

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4924558号  
(P4924558)

(45) 発行日 平成24年4月25日(2012.4.25)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>HO2K 3/44</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K 3/44	B
<b>CO8G 59/40</b>	<b>(2006.01)</b>	CO8G 59/40	
<b>HO2K 3/30</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K 3/30	
<b>HO1F 5/00</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1F 5/00	D
<b>HO1F 5/06</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1F 5/06	Q

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-184357 (P2008-184357)  
 (22) 出願日 平成20年7月16日(2008.7.16)  
 (65) 公開番号 特開2010-28905 (P2010-28905A)  
 (43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)  
 審査請求日 平成21年5月20日(2009.5.20)

(73) 特許権者 000006622  
 株式会社安川電機  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 (72) 発明者 浜尾 聡和  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社安川電機内  
 (72) 発明者 小熊 清典  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社安川電機内

審査官 服部 俊樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 真空機器およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空用モータのコイルの表面がエポキシ樹脂組成物で被覆された真空機器であって、前記エポキシ樹脂組成物は、米国材料試験協会(ASTM)の規格D570に規定された23の吸水率が0.3%以下であり、かつ、前記エポキシ樹脂組成物による被覆厚さが、10μm以上、2000μm以下であることを特徴とする真空機器。

【請求項2】

前記被覆厚さは90μm以上、2000μm以下であることを特徴とする請求項1記載の真空機器。

【請求項3】

前記真空雰囲気は1×10<sup>-4</sup>Pa以下であることを特徴とする請求項1または2記載の真空機器。

【請求項4】

前記エポキシ樹脂組成物は、少なくとも主剤と反応性希釈剤と触媒型硬化剤とから構成され、その配合比が前記主剤と前記反応性希釈剤との合計100重量部に対して前記触媒型硬化剤が0.5重量部以上7重量部以下であることを特徴とする請求項1から3記載の真空機器。

【請求項5】

前記主剤はナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、メソゲン基を持つエポキシ樹脂、ビスフェノール型エポキシ樹脂のいずれかであり、前記触媒型硬

化剤は、イミダゾール化合物、3フッ化ホウ素アミン錯体のいずれかであることを特徴とする請求項4記載の真空機器。

【請求項6】

前記イミダゾール化合物は、2エチル4メチルイミダゾール、2メチルイミダゾール、nウンデシルイミダゾール、1ベンジル2メチルイミダゾールのいずれかであることを特徴とする請求項5記載の真空機器。

【請求項7】

前記真空機器は導体の表面が絶縁体により被覆されたコイルを備え、前記絶縁体の表面は前記エポキシ樹脂組成物により被覆されていることを特徴とする請求項1から6記載の真空機器。

10

【請求項8】

前記3フッ化ホウ素アミン錯体は3フッ化ホウ素アニリン錯体、3フッ化ホウ素クロロフェニルアミン錯体、またはそれらの混合物であることを特徴とする請求項5記載の真空機器。

【請求項9】

前記絶縁体は、ふっ素樹脂、ポリエーテルサルホンなどの樹脂材質、または、セラミック、ガラス、絶縁性のめっきなどの無機材質、またはそれらを組み合わせた材質にて形成されたものであることを特徴とする請求項7記載の真空機器。

【請求項10】

前記エポキシ樹脂組成物中の水分子の拡散係数が $3.0 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$ 以上であることを特徴とする請求項1から9記載の真空機器。

20

【請求項11】

前記コイルを巻回するポピンはエポキシ樹脂組成物、ふっ素樹脂、ポリフェニレンスルフィド、液晶ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどのポリオレフィン、環状ポリオレフィン、ポリキシリレンの芳香族ポリオレフィンのいずれか一つ、またはそれらを組み合わせたものであって、水分子の拡散係数が $3.0 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$ 以上であるもの、または、セラミックを用いたことを特徴とする請求項7記載の真空機器。

【請求項12】

絶縁体の皮膜が施された導体により真空用モータのコイルを形成し、前記コイルの表面をエポキシ樹脂組成物で被覆する工程を有し、前記エポキシ樹脂組成物は、米国材料試験協会規格(ASTM) D570に規定された23吸水率が0.3%以下であり、かつ、前記エポキシ樹脂組成物による被覆厚さが10 $\mu\text{m}$ 以上、2000 $\mu\text{m}$ 以下になるよう真空含浸法、滴下含浸法または注型法により被覆することを特徴とする真空機器の製造方法。

30

【請求項13】

前記被覆厚さは90 $\mu\text{m}$ 以上、2000 $\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項12記載の真空機器の製造方法。

【請求項14】

前記真空機器は $1 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 以下の真空雰囲気を用いられることを特徴とする請求項12または13記載の真空機器の製造方法。

40

【請求項15】

前記エポキシ樹脂組成物は、少なくとも主剤と反応性希釈剤と触媒型硬化剤とから構成され、その配合比が前記主剤と前記反応性希釈剤との合計100重量部に対して前記触媒型硬化剤が0.5重量部以上7重量部以下であることを特徴とする請求項12から14記載の真空機器の製造方法。

【請求項16】

前記主剤はナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、メソゲン基を持つエポキシ樹脂、ビスフェノール型エポキシ樹脂のいずれかであり、前記触媒型硬化剤は、イミダゾール化合物、3フッ化ホウ素アミン錯体のいずれかであることを特徴と

50

する請求項 15 記載の真空機器の製造方法。

【請求項 17】

前記イミダゾール化合物は、2エチル4メチルイミダゾール、2メチルイミダゾール、nウンデシルイミダゾール、1ベンジル2メチルイミダゾールのいずれかであることを特徴とする請求項 16 記載の真空機器の製造方法。

【請求項 18】

前記3フッ化ホウ素アミン錯体は3フッ化ホウ素アニリン錯体、3フッ化ホウ素クロロフェニルアミン錯体、またはそれらの混合物であることを特徴とする請求項 16 記載の真空機器の製造方法。

【請求項 19】

前記エポキシ樹脂組成物中の水分子の拡散係数が  $3.0 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$  以上であることを特徴とする請求項 12 から 18 記載の真空機器の製造方法。

【請求項 20】

$1 \times 10^{-4} \text{ Pa}$  以下の真空雰囲気を用いられる真空用モータのコイルの表面の少なくとも一部がエポキシ樹脂組成物で被覆された真空機器であって、

前記エポキシ樹脂組成物は、米国材料試験協会規格 (ASTM) D570 に規定された 23 の吸水率が 0.3% 以下であり、

前記エポキシ樹脂組成物による被覆厚さが  $10 \mu\text{m}$  以上、 $2000 \mu\text{m}$  以下であり、

少なくとも主剤と反応性希釈剤と触媒型硬化剤とから構成され、その配合比が前記主剤と前記反応性希釈剤との合計 100 重量部に対して前記触媒型硬化剤が 0.5 重量部以上 7 重量部以下であることを特徴とする真空機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、真空下で用いられるモータ等の真空機器に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、真空雰囲気下で使用される真空用モータは、コイルを構成する導体の皮膜の絶縁材としてセラミック質などの無機物を使用しているものが多い(例えば、特許文献 1, 2 参照)。また、電解浴中の火花放電にて導体にセラミック質の皮膜を形成しているものもある(例えば、特許文献 3 参照)。

図 2 は、従来の真空用モータに用いられるコイルの断面図である。図 2 において、20 は導体、30 は無機絶縁層である。この無機絶縁層 30 は、シリコーン樹脂や、マイカ、ガラス、アルミナなどの無機物を含む含浸剤を、キシレンなどの溶剤で希釈しコイル含浸後に焼成することで形成されていた。

【特許文献 1】特開平 6 - 86490 号公報 (第 2 - 3 頁、図 1)

【特許文献 2】特開平 7 - 322579 号公報 (第 2 - 3 頁、図 1)

【特許文献 3】特開平 6 - 96981 号公報 (第 2 - 3 頁、図 1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来の真空用モータにおいては、無機絶縁層を形成する工程での乾燥や焼成が多段階である。また、各工程での処理時間が長く、焼成温度も高いため、生産性がきわめて悪くなる可能性がある。

また、被覆などの絶縁材として安価で汎用性のあるエポキシ樹脂を使用した場合は、親水性が高いために吸湿量が多い。このような親水性が高い樹脂を用いた場合、真空雰囲気内における水分ガスの放出が多いため、真空雰囲気内が所定の真空度に達するための排気時間に 24 時間を超える長時間を要する場合もある。特に、 $1 \times 10^{-4} \text{ Pa}$  以下の高真空状態に真空雰囲気を到達させようとする、さらに時間を要する。現在、半導体デバイ

10

20

30

40

50

スの製造装置、液晶ディスプレイの製造装置を用いる製造ラインでは、高真空雰囲気及要求されている。そのような製造ラインにおいて所定の真空雰囲気に到達するための時間は生産性に直接影響を与える重要な要素である。

エポキシ樹脂からの水分ガスの放出を低減させるため、その膜厚を薄くした場合、電気絶縁特性が満足しない。逆に、エポキシ樹脂の膜厚を厚くした場合、膜を形成する際に発生する収縮によってエポキシ樹脂内にクラックが発生する可能性もある。このクラックは水分ガスの放出を加速させる可能性もある。また、このクラックはパーティクルを発生させ、真空雰囲気内のコンタミネーションを増加させる可能性もある。さらに、真空用モータの電気絶縁特性を低下させる可能性もある。

本願発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、本願各発明は上記の点の少なくとも1つ以上を解決できる優れた真空機器を提供することを目的とする。特に、 $1 \times 10^{-4}$  Pa以下の高真空雰囲気で用いられる高度な真空機器を提供することをさらなる目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するため、本発明の一の観点によれば、真空用モータのコイルの表面がエポキシ樹脂組成物で被覆された真空機器であって、前記エポキシ樹脂組成物は、米国材料試験協会(ASTM)の規格D570に規定された23の吸水率が0.3%以下であり、かつ、前記エポキシ樹脂組成物による被覆厚さが、10 $\mu$ m以上、2000 $\mu$ m以下の真空機器が適用される。

また、本発明の他の観点によれば、絶縁体の皮膜が施された導体により真空用モータのコイルを形成し、前記コイルの表面をエポキシ樹脂組成物で被覆する工程を有し、前記エポキシ樹脂組成物は、米国材料試験協会規格(ASTM)D570に規定された23の吸水率が0.3%以下であり、かつ、前記エポキシ樹脂組成物による被覆厚さが10 $\mu$ m以上、2000 $\mu$ m以下になるよう真空含浸法、滴下含浸法または注型法により被覆する真空機器の製造方法が適用される。

また、本発明の他の観点によれば、 $1 \times 10^{-4}$  Pa以下の真空雰囲気で用いられる真空用モータのコイルの表面の少なくとも一部がエポキシ樹脂組成物で被覆された真空機器であって、前記エポキシ樹脂組成物は、米国材料試験協会規格(ASTM)D570に規定された23の吸水率が0.3%以下であり、前記エポキシ樹脂組成物による被覆厚さが10 $\mu$ m以上、2000 $\mu$ m以下であり、少なくとも主剤と反応性希釈剤と触媒型硬化剤とから構成され、その配合比が前記主剤と前記反応性希釈剤との合計100重量部に対して前記触媒型硬化剤が0.5重量部以上7重量部以下の真空機器が適用される。

【発明の効果】

【0005】

請求項1記載の発明によれば、エポキシ樹脂の吸湿水分が少ないので、所望の真空度に速やかに到達することができる真空機器を実現することができる。さらに、絶縁特性を維持しながら、真空雰囲気での水分ガスの放出を従来のもものと比較して格段に低減することができる。さらに、パーティクルなどのコンタミネーションを最大限低減した最適な真空機器を実現することができる。

請求項2記載の発明によれば、請求項1記載の発明により得られる効果に加え、絶縁破壊電圧の耐性の高い優れた真空機器を実現することができる。

請求項3記載の発明によれば、請求項1または2記載の発明により得られる効果に加え、高真空雰囲気において優れた真空機器を実現することができる。

請求項4記載の発明によれば、請求項1から3記載の発明により得られる効果に加え、安定した品質のエポキシ樹脂組成物を実現できるので、さらなる優れた真空機器を実現することができる。

請求項5、6、8記載の発明によれば、請求項4記載の発明により得られる効果に加え、最適な品質のエポキシ樹脂組成物を実現できるので、さらなる優れた真空機器を実現することができる。

10

20

30

40

50

請求項 7 記載の発明によれば、請求項 1 から 6 記載の発明により得られる効果に加え、種々の用途に適用されるモータのコイルを効果的に被覆することができるので、優れた真空機器を実現することができる。

請求項 9 記載の発明によれば、請求項 7 記載の発明により得られる効果に加え、絶縁体の吸湿水分が比較的少ないので、所望の真空度に速やかに到達することができる優れた真空機器を実現することができる。

請求項 10 記載の発明によれば、請求項 1 から 9 記載の発明により得られる効果に加え、  
所望の真空度に速やかに到達することができる優れた真空機器を実現することができる。

請求項 11 記載の発明によれば、請求項 7 記載の発明により得られる効果に加え、  
所望の真空度に速やかに到達することができる優れた真空機器を実現することができる。

請求項 12 記載の発明によれば、エポキシ樹脂の吸湿水分が少なく、所望の真空度に速やかに到達することができる真空機器を簡易に製造することができる。この製法により得られた真空機器は、絶縁特性を維持しながら、真空雰囲気での水分ガスの放出を従来のものと比較して格段に低減することができる。さらに、その真空機器はパーティクルなどのコンタミネーションを最大限低減できる。

請求項 13 記載の発明によれば、請求項 12 記載の発明により得られる効果に加え、絶縁破壊電圧の耐性の高い優れた真空機器を形成することができる。

請求項 14 記載の発明によれば、請求項 12 または 13 記載の発明により得られる効果に加え、この製法により得られた真空機器は高真空雰囲気において優れた効果を有する。

請求項 15 記載の発明によれば、請求項 12 または 14 記載の発明により得られる効果に加え、安定した品質のエポキシ樹脂組成物を実現できるので、この製法により優れた真空機器を形成することができる。

請求項 16、17、18 記載の発明によれば、上記の効果に加え、最適な品質のエポキシ樹脂組成物を実現できるので、さらなる優れた真空機器を実現することができる。

請求項 19 記載の発明によれば、請求項 12 から 18 記載の発明により得られる効果に加え、所望の真空度に速やかに到達することができる優れた真空機器を実現することができる。

請求項 20 記載の発明によれば、吸湿水分が少ない安定した品質のエポキシ樹脂組成物により真空機器の表面の一部が被覆されているので、高真空度に速やかに到達することができる真空機器を実現することができる。さらに、絶縁特性を維持しながら、真空雰囲気での水分ガスの放出を従来のものと比較して格段に低減することができる。さらに、パーティクルなどのコンタミネーションを最大限低減した最適な真空機器を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。本実施形態においては本発明が真空用モータに適用された例が示される。他の真空機器への適用は本実施形態の説明を参酌すれば容易に理解できる。

【0007】

図 1 は真空用モータのコイルの部分断面図である。このコイル 1 は、複数の導体 2、その導体 2 上を被覆する絶縁体 3、ボビン 4 を備えている。さらに、本実施の形態では、コイル 1 の絶縁体 3 上を樹脂 5 により被覆している。

樹脂 5 の水分子の吸水率は、米国材料試験協会 (ASTM: American Society for Testing and Materials) の規格 D 570 において 0.3% 以下である。また、樹脂 5 の拡散係数は  $3.0 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$  以上である。この樹脂 5 の膜厚は  $10 \mu\text{m}$  以上、 $2000 \mu\text{m}$  以下である。この膜厚とは、絶縁体 3 上に形成された樹脂 5 の垂直方向における厚さのことを言う。

【0008】

本実施形態の樹脂 5 には、エポキシ樹脂材料が用いられている。これにより、生産性の

10

20

30

40

50

改善や、細孔または割れなどの低減が期待でき、信頼性の向上が期待できる。真空中での放出ガスの支配的成分である樹脂からの水分子の放出速度の抑制は、樹脂の吸湿を低減することで解決できる。本実施形態におけるエポキシ樹脂においては、その吸湿水分が少ないので、所望の真空度に速やかに到達することができる真空機器を実現することができる。さらに、絶縁特性を維持しながら、真空雰囲気での水分ガスの放出を従来のものと比較して格段に低減することができる。さらに、パーティクルなどのコンタミネーションを最大限低減した最適な真空機器を実現することができる。

【 0 0 0 9 】

以下、本実施形態に係る実施例を説明する。

【実施例 1】

10

【 0 0 1 0 】

本実施例では、後述の材料を用いて真空用モータコイルの表面を被覆する樹脂を作製し、ガス放出特性および絶縁特性を評価した。

本実施例、比較例および従来例に用いた樹脂 5 の材質は以下のとおりである。本実施例と従来例の場合、樹脂 5 の厚さは 2 0 0 0 μm とした。比較例においては樹脂 5 の厚さを 2 0 0 0 μm より大きくした。この結果、本実施例のエポキシ樹脂組成物にて水分ガスの放出特性が良好であることを確認した。なお、導体 2 にはエナメル線を、絶縁体 3 には 2 種ポリイミド線皮膜を、ボビン 4 にはフッ素樹脂を用いた。

[ 本実施例における樹脂 ]

触媒型硬化剤で硬化したエポキシ樹脂組成物であり、下記の化学構造を持つものとした。組み合わせと配合比(重量部)は表 1 のとおりとした

20

- ( a ) ナフタレン型エポキシ樹脂
- ( b ) ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂
- ( c ) メソゲン基を持つエポキシ樹脂
- ( d ) ビスフェノール型エポキシ樹脂
- ( e ) フェニルグリシジルエーテル(反応性希釈剤の例)
- ( f ) 2 エチル 4 メチルイミダゾール
- ( g ) 2 メチルイミダゾール
- ( h ) 3 フッ化ホウ素アニリン錯体
- ( i ) ジアミノジフェニルメタン系硬化剤
- ( j ) シリカ(充填材を添加する例)

30

[ 絶縁体 ]

本実施例、比較例および従来例に用いたコイル 1 の絶縁体 3 の材質は以下のとおりである。

- ( A ) 2 種ポリイミド線
- ( B ) セラミックとめっきの 2 層構造(特許文献 1)

【表 1】

樹脂		主剤				希釈剤	硬化剤				充填材
		(a)	(b)	(c)	(d)		(f)	(g)	(h)	(i)	
実施例 と 比較例	(1)	33	33	—	—	33	0.5	—	—	—	250
	(2)	33	33	—	—	33	0.5	—	—	—	—
	(3)	33	33	—	—	33	1.5	—	—	—	—
	(4)	33	33	—	—	33	7	—	—	—	—
	(5)	—	33	33	—	33	0.5	—	—	—	—
	(6)	—	33	33	—	33	1.5	—	—	—	—
	(7)	—	33	33	—	33	7	—	—	—	—
	(8)	33	—	33	—	33	—	0.5	—	—	250
	(9)	33	—	33	—	33	—	1.5	—	—	250
	(10)	33	—	33	—	33	—	7	—	—	250
	(11)	—	30	30	30	10	—	0.5	0.5	—	250
	(12)	—	30	30	30	10	—	—	1.5	—	250
	(13)	—	30	30	30	10	—	—	7	—	250
従来例	(14)	—	—	—	100	—	—	—	—	30	200

10

[ 従来例の樹脂や含浸材 ]

( 1 4 ) 縮合型硬化剤配合エポキシ樹脂

20

表 1 ( 1 4 ) に示したビスフェノール A 型エポキシ樹脂と、ジアミノジフェニルメタン系硬化剤と、シリカの混合物である。配合比 ( 重量比 ) = 1 0 0 / 3 0 / 2 0 0 。水分子の拡散係数は  $1 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$  である。

( 1 5 ) 無機含浸剤

シリコン化合物、マイカガラス、無機繊維、金属酸化物などを混練したものである ( 特許文献 1 ) 。

[ 本実施例の成形方法 ]

エポキシ樹脂組成物の被覆を真空注形にて成形し、その成形時間は注形と硬化をあわせて 5 時間以内であった。したがって、従来の無機含浸剤にて形成されたコイルよりも生産性は大幅に改善された。なお、被覆厚さは図示しない金型とコイル 1 とのギャップにて管理した。

30

【 0 0 1 1 】

作製した真空用モータコイルのガス放出特性の評価は、室温、60%RH の調湿空气中で試料を 24 時間加湿した後に、室温にて 24 時間真空排気したときのガス放出速度にて行った。一方、絶縁特性の評価は、高湿度の結露雰囲気中で 24 時間吸湿させた後の対地間絶縁を、交流 1 2 0 0 V ( 一般的な運転電圧の 2 倍 + 1 0 0 0 V ) 、1 分 の耐電圧試験にて行った。

真空用モータコイルの真空中でのガス放出特性の評価結果を表 2 ~ 4 に示す。

表中のガス放出の評価結果マークにおいて、x 印は  $5 \times 10^{-5} \text{ Pa m}^3 / \text{s}$  を超える場合、○印は  $1 \times 10^{-5} \text{ Pa m}^3 / \text{s}$  より大きく  $5 \times 10^{-5} \text{ Pa m}^3 / \text{s}$  以下の場合、△印は  $1 \times 10^{-5} \text{ Pa m}^3 / \text{s}$  以下の場合、□印は  $5 \times 10^{-6} \text{ Pa m}^3 / \text{s}$  以下の場合を表す。絶縁特性の評価結果のマークは、x 印は漏洩電流が 1 0 m A 以上の場合、○印は 1 0 m A 以下の場合を表す。

40

【 0 0 1 2 】

【表 2】

		実施例						
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
絶縁体の材質		(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
樹脂	材質	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	吸水率	0.09	0.19	0.20	0.22	0.20	0.22	0.24
	膜厚(μm)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
ガス放出評価		○	○	○	○	○	○	○
絶縁評価		○	○	○	○	○	○	○

10

【0013】

【表 3】

		実施例					
		#8	#9	#10	#11	#12	#13
絶縁体の材質		(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
樹脂	材質	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	吸水率	0.21	0.23	0.25	0.25	0.28	0.30
	膜厚(μm)	2000	2000	2000	2000	2000	2000
ガス放出評価		○	○	○	○	○	○
絶縁評価		○	○	○	○	○	○

20

【0014】

【表 4】

		比較例				従来例	
		#1	#2	#3	#4	#1	#2
絶縁体の材質		(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(B)
樹脂	材質	(3)	(6)	(9)	(12)	(14)	(15)
	吸水率	0.20	0.22	0.23	0.28	1.1	—
	膜厚(μm)	2500	3000	4000	5000	2000	2000
ガス放出評価		△	△	△	△	×	○
絶縁評価		○	○	○	○	○	×

30

【0015】

表 2, 3 から分かれるとおり、本実施例の # 1 ~ # 13 では、ガス放出特性と絶縁特性がともに良好であった。これに対し、表 4 からわかるように比較例 # 1 ~ 4 では絶縁特性は良好であるが、ガス放出速度がわずかに大きかった。さらに、表 4 からわかるように吸水率が大きい樹脂を被覆に使用した従来例 # 1 は、絶縁特性は良好であるが肝心のガス放出速度が大きかった。また、無機皮膜と無機含浸剤にて絶縁層を形成した従来例 # 2 は絶縁特性が悪かった。

40

以上の結果より、従来のモータコイルに使用される吸水率の大きいエポキシ樹脂モールドを用いた場合に対し、本実施例のガス放出速度は小さく、本発明の有効性が確認された。また、従来の無機絶縁で成形したコイルに対し、本実施例のコイルは生産性や絶縁特性は良好であり、本発明の有効性が確認された。なお、残留ガススペクトルの測定結果より、いずれの実施例も室温での放出ガスの主成分は水であり、ガス放出速度は水分子の放出

50

速度と考えて良い。

【実施例 2】

【0016】

本実施例は、樹脂 5 が種々の絶縁体 3 に対して有効であることを確認したものである。

表 5 に本発明の材料構成にて成形した真空用モータに用いられるコイルの製造条件を示す。コイル 1 の表面の樹脂 5 は、表 1 に示したエポキシ樹脂組成物 (3) を用いた。被覆厚さは 500  $\mu\text{m}$  とした。

本実施例と比較例に用いた絶縁体 3 の材質は、以下のとおりである。

[本実施例の絶縁体]

(B) セラミックとめっきの 2 層構造 (特許文献 1)

(C) ふっ素樹脂 (四フッ化エチレンパーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体 (PFA))

(D) ポリエーテルサルホン

[比較例の絶縁皮膜]

(A) 2 種ポリイミド線皮膜

【0017】

【表 5】

		実施例			比較例
		#14	#15	#16	#5
絶縁体の材質		(B)	(C)	(D)	(A)
樹脂	材質	(3)	(3)	(3)	(3)
	膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	500	500	500	500
ガス放出評価		◎	◎	◎	○
絶縁評価		○	○	○	○

【0018】

表 5 から分かるとおり、導体 2 の絶縁体 3 は疎水性樹脂皮膜を用い、本発明の被覆にて絶縁層を成形した本実施例の #14 ~ #16 では、ガス放出特性と絶縁特性がともに良好であった。これらは、従来一般的なモータ用コイルに使用される絶縁体 3 を使用した比較例 #5 よりもさらにガス放出速度が小さく、本実施例の絶縁体 3 はさらに有効であることが確認された。なお、残留ガススペクトルの測定結果より、いずれの実施例も室温での放出ガスの主成分は水であり、ガス放出速度は水分ガスの放出速度にほぼ依存していた。

【実施例 3】

【0019】

本実施例は、樹脂 5 を真空含浸や滴下含浸や注形にて形成したものである。

表 6 に本実施例の材料構成にて成形した真空用モータコイルの製造条件および評価結果を示す。本実施例に用いた絶縁体、樹脂は以下のとおりである。

[絶縁体]

(B) セラミックとめっきの 2 層構造

(C) ふっ素樹脂 (フロロエチレンプロピレン (FEP))

(D) ポリエーテルサルホン

[樹脂]

表 1 に示した触媒配合エポキシ樹脂である。

[樹脂の形成]

樹脂 (1)、(8) は金型内で真空含浸の後、2 時間の加熱硬化にて形成した。樹脂 (2)、(9) は触媒配合エポキシ樹脂を 15 分の滴下含浸の後、2 時間の加熱硬化にて形成した。樹脂 (3)、(11) は 10 分の注形と 20 分の脱泡の後、2 時間の加熱硬化にて形成した。いずれの試料も 2000  $\mu\text{m}$  の厚さで形成した。したがって、従来の無機含

10

20

30

40

50

浸剤にて形成する場合よりも生産性は大幅に改善された。ポピンは実施例 1、2 と同じものを用いた。

また、コイルのガス放出特性や絶縁特性の評価結果についての表示方法は、実施例 1、2 と同じである。

【0020】

【表6】

		実施例					
		#17	#18	#19	#20	#21	#22
絶縁体の材質		(C)	(B)	(D)	(C)	(B)	(D)
樹脂	材質	(I)	(2)	(3)	(8)	(9)	(11)
	膜厚(μm)	500	150	2000	500	150	2000
ガス放出評価		○	○	○	○	○	○
絶縁評価		○	○	○	○	○	○

10

【0021】

表6から分かるとおり、水分子の拡散係数が大きな材質を用いて樹脂5を成形した本実施例#17~#22では、ガス放出特性と絶縁特性がともに良好であった。以上の結果より、従来の無機絶縁で成形したコイルに対し、本実施例のコイルは生産性や絶縁特性は良好であり、ガス放出特性も満足するため、本発明の有効性が確認された。なお、残留ガススペクトルの測定結果より、いずれの実施例も室温での放出ガスの主成分は水であり、ガス放出速度は水分ガスの放出速度にほぼ依存していた。

20

なお、実施例1~3ではポピンを用いた例にて説明したが、ポピンを用いない場合はさらにガス放出速度が低減されるので、その効果はより大きくなる。

【実施例4】

【0022】

本発明の実施例4は、樹脂5の拡散係数を変えた種々のエポキシ樹脂について効果を調べたものである。

本実施例の真空用モータコイルの構成は、図1と同じである。本実施例の樹脂5は拡散係数の大きなエポキシ樹脂組成物にて形成されており、その拡散係数は $3 \sim 10 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$ である。

30

表7に本実施例の材料構成にて成形した真空用モータコイルの製造条件および評価結果を示す。なお、表中の拡散係数の単位は、 $10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$ である。

[絶縁体]

(E) ぶっ素樹脂(ポリテトラフルオロエチレン(PTFE))

[樹脂]

被覆に用いたエポキシ樹脂組成物の原料は以下のとおりである。

(16) 触媒配合エポキシ樹脂

ヒドロキシ安息香酸エステル型液晶エポキシ樹脂(メソゲン基の例)と、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂とブチルグリシジルエーテル(単官能型の例)と、2メチルイミダゾールの混合物である。配合比(重量比)=35/35/30/0.7。拡散係数は $7 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$ である。

40

(17) 触媒配合エポキシ樹脂

ナフタレン型エポキシ樹脂と、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂と、フェニルグリシジルエーテルと、nウンデシルイミダゾールの混合物である。配合比(重量比)=35/35/30/5。拡散係数は $5 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$ である。

(18) 触媒配合エポキシ樹脂

ナフタレン型エポキシ樹脂と、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂と、フェニルグリシジルエーテルと、1ベンジル2メチルイミダゾールイミダゾールの混合物である。配合

50

比（重量比）＝ 34 / 33 / 33 / 7。拡散係数は  $4 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$  である。

（19）触媒配合エポキシ樹脂。ナフタレン型エポキシ樹脂とジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂とフェニルグリシジルエーテルと3フッ化ホウ素アニリン錯体の混合物。配合比（重量比）＝ 30 / 40 / 30 / 2。拡散係数は  $6 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$  である。

（20）触媒配合エポキシ樹脂。ナフタレン型エポキシ樹脂とジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂とフェニルグリシジルエーテルと3フッ化ホウ素クロロフェニルアミン錯体の混合物。配合比（重量比）＝ 34 / 33 / 33 / 6。拡散係数は  $4 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$  である。

【樹脂の形成】

エポキシ樹脂による被覆の形成は、真空注形と2時間の加熱硬化にて形成した。その成形時間は注形と硬化をあわせて5時間以内であった。したがって、従来の無機含浸剤にて形成されたコイルよりも生産性は大幅に改善された。なお、被覆厚さは図示しない金型と要素コイル1とのギャップにて1500～2000  $\mu\text{m}$  に管理した。

ボピンは実施例1、2、3と同じである。また、要素コイルのガス放出特性や絶縁特性の評価記号は実施例1、2、3と同じである。

【0023】

【表7】

		実施例				
		#23	#24	#25	#26	#27
絶縁皮膜の材質		(E)	(E)	(E)	(E)	(E)
被覆樹脂	材質	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
	拡散係数	7	6	4	6	4
	膜厚( $\mu\text{m}$ )	1500-2000	1500-2000	1500-2000	1500-2000	1500-2000
ガス放出評価		○	○	○	○	○
絶縁評価		○	○	○	○	○

【0024】

表7から分かるとおり、水分子の拡散係数が大きな材質を本実施例の製造方法にて樹脂5を成形した実施例#23～#27では、ガス放出特性と絶縁特性がともに良好であった。以上の結果より、従来の無機絶縁で成形したコイルに対し、本実施例のコイルは生産性や絶縁特性は良好であり、ガス放出特性も満足するため、本発明の有効性が確認された。なお、残留ガススペクトルの測定結果より、いずれの実施例も室温での放出ガスの主成分は水であり、ガス放出速度は水分ガスの放出速度にほぼ依存していた。

【0025】

このように、コイルの被覆に水分子の拡散係数が  $3.0 \times 10^{-13} \text{ m}^2 / \text{s}$  以上の樹脂を用いているので、従来の無機絶縁で成形したコイルに対し、本実施例のコイルは生産性や絶縁特性は良好であり、ガス放出特性も満足するため、本発明の有効性が確認された。

なお、本実施例はボピンを用いた例にて説明したが、ボピンを用いない場合はさらにガス放出速度が低減されるので、その効果は説明するまでもない。

【実施例5】

【0026】

実施例5は、樹脂の絶縁破壊特性によって樹脂の膜厚の下限を検討したものである。一般的な真空用モータに求められる対地間絶縁破壊電圧は、運転電圧の2倍 + 1000V以上である。運転電圧が低い機種は100V級であり、1200Vで絶縁破壊しなければ、一般的な産業用電気品としての規格を満足するため好ましい。一方、特殊用途の産業用電気品においても、最低でも運転電圧100Vにて絶縁破壊を生じない必要がある。そのため、樹脂5の厚さの下限は絶縁破壊の信頼性が確保される厚さ以上が必要であり、その厚

さはつぎのように評価した。電気絶縁特性においては、同じ構造のコイルでも、多数個作製して絶縁試験を行うと絶縁破壊電圧は正規分布に従うため、産業用の商品としては絶縁破壊電圧の低い側に分布した少なくとも3の値が目的値以上でないとは製品化できない。導体の絶縁体3にはピンホールなどの欠陥部分があるため、絶縁体3が電気絶縁を分担しないと考えた設計では、コイル1表面の樹脂5のみで電気絶縁を受け持つ必要がある。そこで、評価は導体の絶縁体3の無いモデルを使用した。なお、樹脂5の厚さは、クラックや欠陥などが無い限り、厚いほど絶縁特性が良い。

本実施例の真空用モータコイルの構成は、図1の巻き線を同じ外形の銅電極に置き換えた図示しないモデルとした。表8～10に本発明の材料構成にて、樹脂5の厚さを変化させて成形した真空用モータコイルの評価結果を示す。各試料とも10個の試料を作製して絶縁破壊電圧を測定し、平均値と標準偏差を計算して、平均値-3の値で評価した。なお、本実施例に用いた樹脂は、表1に示した(2)、(3)、(4)を用いた。

真空用モータコイルを模擬した試料について、 $10^{-4}$  Pa以下の真空中での絶縁破壊電圧の評価結果を表8～10に示す。表中の絶縁破壊電圧の評価結果マークにおいて、×印は絶縁破壊電圧の平均値-3の値が100V以下の場合、○印は100V以上、1200V以下の場合、◎印は1200V以上の場合を表す。

【0027】

【表8】

		比較例		実施例				
		#6	#7	#28	#29	#30	#31	#32
樹脂	材質	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	膜厚(μm)	8	9	10	70	80	90	100
絶縁 破壊 電圧	平均(V)	190	210	240	1700	1900	2200	2400
	平均-3σ(V)	75	90	100	810	920	1200	1300
	判定	×	×	○	○	○	◎	◎

【0028】

【表9】

		比較例		実施例				
		#8	#9	#33	#34	#35	#36	#37
樹脂	材質	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	膜厚(μm)	8	9	10	70	80	90	100
絶縁 破壊 電圧	平均(V)	200	220	250	1750	2000	2250	2500
	平均-3σ(V)	85	95	120	860	970	1250	1320
	判定	×	×	○	○	○	◎	◎

【0029】

【表 1 0】

		比較例		実施例				
		#10	#11	#38	#39	#40	#41	#42
樹脂	材質	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
	膜厚( $\mu\text{m}$ )	8	9	10	70	80	90	100
絶縁 破壊 電圧	平均(V)	200	220	250	1750	2000	2250	2500
	平均-3 $\sigma$ (V)	80	90	110	830	950	1230	1310
	判定	×	×	○	○	○	◎	◎

10

## 【 0 0 3 0】

表 8 ~ 1 0 から分かるとおり、本実施例の被覆樹脂であるエポキシ樹脂組成物にて被覆したコイルは、絶縁破壊電圧の平均値を 1 0 0 V 以上とするには樹脂厚さ 1 0  $\mu\text{m}$  以上が必要であり、平均値 - 3  $\sigma$  を 1 2 0 0 V 以上とするには被覆厚さ 9 0  $\mu\text{m}$  以上が必要である。

## 【実施例 6】

## 【 0 0 3 1】

実施例 6 は、樹脂 5 とコイル 1 との接着力によって被覆樹脂厚さの上限を検討したものである。被覆樹脂 5 の厚さを厚くすると、エポキシ樹脂組成物では硬化収縮による内部応力が大きくなり、その内部応力がコイル 1 と樹脂 5 との密着力を上回る場合、界面剥離が生じて、放出ガスやパーティクルなどのコンタミネーションが増加し、製品適用ができなくなる。なお、硬化収縮は充填材を添加していない方が大きいため剥離しやすくなる。そのため、被覆樹脂 5 の厚さの上限は被覆樹脂の密着性が確保される厚さ以下であり、その厚さはつぎのように評価した。界面の密着性においては、同じ構造のコイルでも多数個作製して剥離試験をすると、剥離強さは正規分布に従うため、産業用の汎用製品では剥離強さの低い側に分布した少なくとも 3  $\sigma$  の値が 0 M P a 以上でないと製品適用ができない。

20

本実施例の真空用モータコイルの構成は、図 1 に示したものとした。表 1 1 ~ 1 3 に本発明の材料構成にて、被覆樹脂の厚さを変化させて成形した真空用モータコイルの評価結果を示す。各試料とも 1 0 個の試料を作製して剥離強さを測定し、平均値と標準偏差を計算して、平均値 - 3  $\sigma$  の値で評価した。なお、本実施例に用いた被覆樹脂は、表 1 に示した ( 2 )、( 3 )、( 4 ) を用いた。

30

密着性の評価結果を表 1 1 ~ 1 3 に示す。表中の剥離強さの評価結果マークにおいて、×印は剥離強さ平均値 - 3  $\sigma$  の値が 0 M P a 以下の場合、○印は 0 M P a 以上の場合を表す。

## 【 0 0 3 2】

【表 1 1】

		実施例				比較例	
		#43	#44	#45	#46	#13	#14
樹脂	材質	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	膜厚( $\mu\text{m}$ )	1500	1800	1900	2000	2100	2200
剥離 強さ	平均(Mpa)	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	平均-3 $\sigma$ (Mpa)	0.7	0.4	0.3	0.2	<0	<0
	判定	○	○	○	○	×	×

40

## 【 0 0 3 3】

【表 1 2】

		実施例				比較例	
		#47	#48	#49	#50	#15	#16
樹脂	材質	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	膜厚( $\mu\text{m}$ )	1500	1800	1900	2000	2100	2200
剥離 強さ	平均(MPa)	2.2	1.8	1.2	0.7	0.3	0.3
	平均-3 $\sigma$ (Mpa)	0.9	0.6	0.4	0.3	<0	<0
	判定	○	○	○	○	×	×

10

【0034】

【表 1 3】

		実施例				比較例	
		#51	#52	#53	#54	#17	#18
樹脂	材質	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
	膜厚( $\mu\text{m}$ )	1500	1800	1900	2000	2100	2200
剥離 強さ	平均(MPa)	1.9	1.5	1	0.4	0.2	0.1
	平均-3 $\sigma$ (MPa)	0.6	0.4	0.2	0.1	<0	<0
	判定	○	○	○	○	×	×

20

【0035】

表 1 1 ~ 1 3 から分るとおり、本実施例の被覆樹脂であるエポキシ樹脂組成物にて被覆したコイルは、剥離強さの平均値 - 3 を 0 M P a 以上とするには樹脂の厚さが 2 0 0 0  $\mu\text{m}$  以下であることが必要である。

【0036】

なお、上記各実施例における触媒型硬化剤の配合比は、主剤と反応性希釈剤との合計 1 0 0 重量部に対して 0 . 5 重量部以上 7 重量部以下が最適である。この範囲の配合比であれば、硬化反応が適切な速度となる。このため、気泡の生成が抑制されるとともに、硬化収縮が抑制されてクラックが実質的に発生することもなく、安定した品質の製品が実現できる。

30

【産業上の利用可能性】

【0037】

コイルの被覆に吸水率が小さいエポキシ樹脂組成物を用いることによって、電気絶縁特性や被覆の剥離特性の安定性とを両立させることができるので、一般的な真空用モータより高電圧を使用し、高い真空度を要求される用途、例えば荷電粒子加速器の絶縁という用途にも、汎用的な製品として適用できる。

【図面の簡単な説明】

40

【0038】

【図 1】本発明の実施形態に係る真空用モータコイルの断面図

【図 2】従来の真空用モータコイルを示す断面図

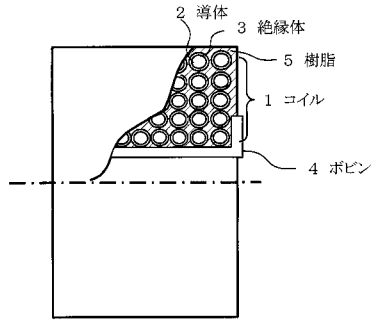
【符号の説明】

【0039】

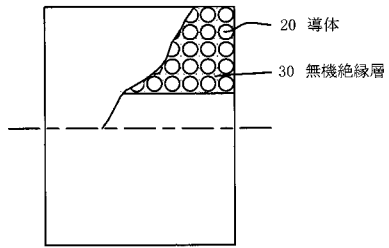
- 1 コイル
- 2 導体
- 3 絶縁体
- 4 ボビン
- 5 樹脂

50

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-322579(JP,A)  
特開平06-096981(JP,A)  
特開2006-193615(JP,A)  
特開2008-072817(JP,A)  
特開2006-034042(JP,A)  
特開2005-229697(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K	3/44
C08G	59/40
H01F	5/00
H01F	5/06
H02K	3/30