

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6815764号
(P6815764)

(45) 発行日 令和3年1月20日 (2021.1.20)

(24) 登録日 令和2年12月25日 (2020.12.25)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 11/25 (2006.01)	B 2 3 K 11/25
B 2 3 K 31/00 (2006.01)	B 2 3 K 31/00 K
B 2 3 K 11/24 (2006.01)	B 2 3 K 11/25 5 1 O
	B 2 3 K 11/24 3 3 8

請求項の数 6 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2016-127887 (P2016-127887)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成28年6月28日 (2016.6.28)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2018-1184 (P2018-1184A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成30年1月11日 (2018.1.11)	(74) 代理人	110001807
審査請求日	平成31年3月5日 (2019.3.5)		特許業務法人磯野国際特許商標事務所
		(72) 発明者	遠藤 久
			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	吉川 裕
			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	山田 敏広
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接監視システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

抵抗溶接において、前記抵抗溶接の対象となる被溶接部品の溶接部における局所的な電流を計測する電流計測部と、

前記溶接部における局所的な温度を計測する温度計測部と、

前記電流計測部から取得する電流情報と、過去の電流情報とを比較するとともに、前記温度計測部から取得する温度情報と、過去の温度情報とを比較することで、前記電流計測部から取得される電流情報及び前記温度計測部から取得される温度情報の少なくとも一方が異常であるか否かを判定する判定部と、

前記判定部による判定の結果、異常が判定された場合、検査部へ前記被溶接部品の詳細な検査を指示する指示部と、

前記詳細な検査の結果を機械学習のためのデータに入力する入力部と、

を有し、

前記判定部は、

前記機械学習の結果である正常グループと、異常グループとを前記過去の電流情報及び前記過去の温度情報として、前記電流計測部から取得する電流情報と、前記過去の電流情報とを比較するとともに、前記温度計測部から取得する温度情報と、前記過去の温度情報とを比較することで、前記電流計測部から取得する電流情報及び前記温度計測部から取得する温度情報の少なくとも一方が異常であるか否かを判定する

ことを特徴とする溶接監視システム。

10

20

【請求項 2】

前記電流計測部は、前記溶接部の近傍に設けられている磁場計測部であり、
前記磁場計測部で計測された磁場の強度を基に、前記局所的な電流が計測される
ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接監視システム。

【請求項 3】

前記温度計測部は、カメラであり、
前記カメラから取得した前記溶接部の画像における輝度分布によって、前記局所的な温
度が計測される
ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接監視システム。

【請求項 4】

分光カメラを有し、
前記判定部は、前記分光カメラから取得した前記溶接部の周波数分布と、過去の周波数
分布とを比較し、
前記電流計測部から取得する電流情報、前記温度計測部から取得する温度情報及び前記
分光カメラから取得した溶接部の周波数分布の少なくとも一つが異常であるか否かを判定
する
ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接監視システム。

【請求項 5】

前記被溶接部品の長さの変化を計測する変位計測部を有し、
前記判定部は、前記長さの変化を基に、前記長さの変化が異常であるか否かを判定し、
前記電流計測部から取得する電流情報、前記温度計測部から取得する温度情報及び前記
変位計測部から取得した前記被溶接部品の長さの変化の少なくとも一つが異常であるか否
かを判定する
ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接監視システム。

【請求項 6】

前記判定部は、M E S (Manufacturing Execution System) に接続されている
ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶接監視システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、溶接における品質管理を行うための溶接監視システムの技術に関する。

【背景技術】

【0002】

金属製品を構成する複数の部材を接合するために、溶接は必要不可欠な技術である。溶
接は製品形状の自由度を高めつつ、一定の強度が得られる。このことから、構造物の継手
や、応力負荷の高い圧力容器に関わる接合に溶接がしばしば用いられる。

【0003】

溶接は、所望の接合箇所に熱を加えて、金属部材（以下、部材と称する）を溶解させる
ことによって行われる。溶接には、加熱方法で分類するとさまざまな方法がある。中でも
電気抵抗を用いた溶接は、スポット溶接、抵抗溶接（以下、抵抗溶接と称する）と呼ばれ
、自動車や薄板金属の接合でよく採用されている。抵抗溶接の原理は、部材に電流を印加
し、金属の電気抵抗で発生するジュール熱を利用して溶接部を加熱するものである。抵抗
溶接の特徴は、溶接をする部材と部材との間を補填する追加の部材を必要しないため、自
動溶接に適しているとともに、大電流を印加することで溶接を短時間に完了することがで
きることにある。そのため、抵抗溶接は金属製品の量産ラインで、よく利用される。

【0004】

抵抗溶接を量産ラインへ適用するためには、実際の部材を用いた試行試験が行われ、溶
接対象に適した条件（溶接条件）が見出される。溶接条件は、部材の表面状態、部材の同
士の密着方法等の溶接前処理条件、印加電圧、電流、部材間の押し付け圧力等の溶接中処
理条件、冷却等の溶接後処理条件等さまざまである。

【0005】

このような溶接条件の決定後、量産に移ると、試行試験で模擬しきれない事象が生じ、溶接条件を変化させる必要が生じることがある。量産に移った後で、このような製造条件を変化させることは一般的に対応困難である。

これに対して、量産で製造された部品の抜き取り検査等で、品質を確認することが一般的に行われている。すなわち、このような抜き取り検査において、マーカ（継手情報）等を溶接材料に施し、溶接部の画像を取得して管理する技術が開示されている。

【0006】

例えば、特許文献1には、「継手情報11が記入された継手10に対し適切な溶接材料25が使われているかを判断し、カメラ30と、カメラ30により撮影された継手10の画像から継手情報11を識別し、識別した継手情報11から継手10を特定する画像処理プログラム51と、継手10と関連付けて溶接材料25を特定するデータベース52と、継手10に対し適切な溶接材料25が使われているかを判断する第1判断プログラム55を備え、第1判断プログラム55は画像処理プログラム51が特定した継手10と、データベース52が特定した溶接材料25と関連付けた継手10を比較し、継手10に対し適切な溶接材料25が使われているかを判断する溶接モニタリングシステム1」が開示されている（要約参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2014-182530号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1に記載の技術では、適切な溶接部材が使用されているか、各溶接条件（溶接電流、溶接温度、予熱温度、溶接時間）が所定の溶接条件の範囲内で行われているかを判定している。

しかしながら、適切な溶接部材が使用され、適切な溶接条件で溶接が行われても、溶接部が均一になっていなかったり、溶接部において異物等が混入したりすること等が原因で適切な溶接が行われない場合がある。特許文献1に記載の技術では、このような事象が生じた際、適切な対処を行うことができない。

【0009】

このような背景に鑑みて本発明がなされたのであり、本発明は、溶接の品質管理を向上させることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記した課題を解決するため、本発明は、抵抗溶接において、前記抵抗溶接の対象となる被溶接部品の溶接部における局所的な電流を計測する電流計測部と、前記溶接部における局所的な温度を計測する温度計測部と、前記電流計測部から取得する電流情報と、過去の電流情報とを比較するとともに、前記温度計測部から取得する温度情報と、過去の温度情報とを比較することで、前記電流計測部から取得される電流情報及び前記温度計測部から取得される温度情報の少なくとも一方が異常であるか否かを判定する判定部と、前記判定部による判定の結果、異常が判定された場合、検査部へ前記被溶接部品の詳細な検査を指示する指示部と、前記詳細な検査の結果を機械学習のためのデータに入力する入力部と、を有し、前記判定部は、前記機械学習の結果である正常グループと、異常グループとを前記過去の電流情報及び前記過去の温度情報として、前記電流計測部から取得する電流情報と、前記過去の電流情報とを比較するとともに、前記温度計測部から取得する温度情報と、前記過去の温度情報とを比較することで、前記電流計測部から取得する電流情報及び前記温度計測部から取得する温度情報の少なくとも一方が異常であるか否かを判定することを特徴とする。

その他の解決手段については実施形態中で説明する。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、溶接の品質管理を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施形態に係る溶接監視システムの機能ブロック図である。

【図2】MES (Manufacturing Execution System) と連携した製造システムZの機能ブロック図である。

【図3】図2の製造システムにおける製造プロセスの手順を示す流れ図である。

10

【図4】本実施形態に係るサーバのハードウェア構成図である。

【図5】抵抗溶接の工程を示す図(その1)である。

【図6】抵抗溶接の工程を示す図(その2)である。

【図7】抵抗溶接の工程を示す図(その3)である。

【図8】抵抗溶接の工程を示す図(その4)である。

【図9】高速カメラ及び分光カメラの設置の様子を示す図である。

【図10】高速カメラで取得される映像の例を示す図(その1)である。

【図11】高速カメラで取得される映像の例を示す図(その2)である。

【図12】高速カメラで取得される映像の例を示す図(その3)である。

【図13】高速カメラで取得される映像の例を示す図(その4)である。

20

【図14】分光カメラで取得される分光データ及び一次元スペクトルデータの例を示す図(その1)であり、(a)は分光データの例を示す図であり、(b)は一次元スペクトルデータの例を示す図である。

【図15】分光カメラで取得される分光データ及び一次元スペクトルデータの例を示す図(その2)であり、(a)は分光データの例を示す図であり、(b)は一次元スペクトルデータの例を示す図である。

【図16】分光カメラで取得される分光データ及び一次元スペクトルデータの例を示す図(その3)であり、(a)は分光データの例を示す図であり、(b)は一次元スペクトルデータの例を示す図である。

【図17】溶接時に通電される電流波形及び電圧波形の一例を示す図(その1)である。

30

【図18】溶接時に通電される電流波形及び電圧波形の一例を示す図(その2)であり、(a)は電流波形及び電圧波形の全体図を示し、(b)はピーク値付近の拡大図である。

【図19】溶接時に通電される電流波形及び電圧波形の一例を示す図(その3)であり、(a)は電流波形及び電圧波形の全体図を示し、(b)は、ピーク値付近の拡大図である。

【図20】磁気センサに関する説明図であり、(a)は、本実施形態に係る磁気センサの設置例を示す図であり、(b)は、磁気センサC101の出力波形を示す図である。

【図21】磁気センサの配置の詳細を示す図である。図21(a)は、磁気センサの配置を示す斜視配置図であり、(b)は、(a)のA-A断面図であり、(c)は、(b)のB-B方向からみた図である。

40

【図22】磁気センサC101の出力と、電流経路C111の関係を説明する図である。

【図23】溶接ワーク周辺に生成される磁場を模式的に示した図であり、(a)は溶接機ワーク全体に流れる電流と、磁場を説明する図であり、(b)は、局所的な電流の方向と、磁場の方向を示す図である。

【図24】磁場波形の例を示す図(その1)である。

【図25】磁場波形の例を示す図(その2)である。

【図26】磁場波形の例を示す図(その3)である。

【図27】磁場波形の例を示す図(その4)である。

【図28】コイル出力波形の例を示す図である。

【図29】変位計の設置例と、出力結果を説明した図であり、(a)は、変位計の設置例

50

を示す図であり、(b)は変位計による測定結果を示す図である。

【図30】本実施形態に係るサーバにおける処理手順を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

次に、本発明を実施するための形態（「実施形態」という）について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】

[溶接監視システムZ1]

図1は、本実施形態に係る溶接監視システムZ1の機能ブロック図である。

溶接監視システムZ1は、サーバ1、情報取得装置2及び個体識別装置3を有している。 10

さらに、溶接システムZ2は、溶接監視システムZ1、溶接機4、検査装置6（検査部）、PLC7（指示部）、検査情報入力装置8を有している。

【0015】

情報取得装置2は、溶接機4に設置されているものであり、各種計測器及び各種センサで構成されるものである。

具体的には、情報取得装置2は、トリガ取得装置201、高速カメラ（温度計測部）202、電流計203、分光カメラ204、磁場計測装置（電流計測部、磁場計測部）205、変位計（変位計測部）206、電圧計207、温度・湿度計208等を有している。

トリガ取得装置201は、溶接機4において被溶接部品5に電流を流す際のトリガ信号を取得する。 20

高速カメラ202は、抵抗溶接において溶接部に電流が流れる際における溶接部の発光状態を撮影する。高速カメラ202の詳細については後記する。

電流計203は、被溶接部品5に流れる電流を計測する。電流計203については後記する。

分光カメラ204は、抵抗溶接において溶接部に電流が流れる際における溶接部の発光のスペクトル分析を行うためのカメラであり、ストリークカメラ等が用いられる。分光カメラ204の詳細については後記する。

磁場計測装置205は、溶接部の周囲に設置され、溶接部からの磁場を計測するものである。磁場計測装置205については後記する。 30

変位計206は、溶接部材の長さを計測するものである。変位計206については後記する。

電圧計207は、被溶接部品5に電流を流す際における電極間の電圧を計測する。電圧計207については後記する。

温度・湿度計208は検査環境の温度と湿度とを計測するものであり、温度計と、湿度計とが分離されているものでも構わない。

その他、図示しない溶接部に加えられる圧力を測定する圧力計等が備わっていてもよい。

【0016】

（個体識別装置3） 40

個体識別装置3は、溶接の個体（溶接個体）を識別するIDに関する情報をマーカから読み取り、溶接個体を識別するものである。マーカは、被溶接部品5に貼付されたバーコードや、被溶接部品5上の刻印や、RFID（Radiofrequency Identification）タグ等である。マーカがバーコードであれば、個体識別装置3はバーコード読取装置となる。マーカが刻印であれば、個体識別装置3には、刻印を撮影するカメラ、撮影された画像から刻印を抽出し、文字認識等を行う刻印認識装置等が含まれる。マーカがRFIDタグであれば、個体識別装置3はRFIDタグリーダとなる。

なお、マーカが刻印である場合、マーカを撮影するカメラとして、情報取得装置2の高速カメラ202が用いられてもよい。なお、マーカが刻印である場合における溶接個体の識別方法は、特許文献1に記載の手法を用いればよいので、ここでの説明を省略する。 50

【0017】

ここで、溶接個体とは、溶接1つ1つを区別するものである。例えば、1つの被溶接部品5において、溶接が2箇所行われている場合、それぞれの溶接を溶接個体とする。なお、同一の溶接個所において、複数回の溶接が行われている場合、それぞれの溶接を溶接個体としてもよいし、複数回の溶接をまとめて溶接個体としてもよい。

【0018】

(サーバ1)

サーバ1は、データ取得処理部101と、溶接データ記憶部102と、解析部103と、データ分類部104と、データ分類記憶部105と、比較判定部(判定部)106とを有している。

10

データ取得処理部101は、情報取得装置2における各装置から溶接データを取得し、個体識別装置3から個体識別用データを取得する。そして、データ取得処理部101は、取得した溶接データ及び個体識別用データを溶接データ記憶部102に格納する。

【0019】

溶接データ記憶部102には、情報取得装置2における各装置及び個体識別装置3から送られたデータが各々対応付けられて格納されている。すなわち、溶接データ記憶部102には、個体識別装置3で特定された溶接個体の識別情報と、情報取得装置2の各装置から取得された情報(時系列情報)とが対応付けられて格納されている。溶接データ記憶部102に格納されるデータは、各計測器及び各センサの波形データ、カメラの映像データ等が、トリガ取得装置201で取得されたトリガ信号の同期により、時間軸を共通化した(同期した)データで記憶されている。

20

【0020】

解析部103は、情報取得装置2の各装置から取得された情報から溶接条件の特性をデータ化する。解析部103の処理については後記する。

【0021】

データ分類部104は、溶接データを機械学習(パターン認識)等によって分類する。機械学習は、クラスタリング法、k-means法等が用いられる。データ分類部104は、機械学習の結果を、データ分類記憶部105に格納する。なお、ここでは、データ分類部104が、機械学習を用いて解析部103で算出された各解析結果を分類するとしているが、これに限らない。機械学習以外の手法で、解析部103で算出された各解析結果を分類してもよい。データ分類部104の処理は後記する。

30

【0022】

データ分類記憶部105は、データ分類部104における機械学習等の結果を格納する。つまり、データ分類記憶部105には、機械学習された過去のデータが格納されている。

比較判定部106は、データ分類記憶部105に格納されている機械学習等の結果と、解析部103における演算結果とを比較し、溶接条件の正常・異常を判別する。比較判定部106は、溶接条件が異常であると判別すると、PLC(Programmable Logic Controller)7に詳細調査指示を出力される。

【0023】

40

PLC7が、検査装置6に対して詳細調査指示を出力すると、検査装置6は図示しない表示装置にサーバ1において異常(溶接に不備がある可能性がある)を検知された被溶接部品5に関する情報が表示される。検査員は、表示された情報を基に、被溶接部品5の詳細な検査を行う。調査解析の結果は、検査情報入力装置8を介して、データ分類部104に送られ、機械学習のデータとなる。

【0024】

[製造システムZ]

まず、本実施形態の利用シーンを図2～図3で説明する。なお、溶接システムZ2については、図1において説明済みであるので、ここでの説明を省略する。

図2は、製造実行システム(MES11)と連携した製造システムZの機能ブロック図

50

である。M E S 1 1 は、溶接工程を有する工場において、製造ラインの各工程とリンクして、工場の製造設備の動作や作業員の作業の管理する役割を果たし、計画、現状、実績の管理情報を有する。

加工機 1 3、溶接機 4、検査装置 6 といった各製造設備は、シーケンサである P L C 7、2 1 ~ 2 2 を介して、M E S 1 1 に格納されている管理情報に応じた指令を M E S 1 1 から送受信し、動作する。

【0025】

加工機 1 3 は、溶接機 4 に供給する被溶接部品 5 を加工するものである。

トレンドサーバ 1 2 は、情報取得装置 3 1 を介して加工機 1 3 から加工機 1 3 の状態に関する情報を取得する。同様に、トレンドサーバ 1 2 は、情報取得装置 3 2 を介して溶接機 4 から溶接機 4 の状態に関する情報を取得する。ここで、情報取得装置 3 1、3 2 は、各種センサ等である。

トレンドサーバ 1 2 は、取得した溶接機 4 や、加工機 1 3 の状態に関する情報を格納する。

M E S 1 1 は、トレンドサーバ 1 2 が取得した溶接機 4 や、加工機 1 3 の状態に関する情報や、サーバ 1 から出力される被溶接部品詳細調査指示等を、監督者が所有する情報通知端末 4 1 へ送信する。情報通知端末 4 1 は、スマートフォン、タブレットや、HMD (Head Mount Display) 等のウェアラブルデバイス情報端末である。

【0026】

このように、本実施形態に係る製造システム Z は、加工機 1 3 や、溶接機 4 の状態に関する情報を有しているトレンドサーバ 1 2 と、M E S 1 1 とを連携させる。なお、本実施形態では、サーバ 1 が溶接異常を検知した場合、サーバ 1 → P L C 7 → 検査装置 6 の順に検査指示が出力されるが、サーバ 1 → M E S 1 1 → P L C 7 → 検査装置 6 の順に検査指示が出力されてもよい。

また、製造システム Z は、サーバ 1 で異常と判定された被溶接部品 5 に対する検査指示や、検査項目を、P L C 7 を介して検査装置 6 に送信し、検査装置 6 による非破壊検査等を実施することができる。

【0027】

このような製造システム Z により、製造のタクトタイムより検査時間が長い場合、検査装置 6 に対して予め検査すべき被溶接部品 5 (図 1 参照)、もしくは、その検査箇所を検査員が知ることができる。これにより、生産性を低下させずに製造ラインを運用でき、全数検査を短時間で実現できる。

【0028】

また、製造システム Z は M E S 1 1、トレンドサーバ 1 2、溶接監視システム Z 1 のサーバ 1 を連携させることで、異常が起こった溶接機 4 や、被溶接部品 5 の情報を監督者へ伝達する(詳細は後記)。これにより、製造システム Z は、迅速に溶接機 4 等の保守を実施でき、生産性の低下を軽減することができる。

また、前記したように、情報通知端末 4 1 として、スマートフォン、タブレットや、HMD (Head Mount Display) 等のウェアラブルデバイス情報端末を使用することができる。さらに、情報通知端末 4 1 に、工場内の映像と異常を示す機器や部品の箇所を重ね合わせて表示させる A R (Augmented Reality) 技術を用いると監督者によるさらなる迅速な対応が可能となる。

【0029】

図 3 は、図 2 の製造システム Z における製造プロセスの手順を示す流れ図である。適宜、図 2 を参照する。

図 3 に示すように、本実施形態における製造プロセスでは、異常検知 (S 1) → 原因分析 (S 2) → 対策立案 (S 3) → 実行 (S 4) の順に処理が進められる。以下、検査手順 1、検査手順 2 の 2 つを示す。これらの検査手順のうち、検査手順 2 が本実施形態に係る溶接監視システム Z 1 を使用して行われるものである。

【0030】

< 検査手順 1 >

(異常検知; S 1)

ステップ S 1 の異常検知のステップでは、情報取得装置 3 1, 3 2 から取得される情報のうち、M E S 1 1 が一部又は全部の情報をトレンドサーバ 1 2 から取得する。そして、M E S 1 1 は、情報取得装置 3 2 から取得した溶接条件の実績値を記憶する。

(原因分析; S 2)

ステップ S 2 の原因分析のステップでは、検査員が、M E S 1 1 に記憶されている溶接条件の実績値に、溶接前の加工条件の実績値、溶接前の画像（解析結果）を加味して、溶接異常の原因分析を行う。

(対策立案; S 3)

ステップ S 3 の対策立案のステップでは、検査員が溶接条件の実績値、溶接機 4 の加工パラメータと、溶接結果の関係を統計解析して、溶接機 4 の加工パラメータを算出し、製造システム Z の設定を更新する。

(実行; S 4)

ステップ S 4 の実行のステップでは、対策立案のステップで設定された加工パラメータで溶接が行われる。

【0 0 3 1】

< 検査手順 2 >

検査手順 2 では、前記した検査手順 1 を踏まえて行われるものである。前記したように、本実施形態における溶接監視システム Z 1 は、この「検査手順 2」において使用されるものである。

(異常検知; S 1)

ステップ S 1 の異常検知のステップにおいて、サーバ 1 で溶接異常と判定されると、監督者が所有する情報通知端末 4 1 や、図示しないパトランプに通知する。

また、溶接異常を検知したサーバ 1 が検査装置 6 に検査指示を出力する。なお、本実施形態では、サーバ 1 が P L C 7 を介して検査装置 6 に検査を指示しているが、前記したように、M E S 1 1 から検査装置 6 に検査が指示されてもよい。

【0 0 3 2】

(原因分析; S 2)

ステップ S 2 の原因分析のステップにおいて、検査員は監督者の指示や、パトランプの通知に従って溶接異常の原因を分析する。つまり、監督者は、所有している情報通知端末 4 1 に表示されている情報に基づいた検査を検査員に指示する。あるいは、検査員は、パトランプの点滅を確認すると、ラインを停止し、現在、検査対象となっている被溶接部品 5 の詳細な検査を行う。このとき、検査員は、検査手順 1 の原因分析の結果で得られた知見を利用して分析を行う。

【0 0 3 3】

(対策立案; S 3)

ステップ S 3 の対策立案のステップでは、検査員が異常発生頻度に基づき、ラインの停止・保守の必要性を判定する。検査員は、原因分析結果に基づき、ライン停止予測時間を算出し、一定期間異常停止が必要と判断した場合、他のラインへ代替生産指示を出す。また、検査員は、検査手順 1 の対策立案で算出された加工パラメータを参考に、新たな加工パラメータを算出し、製造システム Z の設定を更新する。

【0 0 3 4】

(実行; S 4)

ステップ S 4 の実行のステップでは、代替生産指示や、新たな加工パラメータに基づいて、製造システム Z を実行する。

【0 0 3 5】

[ハードウェア構成図]

図 4 は、本実施形態に係るサーバ 1 のハードウェア構成図である。

サーバ 1 は、メモリ 1 1 0、C P U (Central Processing Unit) 1 2 0、H D (Hard

10

20

30

40

50

Disk)等の記憶装置130を有する。さらに、サーバ1は、キーボードや、マウス等の入力装置140、ディスプレイ等の出力装置150、図1の情報取得装置2における各装置や、個体識別装置3や、PLC7との通信を行う通信装置160を有する。

【0036】

メモリ110には、記憶装置130に格納されているプログラムが展開され、このプログラムがCPU120によって実行されることにより、処理部111、データ取得処理部101、解析部103、データ分類部104及び比較判定部106が具現化している。データ取得処理部101、解析部103、データ分類部104及び比較判定部106については、図1で説明済みであるため、ここでの説明を省略する。

なお、記憶装置130は、図1の溶接データ記憶部102及びデータ分類記憶部105に相当する。

【0037】

(抵抗溶接について)

図5～図8は、抵抗溶接の工程を示す図である。

図5に示す被溶接部品5(図1参照)を構成する被溶接部材301と被溶接部材302は金属でできている。また、図8に示すように、被溶接部材301の下端面と、被溶接部材302の上端面とが突き合わせられる。そして、付き合わさった面に溶接(突き合わせ溶接)を施すことで、被溶接部材301と、被溶接部材302とが溶接される。ここで、図5に示す電極303と電極304とは、被溶接部材301、302に電流を供給する電極である。

【0038】

そして、図6に示すように、電極303、304に重ね合わされた被溶接部材301、302が設置される。続いて、被溶接部材301、302を合わせ、図6における矢印方向に圧力を加える。その後、図7に示すように、被溶接部材301、302を電極303、304にセットした状態で、電極303、304に電流源311、スイッチ312、電流計203及び電圧計207が接続される。この電流計203は、情報取得装置2(図1参照)における電流計203である。電流計203は、シャント抵抗を利用したセンサ、クランプ型センサ、ログスキーコイル、光変流器センサ等を利用することができる。一般的に、電流計203は電極303、304に対して直列に設置されるが、大電流を計測する場合、電流経路を分割した回路毎に測定するように設置されてもよい。

【0039】

また同様に、図7の電圧計207は、情報取得装置2(図1参照)における電圧計207である。電圧計207は、電圧プローブ等を利用することができる。一般的に、電圧計207は溶接電極に対して並列に設置するが、高電圧の場合、複数の電気回路素子(抵抗や、コンデンサ等)で電圧を分割した回路で測定するように設置されてもよい。すなわち、電気回路素子毎に電圧を測定し、その電圧の総和を電極303、電極304間の電圧としてもよい。

【0040】

その後、ユーザがスイッチ312を接続することで、電極303から、被溶接部材301、302を介して、電極304へ電流が流れる。これにより、被溶接部材301、302の接続部がジュール熱を有し、被溶接部材301、302における溶接部321(図8参照)が溶接される。図8に、このような抵抗溶接によって生成された被溶接部材331(被溶接部品5)を示す。

【0041】

ここで、これまでの溶接評価方法の課題を説明する。

このような抵抗溶接では、被溶接部材301と被溶接部材302との接触面が広がることが多い。このように抵抗溶接がなされる接触面が広い場合、接触面が均一な状態で被溶接部材301、302に電流が流れないと、溶接部321が均一に接合されない。そのため、被溶接部材301、302には、開先加工等が行われる場合がある。

【0042】

また、電極 303, 304 (図 7 参照) と被溶接部材 301, 302 との接触状態によっても接触抵抗の差異が生じるため、通電される電流は溶接毎に同一とはならない。そのため、被溶接部材 301, 302 や電極 303, 304 の位置関係等が一定になるように、保持治具 (不図示) による電極 303, 304 や、被溶接部材 301, 302 の固定がなされる。

【0043】

しかしながら、被溶接部材 301, 302 や、その開先加工の状態は 1 つ 1 つ異なる可能性がある。また、溶接機 4 (図 1 参照) の使用状況によって電極 303, 304 が消耗していくことから、溶接条件が変化していく。さらに、図 1 に示す溶接機 4 が、様々な機器で構成されているため、溶接条件の変化の要因が多数存在する。そこで、本実施形態では、溶接条件を溶接毎に把握し、管理することで品質の安定、向上につなげることが目的である。

【0044】

(高速カメラ 202 及び分光カメラ 204)

図 9 は、高速カメラ 202 及び分光カメラ 204 の設置の様子を示す図である。

図 9 において、被溶接部材 301, 302、電極 303, 304、電流源 311、スイッチ 312、電流計 203 及び電圧計 207 は図 7 と同様であるので、ここでの説明を省略する。

高速カメラ 202 は、溶接機 4 (図 1 参照) に設置されている。この高速カメラ 202 は、被溶接部材 301, 302 の監視 (溶接部 321 (図 8 参照) の監視) と、溶接の発光状態をモニタリングするものである。

また、図 9 に示すように、分光カメラ 204 も溶接機 4 (図 1 参照) に設置されている。この分光カメラ 204 は、溶接部 321 (図 8 参照) で発光する光のスペクトル解析を行うためのものである。

なお、図 9 では、高速カメラ 202 及び分光カメラ 204 が、各一台ずつ設置されているが、被溶接部材 301, 302 を挟んで反対側に、もう一台ずつの高速カメラ 202 及び分光カメラ 204 が設置され、溶接部 321 の全周を撮影できるようにしてもよい。

また、分光カメラ 204 は、溶接部 321 で発光している光の成分が入力されればよい。従って、被溶接部材 301, 302 の周方向に、図示しない鏡を設置し、この鏡で集光された光を撮影するようにしてもよい。これにより、1 台の分光カメラ 204 で、溶接部 321 の全周を撮影することが可能である。高速カメラ 202 も同様に、被溶接部材 301, 302 の周方向に、図示しない鏡を設置することで、1 台の高速カメラ 202 で、溶接部 321 の全周を撮影することが可能である。

【0045】

(高速カメラ画像分析)

図 10 ~ 図 13 は、溶接実施時に高速カメラ 202 で取得される映像の例を示す図である。

図 10 は、溶接ワーク 341 を撮影した画像を示す図である。ここで、溶接ワーク 341 とは、図 6 における重ね合わせられた被溶接部材 301, 302 に電極 303, 304 がセットされたものである。高速カメラ 202 を使用すると、輝度が下がり画像が暗転するが、電流が通電したときには、図 11 に示すように、溶接部 321 (図 8 参照) で金属溶解に伴う発光を観察することができる (図 11 の白い部分)。

このとき、溶接部 321 において、電流が均一に印加されていれば、発光分布も均一となるが、溶接部 321 に異物が存在する場合や、接触性が悪い場合、電流が均一に流れない。

【0046】

図 12 及び図 13 は、溶接部 321 (図 8 参照) において均一に電流が流れていないと考えられる場合の画像の例である。

図 12 に示す画像では、ドットの部分と、白い部分が発光している箇所が存在している。そして、白い部分は、その他の発光部分 (ドット部分) より発光輝度が高いことを示し

10

20

30

40

50

ている。すなわち、白い部分は、その他の発光部分（ドット部分）より温度が高い。これは、被溶接部材 301, 302（図 5 参照）において、接触面が均一になっておらず、電流が偏っているために生じる。このような溶接が行われると、溶接の品質が低下する。

【0047】

また、図 13 に示す画像において、白い扇状の部分は火花が出ていることを示している。また、白い部分は、その他の発光部分（ドット部分）より発光輝度が高い（温度が高い）ことを示している。

すなわち、図 13 に示す画像では火花が撮影されている。これは、被溶接部材 301, 302（図 5 参照）の接触面に異物が混入し、電流が印加された際に急激な電圧上昇で火花が飛んでいると考えられる。このよう場合、本来溶接面で消費されるべき熱エネルギーが、火花によって奪われてしまうため、溶接の品質が低下すると考えられる。

【0048】

図 12 に示す輝度のムラや、図 13 に示すような火花は、溶接部 321（図 8 参照）における温度の違いを示している。前記したように、図 12 や、図 13 において白く示している部分は、その他のドットで示している部分よりも温度が高い。すなわち、高速カメラ 202 は、溶接部 321 における局所的な温度を測定している。

このように、高速カメラ 202 による画像によって、溶接部 321 に異物が存在しているか否かや、均一に溶接されているか否かを判定することができる。

【0049】

（分光カメラ画像分析）

図 14～図 16 は、分光カメラ 204 で取得される分光データ（周波数分布）及び一次元スペクトルデータ（周波数分布）の例を示す図である。

分光カメラ 204 は、分光機能を搭載したストリークカメラ、同じく分光機能を搭載した高速カメラ、ハイパースペクトラムカメラ等を利用することができる。

図 14 は、分光カメラ 204 として、分光機能を搭載したストリークカメラによる分光データの説明図である。ストリークカメラは、分光器等の分光機能を介して各波長成分に分解した光を一定時間の間収録する装置である。

図 14（a）と図 14（b）は、ストリークカメラによる分光データの例として、レーザー光を受光した時の結果を示している。

図 14（a）は、ストリークカメラの分光データ B240 を示しており、横軸が波長（nm）、縦軸が時間（μs）を示している。図 14（a）において、黒は低い値（ゼロ）を示し、白は高い値を示している。また、図 14（a）において、破線は黒の部分と、白の部分との中間値を示しており、ドットの間隔が狭いほど低い値を示している。

レーザー光は、ほぼ単一波長であることが知られている。図 14（a）から、このレーザー光の波長が λ1（nm）であるとしたとき、図 14（a）の波長 λ1 で最も高い値（白色）が全時間において存在している。

【0050】

また、図 14（b）は、図 14（a）に示す分光データ B240 のうち、ある時刻 t1 におけるデータのみを取り出した一次元スペクトラムデータ B244 を示している。

すなわち、図 14（b）は、図 14（a）での時間 t1 における波長特性の分布を示しており、横軸が波長、縦軸が信号強度を示している。ここでは、信号は波長 λ1（nm）でピーク値 E1 をとっている。

このように、分光カメラ 204 によれば、測定している光のスペクトル特性の情報を得ることができる。

【0051】

（正常時）

図 15 は、正常な溶接過程について、分光カメラ 204 として、ストリークカメラを用いて取得した信号画像の例を示す図である。

図 15（a）は、ストリークカメラから取得した分光データ B246 であり、横軸が波長（nm）、縦軸が時間（μs）を示している。図 14 と同様、黒は低い値（ゼロ）で、

10

20

30

40

50

白は、高い値を示しており、破線は中間値を示している。この中間値は破線間隔が狭ければ狭いほど、高い値を示している。

図15(b)は、分光データB246のうち、ある時刻 t_2 におけるデータを抽出した一次元スペクトラムデータB248である。

図11で説明したように、正常な溶接では、溶接部231(図8参照)が均一に発光する傾向がある。図15(a)から、時間 t_2 の周辺で発光している様子がわかる。図15(b)は、時間 t_2 における複数の発光波長が示されている。図15(a)に示す分光データB246や、図15(b)における一次元スペクトラムデータB248のパターンを、正常溶接における発光特性パターンとすることができる。

【0052】

(異常時)

図16は、溶接部321(図8参照)において均一に電流が流れていないケースとして、発光輝度の分布にばらつく火花が散る溶接過程(図13参照)について、分光カメラ204としてのストリークカメラで信号取得した一例である。

図16(a)は、ストリークカメラで取得された分光データB251を示し、縦軸が時間(μs)、横軸が波長(nm)、を示している。図14(a)、図15(a)と同様、黒は低い値(ゼロ)で、白は、高い値を示しており、ドット、破線は中間値を示している。ドットの間隔が狭いほど、値が低いことを示している。

図16(b)は、図16(a)における分光データB251のうち、ある時刻 t_3 におけるデータのみを抽出した一次元スペクトラムデータB253を示している。

【0053】

図13で示したような、火花が散る溶接過程については、図15に示す正常な溶接過程と比較して、図16(a)及び図16(b)に示すように、長い時間、かつ、広い波長において、全体的に高い信号強度が観測される。火花が発生してから消えるまでの時間は、様々であり、溶接部321の発光時間より短いものから長いものまでである。このうち、溶接部321の発光時間より長い火花が、図16(b)における信号強度の底上げをしている。また、さまざまな温度をとる火花に対して、発光波長もさまざまな成分を含むため、広い波長での応答が観測できる。

【0054】

さらに、異物が原因で火花が発生する場合、異物の種類によって発光する特性が変わる。例えば、金属異物の炎色反応による特性の変化である。具体的な例として、ナトリウムは、589nm付近(黄色)の波長で識別できることが知られている。これを利用することで、異物の特定を行うことができる。この場合、異物の特定は、信号強度のピークが炎色反応による波長であるか否かで行われる。図16(b)における信号強度のピークにおける波長 λ_2 が589nmであった場合、このナトリウムに由来する異物が混入していることが推測される。

このように、分光カメラ204による分光データによって、発光部の温度や、異物が混入しているか否か、さらには異物の種類等がわかる。また、分光カメラ204による分光データによって、温度情報も得ることができる。

【0055】

(電流・電圧情報分析)

図17は、溶接時に通電される電圧波形B270と、電流波形B271との一例を示す図である。

すなわち、図17に示す波形は、電流計203と、電圧計207(図7参照)で計測される電流及び電圧の時間変化を示したものである。図17において、横軸は時間(s)を示し、縦軸は電流値及び電圧値を示す。

図17に示すように、被溶接部材301, 302(図5参照)に対し、急激に電流を印加することで、被溶接部材301, 302にジュール熱を発生させる。このジュール熱により、被溶接部材301, 302の溶接部321(図8参照)が溶解する。そして、電流が遮断、もしくは、減少することにより、ジュール熱が小さくなる(冷える)。これによ

10

20

30

40

50

り、溶解された部位が冷却され、固化することで溶接が完了する。ちなみに、図 17 に示す波形は、溶接機 4 としてコンデンサ型抵抗溶接機を用いたときにおける電圧波形 B 2 7 0 及び電流波形 B 2 7 1 の一例を示している。コンデンサ型抵抗溶接機は、図示しないコンデンサに充電した電気エネルギーを電流源 3 1 1（図 7 参照）とするものである。

スイッチ 3 1 2（図 7 参照）が ON になると、電圧波形 B 2 7 0（破線）に示すように、急激に電圧が立ち上がる。そして、これに伴い、電流波形 B 2 7 1（実線）に示すように電流も急激に立ち上がる。これにより、予め設定された電流源 3 1 1、すなわちコンデンサ型抵抗溶接機であればコンデンサにおける充電電圧に応じた電流が被溶接部材 3 0 1、3 0 2 に通電され、溶接が行われる。通電は、本例のように、電流の通電を 1 回実行する、すなわち電流ピークを 1 回とする方法と、電流の通電を 2 回以上の複数回実行する、すなわち、電流ピークを複数とする方法とがある。これらは通電条件の違いだけであり、本実施形態の技術を制約する事項ではない。

10

【0056】

次に、図 18 及び図 19 を参照して、正常な溶接と、火花が散る溶接との場合における電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7 の出力波形を説明する。

図 18 は、正常な溶接の場合における電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7（図 7 参照）の出力波形を示す図である。

図 18（a）では、電流の印加から減衰までの電圧波形 B 2 7 0（破線）と電流波形 B 2 7 1（実線）を示している。また、図 18（b）は、図 18（a）におけるピーク値付近の領域 B 2 7 2 を拡大した図である。

20

図 19 は、溶接の過程で火花が散る場合における電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7（図 7 参照）の出力波形を示す図である。図 19（a）は、電圧波形 B 2 7 0 a（破線）と電流波形 B 2 7 1 a（実線）を示している。図 19（b）は、図 19（a）におけるピーク値付近の領域 B 2 7 5 を拡大した図である。

【0057】

溶接の過程で火花が散る場合、図 19（b）に示すように、火花が発生するタイミングに応じて電圧波形 B 2 7 0 a、電流波形 B 2 7 1 a に高周波成分が重畳する。図 18 に示すように、溶接が正常であれば、このような高周波成分は重畳しない。

このように電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7 を用いた溶接時の電圧波形 B 2 7 0 a、電流波形 B 2 7 1 a の時間的変動を得ることにより、溶接条件を詳細に把握することができる。また、電流、電圧の振幅を観測することで、あらかじめ設定された溶接条件との差異を把握できることはいうまでもなく、可能である。つまり、電流計 2 0 3、電圧計 2 0 7 から取得される電圧波形 B 2 7 0 a、電流波形 B 2 7 1 a と、予め取得されている正常時の電流波形、電圧波形とを比較して、溶接異常を判定することが可能である。

30

電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7 による図 17～図 19 に示す分析は一般的に行われているものである。

【0058】

しかしながら、溶接部 3 2 1（図 8 参照）における発光や発熱の分布の情報を電流計 2 0 3 や、電圧計 2 0 7 で取得することは困難である。なぜならば、電流計 2 0 3 や、電圧計 2 0 7 では、被溶接部材 3 0 1、3 0 2 全体の現象を総合した情報であるためである。

40

溶接部 3 2 1 の不均一性による電流の偏り等を観測するためには、電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7 による測定は不適である。

そこで、本実施形態では溶接部 3 2 1 における電流分布の局所的な情報を取得するため、前記した高速カメラ 2 0 2 や、分光カメラ 2 0 4 によるデータだけでなく、溶接部 3 2 1 周辺の磁場を計測する磁場計測装置 2 0 5 を導入する。

また、本実施形態では、電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7 による図 17～図 19 に示す分析を、全体的な評価のために行っている。

【0059】

（磁場計測装置解析）

図 20～図 28 を用いて、磁場計測装置 2 0 5 について説明する。

50

図20(a)は、本実施形態に係る磁気センサC101の設置例を示す図であり、図20(b)は、磁気センサC101の出力波形を示す図である。

また、図21は、磁気センサC101の配置の詳細を示す図である。図21(a)は、磁気センサC101の配置を示す斜視配置図であり、図21(b)は、図21(a)のA-A断面図であり、図21(c)は、図21(b)のB-B方向からみた図である。

まず、図20(a)及び図21を参照して、磁場計測装置205における磁気センサC101の配置について説明する。

【0060】

なお、図20(a)において、被溶接部材301、302、電極303、304、溶接部321、電流源311、スイッチ312、電流計203及び電圧計207は図7と同様

10

【0061】

図20(a)、図21(a)及び図21(c)に示すように、磁気センサC101は溶接部321の周囲に配置されている。なお、高速カメラ202及び分光カメラ204の撮像の邪魔にならないよう、磁気センサC101は、溶接部321から上下にずらした状態で設置するとよい。磁気センサC101は、溶接部321から上下にずらされても溶接部321における局所的な磁場を計測することは可能である。

なお、磁気センサC101は、コイル、ホールセンサ、磁気抵抗素子、光磁気センサ等を利用することができる。

なお、図21(c)における磁気センサC101a～C101cについては後記する。

20

【0062】

図20(b)は、電流計203、電圧計207、磁気センサC101の出力波形の例を示すものである。

図20(b)において、横軸は時間(s)を示し、紙面左側の縦軸は電流値、電圧値を示し、紙面右側の縦軸は磁束密度(G)を示している。

そして、符号B270は電圧計207によって測定される電圧波形を示し、符号B271は、電流計203によって測定される電流波形を示している。また、符号B281は、磁気センサC101がホールセンサ、磁気抵抗素子、光磁気センサである場合に、磁気センサC101から取得されるコイル出力波形(磁束密度波形)である。さらに、符号B280は、磁気センサC101がコイルセンサである場合の磁場波形(磁束密度波形)である。

30

【0063】

コイル出力波形B280は、磁場波形B281に対して時間微分した波形を測定する(ファラデーの電磁誘導の法則)。これに対し、コイルセンサ以外の磁気センサC101(例えば、ホールセンサ、磁気抵抗素子、光磁気センサ)は、磁場強度(磁束密度)そのものを測定する。つまり、磁気センサC101として、コイルセンサを用いると、その出力波形はコイル出力波形B280となり、磁気センサC101としてコイルセンサ以外の磁気センサを用いると、その出力波形は磁場波形B281となる。

例えば、磁気センサC101がコイルセンサしか備えていなくても、得られたコイル出力波形を時間積分することで磁場波形B281を取得できる。逆に、磁気センサC101として、ホールセンサ、磁気抵抗素子、光磁気センサ等しか備えていなくても、得られた磁場波形B281を時間微分することで、コイル出力波形B280を取得することができる。

40

【0064】

図22は、磁気センサC101の出力と、電流経路C111の関係を説明する図である。

磁気センサC101による電流計測は、電流が生成する磁場を計測するものである。電流が存在する場所では、右ねじの法則に従い、電流経路C111と直交する方向に磁場C112が生成される。この磁場C112に対して磁気センサC101を設置し、間接的に電流を計測する。

50

【0065】

図23は、溶接時に溶接ワーク341周辺に生成される磁場を模式的に示した図である。図23(a)は溶接機ワーク全体に流れる電流と、磁場を説明する図であり、図23(b)は、局所的な電流の方向と、磁場の方向を示す図である。

図23において、被溶接部材301、302、電極303、304、溶接部321、電流源311、スイッチ312、電流計203及び電圧計207は図7と同様であるので、ここでの説明を省略する。

図23(a)に示すように、溶接ワーク341に流れる電流C121は、主に電極303、304間を流れるため、磁場C122は、溶接ワーク341周辺に生成される。しかしながら、溶接部321における局所的な電流に着目すると、溶接部321において、電流が均一に流れていない場合、すなわち、局所的に電流量や電流の経路が変わったりしている場合、溶接部321近辺の磁場の大きさや方向も変動する。本実施形態では、図20に示すように、溶接部321の周囲に磁気センサC101を配置することで、溶接部321における局所的な電流変化を計測するものである。

10

【0066】

図23(b)は、溶接部321における局所的な電流の方向を実線の矢印C131、磁場の方向を破線の矢印C132で表現し、これらの大きさ(電流量、磁場強度)を矢印の太さで示した図である。図23(b)に示すように、電流量に増減に従って、磁場強度も増減し、さらに、局所的に電流の方向が変われば、磁場の方向も変わっている。このような現象は、電流計203のように被溶接部材301、302全体に流れる電流では観測することが困難である。本実施形態では、溶接部321の周囲に磁気センサC101を複数配置し、図23(b)に示すような局所的な電流を評価しようとするものである。

20

【0067】

図24～図28は、図20(a)及び図21に示す磁場計測装置205を用いた電流の評価例を示す図である。

ここで、図24～図28のいずれの図でも横軸は時間(s)を示している。

図24は、正常時、すなわち溶接部321(図8参照)において電流が均一に流れている場合の磁場波形である。

図24の最上段には、電流計203、電圧計207の波形(電圧波形B270(破線)、電流波形B271(実線))が示されている。そして、図24の下3段には、3つの磁気センサC101で測定された磁場波形B282a～B282cが示されている。ここで、磁場波形B282a～B282cは、図21(c)における磁気センサC101a～C101cから取得されるものに相当する。

30

また、電圧波形B270、電流波形B271の形状は、磁場波形B282a～B282cを総和したものとなっている。

ここで磁気センサC101はコイルを用いているが、磁場波形B282a～B282cは、コイルからの出力波形を積分したものを示している。

【0068】

図24に示すように、溶接が正常な場合、磁場波形B282a～B282cのピーク時刻や、ピーク値B1が揃っている。

40

また、破線B2は、溶接が正常な場合における各波形の立ち上がり時刻を示している。つまり、破線B2は、電流源311(図9参照)から電流が流され始めた時刻を示している。また、破線B3は溶接が正常な場合における各波形のピーク時刻を示している。

以降の図25～図27において、ピーク値B1は、図24と共通の値を示している。さらに、以降の図25～図28において、立ち上がり時刻B2、ピーク時刻B3は、図24と共通の値を示している。

【0069】

図25、図26は、溶接部321において、電流が均一に流れていない場合における磁場波形B283a～B283c、B284a～B284cである。

図25の最上段には、電流計203、電圧計207の波形(電圧波形B270(破線))

50

、電流波形 B 2 7 1（実線）が示されている。そして、図 2 5 の下 3 段には、3 つの磁気センサ C 1 0 1 で測定された磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c が示されている。ここで、磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c は、図 2 1 における磁気センサ C 1 0 1 a～C 1 0 1 c から取得されるものに相当する。

【0070】

また、電圧波形 B 2 7 0、電流波形 B 2 7 1 の形状は、磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c を総和したものとなっている。

ここで磁気センサ C 1 0 1 はコイルを用いているが、磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c は、コイル出力波形を積分したものを用いている。

図 2 5 に示す例では、図 2 4 に示す電流が均一のピーク値 B 1 と比較して、磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c の振幅（磁束密度のピーク値）が異なっている。前記したように、磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c の振幅は、電流の量に比例するため、図 2 5 に示すように、磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c の振幅の変化により、磁気センサ C 1 0 1 近傍における電流の増減を評価することができる。すなわち、図 2 5 のような磁場波形 B 2 8 3 a～B 2 8 3 c は、溶接部 2 3 1 に流れる局所的な電流にムラがあることがわかる。電流量が少ない場合（磁場波形の振幅が小さい場合）は、溶接に必要な熱エネルギーが不足し、溶接不良になる可能性がある。

【0071】

図 2 6 の最上段には、電流計 2 0 3、電圧計 2 0 7 の波形（電圧波形 B 2 7 0（破線）、電流波形 B 2 7 1（実線））が示されている。そして、図 2 6 の下 3 段には、3 つの磁気センサ C 1 0 1 で測定された磁場波形 B 2 8 4 a～B 2 8 4 c が示されている。ここで、磁場波形 B 2 8 4 a～B 2 8 4 c は、図 2 1 における磁気センサ C 1 0 1 a～C 1 0 1 c から取得されるものに相当する。

【0072】

また、電圧波形 B 2 7 0、電流波形 B 2 7 1 の形状は、磁場波形 B 2 8 4 a～B 2 8 4 c を総和したものとなっている。

ここで磁気センサ C 1 0 1 はコイルを用いているが、磁場波形 B 2 8 4 a～B 2 8 4 c は、コイルの出力波形を積分したものを用いている。

【0073】

図 2 6 に示す例では、図 2 4 に示す電流が均一の場合におけるピーク時刻 B 3 及びピーク値 B 1 と比較して、磁場波形 B 2 8 4 a～B 2 8 4 c それぞれのピーク時刻及びピーク値が異なっている。

特にピーク時刻に着目すると、磁場波形 B 2 8 4 a ではピーク時刻 B 1 1 がピーク時刻 B 3 より遅い時刻となっている。また、磁場波形 B 2 8 4 b ではピーク時刻がピーク時刻 B 3 と同じ時刻となっている。そして、磁場波形 B 2 8 4 c ではピーク時刻 B 1 2 がピーク時刻 B 3 より早い時刻となっている。

このことから、ピークを迎える時刻は、磁場波形 B 2 8 4 c → 磁場波形 B 2 8 4 b → 磁場波形 B 2 8 4 a の順となっていることわかる。

【0074】

これは、溶接の電流が部材の局所的な場所から流れ始め、それが、溶接部 3 2 1 の全体に広がっていく様子を捉えることができる。

つまり、図 2 6 において、磁場波形 B 2 8 4 c が、最初にピークに到達しており、この磁場波形 B 2 8 4 c を取得している磁気センサ C 1 0 1 の近傍より溶接が開始されていると考えられる。同様に磁場波形のピークは、磁場波形 B 2 8 4 c → 磁場波形 B 2 8 4 b → 磁場波形 B 2 8 4 a と溶接が推移していることがわかる。このように、磁場波形 B 2 8 4 a～B 2 8 4 c のピークは、電流が溶接部に到達する時間であるため、溶接部 3 2 1 がどのような時間過程で溶解していったか評価することができる。

すなわち、図 2 6 に示す例から、溶接量のムラ等により溶接部 3 2 1 のそれぞれの箇所に溶接開始時間に差が生じてしまっていることが分かる。

【0075】

図 27 は、火花が発生している場合における磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c を示したものである。

図 27 の最上段には、電流計 2 0 3、電圧計 2 0 7 の波形（電圧波形 B 2 7 0 a（破線）、電流波形 B 2 7 1 a（実線））が示されている。そして、図 27 の下 3 段には、3 つの磁気センサ C 1 0 1 で測定された磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c が示されている。ここで、磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c は、図 21 における磁気センサ C 1 0 1 a ～ C 1 0 1 c から取得されるものに相当する。

また、電圧波形 B 2 7 0、電流波形 B 2 7 1 の形状は、磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c を総和したものとなっている。

ここで磁気センサ C 1 0 1 はコイルを用いているが、磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c は、コイルの出力波形を積分したものをを用いている。

10

【0076】

図 17 で説明したように、火花が生じると電圧波形 B 2 7 0 a 及び電流波形 B 2 7 1 a に高周波成分が重畳する（図 27 の符号 D 1 0 1 参照）。磁場も電流に比例するため、磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c にも高周波成分が重畳している（符号 D 1 0 2 ～ D 1 0 4 参照）。ちなみに、図 27 における磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c それぞれのピーク値は、図 24 における磁場波形 B 2 8 2 a ～ B 2 8 2 c と同じ B 1 である。

図 27 の例では、磁場波形 B 2 8 5 b で高周波成分の振幅が大きくなっており、この波形を取得している磁気センサ C 1 0 1 の近傍で火花が発生したと評価できる。

【0077】

20

また、図 28 に示すコイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c は、火花が発生した場合のコイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c、すなわち、磁場波形の時間微分値を示す。

図 28 の最上段には、電流計 2 0 3、電圧計 2 0 7 の波形（電圧波形 B 2 7 0 a（破線）、電流波形 B 2 7 1 a（実線））が示されている。そして、図 28 の下 3 段には、3 つの磁気センサ C 1 0 1 で測定されたコイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c が示されている。ここで、コイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c は、図 21 における磁気センサ C 1 0 1 a ～ C 1 0 1 c から取得されるものに相当する。

【0078】

符号 D 1 1 1 に示すように、電圧波形 B 2 7 0 及び電流波形 B 2 7 1 に火花に由来する高周波成分が重畳している。

30

図 28 のコイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c は、図 27 の磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c を時間微分したものに相当し、図 27 の磁場波形 B 2 8 5 a ～ B 2 8 5 c における高周波成分を強調したものとなっている（符号 D 1 1 2 ～ D 1 1 4 参照）。ちなみに、コイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c のピーク値は、すべて V 1 となっている。

そのため、コイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c は、火花が発生した時刻において、電圧波形 B 2 7 0 a や、電流波形 B 2 7 1 a や、図 27 に示すコイル出力波形 B 2 8 6 a ～ B 2 8 6 c と比較して、大きい振幅の高周波成分が得られる。このようにして火花の発生と、磁気センサ C 1 0 1 間の振幅の大きさの比較による火花発生位置の評価が可能である。

【0079】

40

なお、図 26 ～図 28 における電圧波形 B 2 7 0、B 2 7 0 a、電流波形 B 2 7 1、B 2 7 1 a のそれぞれは、実際には微小な違いが生じているが、人間の目で認識できるレベルではないため、図面では同じ波形としている。言い換えれば、磁場計測装置 2 0 5 による局所的な磁場波形 B 2 8 3 a ～ B 2 8 3 c、B 2 8 4 a ～ B 2 8 4 c によれば、電流計 2 0 3 や、電圧計 2 0 7 ではとらえられない異常を検知することができる。

【0080】

（変位計分析）

図 29 を参照して、変位計 2 0 6 を用いた分析について説明する。なお、図 29 において、被溶接部材 3 0 1、3 0 2、電極 3 0 3、3 0 4、溶接部 3 2 1、電流源 3 1 1、スイッチ 3 1 2、電流計 2 0 3 及び電圧計 2 0 7 は図 7 と同様であるので、ここでの説明を

50

省略する。

図29は、変位計206の設置例と、出力結果を説明した図である。ここで、図29(a)は、変位計206の設置例を示し、図29(b)は変位計206による測定結果を示す図である。

変位計206として、レーザ変位計、ひずみゲージを用いることができる。他にも、ひずみ量から変位に換算する方法等を用いることができる。本実施形態では、変位計206としてレーザ変位計が用いられる場合について説明する。

図29(a)に示すように変位計206は、電極303、304にレーザ発信装置E101、レーザ受信装置E102がそれぞれ備えられている。

すなわち、レーザ発信装置E101、レーザ受信装置E102によって、電極303及び電極304間の距離、すなわち被溶接部材301、302（被溶接部品5（図1参照））の長さが測定されている。

溶接による被溶接部材301、302の溶け込みにより電極303、304間の距離が縮まると、その縮まり具合が、変位計206であるレーザ発信装置E101、レーザ受信装置E102によって測定される。

このようにすることで、溶接を実行するときの被溶接部材301、302の変位量をモニタすることができる。

【0081】

図29(b)は、変位量の波形を示す図である。

図29(b)において、横軸は時間(s)を示し、紙面左側に示されている縦軸は電流値及び電圧値を示し、紙面右側に示されている縦軸は変位計206による変位量を示している。

また、符号B270（破線）は電圧波形を示し、符号B271（実線）は電流波形を示している。そして、符号E111は変位量の時間変化（変位波形）を示している。

タイミング的には、電圧波形B270及び電流波形B271がピーク値となるころ、変位波形E111が生じている。

ちなみに、変位量について正(+)の方向は、部材が縮む方向である。

【0082】

前記したように、抵抗溶接は、被溶接部材301、302に対する通電によるジュール熱で被溶接部材301、302を溶解し、電極303、304で押し付けることで接合する。したがって、電流が通電され、溶接部321の溶解が始まるにともなって、変位量の変化が起こる。このとき、変位量が少ないと溶解した金属が融合せず溶接不良となる可能性がある。また、変位量が過多の場合は、溶解した金属が、押し付け力によって押し出されてしまい、溶接不良となる可能性がある。従って、図29(b)に示すように、予め設定されている閾値M1を設定し、変位量が閾値M1以上であれば十分に溶解していると判定し、変位量が閾値M1未満であれば、溶解が不十分であり、溶接不良の可能性があると判定できる。そして、このような場合、図3の実行（ステップS4）で、検査員は溶接機4による電圧を増加するよう加工パラメータを設定する。

ここでは、変位量の下限值としての閾値M1を設定して溶解不足を検知するようにしているが、変位量の上限值としての閾値を設定して、溶解過多を検知するようにしてもよい。そして、このような場合、図3の実行（ステップS4）で、検査員は溶接機4による電圧を低下するよう加工パラメータを設定する。

このように、変位計206の設置により、溶接毎に変位の値の管理ができ、溶接不良の有無を判定することができる。

【0083】

（処理手順）

図30は、本実施形態に係るサーバ1における処理手順を示すフローチャートである。適宜、図1を参照する。

まず、データ取得処理部101が情報取得装置2の各装置や、個体識別装置3から溶接データを取得する（S101）。また、データ取得処理部101は、溶接データとともに

個体識別装置 3 から個体識別情報も取得する。

溶接データは、電流計 203 から取得された電流値データ、高速カメラ 202 及び分光カメラ 204 から得られる画像データ、分光データ、磁場計測装置 205 から取得される磁場データ、変位計 206 から得られる変位データ、電圧計 207 から取得された電圧値データ等である。

【0084】

次に、データ取得処理部 101 は、取得した溶接データを、個体識別装置 3 から取得した個体識別情報と対応させ、時系列で溶接データ記憶部 102 に格納する (S102)。ステップ S102 において、溶接データを構成する各データ間の関係性を評価するため、データ取得処理部 101 は、時間軸を共通として、波形の変化点のタイミングを波形微分で抽出し、変化点が抽出された時刻をイベント時刻として記憶するとよい。イベント時刻は、トリガ取得装置 201 によって取得されたトリガでもよい。このとき、温度・湿度計 208 からの情報も溶接データ記憶部 102 に格納されてもよい。

10

【0085】

次に、解析部 103 が、取得した各溶接データの解析を必要に応じて行う (S103)。

解析部 103 で行われる解析とは、例えば、以下のようなものである。

- ・変位計 206 で計測された被溶接部品 5 の変位の時間推移、もしくは変位スピード (長さの変化)。
- ・電流計 203、電圧計 207、磁場計測装置 205 から取得される各出力波形のスペクトル解析。

20

なお、ステップ S103 の解析処理は、必要に応じて省略可能である。

【0086】

各溶接データのうち、信号は、フーリエ変換によって信号波形の周波数成分が算出されたり (スペクトル解析)、基準となる正常波形との差分が算出されたりすることで解析が行われる。高速カメラ 202 からの画像データは、被溶接部品の位置を形状認識し、画像距離計測等で評価した上で解析される。

【0087】

そして、データ分類部 104 が、各溶接データの解析結果と、データ分類記憶部 105 に格納されている結果 (すなわち、過去のデータ) とを用いて、機械学習処理 (パターン認識処理) を行う (S104)。

30

機械学習は、例えば、以下の (1) ~ (5) のようなものが考えられる。

(1) データ分類部 104 が、高速カメラ 204 において、最も高い輝度が存在する時刻における輝度分布をパターン認識する。例えば、図 11 に示す輝度分布パターン、図 12 に示す輝度分布パターン、図 13 に示す輝度分布パターンでグループを作成しておく。データ分類部 104 は、取得された画像がどのグループに属するかを判定する。なお、グループは、前記した例に限らない。これにより、図 11 ~ 図 13 で説明したように、溶接が均一に行われているか、異物の混入等がないかがわかる。

【0088】

(2) データ分類部 104 が、分光カメラ 204 から取得される分光データ、又は、特定時刻の一次元スペクトルデータをパターン認識する。例えば、図 14 に示す分光データパターン、図 15 に示す分光データパターン、図 16 に示す分光データパターンでグループを作成しておき、データ分類部 104 は、取得された分光データがどのグループに属するかを判定する。データ分類部 104 は、一次元スペクトルデータについても同様にする。なお、グループは、前記した例に限らない。

40

【0089】

(3) データ分類部 104 が、磁場計測装置 205 で計測された磁場信号をパターン認識する。例えば、各磁気センサ C101 から取得される磁場波形について、データ分類部 104 は、図 24 に示すパターン、図 25 に示すパターン、図 26 に示すパターン、図 27 に示すパターン、図 28 に示すパターンでグループを作成しておく。そして、データ分類

50

部104は、取得された磁場信号（磁場波形、コイル出力波形）がどのグループに属するかを判定する。なお、磁場波形、コイル出力波形のパターンとは、各磁気センサC101から取得される磁場波形の組み合わせである。

例えば、磁気センサC101が3つ備えられている場合は、図24～図28それぞれにおける3つの磁場波形の組み合わせがパターンとなる。グループ分けは、図24～図28に示すような時間変化波形と、ステップS103の解析処理で行われたスペクトル解析の結果との両方に対して行われるとよい。スペクトル解析の結果を用いると、図27や、図28に示すような高周波成分を含む磁場信号（磁場波形、コイル出力波形）のパターン化が容易になるためである。

なお、グループは、前記した例に限らない。

10

【0090】

（4）データ分類部104が、電流計203及び電圧計207で計測された電流信号及び／又は電圧信号をパターン認識する。例えば、電流計203から取得される電流波形及び電圧計207から取得される電圧波形について、データ分類部104は、図18に示すパターン、図19に示すパターンでグループを作成しておく。そして、データ分類部104は、取得された電流信号（電流波形）、電圧信号（電圧波形）がどのグループに属するかを判定する。グループ分けは、図18、図19に示すような時間変化波形と、ステップS103の解析処理で行われたスペクトル解析の結果との両方に対して行われるとよい。スペクトル解析の結果を用いると、図19に示すような高周波成分を含む電流信号（電流波形）及び電圧信号（電圧波形）のパターン化が容易になるためである。なお、グループは

20

、前記した例に限らない。

【0091】

（5）データ分類部104が、変位スピードに対し機械学習を行う。これにより、被溶接部材の溶け込み量の正常・異常がわかるので、正常に溶接が行われているか否かがわかる。

【0092】

データ分類部104は、機械学習の結果をデータ分類記憶部105に格納する（S105）。

30

【0093】

そして、比較判定部106が、機械学習処理（パターン認識処理）の結果に基づいて、検査対象となっている溶接データが異常であるか否かを判定する（S106）。溶接条件が異常であるか否かは、溶接データを構成するデータのうち、少なくとも1つが異常であるか否かが判定される。つまり、比較判定部106は、ステップS104における機械学習処理の結果、取得した溶接データを構成するデータのそれぞれについて、「溶接が正常」なグループとは別のグループに属しているか否かを判定する。「溶接が正常」なグループとは別のグループに属している場合、比較判定部106は「異常」と判定する。

【0094】

例えば、前記（1）のケースの場合、取得した画像が、図11のパターンのグループ（正常グループ）に分類されれば、比較判定部106は「正常」と判定する。取得した画像が、図11のパターンのグループ以外のグループ（異常グループ）に分類された場合、比較判定部106は「異常」と判定する。

40

また、前記（2）のケースの場合、取得した分光データが図14のパターンのグループ（正常グループ）に分類されれば、比較判定部106は「正常」と判定する。取得した分光データが、図14のパターンのグループ以外のグループ（異常グループ）に分類された場合、比較判定部106は「異常」と判定する。

【0095】

さらに、前記（3）のケースの場合、取得した磁気信号が図24のパターンのグループ（正常グループ）に分類されれば、比較判定部106は「正常」と判定する。取得した磁

50

気信号が、図 2 4 のパターンのグループ以外のグループ（異常グループ）に分類された場合、比較判定部 1 0 6 は「異常」と判定する。

【0 0 9 6】

そして、前記（4）のケースの場合、取得した電流信号及び／又は電圧信号が、図 1 8 に示すパターンのグループ（正常グループ）に分類されれば、比較判定部 1 0 6 は「正常」と判定する。取得した電流信号及び／又は電圧信号が、図 1 8 に示すパターンのグループ以外のグループ（異常グループ）に分類された場合、比較判定部 1 0 6 は「異常」とする。

また、前記（5）のケースの場合、変位スピードが正常な溶接のグループに分類されれば、比較判定部 1 0 6 は「正常」と判定する。それ以外の場合、比較判定部 1 0 6 は「異常」と判定する。

10

【0 0 9 7】

また、それと同時に、図 2 9（b）に示すように、変位波形（所定の時刻における変位量）E 1 1 1 が閾値未満であるか（あるいは以上であるか否か）を判定する。変位波形 E 1 1 1 が閾値未満（あるいは以上）である場合、比較判定部 1 0 6 は「異常」と判定する。

なお、少なくとも 1 つが異常であるか否かではなく、所定数の条件が異常である場合、ステップ S 1 0 6 で異常と判定されてもよい。

【0 0 9 8】

このとき、機械学習に用いられるグループに異常の種類に関する情報がひもづけられている場合、比較判定部 1 0 6 は、取得したデータがどのグループに属しているかで、異常の種類について判定する。磁場波形を例とすると、図 2 4 のグループは正常、図 2 5 のグループは電流量にムラがある（溶接にムラがある）、図 2 6 のグループは電流が流れる時間にムラがある（溶接にムラがある）、図 2 7 のグループは火花が発生している（溶接部 3 2 1 に異物が存在している）等である。電流計 2 0 3 から取得される電流波形、電圧計 2 0 7 から取得される電圧波形、高速カメラ 2 0 2 の画像、分光カメラ 2 0 4 の分光データ、変位計 2 9 における異常の種類は、それぞれの図面で説明した通りである。

20

グループと、異常の種類に関する情報とのひもづけは、手入力によって予め行われている。

機械学習に用いられるグループに異常の種類に関する情報がひも付けられていない場合や、取得したデータで作成された新たなグループが作成される場合、比較判定部 1 0 6 は異常である旨の出力のみを行う。

30

【0 0 9 9】

ステップ S 1 0 6 の結果、正常である場合（S 1 0 6 → N o）、処理部 1 1 1（図 4 参照）はステップ S 1 0 1 へ処理を戻し、次の検査対象について処理を行う。

【0 1 0 0】

ステップ S 1 0 6 の結果、異常である場合（S 1 0 6 → Y e s）、比較判定部 1 0 6 は溶接機 4 において異常の可能性（溶接機異常）があるか否かを判定する（S 1 0 7）。溶接機 4 において異常の可能性があるか否かの判定は、同じ条件（解析結果）が、所定回数連続して異常と判定されたか否かによってなされる。例えば、高速カメラ 2 0 2 から得られた画像における輝度分布が、連続して異常を示している等である。

40

ステップ S 1 0 7 の結果、溶接機 4 において異常の可能性がある場合（S 1 0 7 → Y e s）、P L C 7 が、溶接機 4 の調査（溶接機調査）を指示する（S 1 0 8）。溶接機 4 の調査が指示されると、溶接機 4 が停止された後、溶接機 4 の調査が行われる。なお、ステップ S 1 0 8 における指示には、異常の種類に関する情報が含まれていることが望ましい。このようにすることで、異常の原因の特定が容易となる。

【0 1 0 1】

ステップ S 1 0 7 の結果、溶接機 4 において異常の可能性がない場合（S 1 0 7 → N o）、P L C 7 が、検査装置 6 に対して該当する被溶接部品 5 の詳細調査（被溶接部品詳細調査）を指示する（S 1 0 9）。ステップ S 1 0 6 の判定処理で、異常の種類が分かって

50

いる場合、ステップS109における指示に異常の種類に関する情報が含まれる。ステップS106の判定処理で、異常の種類が分かっていない場合、ステップS109における指示に推測される異常の種類が不明である旨の情報が含まれてもよい。

ステップS109における指示には、異常を示した条件に関する情報が含まれていることが望ましい。このようにすることで、異常の原因の特定が容易となる。

調査を指示された検査装置6は、該当する被溶接部品5の詳細検査を実施する。詳細検査の結果は、検査情報入力装置8を介してデータ分類部104へフィードバックされる。すなわち、データ分類記憶部105におけるグループに、異常の種類（可能であれば原因）に関する情報が手入力によってひもづけられる。このようにすることで、機械学習の精度を向上させることができるため、ステップS106における異常判定の精度を向上させることができる。

10

ステップS109の後、処理部111（図4参照）はステップS101へ処理を戻し、次の検査対象について処理を行う。

【0102】

このようにすることで、本実施形態に係る製造システムZは、被溶接部品5の溶接部321における局所的情報を溶接毎に取得しながら、取得した情報と、過去の情報（データ分類記憶部105のデータ）とを比較する。さらに、製造システムZは、異常値を指標（グループ）として正常であるか否かを判定しながら製造する製造システムZを提供することで、溶接工程を有する工場ラインの生産性向上を保ちつつ、溶接の品質を向上させることができる。

20

【0103】

また、本実施形態によれば、高速カメラ202における輝度分布から溶接部321（図8参照）の局所的な温度情報を得ることができる。また、磁場計測装置205で計測された磁場信号から溶接部321における局所的な電流情報を得ることができる。そして、本実施形態では、これらの局所的な温度情報、電流情報を用いて、局所的な溶接条件が異常であるか否かを判定する。これにより、本実施形態では、被溶接部材301、302や、被溶接部材301、302に流れる電流等といった全体的な溶接条件が、みかけ上、適切であっても、溶接部321の接触性が悪かったり、溶接部321に異物が混入したりすることによる溶接の異常を検知することができる。

【0104】

30

また、本実施形態では、撮影された画像における発光パターン、磁場計測装置205によって計測された磁場信号に基づく局所的な電流の時間推移又は局所的な電流の周波数等が評価される。これにより、局所的な溶接条件が算出される。そして、算出された局所的な溶接条件が溶接個体毎に記録して管理され、検査工程や溶接条件にフィードバックされる。これにより、品質管理を向上させることができる。つまり、適切な溶接が行われていないものを詳細な検査にまわし、その検査結果を製造システムZや、溶接監視システムZ1に反映することで、品質管理を向上させることができる。

【0105】

また、本実施形態によれば、被溶接部品5の製造過程で検査を行うことができる。すなわち、被溶接部品5の製造と、検査を並列で行うことができる。一般的に、製造時間に比較して検査時間の方が非常に長くなることが多いが、本実施形態によれば、被溶接部品5の製造と、検査を並列で行うことができることにより、全体的な製造時間を短縮することができる。

40

さらに、本実施形態によれば、検査時間を大きく延ばすことなく全数検査を行うことが可能となる。

【0106】

また、検査対象となっている溶接条件が異常であるか否かを判定に機械学習の結果を用いることにより、精度の高い判定を自律的に行うことができる。

【0107】

本発明は前記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例え

50

ば、前記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明したすべての構成を有するものに限定されるものではない。

【0108】

また、本実施形態では、抵抗溶接に関する検査を前提としているが、電流が流れ、その電流による熱で溶接されるものであれば、その他の溶接に適用されてもよい。

また、高速カメラ202で得られた画像の時系列スペクトル解析が可能であれば、分光カメラ204が備えられていなくてもよい。

また、比較判定部106は、溶接の異常を判定した際、異常と判定された溶接個体と同じグループの溶接個体に関する情報を、例えば、リストとして被溶接部品詳細調査指示に含めてもよい。ここで、グループとは、前記した機械学習によって分けられたグループである。また、溶接個体に関する情報は、溶接個体を識別する情報等である。溶接個体に関する情報として溶接個体の写真、溶接個体の溶接時における溶接条件、詳細調査の結果等が含まれてもよい。

10

【0109】

また、高速カメラ202の画像分析において、本実施形態では最も輝度が高くなる時刻での分析を想定しているが、これに限らない。溶接部321が冷却する時、溶接が不良となっている箇所や、異物が存在している箇所は冷却速度が遅くなる。そこで、データ分類部104は、通電から所定時間後の輝度分布でグループ分けを行ってもよい。あるいは、比較判定部106が、通電から所定時間後に輝度が所定値以上の箇所があるか否かで、異常の有無を判定してもよい。このようにすることにより、溶接判定の精度を向上させることができる。

20

【0110】

また、比較判定部106は、高速カメラ202の画像分析から、輝度の平均値等が所定値以下であるか、以上であるか等を基に、通電電流の過不足を判定してもよい。また、比較判定部106は、電流波形や、電圧波形のピーク値から、通電される電流値、電圧値の過不足を判定してもよい。このような場合、通電される電流値、電圧値の過不足に関する情報は、MES11に送られる。そして、MES11は、送られた電流値、電圧値の過不足に関する情報により、溶接機4が通電する電流値、電圧値を制御する。このようにすることにより、歩留まりの向上や、被溶接部品5に通電する電流値、電圧値の調整時間を短縮することができる。

30

【0111】

また、前記した各構成、機能、各部101、103、104、106、溶接データ記憶部102、データ分類記憶部105等は、それらの一部又はすべてを、例えば集積回路で設計すること等によりハードウェアで実現してもよい。また、図4に示すように、前記した各構成、機能等は、CPU120等のプロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、HD (Hard Disk) に格納すること以外に、メモリ110や、SSD (Solid State Drive) 等の記録装置、又は、IC (Integrated Circuit) カードや、SD (Secure Digital) カード、DVD (Digital Versatile Disc) 等の記録媒体に格納することができる。

40

また、各実施形態において、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、製品上必ずしもすべ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、ほとんどすべての構成が相互に接続されていると考えてよい。

【符号の説明】

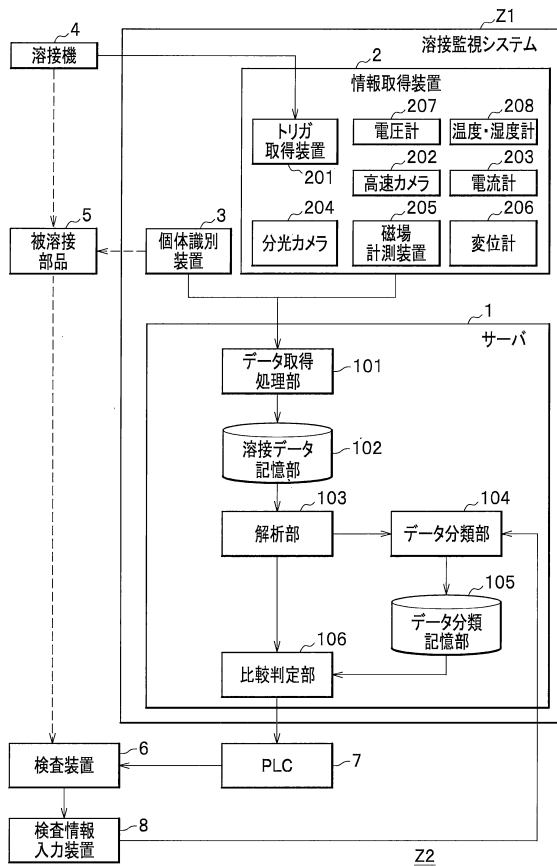
【0112】

- 1 サーバ
- 2, 31, 32 情報取得装置
- 3 個体識別装置
- 4 溶接機
- 5 被溶接部品

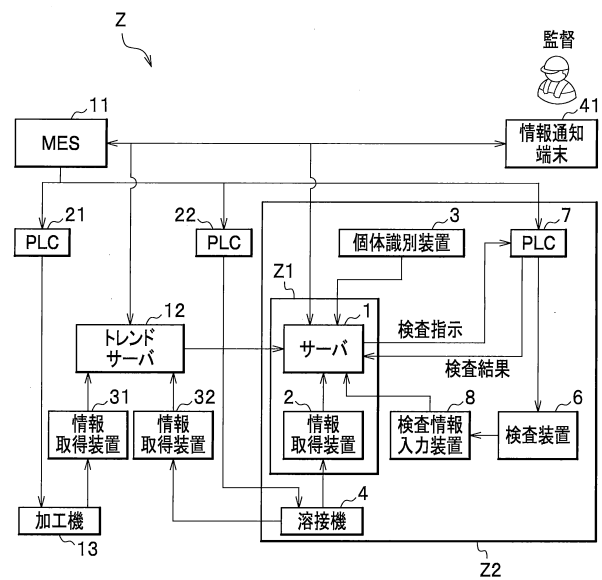
50

6	検査装置（検査部）	
7, 21, 22	PLC（指示部）	
8	検査情報入力装置	
11	MES	
12	トレンドサーバ	
13	加工機	
101	データ取得処理部	
102	溶接データ記憶部	
103	解析部	
104	データ分類部	10
105	データ分類記憶部	
106	比較判定部（判定部）	
111	処理部	
201	トリガ取得装置	
202	高速カメラ（温度計測部）	
203	電流計	
204	分光カメラ	
205	磁場計測装置（電流計測部、磁場計測部）	
206	変位計（変位計測部）	
207	電圧計	20
208	温度・湿度計	
301, 302, 331	被溶接部材	
303, 304	電極	
311	電流源	
312	スイッチ	
321	溶接部	
Z	製造システム	
Z1	溶接監視システム	
Z2	溶接システム	

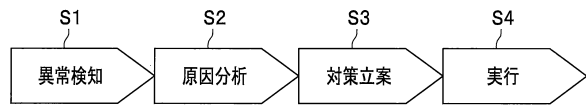
【図 1】



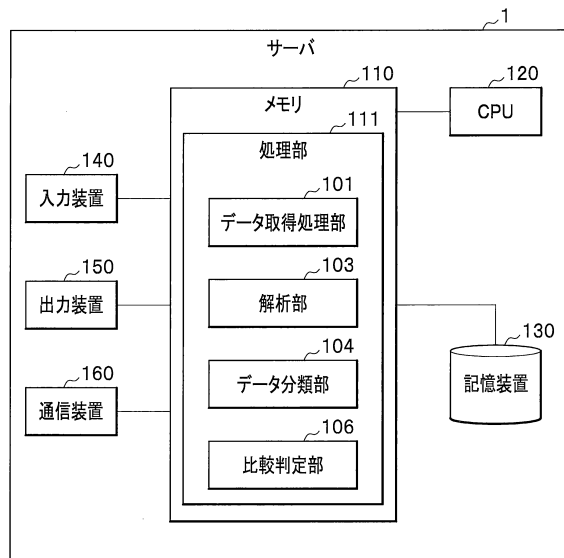
【図 2】



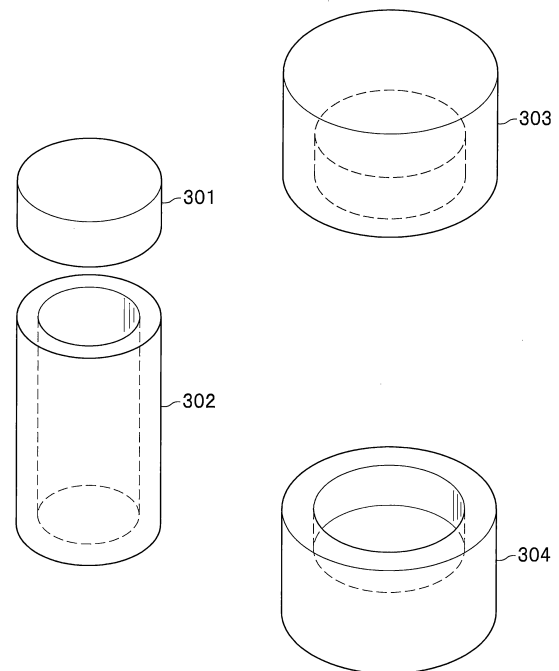
【图 3】



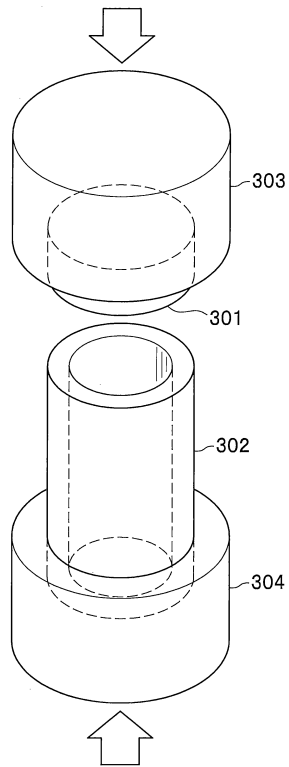
【圖 4】



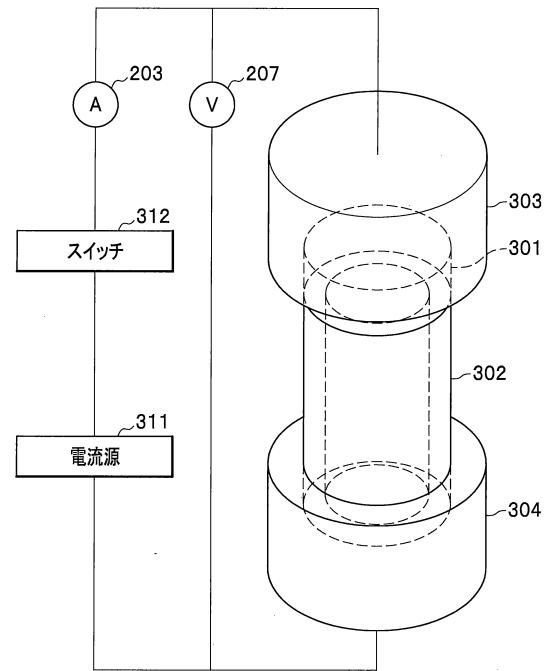
【图 5】



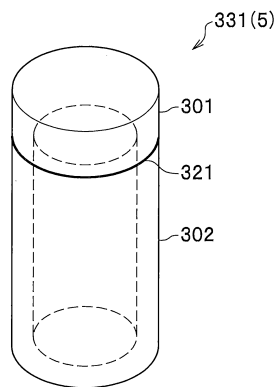
【図 6】



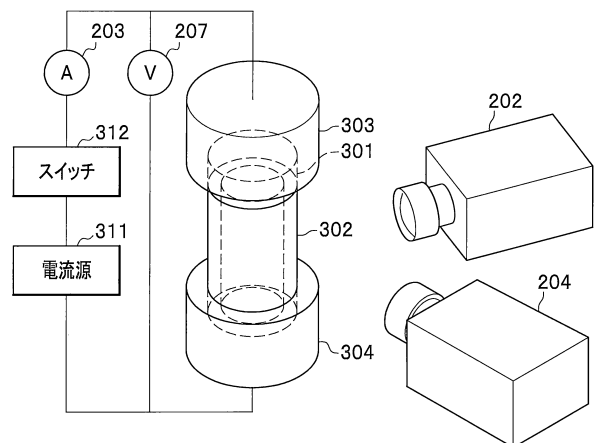
【図 7】



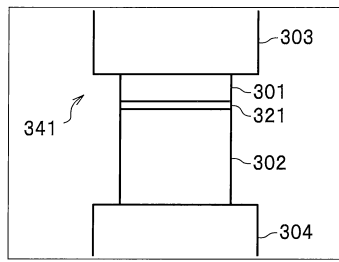
【図 8】



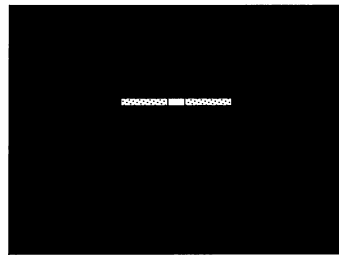
【図 9】



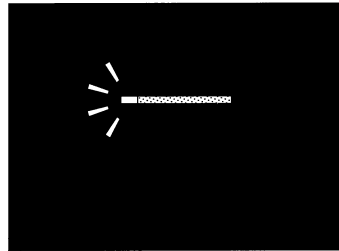
【図 1 0】



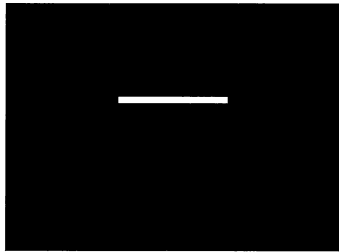
【図 1 2】



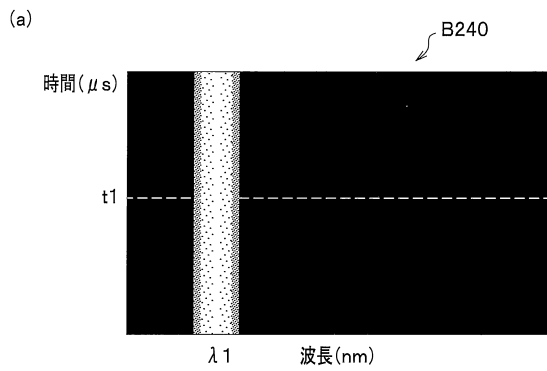
【図 1 3】



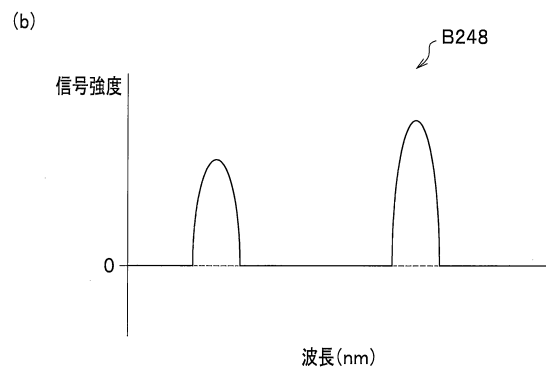
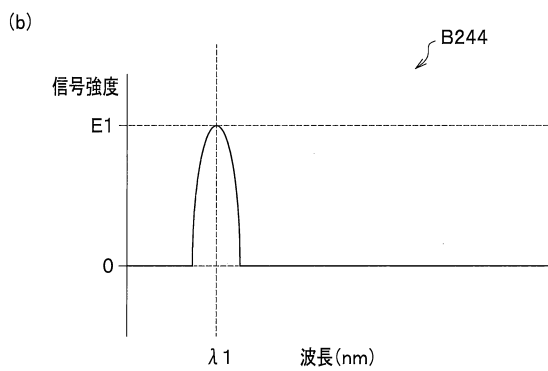
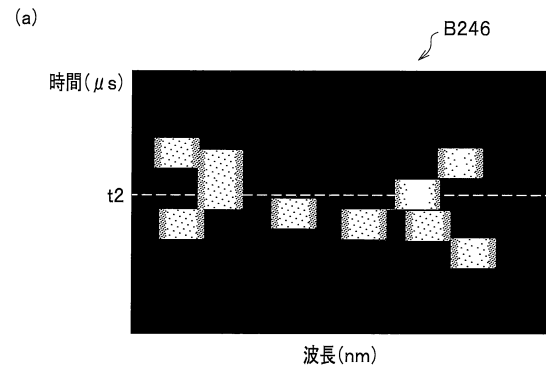
【図 1 1】



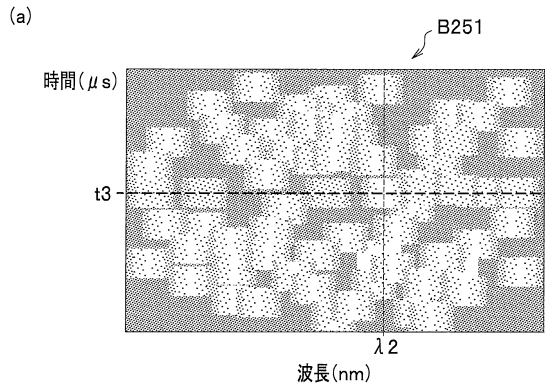
【図 1 4】



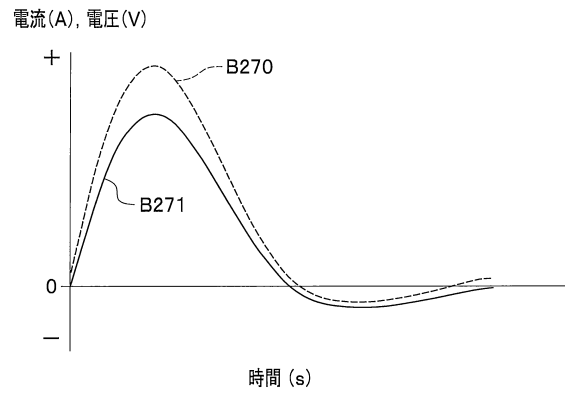
【図 1 5】



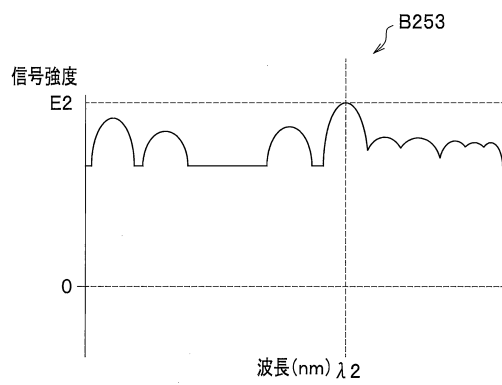
【図 16】



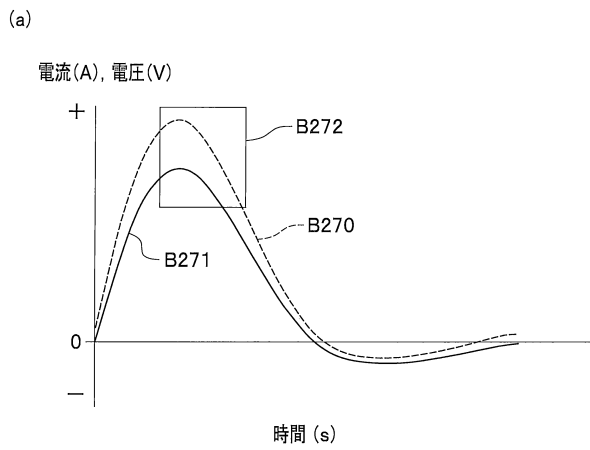
【図 17】



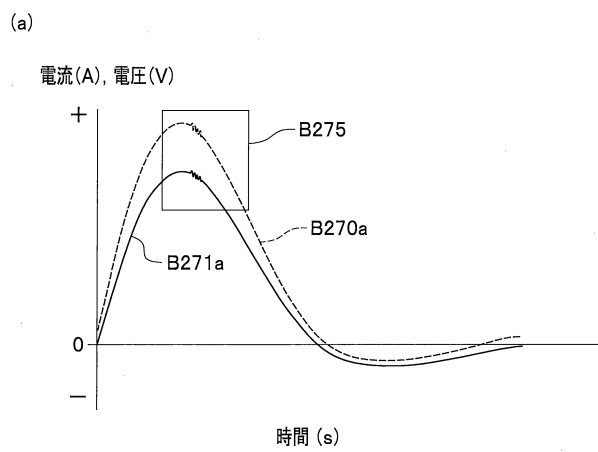
(b)



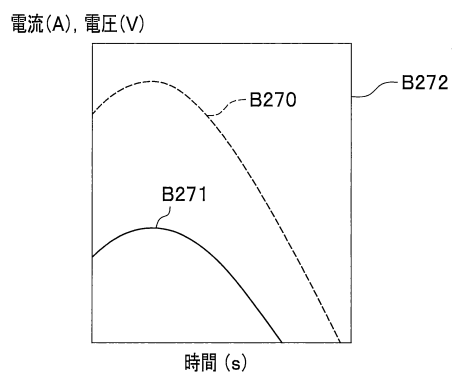
【図 18】



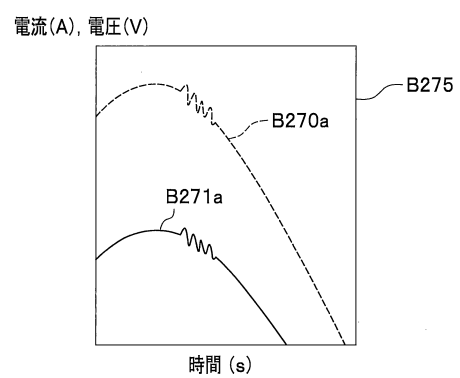
【図 19】



(b)

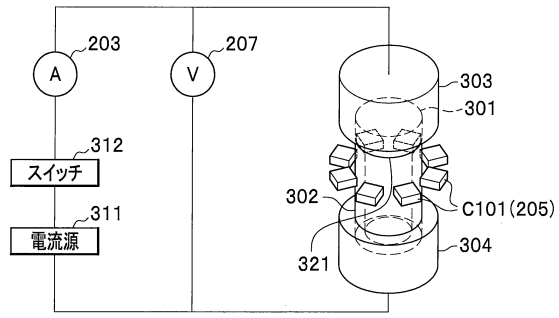


(b)

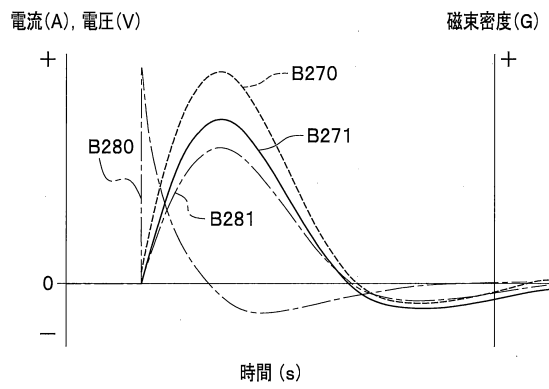


【図 20】

(a)

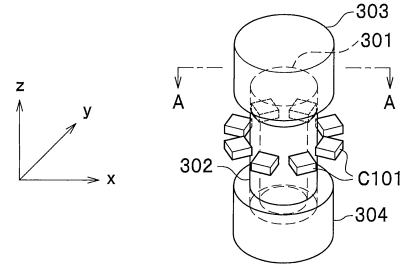


(b)

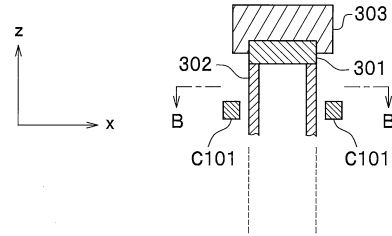


【図 21】

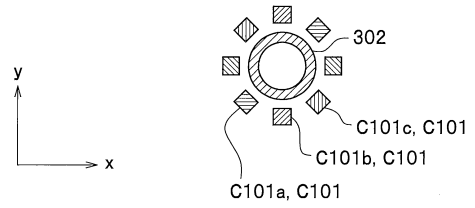
(a)



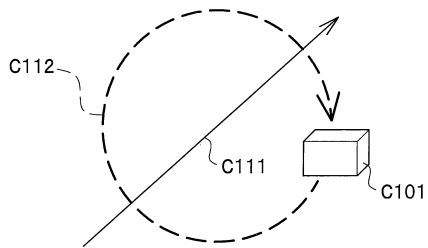
(b)



(c)

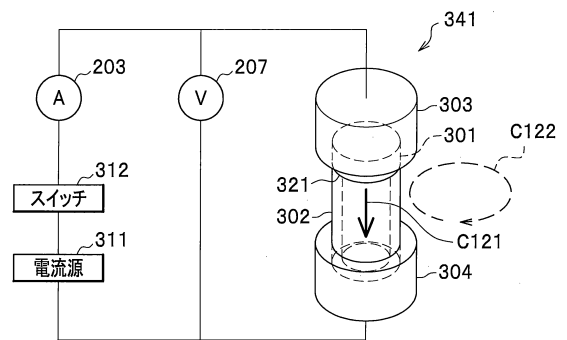


【図 22】

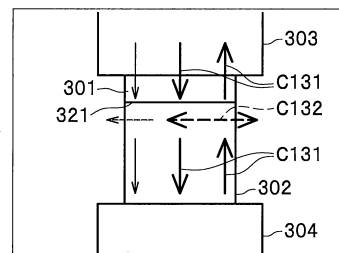


【図 23】

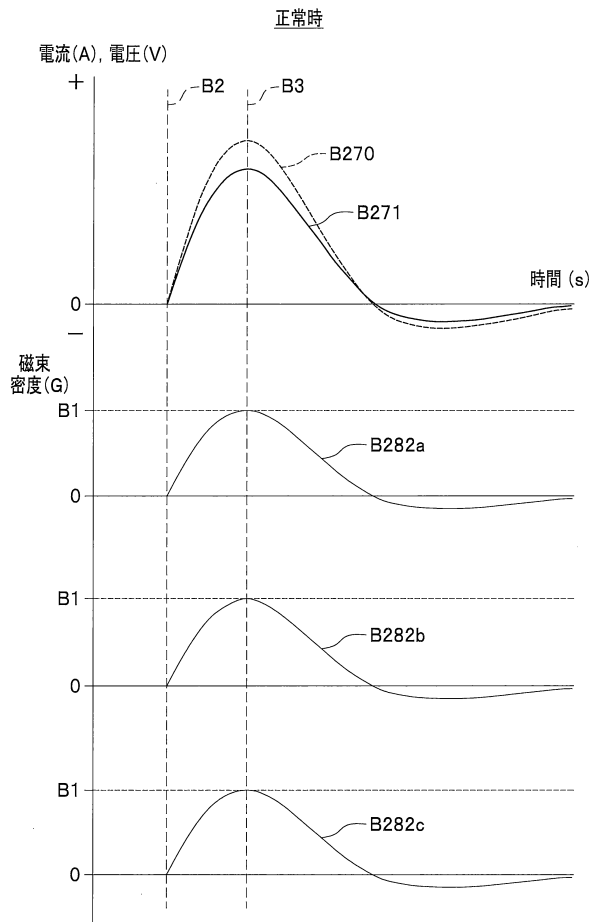
(a)



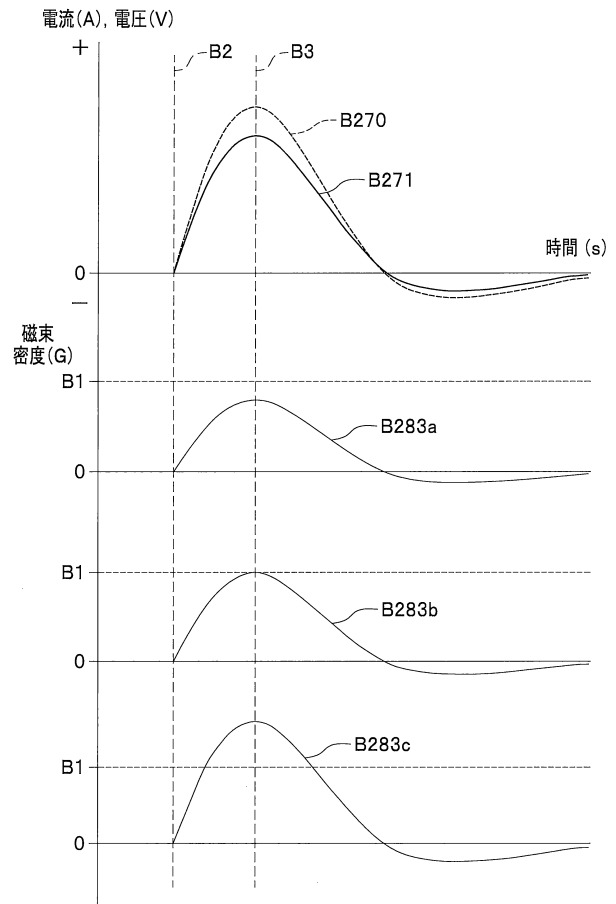
(b)



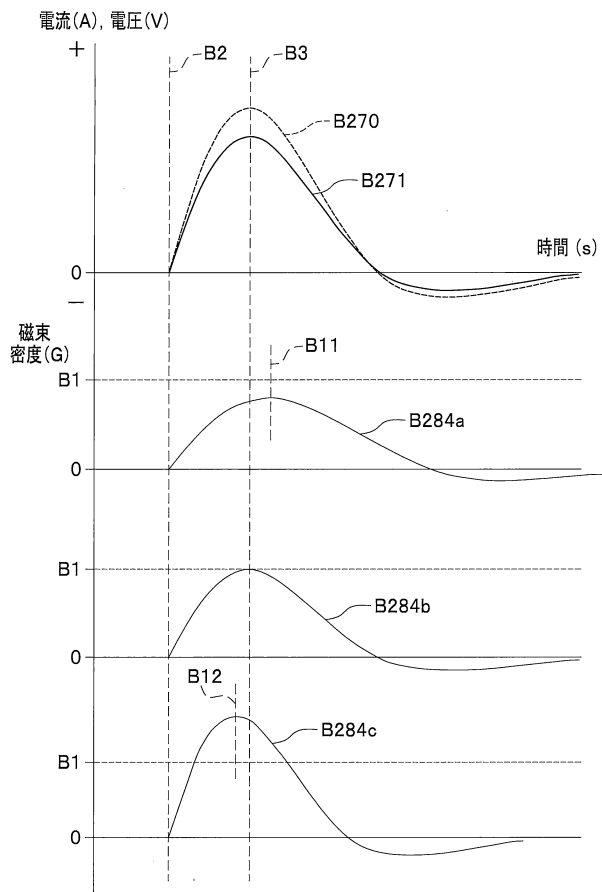
【図 2 4】



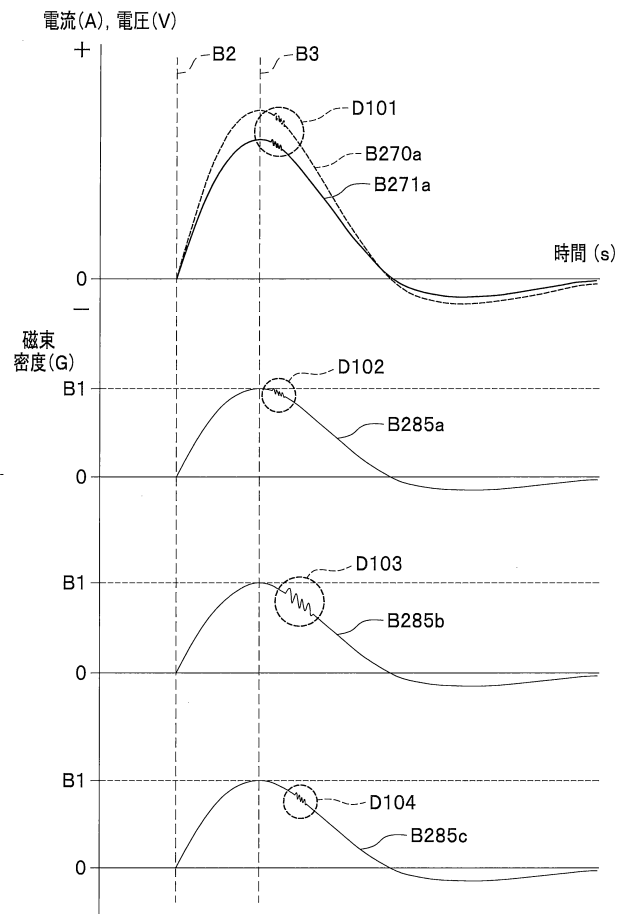
【図 2 5】



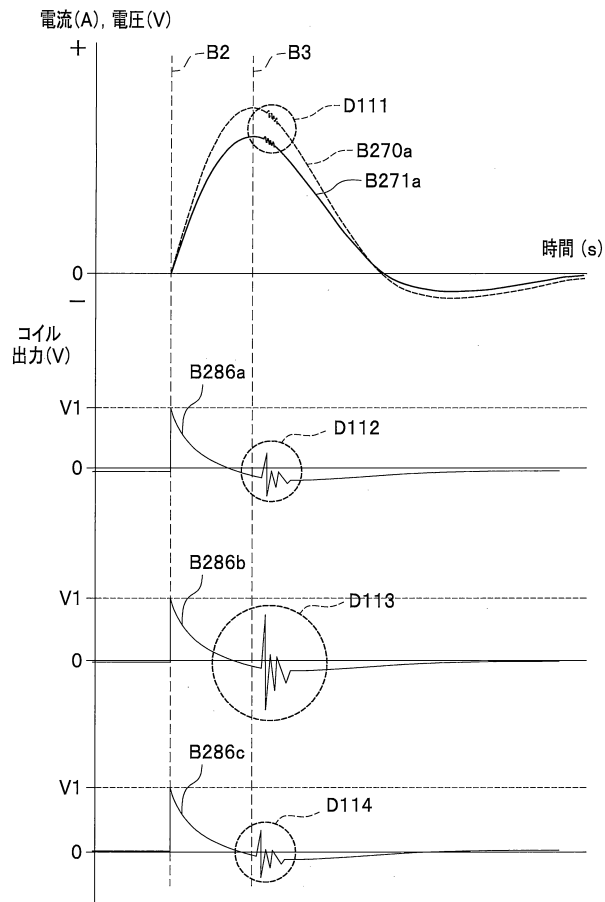
【図 2 6】



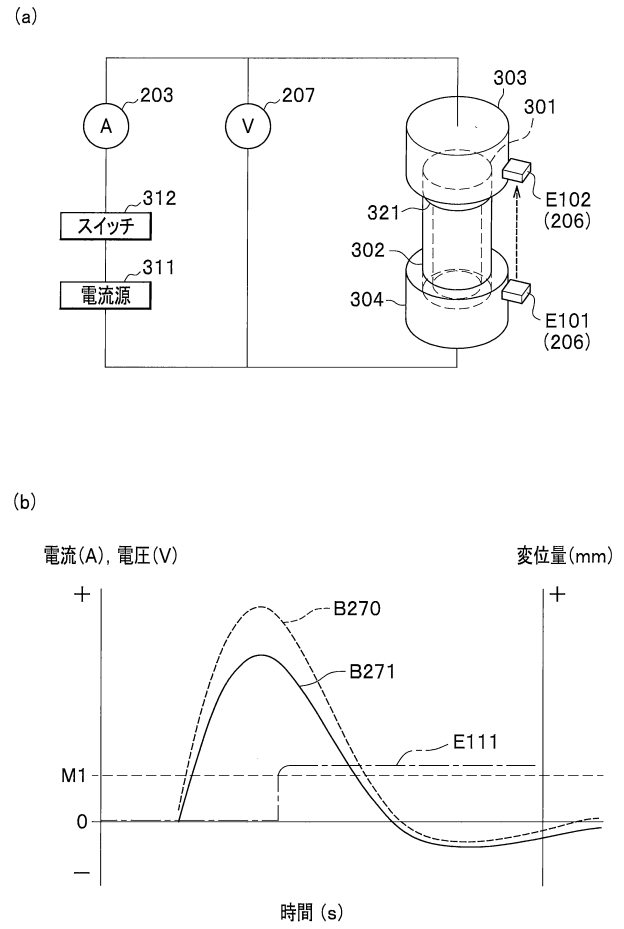
【図 2 7】



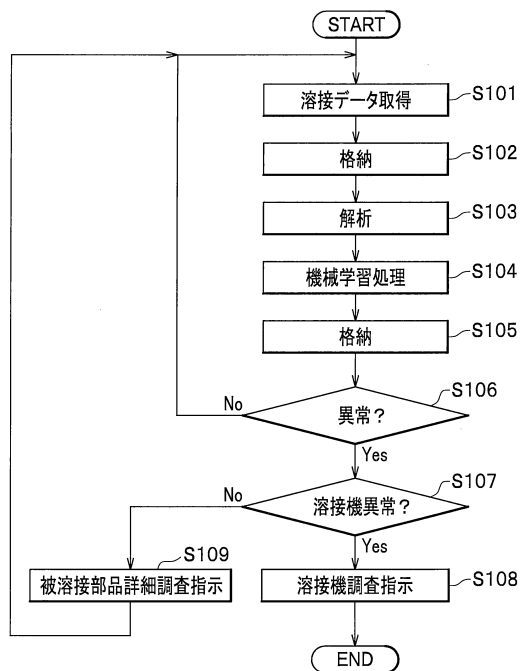
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

審査官 黒石 孝志

- (56)参考文献 特開2008-216064 (JP, A)
特開平3-86382 (JP, A)
仏国特許出願公開第2696369 (FR, A1)
特開2005-342788 (JP, A)
特開2003-80394 (JP, A)
特開平9-10970 (JP, A)
特開平11-90644 (JP, A)
特開平10-235490 (JP, A)
特開平5-337663 (JP, A)
特開2012-20336 (JP, A)
特開2001-353579 (JP, A)
特表2004-529416 (JP, A)
特開2001-93670 (JP, A)
特開平4-9283 (JP, A)
特開2010-243451 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 11/00 - 11/36
B23K 31/00