(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 7 月 10 日(10.07.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/106941 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 3/44 (2006.01) *H02K 3/30* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/084742

(22) 国際出願日: 2013 年 12 月 25 日(25.12.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-000655 2013 年 1 月 7 日(07.01.2013) JP

(71) 出願人: 三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 山本 茂之(**YAMAMOTO, Shigeyuki**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 磯崎 梢(**ISOZAKI, Kozue**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 久保 一樹(**KUBO, Kazuki**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 舟木 敦彦(**FUNAKI, Atsuhiko**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 曾我 道治, 外(**SOGA, Michiharu** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目１番１号 国際ビルディング ８階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: STATOR COIL FOR ROTATING ELECTRIC MACHINE, METHOD FOR MANUFACTURING SAID STATOR COIL, AND ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) 発明の名称 : 回転電機の固定子コイル及びその製造方法、並びに回転電機

[図1]

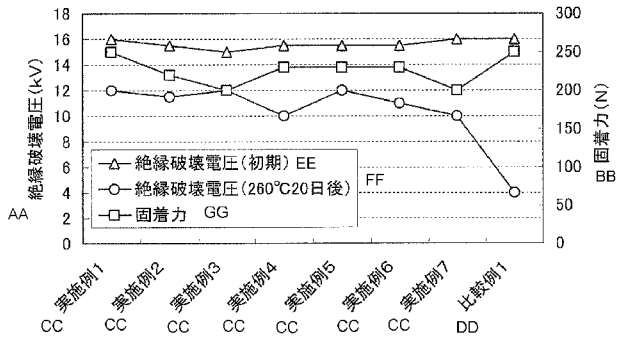


FIG. 1:
AA Breakdown voltage (kV)
BB Fixing strength (N)
CC Example
DD Comparative example
EE Breakdown voltage (initial phase)
FF Breakdown voltage (after 20 days at 260°C)
GG Fixing strength

(57) **Abstract**: The present invention provides a stator coil for a rotating electrical machine comprising a stator core and a coil formed by winding an enamel wire in a slot of the stator core, wherein the stator coil is characterized in that the enamel wire is coated with a cured substance of a first insulation wax containing a polyester resin, and the coil is coated with a cured substance of a second insulation wax containing epoxy acrylate resin. The stator coil for a rotating electrical machine has a high fixing strength of an insulating layer, is capable of preventing thermal deterioration of the enamel wire, and has favorable pressure resistance over a long period of time.

(57) 要約: 本発明は、固定子鉄心と、前記固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回して形成されたコイルとを有する回転電機の固定子コイルであって、前記エナメル線が、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスの硬化物で被覆されていると共に、前記コイルが、エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスの硬化物で被覆されていることを特徴とする固定子コイルである。この回転電機の固定子コイルは、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有する。

WO 2014/106941 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

回転電機の固定子コイル及びその製造方法、並びに回転電機

技術分野

[0001] 本発明は、回転電機の固定子コイル及びその製造方法、並びに回転電機に関する。

背景技術

[0002] 回転電機の固定子コイルは、固定子鉄心（コア）のスロットにエナメル線を巻回してなるコイル（巻線）に絶縁性樹脂組成物（絶縁ワニス）を含浸後、加熱硬化して絶縁層を形成することにより、コイルの絶縁性を高めている。

また、回転電機の固定子コイルは、高電圧に曝されることがあるため、長期間にわたって高電圧に耐える必要がある。そこで、特許文献１は、耐電圧特性に優れた固定子コイルとして、ポリアミドイミド皮膜をエナメル被覆としたエナメル線、又はこのエナメル線を巻回してなるコイルの表面を導電性皮膜で被覆した固定子コイルを提案している。

[0003] さらに、回転電機の固定子コイルは、長期間にわたって高温に曝されるため、熱劣化し難いことも要求される。

しかしながら、特許文献１の固定子コイルは、エナメル被覆と導電性皮膜との相性が良くなく、導電性皮膜の固着力が十分でない。そのため、長期間にわたって高温に曝された場合にエナメル線が劣化し、絶縁不良を起こすと共に耐電圧特性も低下するという問題がある。

[0004] そこで、特許文献２は、ポリアミドイミド皮膜をエナメル被覆としたエナメル線、又はこのエナメル線を巻回してなるコイルの表面を、二重結合を有する油成分により変性されたＴＨＥＩＣ変性ポリエステル樹脂皮膜で被覆した固定子コイルを提案している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００４－２５４４５７号公報

特許文献2：特許第４４７５４７０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献２の固定子コイルは、絶縁層であるＴＨＥＩＣ変性ポリエステル樹脂皮膜の架橋密度が高くないため、長期間にわたって良好な耐電圧特性を維持することができないという問題がある。

本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有する回転電機の固定子コイル及びその製造方法、並びに当該特性を備えた回転電気を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者等は、上記の問題を解決すべく鋭意研究した結果、ポリエステル樹脂を含む絶縁ワニスの硬化物でエナメル線又はエナメル線を巻回して形成されたコイルを被覆すると共に、エポキシアクリレート樹脂を含む絶縁ワニスの硬化物でポリエステル樹脂を含む絶縁ワニスの硬化物をさらに被覆して絶縁層を形成することにより、絶縁層の固着力だけでなく長期間にわたる耐電圧特性を改善し得ることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0008] すなわち、本発明は、固定子鉄心と、前記固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回して形成されたコイルとを有する回転電機の固定子コイルであって、前記エナメル線が、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスの硬化物で被覆されていると共に、前記コイルが、エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスの硬化物で被覆されていることを特徴とする固定子コイルである。

[0009] また、本発明は、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスをエナメル線に塗布した後、固定子鉄心のスロットに前記エナメル線を巻回してコイルを作

製する工程と、エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスを前記コイルに塗布する工程とを含むことを特徴とする回転電機の固定子コイルの製造方法である。

また、本発明は、固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回してコイルを作製する工程と、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスを前記コイルに塗布して加熱する工程と、前記第１絶縁ワニスを塗布して加熱した前記コイルにエポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスを塗布して加熱する工程とを含むことを特徴とする回転電機の固定子コイルの製造方法である。

さらに、本発明は、前記回転電機の固定子コイルを有することを特徴とする回転電機である。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有する回転電機の固定子コイル及びその製造方法、並びに当該特性を備えた回転電気を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施例及び比較例における固着力、初期及び２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧の結果を表すグラフである。

発明を実施するための形態

[0012] 実施の形態１.

本実施の形態の回転電機の固定子コイルは、固定子鉄心と、前記固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回して形成されたコイルとを有する。ここで、固定子鉄心及びエナメル線としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知のものを用いることができる。その中でもエナメル線は、ポリアミドイミド皮膜をエナメル被覆としたエナメル線であることが好ましい。

また、エナメル線は、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスの硬化物であるポリエステル樹脂皮膜で被覆されていると共に、コイルは、エポキシア

クリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスの硬化物であるエポキシアクリレート樹脂皮膜でさらに被覆されている。

[0013] エナメル線を被覆するポリエステル樹脂皮膜は、応力緩和層及び接着性付与層としての効果を有する。すなわち、ポリエステル樹脂皮膜は、最外層のエポキシアクリレート樹脂皮膜に比べて硬度が小さいため、エナメル線とエポキシアクリレート樹脂皮膜との間の応力を緩和させることができる。また、ポリエステル樹脂皮膜は、エナメル被覆との相性が良好であるだけでなく、エポキシアクリレート樹脂皮膜と同様にエステル基を有しているため、エポキシアクリレート樹脂皮膜との相性も良好である。そのため、エナメル線とエポキシアクリレート樹脂皮膜との間の固着力を向上させることができる。

[0014] 最外層のエポキシアクリレート樹脂皮膜は、ポリエステル樹脂皮膜に比べて架橋密度が高いため、耐電圧特性を向上させることができる。

したがって、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスの硬化物であるポリエステル樹脂皮膜でエナメル線を被覆すると共に、エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスの硬化物であるエポキシアクリレート樹脂皮膜でコイルをさらに被覆して絶縁層を形成することにより、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有することが可能となる。

[0015] ポリエステル樹脂皮膜の厚さは、特に限定されることはないが、１ｍｍ未満であることが好ましい。ポリエステル樹脂皮膜の厚さが１ｍｍ以上であると、回転電機のモータ出力が低下することがある。

ここで、ポリエステル樹脂皮膜を形成する第１絶縁ワニスに含まれるポリエステル樹脂とは、一般的に、多価アルコールを不飽和多塩基酸や飽和多塩基酸と重縮合（エステル化）させて得られた化合物（ポリエステル）を、架橋剤に溶解させて得られる樹脂である。

[0016] 多価アルコールとしては、特に限定されることはなく、公知のものを用いることができる。多価アルコールの例としては、エチレングリコール、プロ

ピレングリコール、ブタンジオール、ジエチレングリコール、ジプロピレングリコール、トリエチレングリコール、ペンタンジオール、ヘキサンジオール、ネオペンタンジオール、水素化ビスフェノールＡ、ビスフェノールＡ、及びグリセリン等が挙げられる。これらは、単独又は複数を組み合わせて用いることができる。

[0017] 不飽和多塩基酸としては、特に限定されることはなく、公知のものを用いることができる。不飽和多塩基酸の例としては、無水マレイン酸、フマル酸、シトラコン酸、及びイタコン酸等が挙げられる。これらは、単独又は複数を組み合わせて用いることができる。

飽和多塩基酸としては、特に限定されることはなく、公知のものを用いることができる。飽和多塩基酸の例としては、無水フタル酸、イソフタル酸、テレフタル酸、ヘット酸、コハク酸、アジピン酸、セバシン酸、テトラクロロ無水フタル酸、テトラブロモ無水フタル酸、エンドメチレンテトラヒドロ無水フタル酸等が挙げられる。これらは、単独又は複数を組み合わせて用いることができる。

[0018] ポリエステルは、上記のような原料を用いて公知の方法で合成することができる。この合成における各種条件は、使用する原料やその量に応じて適宜設定する必要があるが、一般的に、窒素等の不活性ガス気流中、１４０～２３０℃の温度にて加圧又は減圧下でエステル化させればよい。このエステル化反応では、必要に応じてエステル化触媒を使用することができる。触媒の例としては、酢酸マンガン、ジブチル錫オキサイド、シュウ酸第一錫、酢酸亜鉛、及び酢酸コバルト等の公知の触媒が挙げられる。これらは、単独又は複数を組み合わせて用いることができる。

[0019] また、ポリエステルの合成において、上記のような原料と共に、エポキシ樹脂、イミド樹脂、シリコーン樹脂、トリスヒドロキシエチルイソシアヌレート等を配合してもよい。これらの成分の配合量は、特に限定されることはなく、使用する成分に応じて適宜調整すればよい。また、これらの成分を配合して調製されるポリエステルは、それぞれエポキシ変性ポリエステル、イ

ミド変性ポリエステル、シリコーン変性ポリエステル、ＴＨＥＩＣ（トリスヒドロキシエチルイソシアヌレート）変性ポリエステルとなる。これらの変性ポリエステルは、本発明の効果を安定して与えることができるため特に好ましく、ＴＨＥＩＣ変性ポリエステルが最も好ましい。

[0020] 架橋剤としては、ポリエステルと重合可能な重合性二重結合を有しているものであれば特に限定されることはない。架橋剤の例としては、スチレンモノマー、ジアリルフタレートモノマー、ジアリルフタレートプレポリマー、メタクリル酸メチル、及びトリアリルイソシアヌレート等が挙げられる。これらは、単独又は複数を組み合わせて用いることができる。

ポリエステル樹脂における架橋剤の含有量は、好ましくは２５～７０質量％、より好ましくは３５～６５質量％である。架橋剤の含有量が２５質量％未満であると、樹脂粘度の上昇によって作業性が低下してしまうことがある。一方、架橋剤の含有量が７０質量％を超えると、所望の物性を有する硬化物が得られないことがある。

[0021] エポキシアクリレート樹脂皮膜の厚さは、特に限定されることはなく、製造する固定子コイルの大きさ等に応じて適宜調整すればよい。

エポキシアクリレート樹脂皮膜を形成する第２絶縁ワニスに含まれるエポキシアクリレート樹脂としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知のものを用いることができる。エポキシアクリレート樹脂の例としては、ビスフェノールＡ型エポキシアクリレート、ビスフェノールＦ型エポキシアクリレート、変性ビスフェノールＡ型エポキシアクリレート、変性ビスフェノールＦ型エポキシアクリレート、臭素化ビスフェノールＡ型エポキシアクリレート、臭素化ビスフェノールＦ型エポキシアクリレート等が挙げられる。これらは、単独又は２種以上を組み合わせて用いることができる。

[0022] 第２絶縁ワニスは、エポキシアクリレート樹脂の他に、反応性希釈剤及び反応開始剤を含むことができる。

反応希釈剤としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において

公知のものを用いることができる。反応性希釈剤の例としては、スチレン、スチレンのα－，ｏ－，ｍ－，ｐ－アルキル，ニトロ，シアノ，アミド，エステル誘導体、クロルスチレン、ビニルトルエン、ジビニルベンゼン等のスチレン系モノマー；ブタジエン、２，３－ジメチルブタジエン、イソプレン、クロロプレン等のジエン類；（メタ）アクリル酸エチル、（メタ）アクリル酸メチル、（メタ）アクリル酸－ｎ－プロピル、（メタ）アクリル酸－ｉ－プロピル、（メタ）アクリル酸ヘキシル、（メタ）アクリル酸２－エチルヘキシル、（メタ）アクリル酸ラウリル、（メタ）アクリル酸ドデシル、（メタ）アクリル酸シクロペンチル、（メタ）アクリル酸シクロヘキシル、（メタ）アクリル酸テトラヒドロフリル、アセトアセトキシエチル（メタ）アクリレート、ジシクロペンテニルオキシエチル（メタ）アクリレート、フェノキシエチル（メタ）アクリレート、２－ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、２－ヒドロキシプロピル（メタ）アクリレート、４－ヒドロキシブチル（メタ）アクリレート等の（メタ）アクリル酸エステル類；（メタ）アクリル酸アミド及び（メタ）アクリル酸Ｎ，Ｎ－ジメチルアミド等の（メタ）アクリル酸アミド；（メタ）アクリル酸アニリド等のビニル化合物；シトラコン酸ジエチル等の不飽和ジカルボン酸ジエステル；Ｎ－フェニルマレイミド等のモノマレイミド化合物；Ｎ－（メタ）アクリロイルフタルイミド等が挙げられる。これらの中でも、作業性、コスト及び硬化性の観点から、スチレンが好ましい。

第２絶縁ワニスにおける反応希釈剤の含有量は、特に限定されないが、一般に２０質量％～８０質量％、より好ましくは３０質量％～６０質量％である。

[0023] 反応開始剤としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知のものを用いることができる。反応開始剤の例としては、ｔ－ヘキシルハイドロパーオキサイド等のパーヘキシル系、ベンゾイルパーオキサイド等のアシルパーオキシド系、ｔ－ブチルパーオキシベンゾエート等の過酸エステル系、テトラメチルブチルハイドロパーオキサイド等の有機ハイドロパー

オキシド系、ジクミルパーオキサイド等のジアルキルパーオキシド系の有機過酸化物が挙げられる。

第２絶縁ワニスにおける反応開始剤の含有量は、特に限定されないが、一般に０．１～５質量％、好ましくは０．５～３質量％である。

[0024] 次に、本実施の形態の回転電機の固定子コイルの製造方法について説明する。

まず、第１絶縁ワニスをエナメル線に塗布した後、固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回してコイルを作製する。

第１絶縁ワニスの塗布方法としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。例えば、第１絶縁ワニスを入れた容器にエナメル線を含浸させればよい。含浸方法としては、真空含浸、真空加圧含浸、常圧含浸等が挙げられる。含浸の際の条件は、特に限定されることはなく、第１絶縁ワニス及びエナメル線等の種類に応じて適宜調整すればよい。

[0025] エナメル線に塗布された第１絶縁ワニスは、加熱することによって硬化させることができる。加熱温度及び加熱時間は、特に限定されることはなく、使用する第１絶縁ワニスの成分等に応じて適宜調整すればよい。加熱温度は一般に１００～２５０℃、加熱時間は１～２４時間、好ましくは０．５～２０時間である。これらの範囲を外れると、所望の効果が得られない場合がある。

第１絶縁ワニスの加熱による硬化は、固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回する前又は後のいずれにおいても行ってもよい。また、第１絶縁ワニスの硬化は、完全に硬化させる必要はなく、半硬化させてもよい。

固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回する方法としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。

[0026] 次に、上記で作製されたコイルに第２絶縁ワニスを塗布する。

第２絶縁ワニスの塗布方法としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。具体的には、第１絶縁ワ

ニスの塗布方法において例示した含浸方法の他、第２絶縁ワニスをコイルに滴下することによっても塗布することができる。

[0027] コイルに塗布された第２絶縁ワニスは、加熱することによって硬化させることができる。加熱温度及び加熱時間は、特に限定されることはなく、使用する第２絶縁ワニスの成分等に応じて適宜調整すればよい。加熱温度は一般に１００～２５０℃、加熱時間は１～２４時間、好ましくは０．５～２０時間である。これらの範囲を外れると、所望の効果が得られない場合がある。

第２絶縁ワニスの加熱による硬化は、第２絶縁ワニスが完全に硬化するまで行われる。特に、第１絶縁ワニスを半硬化させた場合、第２絶縁ワニスと共に第１絶縁ワニスが完全に硬化するまで加熱処理が行われる。

[0028] 上記のようにして製造される固定子コイルは、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有しているため、回転電機において用いるのに有効である。

[0029] 実施の形態２．

本実施の形態の回転電機の固定子コイルは、エナメル線を巻回して形成されたコイルを、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスの硬化物であるポリエステル樹脂皮膜で被覆すると共に、エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスの硬化物であるエポキシアクリレート樹脂皮膜でポリエステル樹脂皮膜をさらに被覆して絶縁層を形成した点で、実施の形態１の回転電機の固定子コイルとは異なる。このような絶縁層を形成した場合であっても、絶縁層の固着力だけでなく長期間にわたる耐電圧特性を改善することができる。

[0030] コイルを被覆するポリエステル樹脂皮膜は、応力緩和層及び接着性付与層としての効果を有する。すなわち、ポリエステル樹脂皮膜は、最外層のエポキシアクリレート樹脂皮膜に比べて硬度が小さいため、コイルを構成するエナメル線とエポキシアクリレート樹脂皮膜との間の応力を緩和することができる。また、ポリエステル樹脂皮膜は、エナメル被覆との相性が良好であるだけでなく、エポキシアクリレート樹脂皮膜と同様にエステル基を有してい

るため、エポキシアクリレート樹脂皮膜との相性も良好である。そのため、コイルを構成するエナメル線とエポキシアクリレート樹脂皮膜との間の固着力を向上させることができる。

[0031] 最外層のエポキシアクリレート樹脂皮膜は、ポリエステル樹脂皮膜に比べて架橋密度が高いため、耐電圧特性を向上させることができる。

したがって、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスの硬化物であるポリエステル樹脂皮膜でコイルを被覆すると共に、エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスの硬化物であるエポキシアクリレート樹脂皮膜でポリエステル樹脂皮膜をさらに被覆して絶縁層を形成することにより、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有することが可能となる。

なお、ポリエステル樹脂皮膜及びエポキシアクリレート樹脂皮膜は、実施の形態１の回転電機の固定子コイルと同じであるため、説明を省略する。

[0032] 次に、本実施の形態の回転電機の固定子コイルの製造方法について説明する。

まず、固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回してコイルを作製する。固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回する方法としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。

[0033] 次に、第１絶縁ワニスをコイルに塗布して加熱する。

第１絶縁ワニスの塗布方法としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。具体的には、実施の形態１で例示したような真空含浸、真空加圧含浸、常圧含浸等の含浸方法の他、第１絶縁ワニスをコイルに滴下することによっても塗布することができる。

[0034] 第１絶縁ワニスの加熱温度及び加熱時間は、特に限定されることはなく、使用する第１絶縁ワニスの成分等に応じて適宜調整すればよい。加熱温度は一般に１００～２５０℃、加熱時間は１～２４時間、好ましくは０．５～２０時間である。これらの範囲を外れると、所望の効果が得られない場合がある。また、第１絶縁ワニスの加熱による硬化は、完全に硬化させる必要はな

く、半硬化させてもよい。

[0035] 次に、第１絶縁ワニスの硬化物で被覆されたコイルに第２絶縁ワニスを塗布して加熱する。

第２絶縁ワニスの塗布方法としては、特に限定されることはなく、当該技術分野において公知の方法を用いることができる。具体的には、第１絶縁ワニスと同様の方法及び条件で塗布することができる。

[0036] 第２絶縁ワニスの加熱温度及び加熱時間は、特に限定されることはなく、使用する第２絶縁ワニスの成分等に応じて適宜調整すればよい。加熱温度は一般に１００～２５０℃、加熱時間は１～２４時間、好ましくは０．５～２０時間である。これらの範囲を外れると、所望の効果が得られない場合がある。

第２絶縁ワニスの加熱による硬化は、第２絶縁ワニスが完全に硬化するまで行われる。特に、第１絶縁ワニスを半硬化させた場合、第２絶縁ワニスと共に第１絶縁ワニスが完全に硬化するまで加熱処理が行われる。

[0037] 上記のようにして製造される固定子コイルは、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有しているため、回転電機において用いるのに有効である。

実施例

[0038] 以下、実施例により本発明の詳細を説明するが、これらによって本発明が限定されるものではない。

（実施例１）

エポキシ変性ポリエステルを含む第１絶縁ワニス、ビスフェノールＡ型エポキシアクリレートを含む第２絶縁ワニスを用いて以下の試験を行った。

ＪＩＳ　Ｃ２１０３に準じ、ポリアミドイミド皮膜をエナメル被覆としたエナメル線を用いてツイストペア及びヘリカルコイルを作製した。次に、ツイストペア及びヘリカルコイルのそれぞれを第１絶縁ワニスに含浸させた後、１３０℃で２時間加熱することによってポリエステル樹脂皮膜を形成した。次に、このツイストペア及びヘリカルコイルを第２絶縁ワニスに含浸させ

た後、１６０℃で２時間加熱することによってエポキシアクリレート樹脂皮膜を形成した。

[0039] 上記で得られたヘリカルコイルについて、ＪＩＳ　Ｃ２１０３に準じ、オートグラフ（島津製作所製ＡＧ－５０００Ｄ）を用いて固着力を測定した。その結果、固着力は２５０Ｎであり、絶縁層の固着力が高いことが確認された。

次に、上記で得られたツイストペアについて、絶縁破壊電圧測定装置（ヤマヨシ試験製）を用いて絶縁破壊電圧を測定した結果、絶縁破壊電圧は１６ｋＶであった。また、このツイストペアを２６０℃で２０日間保持した後、同様に絶縁破壊電圧を測定した結果、絶縁破壊電圧は１２ｋＶであった。第１絶縁ワニス及び第２絶縁ワニスを用いたワニス処理を行っていない（エナメル線のみの）ツイストペアの絶縁破壊電圧が５ｋＶであったことから、第１絶縁ワニス及び第２絶縁ワニスを用いたワニス処理を行うことで、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与え得ることが確認された。

[0040] 次に、５００ｍｍ×３００ｍｍ×１００ｍｍの容器に第１絶縁ワニスを入れ、ポリアミドイミド皮膜をエナメル被覆としたエナメル線を第１絶縁ワニスに含浸させた後、固定子鉄心に巻回し、１３０℃で２時間加熱することによって、エナメル線の表面にポリエステル樹脂皮膜が形成されたコイルを得た。次に、このコイルを第２絶縁ワニスに含浸させた後、１６０℃で２時間加熱することによって、コイルの表面にエポキシアクリレート樹脂皮膜が形成された固定子コイルを得た。

上記で得られた固定子コイルについて、絶縁破壊電圧測定装置（ヤマヨシ試験製）を用いて絶縁破壊電圧を測定した結果、エポキシ変性ポリエステルを含む絶縁ワニスをコイルに含浸させて加熱することによって作製された従来の固定子コイルに比べて、約２倍の絶縁破壊電圧を有していた。

[0041] （実施例２）

イミド変性ポリエステルを含む第１絶縁ワニスを用いたこと以外は実施例１と同様にして試験を行った。その結果、ヘリカルコイルでの固着力は２２

０Ｎ、ツイストペアでの絶縁破壊電圧は１５．５ｋＶであった。また、このツイストペアにおける２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧は１１．５ｋＶであった。これらの結果から、この実施例のワニス処理を行うことで、絶縁層の固着力を高めると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与え得ることが確認された。

次に、イミド変性ポリエステルを含む第１絶縁ワニスを用いたこと以外は実施例１と同様にして固定子コイルを作製し、その絶縁破壊電圧を測定した。その結果、この実施例で作製した固定子コイルは、エポキシ変性ポリエステルを含む絶縁ワニスをコイルに含浸させて加熱することによって作製された従来の固定子コイルに比べて、約２倍の絶縁破壊電圧を有していた。

[0042] （実施例３）

シリコーン変性ポリエステルを含む第１絶縁ワニス、ビスフェノールＦ型エポキシアクリレートを含む第２絶縁ワニスを用いたこと以外は実施例１と同様にして試験を行った。その結果、ヘリカルコイルでの固着力は２００Ｎ、ツイストペアでの絶縁破壊電圧は１５ｋＶであった。また、このツイストペアにおける２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧は１２ｋＶであった。これらの結果から、この実施例のワニス処理を行うことで、絶縁層の固着力を高めると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与え得ることが確認された。

次に、シリコーン変性ポリエステルを含む第１絶縁ワニス、ビスフェノールＦ型エポキシアクリレートを含む第２絶縁ワニスを用いたこと以外は実施例１と同様にして固定子コイルを作製し、その絶縁破壊電圧を測定した。その結果、この実施例で作製した固定子コイルは、エポキシ変性ポリエステルを含む絶縁ワニスをコイルに含浸させて加熱することによって作製された従来の固定子コイルに比べて、約２倍の絶縁破壊電圧を有していた。

[0043] （実施例４）

ＴＨＥＩＣ変性ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスを用いたこと以外は実施例１と同様にして試験を行った。その結果、ヘリカルコイルでの固着

力は２３０Ｎ、ツイストペアでの絶縁破壊電圧は１５．５ｋＶであった。また、このツイストペアにおける２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧は１０ｋＶであった。これらの結果から、この実施例のワニス処理を行うことで、絶縁層の固着力を高めると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与え得ることが確認された。

次に、ＴＨＥＩＣ変性ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスを用いたこと以外は実施例１と同様にして固定子コイルを作製し、その絶縁破壊電圧を測定した。その結果、この実施例で作製した固定子コイルは、エポキシ変性ポリエステルを含む絶縁ワニスをコイルに含浸させて加熱することによって作製された従来の固定子コイルに比べて、約２倍の絶縁破壊電圧を有していた。

[0044] （実施例５）

第１絶縁ワニスの加熱処理を１００℃で３０分に変更したこと以外は実施例１と同様にして試験を行った。その結果、ヘリカルコイルでの固着力は２３０Ｎ、ツイストペアでの絶縁破壊電圧は１５．５ｋＶであった。また、このツイストペアにおける２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧は１２ｋＶであった。これらの結果から、この実施例のワニス処理を行うことで、絶縁層の固着力を高めると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与え得ることが確認された。

次に、第１絶縁ワニスの加熱処理を１００℃で３０分に変更したこと以外は実施例１と同様にして固定子コイルを作製し、その絶縁破壊電圧を測定した。その結果、この実施例で作製した固定子コイルは、エポキシ変性ポリエステルを含む絶縁ワニスをコイルに含浸させて加熱することによって作製された従来の固定子コイルに比べて、約２倍の絶縁破壊電圧を有していた。

[0045] （実施例６）

第１絶縁ワニスを真空含浸（圧力０．１ｍｍＨｇ以下で１２０分）させたこと以外は実施例４と同様にして試験を行った。その結果、ヘリカルコイルでの固着力は２３０Ｎ、ツイストペアでの絶縁破壊電圧は１５．５ｋＶであ

った。また、このツイストペアにおける２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧は１１ｋＶであった。これらの結果から、この実施例のワニス処理を行うことで、絶縁層の固着力を高めると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与え得ることが確認された。

次に、第１絶縁ワニスを真空含浸（圧力０．１ｍｍＨｇ以下で１２０分）させたこと以外は実施例４と同様にして固定子コイルを作製し、その絶縁破壊電圧を測定した。その結果、この実施例で作製した固定子コイルは、エポキシ変性ポリエステルを含む絶縁ワニスをコイルに含浸させて加熱することによって作製された従来の固定子コイルに比べて、約２倍の絶縁破壊電圧を有していた。

[0046] （実施例７）

第１絶縁ワニスを真空加圧含浸（圧力０．１ｍｍＨｇ以下で１２０分の真空含浸を行った後、圧力３ｋｇ／ｃｍ^{2}で１８０分加圧）させたこと以外は実施例１と同様にして試験を行った。その結果、ヘリカルコイルでの固着力は２００Ｎ、ツイストペアでの絶縁破壊電圧は１６ｋＶであった。また、このツイストペアにおける２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧は１０ｋＶであった。これらの結果から、この実施例のワニス処理を行うことで、絶縁層の固着力を高めると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与え得ることが確認された。

次に、第１絶縁ワニスを真空加圧含浸（圧力０．１ｍｍＨｇ以下で１２０分の真空含浸を行った後、圧力３ｋｇ／ｃｍ^{2}で１８０分加圧）させたこと以外は実施例１と同様にして固定子コイルを作製し、その絶縁破壊電圧を測定した。その結果、この実施例で作製した固定子コイルは、エポキシ変性ポリエステルを含む絶縁ワニスをコイルに含浸させて加熱することによって作製された従来の固定子コイルに比べて、約２倍の絶縁破壊電圧を有していた。

[0047] （比較例１）

エポキシ樹脂を含む第１絶縁ワニスを用いたこと以外は実施例１と同様にして試験を行った。その結果、ヘリカルコイルでの固着力は２５０Ｎ、ツイ

ストペアでの絶縁破壊電圧は１６ｋＶであった。また、このツイストペアにおける２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧は４ｋＶであり、高温下で絶縁破壊電圧が著しく低下した。この結果から、この比較例のワニス処理では、絶縁層の固着力を高めることができるものの、長期間にわたって良好な耐電圧特性を与えることができないことが確認された。

[0048] 上記の実施例及び比較例における固着力、初期及び２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧の結果を図１にまとめる。図１に示されているように、実施例１～７では、固着力が高いと共に、初期及び２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧も高かった。これに対して、比較例１では、固着力及び初期の絶縁破壊電圧が高かったものの、２６０℃で２０日間保持後の絶縁破壊電圧が著しく低下した。

[0049] 以上の結果からわかるように、本発明によれば、絶縁層の固着力が高くてエナメル線の熱劣化を防止することができると共に、長期間にわたって良好な耐電圧特性を有する回転電機の固定子コイル及びその製造方法、並びに当該特性を備えた回転電気を提供することができる。

請求の範囲

[請求項1] 固定子鉄心と、前記固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回して形成されたコイルとを有する回転電機の固定子コイルであって、

前記エナメル線が、ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスの硬化物で被覆されていると共に、前記コイルが、エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスの硬化物で被覆されていることを特徴とする固定子コイル。

[請求項2] ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスをエナメル線に塗布した後、固定子鉄心のスロットに前記エナメル線を巻回してコイルを作製する工程と、

エポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスを前記コイルに塗布する工程と

を含むことを特徴とする回転電機の固定子コイルの製造方法。

[請求項3] 固定子鉄心のスロットにエナメル線を巻回してコイルを作製する工程と、

ポリエステル樹脂を含む第１絶縁ワニスを前記コイルに塗布して加熱する工程と、

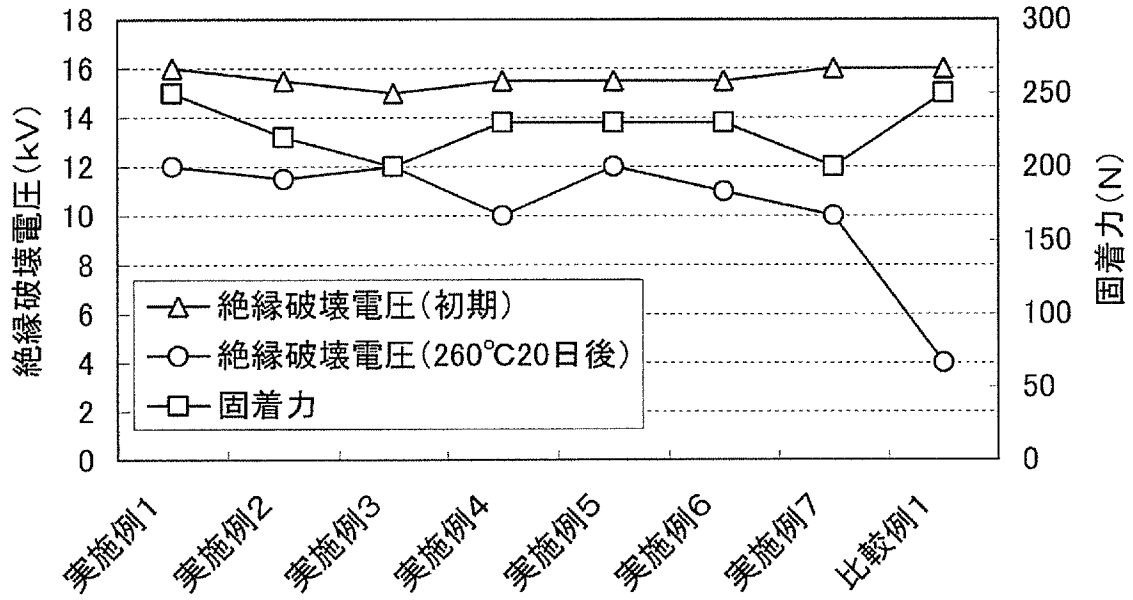
前記第１絶縁ワニスを塗布して加熱した前記コイルにエポキシアクリレート樹脂を含む第２絶縁ワニスを塗布して加熱する工程と

を含むことを特徴とする回転電機の固定子コイルの製造方法。

[請求項4] 前記第１絶縁ワニス及び前記第２絶縁ワニスの塗布が、真空含浸、真空加圧含浸又は常圧含浸によって行われることを特徴とする請求項２又は３に記載の回転電機の固定子コイルの製造方法。

[請求項5] 請求項１に記載の回転電機の固定子コイルを有することを特徴とする回転電機。

[図1]


絶縁破壊電圧(kV)
固着力(N)
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
300
250
200
150
100
50
0
絶縁破壊電圧(初期)
絶縁破壊電圧(260℃20日後)
固着力
実施例1
実施例2
実施例3
実施例4
実施例5
実施例6
実施例7
比較例1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/084742

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02K3/44(2006.01)i, *H02K3/30*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02K3/44, H02K3/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-165434 A (Hitachi, Ltd.), 24 June 1997 (24.06.1997), paragraphs [0017] to [0018], [0035]; fig. 1 (Family: none)	1-2,5 3-4
Y	JP 63-28249 A (Nitto Electric Industrial Co., Ltd.), 05 February 1988 (05.02.1988), page 2, upper right column, line 14 to lower left column; fig. 1 (Family: none)	3-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 19 March, 2014 (19.03.14)	Date of mailing of the international search report 01 April, 2014 (01.04.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０８４７４２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02K3/44(2006.01)i, H02K3/30(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02K3/44, H02K3/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 9-165434 A（株式会社日立製作所）1997.06.24, 段落	1-2,5
Y	0017-0018,0035, 第１図（ﾌｧﾐﾘｰなし）	3-4
Y	JP 63-28249 A（日東電気工業株式会社）1988.02.05, 2頁右上欄14行-左下欄, 第１図（ﾌｧﾐﾘｰなし）	3-4

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １９．０３．２０１４	国際調査報告の発送日 ０１．０４．２０１４
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｖ　３７３６ 服部　俊樹 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８