

(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2013-135611
(P2013-135611A)

(43) 公開日 平成25年7月8日(2013.7.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2K 9/22 (2006.01)	HO2K 9/22 Z	5H609
HO2K 15/12 (2006.01)	HO2K 15/12 D	5H615

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-280155 (P2012-280155)	(71) 出願人 512187354 レミー テクノロジーズ リミテッド ラ イアビリティー カンパニー アメリカ合衆国 インディアナ州 460 64 ペンドルトン コーポレイション ドライブ 600
(22) 出願日 平成24年12月21日 (2012.12.21)	(74) 代理人 100092093 弁理士 辻居 幸一
(31) 優先権主張番号 13/335,144	(74) 代理人 100082005 弁理士 熊倉 禎男
(32) 優先日 平成23年12月22日 (2011.12.22)	(74) 代理人 100088694 弁理士 弟子丸 健
(33) 優先権主張国 米国 (US)	(74) 代理人 100103609 弁理士 井野 砂里
最終頁に続く	

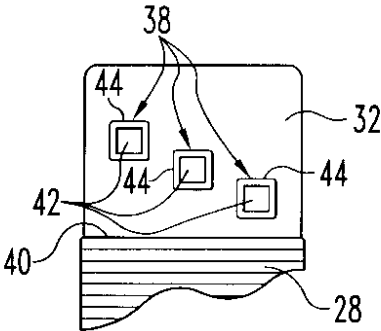
(54) 【発明の名称】 封入されたエンドターンを有する電気機械

(57) 【要約】

【課題】 改良された手段で冷却される電気機械を提供する。

【解決手段】 本発明による電気機械（20）は、ロータ（24）及びステータ（22）を有する。ステータは、ステータ巻線（30）を形成する導電性ワイヤ（42）を有する。ステータ巻線は、ステータコア（28）の軸線方向端部（40）を越えて軸線方向に突出した第1の複数のエンドターン（38）を形成する。第1の複数のエンドターンを形成する導電性ワイヤの部分は、別々の外側電気絶縁層（44）を有する。第1の複数のエンドターンは、熱伝導率が50W・m⁻¹・K⁻¹の熱伝導性材料（32）で封入される。巻線の外側電気絶縁層を構成するのに、セラミック材料が用いられる。エンドターンを封入する熱伝導性材料を形成するのに、金属材料が用いられる。電気機械の製造方法も提供する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気機械であって、

ロータと、前記ロータに作動的に結合されたステータと、を有し、

前記ステータは、第 1 の軸線方向端部及び第 2 の軸線方向端部を備えたステータコアと、ステータ巻線を形成する少なくとも 1 本の導電性ワイヤと、を有し、

前記導電性ワイヤは、前記ステータコアに取付けられており、前記ステータ巻線は、前記第 1 の軸線方向端部を軸線方向に越えて突出した第 1 の複数のエンドターンを形成し、前記第 1 の複数のエンドターンは、外側電気絶縁層を備えた複数のワイヤ部分を有し、各ワイヤ部分は、別々の外側電気絶縁層を有し、

前記ステータは、更に、前記第 1 の複数のエンドターンの上に配置された熱伝導性材料を有し、前記熱伝導性材料は、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、電気機械。

【請求項 2】

前記熱伝導性材料は、少なくとも約 $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 3】

前記熱伝導性材料は、少なくとも約 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 4】

前記熱伝導性材料は、金属材料である、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 5】

前記導電性ワイヤは、その全長にわたって、前記外側電気絶縁層で被覆される、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 6】

更に、ハウジングを有し、

前記ステータ及び前記ロータは、前記ハウジング内に配置され、

前記熱伝導性材料は、前記ハウジングと熱的に結合され、

前記ハウジングは、流体通路を有する、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 7】

前記熱伝導性材料は、熱移送部を形成し、前記熱移送部は、実質的に中実で且つ連続した直線で囲まれた断面に対して、流体流れに露出される前記熱伝導性材料の表面積を増大させる、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 8】

前記外側電気絶縁層は、セラミック材料であり、前記熱伝導性材料は、アルミニウムを含む、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 9】

前記ステータ巻線は、前記第 2 の軸線方向端部を軸線方向に越えて突出した第 2 の複数のエンドターンを形成し、前記第 2 の複数のエンドターンは、外側電気絶縁層を備えた複数の第 2 のワイヤ部分を有し、各第 2 のワイヤ部分は、別々の外側電気絶縁層を有し、

熱伝導率が少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の第 2 の熱伝導性材料が設けられ、前記第 2 の熱伝導性材料は、前記第 2 の複数のエンドターンを実質的に封入すると共に前記第 2 の複数のエンドターンの外側電気絶縁層に直接接触し、

前記熱伝導性材料は、前記第 1 の複数のエンドターンを実質的に封入すると共に前記第 1 の複数のエンドターンの前記外側電気絶縁層に直接接触する、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 10】

前記熱伝導性材料の少なくとも一部分は、隙間によって前記ステータコアから分離される、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 11】

電気機械であって、

ロータと、前記ロータに作動的に結合されたステータと、を有し、

前記ステータは、第 1 及び第 2 の軸線方向端部を有するステータコアと、前記ステータの巻線を形成し且つ前記ステータコアに取付けられる少なくとも 1 本の導電性ワイヤと、を有し、前記ステータの巻線は、前記第 1 の軸線方向端部を軸線方向に越えて突出した第 1 の複数のエンドターンを形成し、

前記ステータは、更に、前記第 1 の複数のエンドターンを形成する前記導電性ワイヤの部分の外側層に取付けられたセラミック材料と、前記第 1 の複数のエンドターンの上に配置された金属材料と、を有する、電気機械。

【請求項 1 2】

前記ステータの巻線を形成する前記導電性ワイヤは、その全長にわたって、前記セラミック材料の外側層を有する、請求項 1 1 に記載の電気機械。

【請求項 1 3】

前記金属材料は、前記第 1 の複数のエンドターンを実質的に封入し、前記セラミック材料に直接接触し、少なくとも約 $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 1 に記載の電気機械。

【請求項 1 4】

前記金属材料は、前記エンドターンを実質的に封入し、前記セラミック材料に直接接触し、少なくとも約 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 1 に記載の電気機械。

【請求項 1 5】

電気機械を製造する方法であって、

ロータを準備する工程と、

第 1 及び第 2 の軸線方向端部を有するステータコアを準備する工程と、

巻線を導電性ワイヤから形成する工程と、

前記巻線を前記ステータコアに取付け、前記巻線により、前記ステータコアの第 1 の軸線方向端部を越えるように突出した第 1 の複数のエンドターンを形成する工程と、

前記巻線を前記ステータコアに取付ける前に、前記巻線を形成する導電性ワイヤに、外側電気絶縁層を被覆する工程と、

前記ステータコアを前記ロータと結合させる工程と、

前記第 1 の複数のエンドターンを、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する熱伝導性材料で被覆する工程と、を有する方法。

【請求項 1 6】

前記外側絶縁被覆材は、セラミック材料である、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

更に、前記ステータコアをハウジング内に取付ける工程を有し、

前記第 1 の複数のエンドターンを熱伝導性材料で被覆する前記工程は、前記熱伝導性材料を少なくとも部分的に液体の状態で前記ハウジング内に導入する工程と、前記熱伝導性材料を前記ハウジング内で少なくとも部分的に凝固させる工程とを含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記第 1 の複数のエンドターンを被覆する前記工程は、前記第 1 の複数のエンドターンを形成する前記導電性ワイヤの部分を前記熱伝導性材料で実質的に全体的に包囲する工程を含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記熱伝導性材料は、金属材料であり、少なくとも約 $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記熱伝導性材料は、金属材料であり、少なくとも約 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 5 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気機械に関し、特に電気機械の冷却に関する。

【背景技術】

【0002】

多くの電気機械は、極めて高い効率で動作するけれども、幾分かのエネルギーが必然的に失われる。かかるエネルギー損失は、摩擦損、鉄損及びヒステリシス損を含む種々の形態をとり、結果として、廃熱を発生させる。幾つかの適用例では、電気機械の巻線において廃熱が許容できないレベルに達するのを防止するために、電気機械から熱を積極的に除去する必要がある。

10

【0003】

熱を電気機械から除去する種々の方法が、当該技術分野において知られている。噴霧冷却が、1つの既知の方法であり、典型的には、噴霧冷却により、油を端部巻線に噴霧して熱を電気機械から除去する。また、電気機械に「ウォータージャケット」を設けることが知られており、「ウォータージャケット」は、ハウジングの形態を有し、ハウジングは、熱を電気機械から除去する冷却用液体、例えば水を循環させる流体通路を有する。空気の流れを電気機械の中に又はそれを横切るように通して冷却を促進することも知られており、空気の流れは、ファンによって支援されるのがよい。

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

電気機械を冷却する種々の効果的な手段が知られているけれども、この分野において、一層の改良が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、材料に封入されたエンドターンを備えたステータを有し、エンドターンを、それから熱を除去することを容易にする材料に封入した電気機械を提供する。

【0006】

1つの実施形態では、ロータと、ロータに作動的に結合されたステータとを有する電気機械が提供される。ステータは、第1の軸線方向端部及び第2の軸線方向端部を備えたステータコアと、ステータ巻線を形成する少なくとも1本の導電性ワイヤとを有し、導電性ワイヤは、ステータコアに取付けられている。ステータ巻線は、第1の軸線方向端部を軸線方向に越えて突出した第1の複数のエンドターンを形成し、第1の複数のエンドターンは、外側電気絶縁層を備えた複数のワイヤ部分を有し、各ワイヤ部分は、別々の外側電気絶縁層を有する。熱伝導性材料が、第1の複数のエンドターンの上に配置され、熱伝導性材料の熱伝導率は、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ である。

30

【0007】

別の実施形態では、ロータと、ロータに作動的に結合されたステータとを有する電気機械が提供される。ステータは、第1の軸線方向端部及び第2の軸線方向端部を備えたステータコアと、ステータ巻線を形成する少なくとも1本の導電性ワイヤとを有し、導電性ワイヤは、ステータコアに取付けられている。ステータ巻線は、第1の軸線方向端部を軸線方向に越えて突出した第1の複数のエンドターンを形成し、セラミック材料が第1の複数のエンドターンを形成する導電性ワイヤの部分の上に配置される。金属材料が第1の複数のエンドターンの上に配置される。

40

【0008】

さらに別の実施形態では、電気機械を製造する方法が提供され、上記方法は、ロータと、第1の軸線方向端部及び第2の軸線方向端部を備えたステータコアを準備する工程を有する。上記方法は、更に、巻線を導電性ワイヤから形成する工程と、巻線をステータコアに取付ける工程とを有し、巻線は、ステータコアの第1の軸線方向端部を越えて突出した

50

第 1 の複数のエンドターンを形成する。巻線をステータコアに取付ける前に、巻線を形成する導電性ワイヤに外側電気絶縁層を被覆する。ステータコアをロータと結合させ、第 1 の複数のエンドターンを、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する熱伝導性材料で被覆する。

【0009】

本発明の上記特徴及び他の特徴並びにこれらを得る仕方は、添付の図面と関連して行う本発明の実施形態についての以下の説明を参照すると明らかになると共に本発明それ自体についても良好に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

10

【図 1】電気機械の側面図である。

【図 2】図 1 の電気機械の端面図である。

【図 3】複数のステータエンドターンの側面図である。

【図 4】ステータエンドターンの端面図である。

【図 5】封入されたエンドターンの断面図である。

【図 6】ステータ巻線の概略図である。

【図 7】電気機械及びハウジングの断面図である。

【図 8】電気機械及び変形例のハウジングの詳細断面図である。

【図 9】熱伝導性材料によって形成された冷却用リブを示す概略図である。

【図 10】熱伝導性材料の中を通る流体通路の概略的な断面図である。

20

【図 11】ステータコアと熱伝導性材料の間の隙間を有する電気機械の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

同じ参照符号は、幾つかの図を通じて同じ部品を示している。本明細書の実施例は、本発明の実施形態を幾つかの形態で示しているが、以下に開示する実施形態は、網羅的ではなく、本発明の範囲を開示した形態そのものに限定するものと解されてはならない。

【0012】

電気機械 20 が、図 1 及び図 2 に示されている。電気機械 20 は、互いに作動的に結合されたステータ 22 及びロータ 24 を有している。ロータ 24 は、電気機械 20 の回転軸線 26 を定めている。図示の実施形態では、電気機械 20 は、三相誘導モータであるが、他の実施形態では、電気機械のステータ巻線を冷却するのに有利である別の電気機械の形態を採用してもよい。三相誘導モータ及びその他の電気機械を作動させる一般的な原理は、当業者によく知られている。

30

【0013】

ステータ 22 は、ステータコア 28 の上に取付けられた巻線 30 を有している。当業者がよく理解しているように、巻線 30 は、軸線方向に延びる部分 48 とエンドターン 38 を有しており、軸線方向に延びる部分 48 は、ステータコア 28 の互いに反対側に位置する軸線方向端部 40 と軸線方向端部 40 の間を延び、エンドターン 38 は、ステータコア 28 の軸線方向端部 40 を軸線方向に越えて突出している。後で詳細に説明するように、エンドターン 38 は、熱伝導性材料 32 に封入されている。熱伝導性材料 32 を貫通して突出したコネクタ 34 が、ステータ巻線 30 を三相 AC 電源等の電源に接続するのに用いられる。

40

【0014】

図示のステータコア 28 は、在来の構造を有しており、複数の積重ね金属板の層で形成され、略円筒形をなし、ロータ 24 を受入れる中央ボアを有している。ロータ 24 を包囲するステータ 22 を利用することが慣例であるけれども、電気機械の変形実施形態では、中央のステータと、ステータを包囲するロータを採用してもよい。

【0015】

図示の実施形態では、複数のスロット 36 が、ステータコア 28 の半径方向内向き面の上をステータコア 28 の軸線方向長さにわたって延びている。巻線 30 は、その軸線方向

50

に延びる部分 48 をスロット 36 に挿入することによって、ステータコア 28 に取付けられている。ステータコア 28 の軸線方向端部 40 を越えて突出した巻線 30 の短い部分 38 が、エンドターンを形成している。図 5 に見られるように、ステータコア 28 の軸線方向端部 40 の各々のところに位置するエンドターン 38 は、導電性ワイヤ 42 で形成され、導電性ワイヤ 42 は、外側電気絶縁層 44 を有し、導電性ワイヤの各エンドターンの部分 38 は、別々の外側電気絶縁層 44 を有している。換言すれば、エンドターン 38 は、多数のエンドターン 38 を包囲する単一で一体の塊状の絶縁材料によって絶縁されていない。

【0016】

図示の実施形態では、導電性ワイヤ 42 を形成するのに銅が用いられ、巻線 30 を形成する導電性ワイヤ 42 は、全長にわたって、セラミック材料で絶縁されている。また、エンドターン 28 を熱伝導性材料 32 に封入することにより導電性ワイヤ 42 又は外側電気絶縁層 44 を損傷させないならば、導電性ワイヤ 42 及び外側電気絶縁層 44 を形成するのに他の材料を用いてもよい。外側電気絶縁層 44 及び導電性ワイヤ 42 の溶融温度よりも低い溶融温度を有する熱伝導性材料 32 を利用することによって、エンドターン 28 を、損傷させることなしに、溶融した熱伝導性材料 32 で封入することができる。エンドターン 38 だけが絶縁されている巻線 30 を利用することも可能であるが、一般的には、巻線 30 を形成する導電性ワイヤ 42 を全長にわたって絶縁することが実用的であろう。

【0017】

熱伝導性材料 32 によるエンドターン 38 の封入は、図 3～図 5 を参照することにより最もよく理解される。図 3 は、ステータの一方の軸線方向端部の側面図であり、エンドターン 38 を概略的に示している。図 3 において、破線 33 は、熱伝導性材料 32 の上方の広がりを示している。図 4 は、ステータコア 28 及び 2 つのエンドターン 38 を示す端面図である。熱伝導性材料 32 は、図 4 には示されていない。図 5 は、熱伝導性材料 32 及び 3 つのエンドターン 38 の断面図である。図を分かりやすくするために、図 3～図 5 において、限られた数のエンドターン 38 だけが示されている。また、絶縁スロットライナ 56 のカフが図 3 に見えることが注目される。スロットライナ 56 は、通常、巻線 30 を形成する導電性ワイヤ 42 とステータコア 28 の積層との間の電気絶縁バリアを提供するのに用いられる。導電性ワイヤ 42 が全長にわたって外側電気絶縁層 44 を備えている場合、スロットライナ 56 の使用を回避してもよい。

【0018】

熱伝導性材料 32 は、それがエンドターン 38 の外側電気絶縁層 44 に直接接触した状態でエンドターン 38 を封入している。図 5 に示す断面図は、熱伝導性材料 32 に埋込まれたエンドターン 38 を示している。図 5 では、エンドターン 38 は、互いに接触状態では示されていない。しかしながら、多くの適用例では、エンドターン 38 は、エンドターン 38 を形成する個々のワイヤの部分同士は、エンドターン 38 を包囲している熱伝導性材料 32 内でいくらか接触するであろう。一般的には、巻線 30 から熱伝導性材料 32 への熱移送を最大にするために、熱伝導性材料 32 が外側電気絶縁層 44 に直接接触する表面積を最大にすることが望ましい。エンドターン 38 を熱伝導性材料 32 内に封入することにより、熱移送を容易にするだけでなく、エンドターン 38 を熱伝導性材料 32 内に固着させる。ポット材料を用いて、ステータのエンドターンを封入して固着させることが知られている。伝統的なポット材料は、エポキシ及び樹脂状材料を含み、典型的には、約 $3.0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 以下の熱伝導率しか有していない。伝統的なポット材料は、エンドターンの構造的な固定を行うが、これら伝統的なポット材料は、典型的には、熱の除去を容易にするわけではない。

【0019】

伝統的なポット材料とは対照的に、熱伝導性材料 32 は、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、有利には少なくとも約 $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、更に有利には少なくとも約 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する。高い熱伝導率を有する材料を用いることにより、エンドターン 38 からの熱の移送を向上させる。

【0020】

熱伝導性材料32は、2つの異なるメカニズムによって、エンドターン38から熱エネルギーを除去する。第1に、熱伝導性材料32は、熱をエンドターン38から除去する導管として作用し、それに引続いて、熱を、熱伝導性材料32に熱的に結合された別の媒体に移送する導管として作用する。例えば、熱伝導性材料32は、熱をハウジングに、又は、熱伝導性材料32と直接接触している空気又は別の流体に移送する。第2に、熱伝導性材料32は、ヒートシンクとして作用し、エンドターン38から除去された熱エネルギーは、熱伝導性材料32の中に残り、その温度を上昇させる。ほぼ全ての適用例において、熱伝導性材料32は、熱エネルギーをエンドターン38から両方のメカニズムを介して除去する。

10

【0021】

図示の実施形態では、熱伝導性材料32は、金属材料であり、アルミニウム合金である。望ましい物理的特性を得るために、錫、銀及びその他の材料を熱伝導性材料32に添加するのがよい。熱伝導率に加えて、熱伝導性材料32のより重要な物理的性質のうちの1つは、導電性ワイヤ42及び外側電気絶縁層44に対する熱伝導性材料32の溶融温度である。溶融した熱伝導性材料32による封入中の導電性ワイヤ42及び外側電気絶縁層44の構造的損傷を阻止するため、熱伝導性材料32は、その融点が導電性ワイヤ42及び外側電気絶縁層44の融点よりも低くなるように選択され、導電性ワイヤ42又は外側電気絶縁層44に損傷を与えることなしに、外側電気絶縁層44に液体状態で接触することができる。一般的には、エンドターンを完全に液体の熱伝導性材料で封入し、熱伝導性材料を固体又は半固体状態に硬化させることが望ましいけれども、熱伝導性材料32が部分的に溶融状態にあるときにエンドターンを封入することも可能である。

20

【0022】

図示の実施形態では、導電性ワイヤ42は、銅で形成され、銅の溶融温度は、約1084℃である。また、高温用マグネットワイヤをニッケル被覆銅又はニッケルだけで形成することが知られており、導電性ワイヤ42を形成するのに、かかる高温用マグネットワイヤを用いてもよい。ニッケルは、約1453℃の溶融温度を有する。高温適用例のマグネットワイヤに外側セラミック層44を設けることが知られている。かかる外側セラミック層44は、完全に硬化させたガラス質エナメル膜で作られるのがよく、かかるガラス質エナメル膜は、ベースワイヤにしっかりと結合され、これと同じ可撓性を有する。セラミック被覆マグネットワイヤは、商業的に入手可能であり、セラミック被膜は、約1000℃の温度に耐えるのがよい。

30

【0023】

アルミニウムは、約660℃の溶融温度を有し、かくして、セラミック被膜44銅ワイヤ42と共に、純アルミニウム又はアルミニウム合金のいずれかとしての熱伝導性材料32として容易に採用される。熱伝導性材料32を形成するために、例えば、溶融温度が約232℃の錫及び溶融温度が約961℃の銀を、アルミニウムと共に用いてもよい。熱伝導性材料32に用いられる材料の正確な比は、熱伝導性材料32の溶融温度を制御するためだけでなく、熱伝導性材料32の他の物理的性質、例えば熱伝導性材料32の熱伝導率及び熱膨張率を制御するために調節されるのがよい。

40

【0024】

封入材料32を形成するのに用いられる材料の熱伝導率に関し、アルミニウムの熱伝導率は、 $200\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ よりも幾分大きく、錫の熱伝導率は、 $66.8\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ であり、銀の熱伝導率は、 $400\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ よりも幾分大きいことに注目すべきである。導電性ワイヤ42に関し、銅は、 $350 \sim 400\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有し、ニッケルは、 $91\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する。外側電気絶縁層44を形成するのに用いられるセラミック材料は、 $30 \sim 45\text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する場合が多い。一般的には、封入材料32の熱伝導率を最大にすることが望ましいが、他の設計要因も、封入材料、即ち、熱伝導性材料32の選択に影響を及ぼす場合がある。熱伝導率の値のうちの下限について、封入材料32は、外側電気絶縁層44の熱伝導率よりも高

50

い熱伝導率を有することが望ましく、また、一般的には、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の値を有する封入材料 32 を用いることによって、外側電気絶縁層 44 よりも高い熱伝導率を有する。

【0025】

熱伝導性材料 32 を形成する金属材料の使用により、幾つかの利点を得られる。封入材料 32 を形成する金属の使用により、伝統的なポット材料と比較して高レベルの熱伝導率が得られるだけでなく、一般的には、導電性ワイヤ 42 の熱膨張率に比較的近い熱膨張率が得られる。その結果、導電性ワイヤ 42 は、電気機械 20 の動作温度範囲全体にわたって導電性ワイヤ 42 及び封入材料 32 に生じる熱膨張の差による損傷を受ける恐れが低くなる。また、エンドターンと熱伝導性材料の間の熱膨張の差を補償する材料をエンドター

10

【0026】

エンドターン 38 を封入するのに金属材料を用いることが有利であるけれども、変形実施形態では、非金属材料又は純非金属材料が比較的高い熱伝導率を有していれば、金属材料と非金属材料の組合せ、又は、金属材料と純非金属材料の組合せを採用してもよい。また、金属は、典型的には、導電性材料であり、導電性ワイヤ 42 を熱伝導性材料 32 から分離するために外側電気絶縁層 44 を用いることにより、かかる導電性材料を、エンドター

20

【0027】

図示の実施形態は、厚さ 0.1 ~ 0.3 ミリメートルのセラミック外側電気絶縁層 44 を備えた導電性ワイヤ 42 を有する。しかしながら、外側電気絶縁層 44 を形成する他の材料を用いてもよい。例えば、錫が熱伝導性材料 32 を形成するのに用いられる唯一の又は主要な材料であり、例えば、熱伝導性材料が錫と銀で形成されていれば、外側電気絶縁層 44 は、セラミック材料により得られる熱的性能と同一の熱的性能を必要とせず、約 260°C の温度限度を有するポリイミドフィルムを外側電気絶縁層 44 として利用することが可能である場合がある。種々の他の変形実施形態も可能である。例えば、熱伝導性材料 32 を形成するのに、金属材料と非金属材料の混合物を用いてもよく、幾つかの熱伝導性材料 32 では、約 180°C の温度限度を有するポリイミドエナメルで形成された外側電気絶縁層 44 を有する導電性ワイヤ 42 を坂要することが可能な場合がある。

30

【0028】

図 7 及び図 8 に示すように、電気機械 20 を形成するステータ 22 及びロータ 24 が、ハウジング 50 内に配置される。熱伝導性材料 32 とハウジング 50 を熱的に結合させることによって、電気機械 20 の冷却を一段と促進させることができる。熱伝導性材料 32 をハウジング 50 に熱的に結合させるのに、一般的には、熱伝導性材料 32 をハウジング 50 の表面 54 に直接当接させることが有利である。熱伝導性材料 32 とハウジング 50 の間の熱エネルギーの移送を行う他の手段を採用してもよい。

【0029】

図 7 及び図 8 に示すハウジング 50 は、流体通路 52 を有し、熱伝導性材料 32 からハウジング 50 に移送された熱を除去する冷却用液体を、流体通路 52 を通して循環させる。かかる流体通路を備えたハウジング 50 は、しばしば、ウォータージャケットと呼ばれる。流体通路 52 を備えることにより、ハウジング 50 の除熱能力が大幅に増大するけれども、かかる通路を備えていないハウジングは、熱伝導性材料 32 に熱的に結合されていれば、ヒートシンクとして働くことによって熱の除去を容易にする。かかるハウジングは、熱を周囲環境中に放散させるフィン又はその他の手段を有していてもよい。かかる熱消散速度を増大させるファンを採用してもよい。

40

【0030】

次に、電気機械 20 の製造及び組立てについて説明する。従来の方法を利用して、ロータ 24 を製造する。従来 of 巻線設備及び方法を用いて、巻線 30 を巻いて、ループにする。ステータコア 28 は、従来 of 構造を有し、ステータコア 28 を、積重ね金属層から形成

50

する。巻線 30 をステータコア 28 に取付け、エンドターン 38 を、軸線方向端部 40 を越えるようにそれから突出させる。巻線 30 を、従来の挿入設備及び方法を利用して挿入し、巻線 30 の軸線方向部分 48 を、ステータスロット 36 に挿入する。

【0031】

エンドターン 38 を封入する前、エンドターン 38 は、外側電気絶縁層 44 を有している。これは、導電性ワイヤ 42 を巻線 30 に形成する前に且つ巻線 30 をステータコア 28 に取付ける前に、導電性ワイヤ 42 に外側電気絶縁層 44 を設けることによって最も容易に達成される。巻線 30 をステータコア 28 に取付けた後、エンドターン 38 を熱伝導性材料 32 で封入する。エンドターン 38 を封入する前又はその後のいずれかにおいて、ステータコアとロータを互いに結合させて、電気機械を形成する。同様に、電気機械 20 がハウジング 50 を有していれば、ステータコア 28 をハウジング 50 内に取り付ける前又はその後のいずれかにおいて、エンドターン 38 を封入する。一般的には、成形ジグを用い且つ圧力下で、熱伝導性材料 32 を成形することが有利である。また、エンドターン 38 を熱伝導性材料 32 の中に浸して、エンドターン 38 を封入してもよい。浸しプロセスの 1 つの利点は、浸しプロセスが、熱伝導性材料とステータコア 28 との間に隙間 64 を形成するのに容易に使用されることである。かかる隙間 64 を、図 11 に示し、かかる隙間 64 により、エンドターン 38 の短い長さ部分を熱伝導性材料 32 とステータコア 28 の間に露出させたままにし、また、冷却用流体、すなわちガス及び液体が隙間 64 を流れて、除熱を促進させることを可能にする。

【0032】

電気機械をハウジング内に取り付ける前にエンドターンを封入する場合、又は、電気機械 20 がハウジングを有していない場合、エンドターン 38 を熱伝導性材料 32 で封入するとき、固定具及び型が用いられる。変形例として、エンドターン 38 を、溶融状態でハウジング 50 内に導入される熱伝導性材料 32 で封入する前、ステータコア 28 をハウジング 50 内に取り付けてもよい。それにより、ハウジング 50 は、型として作用し、熱伝導性材料 32 の最終形状を形成するのに用いられる固定具及び型の必要を減少させ又はなくす。

【0033】

図 7 は、電気機械 20 をハウジング 50 内に取り付ける前にエンドターン 38 を封入した実施形態を示している。図 8 は、エンドターン 38 を封入する前に電気機械 20 がハウジング 50 内に取り付けられ、ハウジング 50 が熱伝導性材料 32 の型として作用する実施形態を示している。ハウジング 50 を熱伝導性材料 32 のための部分的な又は完全な型として使用することは、電気機械のエンドターンを電気機械のハウジング内に封入するために従来のポット材料を使用することと類似している。熱伝導性材料 32 をハウジング 50 内で成形することによって、熱伝導性材料 32 とハウジング 50 が直接接触する表面積を容易に拡大させることができる。この拡大した接触表面積は、熱伝導性材料からハウジング 50 への熱移送を促進させる。

【0034】

熱伝導性材料 32 は又、熱の伝達を更に増大させる種々の熱移送部を形成するのがよい。図 9 及び図 10 は、かかる熱移送部の 2 つの例を示している。図 9 は、軸線方向に突出したフィンの形態を有する熱移送部 62 を示している。フィン 62 は、熱をエンドターン 38 から移送して遠ざけるのに利用可能な熱伝導性材料 32 の表面積を増大させる。フィン 62 は、熱伝導性材料から、成形によって形成されてもよいし、予備成形フィンを熱伝導性材料の主本体に溶接することによって形成されてもよいし、その他適当な手段によって形成されてもよい。

【0035】

図 10 は、熱伝導性材料 32 の中を延びる流体通路の形態を有する熱移送部 58 を示している。流体通路 58 により、冷却用ガス又は液体が熱伝導性材料 32 の中を流れ、熱の移送を促進させる。中空管 60 を適当な箇所に位置決めし、エンドターン 38 を熱伝導性材料 32 で封入すると同時に、管 60 を熱伝導性材料 32 で封入することによって、流体

通路 58 を形成するのがよい。管 60 は、成形プロセス中、熱伝導性材料 32 の制限を越えて延び、成形材料 32 の硬化後、管 60 を切除するのがよい。

【0036】

図 9 及び図 10 に示す熱移送部 62, 68 は両方とも、図 5 に示したように実質的に中実で且つ連続した直線で囲まれた断面に対して、流体の流れに露出される熱伝導性材料 32 の表面積を増大させる。流体の流れに露出される表面積の増大をもたらす更に別の熱移送部を採用してもよい。例えば、熱移送に利用できる表面積を増大させる不連続部を熱伝導性材料の外面に形成してもよく、かかる不連続部は、例えば、図示のフィン 0 以外の突出部、又は、ディンプル等の凹部である。

【0037】

本発明を例示の設計を有するものとして説明したが、本発明は、本発明の精神及び範囲内で更に改造できる。したがって、本願の要旨は、本発明の一般的な原理を用いた本発明の任意の変形例、使用又は改造例を含むものである。

【符号の説明】

【0038】

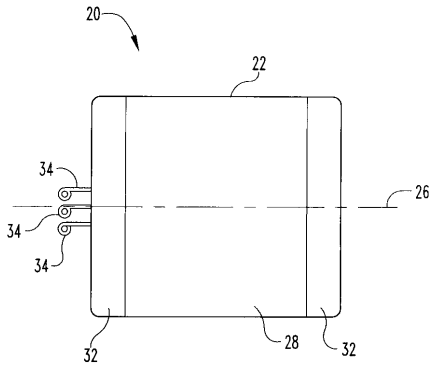
- 20 電気機械
- 22 ステータ
- 24 ロータ
- 28 ステータコア
- 30 巻線
- 32 熱伝導性材料
- 34 コネクタ
- 36 スロット
- 38 エンドターン
- 40 軸線方向端部
- 42 導電性ワイヤ
- 44 外側電気絶縁層
- 48 軸線方向に延びる部分
- 50 ハウジング
- 52 流体通路

10

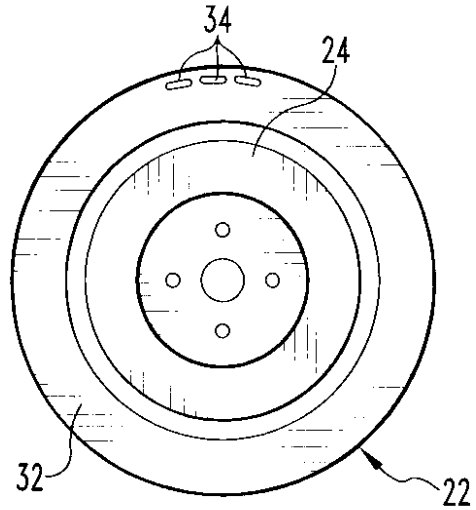
20

30

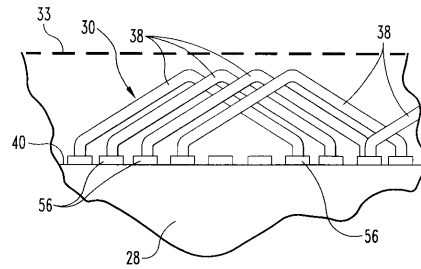
【図 1】



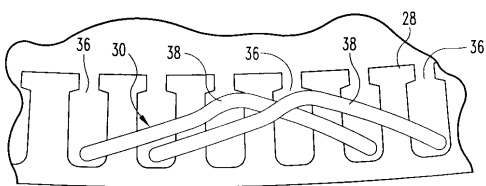
【図 2】



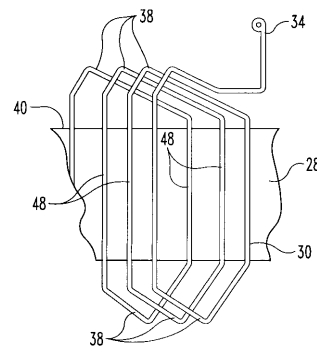
【図 3】



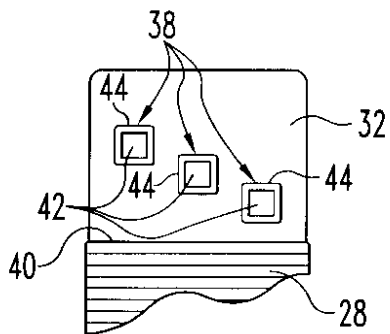
【図 4】



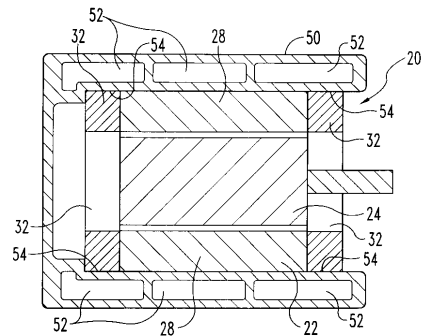
【図 6】



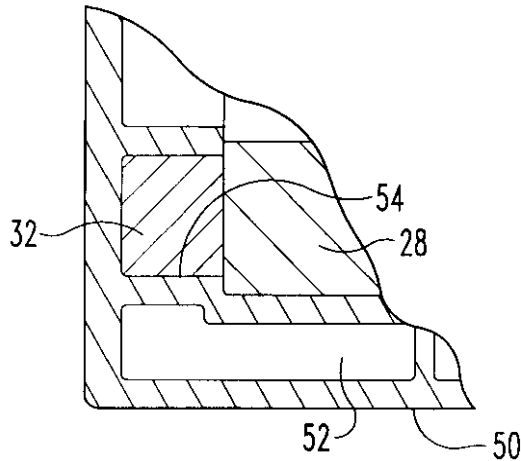
【図 5】



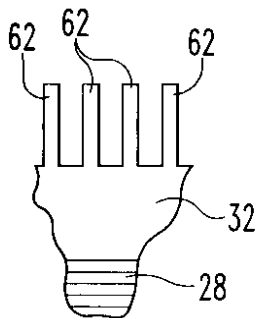
【図 7】



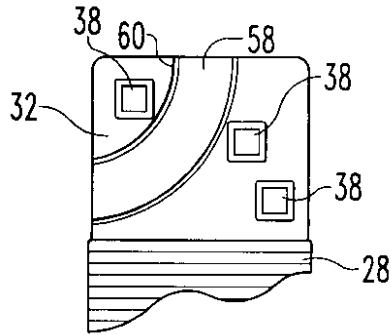
【図 8】



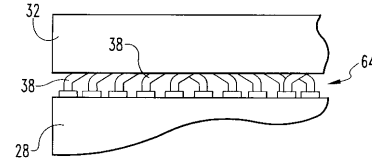
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【手続補正書】

【提出日】平成24年12月26日(2012.12.26)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気機械であって、

ロータと、前記ロータに作動的に結合されたステータと、を有し、

前記ステータは、第 1 の軸線方向端部及び第 2 の軸線方向端部を備えたステータコアと、ステータ巻線を形成する少なくとも 1 本の導電性ワイヤと、を有し、

前記導電性ワイヤは、前記ステータコアに取付けられており、前記ステータ巻線は、前記第 1 の軸線方向端部を軸線方向に越えて突出した第 1 の複数のエンドターンを形成し、前記第 1 の複数のエンドターンは、外側電気絶縁層を備えた複数のワイヤ部分を有し、各ワイヤ部分は、別々の外側電気絶縁層を有し、

前記ステータは、更に、前記第 1 の複数のエンドターンの上に配置された熱伝導性材料を有し、前記熱伝導性材料は、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、電気機械。

【請求項 2】

前記熱伝導性材料は、少なくとも約 $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 3】

前記熱伝導性材料は、少なくとも約 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項

1 に記載の電気機械。

【請求項 4】

前記熱伝導性材料は、金属材料である、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 5】

前記導電性ワイヤは、その全長にわたって、前記外側電気絶縁層で被覆される、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 6】

更に、ハウジングを有し、

前記ステータ及び前記ロータは、前記ハウジング内に配置され、

前記熱伝導性材料は、前記ハウジングと熱的に結合され、

前記ハウジングは、流体通路を有する、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 7】

前記熱伝導性材料は、熱移送部を形成し、前記熱移送部は、実質的に中実で且つ連続した直線で囲まれた断面に対して、流体流れに露出される前記熱伝導性材料の表面積を増大させる、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 8】

前記外側電気絶縁層は、セラミック材料であり、前記熱伝導性材料は、アルミニウムを含む、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 9】

前記ステータ巻線は、前記第 2 の軸線方向端部を軸線方向に越えて突出した第 2 の複数のエンドターンを形成し、前記第 2 の複数のエンドターンは、外側電気絶縁層を備えた複数の第 2 のワイヤ部分を有し、各第 2 のワイヤ部分は、別々の外側電気絶縁層を有し、

熱伝導率が少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の第 2 の熱伝導性材料が設けられ、前記第 2 の熱伝導性材料は、前記第 2 の複数のエンドターンを実質的に封入すると共に前記第 2 の複数のエンドターンの外側電気絶縁層に直接接触し、

前記熱伝導性材料は、前記第 1 の複数のエンドターンを実質的に封入すると共に前記第 1 の複数のエンドターンの前記外側電気絶縁層に直接接触する、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 10】

前記熱伝導性材料の少なくとも一部分は、隙間によって前記ステータコアから分離される、請求項 1 に記載の電気機械。

【請求項 11】

電気機械を製造する方法であって、

ロータを準備する工程と、

第 1 及び第 2 の軸線方向端部を有するステータコアを準備する工程と、

巻線を導電性ワイヤから形成する工程と、

前記巻線を前記ステータコアに取付け、前記巻線により、前記ステータコアの第 1 の軸線方向端部を越えるように突出した第 1 の複数のエンドターンを形成する工程と、

前記巻線を前記ステータコアに取付ける前に、前記巻線を形成する導電性ワイヤに、外側電気絶縁層を被覆する工程と、

前記ステータコアを前記ロータと結合させる工程と、

前記第 1 の複数のエンドターンを、少なくとも約 $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する熱伝導性材料で被覆する工程と、を有する方法。

【請求項 12】

前記外側絶縁被覆材は、セラミック材料である、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

更に、前記ステータコアをハウジング内に取付ける工程を有し、

前記第 1 の複数のエンドターンを熱伝導性材料で被覆する前記工程は、前記熱伝導性材料を少なくとも部分的に液体の状態で前記ハウジング内に導入する工程と、前記熱伝導性材料を前記ハウジング内で少なくとも部分的に凝固させる工程とを含む、請求項 11 に記

載の方法。

【請求項 1 4】

前記第 1 の複数のエンドターンを被覆する前記工程は、前記第 1 の複数のエンドターンを形成する前記導電性ワイヤの部分を前記熱伝導性材料で実質的に全体的に包囲する工程を含む、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記熱伝導性材料は、金属材料であり、少なくとも約 $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記熱伝導性材料は、金属材料であり、少なくとも約 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ の熱伝導率を有する、請求項 1 1 に記載の方法。

フロントページの続き

(74)代理人 100095898

弁理士 松下 満

(74)代理人 100098475

弁理士 倉澤 伊知郎

(74)代理人 100123607

弁理士 渡邊 徹

(72)発明者 ブラッドリー ディー チェンバレン

アメリカ合衆国 インディアナ州 46064 ペンドルトン ウェスト 1000 サウス 2
627

(72)発明者 コリン ハイマー

アメリカ合衆国 インディアナ州 46060 ノーブルズヴィル イースト ワンハンドレッド
アンドフォーティーシックス ストリート 15424

Fターム(参考) 5H609 BB02 BB19 PP02 PP06 PP09 QQ03 QQ04 QQ05 QQ08 QQ23

RR33 RR61 RR63 RR69

5H615 AA01 BB01 BB06 BB14 PP01 PP14 QQ06 RR01 SS44 TT15

TT34