

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7198729号  
(P7198729)

(45)発行日 令和5年1月4日(2023.1.4)

(24)登録日 令和4年12月21日(2022.12.21)

(51)国際特許分類		F I			
<b>B 2 3 K</b>	<b>9/10</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>B 2 3 K</b>	<b>9/10</b>	<b>Z</b>
<b>G 0 9 B</b>	<b>25/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 0 9 B</b>	<b>25/02</b>	
<b>G 0 9 B</b>	<b>19/24</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G 0 9 B</b>	<b>19/24</b>	<b>Z</b>

請求項の数 14 (全17頁)

(21)出願番号	特願2019-106450(P2019-106450)	(73)特許権者	000005108
(22)出願日	令和1年6月6日(2019.6.6)		株式会社日立製作所
(65)公開番号	特開2020-199510(P2020-199510 A)	(74)代理人	110001807
(43)公開日	令和2年12月17日(2020.12.17)		弁理士法人磯野国際特許商標事務所
審査請求日	令和4年1月4日(2022.1.4)	(72)発明者	田中 明秀
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72)発明者	張 旭東
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72)発明者	沖崎 直也
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72)発明者	高橋 勇

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 溶接作業計測システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

溶接対象物を溶接するトーチに装着された複数のマーカが発生した光または複数の前記マーカによって反射された光を検出する光検出部と、

前記光検出部が検出した光に基づいて、前記マーカの三次元座標データであるマーカ位置データを取得するマーカ位置取得部と、

前記マーカ位置データに基づいて前記トーチの三次元座標データであるトーチ位置データを取得するトーチ位置取得部と、

前記トーチの三次元座標データと、溶接が完了した前記溶接対象物の溶接状態に対する評価結果である溶接評価データと、を対応付けた作業データを記録する記録部と、を備え、前記作業データは、前記トーチを把持する作業者の前記トーチを把持する側のひじの角度を含む

10

ことを特徴とする溶接作業計測システム。

【請求項2】

前記マーカに対して特定波長を含む光を照射する光照射部をさらに備え、

前記光検出部は、前記特定波長の光を抽出するフィルタを備え、

前記マーカ位置取得部は、前記特定波長の光に応じて前記マーカ位置データを取得することを特徴とする請求項1に記載の溶接作業計測システム。

【請求項3】

前記マーカに対して特定波長の光を照射する光照射部をさらに備える

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 4】

前記特定波長の光は、波長が 550 nm 以上の光を含む

ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 5】

前記トーチは、三以上の前記マーカが装着されたものであり、

前記トーチ位置取得部は、三以上の前記マーカ位置データに基づいて前記トーチ位置データを取得する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 6】

複数の前記マーカは球形状の部分有する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 7】

複数の前記マーカは、前記トーチの使用時において、前記光検出部から見て重ならないように、配置されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 8】

前記光検出部は動画像を撮影するカメラであり、

前記マーカ位置取得部は、前記動画像に含まれる画像の大きさ、または球形度に基づいて、前記マーカの画像と、他の画像とを区別する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 9】

複数の前記マーカのうちの何れかは、溶接作業に適用される溶加材または前記トーチを把持する作業にも装着されたものであり、

前記トーチ位置取得部は、前記トーチの三次元座標データに加えて、前記溶加材または前記作業者の三次元座標データを取得する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 10】

前記記録部は、溶接時刻または溶接位置に対応して前記作業データを記憶するものであり、

前記記録部に過去に記憶された前記作業データと、新たな溶接作業において取得した前記トーチの三次元座標データと、に基づいて、新たな前記溶接作業の品質を判定する判定部をさらに有する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 11】

前記作業データは、さらに、前記トーチの平均移動速度、前記トーチのトーチ高、前記トーチのウィーピング周期、前記トーチのウィーピング幅、前記トーチの角度、溶加材の供給量、または前記作業者の頭の位置のうち何れかを含む

ことを特徴とする請求項 10 に記載の溶接作業計測システム。

【請求項 12】

溶接対象物を模擬する溶接対象物模擬部品と、

前記溶接対象物を溶接するトーチを模擬する模擬トーチと、

前記模擬トーチの動作状態を検出するセンサと、

前記模擬トーチを撮像し、動画像を出力する撮像部と、

前記動画像と前記動作状態とに基づいて、前記溶接対象物模擬部品の三次元座標データと、前記模擬トーチの三次元座標データと、を含む作業データを取得する作業データ取得部と、

前記動画像と、予め記憶した前記作業データである過去作業データとに基づいて、溶接状態を表す溶接状態画像を表示する表示部と、を備え、

前記作業データは、前記模擬トーチを把持する作業者の前記模擬トーチを把持する側のひ

10

20

30

40

50

じの角度を含む

ことを特徴とする溶接作業計測システム。

## 【請求項 1 3】

前記作業データは、さらに、前記模擬トーチの平均移動速度、前記模擬トーチと前記溶接対象物模擬部品との距離であるトーチ高、前記模擬トーチのウィーピング周期、前記模擬トーチのウィーピング幅、前記模擬トーチの角度、溶加材の供給量、または前記作業者の頭の位置のうち何れかを含むデータである

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の溶接作業計測システム。

## 【請求項 1 4】

前記溶接状態画像は、アーク光を模擬したアーク光画像と、溶融池を模擬した溶融池画像と、を含む動画である

10

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の溶接作業計測システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、溶接作業計測システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

昨今の社会情勢に伴い、モノづくりの環境は大きく変化している。例えば海外生産の増加や海外からの調達品の増加、熟練技術者の減少などにより、モノづくりの技能を維持しにくくなっており、品質管理はより厳しい状況にさらされている。これまでの技能伝承方法としては、熟練技能者から直接的な指導によって、引き継がれてきた。しかしながら、技能を伝える手段が十分でなく、感覚的な指導になることが多いため、指導に時間が要したり、不正確に伝わったりするため、完全には伝承されず、失われてしまうことも危惧される。一方で近年の計測技術の発展により、熟練の技能を計測して、評価する取り組みが見られるようになってきた。従来の技能伝承における課題を解決する方法として、種々の計測機器を用いて、対象者の作業を計測し、評価する取り組みが行われている。計測されたデータは過去に計測したデータと比較することにより、良否が評価され、品質管理や溶接作業の訓練に用いる方法が提案されている。

20

## 【0003】

その一例として、下記特許文献 1 の要約には、「手溶接支援装置は、手溶接施工が行われる際にその溶接対象を含む溶接環境およびその溶接施工作業中の溶接士 P S の挙動に関するデータを計測する溶接士動作計測装置 1 0 1 および溶接環境計測装置 1 0 2 と、これらの計測データから溶接施工中の溶接状態の特徴量を抽出する演算処理装置 1 0 4 と、これにより抽出された特徴量に基づいて手溶接状態の良否を判定する溶接状態判定装置 1 0 5 と、ここでの判定結果を含む溶接状態の推移に関する情報を溶接施工中の溶接士 P S に認知可能に提示する溶接状態提示装置 1 0 7 とを備える。また、前述の計測データ、判定結果、および特徴量を記録し保持する溶接プロセス記録装置 1 0 3 と、少なくとも判定結果を表示する溶接プロセス表示装置 1 0 6 とを備える。」と記載されている。

30

## 【先行技術文献】

40

## 【特許文献】

## 【0004】

【文献】特開 2 0 0 1 - 7 1 1 4 0 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところで、上記特許文献 1 には、「溶接対象を含む溶接環境およびその溶接施工作業中の溶接士 P S の挙動に関するデータを計測する」と記載されているが、計測原理等の詳細は、特に記載されていない。

この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、各部の位置関係を正確に計測で

50

きる溶接作業計測システム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】

【0006】

上記課題を解決するため本発明の溶接作業計測システムは、溶接対象物を溶接するトーチに装着された複数のマーカが発生した光または複数の前記マーカによって反射された光を検出する光検出部と、前記光検出部が検出した光に基づいて、前記マーカの三次元座標データであるマーカ位置データを取得するマーカ位置取得部と、前記マーカ位置データに基づいて前記トーチの三次元座標データであるトーチ位置データを取得するトーチ位置取得部と、前記トーチの三次元座標データと、溶接が完了した前記溶接対象物の溶接状態に対する評価結果である溶接評価データと、を対応付けた作業データを記録する記録部と、を備え、前記作業データは、前記トーチを把持する作業者の前記トーチを把持する側のひじの角度を含むことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、各部の位置関係を正確に計測できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の第1実施形態による溶接作業計測システムの模式図である。

【図2】トーチ周辺の模式図である。

【図3】トーチの模式的な側面図である。

20

【図4】各種溶接操作データの計測結果の例を示す図である。

【図5】本発明の第2実施形態による品質管理システムの模式図である。

【図6】平均移動速度およびトーチ角速度と溶接品質との関係を示す図である。

【図7】トーチ角速度の計測結果の一例である。

【図8】本発明の第3実施形態による溶接作業教育システムの模式図である。

【図9】第3実施形態におけるトーチ角速度の計測結果の一例である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

[第1実施形態]

第1実施形態の構成

30

図1は本発明の第1実施形態による溶接作業計測システム101の模式図である。図1において、溶接作業計測システム101は、制御部20と、マーカ計測用カメラ2a, 2b, 2c, 2d, 2e(以下、「マーカ計測用カメラ2」または「光検出部」と総称する)と、トーチ6と、半自動溶接電源8と、電流・電圧・溶加材供給量計測装置9と、温度・湿度・風速計測装置10と、を備えている。

【0010】

作業員である溶接士4(作業員)は、顔面に遮光面5を装着し、トーチ6を把持し、溶接対象物7に対して溶接作業を行う。トーチ6は、消耗電極式・半自動アーク溶接用のトーチである。消耗電極式・半自動アーク溶接においては、溶加材30は、ドラム(図示せず)に巻回されたワイヤ状の部材である。溶加材30は、送給装置(図示せず)によって、トーチ6の内部を通過して、トーチ6の先端まで供給される。また、トーチ6にはスイッチ(図示せず)が設けられており、溶接士4は、スイッチを操作することによって送給装置および半自動溶接電源8のオン/オフ操作を行う。

40

【0011】

溶加材30は、アークによって溶融し消耗するが、送給装置によって連続的に送られてくるので、アークは持続し、溶加材30が続く限り、溶接士4はアーク溶接を連続的に続行できる。また、トーチ6および溶接対象物7には、複数のマーカ3が装着されている。溶接作業計測システム101は、溶接士4が溶接対象物7を溶接する際のトーチ6の動きを計測する。マーカ計測用カメラ2は、溶接士4および溶接対象物7の周辺に配置され、トーチ6およびその周辺の動画像を撮影する。

50

## 【 0 0 1 2 】

各マーカ計測用カメラ 2 は、撮影対象に光を照射する光照射部 6 0 を備えている。なお、本明細書において、「光」という語句は、可視光（波長 3 8 0 n m ~ 7 6 0 n m）のみならず、紫外線、赤外線等の電磁波も含むこととする。光照射部 6 0 が照射する光は、例えば 3 5 0 n m ~ 1 1 μ m のうち特定波長の成分を含むものにとよい。但し、これら光照射部 6 0 の照射光は、アーク光（アーク溶接時に生じる光）の波長を避けるようにすると好ましい。一般的に溶接時に生じるアーク光のスペクトルは、概ね波長 5 5 0 n m 以下の範囲に分布しているため、光照射部 6 0 の照射光は、5 5 0 n m 以上の波長を用いることが好ましい。

## 【 0 0 1 3 】

また、アーク光と照射光との区別をより明確にするために、光照射部 6 0 の照射光は、6 5 0 n m 以上の波長を用いることがより好ましく、7 5 0 n m 以上の波長を用いることが、さらに好ましい。また、照射光の波長の上限は、光源のコストの観点から 2 μ m 以下にすることが好ましく、1 μ m 以下にすると、一層好ましい。なお、本実施形態においては、光照射部 6 0 の照射光は、波長 8 5 0 n m の光を適用している。マーカ計測用カメラ 2 は制御部 2 0 に動画像を供給する。

## 【 0 0 1 4 】

電流・電圧・溶加材供給量計測装置 9 は、溶加材 3 0 に供給する電流、溶加材 3 0 に印加する電圧、および溶加材 3 0 の供給量を計測する。温度・湿度・風速計測装置 1 0 は、温度、湿度、風速等のデータを計測する。これら電流、電圧、温度、湿度、風速等のデータは、溶接環境の状態を表すため、以下「溶接環境データ」と呼ぶ。

## 【 0 0 1 5 】

制御部 2 0 は、C P U（Central Processing Unit）、R A M（Random Access Memory）、R O M（Read Only Memory）、S S D（Solid State Drive）、演算処理装置の演算結果を表示する表示装置等、一般的なコンピュータとしてのハードウェアを備えており、S S Dには、O S（Operating System）、アプリケーションプログラム、各種データ等が格納されている。O Sおよびアプリケーションプログラムは、R A Mに展開され、C P Uによって実行される。

## 【 0 0 1 6 】

図 1 において、制御部 2 0 の内部は、アプリケーションプログラム等によって実現される機能を、ブロックとして示している。すなわち、制御部 2 0 は、マーカ位置取得部 2 2 と、溶接操作データ取得部 2 3（トーチ位置取得部）と、記録部 2 4 と、判定部 2 5 と、を備えている。

## 【 0 0 1 7 】

マーカ位置取得部 2 2 は、マーカ計測用カメラ 2 の出力信号に基づいて、各マーカ 3 の三次元座標データであるマーカ位置データを取得する。また、溶接操作データ取得部 2 3 は、トーチ 6 の三次元図形データを予め記憶している。そして、溶接操作データ取得部 2 3 は、トーチ 6 の三次元図形データと、各マーカ 3 のマーカ位置データと、に基づいて、トーチ 6 の三次元座標データであるトーチ位置データを取得する。

## 【 0 0 1 8 】

さらに、溶接操作データ取得部 2 3 は、トーチ位置データに基づいて、トーチ 6 の速度、トーチ 6 の高さ、ウィーピング周期、ウィーピング幅、トーチ角度等のデータを算出する。ここで、ウィーピングとは、溶接進行方向に対して交差する方向にトーチ 6 を振ることを指す。これら溶接操作データ取得部 2 3 が取得するデータを溶接操作データと呼ぶ。また、溶接が完了した溶接対象物 7 の溶接状態に対して、溶接品質を評価した結果を溶接評価データと呼ぶ。より具体的には、溶接評価データは、溶接対象物 7 における内部欠陥の有無、ビートの蛇行の有無、溶接変形量、残留応力の有無等を含む。

## 【 0 0 1 9 】

記録部 2 4 は、溶接操作データと、溶接評価データと、溶接環境データと、を溶接位置または溶接時刻に対応付けて記憶する。これら記録部 2 4 に記録されるデータを総称して

10

20

30

40

50

、「作業データ」と呼ぶ。判定部 25 は、過去に記憶された熟練者による作業データと、新たに取得した作業データとに基づいて、新たに取得した作業データに係る溶接士 4 の技量等を判定する。

【0020】

図 2 は、トーチ 6 周辺の模式図である。トーチ 6 に装着された複数のマーカ 3 は、これらの位置関係に基づいてトーチの特定箇所 11 を推定できる位置に装着されている。図示の例において、特定箇所 11 とは、トーチ 6 の「先端中央」であるが、「先端中央」以外のトーチ 6 の位置や溶加材 30 の先端位置を特定箇所 11 としてもよい。また、トーチ 6 の先端中央位置と、溶接対象物 7 との距離をトーチ高 HT と呼ぶ。また、図示の例では、マーカ 3 は溶接対象物 7 にも装着されている。

10

【0021】

また、溶接士 4 の手や遮光面 5 (図 1 参照) 等、トーチ 6 以外の箇所に、さらにマーカ 3 を追加装着してもよい。これにより、溶接士 4 の体の位置や姿勢、溶接士 4 の頭の位置等の情報も取得できる。このように、マーカ 3 は、特に、トーチ 6 の位置に対して所定の位置関係を有する箇所に設けることが好ましい。但し、マーカ 3 は少なくともトーチ 6 に装着されていればよく、トーチ 6 以外の箇所に設けることは必須ではない。

【0022】

マーカ計測用カメラ 2 (図 1 参照) の照射光がマーカ 3 に反射されると、上述したようにマーカ 3 の位置が計測され、これによって制御部 20 (図 1 参照) は、特定箇所 11 の位置を推定する。さらに、制御部 20 は、上述したトーチ 6 の速度、トーチ 6 の高さ、ウィーピング周期、ウィーピング幅、トーチ角度等を、特定箇所 11 の動きに応じて算出する。

20

【0023】

ここで、仮に 1 個のマーカ 3 のみで特定箇所 11 を推定しようとする、アークが生じている高温部の位置を予測することが困難になる。また、アーク溶接で発生したスパッタをマーカ 3 と誤認識することが考えられ、精度が低くなる。また、仮に、2 個のマーカ 3 のみで特定箇所 11 を推定しようとする、スパッタが発生した場合に、制御部 20 が、特定箇所 11 の位置を実際の位置から回転した位置であると誤認識してしまい、精度が低くなる場合がある。従って、トーチ 6 の特定箇所 11 を正確に推定するために、マーカ 3 は少なくとも 2 個設けることが好ましく、3 個以上設けることがより好ましい。

30

【0024】

図 3 はトーチ 6 の模式的な側面図である。

図示のように、複数のマーカ 3 は、側面視においてジグザグになるように、換言すれば上下非対称、左右非対称になるように配置されている。これにより、例えば、上下対称または左右対称にするよりも、特定箇所 11 を高精度に推定できるようになる。さらに、各マーカ 3 は、トーチ 6 の使用時において、各マーカ計測用カメラ 2 の何れから撮影しても、重ならないように配置されている。

【0025】

さらに、マーカ 3 は光を再帰性反射する材質を有し、または光を再帰性反射する塗料が塗布されたものを適用することが好ましい。また、マーカ 3 は球形状の部分の有することが好ましい。これらの特徴によって、マーカ 3 の位置を高感度で認識できるようになり、特定箇所 11 の算出精度を向上させることができる。また、マーカ 3 とスパッタとを区別するため、マーカ 3 の認識においては、大きさや球形度等でフィルタリング処理を行うことが好ましい。これより、スパッタをマーカ 3 と誤認識しにくくなり、マーカ 3 の検出精度が向上する。

40

【0026】

図 2 において、溶接対象物 7 は、予め設定された基準点 (原点 O) に対応する所定の位置に配置することが好ましい。すなわち、あらかじめ設定された座標軸 X, Y, Z に対し、溶接対象物 7 の各部の方向が揃うように、治具等を用いて溶接対象物 7 を設置するとよい。例えば、図 2 に示すように、X 方向を溶接方向とし、Y 方向を溶接方向に直交する溶接

50

対象物 7 の表面上の方向とし、Z 方向をトーチ高 H T の方向になるようにし、溶接開始位置を原点 0 に合わせることが考えられる。溶接対象物 7 について、このような位置合わせを行うと、溶接対象物 7 にマーカ 3 を設置することなく、簡便に溶接対象物 7 の位置を把握できる。但し、上述したように、溶接対象物 7 の位置精度向上のため、溶接対象物 7 にマーカ 3 を設置しても差支えない。

#### 【 0 0 2 7 】

##### 第 1 実施形態の動作

図 4 は、各種溶接操作データの計測結果の例を示す図である。

図 4 におけるグラフ G 1 は、トーチ高 H T ( 図 2 参照 ) を縦軸とし、溶接時刻または溶接位置を横軸としたグラフである。また、グラフ G 2 は、溶接対象物 7 の変形量を縦軸とし、溶接時刻を横軸としたグラフである。また、グラフ G 3 は、溶加材供給量を横軸とし、溶接時刻を横軸としたグラフである。

10

#### 【 0 0 2 8 】

また、グラフ G 4 は、溶接位置を縦軸とし、溶接時刻を横軸としたグラフである。ここで溶接位置とは、溶接開始位置 ( 図示せず ) を基準とした、トーチ 6 の溶接進行方向 ( 図 2 における X 方向 ) の位置である。グラフ G 4 に示す近似直線 L 4 は、グラフ G 4 を直線で近似したものである。また、グラフ G 5 は、溶接士 4 ( 図 1 参照 ) の右ひじの角度を縦軸とし、溶接時刻を横軸としたグラフである。但し、溶接士 4 は右手でトーチ 6 を把持していることとする。

#### 【 0 0 2 9 】

制御部 2 0 ( 図 1 参照 ) は、溶接対象物 7 の三次元座標データと、トーチ 6 および溶接士 4 等のマーカ 3 の三次元座標データと、に基づいて、図 4 に示した各種計測結果や、各部の位置や速度、角度、軌跡、加速度、角速度等を算出することができる。換言すれば、熟練者である溶接士 4 の溶接動作や、初心者である溶接士 4 の溶接動作をデータとして取得することができ、溶接動作を定量的に評価することができる。特に、グラフ G 3 に示す算出された溶加材供給量、グラフ G 4 に示す溶接位置によれば、溶加材 3 0 およびトーチ 6 には、静止と移動を繰り返す周期的な動作パターンが現れることが確認された。

20

#### 【 0 0 3 0 】

また、グラフ G 5 によれば、溶接士 4 の右ひじの角度も、トーチ 6 の動きに連動して、大きくなっていることが確認された。また、溶接対象物 7 に装着したマーカ 3 の座標データによって、グラフ G 2 に示すように溶接対象物 7 の変形量を算出した結果、溶接時刻とともに変形量が増加していることが確認された。変形量を定量的にその場で評価することにより、次の溶接パスの計測時におけるトーチ 6 の座標データに変形量分をオフセットとして加えることができ、溶接対象物 7 に対するトーチ 6 の相対位置を高精度に計測できる。このようにトーチ 6、溶接対象物 7、溶加材 3 0 および溶接士 4 にマーカ 3 を装着して相対位置関係を計測することにより、連動する動作に対しても高精度に評価することが可能である。

30

#### 【 0 0 3 1 】

##### 第 1 実施形態の効果

以上のように本実施形態によれば、溶接対象物 7 を溶接するトーチ 6 に装着された複数のマーカ 3 が発生した光または複数のマーカ 3 によって反射された光を検出する光検出部 ( 2 ) と、光検出部 ( 2 ) が検出した光に基づいて、マーカ 3 の三次元座標データであるマーカ位置データを取得するマーカ位置取得部 2 2 と、マーカ位置データに基づいてトーチ 6 の三次元座標データであるトーチ位置データを取得するトーチ位置取得部 ( 2 3 ) と、を備える。これにより、トーチ 6 および溶接対象物 7 等、各部の位置関係を正確に計測できる。

40

#### 【 0 0 3 2 】

また、マーカ 3 に対して特定波長を含む光を照射する光照射部 6 0 をさらに備え、光検出部 ( 2 ) は、特定波長の光を抽出するフィルタを備え、マーカ位置取得部 2 2 は、特定波長の光に応じてマーカ位置データを取得する構成によれば、特定波長の光によって正確

50

なマーカ位置データを取得することができる。同様に、マーカ3に対して特定波長の光を照射する光照射部60をさらに備える構成によれば、特定波長の光によって正確なマーカ位置データを取得することができる。特に、特定波長の光に、波長が550nm以上の光を含ませることによって、アーク光やスパッタ等が位置検出に及ぼす影響を抑制することができる。

#### 【0033】

また、トーチ6は、三以上のマーカ3が装着されたものであり、トーチ位置取得部(23)は、三以上のマーカ位置データに基づいてトーチ位置データを取得する。これにより、一層正確なトーチ位置データを取得することができる。

#### 【0034】

さらに、複数のマーカ3は球形状の部分有し、これら複数のマーカ3は、トーチ6の使用時において、光検出部(2)から見て重ならないように、配置されている。さらに、光検出部(2)は動画像を撮影するカメラであり、マーカ位置取得部22は、動画像に含まれる画像の大きさ、または球形度に基づいて、マーカ3の画像と、他の画像とを区別する。本実施形態によれば、これらの特徴により、一層正確なトーチ位置データを取得することができる。

#### 【0035】

また、本実施形態においては、複数のマーカ3のうち何れかは、溶接作業に適用される溶加材またはトーチ6を把持する作業者(4)にも装着されたものであり、トーチ位置取得部(23)は、トーチ6の三次元座標データに加えて、溶加材または作業者(4)の三次元座標データを取得する。これにより、作業者(4)や溶加材等の位置も取得することができ、溶接状態を一層正確に把握できるようになる。

#### 【0036】

また、本実施形態においては、トーチ6の三次元座標データと、溶接が完了した溶接対象物7の溶接状態に対する評価結果である溶接評価データと、を対応付けた作業データを記録する記録部24をさらに備える。また、記録部24は、溶接時刻または溶接位置に対応して作業データを記憶するものであり、記録部24に過去に記憶された作業データと、新たな溶接作業において取得したトーチ6の三次元座標データと、に基づいて、新たな溶接作業の品質を判定する判定部(25)をさらに有する。これにより、記録部24に記憶された作業データと、新たな溶接作業において取得したトーチ6の三次元座標データと、に基づいて、新たな溶接作業の品質を判定することができる。

#### 【0037】

また、本実施形態において、作業データは、トーチ6の平均移動速度、トーチ6のトーチ高(HT)、トーチ6のウィーピング周期、トーチ6のウィーピング幅、トーチ6の角度、溶加材の供給量、トーチ6を把持する作業者(4)のトーチ6を把持する側のひじの角度、または作業者(4)の頭の位置のうち何れかを含み。これにより、一層正確な作業データを記録することができる。換言すれば、溶接作業動作を正確に数値化することができ、その数値データを教育システムや品質管理に活用することで、技能伝承を効率的に実現でき、モノづくり品質を向上させ、不良率の低減に寄与すること可能な溶接作業計測システムを実現することが可能である。

#### 【0038】

##### [第2実施形態]

図5は本発明の第2実施形態による品質管理システム102の模式図である。なお、以下の説明において、上述した第1実施形態の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する場合がある。図5において、品質管理システム102は、制御部40と、トーチ6と、半自動溶接電源8と、電流・電圧・溶加材供給量計測装置9と、温度・湿度・風速計測装置10と、慣性センサ14(センサ)と、を備えている。

#### 【0039】

慣性センサ14は、トーチ6に生じる3軸加速度と、3軸角速度とを計測する装置である。第1実施形態の溶接作業計測システム101に設けられていたマーカ計測用カメラ2

10

20

30

40

50

、マーカ 3 等と比較すると、慣性センサ 1 4 は安価であり、取扱いも容易である。また、制御部 4 0 は、第 1 実施形態の制御部 2 0 ( 図 1 参照 ) と同様に、CPU、RAM、ROM、SSD、表示装置を備え、SSDには、OS、アプリケーションプログラム、各種データ等が格納されている。図 5 において、制御部 4 0 の内部は、アプリケーションプログラム等によって実現される機能を、ブロックとして示している。すなわち、制御部 4 0 は、データベース部 4 2 と、作業データ取得部 4 3 と、品質判定部 4 4 と、を備えている。

#### 【 0 0 4 0 】

データベース部 4 2 は、過去に取得した熟練者の作業データである過去作業データを記憶する。データベース部 4 2 に記憶される過去作業データは、上述の第 1 実施形態による溶接作業計測システム 1 0 1 によって取得したものでよく、本実施形態の品質管理システム 1 0 2 によって取得したものでよい。上述したように、作業データ ( および過去作業データ ) は、溶接操作データ ( 図 4 のグラフ G 1 ~ G 5 等 ) と、溶接評価データ ( 内部欠陥の有無等 ) と、溶接環境データ ( 電流、電圧、温度等 ) と、を含むデータである。

10

#### 【 0 0 4 1 】

品質判定部 4 4 は、新たに計測された作業データと、熟練者による過去作業データとを比較することにより、溶接品質を判定する。この品質判定部 4 4 では、溶接士 4 の作業習熟レベルを評価することもできる。

#### 【 0 0 4 2 】

より具体的に述べると、上述したように、データベース部 4 2 には、過去作業データ、すなわち過去の溶接作業において取得したグラフ G 1 ~ G 5 ( 図 4 参照 ) 等の内容が記憶されている。作業データ取得部 4 3 は、慣性センサ 1 4 の出力信号に基づいて、今回の作業データを取得する。品質判定部 4 4 は、過去作業データと、今回の作業データとを比較し、その結果に基づいて溶接作業の品質管理を行う。

20

#### 【 0 0 4 3 】

第 1 実施形態の溶接作業計測システム 1 0 1 によって取得した溶接操作データと、溶接評価データすなわち溶接品質との相関分析の結果、トーチ 6 の平均移動速度およびトーチ角速度が、品質との相関が強い特徴量として抽出された。ここで、トーチ 6 の平均移動速度は、図 4 のグラフ G 4 における近似直線 L 4 の傾きによって求められる。また、トーチ角速度とは、ウィーピングによって生じるトーチ 6 の角速度を指す。

#### 【 0 0 4 4 】

図 6 は、平均移動速度およびトーチ角速度と溶接品質との関係を示す図である。図 6 において、テーブル 7 2 は、トーチ 6 の平均移動速度と溶接品質との関係を示す。また、テーブル 7 4 は、トーチ角速度と溶接品質との関係を示す。テーブル 7 2 に示すように、トーチ 6 の平均移動速度は、20 ~ 30 cm / min 程度であることが好ましい。また、トーチ角速度は 500 degree / s 以上を 1 秒以上続けるとビード外観不良になる。

30

#### 【 0 0 4 5 】

図 7 は、トーチ角速度の計測結果の一例である。なお、図示の計測を行うにあたり、トーチ 6 の平均移動速度は 26 . 7 cm / min であり、テーブル 7 2 ( 図 6 参照 ) によれば良好な範囲であった。一方、図 7 の期間 T 1 において、トーチ角速度は 500 degree / s 以上になっている。また、期間 T 1 の長さは、1 . 7 秒であった。溶接対象物 7 において、この期間 T 1 に対応する部分を目視で外観観察した結果、当該部分のビード外観が乱れており、外観不良であると判断された。

40

#### 【 0 0 4 6 】

図 7 の例のように、本実施形態の品質管理システム 1 0 2 によれば、溶接直後に、欠陥の種類と発生位置とを推定することが可能である。すなわち、第 1 実施形態の溶接作業計測システム 1 0 1 ( 図 1 参照 ) によって溶接品質との相関が強い特徴量を抽出し、慣性センサ 1 4 のような、より簡易的なセンサを用いて、溶接品質を管理できる。

#### 【 0 0 4 7 】

[ 第 3 実施形態 ]

50

### 第3実施形態の構成

図8は本発明の第3実施形態による溶接作業教育システム103(溶接作業計測システム)の模式図である。なお、以下の説明において、他の実施形態の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する場合がある。図8において、溶接作業教育システム103は、温度・湿度・風速計測装置10と、慣性センサ14と、溶接対象物模擬部品15と、ヘッドマウントディスプレイ16(表示部)と、模擬タッチ17と、カメラ18(撮像部)と、制御部50と、を備えている。

#### 【0048】

溶接対象物模擬部品15および模擬タッチ17は、上述した第1,第2実施形態における溶接対象物7およびタッチ6と同様の形状および重量を有し、それぞれ溶接対象物7およびタッチ6を模擬する。ヘッドマウントディスプレイ16は、両眼を覆うように溶接士4に装着され、溶接士4に対して各種画像を表示する。カメラ18は、ヘッドマウントディスプレイ16に装着され、溶接士4の前方を撮影する。

10

#### 【0049】

制御部50は、第1実施形態の制御部20(図1参照)と同様に、CPU、RAM、ROM、SSD、表示装置を備え、SSDには、OS、アプリケーションプログラム、各種データ等が格納されている。図8において、制御部50の内部は、アプリケーションプログラム等によって実現される機能を、ブロックとして示している。すなわち、制御部50は、データベース部52と、作業データ取得部53と、品質判定部54と、を備えている。

#### 【0050】

模擬タッチ17はスパッタやアーク光等を発生しないため、通常のカメラ18等によって、容易に作業データを収集することができる。制御部50のデータベース部52には、第2実施形態のデータベース部42と同様に、過去作業データが記憶されている。作業データ取得部53は、慣性センサ14の出力信号およびカメラ18が撮影した動画像に基づいて、今回の作業データを取得する。品質判定部54は、過去作業データと、今回の作業データとを比較し、その結果に基づいて模擬溶接作業の品質管理を行う。

20

#### 【0051】

第2実施形態において上述したように、タッチ6(図5参照)の平均移動速度およびタッチ角速度は、品質との相関が強い特徴量である。従って、本実施形態においては、模擬タッチ17の平均移動速度およびタッチ角速度が、品質との相関が強い特徴量になる。本実施形態においては、従って、これらの特徴量を計測・算出するために、第2実施形態に適用した慣性センサ14を模擬タッチ17に装着している。

30

#### 【0052】

本実施形態による溶接作業教育システム103は、これらの特徴量に基づいて、熟練者による過去作業データと、カメラ18によって取得した新たな作業データとを比較し、その結果に基づいて品質管理を行う。すなわち、本実施形態によれば、実際に溶接作業を行うことなく溶接士4の教育や訓練を実行することができる。

#### 【0053】

溶接対象物模擬部品15および模擬タッチ17の表面には、画像認識用の模様が施されている(図示せず)。カメラ18は、これらの模様とともに、溶接対象物模擬部品15および模擬タッチ17等を撮影する。カメラ18が撮影した動画像および慣性センサ14の計測結果は、制御部50の作業データ取得部53に供給される。作業データ取得部53は、供給された動画像および慣性センサ14の計測結果に基づいて溶接対象物模擬部品15および模擬タッチ17の位置データを算出する。次に、作業データ取得部53は、溶接対象物模擬部品15および模擬タッチ17の三次元図形データに基づいて、これらの三次元座標データを算出する。また、制御部50は、ヘッドマウントディスプレイ16の画面上に、溶接対象物模擬部品15および模擬タッチ17を含む模擬溶接作業の画像を表示することができる。

40

#### 【0054】

模擬タッチ17には、第1実施形態のタッチ6と同様のスイッチが装着されており、該

50

スイッチがオン状態であれば、制御部 50 は、模擬的通電状態であると認識する。模擬的通電状態において、模擬トーチ 17 の先端が溶接対象物模擬部品 15 と所定の距離以内に位置する場合には、さらに、ヘッドマウントディスプレイ 16 には、アーク光を模擬したアーク光画像と、溶融池を模擬した溶融池画像と、が表示される。

#### 【0055】

溶接士 4 が模擬トーチ 17 を動かすと、これに伴ってヘッドマウントディスプレイ 16 におけるアーク光画像および溶融池画像の位置も移動する。第 1 実施形態の構成（図 1 参照）において、トーチ 6 の動作に応じたアーク光、溶融池、溶接音、溶接電流・電圧等のデータを予め蓄積しておき、その結果を本実施形態に適用してもよい。すなわち、制御部 50 は、過去に蓄積されたデータと、溶接対象物模擬部品 15 および模擬トーチ 17 の三次元座標データと、に基づいて、模擬トーチ 17 の動作に応じたアーク光画像、溶融池画像、溶接音の模擬音、仮想的な溶接電流・電圧等をヘッドマウントディスプレイ 16 において再現することができる。

10

#### 【0056】

図 9 は、本実施形態におけるトーチ角速度の計測結果の一例である。なお、図示の計測を行うにあたり、模擬トーチ 17 の平均移動速度は  $22.3 \text{ cm/min}$  であり、テーブル 72（図 6 参照）によれば良好な範囲であった。一方、また、図中の全期間において、模擬トーチ 17 のトーチ角速度は  $500 \text{ degree/s}$  未満になっている。このように、図 9 に示した例は、テーブル 72, 74（図 6 参照）によれば、平均移動速度およびトーチ角速度の双方において好ましい範囲すなわち熟練者の動作範囲を満足しており、実際の溶接に適用しても良好な溶接が得られると考えられる。

20

#### 【0057】

##### 第 3 実施形態の効果

以上のように、本実施形態の溶接作業教育システム 103 は、溶接対象物 7 を模擬する溶接対象物模擬部品 15 と、溶接対象物 7 を溶接するトーチ 6 を模擬する模擬トーチ 17 と、模擬トーチ 17 の動作状態を検出するセンサ（14）と、模擬トーチ 17 を撮像し動画像を出力する撮像部（18）と、動画像と動作状態とに基づいて、溶接対象物模擬部品 15 の三次元座標データと、模擬トーチ 17 の三次元座標データと、を含む作業データを取得する作業データ取得部 53 と、動画像と、予め記憶した作業データである過去作業データとに基づいて、溶接状態を表す溶接状態画像を表示する表示部（16）と、を備える。

30

#### 【0058】

これにより、溶接対象物 7（図 1 参照）を消費することなく、かつ安全にトーチ動作を訓練することができる。また、本実施形態によれば、アーク光が発生しないため、溶接対象物模擬部品 15 および模擬トーチ 17 の三次元座標データ、トーチ高さ、溶接時刻、溶接位置等のデータや、右ひじの角度と溶接時刻や溶接位置のデータのような正確な作業データを蓄積することができる。これにより、溶接士 4 の訓練履歴や、技能レベル等の管理を正確に行うことができる。

#### 【0059】

さらに、本実施形態によれば、作業データは、模擬トーチ 17 の平均移動速度、模擬トーチ 17 と溶接対象物模擬部品 15 との距離であるトーチ高（HT）、模擬トーチ 17 のウィーピング周期、模擬トーチ 17 のウィーピング幅、模擬トーチ 17 の角度、溶加材の供給量、模擬トーチ 17 を把持する作業者（4）の模擬トーチ 17 を把持する側のひじの角度、または作業者（4）の頭の位置のうち何れかを含む。これにより、模擬トーチ 17 等の詳細な動作を蓄積することができる。さらに、溶接状態画像は、アーク光を模擬したアーク光画像と、溶融池を模擬した溶融池画像と、を含む動画像である。これにより、臨場感の高い動画像を表示することができる。

40

#### 【0060】

##### [変形例]

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。上述した実施形態は本発明を理解しやすく説明するために例示したものであり、必ずしも説明

50

した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について削除し、もしくは他の構成の追加・置換をすることが可能である。また、図中に示した制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上で必要な全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。上記実施形態に対して可能な変形は、例えば以下のようなものである。

【0061】

(1) 上述した第1, 第2実施形態は、消耗電極式・半自動アーク溶接を行うものであった。しかし、第1, 第2実施形態に対して、他の溶接種別、例えばTIG溶接等を適用してもよい。TIG溶接においては、トーチとは別体の溶加材が用いられるため、この場合は溶加材にマーカ3(図1参照)を装着してもよい。これにより、溶加材の供給量や溶加材の角度等の情報も得ることが可能となる。また、第3実施形態は消耗電極式・半自動アーク溶接を模擬するものであったが、他の溶接種別、例えばTIG溶接等を模擬するものであってもよい。

10

【0062】

(2) また、第1実施形態では、マーカ計測用カメラ2の光照射部60の照射光の波長を850nmにしたが、広範囲の波長域を有する光源を光照射部60として使用してもよい。その場合、マーカ計測用カメラ2は、反射光のうち特定波長の光を抽出するフィルタを備え、トーチ6等に装着されたマーカ3から反射した光のうち特定波長の光を計測することが好ましい。

20

【0063】

(3) また、第1実施形態におけるマーカ3として、光を反射するマーカではなく、自発光するマーカを適用してもよい。その場合、マーカ計測用カメラ2には光照射部60を設ける必要がなくなる。マーカ3として自発光するマーカを適用する場合には、特定波長(例えば850nm)の光を発光するマーカ、または広範囲の波長域を有する光を発光するマーカのうち、何れを適用してもよい。後者の波長域が広いマーカを適用する場合には、マーカ計測用カメラ2には、特定波長の光を抽出するフィルタを備え、マーカ3から放射された光のうち特定波長の光を計測することが好ましい。また、マーカ3に、特定波長の光を反射するフィルタ機能を付与してもよい。

30

【0064】

(4) 上記第2実施形態において、作業データ取得部43は、慣性センサ14の出力信号に基づいて、作業データを取得した。しかし、第2実施形態に対して、地磁気計測装置、全地球測位システム、屋内全地球測位システム、ステレオカメラ等を追加し、これらの計測結果と、慣性センサ14の出力信号とに基づいて作業データを取得してもよい。また、作業データを取得するセンサは、慣性センサ14以外のセンサであってもよい。

【0065】

(5) また、第2実施形態においては、特徴量としてトーチ6の平均移動速度と、トーチ角速度とを適用した例を説明した。しかし、抽出する特徴量はこれらに限定されるわけではなく、トーチ高HT(図2参照)、ウィーピング条件(ウィーピング周期、ウィーピング幅等)、トーチ角度、溶加材供給量(図4参照)、右ひじの角度(トーチを持つひじの角度、図4参照)、溶接土4の頭の位置等であってもよい。

40

【0066】

(6) また、第3実施形態におけるカメラ18は、ステレオ式のカメラでもよい。ステレオ式カメラを適用することで、溶接対象物模擬部品15と模擬トーチ17の位置関係を、一相正確に計測でき、三次元の精密な距離情報や位置情報を取得することができる。また、第3実施形態においては、溶接対象物模擬部品15および模擬トーチ17に画像認識用の模様を施した。しかし、カメラ18としてステレオ式カメラを適用すると、これらの模様を省略しながら溶接対象物模擬部品15および模擬トーチ17の位置関係を計測することができる。

50

## 【 0 0 6 7 】

( 7 ) 上述した第 3 実施形態の溶接作業教育システム 1 0 3 は、3 次元仮想現実 ( バーチャル・リアリティ ) を提供するものであったが、第 1 , 第 2 実施形態に適用された実際の溶接対象物 7 およびトーチ 6 ( 図 1 参照 ) を適用し、実際の溶接作業を実行しながら教育、訓練を行ってもよい。

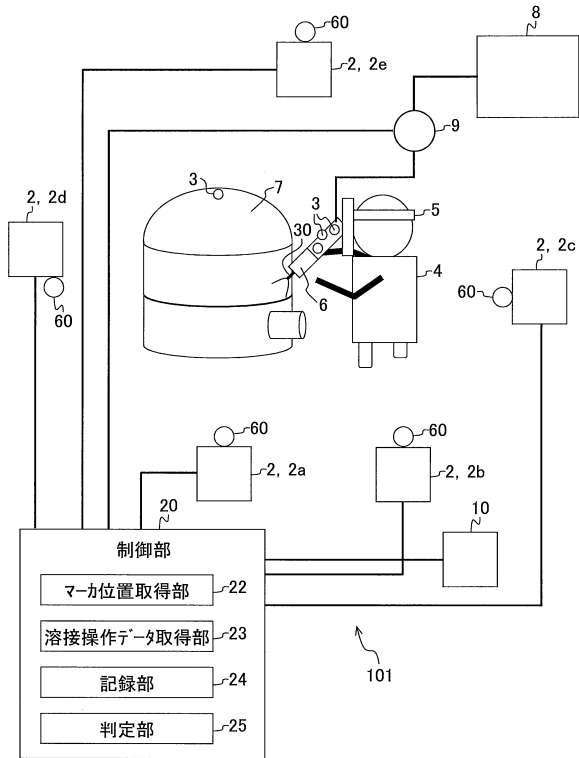
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 8 】

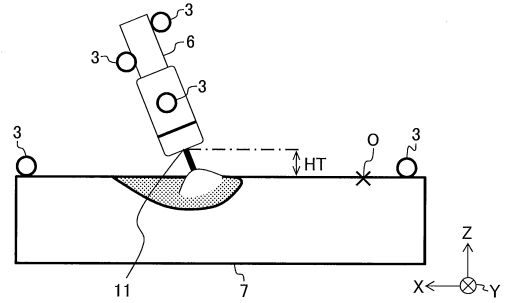
2 , 2 a , 2 b , 2 c , 2 d , 2 e	マーカ計測用カメラ ( 光検出部 )	
3	マーカ	
4	溶接士 ( 作業者 )	10
6	トーチ	
7	溶接対象物	
8	半自動溶接電源	
9	電流・電圧・溶加材供給量計測装置	
1 4	慣性センサ ( センサ )	
1 5	溶接対象物模擬部品	
1 6	ヘッドマウントディスプレイ ( 表示部 )	
1 7	模擬トーチ	
1 8	カメラ ( 撮像部 )	
2 0 , 4 0 , 5 0	制御部	20
2 2	マーカ位置取得部	
2 3	溶接操作データ取得部 ( トーチ位置取得部 )	
2 4	記録部	
2 5	判定部	
3 0	溶加材	
5 2	データベース部	
5 3	作業データ取得部	
5 4	品質判定部	
6 0	光照射部	
1 0 1	溶接作業計測システム	30
1 0 2	品質管理システム	
1 0 3	溶接作業教育システム ( 溶接作業計測システム )	

【図面】

【図 1】



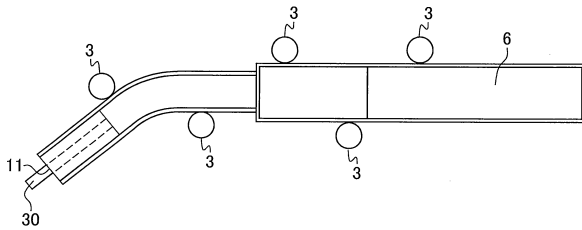
【図 2】



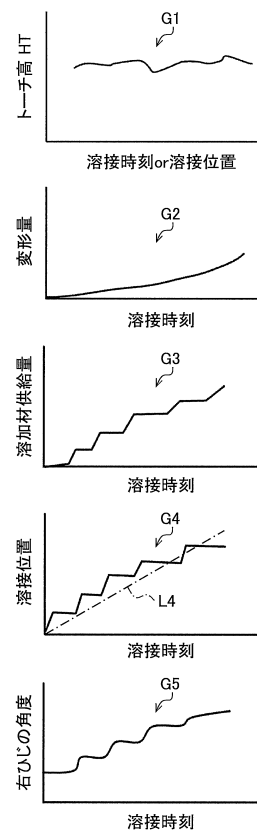
10

20

【図 3】



【図 4】

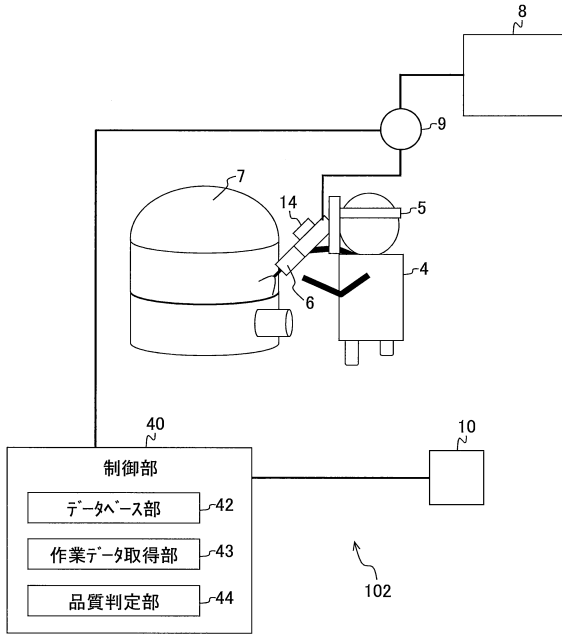


30

40

50

【図5】



【図6】

平均移動速度 (cm/min)	10-20	20-30	30以上
品質	余盛高さ不良	良品	融合不良

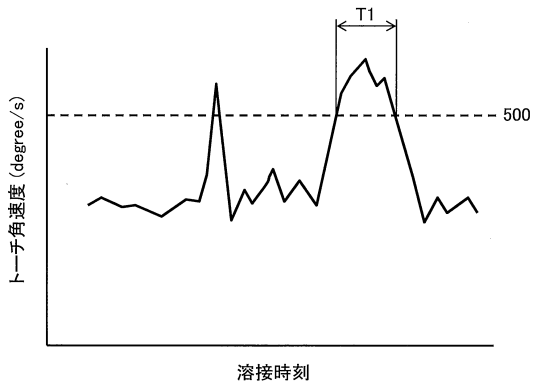
  

トーチ角速度 (degree/s)	500 以上を1s以上		
品質	ビード外観不良		

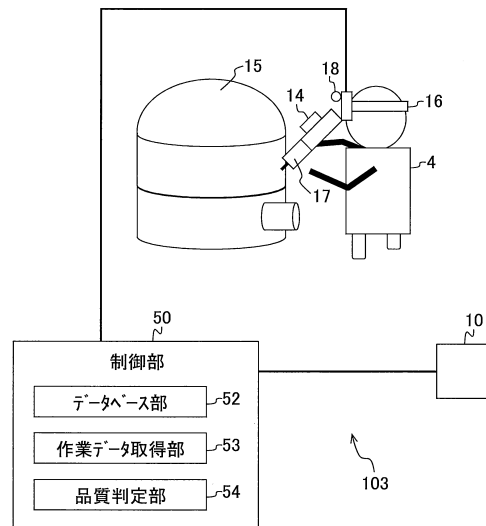
10

20

【図7】




【図8】

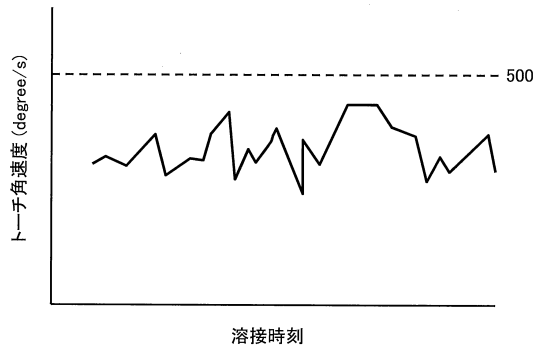


30

40

50

【 9】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

審査官 石田 宏之

- (56)参考文献 特許第4100545(JP, B2)  
特許第3047890(JP, B2)  
特許第6309938(JP, B2)  
特許第4129342(JP, B2)  
特許第6126174(JP, B2)  
特開2008-110388(JP, A)  
特開2017-106908(JP, A)  
特開2015-225214(JP, A)  
特開平04-266480(JP, A)  
特公昭57-027792(JP, B2)  
特開2006-281270(JP, A)  
特開2001-071140(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B23K 9/10  
G09B 25/02  
G09B 19/24