

(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
2022年12月1日(01.12.2022)



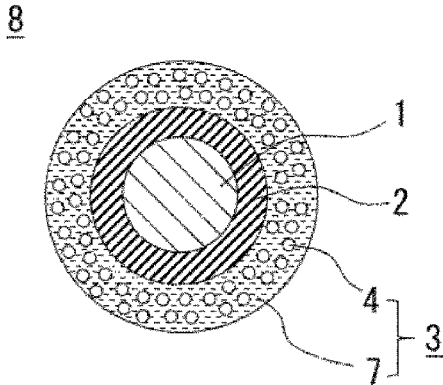
(10) 国際公開番号

WO 2022/249265 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/40 (2006.01) *H01F 27/28* (2006.01)
H01B 7/02 (2006.01) *H02K 3/02* (2006.01)
H01B 7/18 (2006.01) *H02K 3/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/019726
- (22) 国際出願日: 2021年5月25日(25.05.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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:殷 曉紅(YIN, Xiaohong); 〒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). 馬淵 貴裕(MABUCHI, Takahiro); 〒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:村上 加奈子, 外(MURAKAMI, Kanako et al.); 〒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 知的財産センター内 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: INSULATED WIRE AND COIL USING SAID INSULATED WIRE

(54) 発明の名称: 絶縁電線およびこの絶縁電線を用いたコイル



(57) Abstract: Provided are an insulated wire that can inhibit the occurrence of partial discharges and improve flexibility and toughness, and a coil using said insulated wire. An insulated wire (8) according to the present disclosure comprises a conductor (1), an enamel layer (2) that covers the outer circumference of the conductor (1), and a semiconductive fused layer (3) that covers the outer circumference of the enamel layer (2), and is such that the semiconductive fused layer (3) includes a thermally fusible resin (7), and rubber particles (5) coated with a conductive polymer (6) that are dispersedly mixed into the thermally fusible resin (7). A coil according to the present disclosure uses said insulated wire (8), and is formed by winding.

(57) 要約: 部分放電の発生を抑制すると共に、可撓性と靱性が向上できる絶縁電線およびこの絶縁電線を用いたコイルを提供する。本開示に係る絶縁電線(8)は、導体(1)と、導体(1)の外周を被覆するエナメル層(2)と、エナメル層(2)の外周を被覆する半導電融着層(3)とを備え、半導電融着層(3)は、熱融着性樹脂(7)と、熱融着性樹脂(7)に分散配合され、導電性高分子(6)でコーティングされたゴム粒子(5)とを含む。本開示に係るコイルは、この絶縁電線(8)を用い、捲回して形成されている。

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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).

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：絶縁電線およびこの絶縁電線を用いたコイル

技術分野

[0001] 本開示は、回転電機等のコイルに用いられる絶縁電線、およびこの絶縁電線を用いたコイルに関するものである。

背景技術

[0002] モータなどの回転電機におけるコイルは、導線にポリアミドイミド樹脂やポリエステルイミド樹脂などを用いる絶縁層であるエナメル層を被覆した絶縁電線が用いられている。絶縁電線は、高電圧が印加された状態で使用されるため、エナメル層または絶縁電線同士間の空隙に電界が部分的に集中して部分放電が発生することがある。この部分放電によりエナメル層の劣化を引き起こし、絶縁電線が侵食されて絶縁破壊に至る可能性がある。

近年、回転電機の小型化且つ高出力化が進む中、印加電圧がさらに高まる傾向にある。印加電圧を高くすると、コイルにかかる電圧が高くなって部分放電が発生しやすくなってしまふ。部分放電開始電圧という部分放電が発生した時点の電圧を高め、部分放電の発生を抑制できる絶縁電線が求められている。

[0003] 以上の背景の中で、部分放電の発生を抑制する方法として、導体を被覆するエナメル層の外周にさらに融着性樹脂と導電粒子の混練物により半導電層が形成されている絶縁電線が提案されている（例えば、特許文献1）。

[0004] しかし、特許文献1に係る絶縁電線では、最外層となる半導体層に導電性粒子の含有率を増加させることにより部分放電開始電圧を高めて部分放電の発生が抑制できるが、材料全体の機械的強度、特に絶縁電線の可撓性と靱性が低下する問題点があった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2007-5174号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本開示は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、部分放電の発生を抑制すると共に、可撓性と靱性を向上できる絶縁電線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] 本開示に係る絶縁電線は、導体と、導体の外周を被覆するエナメル層と、エナメル層の外周を被覆する半導電融着層と、を備え、半導電融着層は、熱融着性樹脂と、熱融着性樹脂に分散配合され、導電性高分子でコーティングされたゴム粒子とを含む。

本開示に係るコイルは、本開示に係る絶縁電線を用い、捲回して形成されている。

発明の効果

[0008] 本開示に係る絶縁電線によれば、部分放電の発生を抑制すると共に、可撓性と靱性が向上できる効果を奏する。

本開示に係る絶縁電線を用いるコイルによれば、部分放電の発生を抑制すると共に、絶縁電線の可撓性と靱性が向上できるため、コイルの劣化を防ぎ、コイルの信頼性が向上できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の実施の形態1に係る絶縁電線の断面構造を示す模式図

[図2]本開示の実施の形態1に係る絶縁電線の導電性高分子でコーティングされたゴム粒子の断面構造を示す模式図

[図3]本開示の実施の形態1に係る絶縁電線を用いたコイルの概略構造を示す斜視図

[図4]本開示の実施の形態1に係る実施例と比較例で得られた絶縁電線における部分放電開始電圧、絶縁寿命および破壊靱性についての比較結果を示す表

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示に係る実施形態について図面を参照して説明する。

[0011] 実施の形態 1.

図 1 は実施の形態 1 に係る絶縁電線 8 の断面構造を示す模式図である。図 2 は実施の形態 1 に係る絶縁電線 8 における導電性高分子 6 でコーティングされたゴム粒子 5 の断面構造を示す模式図である。図 3 は、実施の形態 1 に係る絶縁電線 8 により形成されたコイル 9 の概略構造を示す斜視図である。

図 1 に示すように、絶縁電線 8 は、導体 1 と、導体 1 の外周を被覆するエナメル層 2 と、エナメル層 2 の外周周を被覆する半導電融着層 3 と、を有する自己融着電線である。半導電融着層 3 は、熱融着性樹脂 7 と、熱融着性樹脂 7 に分散配合された導電性粒子 4 とを有する。

[0012] 図 2 に示すように、導電性粒子 4 は、導電性高分子 6 でコーティングされたゴム粒子 5 を含む。導電性粒子 4 は、ゴム粒子 5 を導電性高分子 6 でコーティングすることによって導電化されたものであり、熱融着性樹脂 7 に混練されている。

[0013] また、図 3 に示すように、コイル 9 は、絶縁電線 8 を用い、捲回して形成されている。コイル 9 は、例えば、図示しない回転電機の磁極の周囲に、絶縁電線 8 を捲回して得ることができる。

[0014] <導体 1>

導体 1 は、図 1 に断面が円形で構成した例を示しているが、円形以外の形状として、例えば導体 1 の断面が正方形または長方形のような角線であってもよい。また、導体 1 は複数の素線を撚り合わせた撚り線であってもよい。

導体 1 の材質としては、導電率が高く、かつ機械的強度が大きい金属系材料が好ましい。このような金属系材料としては、例えば銅、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金、ニッケル、銀、軟鉄、鋼、ステンレス鋼などが挙げられている。導体 1 は、これらの金属系材料または金属系材料の合金が用いられ、線状に形成されている。

また、導体 1 は、これらの金属系材料にさらに別の金属系材料または金属系材料の合金で被覆される多層構造のものであってもよい。例えば、ニッケ

ル被覆銅線、銀被覆銅線、銅被覆アルミニウム線、銅被覆鋼線などで構成されるものであってもよい。

[0015] <エナメル層 2>

エナメル層 2 は、導体 1 と半導電融着層 3 との間に、導体 1 の外周を被覆する絶縁性を有する樹脂組成物で形成される絶縁層である。

エナメル層 2 を形成する樹脂組成物としては、特に限定されないが、例えば、ポリビニルホルマール、熱硬化ポリウレタン、熱硬化アクリル、エポキシ、熱硬化ポリエステル、熱硬化ポリエステルイミド、熱硬化ポリエステルアミドイミド、芳香族ポリアミド、熱硬化ポリアミドイミド、熱硬化ポリイミドなどの熱硬化性樹脂が用いられる。

また、エナメル層 2 を形成する樹脂組成物は、熱可塑性ポリイミド、ポリフェニルサルフォン、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルサルフォンなどの熱可塑性樹脂を主成分とするものが用いられてもよい。

エナメル層 2 は、2 種類以上の樹脂の複合体又は積層体であってもよく、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体又は積層体であってもよい。

[0016] 次にエナメル層 2 の平均厚さについて説明する。

エナメル層 2 の平均厚さは、例えば、絶縁電線 8 の 1 つの横断面視における任意の 5 か所のエナメル層 2 の厚さの平均値である。エナメル層 2 の平均厚さの下限は $5\ \mu\text{m}$ が好ましく、 $10\ \mu\text{m}$ がより好ましい。一方、エナメル層 2 の平均厚さの上限は $200\ \mu\text{m}$ が好ましく、 $150\ \mu\text{m}$ がより好ましい。

エナメル層 2 の平均厚さが上記下限に満たないと、エナメル層 2 の強度が低下し、導体 1 の絶縁性が保たれなくなる可能性がある。一方、エナメル層 2 の平均厚さが上記上限を超える場合、エナメル線の絶縁被覆の厚肉化により、絶縁電線 8 を用いるコイルの占積率が低下する可能性がある。

ここで、コイルの占積率とは、回転電機の巻線収容部におけるコイルの断面に占める導体の割合である。

[0017] <半導電融着層 3>

半導電融着層 3 は、絶縁電線 8 の最外層であり、熱融着性を有する半導電層である。例えば、熱融着性樹脂 7 が熱融着性を有する樹脂組成物を用いることにより、半導電融着層 3 に熱融着性を持たせることができる。

最外層の半導電融着層 3 が熱融着性を有するため、加熱融着処理することにより絶縁電線 8 を用いたコイルの絶縁電線同士が密着固定されるので、コイル使用時に絶縁電線同士の位置ずれを防ぐことができる。これにより、絶縁電線同士の位置ずれに伴う絶縁電線間の空隙の発生が防ぎ、部分放電の発生を抑制することができる。

[0018] 次に半導電融着層 3 の平均厚さについて説明する。

半導電融着層 3 の平均厚さは、例えば、絶縁電線 8 の 1 つの横断面視における任意の 5 か所の半導電融着層 3 の厚さの平均値である。

半導電融着層 3 の平均厚さの下限としては、 $20\ \mu\text{m}$ が好ましい。一方、半導電融着層 3 の平均厚さの上限としては、 $300\ \mu\text{m}$ が好ましい。

半導電融着層 3 の平均厚さが上記下限に満たないと、絶縁電線 8 でコイルを形成した場合に、絶縁電線同士の密着固定が不十分となる可能性がある。一方、半導電層の平均厚さが上記上限を超える場合、絶縁電線 8 を用いて形成されるコイルの占積率が低下する可能性がある。

[0019] 次に半導電融着層 3 の体積抵抗率について説明する。

半導電融着層 3 の体積抵抗率は、熱融着性樹脂 7 に配合される導電性粒子 4 の体積含有率により調節できる。導電性粒子 4 の体積含有率については後述する。

半導電融着層 3 の体積抵抗率は、 $10^3\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、 $10^{12}\ \Omega \cdot \text{cm}$ 未満の範囲にすることが好ましい。この範囲の体積抵抗率では、絶縁電線 8 を用いて形成されたコイル 9 において、絶縁電線同士の半導電融着層 3 の間に等電位状態を保持でき、絶縁電線間における電界の集中が緩和される。この結果、部分放電の開始電圧が高くなり、部分放電の発生を抑制することができる。

[0020] 半導電融着層 3 の体積抵抗率が $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の場合、コイル 9 を形成する際に、絶縁電線同士の半導電融着層 3 の間に、等電位状態を保持しにくくなり、高電圧を負荷した場合に絶縁電線間における電界の集中が緩和できず、部分放電が発生しやすくなる。

一方、半導電融着層 3 の体積抵抗率が $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満の場合は、コイルを形成する絶縁電線 8 の間の静電容量が大きくなり、交流通電時に絶縁電線間に流れる漏れ電流が大きくなる。この結果、絶縁電線 8 の半導電融着層 3 が発熱によって劣化し、絶縁電線 8 を用いたコイルが装着された回転電機などの電子機器の寿命が短くなる。

[0021] このように、絶縁電線 8 は、半導電融着層 3 の体積抵抗率が $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満の範囲にすることにより、部分放電の開始電圧を高める効果、および交流通電時に漏れ電流を低減する効果を両立させることができる。

[0022] <熱融着性樹脂 7>

半導電融着層 3 における熱融着性樹脂 7 は、融着性がある合成樹脂を主成分とする。例えば、フェノキシ樹脂、ブチラール樹脂、ポリビニルホルマール、熱硬化ポリウレタン、熱硬化アクリル、エポキシ樹脂、熱硬化ポリエステル、熱硬化ポリエステルイミド、熱硬化ポリエステルアミドイミド、芳香族ポリアミド、熱硬化ポリアミドイミド、熱硬化ポリイミド等の熱硬化性樹脂を使用することができる。

[0023] また、熱融着性樹脂 7 は、例えば、熱可塑性ポリイミド、ポリフェニルサルフォン、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルサルフォン、共重合ポリエステル、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート、熱可塑性ポリウレタン、ポリカーボネート、ポリフェニレンオキシド、ポリサルフォン、ポリエーテルケトン、半芳香族ポリアミド、熱可塑性ポリアミドイミド等の熱可塑性樹脂を使用することができる。

[0024] これらの材料のうち、例えば、2 種類以上の樹脂組成物の複合体又は積層

体であってもよい。また、熱融着性樹脂 7 を構成する樹脂組成物の主成分とする上記の熱可塑性樹脂にエポキシ樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、イソシアネート等の熱反応性硬化剤を添加することにより架橋させて、一部熱硬化タイプにすることも可能である。

[0025] 熱融着性樹脂 7 は、絶縁耐熱温度が 155℃以上の耐熱性のよいものが好ましい。例えば、耐熱性が向上された高耐熱性フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリエーテルエーテルケトン樹脂、テトラフルオロエチレン／ヘキサフルオロプロピレン共重合体樹脂、熱可塑性ポリイミド樹脂等を使用することができる。また、熱融着性樹脂 7 は、耐熱性を損なわない範囲で融着性を向上させるために可塑成分を加えてもよいし、ポリマーアロイ化してもよい。融着後の耐熱性を向上させるために硬化成分を加えてもよい。

[0026] <ゴム粒子 5>

半導電融着層 3 における導電性粒子 4 のゴム粒子 5 は、ゴム材料を含む粒子である。ゴム粒子 5 に用いられるゴム材料について特に制限されないが、例えば、ジエン系ゴムのスチレンブタジエンゴム（SBR）、クロロプレンゴム（CR）、ニトリルゴム（NBR）、非ジエン系ゴムのエチレンプロピレンゴム（EPM, EPDM）、エチレン酢酸ビニル共重合体（EAM）、クロロスルホン化ポリエチレン（CSM）、アクリルゴム（ACM, ANM）、ブチルゴム（IIR）、シリコーンゴム（SiR）、シリコーン・アクリル複合ゴムなどの合成ゴムを使用することができる。

[0027] また、ゴム粒子 5 は、耐熱性を高める観点から、耐熱温度 155℃以上のものを使用することが好ましい。例えば、エチレン酢酸ビニル共重合体（EAM）、クロロスルホン化ポリエチレン（CSM）、アクリルゴム（ACM, ANM）、シリコーンゴム（SiR）を使用することが好ましい。これにより、絶縁電線 8 をより高い温度環境で使用することができる。

[0028] また、ゴム粒子 5 は、ジエン系ゴムを含む材料使用することができる。例えば、スチレンブタジエンゴム（SBR）、イソpreneゴム（IR）、ブタ

ジェンゴム（BR）、クロロブレンゴム（CR）、ニトリルゴム（NBR）などを使用することができる。ゴム粒子5はジェン系ゴムを使用することにより、導電性高分子6または熱融着性樹脂7との密着性が向上できる。例えば、ゴム粒子5が導電性高分子6でコーティングされる際に、ゴム粒子5の表面に完全にコーティングされない箇所があっても、ゴム粒子5と熱融着性樹脂7との密着性が高いため、クラックが発生しにくい。

[0029] 次にゴム粒子5の平均粒径について説明する。

ゴム粒子5の平均粒径の下限としては、10nmが好ましく、50nmがより好ましい。ゴム粒子5の平均粒径の上限としては、100μmが好ましく、50μmがより好ましい。

[0030] ゴム粒子5の平均粒径が10nm未満であると、ゴム粒子が凝集しやすく、半導電層における分散性が低下する。一方、ゴム粒子の平均粒径が100μmを超える場合、半導電融着層3の薄膜化を妨げる傾向にある。更に絶縁電線の耐クラック性が低下する可能性がある。

[0031] 次に、半導電融着層3に占めるゴム粒子5の体積含有率について説明する。

ここで、ゴム粒子5の体積含有率とは、概略的にゴム粒子5の体積を、ゴム粒子5の体積と熱融着性樹脂7の体積と和で除した値の百分率である。

なお、ゴム粒子5にコーティングされた導電性高分子6の膜厚は、ゴム粒子5の粒径に比べて極薄い厚さで形成されるため、半導電融着層3に占めるゴム粒子5の体積含有率に計上されない。すなわち、導電性粒子4の平均粒径は、ゴム粒子5の平均粒径と略同じであり、半導電融着層3に占める導電性粒子4の体積含有率は、ゴム粒子5の体積含有率に相当する。

ゴム粒子5の体積含有率は10～40%が好ましく、15～30%がより好ましい。導電性高分子6の膜厚を考慮しないため、導電性粒子4の体積含有率は、10～40%が好ましく、15～30%がより好ましい。

[0032] ゴム粒子5の体積含有率は、半導電融着層3の体積抵抗率に対応し、ゴム粒子5の体積含有率が低いと、半導電融着層3の体積抵抗率が高くなる。こ

のため、ゴム粒子5の含有率が10%未満であると、半導電融着層3の体積抵抗率が $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上になる可能性がある。この場合、上記のように、部分放電が発生しやすくなる。

一方、ゴム粒子5の体積含有率が40%を超えると、半導電融着層3の厚さの均一性が低下し、可撓性と靱性などの機械的強度が低下する可能性がある。

[0033] ゴム粒子5は、半導電融着層3に占める体積含有率が10～40%にすることにより、可撓性と靱性などの機械的強度が向上する効果を奏する。さらに、体積含有率が10～40%ゴム粒子5は導電性高分子6でコーティングされるため、部分放電の抑制、および機械的強度の向上を両立させることができる。

[0034] ゴム粒子5は、導電性高分子6で直接にコーティングされてもよいが、導電性高分子6でコーティングされる前において、ゴム粒子5と導電性高分子6との密着性を高めるための前処理が施されても良い。ゴム粒子5の前処理として、プライマーにより活性処理が施されることができる。プライマーにより活性処理は、ゴム粒子5と導電性高分子6との密着性を高めることに有効である。

なお、プライマー材料の選定は、後続する導電性高分子6のコーティングプロセスと関連する。例えば、導電性高分子6を水溶液中にてコーティングする場合、プライマー材料は非水溶性のものを使用すればよい。

[0035] <導電性高分子6>

ゴム粒子5を被覆する導電性高分子6は、 π 電子系導電性高分子材を用いることができる。例えば、金属塩化物など触媒を用いる重合法で連続膜状態で得られる π 電子系導電性高分子材であり、ポリアニリン、ポリピロール、ポリアルキルチオフェンなどを使用することが望ましい。導電性高分子6は、これらの導電性高分子材のいずれかの一種または二種以上の混合物を含むものが用いられる。これらの導電性高分子材は、 FeCl_3 、 MoCl_5 、 RuCl_3 などの金属塩化物を触媒とすることにより、フィルム状で得られ

る。

[0036] 導電性高分子は材料自体の体積抵抗率が高いが、例えば、ヨウ素などの電子受容体、またはアルカリ金属などの電子供与体等をドーピングにより体積抵抗率が制御できるため、導電性高分子 6 は高い導電率を有する良導体となる。絶縁電線 8 の最外層は、導電性高分子 6 でコーティングされたゴム粒子 5 が分散配合された半導電融着層 3 であるため、絶縁電線間における電界の集中を緩和することができ、部分放電の発生を抑制できる。

[0037] 本実施の形態に係る絶縁電線 8 によれば、半導電融着層 3 において熱融着性樹脂 7 に導電性高分子 6 でコーティングしたゴム粒子 5 が分散配合されたため、部分放電の発生を抑制すると共に、可撓性と靱性などの機械的強度が向上する効果を奏する。

また、絶縁電線 8 を用いたコイル 9 によれば、部分放電の発生を抑制すると共に、絶縁電線の可撓性と靱性などの機械的強度が向上できるため、コイルの劣化を防ぎ、コイルの信頼性が向上できる。

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

[0039] <実施例>

まずは、実施例について説明する。

実施例では、熱融着性樹脂層となる液状エポキシ樹脂に、体積含有率が 15 v o l % となるように導電性高分子のポリピロールでコーティングしたアクリルゴムを使用するゴム粒子を添加し、自転公転式攪拌機を用いて分散配合させ、半導電融着層となる樹脂組成物を作成した。

また、直径 1 m m ϕ の銅導体上に、ポリアミドイミド絶縁塗料を縦型焼付炉にて塗布焼付してエナメル層を形成した。

[0040] 次に、銅製の導体を被覆するエナメル層の外周に、上記のポリピロールでコーティングしたゴム粒子が添加された樹脂組成物を塗布焼付けして半導電融着層を形成することにより、本開示に係る実施例の絶縁電線を作製した。

エナメル層の厚みは約 30 μ m であり、半導電融着層の厚みは約 100 μ

mであった。

[0041] <比較例 1 >

次に、比較例 1 について説明する。

比較例 1 では、直径 1 mm ϕ の銅導体上に、ポリアミドイミド絶縁塗料を縦型焼付炉にて塗布焼付してエナメル層を形成し、比較例 1 の絶縁電線を作製した。

導体を被覆するエナメル層の外周に実施例 1 における半導電融着層を設けない点以外は、実施例と同様にして、比較例 1 の絶縁電線を得た。比較例 1 は半導電融着層を設けない絶縁電線であった。

[0042] <比較例 1 >

次に、比較例 2 について説明する。

比較例 2 では、熱融着性樹脂層となる液状エポキシ樹脂に、体積含有率が 30 vol % のカーボンブラック粒子を添加し、自転公転式攪拌機を用いて分散配合させ、半導電融着層となる樹脂組成物を作成した。

実施例におけるポリピロールでコーティングしたゴム粒子の代わりにカーボンブラック粒子を熱融着性樹脂層に分散配合したこと以外は、実施例と同様にして、比較例 2 の絶縁電線を得た。比較例 2 はカーボンブラック粒子が分散配合された半導電融着層を設けた絶縁電線であった。

[0043] 半導電融着層を有する実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線を用い、J I S C 2 1 0 3 の試料作製条件に準じ、それぞれのツイストペアの試料を作製し、恒温槽中で 150℃ $\times$ 2 h r の融着処理を施した。

[0044] 実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線を用い、以下に示す方法によりそれぞれの部分放電開始電圧、絶縁寿命および破壊靱性について評価試験を行った。

[0045] [部分放電開始電圧]

部分放電試験機（三菱電線製）を用い、実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線で作製された 3 種類のツイストペアについて、導体間に正弦波 50 Hz の交流電圧を印加して、連続的に昇圧させながら放電電荷量が 10 p

Cのときの電圧の実効値をそれぞれ測定した。測定温度は室温とした。

この測定に得られた電圧の結果をそれぞれ実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線の部分放電開始電圧とした。

[0046] [絶縁寿命]

耐圧試験機（ヤマヨ試験器製）を用い、実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線で作製された 3 種類のツイストペアにおいて、導体間に $2\text{ kV} / 50\text{ Hz}$ の交流電圧を印加して、絶縁破壊までの時間をそれぞれ測定した。測定温度は室温とした。

この測定に得られた破壊する時間をそれぞれ実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線の絶縁寿命とした。

[0047] [破壊靱性]

実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線における半導電融着層となる樹脂組成物を用い、 150°C で 2 時間加熱することによって硬化物を切り出し、破壊靱性評価用の試験片をそれぞれ作製した。破壊靱性試験規格の ASTM D 5045-91 に従い、各試験片に初期亀裂を生成させ、引張試験により荷重を加え、亀裂が進展して破断した時の荷重から破壊靱性値 (KIC) をそれぞれ算出した。なお、引張試験用のクロスヘッドの移動速度は $1\text{ mm} / \text{分}$ として引張試験を行い、測定温度は室温とした。

この測定に得られた破壊靱性値をそれぞれ実施例、比較例 1 および比較例 2 の絶縁電線の破壊靱性とした。

[0048] 表 1 は、実施例と比較例で得られた絶縁電線における部分放電の開始電圧、絶縁寿命および破壊靱性についての比較結果を示した表である。

[0049] 部分放電開始電圧の評価結果について、比較例 1 の絶縁電線で得られた部分放電開始電圧を基準とし、実施例又は比較例 2 の絶縁電線で得られた部分放電開始電圧の相対値、すなわち、実施例又は比較例 2 の絶縁電線で得られた部分放電開始電圧の値 / 比較例 1 の絶縁電線で得られた部分放電開始電圧の値の結果を表 1 に示した。

[0050] 絶縁寿命の評価結果について、電圧印加により比較例 1 の絶縁電線で得ら

れた破壊する時間を基準とし、実施例又は比較例 2 の絶縁電線で得られた破壊する時間の相対値、すなわち、実施例又は比較例 2 の絶縁電線で得られた破壊する時間／比較例 1 の絶縁電線で得られた破壊する時間の結果を表 1 に示した。

[0051] 破壊靱性の評価結果について、比較例 1 の絶縁電線における半導電融着層で得られた破壊靱性値を基準とし、実施例又は比較例 2 の絶縁電線で得られた破壊靱性値の相対値、すなわち、実施例又は比較例 2 の絶縁電線で得られた破壊靱性値／比較例 1 の絶縁電線で得られた破壊靱性値の結果を表 1 に示した。

[0052] 表 1 に示すように、比較例 2 で得られた絶縁電線では、半導電融着層を設けることによって部分放電開始電圧が比較例 1 より高く、部分放電の発生を抑制する効果がある。また、比較例 2 で得られた絶縁電線の絶縁寿命も比較例 1 より長い。しかし、比較例 2 は、比較例 1 に比べて破壊靱性が低下した。

絶縁寿命は部分放電開始電圧と破壊靱性との両方に関係するため、比較例 2 は、比較例 1 に比べて絶縁寿命が長い、部分放電の抑制と機械強度の向上とが両立できない。

[0053] 一方、実施例で得られた絶縁電線では、比較例 1 に比べて部分放電開始電圧が高く、比較例 2 と同じ程度の部分放電開始電圧が得られ、部分放電の発生を抑制する効果がある。また、実施例は、比較例 1 と比較例 2 に比べて破壊靱性が向上した。このため、実施例は、絶縁寿命が比較例 1 に比べてより長く、比較例 2 に比べてもより長い。

すなわち、本開示の実施例では、部分放電の発生を抑制すると共に、比較例 1、2 に比べ、機械的強度が向上でき、絶縁寿命が長くなり信頼性が向上できる。

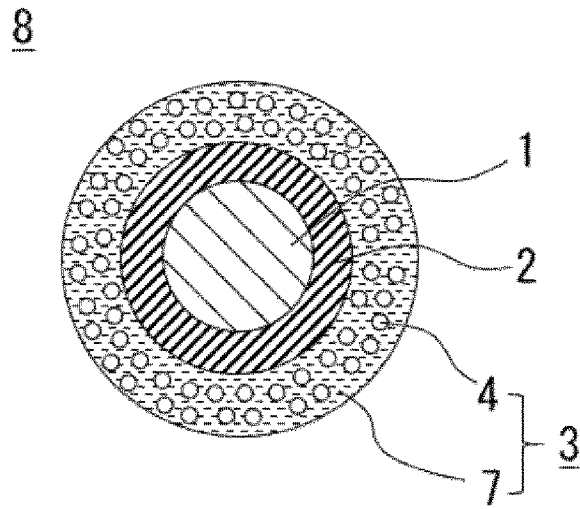
符号の説明

[0054] 1 導体、2 エナメル層、3 半導電融着層、4 導電性粒子、5 ゴム粒子、6 導電性高分子、7 熱融着性樹脂、8 絶縁電線、9 コイル

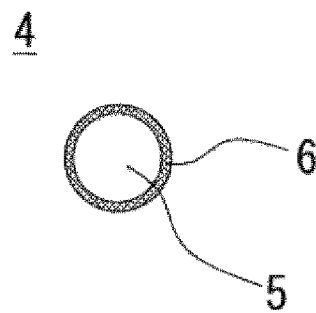
請求の範囲

- [請求項1] 導体と、
前記導体の外周を被覆するエナメル層と、
前記エナメル層の外周を被覆する半導電融着層と、を備え、
前記半導電融着層は、熱融着性樹脂と、前記熱融着性樹脂に分散配合され、導電性高分子でコーティングされたゴム粒子とを含むことを特徴とする絶縁電線。
- [請求項2] 前記半導電融着層の体積抵抗率が $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、 $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満であることを特徴とする請求項1に記載の絶縁電線。
- [請求項3] 前記導電性高分子は π 電子系導電性高分子材を用いることを特徴とする請求項1または2に記載の絶縁電線。
- [請求項4] 前記導電性高分子はポリピロール、ポリアニリン、ポリアルキルチオフェンのいずれかの一種または二種以上の混合物を含むことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項5] 前記ゴム粒子、前記半導電融着層に占める体積含有率が10～40%であることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項6] 前記ゴム粒子は、耐熱温度が155℃以上であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項7] 前記ゴム粒子は、ジエン系ゴムを含む材料であることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項8] 前記ゴム粒子は、前記導電性高分子でコーティングされる前に、プライマーにより活性処理されることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項9] 請求項1から8のいずれか1項に記載の絶縁電線を用い、捲回して形成されたコイル。

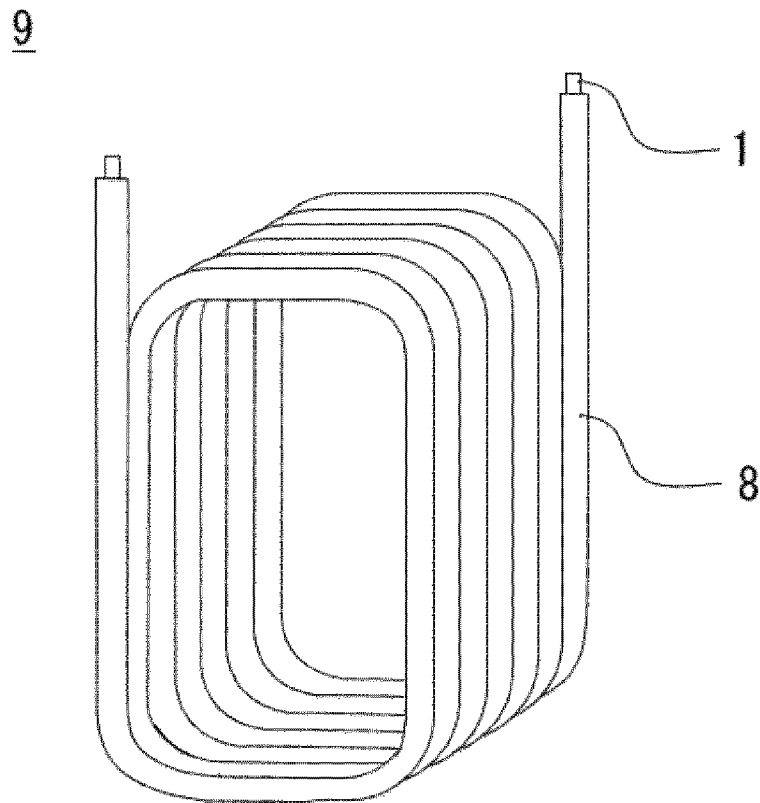
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

表1

	比較例1	比較例2	実施例1
部分放電開始電圧	1	1.4	1.5
絶縁寿命	1	1.5	2
破壊靱性	1	0.8	1.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/019726

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 3/40(2006.01)i; H01B 7/02(2006.01)i; H01B 7/18(2006.01)i; H01F 27/28(2006.01)i; H02K 3/02(2006.01)i; H02K 3/30(2006.01)i

FI: H02K3/40; H02K3/02; H02K3/30; H01B7/02 A; H01B7/18 G; H01F27/28 J

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)

H02K3/40; H01B7/02; H01B7/18; H01F27/28; H02K3/02; H02K3/30

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
A	JP 2017-16840 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 19 January 2017 (2017-01-19) abstract, paragraphs [0001]-[0036], fig. 1-2	1-9
A	JP 3077982 B2 (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 21 August 2000 (2000-08-21) abstract, claims, fig. 1-2	1-9
A	JP 10-261321 A (ALCATEL ALSTHOM CO GENERAL ELECTRICITE) 29 September 1998 (1998-09-29)	1-9
A	JP 2001-525599 A (ABB AB) 11 December 2001 (2001-12-11)	1-9
A	JP 2863631 B2 (W. L. GORE & ASSOCIATES) 03 March 1999 (1999-03-03)	1-9
A	JP 2585372 Y2 (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 18 November 1998 (1998-11-18) abstract, fig. 1-2	1-9
A	WO 2017/175270 A1 (HITACHI METALS LTD) 12 October 2017 (2017-10-12) abstract, fig. 1	1-9

☒ 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
28 June 2021 (28.06.2021)

Date of mailing of the international search report
13 July 2021 (13.07.2021)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/019726

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010/0181094 A1 (MAGNEKON, S.A. DE C. V) 22 July 2010 (2010-07-22)	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application no.

PCT/JP2021/019726

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2017-16840 A	19 Jan. 2017	(Family: none)	
JP 3077982 B2	21 Aug. 2000	(Family: none)	
JP 10-261321 A	29 Sep. 1998	US 6087592 A	
		EP 860835 A1	
		FR 2760123 A1	
JP 2001-525599 A	11 Dec. 2001	GB 2331872 A	
		WO 1999/029024 A1	
JP 2863631 B2	03 Mar. 1999	US 5037999 A	
		US 5144098 A	
		WO 1991/014269 A1	
JP 2585372 Y2	18 Nov. 1998	(Family: none)	
WO 2017/175270 A1	12 Oct. 2017	CN 107924739 A	
US 2010/0181094 A1	22 Jul. 2010	WO 2008/127082 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 3/40(2006.01)i; H01B 7/02(2006.01)i; H01B 7/18(2006.01)i; H01F 27/28(2006.01)i; H02K 3/02(2006.01)i; H02K 3/30(2006.01)i FI: H02K3/40; H02K3/02; H02K3/30; H01B7/02 A; H01B7/18 G; H01F27/28 J		
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）） H02K3/40; H01B7/02; H01B7/18; H01F27/28; H02K3/02; 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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
A	JP 2017-16840 A（住友電気工業株式会社）19.01.2017（2017-01-19） 要約, 段落0001-0036, 図1-2	1-9
A	JP 3077982 B2（住友電気工業株式会社）21.08.2000（2000-08-21） 要約, 特許請求の範囲, 図1-2	1-9
A	JP 10-261321 A（アルカテル・アルストム・コンパニイ・ジェネラル・デレクトリシ テ）29.09.1998（1998-09-29）	1-9
A	JP 2001-525599 A（エービービー エービー）11.12.2001（2001-12-11）	1-9
A	JP 2863631 B2（ダブリュ. エル. ゴア アンド アソシエイツ, インコーポレイティ ド）03.03.1999（1999-03-03）	1-9
A	JP 2585372 Y2（古河電気工業株式会社）18.11.1998（1998-11-18） 要約, 図1-2	1-9
A	WO 2017/175270 A1（日立金属株式会社）12.10.2017（2017-10-12） 要約, 図1	1-9
☒ 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抵 触するものではなく、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 28.06.2021		国際調査報告の発送日 13.07.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 宮崎 賢司 3V 3245 電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
A	US 2010/0181094 A1 (MAGNEKON, S.A. DE C. V.) 22.07.2010 (2010 - 07 - 22)	1-9

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/019726

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2017-16840	A	19.01.2017	(ファミリーなし)			
JP	3077982	B2	21.08.2000	(ファミリーなし)			
JP	10-261321	A	29.09.1998	US	6087592	A	
				EP	860835	A1	
				FR	2760123	A1	
JP	2001-525599	A	11.12.2001	GB	2331872	A	
				WO	1999/029024	A1	
JP	2863631	B2	03.03.1999	US	5037999	A	
				US	5144098	A	
				WO	1991/014269	A1	
JP	2585372	Y2	18.11.1998	(ファミリーなし)			
WO	2017/175270	A1	12.10.2017	CN	107924739	A	
US	2010/0181094	A1	22.07.2010	WO	2008/127082	A2	