(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2017-11886
(P2017-11886A)
(43)公開日　平成29年1月12日(2017.1.12)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H02K	9/22	(2006.01)	H02K	9/22	Z	5H603
H02K	3/24	(2006.01)	H02K	3/24	J	5H609

審査請求 未請求　請求項の数 4　ＯＬ　（全 14 頁）

(21)出願番号　特願2015-125337 (P2015-125337)
(22)出願日　平成27年6月23日 (2015.6.23)

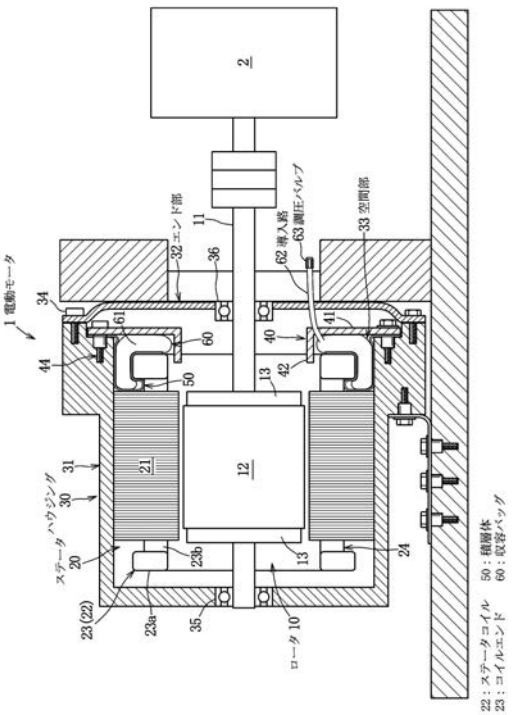
（出願人による申告）平成２７年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」に係る委託研究、産業技術力強化法第１９条の適用を受ける特許出願

(71)出願人　000003137
マツダ株式会社
広島県安芸郡府中町新地３番１号
(74)代理人　100089004
弁理士　岡村　俊雄
(72)発明者　米盛　敬
広島県安芸郡府中町新地３番１号　マツダ株式会社内
(72)発明者　瀬尾　宣英
広島県安芸郡府中町新地３番１号　マツダ株式会社内

Ｆターム(参考)　5H603 AA12 AA15 BB01 BB07 BB09
BB12 CA01 CA05 CB03
5H609 BB03 PP02 PP05 PP09 QQ23
RR58 RR71 RR73 RR74

(54)【発明の名称】電動モータの冷却構造

(57)【要約】
【課題】コイルエンドとハウジングとの間に空気絶縁層を確保しながら、コイルエンドにグラフェンシートの積層体を一様な押圧力で面接触させることにより冷却能力を向上することができる電動モータの冷却構造を提供する。
【解決手段】ロータ１０と、ステータコイル２２が巻回されたステータ２０と、ロータ１０及びステータ２０を収容するハウジング３０と、このハウジング３０とステータ２０のコイルエンド２３との間に形成された空間部３３とを備えた電動モータ１の冷却構造において、空間部３３に配設され且つ複数のグラフェンシート５１を夫々積層した複数の積層体５０と、コイルエンド２３とハウジング３０に対して複数の積層体５０を厚さ方向から押圧する加圧空気を収容した収容バッグ６０とを有する。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ロータと、ステータコイルが巻回されたステータと、前記ロータ及びステータを収容するハウジングと、このハウジングとステータのコイルエンドとの間に形成された絶縁用空間部とを備えた電動モータの冷却構造において、
前記絶縁用空間部に配設され且つ複数のグラフェンシートを夫々積層した複数の積層体と、
前記コイルエンドとハウジングに対して前記複数の積層体を厚さ方向から押圧する加圧空気を収容した加圧空気収容バッグとを有することを特徴とする電動モータの冷却構造。
【請求項２】
前記加圧空気収容バッグの内圧が１００～７００ｋＰａに設定されていることを特徴とする請求項１に記載の電動モータの冷却構造。
【請求項３】
前記ハウジングが前記ロータの軸心方向端部を塞ぐハウジングエンド部材を備え、
前記加圧空気収容バッグに、前記ハウジングエンド部材を貫通して外部に延びる加圧空気導入路と、前記加圧空気導入路の先端に配設された調圧バルブとを設けたことを特徴とする請求項１又は２に記載の電動モータの冷却構造。
【請求項４】
前記積層体は、前記複数のグラフェンシートを夫々積層して形成された中間積層体を平行な２辺において前記ロータの軸心と平行な折畳み線を含む折畳み線により複数回折畳んで構成されていることを特徴とする請求項１～３の何れか１項に記載の電動モータの冷却構造。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電動モータの冷却構造に関し、特にグラフェンシートを用いた電動モータの冷却構造に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来より、電動モータ（電動機）は、様々な分野で動力源として使用に供されている。
電動モータが、電気エネルギを運動エネルギに変換することによって回動するとき、一部の電気エネルギが熱エネルギに変換されて発熱される。
また、安全性の観点から、ハウジングの内壁部とステータのコイルエンドとの間を空気絶縁させるため、両者の間に所定距離離隔するための空間部が設けられている。
これに伴い、コイルエンドからハウジングへの熱伝導性を高くすることが難しく、電動モータ内の熱対策が必要であった。
特に、電気自動車に搭載されるような大型（高出力）の電動モータ程、大きな発熱量になり、この発熱量は電動モータの効率低下を招くため、種々の冷却技術が提案されている。
【０００３】
特許文献１の電動モータの冷却構造は、ロータと、ステータコイルが巻回されたステータと、これらロータ及びステータを収容するハウジングと、このハウジングと一端側のコイルエンドとの間に形成された潤滑油用第１貯留槽と、ハウジングと他端側のコイルエンドとの間に形成された潤滑油用第２貯留槽と、これら第１貯留槽と第２貯留槽とを連通する連通路とを備え、連通路の上側部分を第１，第２貯留槽に貯留される潤滑油の油面よりも上方になるように形成している。
これにより、連通路内の潤滑油の滞留を抑制しながらコイルエンドを油没させて冷却を図っている。
【０００４】
近年、優れた移動度性能を有する素材としてグラフェン（グラフェンシートともいう）

が注目されている。グラフェンは、炭素原子が六角形の網目を描くように結合した１原子層分の厚みしかない平面状物質である。
グラフェン中の荷電粒子（電子）の移動度は、室温で１５０００ｃｍ^2／Ｖｓである一方、移動度に関連する特性（電気、熱、強度等）の発現は平面方向に限定されている。グラフェンは、通常、複数積層させた積層物（グラファイト）の形態で使用されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０１４－２２５９７１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
特許文献１の電動モータの冷却構造は、絶縁用空間部を潤滑油用貯留槽に利用し、別途ハウジング内に通気口を形成することなく、連通路内の潤滑油の滞留を抑制している。
しかし、特許文献１の電動モータの冷却構造では、コイルエンドを油没させて冷却する、所謂潤滑油との熱交換型湿式冷却であるため、潤滑油と、この潤滑油を循環させるための油路、更には、潤滑油のメンテナンス等が必要とされ、生産コストが高価になる虞がある。
また、大型の電動モータの場合、昇温速度が極めて速く（例えば３ｓｅｃで約２００℃上昇）、潤滑油を用いた熱交換型湿式冷却では電動モータ内の各部材に対する冷却能力が追いつかない虞もある。
特許文献１の技術は、潤滑油を用いた冷却機構に加え、ハウジングの壁部内に別途冷却水路を形成し、電動モータ内の冷却能力の更なる向上を図っているものの、構造の複雑化及びコストの観点で依然として課題が残る。
【０００７】
前述のように、特定の使用条件下において、グラフェンの熱伝導性が優れていること自体は知られているため、グラフェンを冷却機構に活用することも考えることができる。
グラフェンを冷却機構に活用する場合、面方向と厚さ方向とで物性値が大きく異るという特異性を考慮した上で、その適用部位や適用形態等を設定する必要がある。
そこで、本発明者が検討を行った結果、冷却対象部位であるコイルエンドにグラフェンを単に面接触させても、所定押圧力以上で一様に面接触させなければ冷却能を確保できる熱量がコイルエンドからグラフェンに対して伝導されないことを知見した。
しかも、コイルエンドが配置される絶縁用空間部の構造は狭隘且つ複雑であるため、コイルエンドにグラフェンを一様な押圧力で面接触させることは容易ではない。
【０００８】
本発明の目的は、コイルエンドにグラフェンシートの積層体を一様な押圧力で面接触させることにより冷却能力を向上可能な電動モータの冷却構造等を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
請求項１の発明は、ロータと、ステータコイルが巻回されたステータと、前記ロータ及びステータを収容するハウジングと、このハウジングとステータのコイルエンドとの間に形成された絶縁用空間部とを備えた電動モータの冷却構造において、前記絶縁用空間部に配設され且つ複数のグラフェンシートを夫々積層した複数の積層体と、前記コイルエンドとハウジングに対して前記複数の積層体を厚さ方向から押圧する加圧空気を収容した加圧空気収容バッグとを有することを特徴としている。
【００１０】
この電動モータの冷却構造では、絶縁用空間部に配設され且つ複数のグラフェンシートを夫々積層した複数の積層体を備えるため、潤滑油等の熱交換用冷却媒体を省略することができ、また、安全性の観点からから必要不可欠な空気絶縁用空間部を維持しつつ、この絶縁用空間部を利用して複数の積層体を配設することができる。コイルエンドとハウジン

グに対して複数の積層体を厚さ方向から押圧する加圧空気を収容した加圧空気収容バッグを備えるため、絶縁用空間部の形状に拘らず、コイルエンドとハウジングとの間に空気絶縁層を確保しながら、コイルエンドにグラフェンシートを一様な押圧力で面接触させることができる。

【００１１】

請求項２の発明は、請求項１の発明において、前記加圧空気収容バッグの内圧が１００～７００ｋＰａに設定されていることを特徴としている。

この構成によれば、グラフェンシートの優位な熱伝導特性を確実に発揮させることができる。

【００１２】

請求項３の発明は、請求項１又は２の発明において、前記ハウジングが前記ロータの軸心方向端部を塞ぐハウジングエンド部材を備え、前記加圧空気収容バッグに、前記ハウジングエンド部材を貫通して外部に延びる加圧空気導入路と、前記加圧空気導入路の先端に配設された調圧バルブとを設けたことを特徴としている。

この構成によれば、加圧空気収容バッグを非充填状態で組み付けることができるため、組付作業性を向上でき、組付け後に加圧空気収容バッグを充填状態にするため、加圧空気収容バッグの圧力管理を容易化することができる。

【００１３】

請求項４の発明は、請求項１～３の何れか１項の発明において、前記積層体は、前記複数のグラフェンシートを夫々積層して形成された中間積層体を平行な２辺において前記ロータの軸心と平行な折畳み線を含む折畳み線により複数回折畳んで構成されていることを特徴としている。

この構成によれば、コイルエンド及びハウジングに対する積層体の専有面積に拘らず、コイルエンドからハウジングまでの熱伝導経路の熱伝導量を増加することができる。

【発明の効果】

【００１４】

本発明の電動モータの冷却構造によれば、コイルエンドとハウジングとの間に空気絶縁層を確保しながら、コイルエンドにグラフェンシートの積層体を一様な押圧力で面接触させることにより冷却能力を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】実施例１に係る電動モータの縦断面図である。
【図２】図１の収容バッグ周辺部分の要部拡大図である。
【図３】図２の段差部周辺部分の要部拡大図である。
【図４】電動モータのロータを除く分解斜視図である。
【図５】グラフェンシートの説明図である。
【図６】中間積層体の説明図である。
【図７】積層体の斜視図である。
【図８】グラフェンシートの押圧力と熱伝導率との関係を示すグラフである。
【図９】折畳み工程の説明図である。
【図１０】積層体の挿通部周辺部分の平面図である。
【図１１】熱伝導ボルトの縦断面図である。
【図１２】図３の熱伝導ボルトと積層体との接触部分の要部拡大図である。
【図１３】図７のXIII－XIII線断面図である。
【図１４】延長部の変形例を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

以下の説明は、本発明を所定の制御部によって駆動が制御される永久磁石同期モータに適用したものを例示したものであり、本発明、その適用物、或いは、その用途を制限する

ものではない。尚、以下、図における左側を左方とし、図における上側を上方として説明する。また、図３，図７，図１０，図１３において、熱の伝達方向を矢印を用いて示している。

【実施例１】

【００１７】

以下、本発明の実施例１について図１～図１３に基づいて説明する。

図１に示すように、電動機としての電動モータ１は、円筒状のロータ１０と、このロータ１０の外周側に配設された円筒状のステータ２０と、ロータ１０及びステータ２０を収容する円筒状のハウジング３０等を備えている。

この電動モータ１は、ステータ２０に制御された交流電流が流されることにより発生する磁界によって、ステータ２０の内側に収容されたロータ１０が回転するように構成されている。

【００１８】

まず、ロータ１０について説明する。

図１に示すように、ロータ１０は、電動モータ１の出力軸を兼ねたロータシャフト１１と、ロータコア１２と、左右１対のエンドプレート１３とを備えている。

ロータシャフト１１は、右端部が負荷装置２に連結され、左端部及び右端側途中部が軸受３５，３６を介してハウジング３０に回転自在に支持されている。

【００１９】

ロータコア１２は、電磁鋼板からなる鉄心が左右方向に多数積層され、熱圧着等により一体形成されている。このロータコア１２は、ロータシャフト１１に回り止め嵌合され、その外径側内部には周方向に所定数の永久磁石（図示略）が埋設されている。

左右１対のエンドプレート１３は、ロータコア１２の左右両端部に当接状に設けられ、ロータシャフト１１に対してロータコア１２の左右方向の位置決めを行っている。

【００２０】

次に、ステータ２０について説明する。

図１，図２，図４に示すように、ステータ２０は、円筒状のステータコア２１と、ステータコイル２２等を備えている。

ステータコア２１は、電磁鋼板からなる鉄心が左右方向に多数積層され、熱圧着等により一体形成されている。このステータコア２１は、ハウジング３０の内壁部３１ｃに外周が回り止め嵌着され、その内径部分がロータコア１２の外径部分と微小な間隔を空けて対向配置されている。ステータコア２１には、周方向に等間隔で複数のリブ（図示略）が突設され、これらのリブにＵ相コイル群、Ｖ相コイル群及びＷ相コイル群から構成された銅製エナメル線のステータコイル２２が定法に従って巻装されている。

【００２１】

ステータコイル２２は、ステータコア２１の左右両端部から夫々左右（軸心）方向外側に突出した状態で折り返された左右１対のコイルエンド２３を備えている。

図１，図２に示すように、左右１対のコイルエンド２３は、ステータコア２１から離隔した位置に形成された大径部２３ａと、この大径部２３ａとステータコア２１との間に形成され且つ縦断面視にて大径部２３ａよりも上下方向の幅が狭く形成された小径部２３ｂとを備えている。ステータコア２１の左右両側には、ステータコア２１の縦壁部と小径部２３ｂと大径部２３ａとによって、縦断面視にてロータシャフト１１の内径（軸心）方向に向かって凹入した凹部２４が夫々形成されている。

【００２２】

左右１対のコイルエンド２３（大径部２３ａ及び小径部２３ｂ）の絶縁被覆の表面には、絶縁性放熱ペーストが夫々塗布されている。

絶縁性放熱ペーストは、絶縁性を確保しつつ、熱伝導性や放熱性を確保する材質、例えば、アルコキシド化合物の加水分解反応とシラノール脱水縮合反応により生成されたペーストが用いられている。尚、この絶縁性放熱ペーストは、ステータコア２１の縦壁部にも塗布されている。

【００２３】
ステータコイル２２の巻線方式は、集中巻方式と分布巻方式に大別することができる。
集中巻方式は、各磁極の重なりがなく、ステータコイル２２同士の干渉が少ないため、コイルエンド２３の左右長を短くできる反面、出力トルク当りの磁石の使用量が多く、コギングが大きくなる。
分布巻方式は、各相の磁極が部分的に重なり、コイルエンド２３にてステータコイル２２が交差する形状になるため、コイルエンド２３の左右長が長くなり、形状が複雑化する反面、出力トルク当りの磁石の使用量が少なく、コギングが小さくなる。
本実施例では、ステータコア２１から露出するコイルエンド２３の露出面積を大きく確保するために、コイルエンド２３の左右長が長くなる分布巻方式を採用している。
【００２４】
次に、ハウジング３０について説明する。
図１～図４に示すように、ハウジング３０は、アルミニウム合金材材料で形成され、有底筒状の本体部３１と、この本体部３１の右側開口を閉塞する略円板状のエンド部３２（ハウジングエンド部材）等を備えている。それ故、本体部３１及びエンド部３２に入熱された熱量は、速やかにこれらの内部を伝達されて外部に放熱される。
本体部３１には、軸受３５と、３つのボルト穴３４ｈと、段差部３１ａと、この段差部３１ａに設けられた複数の凹入部３１ｄ及び複数のボルト穴４４ｈが形成されている。
軸受３５は、左側縦壁中央部分に設置されたベアリングにより構成されている。３つのボルト穴３４ｈは、右端部の端壁部３１ｂに周方向に等間隔になるように形成されている。
図３に示すように、複数の円筒状凹入部３１ｄは、段差部３１ａの底部から左方へ凹入するように形成されている。複数のボルト穴４４ｈは、凹入部３１ｄよりも小径に形成され、複数の凹入部３１ｄの底部から左方へ凹入するように夫々形成されている。
【００２５】
エンド部３２には、軸受３６と、３つの開口３２ａと、バルブ開口３２ｂが形成されている。軸受３６は、縦壁中央部分に設置されたベアリングにより構成されている。
３つの開口３２ａは、周方向に等間隔になる位置において外径方向に張り出した３つのボルトボス部に夫々形成されている。バルブ開口３２ｂは、エンド部３２の縦壁の径方向途中部において縦壁を左右に貫通するように形成されている。
エンド部３２は、開口３２ａに挿通されたボルト３４をボルト穴３４ｈに夫々締結することにより本体部３１に固定されている。
【００２６】
図１，図２に示すように、コイルエンド２３とハウジング３０とを空気絶縁させるため、コイルエンド２３が、本体部３１、エンド部３２、後述する押え板４０から所定距離離隔されている。それ故、大径部２３ａの端部分２３ｃ、大径部２３ａの外径部分２３ｄ、小径部２３ｂの外径部分２３ｅ、本体部３１（ハウジング３０）の内壁部３１ｃ、エンド部３２等によって空間部３３（絶縁用空間部）が形成されている。
【００２７】
右側の空間部３３内には、アルミニウム合金製の押え板４０と、この押え板４０よりも左方に配設された複数の積層体５０と、これら複数の積層体５０を所定の加圧力で押圧するための収容バッグ６０（加圧空気収容バッグ）等が配設されている。
本実施例では、右側の空間部３３に複数の積層体５０やこれらを押圧する収容バッグ６０等を配設しているため、以下、右側部分の構成について主に説明する。
尚、左右両側の空間部３３に複数の積層体５０や収容バッグ６０等を夫々配設しても良い。
【００２８】
図１～図４に示すように、押え板４０は、円環状の円環部４１と、円筒部４２とによって一体的に構成されている。
円環部４１は、ロータシャフト１１の軸心に対して直交するように配置され、外径部分

が段差部３１ａの底部に複数の熱伝導ボルト４４を介して固定されている。
円環部４１には、熱伝導ボルト４４を挿通可能な複数の開口４１ａと、バルブ開口３２ｂに対向配置されたバルブ開口４１ｂとが形成されている。
図４に示すように、複数の開口４１ａは、正三角形の頂点の位置に配置された３つ１組の開口４１ａが周方向に複数組形成されている。
円環部４１の内径縁部は、押え板４０が段差部３１ａの底部に固定されたとき、ステータコア２１の内径部分と略同じ高さ位置になるように構成されている。
円筒部４２は、円環部４１の内径縁部から大径部２３ａの内径部分に対向する位置に亙ってロータシャフト１１の軸心に対して平行状に左方へ延設されている。
円筒部４２の左端部分は、大径部２３ａの内径部分から上下方向に所定距離離隔している。

【００２９】
次に、複数の積層体５０について説明する。
複数の積層体５０は、コイルエンド２３から入熱された熱量をハウジング３０の内壁部３１ｃ等に伝達することによりコイルエンド２３を冷却する乾式冷却機構を構成している。これら複数の積層体５０は、空間部３３に周方向において所定間隔おきに配設されている。
尚、複数の積層体５０は、何れも同一の構成であるため、１つの積層体５０を例として説明する。

【００３０】
図５～図７に示すように、積層体５０は、炭素原子の網目状結晶の１層のみが平面状に存在するグラフェンシート５１を均一に複数層積み重ねた中間積層体５２（グラファイト）によって構成されている。層状結晶体である中間積層体５２は、例えば、約７５μｍの厚さを有している。中間積層体５２（グラフェンシート５１）の荷電粒子（電子）の移動度は、層方向（平面方向）において、室温で１５０００ｃｍ^2／Ｖｓであり、優れた熱伝導性能（１０００～１５００Ｗ／ｍ・Ｋ）を備えている。
図８に示すように、この中間積層体５２は、熱源に対して面直交方向からの押圧力が大きい程熱伝導率が増加し、押圧力が十分に大きくなった時点で熱伝導率が収束する特性を有している。

【００３１】
図７に示すように、グラフェンシート５１が積層された中間積層体５２を平行な２辺の折畳み線５２ａで偶数回、例えば２８回折畳むことにより約２ｍｍの厚さを有する長尺状の積層体５０を形成している。ここで、積層の意味は、グラフェンシート５１を複数層重ねること、及び中間積層体５２を複数回折畳んで複数層重ねることを含むものである。
積層体５０のうち、最下層の中間積層体５２に入熱された熱量は、複数の折畳み線５２ａを経由して最上層の中間積層体５２まで高い熱伝導率で伝達されている。

【００３２】
また、最下層の中間積層体５２の左端側部分に入熱された熱量は、図７の矢印に示すように、折畳まれた全ての中間積層体５２を熱伝導経路として右端側部分まで伝達される。
ここで、グラフェンシート５１の六角形格子構造に格子欠陥が生じた場合は、グラフェンシート５１の構造上、熱伝導経路が減少するため、熱伝導率が低下し、熱伝導性能が損なわれる虞がある。
即ち、積層体５０の折畳み線５２ａを完全屈曲させた場合、グラフェンシート５１に格子欠陥が生じるため、折畳み線５２ａを完全屈曲させないように所定の曲率が形成されている。そこで、図９に示すように、積層体５０の折畳み工程において、各折畳み線５２ａに断面円形の棒状治具７０を夫々当接させた後、棒状治具７０を対応する一側の折畳み線５２ａが重なり合うように一箇所に集約させ、他側の折畳み線５２ａが重なり合うように一箇所に集約させることにより、中間積層体５２（グラフェンシート５１）を完全屈曲させることなく中間積層体５２を折畳んでいる。

【００３３】

図７に示すように、積層体５０には、長手方向に等間隔に並んだ４つの連結部５３と、右半部に３つの挿通部５４～５６が形成されている。

４つの連結部５３は、最下層の中間積層体５２の一側長辺から一側方向に延設された延長部５２ｂと、最上層の中間積層体５２の一側長辺から一側方向に延設された延長部５２ｃとを接着材等により連結することにより夫々構成されている。そして、積層体５０の他側の全ての折畳み線５２ａを接着材等により連結することにより折畳まれた長尺形状を維持可能な積層体５０を形成している。

【００３４】

図７，図１０に示すように、３つの挿通部５４～５６は、夫々略正三角形の頂点に対応する位置に形成されている。挿通部５４は、図７及び図１０の矢印に示す熱伝達方向下流側（右側）位置に主頂点として設けられ、挿通部５５，５６は、挿通部５４よりも上流側位置に底辺頂点として夫々設けられている。

これら挿通部５４～５６は、積層体５０を本体部３１に対して固定するとき、各積層体５０に対応した３つの凹入部３１ｄに夫々重なり合うように形成されている。

挿通部５４～５６は、熱伝導ボルト４４の円柱部４４ｃよりも小径に形成された挿通孔５４ａ～５６ａと、これら挿通孔５４ａ～５６ａから放射状に９０度間隔で形成されたスリット部５４ｂ～５６ｂとによって夫々構成されている。

図１０に示すように、スリット部５４ｂは、熱伝達方向に対して平行方向及び直交方向に十字状に形成されている。スリット部５５ｂ，５６ｂは、熱伝導経路の経路幅を最大限確保するため、熱伝達方向に対して４５度方向及び１３５度方向に交差するようにＸ字状に形成されている。スリット部５４ｂ～５６ｂには、挿通孔５４ａ～５６ａに対して反対側の端部に引き裂き防止用丸形状部が夫々形成されている。

尚、挿通部５５，５６は同じ構成であり、挿通部５４と挿通部５５，５６はスリット部の設置方向（角度）を除き同じ構成である。

【００３５】

図１１に示すように、金属製熱伝導ボルト４４は、締付工具（図示略）に内嵌可能な頭部４４ａと、この頭部４４ａに連なる軸部４４ｂとを備えている。

軸部４４ｂは、頭部４４ａに連なる円柱部４４ｃと、この円柱部４４ｃに連なり円柱部４４ｃよりも小径に形成されたねじ部４４ｄを有している。円柱部４４ｃの直径は、ボルト穴４４ｈの直径よりも大きく、スリット部の２倍の長さよりも小さく設定されている。これにより、熱伝導ボルト４４を挿通部５４～５６を介してボルト穴４４ｈに締結するとき、熱伝導ボルト４４は、挿通孔５４ａ～５６ａ及びスリット部５４ｂ～５６ｂの各近傍部分を締結方向に向けて折り曲げて進行する。

円柱部４４ｃの軸方向長さは、円柱部４４ｃの左端部が凹入部３１ｄの底部に当接したとき、積層体５０に作用する熱伝導ボルト４４からの押圧力が所定圧力になるように設定されている。具体的には、円柱部４４ｃの左端部が凹入部３１ｄの底部に当接して締結完了したとき、１００～７００ｋＰａの範囲内で且つ積層体５０の折畳み線５２ａを完全屈曲させない押圧力になるように円柱部４４ｃの軸方向長さが規定されている。

円柱部４４ｃの左端外周部分には、断面鋭角状に形成された方向変換部４４ｅが設けられている。

【００３６】

次に、収容バッグ６０について説明する。

図１，図２，図４に示すように、収容バッグ６０は、加圧空気が充填された充填状態のとき、積層体５０を積層体５０の厚さ方向から均一な加圧力で押圧し、ステータコア２１の縦壁部、コイルエンド２３、及び本体部３１の内壁部３１ｃに対して均一な押圧力で面接触するように構成されている。

収容バッグ６０は、加圧空気を収容可能なリング状のバッグ部６１と、このバッグ部６１に連結されたパイプ状の導入路６２（加圧空気導入路）と、加圧空気をバッグ部６１内に注入し且つ内圧を所定圧力に調圧可能な調圧バルブ６３を備えている。

【００３７】

バッグ部６１は、主素材に繊維補強材を混入し、その表面を表面処理されている。
主素材は、所定の耐熱性且つ耐油性ゴム材、例えばＳｉ（シリコンゴム）、ＦＫＭ（フッ素ゴム）、ＩＩＲ（ブチルゴム）、ＥＰＤＭ（エチレンプロピレンゴム）、ＣＲ（クロロプレンゴム）、ＮＢＲ（ニトリルゴム）等である。
繊維補強材は、アラミド、鋼線、合成繊維等である。被覆表面処理は、ＰＥＥＫコート、ポリイミドコート、ポリアミドイミドコート等である。

【００３８】

加圧空気が排出された非充填状態でバッグ部６１が空間部３３に配置されたとき、導入路６２はバルブ開口４１ｂ，３２ｂを貫通して外部に突出されている。
導入路６２の先端に装着された調圧バルブ６３は、加圧空気供給装置（図示略）から加圧空気を供給され、バッグ部６１の内圧を所定圧力、例えば、大気圧に対して＋１００～＋７００ｋＰａに調圧している。加圧空気が充填された充填状態の収容バッグ６０は、左右方向位置を円環部４１と大径部２３ａの端部分２３ｃとステータコア２１の縦壁部との３箇所によって当接規制され、上下方向位置を大径部２３ａの外径部分２３ｄと本体部３１の内壁部３１ｃとの２箇所によって当接規制されている。衝撃や振動等の要因で、大径部２３ａの外径部分２３ｄと本体部３１の内壁部３１ｃによる上下方向位置の規制が外れた場合、円筒部４２が収容バッグ６０を支持するため、収容バッグ６０の上下方向位置が維持され、収容バッグ６０が空間部３３から離脱しない。

【００３９】

次に、積層体５０の設置手順について説明する。
まず、本体部３１内部にロータ１０及びステータ２０等を組み付ける。
次に、複数の積層体５０を、空間部３３内において周方向に配置した状態で、本体部３１の段差部３１ａ及び内壁部３１ｃと、ステータコア２１の縦壁部と、コイルエンド２３の端部分２３ｃ及び外径部分２３ｄに沿うように形状を整える。
このため、配置後の折畳み線５２ａには、ロータシャフト１１の軸心に平行になる部分とロータシャフト１１の軸心に直交する部分とが存在している。

【００４０】

各積層体５０の挿通部５４～５６は、各積層体５０に対応した３つ１組の凹入部３１ｄに夫々重なり合うように位置決めされる。
また、積層体５０の位置決めに当り、予め、凹部２４において余剰的に軸心方向へ膨出した撓み部５０ａを形成する。ステータ２０やハウジング３０の熱収縮等に起因した積層体５０の損傷を撓み部５０ａによって緩和するためである。

【００４１】

次に、押え板４０の円筒部４２に収容バッグ６０を挿通させて仮置きし、複数の熱伝導ボルト４４を円環部４１の開口４１ａに挿通させる。これと同時に、導入路６２をバルブ開口４１ｂに挿通させる。そして、円環部４１を貫通した複数の熱伝導ボルト４４と各積層体５０の挿通部５４～５６とを位置合わせした後、複数の積層体５０の段差部３１ａへの締結固定を開始する。

【００４２】

熱伝導ボルト４４が挿通部５４（５５，５６）に挿通され、ねじ部４４ｄがボルト穴４４ｈに締結されるとき、方向変換部４４ｅが、積層体５０の挿通孔５４ａ及びスリット部５４ｂの近傍部分を引き摺りながら締結方向（左方）に進行するため、挿通孔５４ａ及びスリット部５４ｂの近傍部分が締結方向に折り曲げられて円柱部４４ｃの周面と密着状に面接触する。また、方向変換部４４ｅがポンチ機能を発揮したとき、方向変換部４４ｅによって挿通孔５４ａ及びスリット部５４ｂの近傍部分が切断されると共に、図１２に示すように、積層体５０の鱗片状のグラファイトが締結方向に方向変換され、鱗片状のグラファイトが円柱部４４ｃの周面と密着状に面接触する。
これにより、図３の矢印に示すように、積層体５０による直接的なハウジング３０への熱伝達に加え、積層体５０は固定用熱伝導ボルト４４を介してハウジング３０へ熱伝達している（図３参照）。

【００４３】
方向変換部４４ｅが凹入部３１ｄの底部に到達したとき、熱伝導ボルト４４の締結が完了する。積層体５０に作用するが予め規定された所定圧力に設定されているため、積層体５０は折畳み線５２ａで完全屈曲されることなく段差部３１ａに固定される。
これにより、図１３の矢印に示すように、積層体５０の最下層に入熱された熱量は、折畳み線５２ａを介して直上の層に伝達され、この伝達形態を繰り返して最上層に伝達される。また、層方向に伝達された熱量は、熱伝導ボルト４４の押圧による挿通部５４～５６の面当接構造によって順次直上の層に伝達され、この伝達形態を繰り返して最上層に伝達される。即ち、積層体５０に入熱された熱量は、積層体５０の全ての層を用いて下流側に伝達されている。
【００４４】
次に、本体部３１のボルト穴３４ｈとエンド部３２の３２ａとを位置合わせした後、ボルト３４を締結する。これと同時に、導入路６２をバルブ開口３２ｂに挿通させる。
最後に、加圧空気供給装置を用いて収容バッグ６０内部の圧力が所定圧力になるように加圧空気を供給する。複数の積層体５０が、本体部３１の段差部３１ａ及び内壁部３１ｃと、ステータコア２１の縦壁部と、コイルエンド２３の端部分２３ｃ及び外径部分２３ｄに対して面接触するように均一な押圧力で押圧される。
ステータコイル２２が分布巻方式であるため、コイルエンド２３と積層体５０との接触面積（入熱面積）を増加することができ、コイルエンド２３からハウジング３０への直接的な熱伝導経路を確保しているため、潤滑油を省略できる。
【００４５】
また、本実施例では、図１に示すように、ハウジング３０と金属製基台とを積層体５０と同様の積層体によって接続している。ハウジング３０の途中部と積層体の一端部分とをボルト締結し、基台と積層体の他端部分とをボルト締結することによって、コイルエンド２３からハウジング３０へ伝達された熱量をハウジング３０からの大気放射に加えて、積層体を介して直接的に基台へ放熱している。
【００４６】
次に、上記電動モータ１の冷却構造の作用、効果について説明する。
本電動モータ１の冷却構造によれば、空間部３３に配設され且つ複数のグラフェンシート５１を夫々積層した複数の積層体５０を備えるため、潤滑油等の熱交換用冷却媒体を省略することができ、また、安全性の観点からから必要不可欠な空間部３３を維持しつつ、この空間部３３を利用して複数の積層体５０を配設することができる。コイルエンド２３とハウジング３０に対して複数の積層体５０を厚さ方向から押圧する加圧空気を収容した収容バッグ６０を備えるため、空間部３０の形状に拘らず、コイルエンド２３とハウジング３０との間に空気絶縁層を確保しながら、コイルエンド２３にグラフェンシート５１を一様な押圧力で面接触させることができる。
【００４７】
収容バッグ６０の内圧が１００～７００ｋＰａに設定されているため、グラフェンシート５１の優位な熱伝導特性を確実に発揮させることができる。
【００４８】
ハウジング３０が右側開口端部を塞ぐエンド部３２を備え、収容バッグ６０に、エンド部３２を貫通して外部に延びる導入路６２と、導入路６２の先端に配設された調圧バルブ６３とを設けている。これにより、収容バッグ６０を非充填状態で組み付けることができるため、組付作業性を向上でき、組付け後に収容バッグ６０を充填状態にするため、収容バッグ６０の圧力管理を容易化することができる。
【００４９】
積層体５０は、複数のグラフェンシート５１を夫々積層して形成された中間積層体５２を平行な２辺においてロータ１０の軸心と平行な折畳み線５２ａを含む折畳み線５２ａにより複数回折畳んで構成されているため、コイルエンド２３及びハウジング３０に対する積層体５０の専有面積に拘らず、コイルエンド２３からハウジング３０までの熱伝導経路

の熱伝導量を増加することができる。

【００５０】

次に、前記実施形態を部分的に変更した変形例について説明する。

１〕前記実施形態においては、中間積層体を平行な２辺の折畳み線で２８回折畳んだ積層体の例を説明したが、中間積層体の折畳み回数は任意に設定しても良い。

中間積層体の厚さを薄くすることにより、積層体の厚さを一定に維持しながら折畳み回数を増加でき、積層体の熱伝導率を増加することができる。

また、長方形状の積層体の例を説明したが、台形形状の積層体を形成し、コイルエンドに対して放射状に隙間なく敷き詰めても良い。

【００５１】

２〕前記実施形態においては、ステータコイルの巻線方式として分布巻方式の例を説明したが、集中巻方式の電動モータに適用しても良い。積層体をコイルエンド及びハウジング内壁部に面接触させることが可能であれば、電動モータの型式に拘らず、何れの型式のモータにも適用することができる。

【００５２】

３〕前記実施形態においては、最下層の中間積層体の一側長辺から一側方向に延設された延長部と最上層の中間積層体の一側長辺から一側方向に延設された延長部とを接着した連結部によって長尺形状を維持可能な積層体の例を説明したが、図１４に示すように、延長部を最下層及び最上層から切り出した切出部によって形成しても良い。これにより、素材となる中間積層体（グラフェンシート）を四角形にすることができ、歩留まりを増すことができる。尚、切出部の長辺直交方向幅は熱伝導経路を減少させるため、必要最小限に形成する。

【００５３】

４〕前記実施形態においては、熱伝導型乾式冷却機構のみを備えた電動モータの例を説明したが、ハウジング内に冷却水路を形成し、水冷機構を併用しても良い。また、ハウジングにフィン等を設け、空冷機構と併用することも可能である。

【００５４】

５〕前記実施形態においては、収容バッグのバッグ部の主素材に繊維補強材を混入した例を説明したが、強度条件を満たす場合、繊維補強材を省略しても良い。繊維補強材を省略した場合、バッグ部の局所的な引張応力のムラ（起点）が生じ難くなり、バッグ部の破裂を抑制することができる。

【００５５】

６〕その他、当業者であれば、本発明の趣旨を逸脱することなく、前記実施形態に種々の変更を付加した形態で実施可能であり、本発明はそのような変更形態も包含するものである。

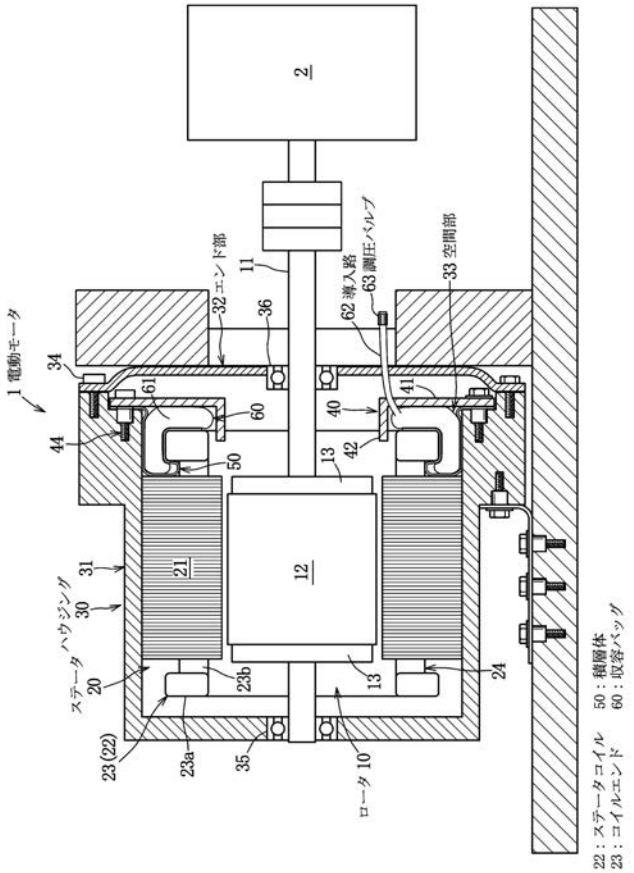
【符号の説明】

【００５６】

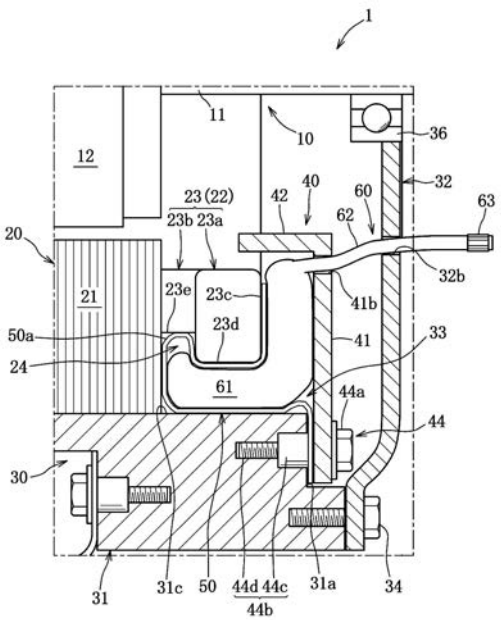
１　　電動モータ
１０　　ロータ
２０　　ステータ
２２　　ステータコイル
２３　　コイルエンド
３０　　ハウジング
３２　　エンド部
３３　　空間部
５０　　積層体
５１　　グラフェンシート
５２　　中間積層体
５２ａ　折畳み線
６０　　収容バッグ

６２　　導入路
６３　　調圧バルブ

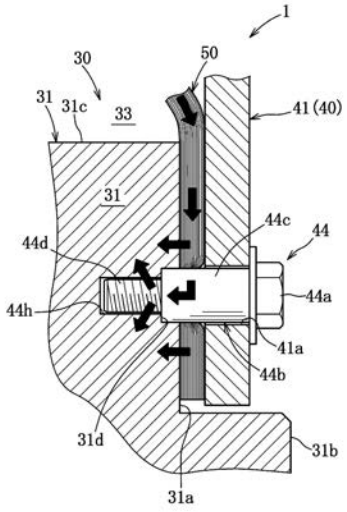
【図１】



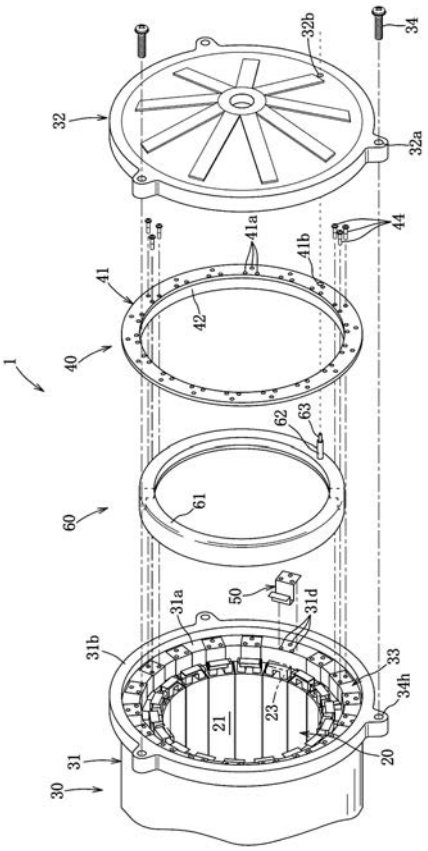
【図２】



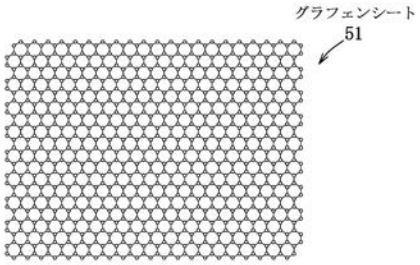
【図３】



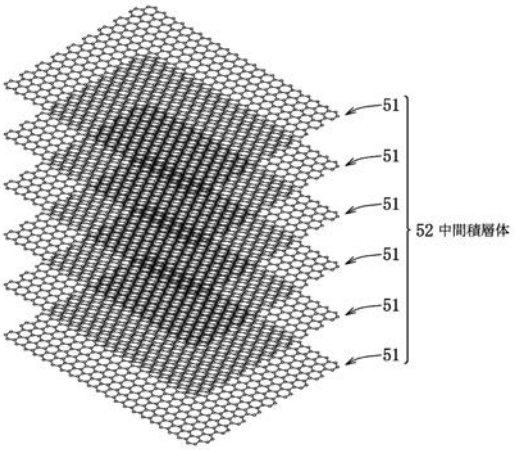
【図４】



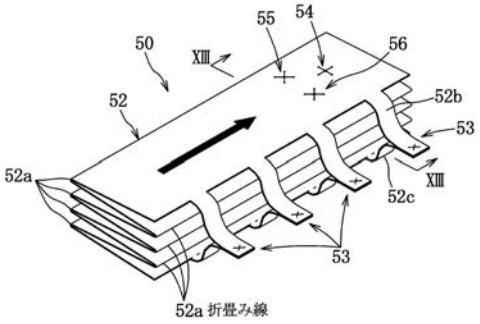
【図５】



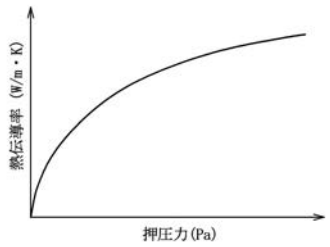
【図６】



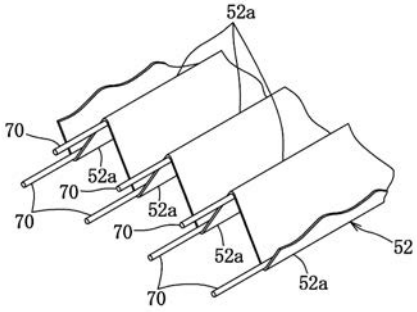
【図７】



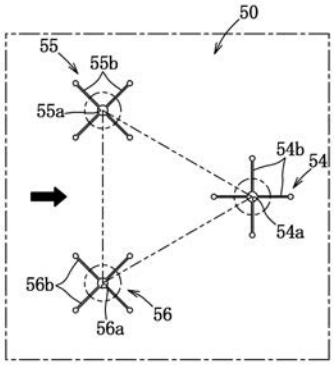
【図８】



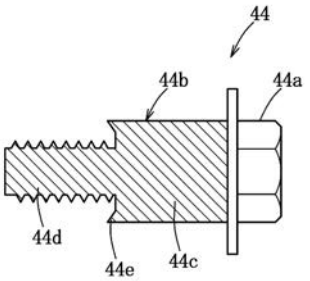
【図９】



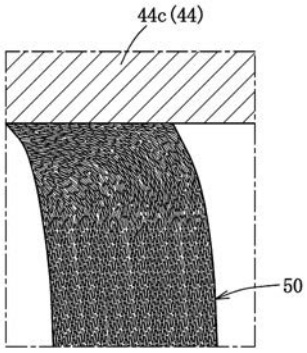
【図１０】



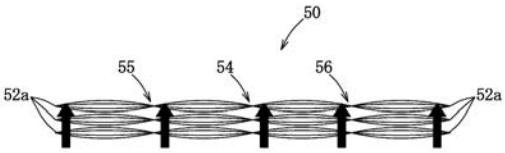
【図１１】



【図１２】



【図１３】



【図１４】

