(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2019-190868

(P2019-190868A)

(43)公開日　**令和1年10月31日(2019.10.31)**

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
G01N 21/88	***(2006.01)***		G01N	21/88	J	2G051
B23K 31/00	***(2006.01)***		B23K	31/00	K	5H615
H02K 15/04	***(2006.01)***		H02K	15/04	A	
			H02K	15/04	E	

審査請求 未請求　請求項の数 1　ＯＬ　（全 11 頁）

(21)出願番号　特願2018-80576 (P2018-80576)

(22)出願日　平成30年4月19日 (2018.4.19)

(71)出願人　000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町１番地

(74)代理人　100103894

弁理士　家入　健

(72)発明者　大矢　英詞

愛知県豊田市トヨタ町１番地　トヨタ自動車株式会社内

Ｆターム(参考)　2G051 AA90 AB02 AB14 BA01 BA02 BA04 BB02 BB03 CA04 CB01 EB01 ED01 ED04 ED08 ED13 ED22 ED23 GC04

5H615 AA01 BB07 BB14 PP01 PP14 QQ03 QQ06 SS16 SS57

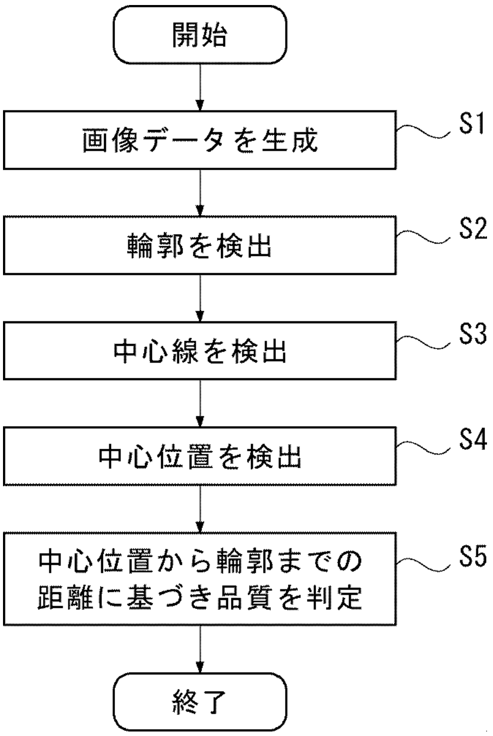
(54)【発明の名称】溶接品質検査方法

(57)【要約】

【課題】厚みの異なるセグメントコイルのコイルエンド同士を溶接して形成される溶接玉の品質を検査すること。

【解決手段】溶接玉を撮像して画像データを生成するステップと、画像データから溶接玉の輪郭を検出するステップと、検出された輪郭の第１コイルエンドと第２コイルエンドとが対向する接合方向の第１コイルエンド側の一端から第１コイルエンドの厚みの分だけ第２コイルエンド側にシフトさせた第１の点と、輪郭の接合方向の第２コイルエンド側の他端から第２コイルエンドの厚みの分だけ第１コイルエンド側にシフトさせた第２の点と、から等しい距離だけ離れ、かつ接合方向と直交する方向の直線を中心線として検出するステップと、中心線と輪郭の交点の中点を、中心位置として検出するステップと、中心位置から輪郭上の各点に向けて結んだ線分の距離に基づいて、溶接玉に欠陥があるか否かを判定するステップと、を備える。

【選択図】図６



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ステータコアに組み込まれた第１セグメントコイルの第１コイルエンドと、前記ステータコアに組み込まれた第２セグメントコイルの第２コイルエンドと、を溶接して形成された溶接玉の品質を検査する溶接品質検査方法であって、
前記溶接玉を撮像して画像データを生成する撮像ステップと、
前記画像データから前記溶接玉の輪郭を検出する輪郭検出ステップと、
検出された前記輪郭の前記第１コイルエンドと前記第２コイルエンドとが対向する接合方向の前記第１コイルエンド側の一端から前記第１コイルエンドの厚みの分だけ前記第２コイルエンド側にシフトさせた第１の点と、前記輪郭の前記接合方向の前記第２コイルエンド側の他端から前記第２コイルエンドの厚みの分だけ前記第１コイルエンド側にシフトさせた第２の点と、から等しい距離だけ離れ、かつ前記接合方向と直交する方向の直線を中心線として検出する中心線検出ステップと、
前記中心線と前記輪郭の交点の中点を、中心位置として検出する中心位置検出ステップと、
前記中心位置から前記輪郭上の各点に向けて結んだ線分の距離に基づいて、前記溶接玉に欠陥があるか否かを判定する判定ステップと、を備える、
溶接品質検査方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、溶接品質検査方法に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
例えばステータコアのセグメントコイルのコイルエンド同士を溶接して、各セグメントコイル同士を導通させるとき、溶接部の形状がいびつであると、電気抵抗が大きくなったり、断線しやすくなったりする等の支障が生じるおそれがある。したがって、このような溶接部の品質検査を行う方法や装置の開発が求められている。特許文献１には、溶接部の画像を放射状に区分することで当該溶接部の形状を解析し、当該溶接部に欠陥が生じているか否かを判定する欠陥検出装置が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開平０６－０２７０３６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１に記載の装置は、接合部の対称性を評価することで、当該接合部に欠陥が生じているか否かを判定する。しかし、例えば厚みの異なるセグメントコイルのコイルエンド同士を溶接して溶接玉を形成した場合、２つのコイルエンドの中間の位置と溶接玉の中心の位置とが一致しないことがある。このような場合においては、溶接玉に欠陥がない場合であっても溶接玉の形状が非対称になることや、溶接玉に欠陥が生じている場合であっても溶接玉の形状が対称になることがある。したがって、特許文献１に記載の方法では信頼性の高い品質検査が行えないことがあるという問題があった。
【０００５】
本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、厚みの異なるセグメントコイルのコイルエンド同士を溶接して形成される溶接玉の品質を検査するための溶接品質検査方法を提供するものである。
【課題を解決するための手段】
【０００６】

本発明に係る溶接品質検査方法は、ステータコアに組み込まれた第１セグメントコイルの第１コイルエンドと、前記ステータコアに組み込まれた第２セグメントコイルの第２コイルエンドと、を溶接して形成された溶接玉の品質を検査する溶接品質検査方法であって、前記溶接玉を撮像して画像データを生成する撮像ステップと、前記画像データから前記溶接玉の輪郭を検出する輪郭検出ステップと、検出された前記輪郭の前記第１コイルエンドと前記第２コイルエンドとが対向する接合方向の前記第１コイルエンド側の一端から前記第１コイルエンドの厚みの分だけ前記第２コイルエンド側にシフトさせた第１の点と、前記輪郭の前記接合方向の前記第２コイルエンド側の他端から前記第２コイルエンドの厚みの分だけ前記第１コイルエンド側にシフトさせた第２の点と、から等しい距離だけ離れ、かつ前記接合方向と直交する方向の直線を中心線として検出する中心線検出ステップと、前記中心線と前記輪郭の交点の中点を、中心位置として検出する中心位置検出ステップと、前記中心位置から前記輪郭上の各点に向けて結んだ線分の距離に基づいて、前記溶接玉に欠陥があるか否かを判定する判定ステップと、を備えることを、特徴としたものである。

【０００７】

このような構成においては、それぞれのコイルエンドの厚みを考慮して、２つのコイルエンドの中間の位置を推定する。そして、その位置を基準として溶接玉の輪郭形状を評価する。したがって、厚みの異なるセグメントコイルのコイルエンド同士を溶接して形成される溶接玉に対しても、当該溶接玉の品質を検査することができる。

【発明の効果】

【０００８】

本発明により、厚みの異なるセグメントコイルのコイルエンド同士を溶接して形成される溶接玉の品質を検査するための溶接品質検査方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】回転電機の断面図である。
【図２】ステータの斜視図である。
【図３】ステータの部分斜視図である。
【図４Ａ】溶接されていないセグメントコイルのコイルエンドを示す図である。
【図４Ｂ】溶接されたセグメントコイルのコイルエンドを示す図である。
【図５】溶接品質検査装置の側面図である。
【図６】溶接品質検査方法の検査フローである。
【図７】溶接玉の画像データの例である。
【図８】溶接玉の画像データから中心位置を検出する様子を表した図である。
【図９Ａ】中心位置から輪郭の各点までの距離と角度の関係を表したグラフである。
【図９Ｂ】図９Ａの関係における、距離の勾配と角度の関係を表したグラフである。
【図１０Ａ】中心位置から輪郭の各点までの距離と角度の関係を表したグラフである。
【図１０Ｂ】図１０Ａの関係における、距離の勾配と角度の関係を表したグラフである。
【図１１】変形例に係る溶接品質検査装置の側面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

以下、本発明を適用した具体的な実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。ただし、本発明が以下の実施形態に限定される訳ではない。また、説明を明確にするため、以下の記載および図面は、適宜、簡略化されている。

【００１１】

本発明に係る溶接品質検査方法は、例えば、回転電機のステータコアに組み込まれた２つのセグメントコイルのコイルエンドを溶接して形成された溶接玉の品質を検査する方法である。溶接品質検査方法は、例えば、溶接品質検査装置によって実現される。

【００１２】

図１は、三相交流電動機である回転電機１の断面図である。図１に示すように、回転電

機１は、ハウジング２と、固定子３（ステータ）と、回転子４と、一対の軸受５と、を備える。固定子３は、ハウジング２に収容されている。

回転子４は、固定子３の内周側に配置されると共に、一対の軸受５を介してハウジング２に回転自在に支持されている。回転子４は、永久磁石を備えることで、例えば８極の磁極を有する。

【００１３】

図２は、固定子３の斜視図である。図１及び図２に示すように、固定子３は、固定子鉄心６（ステータコア）と、三相の固定子コイル７と、複数の絶縁紙８と、を備える。

固定子鉄心６は、複数の電磁鋼板を積層させて筒状に形成されている。固定子鉄心６には、複数のスロット９（巻線収容空間）が形成されている。

複数のスロット９は、固定子鉄心６の周方向に等間隔に形成されている。各スロット９は、固定子鉄心６の中心軸方向に沿って細長く形成されている。

固定子巻線１０からはU字状の第１セグメントコイル１１と第２セグメントコイル１２が複数形成されている。三相の固定子コイル７は、形成された複数の第１セグメントコイル１１と第２セグメントコイル１２のコイルエンド同士とを溶接により接合することで形成されている。固定子巻線１０は、導体部と導体部を覆う絶縁皮膜部によって構成されている。導体部は、典型的には銅である。絶縁皮膜部は、例えば、フッ素、ナイロン、ポリアミドイミド、ポリフェニレンサルファイドである。

【００１４】

図３は、固定子３の部分拡大図である。第１コイルエンド２１は、第１セグメントコイル１１のうち、図３に示すようにスロット９外に位置する部分である。第２コイルエンド２２は、第２セグメントコイル１２のうち、図３に示すようにスロット９の外に位置する部分である。本実施形態において、第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２は、断面八角形状に形成されている。

【００１５】

図４Ａは、第１セグメントコイル１１の第１コイルエンド２１と、第２セグメントコイル１２の第２コイルエンド２２と、が固定子鉄心６の径方向において若干の隙間を空けて向かい合っている様子を示す図である。この状態で第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２とを同時に加熱すると、図４Ｂに示すように、第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２とを接合する溶接玉２３が形成される。この溶接玉２３が、第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２とを互いに導通させる。

【００１６】

図５は、本実施形態に係る溶接品質検査方法を行う溶接品質検査装置３０を示す平面図である。本実施形態に係る溶接品質検査装置３０は、制御部３１と、カメラ３２と、照明３３ａ～３３ｃと、反射板３４と、を備える。

なお、当然のことながら、図５及びその他の図面に示した右手系ｘｙｚ座標は、構成要素の位置関係を説明するための便宜的なものである。通常、ｚ軸正向きが鉛直上向き、ｘｙ平面が水平面であり、図面間で共通である。本実施形態において、第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２が対向する部分はｚ軸正方向に延び、その端に溶接玉２３が形成されているとする。また、第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２とが対向する方向である接合方向をｘ軸方向とし、さらに、第１コイルエンド２１側をｘ軸負方向側、第２コイルエンド２２側をｘ軸正方向側とする。

【００１７】

カメラ３２は、例えばＣＣＤ(Charge Coupled Device)カメラである。カメラ３２は、検査対象である溶接玉２３を上方（ｚ軸正方向）から撮像し、溶接玉２３の画像データを生成する。生成した画像データは、制御部３１に出力される。

【００１８】

照明３３ａ、３３ｂは、例えば青色の光を発する青色ＬＥＤ(light emitting diode)である。照明３３ａ、３３ｂは、ｘ軸方向に対して、溶接玉２３を挟んで対向するように設けられている。照明３３ａ、３３ｂは、溶接玉２３に対して実質的に水平方向または水平

面からわずかに斜めの方向から青色光を照射するように配置される。具体的には、照明３３ａ、３３ｂは、照射する青色光と水平面（ｘｙ平面）とのなす角度が２０°以内になるように配置される。照明３３ａ、３３ｂから溶接玉２３に向かって照射された青色光は、図５に示すように、溶接玉２３で反射してカメラ３２に届く。照明３３ａ、３３ｂの照射する青色光は第１セグメントコイル１１及び第２セグメントコイル１２の色と補色関係にある光であるため、カメラ３２の撮像した画像において、溶接玉２３の輪郭を浮き上がらせることができる。

【００１９】

照明３３ｃは、例えば赤色の光を発する赤色ＬＥＤである。照明３３ｃは、溶接玉２３を含むカメラ３２の撮像領域に対して上方から赤色光を照射するように配置される。照明３３ｃは、例えば、照射する赤色光とカメラ３２の撮像方向（ｚ軸負方向）とのなす角度が２０°以内になるように配置される。照明３３ｃが赤色光を溶接玉２３に照射することで、照明３３ａ、３３ｂが照射した青色光の溶接玉２３からの反射光をより浮かび上がせることができる。

【００２０】

反射板３４は、例えば、青色の樹脂の板状部材であり、溶接玉２３の下方（ｚ軸負方向）に設けられている。溶接玉２３の光沢が多い場合であっても、溶接玉２３の背部に設けられた反射板３４で反射する青色光または赤色光の２次反射光や散乱光が溶接玉２３に当たるため、溶接玉２３の輪郭が抽出される。したがって、溶接玉２３の画像を正確に安定して取得することができる。

【００２１】

制御部３１は、例えば、中央演算処理器としてのＣＰＵ(Central Processing Unit)と、読み書き自由のＲＡＭ(Random Access Memory)、読み出し専用のＲＯＭ(Read Only Memory)を備えている。そして、ＣＰＵがＲＯＭに記憶されている品質検査プログラムを読み出して実行することで、品質検査プログラムはＣＰＵなどのハードウェアを機能させ、制御部３１は溶接品質検査装置３０の各部の動作を制御する。また、制御部３１は、後述する方法によって、カメラ３２の撮像した画像データから溶接玉２３の品質を評価する。

【００２２】

ここで、本実施形態の溶接品質検査方法について、図６を用いて説明する。図６は、本実施形態の溶接品質検査方法の流れを示すフロー図である。

まず、図６に示すように、ステップＳ１（撮像ステップ）において、照明３３ａ～３３ｃが溶接玉２３に光を照射するとともに、カメラ３２が溶接玉２３を撮像し、画像データを生成する。

【００２３】

図７は、カメラ３２が撮像した溶接玉２３の画像データ２０の例である。画像データ２０のうち、輪郭２４で囲われた明るい部分が、撮像された溶接玉２３である。第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２は、画像データ２０内において、二点鎖線で示される位置にそれぞれ配置されているものとする。なお、画像データ２０内に示される二点鎖線は、説明のための仮想線であって、実際に表示されるものではない。

【００２４】

次に、ステップＳ２（輪郭検出ステップ）に進むと、制御部３１は、図６に示すように、画像データ２０から溶接玉２３の輪郭２４を検出する（図７参照）。例えば、制御部３１は、画像データ２０の各画素の輝度に基づいて、溶接玉２３に対応する領域を検出する。具体的には、例えば、制御部３１は、所定の輝度値以上の輝度を有する画素が連続している領域を検出し、当該領域の面積が所定の面積値以上であれば、当該領域が溶接玉２３に対応すると判断する。このようにして、制御部３１は、溶接玉２３の領域とその他の領域の境界を輪郭２４として検出する。

【００２５】

その後、ステップＳ３（中心線検出ステップ）に進むと、制御部３１は、第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２の接合の中心を示す中心線を検出する。制御部３１が中

心線を検出した後、ステップＳ４に進む。

【００２６】

ここで、ステップＳ３の具体的な処理の例について、図８を用いて説明する。図８は、図７の画像データ２０から、ステップＳ２で検出された輪郭２４を抽出した図である。

まず、制御部３１は、輪郭２４の第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２とが対向する接合方向（ｘ軸方向）における第１コイルエンド２１側（ｘ軸負方向側）の一端P_{x1}を検出する。また、制御部３１は、輪郭２４の接合方向（ｘ軸方向）における第２コイルエンド２２側（ｘ軸正方向側）の他端P_{x2}を検出する。

さらに、制御部３１は、一端P_{x1}から第１コイルエンド２１の厚みT_1の分だけ第２コイルエンド２２側（ｘ軸正方向側）にシフトさせた第１の点P_{x3}を検出する。また、他端P_{x2}から第２コイルエンド２２の厚みT_2の分だけ第１コイルエンド２１側（ｘ軸負方向側）にシフトさせた第２の点P_{x4}を検出する。

そして、制御部３１は、第１の点P_{x3}と、第２の点P_{x4}と、から等しい距離だけ離れ、かつ接合方向と直交する方向（ｙ軸方向）の直線を中心線L_{yc}として検出する。

【００２７】

ここで、一端P_{x1}は第１コイルエンド２１のｘ軸負方向側の端辺上にあると考えられることから、第１の点P_{x3}は第１コイルエンド２１のｘ軸正方向側の端辺上に対応すると推定できる。また、他端P_{x2}は第２コイルエンド２２のｘ軸正方向側の端辺上にあると考えられることから、第２の点P_{x4}は第２コイルエンド２２のｘ軸負方向側の端辺上に対応すると推定できる。

したがって、接合方向（ｘ軸方向）において第１の点P_{x3}と第２の点P_{x4}との間にある領域は、第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２の間の領域に対応すると推定することができる。このため、中心線L_{yc}は、第１コイルエンド２１と第２コイルエンド２２の中間を表す線であると推定することができる。

【００２８】

次に、ステップＳ４（中心位置検出ステップ）に進むと、制御部３１は、図６に示すように、中心線L_{yc}と輪郭２４の交点P_{y1}、P_{y2}の中点を、中心位置P_cとして検出する（図８参照）。

【００２９】

その後、ステップＳ５（判定ステップ）に進むと、制御部３１は、中心位置P_cから輪郭２４上の各点に向けて結んだ線分の距離に基づいて、溶接玉２３に欠陥があるか否かを判定する。その後、フローを終了する。

【００３０】

ここで、ステップＳ５の具体的な処理の例について、図８、図９Ａ、図９Ｂ、図１０Ａ、図１０Ｂを用いて説明する。

まず、制御部３１は、図８に示すように、中心位置P_cを端点としてｘ軸正方向に引いた半直線である基準線L_{xc}を検出する。次に、制御部３１は、中心位置P_cを中心に基準線L_{xc}から角度θだけ回転させた半直線L_θを検出する。次に、制御部３１は、輪郭２４と半直線L_θとの交点P_θを検出する。次に、制御部３１は、中心位置P_cと交点P_θとの距離ｒを測定する。

このようにして、制御部３１は、角度θを変化させながら、対応する交点P_θと中心位置P_cとの距離ｒを測定していく。溶接玉２３が欠陥を有しておらず、いびつな形をしていない場合は、距離ｒは角度θに依らず一定であるか、または、距離ｒは角度θの変化に伴って緩やかに変化する。

【００３１】

図９Ａ及び図１０Ａは、距離ｒと角度θの関係を表すグラフの一例である。図９Ａは、距離ｒが角度θに対して一定である場合を示しており、図１０Ａは、距離ｒが角度θに対して一定でない場合を示している。また、図９Ｂ及び図１０Ｂは、距離ｒを角度θで微分した値である勾配ｇと角度θの関係を表すグラフの一例である。図９Ｂは、図９Ａに対応した勾配ｇと角度θの関係を示しており、図１０Ｂは、図１０Ａに対応した勾配ｇと角度

θの関係を示している。

図９Ａに示すように、距離ｒが角度θに対して一定である場合、勾配ｇは、図９Ｂに示すように、角度θに関わらずゼロである。一方、図１０Ａに示すように、距離ｒが角度θに対して一定でない場合、勾配ｇは、図１０Ｂに示すように、距離ｒの変化量が大きい角度θにおいて極大値または極小値をとる。

【００３２】

このようにして求めた勾配ｇの極大値及び極小値の絶対値の大きさは、距離ｒの変化の急激さを表す。すなわち、勾配ｇの極大値及び極小値の絶対値が大きいと、溶接玉２３の輪郭２４はいびつな形を有していると判断することができる。したがって、例えば、勾配ｇの極大値及び極小値の絶対値が、すべて所定の値よりも小さければ、制御部３１は、溶接玉２３が欠陥を有していないと判断することができる。逆に、勾配ｇの極大値及び極小値の絶対値のいずれかが、所定の値以上であれば、制御部３１は、溶接玉２３が欠陥を有していると判断することができる。

【００３３】

以上で説明したように、本実施形態に係る溶接品質検査方法においては、第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２の厚み$Т_1$、$Т_2$を考慮して、２つの第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２の中間の位置である中心位置$Ｐ_c$を推定する。そして、その中心位置$Ｐ_c$を基準として溶接玉２３の輪郭２４の形状を評価する。

したがって、厚みの異なるセグメントコイルのコイルエンド同士を溶接して形成される溶接玉に対しても、当該溶接玉の品質を検査することができる。

【００３４】

なお、本発明は上記の実施形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。

例えば、ステップＳ５（判定ステップ）の処理において、角度θを変化させる際、連続的に角度θを変化させるのではなく、所定の増分ずつ変化させるようにしてもよい。このような構成においては、距離ｒを測定する点を少なくすることができるため、処理を簡略化することができる。

【００３５】

また、ステップＳ５（判定ステップ）の処理において、接合方向（ｘ軸方向）において第１の点$Ｐ_{x3}$と第２の点$Ｐ_{x4}$の間の領域にある交点$Ｐ_θ$に対してのみ距離ｒを測定するようにしてもよい。このような構成においては、溶接玉２３のうち、第１コイルエンド２１または第２コイルエンド２２に対応すると推定できる領域の部分の輪郭についての形状評価を省略することができるため、処理を簡略化することができる。

【００３６】

また、上記で示した溶接品質検査装置３０の変形例として、図１１に示すような溶接品質検査装置４０を用いてもよい。図１１は、溶接品質検査装置４０の側面図である。

図１１に示すように、溶接品質検査装置４０は、溶接品質検査装置３０の制御部３１、カメラ３２、照明３３ａ～３３ｃのそれぞれに代えて、制御部４１、カメラ４２、照明４３ａ、４３ｂを備える。

【００３７】

カメラ４２は、例えばＣＣＤカメラである。カメラ４２は、その撮像方向が接合方向（ｘ軸方向）と実質的に垂直方向であり、かつ、ｚ軸負方向に対して所定の傾斜角を有するように配置されている。具体的には、カメラ４２は、その撮像方向とｘ軸正方向とのなす角度が８０°～１００°となるように、かつ、撮像方向とｚ軸負方向とのなす角度が１０°～５０°となるように配置されている。カメラ４２は、検査対象である溶接玉２３を撮像し、溶接玉２３の画像データを生成する。生成した画像データは、制御部４１に出力される。

【００３８】

照明４３ａは、例えば青色もしくは赤色の光を発するＬＥＤである。照明４３ｂは、例えば白色の光を発する白色ＬＥＤである。照明４３ａは、その照射方向が、撮像する溶接

玉２３を境にしてカメラ４２と逆側に配置されている。照明４３ｂは、その照射方向が、撮像する溶接玉２３を境にしてカメラ４２と同じ側に配置されている。照明４３ａから溶接玉２３に向かって照射された光は、溶接玉２３で反射してカメラ４２に届く。照明４３ａの照射する光は第１セグメントコイル１１及び第２セグメントコイル１２の色と補色もしくは同色関係にある光であるため、カメラ４２の撮像した画像において、溶接玉２３の輪郭を浮き上がらせることができる。

【００３９】

また、照明４３ｂから照射された白色光は、第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２、溶接玉２３に反射してカメラ４２に届く。したがって、カメラ４２は、第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２の像を撮像することができる。すなわち、カメラ４２は、第１コイルエンド２１、第２コイルエンド２２、及び溶接玉２３を撮像することができる。このような構成においては、制御部４１は、カメラ４２から取得した画像データから、第１コイルエンド２１及び第２コイルエンド２２に対応する領域を直接的に検出することができるため、溶接玉２３の接合の中心位置Ｐ$_c$を直接的に検出することができる。すなわち、ステップＳ３～Ｓ４の処理を簡略化することができる。

【００４０】

また、カメラ４２は、溶接玉２３を斜め方向から撮像するため、溶接玉２３のｚ軸方向の像についても撮像することができる。したがって、制御部４１は、溶接玉２３のｚ軸方向の深さである溶け込み深さｄについての情報を得ることができる。このとき、制御部４１は、溶接玉２３の溶け込み深さｄが所定の値よりも小さい場合にも、溶接玉２３が欠陥を有していると判断してもよい。

【００４１】

なお、溶接品質検査装置３０と溶接品質検査装置４０は、併用してもよい。例えば、溶接品質検査装置４０で溶接玉２３の接合の中心位置Ｐ$_c$を検出し、溶接品質検査装置３０で溶接玉２３の輪郭２４の形状を評価するようにしてもよい。

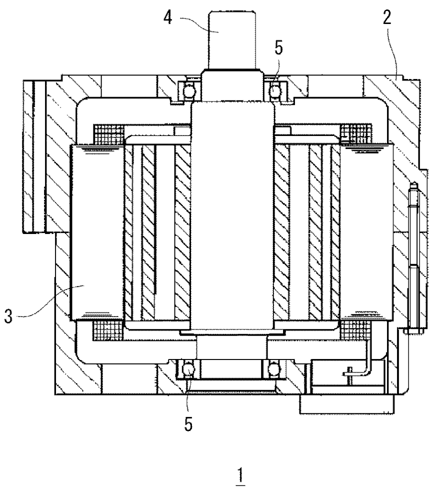
【符号の説明】

【００４２】

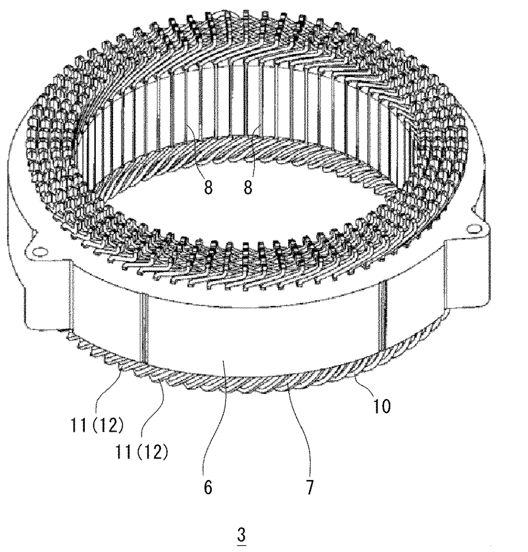
１　　回転電機
２　　ハウジング
３　　固定子
４　　回転子
５　　軸受
６　　固定子鉄心
７　　固定子コイル
８　　絶縁紙
９　　スロット
１０　固定子巻線
１１　第１セグメントコイル
１２　第２セグメントコイル
２０　画像データ
２１　第１コイルエンド
２２　第２コイルエンド
２３　溶接玉
２４　輪郭
３０、４０　溶接品質検査装置
３１、４１　制御部
３２、４２　カメラ
３３ａ、３３ｂ、３３ｃ、４３ａ、４３ｂ　照明
３４　反射板
ｄ　　溶け込み深さ

L_{xc}　基準線
L_{yc}　中心線
L_{θ}　半直線
P_{c}　中心位置
P_{x1}　一端
P_{x2}　他端
P_{x3}　第１の点
P_{x4}　第２の点
P_{y1}、P_{y2}、P_{θ}　交点
ｒ　距離

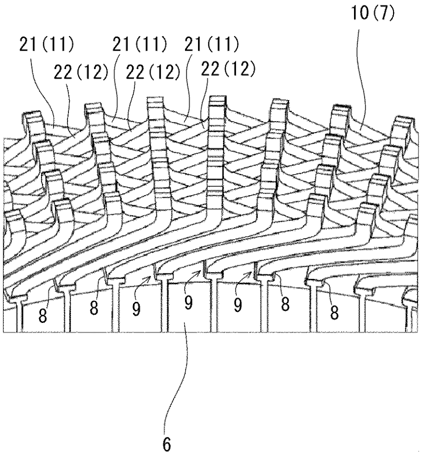
【図１】



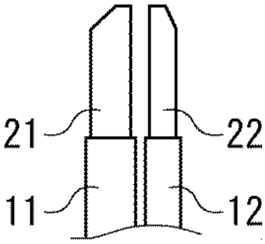
【図２】



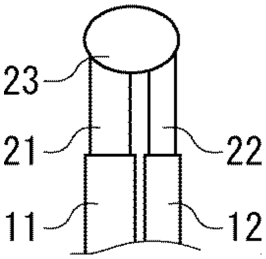
【図３】



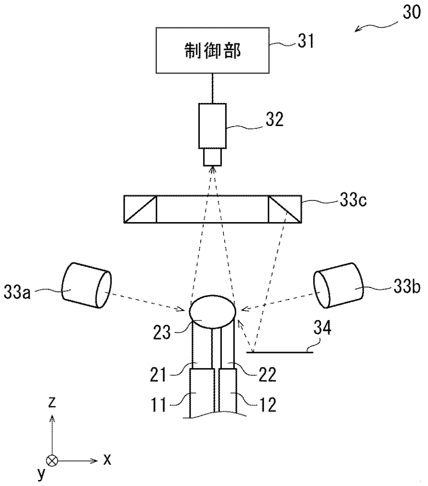
【図４Ａ】



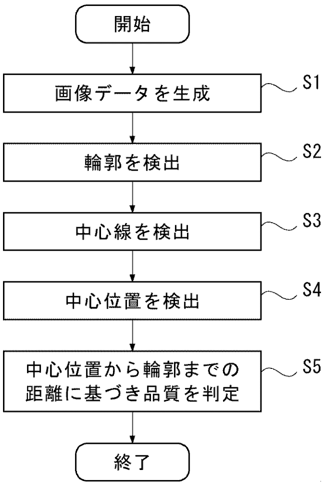
【図４Ｂ】



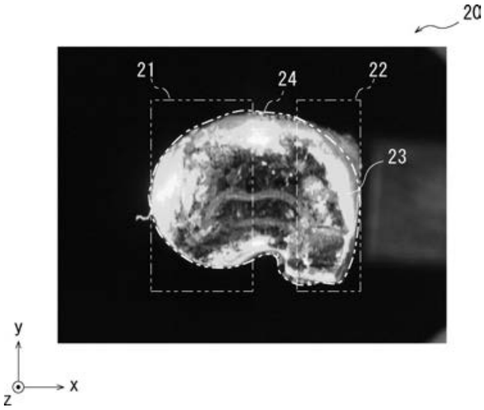
【図５】



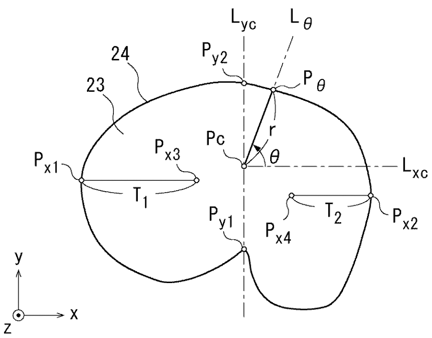
【図６】



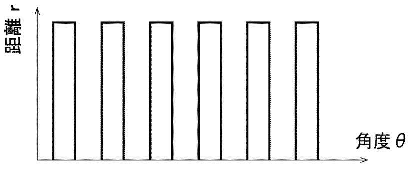
【図７】



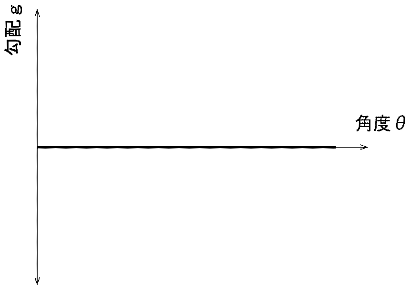
【図８】



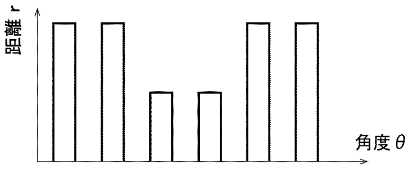
【図９Ａ】



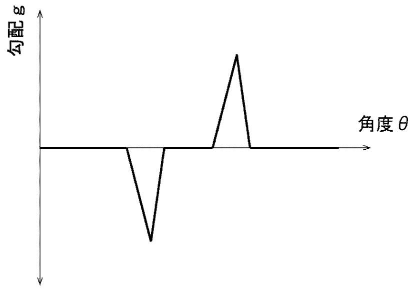
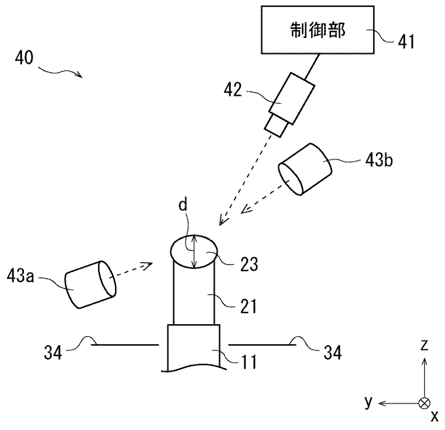
【図９Ｂ】



【図１０Ａ】



【図１０Ｂ】



【図１１】