

(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2017-209703

(P2017-209703A)

(43) 公開日 平成29年11月30日(2017.11.30)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
B 2 3 K 20/12 (2006.01) B 2 3 K 20/12 3 4 0 4 E 1 6 7
 B 2 3 K 20/12 3 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-104132 (P2016-104132)
 (22) 出願日 平成28年5月25日 (2016.5.25)

(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 100175802
 弁理士 寺本 光生
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100167553
 弁理士 高橋 久典
 (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
 Fターム(参考) 4E167 AA06 BG16 BG20

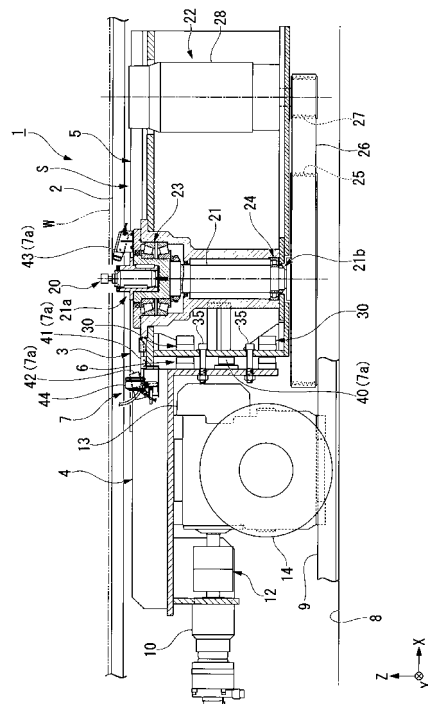
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合装置

(57) 【要約】

【課題】ワークの施工状態の確認、及び装置本体、接合部の異常状態を把握することが可能な摩擦攪拌接合装置の提供。

【解決手段】一対のワークWを支持する架台2と、架台2に支持されたワークW同士を摩擦攪拌接合するツール20を搭載し、架台2の下部空間Sを走行する走行台車3と、を備える摩擦攪拌接合装置1であって、摩擦攪拌接合の際に、ワークW、ツール20、走行台車3の少なくとも一つの状態監視を行う状態監視系7を備え、状態監視系7は、走行台車3に搭載されている、という構成を採用する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

一対のワークを支持する架台と、前記架台に支持されたワーク同士を摩擦攪拌接合するツールを搭載し、前記架台の下部空間を走行する走行台車と、を備える摩擦攪拌接合装置であって、

前記摩擦攪拌接合の際に、前記ワーク、前記ツール、前記走行台車の少なくとも一つの状態監視を行う状態監視系を備え、

前記状態監視系は、前記走行台車に搭載されている、ことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項 2】

前記状態監視系は、複数の状態監視素子を備え、

前記複数の状態監視素子は、前記ワークの接合部に沿って配置されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 3】

前記状態監視系は、前記摩擦攪拌接合の進行方向後方側において、前記一対のワークの少なくともいずれか一方の温度を監視するワーク温度監視素子を備える、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 4】

前記ワーク温度監視素子は、少なくとも前記一対のワークのアドバンシングサイドの温度を監視する、ことを特徴とする請求項 3 に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 5】

前記ワーク温度監視素子は、前記摩擦攪拌接合の進行方向と直交する幅方向において、前記ワークの接合部から退避した両側の位置に一対で設けられている、ことを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 6】

前記状態監視系は、前記一対のワーク温度監視素子の間に配置された撮像素子を備え、

前記撮像素子は、少なくとも前記ワークの接合部を含む画角で取り付けられている、ことを特徴とする請求項 5 に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 7】

前記状態監視系は、前記摩擦攪拌接合の進行方向前方において、前記ツールの温度を監視するツール温度監視素子を備える、ことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 8】

前記走行台車は、前記ツールを走行させる走行側台車ユニットと、前記ツールを回転させる主軸を備える主軸側台車ユニットと、前記走行側台車ユニットと前記主軸側台車ユニットを前記摩擦攪拌接合の進行方向において一定範囲で変位自在に連結する連結部と、を備え、

前記状態監視系は、前記走行側台車ユニットと前記主軸側台車ユニットとの間に配置された荷重監視素子を備える、ことを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 9】

前記ワーク及び前記ツールの状態監視を行う状態監視素子は、前記主軸側台車ユニットに搭載されている、ことを特徴とする請求項 8 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、摩擦攪拌接合装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、摩擦攪拌接合は、摩擦攪拌接合用のツールのプローブ（ピンとも称する）を、回

10

20

30

40

50

転させた状態でワーク同士が突き合わされた接合部に押し付けて、該回転するプローブをワーク内に没入させると共に接合部の全長に亘り移動させる手法である。これにより、ワークの接合部にプローブとの接触による摩擦熱を発生させて、該接合部周辺を軟化させると共に、この軟化した接合部周辺をプローブの回転に伴って塑性流動により攪拌混合することで、ワーク同士を一体に接合する。

【0003】

下記特許文献1には、摩擦攪拌接合装置の一形態が開示されている。この摩擦攪拌接合装置は、下記特許文献1の図2に示すように、一对のワークを支持する架台と、架台に支持されたワーク同士を摩擦攪拌接合するツールを搭載し、架台の下部空間を走行する走行台車と、を備える。ワークは、摩擦攪拌接合の際に、ツールから力（例えば、摩擦攪拌接合が進行する方向にワークを押す力、接合部を引き離そうとする力、及びワークを回転させようとする力等）を受けるため、架台は、ワーククランプ機構を備える。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-196184号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来、摩擦攪拌接合するワークは、例えば10mm未満のアルミ材等の薄板が中心であった。しかしながら、近年、10mm以上（例えば30mm以下）程度の厚板にも、摩擦攪拌接合の適用範囲が広がりつつある。このような背景のもと、厚板のワークに対する施工品質の確認、及び装置本体、接合部の異常状態を把握するため、ワーク、ツール及び走行台車の状態を監視する必要性が生じてきている。従来構成では、走行台車が架台の下部空間に配置され、また、架台の上にはワーククランプ機構が配置されているため、上記監視対象を目視等により外部から直接監視することは困難であった。

20

【0006】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、ワークの施工状態の確認、及び装置本体、接合部の異常状態を把握することが可能な摩擦攪拌接合装置の提供を目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明は、一对のワークを支持する架台と、前記架台に支持されたワーク同士を摩擦攪拌接合するツールを搭載し、前記架台の下部空間を走行する走行台車と、を備える摩擦攪拌接合装置であって、前記摩擦攪拌接合の際に、前記ワーク、前記ツール、前記走行台車の少なくとも一つの状態監視を行う状態監視系を備え、前記状態監視系は、前記走行台車に搭載されている、という構成を採用する。

【0008】

また、本発明においては、前記状態監視系は、複数の状態監視素子を備え、前記複数の状態監視素子は、前記ワークの接合部に沿って配置されている、という構成を採用する。

40

【0009】

また、本発明においては、前記状態監視系は、前記摩擦攪拌接合の進行方向後方側において、前記一对のワークの少なくともいずれか一方の温度を監視するワーク温度監視素子を備える、という構成を採用する。

【0010】

また、本発明においては、前記ワーク温度監視素子は、少なくとも前記一对のワークのアドバンシングサイドの温度を監視する、という構成を採用する。

【0011】

また、本発明においては、前記ワーク温度監視素子は、前記摩擦攪拌接合の進行方向と直交する幅方向において、前記ワークの接合部から退避した両側の位置に一对で設けられ

50

ている、という構成を採用する。

【0012】

また、本発明においては、前記状態監視系は、前記一对のワーク温度監視素子の間に配置された撮像素子を備え、前記撮像素子は、少なくとも前記ワークの接合部を含む画角で取り付けられている、という構成を採用する。

【0013】

また、本発明においては、前記状態監視系は、前記摩擦攪拌接合の進行方向前方において、前記ツールの温度を監視するツール温度監視素子を備える、という構成を採用する。

【0014】

また、本発明においては、前記走行台車は、前記ツールを走行させる走行側台車ユニットと、前記ツールを回転させる主軸を備える主軸側台車ユニットと、前記走行側台車ユニットと前記主軸側台車ユニットを前記摩擦攪拌接合の進行方向において一定範囲で変位自在に連結する連結部と、を備え、前記状態監視系は、前記走行側台車ユニットと前記主軸側台車ユニットとの間に配置された荷重監視素子を備える、という構成を採用する。

10

【0015】

また、本発明においては、前記ワーク及び前記ツールの状態監視を行う状態監視素子は、前記主軸側台車ユニットに搭載されている、という構成を採用する。

【発明の効果】

【0016】

本発明では、ツールを搭載し、ワークを支持する架台の下部空間を走行する走行台車に、ワーク、ツール、走行台車の少なくとも一つの状態監視を行う状態監視系を搭載する。この構成によれば、架台の下部空間において、走行台車から上記監視対象を直接監視することができるため、架台や、その架台が備えるワーククランプ機構等の構造物によって、上記監視対象の監視が遮られることがなくなる。

20

したがって、本発明では、ワークの施工状態の確認、及び装置本体、接合部の異常状態を把握することが可能な摩擦攪拌接合装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施形態における摩擦攪拌接合装置を示す側面構成図である。

【図2】本発明の実施形態における主軸の一端部周辺の構成を示す拡大図である。

30

【図3】本発明の実施形態における走行台車に搭載された状態監視系の配置を示す平面図である。

【図4】本発明の実施形態における連結部の構成及び荷重監視素子の配置を示す斜視図である。

【図5】本発明の実施形態におけるワークの接合部に対する状態監視系の配置を示す平面模式図である。

【図6】本発明の実施形態における撮像素子の画角に含まれる像を示すイメージ図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

40

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下の説明においては、XYZ直交座標系を設定し、このXYZ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明することがある。水平面内の所定方向をX軸方向、水平面内においてX軸方向と直交する方向をY軸方向、X軸方向及びY軸方向のそれぞれと直交する方向（すなわち鉛直方向）をZ軸方向とする。

【0019】

図1は、本発明の実施形態における摩擦攪拌接合装置1を示す側面構成図である。

摩擦攪拌接合装置1は、ワークWを支持する架台2と、架台2に支持されたワークWを摩擦攪拌接合するツール20を搭載し、架台2の下部空間Sを走行する走行台車3と、を備える。

50

【 0 0 2 0 】

架台 2 は、走行台車 3 の移動方向（X 軸方向）に延びる一对の支持板であり、当該一对の支持板のそれぞれにワーク W を支持する。走行台車 3 は、一对の支持板の Y 軸方向における隙間を介して架台 2 上に突出させたツール 2 0 を回転させつつ X 軸方向に移動させることにより、架台 2 に支持された一对のワーク W 同士を接合する。架台 2 は、一对のワーク W を一对の支持板に固定する図示しないワーククランプ機構（例えば、特許文献 1 の図 2 参照）を備える。

【 0 0 2 1 】

走行台車 3 は、架台 2 の下部空間 S に配置されている。走行台車 3 は、ツール 2 0 を走行させる走行側台車ユニット 4 と、ツール 2 0 を回転させる主軸 2 1 を備える主軸側台車ユニット 5 と、走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 とを連結する連結部 6 と、摩擦攪拌接合の状態監視を行う状態監視系 7 と、を備える。

10

【 0 0 2 2 】

走行側台車ユニット 4 は、モータ 1 0 と、カップリング 1 2 と、ウォーム減速機 1 3 と、スプロケット 1 4 と、を備える。モータ 1 0 は、走行側台車ユニット 4 の駆動源である。モータ 1 0 は、遊星減速機を含んで構成されている。カップリング 1 2 は、モータ 1 0 とウォーム減速機 1 3 の軸部同士を接続する。ウォーム減速機 1 3 は、モータ 1 0 の回転を減速する。スプロケット 1 4 は、ウォーム減速機 1 3 に接続され、モータ 1 0 の回転に対し所定の減速比で回転する。

【 0 0 2 3 】

スプロケット 1 4 は、ベース 8 上に敷設されたチェーンラック 9 に係合している。スプロケット 1 4 が回転すると、走行側台車ユニット 4 が X 軸方向に移動すると共に、走行側台車ユニット 4 と連結部 6 を介して連結された主軸側台車ユニット 5 が X 軸方向に移動する。なお、主軸側台車ユニット 5 の両側部は、図示しないリニアガイド機構（例えば、特許文献 1 の図 2 参照）によって支持されている。

20

【 0 0 2 4 】

主軸側台車ユニット 5 は、ツール 2 0 と、主軸 2 1 と、主軸回転駆動装置 2 2 と、を備える。ツール 2 0 は、摩擦攪拌接合用の回転工具であり、本実施形態では、ワーク W の表裏面に接触するポピンツールからなる。主軸 2 1 は、鉛直方向（Z 軸方向）に延在し、その鉛直上方の一端部 2 1 a にツール 2 0 を支持している。主軸回転駆動装置 2 2 は、上部軸受部 2 3 と、下部軸受部 2 4 と、主軸側 V プーリ 2 5 と、V ベルト 2 6 と、モータ側 V プーリ 2 7 と、モータ 2 8 と、を備える。

30

【 0 0 2 5 】

上部軸受部 2 3 は、主軸 2 1 の一端部 2 1 a 側に配置され、主軸 2 1 を鉛直方向に延びる軸回りに回転自在に支持する。下部軸受部 2 4 は、主軸 2 1 の他端部 2 1 b 側に配置され、主軸 2 1 を鉛直方向に延びる軸回りに回転自在に支持する。主軸側 V プーリ 2 7 は、主軸 2 1 の他端部 2 1 b に接続されている。V ベルト 2 6 は、主軸側 V プーリ 2 7 とモータ側 V プーリ 2 7 とに架設されている。モータ側 V プーリ 2 7 は、主軸側 V プーリ 2 7 よりも径が小さく形成され、モータ 2 8 と接続されている。

【 0 0 2 6 】

モータ 2 8 は、主軸側台車ユニット 5 の駆動源である。モータ 2 8 が回転すると、モータ側 V プーリ 2 7、V ベルト 2 6 を介して、主軸側 V プーリ 2 7 が所定の減速比で回転する。主軸 2 1 は、上部軸受部 2 3 及び下部軸受部 2 4 によって回転自在に支持されており、主軸側 V プーリ 2 7 と共に回転する。主軸 2 1 が回転すると、主軸 2 1 に支持されたツール 2 0 が鉛直方向に延びる軸回りに回転する。この V ベルト 2 6 による動力伝達機構は、効率がよく、負荷による効率変動も少ないため、モータ 2 8 のサーボモータ駆動によって、モータ 2 8 のトルク計測から安定して主軸 2 1 のトルク計測を行える。

40

【 0 0 2 7 】

連結部 6 は、走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 とを、摩擦攪拌接合の進行方向において一定範囲で相対変位自在に連結する（詳細は後述）。

50

状態監視系 7 は、ワーク W、ツール 20、走行台車 3 の少なくとも一つの（本実施形態では全ての）状態監視を行う複数の状態監視素子 7 a を備える。複数の状態監視素子 7 a は、走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 との間に配置された荷重監視素子 40 と、主軸側台車ユニット 5 に搭載されたワーク温度監視素子 41、撮像素子 42、ツール温度監視素子 43 と、を含む。

【0028】

続いて、図 2 ~ 図 6 を参照して、主軸 21 の一端部 21 a 周辺の構成及びその周辺に配置された状態監視系 7 の構成について説明する。

【0029】

図 2 は、本発明の実施形態における主軸 21 の一端部 21 a 周辺の構成を示す拡大図である。図 3 は、本発明の実施形態における走行台車 3 に搭載された状態監視系 7 の配置を示す平面図である。図 4 は、本発明の実施形態における連結部 6 の構成及び荷重監視素子 40 の配置を示す斜視図である。図 5 は、本発明の実施形態におけるワーク W の接合部 100 に対する状態監視系 7 の配置を示す平面模式図である。図 6 は、本発明の実施形態における撮像素子 42 の画角に含まれる像を示すイメージ図である。

10

【0030】

図 2 に示すように、主軸 21 の一端部 21 a には、ツール 20 を収容する収容溝 29 が設けられている。ツール 20 は、上部ショルダー 50 と、プローブ 51 と、下部ショルダー 52 と、挿入部 53 と、を備える。上部ショルダー 50 と下部ショルダー 52 は、ワーク W の表裏面を摩擦発熱させる。プローブ 51 は、当該摩擦発熱によって軟化したワーク W の接合部 100 を攪拌混練する。挿入部 53 は、下部ショルダー 52 よりも一回り大きな円柱形状を有し、収容溝 29 に挿入される。

20

【0031】

主軸 21 は、収容溝 29 を形成するツールホルダー 60 を備える。ツールホルダー 60 の外周面には、キー 64 が固定されている。キー 64 は、主軸 21 に形成されたキー溝 66 に係合している。これにより、主軸 21 の回転力をツールホルダー 60 に伝達することができる。ツールホルダー 60 は、複数のボルト 67 によって主軸 21 の端面に対して複数箇所固定されている。ツールホルダー 60 の上端面には、飛散物の侵入を阻止するカバー部材 68 が取り付けられている。

【0032】

主軸 21 は、フローティング機構 70 を備える。フローティング機構 70 は、ツール 20 を収容溝 29 に対し軸方向に移動自在に支持する。フローティング機構 70 は、すべりキー 71 と、バネ部材 72 と、を備える。すべりキー 71 は、ツール 20 の挿入部 53 の外周面に固定されている。すべりキー 71 は、ツールホルダー 60 の内周面に形成されたキー溝 74 に係合している。

30

【0033】

これにより、主軸 21 の回転力を、ツールホルダー 60 を介してツール 20 に伝達することができる。また、キー溝 74 は、主軸 21 の軸方向（Z 軸方向）に沿って延在しており、ツール 20 は、すべりキー 71 によってツールホルダー 60 に対して軸方向に移動することができる。バネ部材 72 は、ツール 20 を軸方向に移動自在に支持する。本実施形態のバネ部材 72 は、コイルスプリングであり、収容溝 29 に形成されたガイド溝 29 c に収容されている。

40

【0034】

上部軸受部 23 は、第 1 の軸受 80、第 2 の軸受 81 が配置された複列軸受である。本実施形態の第 1 の軸受 80 と第 2 の軸受 81 は、背面組み合わせの複列円錐コロ軸受である。なお、第 1 の軸受 80 と第 2 の軸受 81 との間には、図示しない間座が配置されている。第 1 の軸受 80 と第 2 の軸受 81 の内輪側は、円環形状の固定板 82 及びナット 83 を介して主軸 21 に固定されている。第 1 の軸受 80 と第 2 の軸受 81 の外輪側は、ケーシング 90 に固定されている。

【0035】

50

ケーシング 90 は、主軸 21 の周囲に上部軸受部 23 を収容する油冷室 91 を形成する。ケーシング 90 は、ケーシング本体 92 と、ケーシング蓋体 93 と、を備える。ケーシング本体 92 は、油冷室 91 の側面及び底面を形成する。ケーシング本体 92 には、主軸 21 の外周面と摺接するシール部材 96 が取り付けられている。ケーシング蓋体 93 は、油冷室 91 の天面を形成する。ケーシング蓋体 93 には、主軸 21 の外周面と摺接するシール部材 97 が取り付けられている。

【0036】

ケーシング本体 92 は、複数のボルト 94 によって主軸側台車ユニット 5 に対して複数箇所固定されている。ケーシング蓋体 93 は、複数のボルト 95 によってケーシング本体 92 に対して複数箇所固定されている。第 1 の軸受 80 と第 2 の軸受 81 の外輪側は、ボルト 95 によって締結固定されたケーシング本体 92 とケーシング蓋体 93 とに挟持されている。なお、ケーシング本体 92 には、図示しない潤滑油排出ポートが接続されている。また、ケーシング蓋体 93 には、図示しない潤滑油供給ポートが接続されている。

10

【0037】

図 2 及び図 4 に示すように、連結部 6 は、走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 とを摩擦撹拌接合の進行方向（X 軸方向）において変位自在に連結する複数のガイドポスト 30 を備える。複数のガイドポスト 30 は、図 4 に示すように、Y - Z 平面において、荷重監視素子 40 を中心とした正方形の 4 つの角部に対応する位置に配置されている。このガイドポスト 30 は、固定台 31 と、シャフト 32 と、スライドブッシュ 33 と、を備える。

20

【0038】

固定台 31 は、主軸側台車ユニット 5 と対向する走行側台車ユニット 4 の対向面 4a に固定されている。シャフト 32 は、走行側台車ユニット 4 に固定された固定台 31 に支持されている。シャフト 32 は、固定台 31 から X 軸方向に延在する。図 2 に示すように、走行側台車ユニット 4 と対向する主軸側台車ユニット 5 の対向面 5a には、シャフト 32 が挿入される挿入孔 34 が形成されている。スライドブッシュ 33 は、挿入孔 34 に挿入されたシャフト 32 に対して X 軸方向に移動自在に係合し、主軸側台車ユニット 5 の対向面 5a を形成するフレーム 5A の裏面 5b に固定されている。

【0039】

また、連結部 6 は、摩擦撹拌接合の進行方向（X 軸方向）における走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 との変位を一定範囲に規制する複数のボルトナット 35 を備える。複数のボルトナット 35 は、図 4 に示すように、Y - Z 平面において、荷重監視素子 40 を中心とした正方形の 4 つの角部に対応する位置に配置されている。複数のボルトナット 35 は、複数のガイドポスト 30 よりも荷重監視素子 40 の近くに配置されている。ボルトナット 35 には、図 2 に示すように、荷重監視素子 40 にある程度の予圧（摩擦撹拌接合の進行方向における反力変動以上のプリテンション）をかける皿バネ 36 が介装されている。皿バネ 36 は、ボルトナット 35 による締め付け荷重をコントロールする。

30

【0040】

荷重監視素子 40 は、走行側台車ユニット 4 の対向面 4a と主軸側台車ユニット 5 の対向面 5a との間に配置された圧縮型のロードセルである。図 2 に示すように、荷重監視素子 40 を挟んだ通常状態では、固定台 31 と対向面 5a との間に荷重監視素子 40 の変位量を確保するクリアランスが生じている。この構成によれば、主軸側台車ユニット 5 が摩擦撹拌接合の際にその進行方向において受ける反力を荷重監視素子 40 によって計測することができる。また、走行台車 3 が摩擦撹拌接合の際と反対側に移動しても、ボルトナット 35 によって走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 との連結が解除されないようにすることができる。

40

【0041】

図 2 に示すように、主軸側台車ユニット 5 のフレーム 5A は天板フレーム 5B を支持している。フレーム 5A の裏面 5b には、天板フレーム 5B を支えるサポート部材 5c が取り付けられている。天板フレーム 5B には、ボルト 94 を介してケーシング本体 92 が接

50

続されている。また、この天板フレーム 5 B には、ワーク温度監視素子 4 1 が取り付けられている。ワーク温度監視素子 4 1 は、摩擦攪拌接合の進行方向後方側（ツール 2 0 の - X 側）において、ワーク W の温度を監視する。

【 0 0 4 2 】

ワーク温度監視素子 4 1 は、非接触式の赤外線温度センサである。ワーク温度監視素子 4 1 は、天板フレーム 5 B とワーク W との距離が近く、上向きに取り付けることが困難であるため、測定赤外線 R 1 を 90° 曲げるプリズム 4 1 a を備える。これにより、ワーク温度監視素子 4 1 は、主軸側台車ユニット 5 の直上に配置されたワーク W の温度計測が可能となる。このワーク温度監視素子 4 1 は、図 3 に示すように、摩擦攪拌接合の進行方向と直交する幅方向（Y 軸方向）において間隔をあけて一対で設けられている。

10

【 0 0 4 3 】

図 5 に示すように、ワーク温度監視素子 4 1 は、Y 軸方向において一対のワーク W の接合部 1 0 0 から退避した両側の位置に一対で設けられている。具体的には、ワーク温度監視素子 4 1 によるワーク W の測定点 4 1 b が、接合部 1 0 0 から退避した位置に設定されている。接合部 1 0 0 の大きさは、ツール 2 0 の大きさに依存する。このため、左右の測定点 4 1 b は、少なくともツール 2 0 のプローブ 5 1（図 2 参照）の径よりも離間して設定することが好ましく、より好ましくは、ツール 2 0 の上部ショルダー 5 0，下部ショルダー 5 2（図 2 参照）の径よりも離間して設定することが好ましい。

【 0 0 4 4 】

図 5 に示すように、ツール 2 0 が平面視時計回りに回転するとき、一対のワーク W のうち、+ Y 側に配置されたものは摩擦攪拌接合のアドバンシングサイドとなる。アドバンシングサイドとは、摩擦攪拌接合の際のツール 2 0 の進行方向と回転方向が同じになる側である。アドバンシングサイドは、ツール 2 0 の進行方向と回転方向が逆であるリトリートイングサイド（- Y 側）よりも、抵抗が高く、入熱量が多い。このため、ワーク温度監視素子 4 1 は、少なくとも一対のワーク W のアドバンシングサイドの温度を監視できるようになっている。本実施形態では、リトリートイングサイドの温度も監視できるようにワーク温度監視素子 4 1 が一対で設けられている。

20

【 0 0 4 5 】

図 3 に示すように、一対のワーク温度監視素子 4 1 の間には、撮像素子 4 2 が配置されている。撮像素子 4 2 は、天板フレーム 5 B に取り付けられたアタッチメント台 3 7 に支持されている。アタッチメント台 3 7 は、天板フレーム 5 B の窪み部 5 d に配置されている。なお、窪み部 5 d には、走行側台車ユニット 4 の上部に設けられた一対のリブ 4 A（図 4 参照）が挿入される。アタッチメント台 3 7 は、図 2 に示すように、階段状（段差状）に形成され、天板フレーム 5 B よりも低い位置で撮像素子 4 2 を支持している。このアタッチメント台 3 7 は、撮像素子 4 2 の監視対象を照らす照明 4 4 も搭載している。照明 4 4 は、図 2 及び図 3 において、符号 L で示す範囲を照らす。

30

【 0 0 4 6 】

撮像素子 4 2 は、摩擦攪拌接合の進行方向後方側（ツール 2 0 の - X 側）において、ワーク W の接合部 1 0 0 を撮像するビデオカメラである。撮像素子 4 2 は、少なくともワーク W の接合部 1 0 0 を含む画角で取り付けられている。図 6 に示すように、本実施形態の撮像素子 4 2 の画角には、接合部 1 0 0 の他に、ツール 2 0（下部ショルダー 5 2）と、スケール 3 8 とが含まれる。スケール 3 8 は、撮像素子 4 2 の撮影位置を把握するものであり、装置固定部分（本実施形態では架台 2 の裏側）に設置されている。なお、本実施形態の撮像素子 4 2 は、ズーム機能を有しており、図 2 及び図 3 において、符号 V 1 で示す広角モードと、符号 V 2 で示す望遠モードに切り替え可能とされている。

40

【 0 0 4 7 】

図 2 及び図 3 に示すように、ツール温度監視素子 4 3 は、摩擦攪拌接合の進行方向前方側（ツール 2 0 の + X 側）において、ツール 2 0 の温度を監視する。ツール温度監視素子 4 3 は、非接触式の赤外線温度センサである。ツール温度監視素子 4 3 は、図 2 に示すように、ケーシング蓋体 9 3 に取り付けられている。ツール温度監視素子 4 3 は、測定赤外

50

線 R 2 がツール 2 0 の下部ショルダー 5 2 を含むような角度で取り付けられている。

【 0 0 4 8 】

上述した複数の状態監視素子 7 a (荷重監視素子 4 0 、 ワーク温度監視素子 4 1 、 撮像素子 4 2 、 ツール温度監視素子 4 3) は、図 3 及び図 5 に示すように、ワーク W の接合部 1 0 0 (ツール 2 0 を通る X 軸方向に延びる直線) に沿って配置されている。

状態監視系 7 は、複数の状態監視素子 7 a の監視データを目視により確認可能な図示しないモニター付き操作パネルと、複数の状態監視素子 7 a の監視データを記憶する図示しない記憶装置と、を備える。記憶装置は、例えば、荷重監視素子 4 0 、 ワーク温度監視素子 4 1 、 ツール温度監視素子 4 3 の監視データを記憶するデータロガーと、撮像素子 4 2 の監視データ (撮像データ) を記憶する HDD レコーダと、を備える。監視データのサンプリングは、主軸 2 1 の回転 / 停止と連動しており、時系列的な状態のトレースも可能とされている。

10

【 0 0 4 9 】

以上のように、本実施形態では、ツール 2 0 を搭載し、ワーク W を支持する架台 2 の下部空間 S を走行する走行台車 3 に、ワーク W 、 ツール 2 0 、 走行台車 3 の少なくとも一つ (本実施形態では全て) の状態監視を行う状態監視系 7 を搭載する (図 1 参照) 。この構成によれば、架台 2 の下部空間 S において、走行台車 3 から上記監視対象を直接監視することができるため、架台 2 や、その架台 2 が備えるワーククランプ機構等の構造物によって、上記監視対象の監視が遮られることがなくなる。

【 0 0 5 0 】

具体的に、状態監視系 7 は、複数の状態監視素子 7 a (荷重監視素子 4 0 、 ワーク温度監視素子 4 1 、 撮像素子 4 2 、 ツール温度監視素子 4 3) を備え、複数の状態監視素子 7 a は、図 3 及び図 5 に示すように、ワーク W の接合部 1 0 0 に沿って配置されている。この構成によれば、ワーク温度監視素子 4 1 、 撮像素子 4 2 、 ツール温度監視素子 4 3 は、架台 2 の隙間から監視対象 (ワーク W 、 ツール 2 0) を直接監視でき、また、荷重監視素子 4 0 は、平面視でツール 2 0 の移動経路上に配置され、摩擦攪拌接合の際の走行方向の反力をダイレクトに受けることができる。このため、ワーク W の施工状態の確認、及び装置本体、接合部 1 0 0 の異常状態を正確に把握することができる。

20

【 0 0 5 1 】

ワーク温度監視素子 4 1 は、図 3 及び図 5 に示すように、摩擦攪拌接合の進行方向後方側 (ツール 2 0 の - X 側) に配置される。この構成によれば、ツール 2 0 によって入熱された直後のワーク W の温度を監視することが可能となる。

30

また、ワーク温度監視素子 4 1 は、少なくとも一対のワーク W のアドバンシングサイド (+ Y 側) の温度を監視する。すなわち、アドバンシングサイドは、リトリート側 (- Y 側) よりも、抵抗が高く、入熱量が多いため、アドバンシングサイドの温度を監視することにより、接合部 1 0 0 の異常状態を効果的に把握することができる。

さらに、ワーク温度監視素子 4 1 は、摩擦攪拌接合の進行方向と直交する幅方向において、ワーク W の接合部 1 0 0 から退避した両側の位置に一対で設けられている。この構成によれば、測定赤外線 R 1 が接合部 1 0 0 の鱗状の表面から受ける影響を回避して、ワーク温度監視素子 4 1 の計測精度を向上させつつ、アドバンシングサイドだけでなくリトリート側の温度も監視できる。

40

【 0 0 5 2 】

撮像素子 4 2 は、図 3 及び図 5 に示すように、一対のワーク温度監視素子 4 1 の間に配置され、図 6 に示すように、少なくともワーク W の接合部 1 0 0 を含む画角で取り付けられている。この構成によれば、一対のワーク温度監視素子 4 1 の間のデッドスペースを利用して撮像素子 4 2 を配置できる。また、撮像素子 4 2 の直上には、ワーク W の接合部 1 0 0 が延在しており、図 6 に示すように、撮像素子 4 2 の画角に接合部 1 0 0 が収まり易くなる。また、図 6 に示すように、摩擦攪拌接合の際、特に異常がなければ、撮像素子 4 2 には一定幅の接合部 1 0 0 が撮像され続けるため、接合部 1 0 0 の幅を監視することにより、接合部 1 0 0 の異常状態を効果的に把握することができる。また、撮像素子 4 2 の

50

画角に、スケール 38 を含めていれば、仮に接合部 100 に異常状態が発生した場合であっても、その位置を容易に把握することができる。

【0053】

ツール温度監視素子 43 は、図 2 及び図 3 に示すように、摩擦攪拌接合の進行方向前方側（ツール 20 の + X 側）に配置される。この構成によれば、撮像素子 42 と干渉することなく（撮像素子 42 の画角に入ることなく）、ツール 20 の温度を計測することができる。また、摩擦攪拌接合の進行方向前方側は、ワーク W に対する入熱前の状態であり、ツール温度監視素子 43 をワーク W に近付けて配置できるため、図 2 に示すように、ツール温度監視素子 43 の取り付け角度の調整も容易となる。

【0054】

また、本実施形態においては、図 1 に示すように、走行台車 3 は、ツール 20 を走行させる走行側台車ユニット 4 と、ツール 20 を回転させる主軸を備える主軸側台車ユニット 5 と、走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 を摩擦攪拌接合の進行方向において一定範囲で変位自在に連結する連結部 6 と、を備え、荷重監視素子 40 は、走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 との間に配置される。本実施形態のように、ウォーム減速機 13 を使用する場合、その機械特性から運転開始時と運転中で減速機効率が約 10% 程度変動することがあるため、例えば、モータ 10 をサーボモータ駆動させ、モータ 10 のトルク値から摩擦攪拌接合の進行方向の反力を計測しようとする、その正確な値の計測は困難になる。一方、本実施形態によれば、走行台車 3 の走行系（走行側台車ユニット 4）と回転系（主軸側台車ユニット 5）を機械的に分割し、その間に荷重監視素子 40 を配置しているため、ウォーム減速機 13 の減速機効率の変動の影響を受けることなく、摩擦攪拌接合の進行方向の反力を正確に計測することが可能となる。

【0055】

また、図 1 に示すように、ワーク W 及びツール 20 の状態監視を行う状態監視素子 7a（ワーク温度監視素子 41、撮像素子 42、ツール温度監視素子 43）は、主軸側台車ユニット 5 に搭載されている。この構成によれば、ツール 20、ワーク温度監視素子 41、撮像素子 42、及びツール温度監視素子 43 が、同一の主軸側台車ユニット 5 に搭載されるため、摩擦攪拌接合の進行方向において主軸側台車ユニット 5 が反力を受けて変位しても、ツール 20、ワーク温度監視素子 41、撮像素子 42、及びツール温度監視素子 43 との相対位置が変化しないため、走行側台車ユニット 4 に搭載した場合と比べて計測誤差が小さくなる。

【0056】

このように、上述の本実施形態によれば、一对のワーク W を支持する架台 2 と、架台 2 に支持されたワーク W 同士を摩擦攪拌接合するツール 20 を搭載し、架台 2 の下部空間 S を走行する走行台車 3 と、を備える摩擦攪拌接合装置 1 であって、摩擦攪拌接合の際に、ワーク W、ツール 20、走行台車 3 の少なくとも一つの状態監視を行う状態監視系 7 を備え、状態監視系 7 は、走行台車 3 に搭載されている、という構成を採用することによって、ワーク W の施工状態の確認、及び装置本体、接合部 100 の異常状態を把握することが可能な摩擦攪拌接合装置 1 が得られる。

【0057】

以上、図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。上述した実施形態において示した各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲において設計要求等に基づき種々変更可能である。

【0058】

例えば、上記実施形態では、荷重監視素子 40 として圧縮型のロードセルを使用した、例えば、主軸側台車ユニット 5 が走行側台車ユニット 4 に牽引される構成の場合、荷重監視素子 40 として引張型のロードセルを使用してもよい。

【0059】

また、例えば、上記実施形態では、ボルトナット 35 に皿バネ 36 を介装し、荷重監視

10

20

30

40

50

素子 40 に予圧をかける構成について説明したが、皿バネ 35 が他の弾性要素（例えば、コイルスプリングや、ゴム等）から構成されていてもよい。

【0060】

また、例えば、上記実施形態では、連結部 6 が複数のガイドポスト 30 を備える構成について説明したが、連結部 6 がリニアガイド機構によって走行側台車ユニット 4 と主軸側台車ユニット 5 とを変位自在に連結する構成であってもよい。また、このリニアガイド機構は、走行台車 3 の走行の全体をガイドするリニアガイド機構と兼用としてもよい。

【0061】

また、例えば、上記実施形態では、Vベルト 26 による動力伝達機構を介して主軸 21 を回転させると説明したが、動力伝達効率がよく、負荷による効率変動も少ないものであれば、例えば、平歯車などのシンプルな歯車減速機構を動力伝達機構としてもよい。

【0062】

また、例えば、上記実施形態では、ワーク温度監視素子 41 を摩擦攪拌接合の進行方向後方側に一対で配置し、一対のワーク W のそれぞれの温度を監視する構成について説明したが、ワーク温度監視素子 41 を 1 つだけ配置し、一対のワーク W の一方の温度のみを監視する構成であってもよい。ワーク温度監視素子 41 を 1 つだけ配置する場合は、ワーク W のアドバンシングサイドとリトリートイングサイドのいずれの温度を監視してもよいが、入熱量が多いアドバンシングサイドの温度を監視する方が好ましい。また、ワーク温度監視素子 41 を 2 個以上配置してもよい。ワーク温度監視素子 41 を 2 個以上配置する場合は、摩擦攪拌接合の進行方向前方側と後方側にそれぞれ 2 個ずつ配置し、摩擦攪拌接合の施工前後の一対のワーク W の温度を監視する構成としてもよい。

【0063】

また、例えば、上記実施形態では、取扱い性の観点からワーク温度監視素子 41 を非接触式のセンサとしているが、ワーク温度監視素子 41 を接触式のセンサとしてもよい。例えば、熱電対等の接触式のセンサを、バネ等の弾性部材で支持してワーク W に押し付ける構成であってもよい。

また、ツール温度監視素子 42 も接触式のセンサとしてもよい。例えば、接触式のセンサをツール 20 に埋め込み、ツール 20 の温度を無線通信によりリモートで監視する構成としてもよい。

また、ワーク温度監視素子 41 及びツール温度監視素子 42 として、広域を一括監視できるサーモカメラ等を使用してもよい。

【0064】

また、例えば、上記実施形態では、撮像素子 42 としてビデオカメラを使用したが、撮像素子 42 として静止画カメラを使用し、一定時間ごとに撮影してもよい。また、撮像素子 42 として暗視カメラのようなものを使用すれば、照明 44 は設置しなくてもよい。

【0065】

また、例えば、上記実施形態では、ツール 20 がボビン型である構成について説明したが、ツール 20 がプローブ型（一対のショルダーを備えずプローブ（円柱部）にネジ加工がされたものとネジ加工されていないものを含む）であってもよい。

【符号の説明】

【0066】

- 1 摩擦攪拌接合装置
- 2 架台
- 3 走行台車
- 4 走行側台車ユニット
- 5 主軸側台車ユニット
- 6 連結部
- 7 状態監視系
- 7 a 状態監視素子
- 20 ツール

10

20

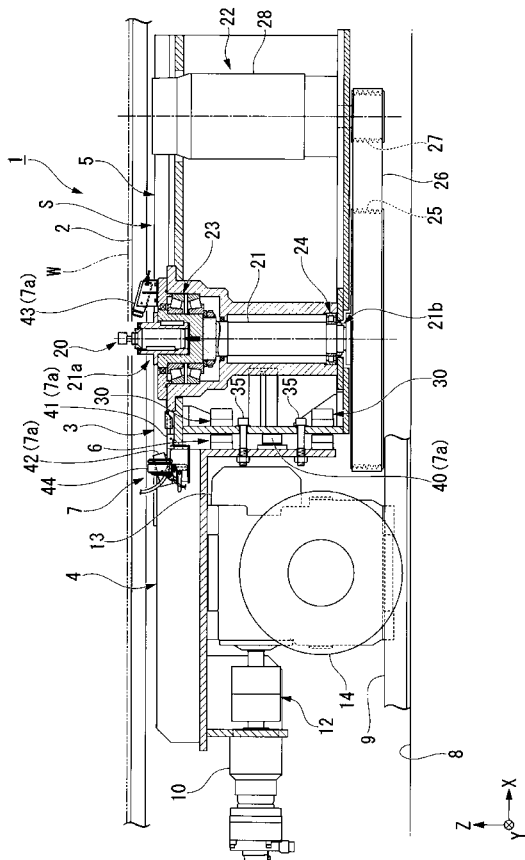
30

40

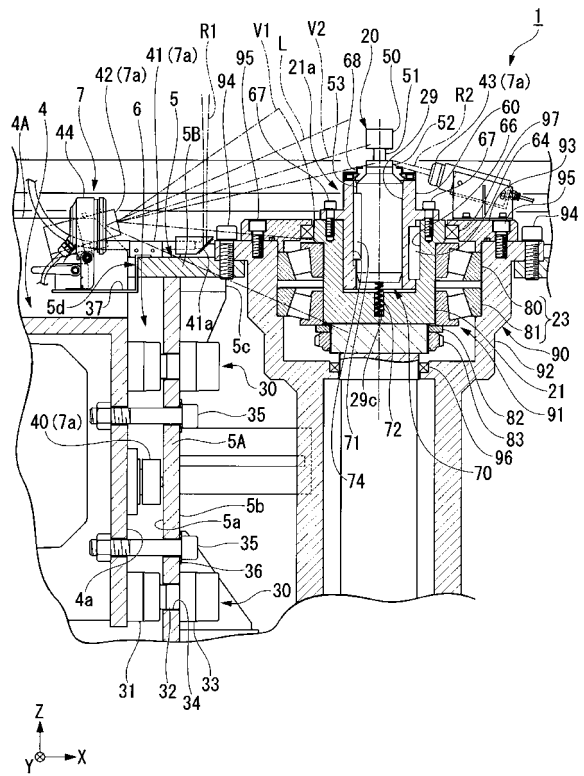
50

- 40 荷重監視素子
- 41 ワーク温度監視素子
- 42 撮像素子
- 43 ツール温度監視素子
- 100 接合部
- W ワーク

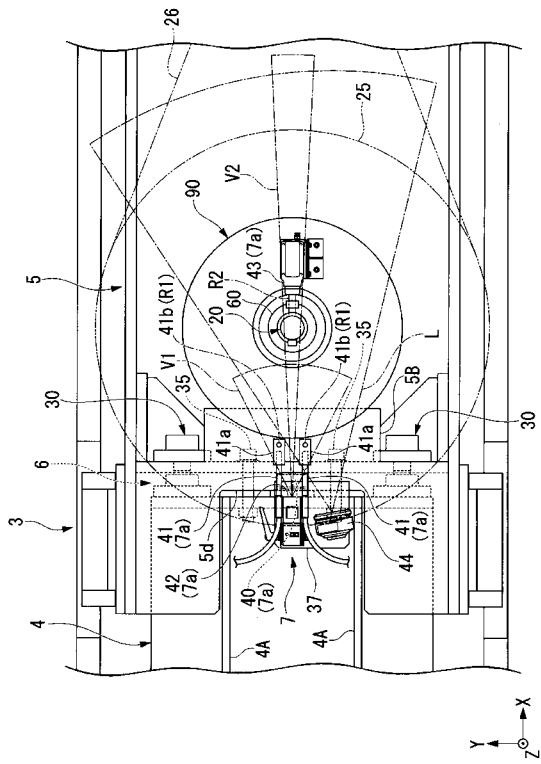
【図1】



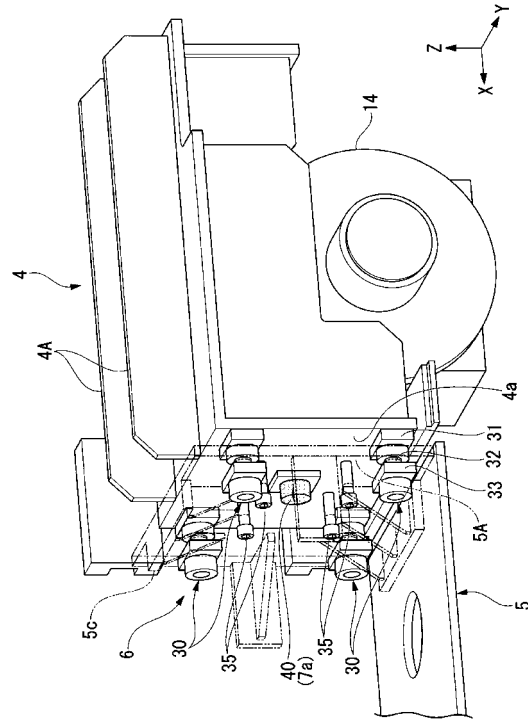
【図2】



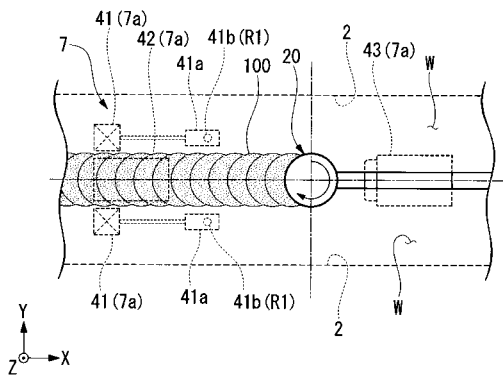
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

