

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7460403号
(P7460403)

(45)発行日 令和6年4月2日(2024.4.2)

(24)登録日 令和6年3月25日(2024.3.25)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 K 15/04 (2006.01)

H 0 2 K 15/04 E

B 2 3 K 26/21 (2014.01)

B 2 3 K 26/21 N

請求項の数 3 (全29頁)

(21)出願番号	特願2020-42760(P2020-42760)	(73)特許権者	000000011
(22)出願日	令和2年3月12日(2020.3.12)		株式会社アイシン
(65)公開番号	特開2021-145473(P2021-145473 A)		愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(43)公開日	令和3年9月24日(2021.9.24)	(73)特許権者	000003207
審査請求日	令和4年12月14日(2022.12.14)		トヨタ自動車株式会社
			愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(73)特許権者	000004260
			株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74)代理人	110002871
			弁理士法人坂本国際特許商標事務所
		(72)発明者	牛田 英晴
			愛知県安城市藤井町高根10番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
		(72)発明者	大野 弘行
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回転電機用ステータ製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転電機のステータコイルを形成するための一のコイル片と他の一のコイル片の先端部同士を当接させる工程と、
前記先端部同士が当接する当接面に沿った直線上に、0.6μm以下の波長のレーザービームを照射する溶接工程とを含み、

前記溶接工程は、一のパルス発振で発生させる前記レーザービームを前記直線上の第1範囲に照射する第1照射工程と、前記第1照射工程の後に、他の一のパルス発振で発生させる前記レーザービームを前記直線上の第2範囲に照射する第2照射工程とを含み、

前記第1範囲と前記第2範囲は、互いに対して異なる部分を含む、回転電機用ステータ製造方法。

【請求項2】

前記第1照射工程は、前記レーザービームの照射位置を第1方向に沿って第1側から第2側へと直線状に変化させることを含み、

前記第2照射工程は、前記レーザービームの照射位置を前記第1方向に沿って前記第2側から前記第1側へと直線状に変化させることを含む、請求項1に記載の回転電機用ステータ製造方法。

【請求項3】

回転電機のステータコイルを形成するための一のコイル片と他の一のコイル片の先端部同士を当接させる工程と、

当接させた前記先端部に係る溶接対象箇所に、 $0.6\text{ }\mu\text{m}$ 以下の波長のレーザービームを照射する溶接工程とを含み、

前記溶接工程は、一のパルス発振で発生させる前記レーザービームを第1範囲に照射する第1照射工程と、前記第1照射工程の後に、他の一のパルス発振で発生させる前記レーザービームを第2範囲に照射する第2照射工程とを含み、

前記第1範囲と前記第2範囲は、互いに対して異なる部分を含み、

前記第1照射工程は、前記レーザービームの照射位置を第1方向に沿って第1側から第2側へと直線状に変化させることを含み、

前記第2照射工程は、前記レーザービームの照射位置を前記第1方向に沿って前記第2側から前記第1側へと直線状に変化させることを含み、

当接させた前記先端部同士の重なる範囲の寸法であって前記レーザービームの照射方向の寸法は、前記第1範囲における前記第1側において、前記第1範囲における前記第2側よりも小さく、かつ、前記第2範囲における前記第2側において、前記第2範囲における前記第1側よりも小さい、回転電機用ステータ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、回転電機用ステータ製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

回転電機のステータコイルを形成するための一のコイル片と他の一のコイル片の先端部同士を当接させ、当接させた先端部に係る溶接対象箇所に、ループ状に照射位置が移動する態様でレーザービームを照射するステータの製造方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2018-20340号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記のような従来技術は、赤外レーザ（ファイバレーザ）を利用することにより起因して、コイル片間での必要な接合面積を得るためには比較的大きい入熱量が必要となり、熱影響が大きく、溶接が不安定となるおそれがある。

【0005】

そこで、1つの側面では、本発明は、比較的小さい入熱量で、コイル片間での必要な接合面積を確保することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

1つの側面では、回転電機のステータコイルを形成するための一のコイル片と他の一のコイル片の先端部同士を当接させる工程と、

当接させた前記先端部に係る溶接対象箇所に、 $0.6\text{ }\mu\text{m}$ 以下の波長のレーザービームを照射する溶接工程とを含み、

前記溶接工程は、一のパルス発振で発生させる前記レーザービームを第1範囲に照射する第1照射工程と、前記第1照射工程の後に、他の一のパルス発振で発生させる前記レーザービームを第2範囲に照射する第2照射工程とを含み、

前記第1範囲と前記第2範囲は、互いに対して異なる部分を含む、回転電機用ステータ製造方法が提供される。

【発明の効果】

【0007】

10

20

30

40

50

1つの側面では、本発明によれば、比較的少ない入熱量で、コイル片間での必要な接合面積を確保することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】一実施例によるモータの断面構造を概略的に示す断面図である。

【図2】ステータコアの単品状態の平面図である。

【図3】ステータコアに組み付けられる1対のコイル片を模式的に示す図である。

【図4】ステータのコイルエンド周辺の斜視図である。

【図5】同相のコイル片の一部を抜き出して示す斜視図である。

【図6】一のコイル片の概略正面図である。

10

【図7】互いに接合されたコイル片の先端部及びその近傍を示す図である。

【図8】溶接対象箇所を通る図7のラインA-Aに沿った断面図である。

【図9】レーザ波長と各種材料の個体に対するレーザ吸収率との関係を示す図である。

【図10】溶接中の吸収率の変化態様の説明図である。

【図11A】グリーンレーザを用いた場合のキーホール等のイメージ図である。

【図11B】赤外レーザを用いた場合のキーホール等のイメージ図である。

【図12A】グリーンレーザの場合におけるレーザ出力と溶接深さとの関係を示す図である。

【図12B】グリーンレーザの場合におけるレーザ出力と溶接深さとの関係を示す図である。

20

【図13】本実施例によるグリーンレーザによる溶接方法の説明図である。

【図14】照射位置に応じたレーザ出力と入熱量の変化特性（ダウンスロープなしの照射態様）を概略的に示す説明図である。

【図15】パスごとの照射位置の変化態様の説明図である。

【図16】照射位置に応じたレーザ出力と入熱量の変化特性（ダウンスロープ有りの照射態様）を概略的に示す説明図である。

【図17】溶接方向が同一である2つのパスにより溶接が実現される場合の説明図である。

【図18】溶接方向が異なる2つのパスにより溶接が実現される場合の説明図である。

【図19】体積膨張に起因した突起等の説明図である。

【図20】突起やブローホールを低減することを可能とする溶接方法の説明図である。

30

【図21】図20に示す2つのパスで溶接を実現した場合の溶接部の断面を示す図である。

【図22】突起やブローホールを低減することを可能とする他の溶接方法の説明図である。

【図23】突起やブローホールを低減することを可能とする他の溶接方法の説明図である。

【図24】ステータの製造の流れを概略的に示すフローチャートである。

【図25】グリーンレーザによる溶接時の温度履歴の測定結果を示す図である。

【図26】異物耐性を検証するための試験の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、添付図面を参照しながら各実施例について詳細に説明する。なお、本明細書において、「所定」とは、「予め規定された」という意味で用いられている。

40

【0010】

図1は、一実施例によるモータ1（回転電機の一例）の断面構造を概略的に示す断面図である。

【0011】

図1には、モータ1の回転軸12が図示されている。以下の説明において、軸方向とは、モータ1の回転軸（回転中心）12が延在する方向を指し、径方向とは、回転軸12を中心とした径方向を指す。従って、径方向外側とは、回転軸12から離れる側を指し、径方向内側とは、回転軸12に向かう側を指す。また、周方向とは、回転軸12まわりの回転方向に対応する。

【0012】

50

モータ１は、例えばハイブリッド車両や電気自動車で使用される車両駆動用のモータであってよい。ただし、モータ１は、他の任意の用途に使用されるものであってもよい。

【００１３】

モータ１は、インナロータタイプであり、ステータ２１がロータ３０の径方向外側を圍繞するように設けられる。ステータ２１は、径方向外側がモータハウジング１０に固定される。

【００１４】

ロータ３０は、ステータ２１の径方向内側に配置される。ロータ３０は、ロータコア３２と、ロータシャフト３４とを備える。ロータコア３２は、ロータシャフト３４の径方向外側に固定され、ロータシャフト３４と一体となって回転する。ロータシャフト３４は、モータハウジング１０にベアリング１４ａ、１４ｂを介して回転可能に支持される。なお、ロータシャフト３４は、モータ１の回転軸１２を画成する。

【００１５】

ロータコア３２は、例えば円環状の強磁性体の積層鋼板から形成される。ロータコア３２の内部には、永久磁石３２１が挿入される。永久磁石３２１の数や配列等は任意である。変形例では、ロータコア３２は、磁性粉末が圧縮して固められた圧粉体により形成されてもよい。

【００１６】

ロータコア３２の軸方向の両側には、エンドプレート３５Ａ、３５Ｂが取り付けられる。エンドプレート３５Ａ、３５Ｂは、ロータコア３２を支持する支持機能の他、ロータ３０のアンバランスの調整機能（切削等されることでアンバランスを無くす機能）を有してよい。

【００１７】

ロータシャフト３４は、図１に示すように、中空部３４Ａを有する。中空部３４Ａは、ロータシャフト３４の軸方向の全長にわたり延在する。中空部３４Ａは、油路として機能してもよい。例えば、中空部３４Ａには、図１にて矢印Ｒ１で示すように、軸方向の一端側から油が供給され、ロータシャフト３４の径方向内側の表面を伝って油が流れることで、ロータコア３２を径方向内側から冷却できる。また、ロータシャフト３４の径方向内側の表面を伝う油は、ロータシャフト３４の両端部に形成される油穴３４１、３４２を通して径方向外側へと噴出され（矢印Ｒ５、Ｒ６）、コイルエンド２２０Ａ、２２０Ｂの冷却に供されてもよい。

【００１８】

なお、図１では、特定の構造のモータ１が示されるが、モータ１の構造は、溶接により接合されるステータコイル２４（後述）を有する限り、任意である。従って、例えば、ロータシャフト３４は、中空部３４Ａを有さなくてもよいし、中空部３４Ａよりも有意に内径の小さい中空部を有してもよい。また、図１では、特定の冷却方法が開示されているが、モータ１の冷却方法は任意である。従って、例えば、中空部３４Ａ内に挿入される油導入管が設けられてもよいし、モータハウジング１０内の油路から径方向外側からコイルエンド２２０Ａ、２２０Ｂに向けて油が滴下されてもよい。

【００１９】

また、図１では、ロータ３０がステータ２１の内側に配されたインナーロータ型のモータ１であるが、他の形態のモータに適用されてもよい。例えば、ステータ２１の外側にロータ３０が同心に配されたアウターロータ型のモータや、ステータ２１の外側および内側の双方にロータ３０が配されたデュアルロータ型のモータ等に適用されてもよい。

【００２０】

次に、図２以降を参照して、ステータ２１に関する構成を詳説する。

【００２１】

図２は、ステータコア２２の単品状態の平面図である。図３は、ステータコア２２に組み付けられる１対のコイル片５２を模式的に示す図である。図３では、ステータコア２２の径方向内側を展開した状態で、１対のコイル片５２とスロット２２０との関係が示され

10

20

30

40

50

る。また、図3では、ステータコア22が点線で示され、スロット220の一部については図示が省略されている。図4は、ステータ21のコイルエンド220A周辺の斜視図である。図5は、同相のコイル片の一部を抜き出して示す斜視図である。

【0022】

ステータ21は、ステータコア22と、ステータコイル24とを含む。

【0023】

ステータコア22は、例えば円環状の強磁性体の積層銅板からなるが、変形例では、ステータコア22は、磁性粉末が圧縮して固められた圧粉体により形成されてもよい。なお、ステータコア22は、周方向で分割される分割コアにより形成されてもよいし、周方向で分割されない形態であってもよい。ステータコア22の径方向内側には、ステータコイル24が巻回される複数のスロット220が形成される。具体的には、ステータコア22は、図2に示すように、円環状のバックヨーク22Aと、バックヨーク22Aから径方向内側に向かって延びる複数のティース22Bとを含み、周方向で複数のティース22B間にスロット220が形成される。スロット220の数は任意であるが、本実施例では、一例として、48個である。

【0024】

ステータコイル24は、U相コイル、V相コイル、及びW相コイル（以下、U、V、Wを区別しない場合は「相コイル」と称する）を含む。各相コイルの基端は、入力端子（図示せず）に接続されており、各相コイルの末端は、他の相コイルの末端に接続されてモータ1の中性点を形成する。すなわち、ステータコイル24は、スター結線される。ただし、ステータコイル24の結線態様は、必要とするモータ特性等に応じて、適宜、変更してもよく、例えば、ステータコイル24は、スター結線に代えて、デルタ結線されてもよい。

【0025】

各相コイルは、複数のコイル片52を接合して構成される。図6は、一のコイル片52の概略正面図である。コイル片52は、相コイルを、組み付けやすい単位（例えば2つのスロット220に挿入される単位）で分割したセグメントコイルの形態である。コイル片52は、断面略矩形の線状導体（平角線）60を、絶縁被膜62で被覆してなる。本実施例では、線状導体60は、一例として、銅により形成される。ただし、変形例では、線状導体60は、鉄のような他の導体材料により形成されてもよい。

【0026】

コイル片52は、ステータコア22に組み付ける前の段階では、一对の直進部50と、当該一对の直進部50を連結する連結部54と、を有した略U字状に成形されてよい。コイル片52をステータコア22に組み付ける際、一对の直進部50は、それぞれ、スロット220に挿入される（図3参照）。これにより、連結部54は、図3に示すように、ステータコア22の軸方向他端側において、複数のティース22B（及びそれに伴い複数のスロット220）を跨ぐように周方向に延びる。連結部54が跨ぐスロット220の数は、任意であるが、図3では3つである。また、直進部50は、スロット220に挿入された後は、図6において、二点鎖線で示すように、その途中で周方向に屈曲される。これにより、直進部50は、スロット220内において軸方向に延びる脚部56と、ステータコア22の軸方向一端側において周方向に延びる渡り部58と、になる。

【0027】

なお、図6では、一对の直進部50は、互いに離れる方向に屈曲するが、これに限られない。例えば、一对の直進部50は、互いに近づく方向に屈曲されてもよい。また、ステータコイル24は、3相の相コイルの末端同士を連結して中性点を形成するための中性点用コイル片等も有することがある。後述する先端部40の形状は、これら連結用コイル片や、中性点用コイル片に適用されてもよい。

【0028】

一つのスロット220には、図6に示すコイル片52の脚部56が複数、径方向に並んで挿入される。従って、ステータコア22の軸方向一端側には、周方向に延びる渡り部58が複数、径方向に並ぶ。図3及び図5に示すように、一つのスロット220から飛び出

10

20

30

40

50

て周方向第1側（例えば時計回りの向き）に延びる一のコイル片52の渡り部58は、他のスロット220から飛び出て周方向第2側（例えば反時計回りの向き）に延びる他の一のコイル片52の渡り部58に接合される。

【0029】

本実施例では、一例として、1つのスロット220に6つのコイル片52が組み付けられる。以下では、径方向で最も外側のコイル片52から順に、第1ターン、第2ターン、第3ターンとも称する。この場合、第1ターンのコイル片52と第2ターンのコイル片52とは、後述の接合工程により先端部40同士が接合され、第3ターンのコイル片52と第4ターンのコイル片52とは、後述の接合工程により先端部40同士が接合され、第5ターンのコイル片52と第6ターンのコイル片52とは、後述の接合工程により先端部40同士が接合される。

10

【0030】

ここで、コイル片52は、上述した通り、絶縁被膜62で被覆されているが、先端部40だけは、当該絶縁被膜62が除去される。これは、先端部40にて他のコイル片52との電氣的接続を確保するためである。また、図5及び図6に示すように、コイル片52の先端部40のうち、最終的に軸方向外側端面42、すなわち、コイル片52の幅方向一端面を、軸方向外側に凸の円弧面としている。

【0031】

図7は、互いに接合されたコイル片52の先端部40及びその近傍を示す図である。なお、図7には、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1が模式的に示される。図8は、溶接対象箇所90を通る図7のラインA-Aに沿った断面図である。

20

【0032】

コイル片52の先端部40を接合する際には、互いに接合される2つの先端部40を、それぞれの円弧面（軸方向外側端面42）の中心軸が一致するように、その厚み方向に重ねて接合されてよい。このように中心軸を合わせて重ねることで、屈曲角度 α が比較的大きい場合や小さい場合でも、互いに接合される2つの先端部40の軸方向外側のラインが一致し、適切に、重ね合わせることができる。

【0033】

ここで、本実施例では、コイル片52の先端部40を接合する際の接合方法としては、溶接が利用される。そして、本実施例では、溶接方法としては、TIG溶接に代表されるアーク溶接ではなく、レーザビーム源を熱源とするレーザ溶接が採用される。TIG溶接に代えて、レーザ溶接を用いることで、コイルエンド220A、220Bの軸方向の長さを低減できる。すなわち、TIG溶接の場合は、当接させるコイル片の先端部同士を軸方向外側に屈曲させて軸方向に延在させる必要があるのに対して、レーザ溶接の場合は、かかる屈曲の必要性がなく、図7に示すように、当接させるコイル片52の先端部40同士を周方向に延在させた状態で溶接を実現できる。これにより、当接させるコイル片52の先端部40同士を軸方向外側に屈曲させて軸方向に延在させる場合に比べて、コイルエンド220A、220Bの軸方向の長さを低減できる。

30

【0034】

レーザ溶接では、図5に模式的に示すように、当接された2つの先端部40における溶接対象箇所90に溶接用のレーザビーム110を当てる。なお、レーザビーム110の照射方向（伝搬方向）は、軸方向に略平行であり、当接された2つの先端部40の軸方向外側端面42に、軸方向外側から向かう方向である。レーザ溶接の場合は、局所的に加熱できるため、先端部40及びその近傍のみを加熱することができ、絶縁被膜62の損傷（炭化）等を効果的に低減できる。その結果、適切な絶縁性能を維持したまま、複数のコイル片52を電氣的に接続できる。

40

【0035】

溶接対象箇所90の周方向の範囲D1は、図7に示すように、2つのコイル片52の先端部40同士の当接部分における軸方向外側端面42の周方向の全範囲D0のうちの、両端を除く部分である。両端は、軸方向外側端面42の凸の円弧面に起因して、十分な溶接

50

深さ（図 7 の寸法 L 1 参照）を確保し難いためである。溶接対象箇所 9 0 の周方向の範囲 D 1 は、コイル片 5 2 間での必要な接合面積や必要な溶接強度等が確保されるように適合されてよい。

【0036】

溶接対象箇所 9 0 の径方向の範囲 D 2 は、図 8 に示すように、2 つのコイル片 5 2 の先端部 4 0 同士の当接面 4 0 1 を中心とする。溶接対象箇所 9 0 の径方向の範囲 D 2 は、レーザービーム 1 1 0 の径（ビーム径）に対応してよい。すなわち、レーザービーム 1 1 0 は、照射位置が径方向に実質的に変化することなく周方向に沿って直線的に変化する態様で、照射される。

【0037】

図 9 は、レーザー波長と各種材料の個体に対するレーザー吸収率（以下、単に「吸収率」とも称する）との関係を示す図である。図 9 では、横軸に波長を取り、縦軸に吸収率を取り、銅（Cu）、アルミ（Al）、銀（Ag）、ニッケル（Ni）、及び鉄（Fe）の各種材料の個体に係る特性が示される。

【0038】

ところで、レーザー溶接で一般的に用いられる赤外レーザー（波長が 1 0 6 4 nm のレーザー）は、図 9 に示すように、コイル片 5 2 の線状導体 6 0 の材料である銅に対して吸収率が約 1 0 % と低い。すなわち、赤外レーザーの場合、レーザービーム 1 1 0 の大部分は、コイル片 5 2 で反射してしまい、吸収されない。このため、接合対象のコイル片 5 2 間での必要な接合面積を得るためには比較的大きい入熱量が必要となり、熱影響が大きく、溶接が不安定となるおそれがある。

【0039】

この点を鑑み、本実施例では、赤外レーザーに代えて、グリーンレーザーを利用する。なお、グリーンレーザーとは、波長が 5 3 2 nm のレーザー、すなわち S H G（S e c o n d H a r m o n i c G e n e r a t i o n：第 2 高調波）レーザーのみならず、5 3 2 nm に近い波長のレーザーをも含む概念である。なお、変形例では、グリーンレーザーの範疇に属さない 0.6 μ m 以下の波長のレーザーが利用されてもよい。グリーンレーザーに係る波長は、例えば Y A G レーザや Y V O 4 レーザで生み出された基本波長を酸化物単結晶（例えば、L B O：リチウムトリボレート）に通して変換することで得られる。

【0040】

グリーンレーザーの場合、図 9 に示すように、コイル片 5 2 の線状導体 6 0 の材料である銅に対して吸収率が約 5 0 % と高い。従って、本実施例によれば、赤外レーザーを利用する場合に比べて、少ない入熱量で、コイル片 5 2 間での必要な接合面積を確保することが可能となる。

【0041】

なお、赤外レーザーに比べてグリーンレーザーの方が吸収率が高くなるという特性は、図 9 に示すように、銅の場合において顕著であるが、銅のみならず、他の金属材料の多くにおいて確認できる。従って、コイル片 5 2 の線状導体 6 0 の材料が銅以外の場合でもグリーンレーザーによる溶接が実現されてもよい。

【0042】

図 1 0 は、溶接中の吸収率の変化態様の説明図である。図 1 0 では、横軸にレーザーパワー密度を取り、縦軸に銅のレーザー吸収率を取り、グリーンレーザーの場合の特性 1 0 0 G と、赤外レーザーの場合の特性 1 0 0 R とが示される。

【0043】

図 1 0 では、グリーンレーザーの場合と赤外レーザーの場合における銅の溶融が開始するポイント P 1、P 2 が示されるとともに、キーホールが形成されるポイント P 3 が示される。図 1 0 にポイント P 1、P 2 にて示すように、赤外レーザーに比べてグリーンレーザーの方が、小さいレーザーパワー密度で銅の溶融を開始させることができることが分かる。また、上述した吸収率の相違に起因して、赤外レーザーに比べてグリーンレーザーの方が、キーホールが形成されるポイント P 3 での吸収率と照射開始時の吸収率（すなわちレーザーパワー密

10

20

30

40

50

度が0のときの吸収率)との差が小さいことが分かる。具体的には、赤外レーザの場合、溶接中の吸収率の変化が約80%であるのに対して、グリーンレーザの場合、溶接中の吸収率の変化が約40%となり、約半分である。

【0044】

このように、赤外レーザの場合、溶接中の吸収率の変化(落差)が約80%と比較的大きいため、キーホールが不安定となり溶接深さや溶接幅のバラツキや溶融部の乱れ(例えば、スパッタ等)が生じやすい。これに対して、グリーンレーザの場合、溶接中の吸収率の変化(落差)が約40%と比較的小さいため、キーホールが不安定となり難く、また、溶接深さや溶接幅のバラツキや溶融部の乱れ(例えばスパッタ等)が生じ難い。なお、スパッタとは、レーザ等を照射することにより飛散する金属粒等である。

10

【0045】

なお、赤外レーザの場合、上述のように吸収率が低いため、ビーム径を比較的小さくする(例えば $\phi 0.075\text{ mm}$)ことで、吸収率の低さを補うことが一般的である。この点も、キーホールが不安定となる要因となる。なお、図11Bは、赤外レーザを用いた場合のキーホール等のイメージ図であり、1100は、溶接ビードを示し、1102は、溶融池を示し、1104は、キーホールを示す。また、矢印R1116は、ガス抜けの態様を模式的に示す。また、矢印R110は、ビーム径が小さいことに起因して赤外レーザの照射位置が移動される様子を模式的に示す。

【0046】

他方、グリーンレーザの場合、上述のように吸収率が比較的高いため、ビーム径を比較的大きくする(例えば $\phi 0.1\text{ mm}$ 以上)ことが可能であり、キーホールを大きくして安定化することができる。これにより、ガス抜けが良好となり、スパッタ等の発生を効果的に低減できる。なお、図11Aは、グリーンレーザを用いた場合のキーホール等のイメージ図であり、符号の意義は図11Bを参照して上述したとおりである。グリーンレーザの場合、図11Aから、ビーム径の拡大に起因してキーホールが安定化しガス抜けが良好となる様子がイメージとして容易に理解できる。

20

【0047】

図12A及び図12Bは、グリーンレーザの場合におけるレーザ出力と溶接深さとの関係を示す図である。図12Aには、横軸に溶接速度を取り、縦軸に溶接深さを取り、各種のレーザ出力(ここでは、1.0 kW、2.5 kW、3.0 kW、3.5 kW)の場合の各特性が示される。図12Bには、横軸に入熱量(「溶接入熱」と表記)を取り、縦軸に溶接深さを取り、各種のレーザ出力(ここでは、1.0 kW、2.5 kW、3.0 kW、3.5 kW)の場合の各特性が示される。

30

【0048】

図12A及び図12Bからは、溶接深さ(溶け込み深さ)に対しては、レーザ出力の影響が大きいことが分かる。他方、溶接速度を低減させると溶接入熱が増加するが、溶接深さ(溶け込み深さ)に対する影響は比較的小さい。例えば、図12Bに示すように、レーザ出力3.0 kWで溶接速度が約35 mm/sのときのプロット点PL1は、溶接入熱が約90 J/mmと比較的大きいにもかかわらず、レーザ出力3.5 kWで溶接速度が約150 mm/sのときのプロット点PL2と比較しても、溶接深さは略同等である(矢印Q1参照)。このことから、レーザ出力が高いほど入熱効率の高い溶接が実現できることが分かる。

40

【0049】

図13は、本実施例によるグリーンレーザによる溶接方法の説明図である。図13では、横軸に時間を取り、縦軸にレーザ出力を取り、溶接の際のレーザ出力の時系列波形を模式的に示す。

【0050】

本実施例では、図13に示すように、レーザ出力3.8 kWでグリーンレーザのパルス照射により溶接を実現する。図13では、10 msecだけレーザ出力3.8 kWとなるように発振器のパルス発振が実現され、インターバル100 msec後に、再び、10 m

50

s e c だけレーザ出力 3 . 8 k W となるように発振器のパルス発振が実現される。以下では、このようにして一回のパルス発振により可能なパルス照射 (1 0 m s e c のパルス照射) の 1 回分を、「 1 パス」とも称する。なお、図 1 3 では、 1 パス目から 3 パス目の照射がパルス波形 1 3 0 G で示される。また、図 1 3 には、比較用として、赤外レーザの場合のパルス照射に係るパルス波形 1 3 0 R が併せて示される。

【 0 0 5 1 】

ここで、グリーンレーザの場合、発振器の出力が低く (例えば連続的な照射時は最大で 4 0 0 W)、深い溶け込みを確保するために必要な高出力 (例えばレーザ出力 3 . 0 k W 以上の高出力) を得ることが難しい。すなわち、グリーンレーザは、上述のように酸化物単結晶のような波長変換結晶を通して生成されるので、波長変換結晶を通る際に出力が低下する。このため、グリーンレーザのレーザビームを連続的に照射しようとする、深い溶け込みを確保するために必要な高出力を得ることができない。

【 0 0 5 2 】

この点、本実施例では、上述のように、深い溶け込みを確保するために必要な高出力 (例えばレーザ出力 3 . 0 k W 以上の高出力) を、グリーンレーザのパルス照射により確保する。これは、連続的な照射の場合は例えば最大で 4 0 0 W しか出力できない場合でも、パルス照射であれば、例えば 3 . 0 k W 以上の高出力が可能となるためである。具体的には、本実施例では、一の溶接対象箇所に対して、複数回のパルス発振で発生させるグリーンレーザのビームを照射する。すなわち、本実施例では、一の溶接対象箇所に対して、比較的高いレーザ出力 (例えばレーザ出力 3 . 0 k W 以上) による 2 パス以上の照射が実行される。これにより、上述の溶接対象箇所 9 0 の周方向の範囲 D 1 が比較的広い場合でも、溶接対象箇所 9 0 の全体にわたり深い溶け込みを確保しやすくなり、高い品質の溶接を実現できる。

【 0 0 5 3 】

なお、図 1 3 では、インターバルが特定の値 1 0 0 m s e c であるが、インターバルは、任意であり、必要な高出力が確保される範囲内で最小化されてよい。また、図 1 3 では、レーザ出力は特定の値 3 . 8 k W であるが、レーザ出力は、任意であり、必要な溶接深さが確保される範囲内で適宜変更されてよい。

【 0 0 5 4 】

図 1 3 では、赤外レーザの場合として、レーザ出力 2 . 3 k W で、比較的長い時間である 1 3 0 m s e c 間、連続的に照射される際のパルス波形 1 3 0 R が併せて示される。赤外レーザの場合は、グリーンレーザとは異なり、比較的高いレーザ出力 (2 . 3 k W) で連続的な照射が可能である。この場合、入熱量は、約 3 1 2 J であり、図 1 3 に示すグリーンレーザの場合の入熱量である約 8 0 J (2 パスの場合) に対して、有意に大きくなる。

【 0 0 5 5 】

このようにして、本実施例によれば、グリーンレーザを利用することで、赤外レーザを利用する場合に比べて、コイル片 5 2 の線状導体 6 0 の材料 (本例では銅) に対して高い吸収率を有するレーザビームによる溶接が可能となる。この結果、比較的少ない入熱量で、コイル片 5 2 間での必要な接合面積を確保することが可能となる。

【 0 0 5 6 】

また、本実施例によれば、一の溶接対象箇所に対して 2 パス以上のグリーンレーザの照射を実行することで、溶接対象箇所 9 0 の周方向の範囲 D 1 が比較的広い場合でも、溶接対象箇所 9 0 の全体にわたり深い溶け込みを確保しやすくなり、高い品質の溶接を実現できる。

【 0 0 5 7 】

次に、図 1 4 から図 2 3 を参照して、グリーンレーザによるレーザ照射の好ましい例について説明する。

【 0 0 5 8 】

図 1 4 は、一のパスに係るレーザ出力と入熱量とが、照射位置に応じて変化する様子を示す概略図であり、照射位置に応じたレーザ出力の変化特性 1 5 0 P と、照射位置に応じ

10

20

30

40

50

た入熱量の変化特性 150L とが概略的に示される。図 15 は、パスごとの照射位置の変化態様の説明図である。

【0059】

本実施例では、一例として、一のパスにおいて、照射位置の変化速度、すなわち溶接速度は、図 15 に示すように、一定であるものとする。ここでは、約 10 msec のパスにおいて、照射位置の変化量（レーザビーム 110 の移動量）は約 1.45 mm であるものとする。そして、本実施例では、一例として、溶接対象箇所 90 の周方向の範囲 D1 の長さは、約 2.9 mm であるものとする。なお、これらの特定の数値はあくまで一例であり、適宜、変更されてよい。

【0060】

具体的には、図 14 に示すように、一のパスは、位置 P10 から開始される。すなわち、位置 P10 から一のパルス発振が開始される。この場合、位置 P10 でレーザ出力が所定値（本例では、一例として 3.8 kW）まで立ち上がる（矢印 R140 参照）。そして、照射位置が位置 P10 から位置 P12 へと直線状に一定速度で変化される。この間、レーザ出力は所定値（本例では、一例として 3.8 kW）で維持される（矢印 R141 参照）。照射位置が位置 P12 に達すると、レーザ出力は所定値（本例では、一例として 3.8 kW）から 0 へと立ち下げられる（矢印 R142 参照）。すなわち、一のパルス発振が終了される。なお、照射位置が位置 P12 に達しても、照射位置は、更に距離 Δ1 だけ離れた位置 P13 に移動するまで変化される。この間、残留するレーザ出力に起因して僅かな入熱量が発生する（図 14 の Q14 参照）。なお、変形例では、照射位置が位置 P12 に達した際に、照射位置の変化（一定速度での変化）は終了されてもよい。

【0061】

このような照射態様によれば、位置 P10 にてレーザ出力が所定値（本例では、一例として 3.8 kW）まで立ち上がるが、実際のレーザ出力が所定値に達するまでの間は、入熱量は最大値までは一気に増加しない。このため、図 14 に変化特性 150L にて示すように、位置 P10 から位置 P11 までは入熱量は徐々に増加していく。そして、位置 P12 にてレーザ出力が 0 まで瞬時的に立ち下げられるが、この直前まで入熱量は最大値で維持されている。以下、このようなレーザ出力が 0 まで瞬時的に立ち下げられる照射態様を、後述する別の照射態様と区別するために、「ダウンスロープなしの照射態様」とも称する。

【0062】

従って、ダウンスロープなしの照射態様では、一のパスの開始位置での入熱量は、当該一のパスの終了位置での入熱量に比べて有意に小さくなる傾向がある。

【0063】

図 16 は、他の照射態様（以下、区別のため、「ダウンスロープ有りの照射態様」とも称する）の説明図であり、図 14 と同様、1 パスに係るレーザ出力と入熱量とが、照射位置に応じて変化する態様を示す概略図である。図 14 と同様、図 16 では、照射位置に応じたレーザ出力の変化特性 150P と、照射位置に応じた入熱量の変化特性 150L とが概略的に示される。

【0064】

なお、ダウンスロープ有りの照射態様についても、上述したダウンスロープなしの照射態様の場合と同様、一のパスにおいて、照射位置の変化速度、すなわち溶接速度は、図 15 に示したように、一定であるものとする。

【0065】

具体的には、図 16 に示すように、一のパスは、位置 P10 から開始される。すなわち、位置 P10 から一のパルス発振が開始される。この場合、位置 P10 でレーザ出力が所定値（本例では、一例として 3.8 kW）まで立ち上がる（矢印 R140 参照）。そして、照射位置が位置 P10 から位置 P12 へと直線状に一定速度で変化される。この間、レーザ出力は所定値（本例では、一例として 3.8 kW）で維持される（矢印 R141 参照）。照射位置が位置 P14 に達すると、レーザ出力は所定値（本例では、一例として 3.

8 kW) から 0 へと段階的に立ち下げられる (矢印 R 1 4 3 参照)。具体的には、照射位置が位置 P 1 4 に達すると、レーザ出力は一段階だけ下げられ、照射位置が位置 P 1 2 に達すると、レーザ出力は更に一段階だけ下げられ、照射位置が位置 P 1 5 に達すると、レーザ出力は 0 へと立ち下げられる。なお、照射位置が位置 P 1 5 に達しても、照射位置は、更に距離 $\Delta 1$ だけ離れた位置 P 1 6 に移動するまで変化される。この間、残留するレーザ出力に起因して僅かな入熱量が発生する (図 1 6 の Q 1 4 参照)。距離 $\Delta 1$ は、上述したダウンスロープなしの照射態様の場合と同様であってもよいし、上述したダウンスロープなしの照射態様の場合と同様よりも短くてもよい。なお、変形例では、照射位置が位置 P 1 6 に達した際に、照射位置の変化 (一定速度での変化) は終了されてもよい。

【0066】

このような照射態様 (ダウンスロープ有りの照射態様) によれば、位置 P 1 0 にてレーザ出力が所定値 (本例では、一例として 3.8 kW) まで立ち上がるが、実際のレーザ出力が所定値に達するまでの間は、入熱量は最大値までは一気に増加しない。このため、図 1 6 に示すように、位置 P 1 0 から位置 P 1 1 までは入熱量は徐々に増加していく。ここまでの特性は、上述したダウンスロープなしの照射態様の場合と同様である。そして、位置 P 1 4 にてレーザ出力が低下されるが、この直前まで入熱量は最大値で維持されている。位置 P 1 4 を過ぎると、レーザ出力が位置 P 1 5 で 0 になるように徐々に低下されるので、入熱量は、上述したダウンスロープなしの照射態様の場合よりも緩やかに低下していく。

【0067】

なお、図 1 6 に示す例では、レーザ出力は所定値から 2 つの中間値を介して 0 へと低下されるが、中間値の数は、1 つであってもよいし、3 つ以上であってもよい。また、各中間値の値自体も任意であり、各中間値は、レーザ出力が所定値から一定の低下幅で段階的に低下するように設定されてもよいし、レーザ出力が所定値から、変化する低下幅で段階的に低下するように設定されてもよい。また、レーザ出力の段階的な低下が生じる位置 P 1 4、P 1 2 や、レーザ出力が 0 となる位置 P 1 5 は、任意であり、所望の特性 (照射位置に応じた入熱量の変化特性 1 5 0 L) が得られるように適合されてよい。例えば、可能な場合には、図 1 6 に示す位置 P 1 4 (ダウンスロープが開始する位置) は、位置 P 1 0 から 1.45 mm 離れた位置 (図中の位置 P 1 2 に対応する位置) と一致させてもよい。

【0068】

ここで、上述のように、本実施例では、一の溶接対象箇所に対して 2 パス以上のグリーンレーザの照射が実行される。この際、一の溶接対象箇所に対して、上述したダウンスロープなしの照射態様によるレーザ照射が、すべてのパスに対して実現されてもよいし、上述したダウンスロープ有りの照射態様によるレーザ照射が、すべてのパスに対して実現されてもよい。あるいは、一の溶接対象箇所に対して、パスごとに照射態様を変化させる態様で、上述したダウンスロープなしの照射態様と上述したダウンスロープ有りの照射態様とが組み合わせられてもよい。

【0069】

また、一の溶接対象箇所に対する 2 以上のパスのそれぞれは、溶接方向 (照射位置の変化方向) が同一であってもよいし、溶接方向が一部の他のパスと異なってもよい。

【0070】

以下、図 1 7 及び図 1 8 を参照して、一の溶接対象箇所に対して 2 つのパスのレーザ照射が実現される場合に関して、当該 2 つのパスに係る照射態様の組み合わせ例について説明する。

【0071】

図 1 7 は、溶接方向 (照射位置の変化方向) が同一である 2 つのパスにより溶接が実現される場合の説明図であり、上側は、照射位置に応じたレーザ出力の変化特性を概略的に示し、下側は、照射位置に応じた入熱量の変化特性を概略的に示す。照射位置に応じた入熱量の変化特性については、パスごとに分けて示し、図 1 4 及び図 1 6 とは異なり、下方に向かうほど、入熱量が大きいことを表す。面積 W 1 は、1 パス目の入熱量に関し、面積

10

20

30

40

50

W 2 は、2 パス目の入熱量に関する。また、図 1 7 では、照射位置に応じた入熱量の変化特性に対応付けて、溶接方向が矢印 R 1 7 1、R 1 7 2 で示される。矢印 R 1 7 1 は、1 パス目の溶接方向であり、矢印 R 1 7 2 は、2 パス目の溶接方向である。矢印 R 1 4 0、矢印 R 1 4 1、及び矢印 R 1 4 2 の意味は、図 1 4 で説明したとおりである。図 1 7 には、説明上、X 方向と、X 方向（第 1 方向の一例）に沿った X 1 側（第 1 側の一例）及び X 2 側（第 2 側の一例）が定義されている。

【0072】

図 1 7 に示す例では、1 パス目及び 2 パス目は、ともに上述したダウンスロープなしの照射態様である。また、1 パス目及び 2 パス目は、矢印 R 1 7 1、R 1 7 2 で示すように、溶接方向（照射位置の変化方向）が互いに同一であり、X 方向に沿って X 1 側から X 2 側へと照射位置が変化する方向である。

【0073】

図 1 7 に示す例では、1 パス目は、第 1 範囲 D 1 1 にレーザビーム 1 1 0 を照射することにより実現され、2 パス目は、第 2 範囲 D 1 2 にレーザビーム 1 1 0 を照射することにより実現される。第 1 パスによる溶接と第 2 パスによる溶接は、協働して、溶接対象箇所 9 0 の周方向の範囲 D 1 の全体をカバーする。

【0074】

また、第 1 範囲 D 1 1 及び第 2 範囲 D 1 2 は、図 1 7 に示すように、互いに対して異なる部分を含む。具体的には、第 1 範囲 D 1 1 及び第 2 範囲 D 1 2 は、X 方向で重複せずに連続する態様で設定される。すなわち、2 パス目が開始される位置（図 1 4 の位置 P 1 0 に対応する位置）は、1 パス目が実質的に終了される位置（図 1 4 の位置 P 1 2 に対応する位置）と一致する。

【0075】

ただし、変形例では、第 1 範囲 D 1 1 及び第 2 範囲 D 1 2 は、互いに重複する部分を含んでもよい。例えば、2 パス目が開始される位置（図 1 4 の位置 P 1 0 に対応する位置）は、1 パス目が実質的に終了される位置（図 1 4 の位置 P 1 2 に対応する位置）に対して X 1 側にオフセットされてもよい。この場合、第 1 範囲 D 1 1 は、溶接方向の下流側（X 2 側）の端部が、第 2 範囲 D 1 2 における溶接方向の上流側（X 1 側）の端部と重なるものの、その他の部分が第 2 範囲 D 1 2 と重なることはない。また、第 2 範囲 D 1 2 は、溶接方向の上流側（X 1 側）の端部が、第 1 範囲 D 1 1 における溶接方向の下流側（X 2 側）の端部と重なるものの、その他の部分が第 1 範囲 D 1 1 と重なることはない。この場合、2 パス目が開始される位置（図 1 4 の位置 P 1 0 に対応する位置）は、好ましくは、2 パス目におけるレーザ出力が所定値に維持される範囲（図 1 4 の位置 P 1 1 から位置 P 1 2 までの範囲に対応）が、1 パス目におけるレーザ出力が所定値に維持される範囲（図 1 4 の位置 P 1 1 から位置 P 1 2 までの範囲に対応）に対して X 方向で有意に重なることがないように、設定される。これにより、溶接対象箇所 9 0 の周方向の範囲 D 1 のうちの、2 つのパスでカバーできる範囲（すなわち第 1 範囲と第 2 範囲とを組み合わせた範囲）を効率的に増加できる。

【0076】

あるいは、逆に、2 パス目が開始される位置は、1 パス目が実質的に終了される位置に対してわずかに X 2 側にオフセットされてもよい。この場合、溶接対象箇所 9 0 の周方向の範囲 D 1 のうちの、2 つのパスでカバーできる範囲（すなわち第 1 範囲と第 2 範囲とを組み合わせた範囲）を最大化することができる。ただし、この場合、2 パス目が開始される位置は、1 パス目により実現される溶接部分と 2 パス目により実現される溶接部分とが X 方向で離間しないように設定される（すなわち継ぎ目の溶接が適切に実現されるように設定される）。

【0077】

なお、図 1 7 に示す例では、1 パス目及び 2 パス目は、ともに上述したダウンスロープなしの照射態様であるが、いずれか一方又は双方が、上述したダウンスロープ有りの照射態様であってもよい。

【0078】

図18は、溶接方向（照射位置の変化方向）が異なる2つのパスにより溶接が実現される場合の説明図であり、上側は、照射位置に応じたレーザ出力の変化特性を概略的に示し、下側は、照射位置に応じた入熱量の変化特性を概略的に示す。照射位置に応じた入熱量の変化特性については、パスごとに分けて示し、図14及び図16とは異なり、下方に向かうほど、入熱量が大きいことを表す。面積W1は、1パス目の入熱量に関し、面積W2は、2パス目の入熱量に関する。矢印R171、R172の意味は、図17と同様である。また、矢印R140、矢印R141、及び矢印R142の意味は、図14で説明したとおりである。

【0079】

図18に示す例では、図17に示す例と同様、1パス目は、第1範囲D11にレーザビーム110を照射することにより実現され、2パス目は、第2範囲D12にレーザビーム110を照射することにより実現される。第1パスによる溶接と第2パスによる溶接は、協働して、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1の全体をカバーする。

【0080】

また、図18に示す例では、図17に示す例と同様、1パス目及び2パス目は、ともに上述したダウンスロープなしの照射態様である。

【0081】

ただし、図18に示す例では、図17に示す例に対して、1パス目と2パス目で溶接方向（照射位置の変化方向）が異なる。具体的には、1パス目は、第1範囲D11におけるレーザビーム110の照射位置をX方向に沿ってX1側からX2側へと直線状に変化させる方向であるのに対して、2パス目は、第2範囲D12におけるレーザビーム110の照射位置をX方向に沿ってX2側からX1側へと直線状に変化させる方向である。すなわち、1パス目及び2パス目は、ともに、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1の中心に向かって外側から照射が開始される。

【0082】

また、図18に示す例では、図17に示す例と同様、第1範囲D11及び第2範囲D12は、図18に示すように、互いに対して異なる部分を含む。具体的には、第1範囲D11及び第2範囲D12は、X方向で重複せずに連続する態様で設定される。すなわち、2パス目が実質的に終了される位置（図14の位置P12に対応する位置）は、1パス目が実質的に終了される位置（図14の位置P12に対応する位置）と一致する。

【0083】

ただし、変形例では、第1範囲D11及び第2範囲D12は、互いに重複する部分を含んでもよい。すなわち、2パス目が実質的に終了される位置（図14の位置P12に対応する位置）は、1パス目が実質的に終了される位置（図14の位置P12に対応する位置）に対して、X1側にわずかにオフセットされてもよいし、X2側にわずかにオフセットされてもよい。

【0084】

ここで、図18に示す例では、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1のうちの両端部（X1側とX2側の端部）において、実際のレーザ出力が所定値よりも小さくなる。なお、図17に示す例では、対照的に、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1のうちの、X1側の端部のみににおいて、実際のレーザ出力が所定値よりも小さくなる。より具体的には、図18に示す例では、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1のうちの、X1側の端部では、X2側に向かうにつれて入熱量が徐々に増加し、かつ、X2側の端部では、X1側に向かうにつれて入熱量が徐々に増加する特性となる。このような特性は、溶接対象箇所90のX方向の両端部において、溶接対象物（個体）の溶接深さ方向の寸法が小さくなる構成に好適である。これは、溶接対象物（個体）における溶接深さ方向の寸法が不十分な部位に対して、入熱量が比較的大きくなると、キーホールが貫通する等により溶接の品質が損なわれやすいためである。

【0085】

この点、本実施例では、図 7 に示したように、溶接対象箇所 90 を形成する 2 つの先端部 40 は、先細りの形態（軸方向外側端面 42 が湾曲する形態）である。従って、当接される先端部 40 同士の重なる範囲の溶接深さ方向の寸法（すなわち径方向に視たときの重なる範囲における、レーザビーム 110 の照射方向に沿った寸法）は、溶接対象箇所 90 の X 方向の両端部の寸法 L1の方が、溶接対象箇所 90 の X 方向の中央部の同寸法 L0 よりも有意に小さい。このため、当接させた先端部 40 同士の重なる範囲の寸法であってレーザビーム 110 の照射方向の寸法は、第 1 範囲 D11 における X1 側において、第 1 範囲 D11 における X2 側よりも小さく、かつ、第 2 範囲 D12 における X2 側において、第 2 範囲 D12 における X1 側よりも小さい。

【0086】

従って、図 18 に示す例によれば、溶接方向（照射位置の変化方向）が異なる 2 つのパスであって、溶接対象箇所 90 の周方向の範囲 D1 の中心に向かって外側から照射が開始される 2 つのパスによって、軸方向外側端面 42 が湾曲する形態の先端部 40 における溶接対象箇所 90 に対しても高い品質の溶接部を形成できる。

【0087】

なお、図 18 に示す例では、1 パス目及び 2 パス目は、ともに上述したダウンスロープなしの照射態様であるが、いずれか一方又は双方が、後述するように、上述したダウンスロープ有りの照射態様であってもよい。

【0088】

また、図 18 に示す例（図 17 に示す例についても同様）では、溶接対象箇所 90 の周方向の範囲 D1 の全体を、2 つのパスでカバーしているが、3 つ以上のパスでカバーしてもよい。

【0089】

ところで、一般的に、溶接は、シールドガス（例えば窒素ガス）を用いない環境下や、シールドガスを用いる環境下で実行される。シールドガスを用いない環境下では、先端部 40 のうちの、レーザビーム 110 により溶解した部分の凝固部が空気成分と結合して、体積膨張が生じる。すなわち、大気中の酸素が溶融池に溶け込み、凝固する際に酸化物等に起因して体積膨張が生じる。このような体積膨張が生じると、それに応じてモータ 1 の体格が増加する傾向となる（後述する樹脂モールドを行う際に、樹脂部の厚みが増加してモータ 1 の体格が増加する傾向となる）。なお、このような体積膨張は、上述のダウンスロープなしの照射態様によるパスにおける照射が実質的に終了される位置（図 14 の位置 P12 に対応する位置）で生じやすい傾向がある。これは、照射が実質的に終了される位置でレーザ出力の低下が急峻となり、凝固速度が速くなるため（それ故に酸素が閉じ込められやすいため）と考えられる。

【0090】

図 19 は、体積膨張に起因した突起等の説明図であり、図 18 に示した 2 つのパスで溶接を実現した場合の溶接部の断面を示す図である。図 19 には、当接された 2 つの先端部 40 のうちの一方が図示されており、点線で囲まれた領域 1900 が溶接部（溶接深さを表している）である。図 19 には、1 パス目に係る第 1 範囲 D11 と 2 パス目に係る第 2 範囲 D12 とが併せて示される。

【0091】

図 19 から分かるように、図 18 に示した 2 つのパスで溶接を実現した場合、軸方向外側端面 42 における溶接対象箇所 90 において凹凸が生じている。特に、上述のダウンスロープなしの照射態様による 2 パス目における照射が実質的に終了される位置で、比較的大きな突起 1902（軸方向外側に凸となる突起）が生じている。また、1 パス目と 2 パス目との境界部分（継ぎ目）に、ブローホール 1904 が生じている。

【0092】

そこで、本実施例では、好ましくは、上述したダウンスロープ有りの照射態様を利用して、かかる突起やブローホールを低減することを可能とする。以下、このような構成について、図 20 から図 23 を参照して説明する。

【0093】

図20は、突起やブローホールを低減することを可能とする溶接方法の説明図であり、2パスのそれぞれについて、照射位置に応じたレーザ出力の変化特性を概略的に示す図である。図20の見方（後出の図22及び図23も同様）は、上述した図17と同様である。図20において、矢印R140、矢印R141、及び矢印R143の意味は、図16で説明したとおりである。また、矢印R143については、1パス目に関しては（1）が付され、2パス目に関しては（2）が付されている。

【0094】

図20に示す例では、図18に示す例と同様、1パス目は、第1範囲D11にレーザビーム110を照射することにより実現され、2パス目は、第2範囲D12にレーザビーム110を照射することにより実現される。第1パスによる溶接と第2パスによる溶接は、協働して、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1の全体をカバーする。

【0095】

また、図20に示す例では、図18に示す例と同様、1パス目と2パス目とで溶接方向（照射位置の変化方向）が異なる。すなわち、1パス目及び2パス目は、ともに、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1の中心に向かって外側から照射が開始される。

【0096】

ただし、図20に示す例では、図18に示す例とは異なり、1パス目及び2パス目は、ともに上述したダウンスロープ有りの照射態様である。

【0097】

具体的には、1パス目では、第1範囲D11のX1側の端点である位置P20にてレーザ出力が所定値（本例では、一例として3.8kW）まで立ち上がり（矢印R140参照）、位置P20に対して所定距離d1（図示せず）だけX2側の位置P21まで所定値（本例では、一例として3.8kW）が維持される（矢印R141参照）。そして、位置P21にてレーザ出力が第1中間値（本例では、一例として2.0kW）まで低下され、次いで、位置P21に対して所定距離d2（図示せず）だけX2側の位置P22にてレーザ出力が0まで低下される（矢印R143（1）参照）。

【0098】

また、2パス目では、第2範囲D12のX2側の端点である位置P30にてレーザ出力が所定値（本例では、一例として3.8kW）まで立ち上がり（矢印R140参照）、位置P30に対して所定距離d3（図示せず）だけX1側の位置P31まで所定値（本例では、一例として3.8kW）が維持される（矢印R141参照）。そして、位置P31にてレーザ出力が第1中間値（本例では、一例として2.0kW）まで低下され、次いで、位置P31に対して所定距離d4（図示せず）だけX1側の位置P32にてレーザ出力が第2中間値（本例では、一例として1.0kW）まで低下され、次いで、位置P32に対して所定距離d5（図示せず）だけX1側の位置P33にてレーザ出力が0まで低下される（矢印R143（2）参照）。

【0099】

なお、図20に示す例では、1パス目に係るレーザ出力の段階的な低下が開始される位置P21と、2パス目に係るレーザ出力の段階的な低下が開始される位置P31とは、一致しているが、X方向で離間されてもよい。例えば、位置P31は、位置P21に対してX1側にオフセットされてもよいし、X2側にオフセットされてもよい。

【0100】

図21は、図19の対比として、図20に示す2つのパスで溶接を実現した場合の溶接部の断面を示す図である。図21には、当接された2つの先端部40のうちの一方が図示されており、点線で囲まれた領域2000が溶接部である。図21には、1パス目に係る第1範囲D11と2パス目に係る第2範囲D12とが併せて示される。

【0101】

図21から分かるように、図20に示す2つのパスで溶接を実現した場合、軸方向外側端面42においては、溶接対象箇所90においても比較的滑らかな湾曲面が維持されてい

10

20

30

40

50

る。すなわち、図 20 に示す 2 つのパスで溶接を実現した場合、図 19 で示したような凹凸が低減され、特に比較的大きな突起 1902（図 19 参照）が発生していない。これは、2 パス目の位置 P 31 付近から位置 P 33 までの照射によって、1 パス目の終了位置付近で生じやすい突起（図 19 に示した突起 1902 のような突起）が均されるためと考えられる。すなわち、2 パス目の位置 P 31 付近から位置 P 33 までの照射によって、1 パス目の際に一度凝固した突起が再度溶融することで、当該突起が均されるためと考えられる。なお、本実施例では、上述のようにグリーンレーザを用いるので、上述のように吸収率が高く、第 1 中間値等のような比較的低いレーザ出力によっても、当該突起を溶融することが可能である。これは、かかる比較的低いレーザ出力では当該突起を溶融できない可能性が高い赤外レーザとは対照的である。

10

【0102】

また、図 21 から分かるように、図 20 に示す 2 つのパスで溶接を実現した場合、図 19 で示したようなブローホール 1904 が発生していない。これは、2 パス目の位置 P 31 付近から位置 P 33 までの照射によって、第 1 範囲 D 11 の X 2 側の端部範囲（1 パス目の終了位置付近の範囲）が再度溶融されるためと考えられる。

【0103】

このようにして、図 20 に示す例によれば、2 パス目に係る第 2 範囲 D 12 が 1 パス目に係る第 1 範囲 D 11 における照射の終了位置付近を含むことで、1 パス目に係る第 1 範囲 D 11 における照射の終了位置付近で生じやすい凝固部に起因した突起を、溶融させることができ、その結果、当該突起の高さを低減できる。これにより、モータ 1 の軸方向の体格を低減できる。

20

【0104】

また、図 20 に示す例によれば、2 パス目に係る第 2 範囲 D 12 のうちの、1 パス目に係る第 1 範囲 D 11 における照射の終了位置付近と重複する部分（パス目の位置 P 31 付近から位置 P 33 までの部分）では、レーザ出力が段階的に低下される。これにより、所定値（本例では、一例として 3.8 kW）よりも低い中間値（第 1 中間値等）により、気泡等が発生し難い態様で、上述した突起を溶融させることができる。これにより、シールドガスを用いない環境下においても、2 パス目自体に起因した突起であって 2 パス目の終了位置付近で同様に生じうる突起の発生を低減しつつ、上述した突起を滑らかに均すことが可能となる。

30

【0105】

なお、図 20 に示す例では、1 パス目は、上述したダウンスロープ有りの照射態様であるが、上述したダウンスロープなしの照射態様であってもよい。また、1 パス目は、1 つの中間値を介したダウンスロープ有りの照射態様であるが、2 つ以上の中間値を介したダウンスロープ有りの照射態様であってもよい。

【0106】

また、図 20 に示す例では、2 パス目は、2 つの中間値を介したダウンスロープ有りの照射態様であるが、1 つ又は 3 つ以上の中間値を介したダウンスロープ有りの照射態様であってもよい。

【0107】

また、図 20 に示す例では、2 パス目は、上述したダウンスロープ有りの照射態様であるが、上述したダウンスロープなしの照射態様であってもよい。この場合、図 22 に示すように、図 17 に示した例と同様、1 パス目及び 2 パス目のそれぞれの溶接方向（矢印 R 171、R 172 参照）を同一とし、かつ、2 パス目が開始される位置（図 14 の位置 P 10 に対応する位置）を、1 パス目が実質的に終了される位置（図 14 の位置 P 12 に対応する位置）に対して X 1 側にオフセットしてよい。この場合、2 パス目に係る第 2 範囲 D 12 のうちの、1 パス目に係る第 1 範囲 D 11 における照射の終了位置付近と重複する部分は、実際のレーザ出力が所定値（本例では、一例として 3.8 kW）に達する前の段階である。これにより、所定値（本例では、一例として 3.8 kW）に達する前のレーザ出力により、気泡等が発生し難い態様で、上述した突起を溶融させることができる。これ

40

50

により、図 20 に示した例と同様、上述した突起を滑らかに均すことが可能となる。

【0108】

なお、図 22 に示した変形例では、1 パス目及び 2 パス目は、ダウンスロープなしの照射態様であるが、1 パス目及び 2 パス目のうちの少なくともいずれか一方は、ダウンスロープ有りの照射態様であってもよい。

【0109】

また、図 20 に示す例では、溶接対象箇所 90 の周方向の範囲 D1 の全体を、2 つのパスでカバーしているが、次に説明する図 23 に示す例のように、3 つ以上のパスでカバーしてもよい。

【0110】

図 23 は、突起やブローホールを低減することを可能とする他の溶接方法の説明図であり、3 パスのそれぞれについて、照射位置に応じたレーザ出力の変化特性を概略的に示す図である。なお、面積 W3 は、3 パス目の入熱量に関する。また、矢印 R143 については、1 パス目に関しては (1) が付され、2 パス目に関しては (2) が付され、3 パス目に関しては (3) が付されている。

【0111】

図 23 に示す例では、1 パス目と 2 パス目とで溶接方向（照射位置の変化方向）は同じであり、X1 側から X2 側に向かう方向である。他方、2 パス目と 3 パス目とで溶接方向（照射位置の変化方向）は異なる。すなわち、3 パス目は、X2 側から X1 側に向かう方向である。

【0112】

図 23 に示す例では、1 パス目から 3 パス目は、すべて、上述したダウンスロープ有りの照射態様である。1 パス目と 2 パス目との関係は、上述した図 22 に示した 1 パス目と 2 パス目との関係に対して、1 パス目と 2 パス目がともにダウンスロープ有りの照射態様である点以外は、実質的に同じである。また、2 パス目と 3 パス目との関係は、上述した図 20 に示した 1 パス目と 2 パス目との関係と実質的に同じである。

【0113】

具体的には、1 パス目では、図 23 に実線の特性で示すように、第 1 範囲 D11 の X1 側の端点である位置 P40 にてレーザ出力が所定値（本例では、一例として 3.8 kW）まで立ち上がり（矢印 R140 参照）、位置 P40 に対して X2 側の位置 P41 まで所定値（本例では、一例として 3.8 kW）が維持される（矢印 R141 参照）。そして、位置 P41 にてレーザ出力が第 1 中間値（本例では、一例として 2.0 kW）まで低下され、次いで、位置 P41 に対して X2 側の位置 P42 にてレーザ出力が 0 まで低下される（矢印 R143 (1) 参照）。

【0114】

また、2 パス目では、図 23 に破線の特性で示すように、第 2 範囲 D12 の X1 側の端点である位置 P50 であって、位置 P41 よりも X1 側の位置 P50 にてレーザ出力が所定値（本例では、一例として 3.8 kW）まで立ち上がり（矢印 R140 参照）、位置 P50 に対して X2 側の位置 P51 まで所定値（本例では、一例として 3.8 kW）が維持される（矢印 R141 参照）。そして、位置 P51 にてレーザ出力が第 1 中間値（本例では、一例として 2.0 kW）まで低下され、次いで、位置 P51 に対して X2 側の位置 P52 にてレーザ出力が 0 まで低下される（矢印 R143 (2) 参照）。

【0115】

また、3 パス目では、図 23 に一点鎖線の特性で示すように、第 3 範囲 D13 の X2 側の端点である位置 P60 にてレーザ出力が所定値（本例では、一例として 3.8 kW）まで立ち上がり（矢印 R140 参照）、位置 P60 に対して X1 側の位置 P61 まで所定値（本例では、一例として 3.8 kW）が維持される（矢印 R141 参照）。そして、位置 P61 にてレーザ出力が第 1 中間値（本例では、一例として 2.0 kW）まで低下され、次いで、位置 P61 に対して X1 側の位置 P62 にてレーザ出力が第 2 中間値（本例では、一例として 1.0 kW）まで低下され、次いで、位置 P62 に対して X1 側の位置 P6

10

20

30

40

50

3にてレーザ出力が0まで低下される（矢印R143（3）参照）。

【0116】

図23に示す例によっても、図22に示した例と同様の原理により、1パス目に係る第1範囲D11における照射の終了位置付近で生じやすい凝固部に起因した突起を、2パス目により溶融させることができるとともに、図20に示した例と同様の原理により、2パス目に係る第2範囲D12における照射の終了位置付近で生じやすい凝固部に起因した突起を、3パス目により溶融させることができる。これにより、溶接部に生じうる突起を低減でき、モータ1の軸方向の体格を低減できる。

【0117】

また、図23に示す例によれば、上述した図18に示した例と同様、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1のうちの両端部（X1側とX2側の端部）において、実際のレーザ出力が所定値よりも小さくなる。このような特性は、溶接対象箇所90のX方向の両端部において、溶接対象物（個体）の溶接深さ方向の寸法が小さくなる構成に好適である。

【0118】

この点、本実施例では、図7に示したように、溶接対象箇所90を形成する2つの先端部40は、先細りの形態（軸方向外側端面42が湾曲する形態）である。このため、当接させた先端部40同士の重なる範囲の寸法であってレーザビーム110の照射方向の寸法は、第1範囲D11におけるX1側において、第1範囲D11におけるX2側よりも小さく、かつ、第3範囲D13におけるX2側において、第3範囲D13におけるX1側よりも小さい。従って、図23に示す例によれば、上述した図18に示した例と同様、溶接方向（照射位置の変化方向）が異なる2つのパスであって、溶接対象箇所90の周方向の範囲D1の中心に向かって外側から照射が開始される2つのパス（1パス目と3パス目の2つのパス）に係る溶接によって、軸方向外側端面42が湾曲する形態の先端部40における溶接対象箇所90に対しても高い品質の溶接部を形成できる。

【0119】

なお、図23に示す例では、2パス目に係るレーザ出力の段階的な低下が開始される位置P51と、3パス目に係るレーザ出力の段階的な低下が開始される位置P61とは、一致しているが、X方向で離間されてもよい。例えば、位置P61は、位置P51に対してX1側にオフセットされてもよいし、X2側にオフセットされてもよい。

【0120】

次に、図24を参照してステータ21の製造の流れについて概説する。図24は、ステータ21の製造の流れを概略的に示すフローチャートである。

【0121】

ステータ21の製造方法は、まず、ステータコア22を準備し、かつ、ステータコイル24を形成するための、真っ直ぐなコイル片52（成形前のコイル片52）を準備する工程（S12）を含む。

【0122】

続いて、ステータ21の製造方法は、コイル片52の先端部40（始端および終端）の絶縁被膜62を除去する除去工程（S14）を含む。この絶縁被膜62の除去方法としては、任意であるが、例えば、絶縁被膜62は、刃具を用いて機械的に除去されてもよいし、エッチング等により化学的に除去されてもよい。また、絶縁被膜62は、レーザを用いて熱的に除去されてもよい。

【0123】

なお、コイル片52同士を接合するためには、少なくとも、先端部40のうち実際に接合される面の絶縁被膜62のみが除去されていればよく、その他の面（裏面または表面の他方の面、および、側面）の絶縁被膜62は、残っていてもよい。

【0124】

続いて、ステータ21の製造方法は、除去工程後に、真っ直ぐなコイル片52を、金型等を用いて屈曲させ、成形する成形工程（S16）を含む。例えば、コイル片52を、図6に示したような、一対の直進部50と、一対の直進部50を連結する連結部54と、を

10

20

30

40

50

有した略U字状に成形する。なお、ステップS16及びステップS14の順番は入れ替わっていてもよい。

【0125】

続いて、ステータ21の製造方法は、成形工程後に、コイル片52を、ステータコア22のスロット220に挿入する装着工程（S18）を含む。挿入工程は、全てのコイル片52の挿入が完了した段階で完了する。

【0126】

続いて、ステータ21の製造方法は、挿入工程後に、直進部50のうち、各スロット220から突出している部分を、専用の治具を用いて、周方向に倒す変形工程（S20）を含む。これにより、直進部50は、スロット220内において軸方向に延びる脚部56と、軸方向一端側において周方向に延びる渡り部58となる。

【0127】

続いて、ステータ21の製造方法は、変形工程後に、周方向第1側（例えば時計回りの向き）に延びる一のコイル片52の渡り部58の先端部40と、周方向第2側（例えば反時計回りの向き）に延びる他の一のコイル片52の渡り部58の先端部40と、を接合する接合工程（S22）を含む。本実施例では、上述のように、2つの先端部40は、溶接により接合される。接合工程（レーザ溶接による接合工程）の詳細は、上述のとおりである。2つの先端部40ごとに溶接が実行され、すべての組の2つの先端部40が溶接されると、接合工程が終了する。

【0128】

続いて、ステータ21の製造方法は、接合工程後に、仕上げ工程（S24）を含む。仕上げ工程は、例えば上述のようにコイル片52を組み付けることで形成されるコイルエンド220A、220Bに対して絶縁処理を行う工程等を含んでよい。なお、絶縁処理は、コイルエンド220A、220Bの全体を封止する態様で樹脂をモールドする処理であってよいし、ワニス等を塗布する処理であってもよい。

【0129】

次に、図25を参照してグリーンレーザによる溶接熱の影響について説明する。

【0130】

図25は、グリーンレーザによる溶接時の温度履歴の測定結果を示す図である。図25では、横軸に時間を取り、縦軸に温度を取り、グリーンレーザによる溶接時の温度履歴が示される。図25に示す温度履歴は、軸方向外側端面42の溶接対象箇所90の近傍の温度を熱電対で測定した結果に基づく。なお、図25において、時点t1は、照射開始時点を表す。

【0131】

ところで、一般的に溶接時には熱が発生するので、溶接により発生した熱によって、コイル片52の絶縁被膜62が損傷（炭化）する場合がある。ここで、損傷（炭化）した絶縁被膜62上には、絶縁材料（例えば樹脂や、ワニス等）を付与するのが困難になるため、溶接後におけるステータコイル24の絶縁性能が悪化する可能性がある。

【0132】

この点、本実施例によれば、図25に示すように、溶接時の最高温度は約99℃に留まる。これは、グリーンレーザを用いることで、上述のように入熱量が有意に低減されるためである。なお、約99℃は、エナメル炭化が生じる温度である180℃よりも有意に低い。このように、本実施例によれば、グリーンレーザを用いることで、コイル片52の絶縁被膜62の損傷が生じ難くすることができる。従って、本実施例によれば、絶縁被膜62を除去する除去工程（S14）（図24参照）において、先端部40のうちの接合される面の絶縁被膜62のみを除去し、その他の面の絶縁被膜62を残存させることが可能となりうる。

【0133】

次に、図26を参照して、グリーンレーザによる溶接に係る異物耐性について説明する。

【0134】

図 2 6 は、異物耐性を検証するための試験の説明図である。ここでは、図 2 6 に示すように、当接される先端部 4 0 同士の重なる範囲を 6 分割し、分割して得られる 6 つの領域 A 1 から A 6 のいずれかに、絶縁被膜 6 2 を形成するエナメル被膜の小片を挟み込み（径方向で先端部 4 0 間に挟み込み）、グリーンレーザによる溶接を行った。そして、小片の挟み込み領域や小片のサイズを変更させてグリーンレーザによる溶接を行い、異物耐性を評価した。その結果、例えば、領域 A 1 や領域 A 3 においては、サイズ 0.7 mm×0.7 mm の小片を挟み込んだ場合でも、溶接ビードの表面に穴空き等の欠陥が生じなかった。同様に、領域 A 2 においては、サイズ 1.0 mm×1.0 mm の小片を挟み込んだ場合でも、溶接ビードの表面に穴空き等の欠陥が生じなかった。その他も領域についても同様であった。これに対して、赤外レーザによる溶接の場合、サイズ 0.2 mm×0.2 mm の小片を挟み込んだ場合に、溶接ビードの表面に穴空きが生じ、グリーンレーザによる溶接の異物耐性の高さを確認できた。

【0135】

以上、各実施例について詳述したが、特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された範囲内において、種々の変形及び変更が可能である。また、前述した実施例の構成要素を全部又は複数を組み合わせることも可能である。

【0136】

例えば、上述した実施例では、ステータコイル 2 4 は、セグメントコイルの形態の複数のコイル片 5 2 により形成されるが、これに限られない。例えば、ステータコイル 2 4 は、ティース 2 2 B に複数回巻回（成形）された集中巻きのコイルの形態であってもよい。

【0137】

<付記>

以上の実施例に関し、更に以下を開示する。なお、以下で記載する効果のうちの、一の形態に対する追加的な各形態に係る効果は、当該追加的な各形態に起因した付加的な効果である。

【0138】

（１）一の形態は、回転電機（１）のステータコイル（２４）を形成するための一のコイル片（５２）と他の一のコイル片（５２）の先端部（４０）同士を当接させる工程と、

当接させた前記先端部に係る溶接対象箇所（９０）に、0.6 μm 以下の波長のレーザビーム（１１０）を照射する溶接工程とを含み、

前記溶接工程は、一のパルス発振で発生させる前記レーザビームを第１範囲（Ｄ１１）に照射する第１照射工程と、前記第１照射工程の後に、他の一のパルス発振で発生させる前記レーザビームを第２範囲（Ｄ１２）に照射する第２照射工程とを含み、

前記第１範囲と前記第２範囲は、互いに対して異なる部分を含む、回転電機用ステータ製造方法である。

【0139】

本形態によれば、0.6 μm 以下の波長のレーザビーム（例えばグリーンレーザ）が利用されるので、赤外レーザを用いる場合に比べて、比較的少ない入熱量で、コイル片間での必要な接合面積を確保できる。また、溶接対象箇所に対して範囲を分けて第１照射工程及び第２照射工程を行うため、連続的な照射では比較的高い出力でレーザビームを照射できない発振器を用いる場合でも、比較的高い出力でレーザビームを照射できる。すなわち、連続的な照射ではなく、パルス発振によるパルス照射を行うことで、連続的な照射の場合に出力できるレーザ出力よりも高いレーザ出力を実現できる。この結果、比較的少ない入熱量で、コイル片間の溶接を適切に実現できる。

【0140】

（２）また、本形態においては、好ましくは、前記第１照射工程は、前記レーザビームの照射位置を第１方向（Ｘ）に沿って第１側（Ｘ１）から第２側（Ｘ２）へと直線状に変化させることを含み、

前記第２照射工程は、前記レーザビームの照射位置を前記第１方向に沿って前記第２側から前記第１側へと直線状に変化させることを含む。

【0141】

この場合、溶接対象箇所両端での溶接深さが過大とならない態様で、第1照射工程及び第2照射工程を実現できる。

【0142】

(3) また、本形態においては、好ましくは、当接させた前記先端部同士の重なる範囲の寸法であって前記レーザビームの照射方向の寸法は、前記第1範囲における前記第1側において、前記第1範囲における前記第2側よりも小さく、かつ、前記第2範囲における前記第2側において、前記第2範囲における前記第1側よりも小さい。

【0143】

この場合、先端部の湾曲面（例えば円弧面）に溶接対象箇所を設定した場合でも、第1照射工程及び第2照射工程により高い品質の溶接を実現できる。

10

【符号の説明】

【0144】

1 モータ

10 モータハウジング

12 回転軸（回転中心）

14a ベアリング

14b ベアリング

21 ステータ

22 ステータコア

20

22A バックヨーク

220A コイルエンド

22B ティース

220B コイルエンド

24 ステータコイル

30 ロータ

32 ロータコア

34 ロータシャフト

34A 中空部

35A エンドプレート

30

35B エンドプレート

40 先端部

42 軸方向外側端面

50 直進部

52 コイル片

54 連結部

56 脚部

58 渡り部

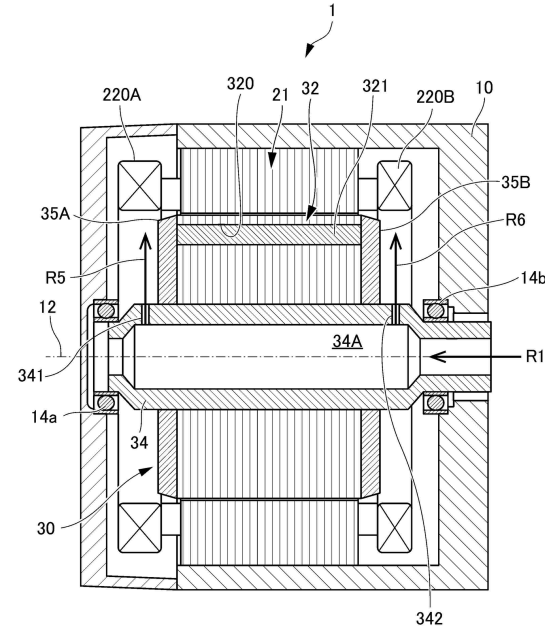
60 線状導体（平角線）

62 絶縁被膜

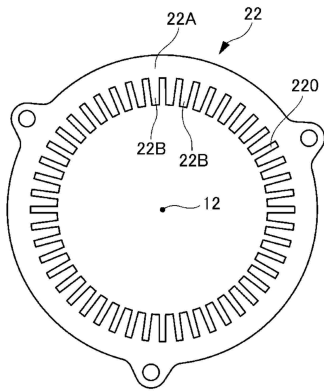
40

90 溶接対象箇所

【図面】
【図 1】



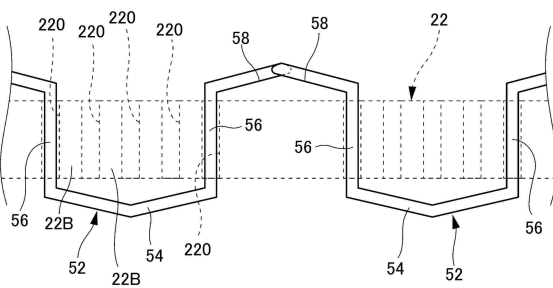
【図 2】



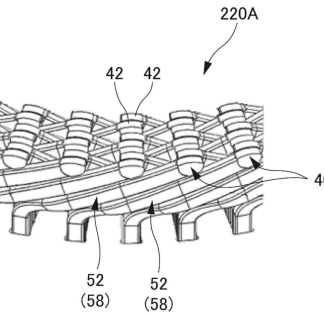
10

20

【図 3】



【図 4】

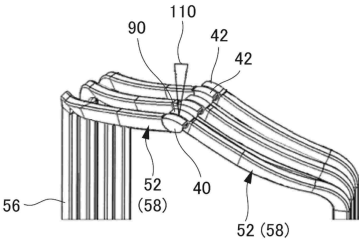


30

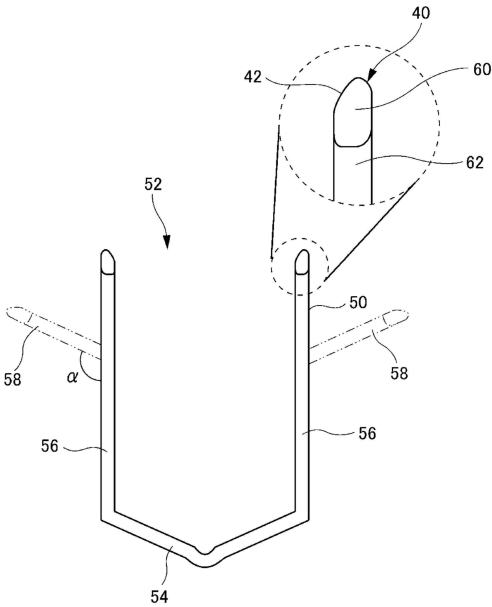
40

50

【図 5】

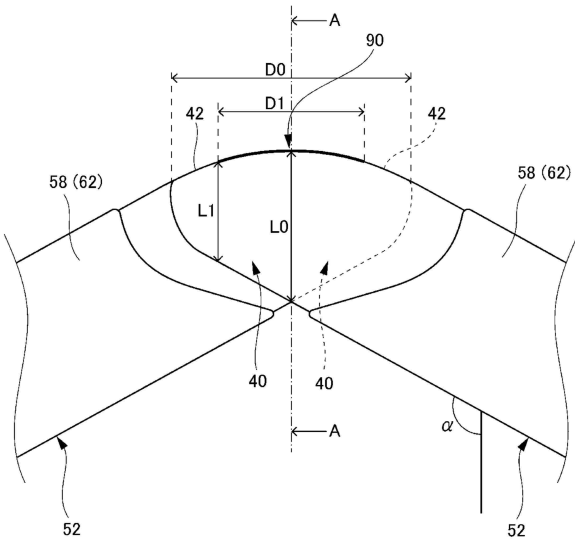


【図 6】

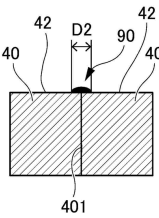


10

【図 7】



【図 8】



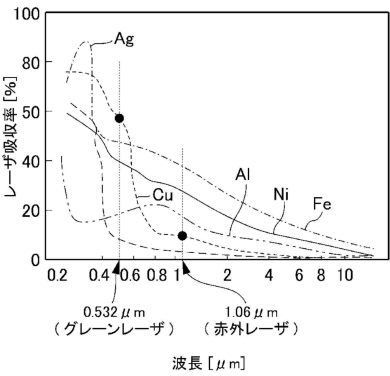
20

30

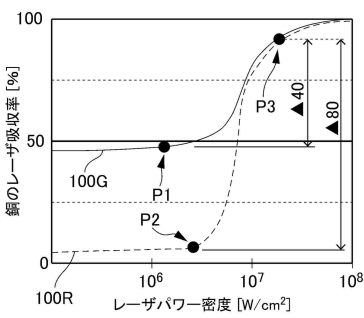
40

50

【図 9】

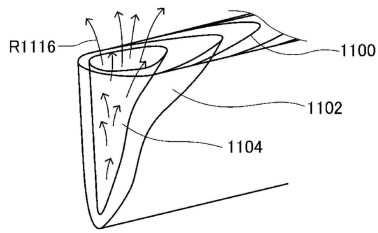


【図 10】

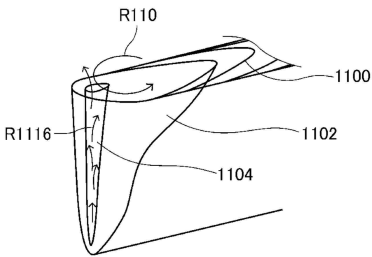


10

【図 11 A】

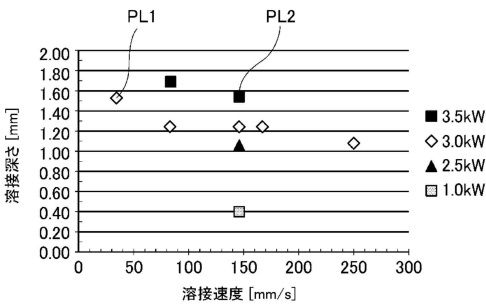


【図 11 B】

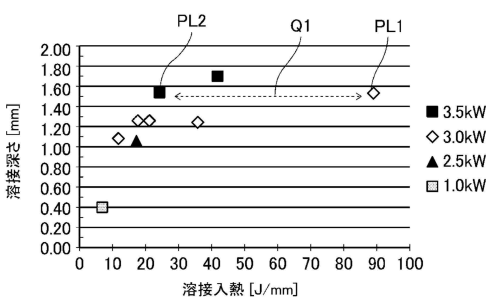


20

【図 12 A】



【図 12 B】

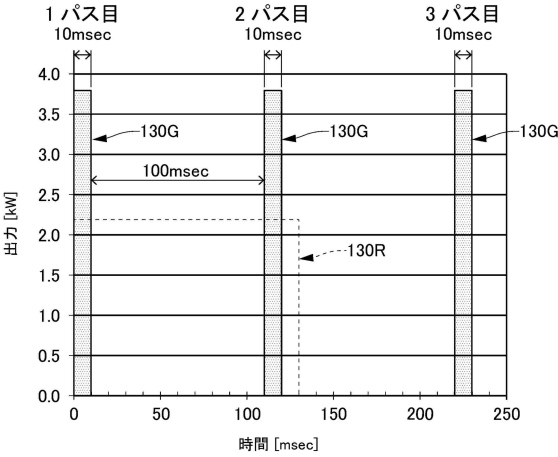


30

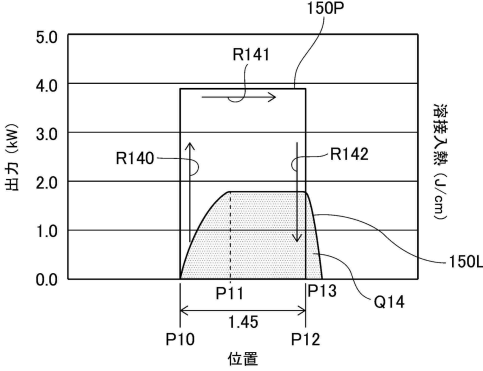
40

50

【図 1 3】

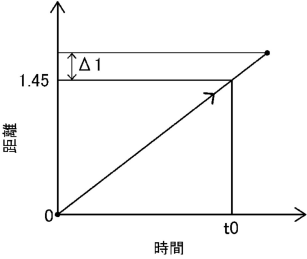


【図 1 4】

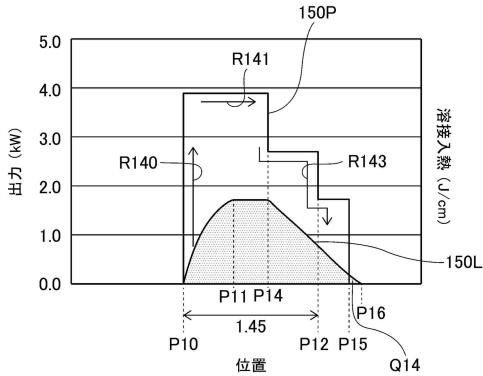


10

【図 1 5】



【図 1 6】



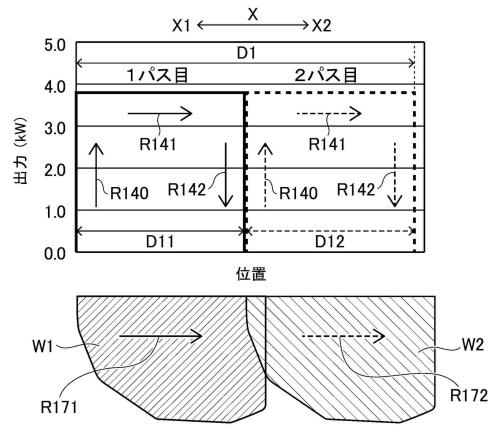
20

30

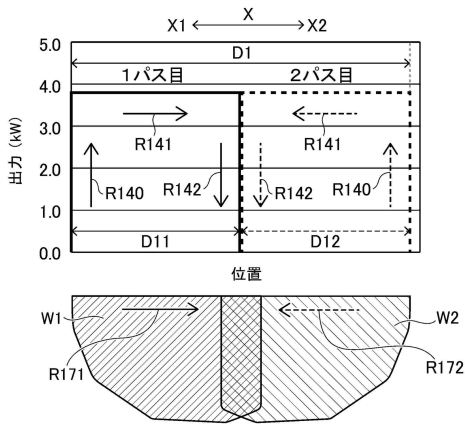
40

50

【図 1 7】

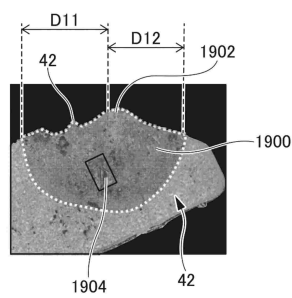


【図 1 8】

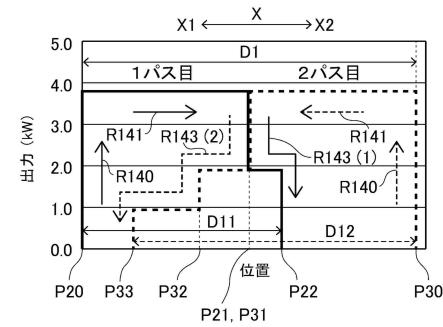


10

【図 1 9】



【図 2 0】



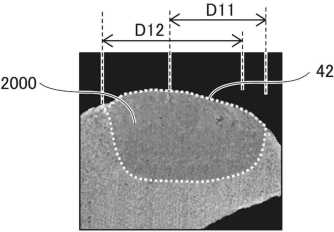
20

30

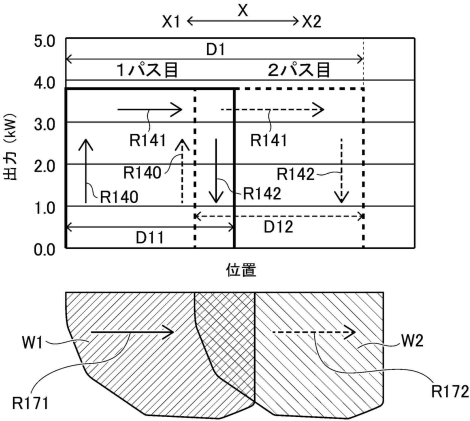
40

50

【図 2 1】

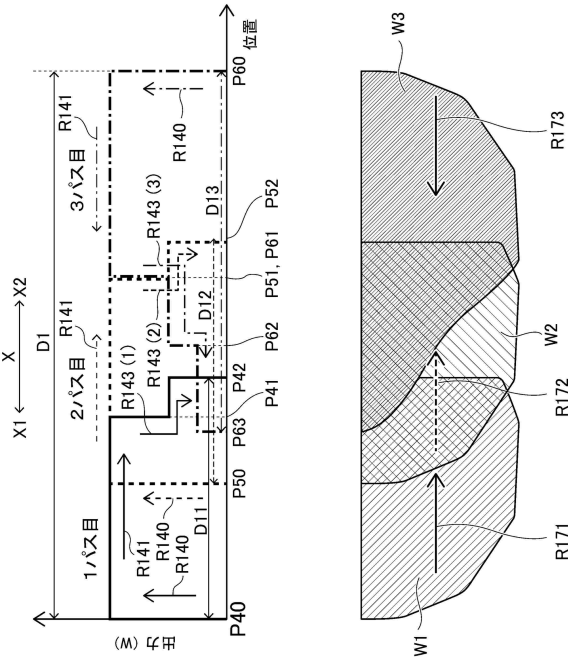


【図 2 2】

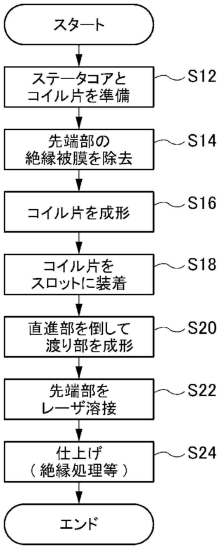


10

【図 2 3】



【図 2 4】



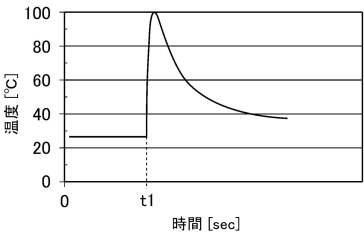
20

30

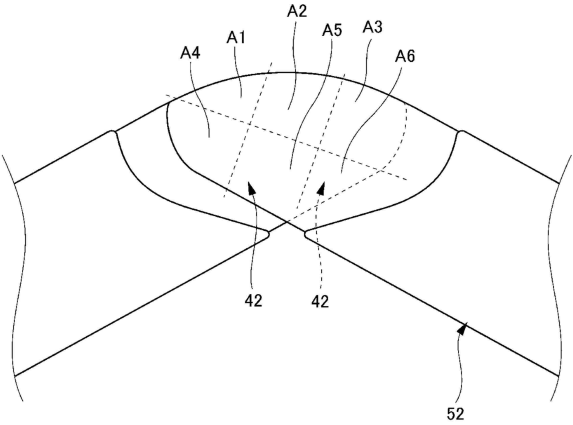
40

50

【図 2 5】



【図 2 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 愛知県安城市藤井町高根 10 番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
- (72)発明者 江野畑 圭
- 愛知県安城市藤井町高根 10 番地 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社内
- (72)発明者 湯 飛
- 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 杉本 哲也
- 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 中村 将也
- 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 西田 将成
- 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
- 審査官 安池 一貴
- (56)参考文献 国際公開第 2019/159737 (WO, A1)
- 特表 2017-504486 (JP, A)
- 特開 2006-094600 (JP, A)
- 特開 2019-181506 (JP, A)
- 特開 2014-007795 (JP, A)
- 特開 2018-121396 (JP, A)
- 特開 2018-030155 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB 名)
- H02K 15/04
- B23K 26/21