻き取られてシーブ 3 0 とシーブブロック 2 8 に捲き掛けられた索状物としてのワイヤロープ 3 1 とから構成されている。そして、ワイヤロープ 3 1 の両端を接合装置本体 8 の前後両端部に連結して、エンドレスウィンチ 2 9 の回転によりワイヤロープ 3 1 を介して接合装置本体 8 を前後方向に移動させることにより、摩擦攪拌接合用ツール 5 が前記ワーク固定定盤 3 a, 3 b 間

のスリット状の隙間４に沿って移動する。

[0020] 詳述すると、架構１を構成する左右の各フレーム１ｂの上端に載置して取り付けられている左右一对のワーク固定定盤３ａ，３ｂは、それらの間に形成された隙間４の幅が、ベースプレート１ｃの長手方向と直交する幅方向において一定となるように平行に設けられている。また、左右のワーク固定定盤３ａ，３ｂの間隔（隙間４の幅）は、隙間４に下方から挿通された摩擦攪拌接合用ツール５が、隙間４内を前後方向へ支障なく移動可能となるよう設定されている。

[0021] ワーク固定定盤３ａ，３ｂの上面には、接合しようとするワーク２ａと２ｂがそれぞれ載置される。この場合、両ワーク２ａと２ｂは、それらの接合側端面を隙間４の上方にて近接させるような位置で、ワーク固定定盤３ａ，３ｂ上に固定される。

[0022] また、接合装置本体８は、架構１の長手方向に延びる矩形状の底面板８ａ上に、左右の各側壁８ｂ，８ｂを所定間隔を隔てて上下に立てて各側壁８ｂ，８ｂの下端を底面板８ａに固定し、更に、底面板８ａの長さと同様長さとすると共に底面板８ａよりも幅の狭い天井壁８ｃを、左右の側壁８ｂ，８ｂの上端部内側に水平に取り付けた角筒形状のケースを形成している。この接合装置本体８は、空間部１ａ内に収納できる大きさを有する。また、図３に示すように、天井壁８ｃには、前後２個所に所定の大きさの開口部８ｄと８ｅが形成されている。

ケース内には、上下方向に延びる主軸６と、主軸６の上端とボビンツール５の軸部５ｂの下端との間に設けられた接合用ツール支持機構１３（図６参照）と、主軸６の外周側に油冷室１５を形成するための略円筒形状のケーシング１６と、主軸６の上端部と下端部をケーシング１６に回転自在に支持するための軸受け２３，２４と、ボビンツール５の外周側を冷却する気体を噴出するための冷却用ノズル１７と、ＡＣサーボモータ等の主軸回転駆動装置７とを備える。

また、主軸６の上端には、略円筒状のツールホルダー１２が同軸をなすよう

取り付けられている。このツールホルダー 12 は、摩擦攪拌接合用ツールとして使用される、ショルダー間隔が固定式のボビンツール 5 の軸部 5 b を同軸をなすよう収容し、ボビンツール 5 にすべりキー 11 を介して動力を伝達する。

更に、主軸 6 の下端部と主軸回転駆動装置 7 の下向きの出力軸 7 a とは、ケースの底面板 8 a に設けた開口部より下方に突出している。また、ケースの底面板 8 a の下方には、主軸回転駆動機構 14 が設けられている。主軸回転駆動機構 14 は、主軸回転駆動装置 7 の出力軸 7 a に取り付けられた V プーリ 20 と主軸 6 の下端部に取り付けられた V プーリ 21 との間に、V ベルト 22 を掛け回し、主軸回転駆動装置 7 の駆動により主軸 6 を回転駆動させる。

更に、主軸 6 及びケーシング 16 の上端部は、ケースの天井壁 8 c の開口部 8 d に下方より嵌入され、主軸 6 の上端部に支持されているツールホルダー 12 及び摩擦攪拌接合用ツール 5 は、この開口部 8 d を介して天井壁 8 c の上方に突出している。また、主軸回転駆動装置 7 の上端部は、天井壁 8 c の開口部 8 e に嵌入されている。

これらの構成により、接合装置本体 8 が、その左右両側の側壁 8 b の上端部と下端部にそれぞれ設けたローラ循環式のリニアガイド機構 9 を介して、隙間 4 の長手方向（前後方向）に移動自在となっている。また、隙間 4 からワーク固定定盤 3 a, 3 b の上方に突出するボビンツール 5 のプローブ 5 a を、ワーク固定定盤 3 a, 3 b に固定された、図中二点鎖線で示すワーク 2 a, 2 b 間に位置させることにより、ワーク 2 a, 2 b の摩擦攪拌接合が実施可能となる。

[0023] ここで、ボビンツール 5 と主軸 6 との接合部位の構造を更に詳しく説明する。

ツールホルダー 12 の内周面には、図 6 に示すように、ツールホルダー 12 の上端に連通する所要長さのキー溝 12 a が上下に設けられている。またボビンツール 5 の基端側（下側）に位置する軸部 5 b の外周面には、ツールホルダー 12 のキー溝 12 a よりも短い長さのキー溝 5 c が上下に設けられ、

このキー溝 5 c 内に、すべりキー 1 1 が固定されている。そして、キー溝 1 2 a とすべりキー 1 1 とが嵌合するようにツールホルダー 1 2 の内部にボビンツール 5 の軸部 5 b を収容することにより、ワーク 2 a, 2 b を摩擦攪拌接合する際の主軸 6 の回転力を、ツールホルダー 1 2 及びすべりキー 1 1 を介してボビンツール 5 に伝達することができる。また、すべりキー 1 1 の長さがキー溝 1 2 a よりも短いため、ボビンツール 5 がツールホルダー 1 2 の内側を上下に摺動することができる。

また、主軸 6 の上端の中心部には、下方に延びる所定深さのばね支持用支柱固定穴 6 a が設けられている。固定穴 6 a の底部には、上方に向けて延びる円柱状のばね支持用支柱 1 8 が、固定穴 6 a と同軸をなすよう固定されている。ばね支持用支柱 1 8 の上端は固定穴 6 a の上端から上方に突出し、ばね支持用支柱 1 8 の周囲には、ボビンツール 5 を支持するための弾性体としてのばね 1 9 が、同心状に設置されている。また、ボビンツール 5 の軸部 5 b の下端面の中心部には、ばね支持用支柱 1 8 の上端部が挿入されるばね支持用支柱挿入穴 5 d が設けられている。挿入穴 5 d にはばね支持用支柱 1 8 の上端部が挿入されると共にばね 1 9 の上端にボビンツール 5 の軸部 5 b の下端面が当接され、その結果、主軸 6 の上端とボビンツール 5 の軸部 5 b の下端との間には、上下方向に隙間が形成される。そして、上記構成により、ボビンツール 5 を、その自重をばね 1 9 により吸収しつつ下方から支持する接合用ツール支持機構 1 3 が構成されている。接合用ツール支持機構 1 3 により、ワーク 2 a, 2 b が上下方向（板厚方向）に変形していた場合でも、その変形に追従して、摩擦攪拌接合用ツールとしてのボビンツール 5 を、摩擦攪拌接合時にワーク 2 a, 2 b より下方からスムーズに昇降動作させることができる。

[0024] また、図 3 及び図 5 に示すように、ケーシング 1 6 の上端部には潤滑油を流入させる潤滑油入口 1 6 a が設けられ、ケーシング 1 6 の下端部に潤滑油を排出する潤滑油排出口 1 6 b が設けられている。また、ケーシング 1 6 内と主軸 6 との間には、円すいころ軸受けの如き軸受け 2 3 と、別種の軸受け

24が設置された空間が、油冷室15として形成されている。そして、ベースプレート1c上に設置した潤滑油タンク25内の潤滑油を、図示してない油ポンプのような潤滑油循環装置により圧送して、ケーシング16上端部に設けた潤滑油入口16aから、主軸6上端部の軸受け23、主軸6外周側の油冷室15、主軸6下端部の軸受け24の順に、潤滑油を流通させることにより、各軸受け23、24の潤滑と主軸6の冷却とが行われる。この潤滑油は、ケーシング16下端部に設けた潤滑油排出口16bを介して潤滑油タンク25に戻され、再び上記潤滑と冷却に使用される。また、図3及び図4に示すように、接合装置本体8の上部には、ボビンツール5を冷却するための複数の冷却用ノズル17が設置されている（図ではツールホルダー12の前後に合計3基の冷却用ノズル17が設置されている）。これらの冷却用ノズル17は、基端部に図示してない気体供給源が連結される所定の長さの蛇腹部17aと、蛇腹部17aの先端側に設けた気体噴出部17bとを備え、蛇腹部17aを屈曲させることにより気体噴出部17bをボビンツール5の外周側、すなわち、ツールホルダー12の外周側の任意の位置に向けた状態で、気体供給源からの気体、たとえば、空気を噴出し、ボビンツール5を冷却する。

[0025] リニアガイド機構9は、図3及び図5に示すように、接合装置本体8の両側部と架構1の左右のフレーム1bとの間の上端部と下端部にそれぞれ設けられて、接合装置本体8を前後方向に移動可能に支持している。このリニアガイド機構9は、接合装置本体8の側部に設けられたローラ循環式のリニアガイドブロック26と、架構1のフレーム1bの各リニアガイドブロック26に対応する位置に、フレーム1bの長手方向の全長に亘り前後に設けられた高剛性型のリニアガイドレール27とを備えている。本実施形態の場合、接合装置本体8の両側部の上端部と下端部における前端側と後端側に、図示のような断面形状を有する合計8個のリニアガイドブロック26が設けられている。また、架構1のフレーム1bの上端部と下端部の各リニアガイドブロック26に対応する位置に、図示のような断面形状を有するリニアガイ

ドレール 27 が、片側 2 本ずつ合計 4 本設置されている。更に、個々のリニアガイドレール 27 には、それぞれ 2 個のリニアガイドブロック 26 が前後に配置されている。

図 5 に示すように、リニアガイドレール 27 の上面と下面には略 V 字形状の溝 27a が形成されている。また、リニアガイドブロック 26 には、溝 27a に嵌合する突出部 26a が設けられ、リニアガイドブロック 26 の突出部 26a の斜面には、上記略 V 字形状の溝 27a の斜面に当接する複数の転動体としての図示していない円柱状のころが、接合装置本体 8 の移動方向（リニアガイドレール 27 の延設方向）に垂直な軸回りに回転可能にそれぞれ設けられている。

上記構成を有するリニアガイドブロック 26 を備えることにより、摩擦攪拌接合時にベース 1 の幅方向に生じる大きな接合反力を、接合装置本体 8 の両側のリニアガイドブロック 26 を介して架構 1 に受けさせることが可能となっている。

[0026] 移動装置 10 は、接合装置本体 8 を架構 1 の内部でリニアガイドレール 27 に沿って移動させることにより主軸 6 を水平移動させる。この移動装置 10 は、前記したように、架構 1 のベースプレート 1c の長手方向一端側の上面に設置された AC サーボモータのような駆動装置により駆動されるエンドレスウィンチ 29 と、ベースプレート 1c の長手方向の他端側の上面に設置された、上下 2 段にシーブ 28a を配設してなるシーブブロック 28 と、エンドレスウィンチ 29 のドラム 29a の下方に設置されたシーブ 30 と、エンドレスウィンチ 29 のドラム 29a に巻かれているワイヤロープ 31 とからなる。

エンドレスウィンチ 29 のドラム 29a に巻かれているワイヤロープ 31 の一端は、図 3 及び図 4 に示すように、接合装置本体 8 の移動方向の一端側の天井壁 8c の上面に上下方向に回転自在に取り付けられた、連結具としてのアイプレート 8f に連結されている。また、エンドレスウィンチ 29 のドラム 29a に巻かれているワイヤロープ 31 の他端は、図 2 に示すように、シ

ープ30に掛けられてから、シーブブロック28の下側のシーブ28aから上側の28aの順に掛けられ、更に、図3及び図4に示すように、接合装置本体8の移動方向他端側の天井壁8c上面に上下方向に回転自在に取り付けられた、連結具としてのアイプレート8gに連結されている。これにより、ワイヤロープ31は、シーブブロック28とエンドレスウィンチ29との間に、いわば無端状に掛け渡されている。

エンドレスウィンチ29のドラム29aを一方向に回転させて、図2において、ワイヤロープ31を反時計方向に移動させると、接合装置本体8の主軸6は、図1において、エンドレスウィンチ29側に移動する。逆に、エンドレスウィンチ29のドラム29aを上記と反対方向に回転させて、図2において、ワイヤを時計方向に移動させると、接合装置本体8の主軸6は、図1において、シーブブロック28側へ移動する。そして、ボビンツール5のプローブ5aを、ワーク固定定盤3a, 3bに固定されたワーク2a, 2b間に位置させ、この状態で、主軸6を主軸回転駆動装置7の駆動で回転させて、摩擦攪拌接合用ツールであるボビンツール5を回転させることにより、ワーク2a, 2bの接合部を下方から摩擦攪拌接合可能となる。

[0027] なお、図中32は接合装置本体8の移動経路の両端部に設けられた、接合装置本体オーバーラン防止用のダンパー、33はツールホルダ12の上端部に取り付けられた、ボビンツール5の抜け出し防止用のカバーである。

[0028] 上記構成を有する本発明の摩擦攪拌接合装置を用いて、たとえば、厚板（18mm以上）のアルミ材の摩擦攪拌接合を行う場合、まず、接合装置本体8を、図1、図2に示すように、架構1内の長手方向一端であるシーブブロック28側の端部に移動させた状態にして待機させる。次いで、架構1の左右のワーク固定定盤3aと3b上に、それぞれワーク2aと2bを載置させて、ワーク2aと2bの接合線を、各々図示していない位置決め治具を用いて隙間4の中心に合わせる。各ワーク固定定盤3a, 3bの上面に載置されたワーク2a, 2bの接合線が隙間4の中心と一致したら、各ワーク2aと2bを、ワーク固定定盤3aと3bに、図示していないワーク固定治具により固

定する。その後、上記接合線を覆うように、ワーク 2 a, 2 b の全長に亘る長さの図示していない溝形鋼のような飛散防止用治具をワーク 2 a, 2 b 上に設置して、ボビンツール 5 の損傷による飛散を防止する。この際、ワーク 2 a, 2 b が架構 1 のワーク固定定盤 3 a, 3 b の上面より幅方向に大幅にはみ出してしまうほど大きい場合には、架構 1 の幅方向両側に、ワーク 2 a, 2 b を支持する図示していないワーク支持台を設け、これらのワーク支持台に、ワーク 2 a, 2 b のうち架構 1 からはみ出す部分を支持させると共に、図示していないワーク固定治具による固定を行う。

上記のようにして、ワーク 2 a, 2 b がワーク固定定盤 3 a, 3 b 上に固定されると、次に、移動装置 10 を構成するエンドレスウィンチ 29 を駆動してワイヤロープ 31 を介し接合装置本体 8 を牽引させ、主軸 6 と共にボビンツール 5 を図 1 に示す位置よりエンドレスウィンチ 29 側へ移動させる。この場合、主軸 6 をワーク 2 a, 2 b の接合開始位置の直前まで移動させた後、隙間 4 の間から上向きに突出するボビンツール 5 のプローブ 5 a がワーク 2 a, 2 b の端面に掛かる（当接する）まで主軸 6 を微速で移動させ、ボビンツール 5 のプローブ 5 a がワーク 2 a, 2 b の端面に掛かった段階で主軸 6 を主軸回転駆動装置 7 により回転させる。また、主軸 6 の回転に連動させて、図示していない潤滑油循環装置による主軸 6 外周側の各軸受け 23, 24 及び油冷室 15 への潤滑油の循環と、冷却用ノズル 17 からの気体、たとえば、空気の噴出を開始する。この際、ボビンツール 5 のプローブ 5 a がワーク 2 a, 2 b に容易に掛かるように、ワーク 2 a, 2 b の接合開始位置となるワーク 2 a, 2 b の接合側の一端（シーブブロック 28 側の端）に切り欠きを設けることが好ましい。

次に、主軸回転駆動装置 7 により主軸 6 を回転させてから所要時間経過した後、エンドレスウィンチ 29 の駆動でワイヤロープ 31 を介して接合装置本体 8 をエンドレスウィンチ 29 側へ牽引する移動を再開させて、ワーク 2 a, 2 b 間の接合線の一端から、接合終了位置となるワーク接合線他端（エンドレスウィンチ 29 側の端）までワーク 2 a, 2 b の摩擦攪拌接合を行う

。

[0029] 次いで、接合終了位置までワーク 2 a, 2 b の接合が完了していることを確認し、接合装置本体 8 の主軸 6 の移動を停止させる。しかる後、主軸 6 の回転を停止させて、ワーク 2 a, 2 b 周辺の温度が下がったことを確認した後、各ワーク 2 a, 2 b の図示していないワーク固定治具による固定を解除し、接合したワーク 2 a, 2 b の回収を行い、摩擦攪拌接合を終了する。

[0030] このように、本発明の摩擦攪拌接合装置では、中空構造の架構 1 上に、摩擦攪拌接合の対象となるワーク 2 a, 2 b を載置するための 2 個 1 組のワーク固定定盤 3 a, 3 b を、ワーク固定定盤 3 a, 3 b 同士の上にワーク 2 a, 2 b 間の接合線に沿って延びる隙間 4 を形成するように設置している。また、隙間 4 の下方の空間部 1 a に、隙間 4 からプローブ 5 a を上方に突出させる摩擦攪拌接合用ツールとしてのボビンツール 5 と、ボビンツール 5 を上端部に取り付ける主軸 6 と、主軸 6 を回転させる主軸回転駆動装置 7 とを備える接合装置本体 8 を、接合装置本体 8 の左右両側の上端部と下端部に設けたローラ循環式のリニアガイド機構 9 を介して隙間 4 の長手方向に移動自在に取り付けている。そのため、摩擦攪拌接合時に生じる接合反力が大きい場合、たとえば、高速で行う薄板（たとえば、アルミ材で 1.8 mm 未満）同士の摩擦攪拌接合や、厚板（たとえば、アルミ材で 1.8 mm 以上）同士の摩擦攪拌接合に際して、接合反力が 1 t を超える場合などであったとしても、その大きな接合反力を十分に受けることができる。よって、ワーク 2 a, 2 b の摩擦攪拌接合を正常に行うことができる。

また、架構 1 上のワーク固定定盤 3 a, 3 b に載置したワーク 2 a, 2 b を、ワーク固定定盤 3 a, 3 b 同士の上に形成した隙間 4 を介して下方から上向きに突出させたボビンツール 5 を回転させて摩擦攪拌接合するので、ワーク 2 a, 2 b の幅寸法がワーク固定定盤 3 a, 3 b の幅寸法よりも大きくても、ワーク 2 a, 2 b の摩擦攪拌接合を行うことができる。この際、ワーク 2 a, 2 b の大きさ（幅寸法）に対応させて、摩擦攪拌装置を大型化する必要もないので、摩擦攪拌装置の小型化を図ることができる。

- [0031] また、摩擦攪拌接合用ツールとしてのボビンツール５の下端と主軸６上端との間に、弾性体としてのばね１９を設置してあるので、ボビンツール５の自重をばね１９に支持させた状態で、ボビンツール５を上下動させることができる。そのため、ワーク２ａ，２ｂが上下方向（板厚方向）に変形していたとしても、その変形に追従してボビンツール５をスムーズに昇降動作させることができる。
- [0032] 更に、摩擦接合装置本体８に、主軸６の外周側に油冷室１５を形成するためのケーシング１６を軸受け２３，２４を介して設け、各軸受け２３，２４と油冷室１５に潤滑油を循環させるようにしたので、潤滑油により各軸受け２３，２４の潤滑と主軸６の冷却とを行うことができる。
- [0033] 更にまた、接合装置本体８に、基端部に図示していない気体供給源が連結される蛇腹部１７ａと蛇腹部１７ａの先端側に設けた気体噴出部１７ｂとを備え、ボビンツール５の外周側を冷却する気体の噴出方向を変更可能にした冷却用ノズル１７を設置したので、気体噴出部１７ｂをボビンツール５の外周側、すなわち、ツールホルダー１２の外周側の任意の位置に向けた状態で、気体供給源からの気体、たとえば、空気を噴出させ、ボビンツール５を有効に冷却することができる。
- [0034] また、摩擦攪拌接合用ツールとしてボビンツール５を使用しているので、摩擦攪拌接合用ツールを上下動させてワーク２ａ，２ｂに押付力を加えるための変位駆動手段の設置を省略することができる。よって、摩擦攪拌接合装置の構造の簡素化、コンパクト化を図ることができる。
- [0035] 更に、移動装置１０は、前記したように、ＡＣサーボモータの如き駆動装置で駆動されるエンドレスウィンチ２９と、エンドレスウィンチのドラム２９ａに巻かれて両端を接合装置本体８の移動方向両端部に連結した索状物としてのワイヤロープ３１とを備えてなるので、接合装置本体８の長距離搬送（例えば、１０ｍ以上の搬送）を行うことができる。よって、ワーク２ａ，２ｂの長さが例えば１０ｍ以上であったとしても、摩擦攪拌接合を行うことができる。また、接合装置本体８を移動させる駆動手段としてエンドレスウ

インチ 29 を用いるようにしてあるので、ラックピニオン機構を用いて接合装置本体 8 を移動させるようにする場合に比して、ラックを敷設する必要はなく、メンテナンスの面で有利である。更に、エンドレスウィンチ 29 を用いる場合は、接合装置本体 8 を送りねじ駆動やラックピニオン機構を用いて移動させる場合に比してコスト面でも有利である。

[0036] なお、上記実施の形態では、リニアガイド機構 9 をローラ循環式とした場合について説明したが、厚板などの摩擦攪拌接合時に生じる大きな反力を受けられれば他のタイプのリニアガイド機構でもよい。また、上記実施の形態では、接合装置本体 8 の両側部の上端部と下端部における前端側と後端側に、合計 8 個のリニアガイドブロック 26 を設け、架構 1 のフレーム 1b の上端部と下端部の各リニアガイドブロック 26 に対応する位置に、片側 2 本ずつ合計 4 本のリニアガイドレール 27 を設置したが、接合装置本体 8 に対するリニアガイドブロック 26 の設置位置及び個数、並びにリニアガイドレール 27 の本数は、上記した大きな反力を受けられれば、特に限定されない。更に、上記実施の形態では、個々のリニアガイドレール 27 に、それぞれ 2 個のリニアガイドブロック 26 が前後に配置されているが、1 本のリニアガイドレール 27 に対し配置されるリニアガイドブロック 26 の個数も、上記した大きな反力を受けられれば、特に限定されない。

但し、上記実施形態の構造において、大きな反力を受けることが可能であるという本願の目的とする効果を得るためには、リニアガイド機構 9 が、架構 1 に平行に設置した複数本のリニアガイドレール 27 を備え、1 本のリニアガイドレール 27 あたり複数個のリニアガイドブロック 26 を介して、接合装置本体 8 を支持していることが好ましい。

[0037] また、上記実施の形態では、主軸回転駆動装置 7 に AC サーボモータを適用した場合について説明したが、回転数、トルク特性などの条件が合えばインバータモータなどを適用してもよく、主軸回転駆動装置 7 から主軸 6 への回転伝達は、V プーリ以外の歯車やチェーンによる回転伝達でもよい。

[0038] 更に、接合装置本体 8 を移動させる移動装置 10 にエンドレスウィンチ 2

9を適用した場合は、前記したように有利であるが、本発明は、エンドレスウインチ29を用いる場合のみに限定されるものではなく、接合装置本体8を隙間4の長手方向に移動させることができ、チェーン駆動や送りねじ駆動により移動させるようにすること、ラックピニオン機構により移動させるようにすることも含む。あるいは、ラックに代えてチェーンを前後に敷設固定し、このチェーンに、接合装置本体8が連結されたピニオンを嵌合させて、このピニオンの回転により接合装置本体8を移動させてもよい。

[0039] 更にまた、上記実施の形態では、摩擦攪拌接合用ツールにボビンツール5を適用した場合について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、従来の摩擦攪拌接合装置と同様に、摩擦攪拌接合用ツールをワーク2a、2bに押し付ける機構を設けて、シオルダーを一つしか持たない摩擦攪拌接合用ツールを主軸6の上端部に取り付けてもよい。また、上記実施の形態では、摩擦攪拌接合用ツール5の自重を吸収するばね19を設けた場合を示したが、ツール自重が重くない場合には、ツールの自重を吸収するばね19を省略するようにしてもよい。また、その他本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

産業上の利用可能性

[0040] 本発明の摩擦攪拌接合装置によれば、ワークのサイズ及び接合反力が大きくても摩擦攪拌接合を行うことができる。

符号の説明

[0041] 1 架構、2a, 2b ワーク、3a, 3b ワーク固定定盤、4 隙間、5 ボビンツール（摩擦攪拌接合用ツール）、6 主軸、7 主軸回転駆動装置、8 接合装置本体、9 リニアガイド機構、10 移動装置、15 油冷室、16 ケーシング、17 冷却用ノズル、19 ばね（弾性体）、23, 24 軸受け、26 リニアガイドブロック、27 リニアガイドレール、29 エンドレスウインチ、31 ワイヤロープ（索状物）

請求の範囲

- [請求項1] ワークを接合する接合線の長さよりも長い架構と、
この架構の上面に、上記ワーク間の接合線に沿って延びる隙間を形成するように設置された一対のワーク固定定盤と、
上記隙間の下方に位置し、上記隙間から上方に突出する摩擦撹拌接合用ツールと、
この摩擦撹拌接合用ツールを上端部に取り付ける主軸と、
この主軸を回転させる主軸回転駆動装置とを備える接合装置本体と、
この接合装置本体を上記隙間に沿って移動自在に支持するリニアガイド機構と、
上記接合装置本体を上記隙間に沿って移動させる移動装置と、
を備える摩擦撹拌接合装置。
- [請求項2] 上記リニアガイド機構が、上記接合装置本体に設置したローラ循環式のリニアガイドブロックと、このリニアガイドブロックに対応させて上記架構に設置した、上記隙間に沿って延びるリニアガイドレールとを備える請求項1記載の摩擦撹拌接合装置。
- [請求項3] 上記リニアガイド機構が、上記架構に平行に設置した複数本の上記リニアガイドレールを備える請求項2記載の摩擦撹拌接合装置。
- [請求項4] 上記リニアガイド機構が、1本の上記リニアガイドレールあたり複数個の上記リニアガイドブロックを介して、上記接合装置本体を支持している請求項2または3記載の摩擦撹拌接合装置。
- [請求項5] 上記摩擦撹拌接合用ツールをボビンツールとし、上記摩擦撹拌接合用ツールと主軸との間に、上記摩擦撹拌接合用ツールを支持する弾性体を設置した請求項1～4のいずれかに記載の摩擦撹拌接合装置。
- [請求項6] 接合装置本体の主軸の外周側に油冷室を形成するためのケーシングを設け、このケーシングに、上記主軸を軸受けを介して回転可能に支持させ、軸受けと上記油冷室に潤滑油を循環させる請求項1～5のいずれかに記載の摩擦撹拌接合装置。

[請求項7] 接合装置本体に、摩擦攪拌接合用ツールの外周側を冷却する気体の噴出方向が変更可能な冷却用ノズルを設置した請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置。

[請求項8] 移動装置が、エンドレスウィンチと、エンドレスウィンチに巻き取られて両端を接合装置本体の移動方向両端部に連結した索状物とを備え、上記エンドレスウィンチの駆動で接合装置本体を移動させる請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の摩擦攪拌接合装置。