

(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
2015 年 9 月 17 日(17.09.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/137342 A1

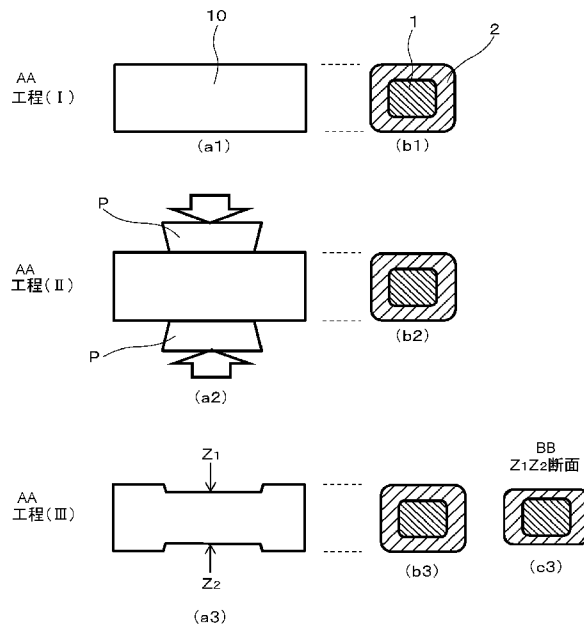
- (51) 国際特許分類:
H01B 7/02 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)
H01B 3/30 (2006.01) H01B 13/16 (2006.01)
H01B 3/42 (2006.01) H02K 3/04 (2006.01)
H01B 7/00 (2006.01) H02K 3/34 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/057021
- (22) 国際出願日: 2015 年 3 月 10 日(10.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-051924 2014 年 3 月 14 日(14.03.2014) JP
- (71) 出願人: 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP). 古河マグネットワイヤ株式会社(FURUKAWA MAGNET WIRE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000005 東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石井 庸平(ISHII, Yohei); 〒1008322 東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 青井 恒夫(AOI, Tsuneo); 〒1008322 東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 飯田 敏三, 外(IIIDA, Toshizo et al.); 〒1050004 東京都港区新橋 3 丁目 1 番 10 号 石井ビル 3 階 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, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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.

[続葉有]

(54) Title: INSULATION WIRE, INSULATION WIRE MANUFACTURING METHOD, METHOD OF MANUFACTURING STATOR FOR ROTARY ELECTRIC MACHINE AND ROTARY ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: 絶縁電線、絶縁電線の製造方法、回転電機用ステータの製造方法および回転電機

[図7]



AA... STEP
BB... Z1Z2 CROSS-SECTION

(57) Abstract: The present invention provides: an insulation wire wherein a conductor is covered by at least one layer of an insulating material and there is at least one air bubble layer in the thickness direction in the covered layer, and the insulation wire has a portion the thickness of which is thin in either the length direction or the circumferential direction of the covered layer; a method of manufacturing therefor; a method of manufacturing a stator for a rotary electric machine; and a rotary electric machine.

(57) 要約: 導体が、少なくとも 1 層の絶縁材料で皮膜され、皮膜層に、厚さ方向に少なくとも 1 層の気泡層を有する絶縁電線であって、同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分を有する絶縁電線、その製造方法、回転電機用ステータの製造方法及び回転電機。

WO 2015/137342 A1



(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、絶縁電線の製造方法、回転電機用ステータの製造方法および回転電機

技術分野

[0001] 本発明は、絶縁電線、絶縁電線の製造方法、回転電機用ステータの製造方法および回転電機に関する。

背景技術

[0002] 自動車、一般産業用のモーター等の回転電機は、高密度での小型化、高出力への要求が高まっている。小型化は回転電機のステータコアのスロット内で導体占積率を高めるために絶縁電線の角線化が行われており、また、回転電機では、最近では、絶縁電線を切断してU字形状等にターン加工し、複数のU字形状等の絶縁電線のU字形状等の2つの末端（開放端部）を互い違いに接続して、コイルとされ、ステータコアのスロットに収められる。

この接続されたU字形状等の絶縁電線のコイル（絶縁電線分割セグメント）は、スロットに収納されるスロット収容部（スロット直線部）とスロットに収納されないコイルエンド部（U字形状等のターン部と2つの末端である開放端部）からなる。U字形状等の絶縁電線のコイルの2つの直線状のスロット収容部がそれぞれ互いに異なるスロットに収めらる。一方、U字等の湾曲状のコイルエンド部と開放端部のコイルエンド部がステータの上下部分で、スロットに収納されずにはみ出した状態で配列し、開放端部のコイルエンド部が他のコイルの開放端部と接続されて配線される。このため、コイルエンド部をさらに短縮化することで、高密度化が試みられている。

[0003] 一方、高出力化は、回転電機を高電圧化、大電流化、高回転化することで達成されている。

ここで、コイル化は絶縁被覆された導体を複数、上下、左右もしくは上下左右に束ね、必要によっては、この束ねた複数の絶縁電線全体を電界緩和も

しくは絶縁化のための樹脂被覆が行われる。

しかしながら、従来の数kHz～数十kHzの規定電圧を超えた高電圧では、回転電機に用いられる絶縁電線もしくはコイルでは絶縁性が不十分であった。特に、長期使用における耐久性が求められている。

具体的には、皮膜された導体間（束ねられた複数の皮膜された導体間）で、一定電界強度以上でコロナ放電が発生し、耐久性を損なうため、該耐久性として、このコロナ放電、すなわち、部分放電劣化を最小限に抑えることが強く求められている。

[0004] 一般に、部分放電劣化は電気絶縁材料がその部分放電で発生した荷電粒子の衝突による分子鎖切断劣化、スパッタリング劣化、局部温度上昇による熱溶融あるいは熱分解劣化、放電で発生したオゾンによる化学的劣化等が複雑に起こる現象である。これによって、実際の部分放電で劣化した電気絶縁材料では厚さが減少したりする。

[0005] 部分放電による劣化を防ぐために、部分放電開始電圧を高くする開発が行われている。分布巻型回転電機の場合、この部分放電劣化は、スロットで収納固定されていない、U字等の湾曲状のコイルエンド部で生じやすい。この問題を解決するため、絶縁電線のコイルの前記スロット収容部とコイルエンド部で、導体を皮膜する絶縁皮膜の厚さや皮膜する絶縁材料を変更することが提案されている（特許文献1参照）。また、部分放電開始電圧を高くする方法として、皮膜層に、発泡層を設け、比誘電率を低下させる方法も提案されている（特許文献2参照）。

[0006] ここで、高出力化や小型化に対しては、スロットの空間に占める絶縁電線の導体の占積率を高めることも有効な手段であり、導体と導体の間に生じる空間を少なくするために、導体の断面形状が丸形から矩形に移行しつつある。矩形の導体でさらに導体占積率を高めるには、絶縁皮膜の厚さを薄くすることになり、これは、上記のように絶縁性、耐久性が悪化する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2008-236924号公報

特許文献2：特許第5391365号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 高出力化のために、部分放電劣化に基づく耐久性を高いレベルで維持したまま、スロットの空間での導体占積率を高めることは、前述のように難易度の高い課題である。

一方、特許文献1で提案されているような、絶縁電線のコイルのスロット収容部とコイルエンド部で、導体を皮膜する絶縁皮膜の厚さや皮膜する絶縁材料を変更するには、煩雑な製造工程が必要となり、製造コスト的にも問題がある。

[0009] 従って、本発明は、上記の問題点を解決することを第一の課題とするものである。

すなわち、本発明は、高出力化、小型化に対して、部分放電開始電圧を高いレベルで維持し、スロットに占める導体占積率が高い絶縁電線、絶縁電線の製造方法、回転電機用ステータの製造方法および回転電機を提供することを課題とする。

さらに、本発明では、このような優れた絶縁電線を煩雑な製造工程を必要としない簡便で安価な製造工程で製造できる絶縁電線の製造方法および回転電機用ステータの製造方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明者らは、上記の課題を解決すべく、種々の検討を行った。特に、絶縁電線のコイルエンド部となる部分とスロット収容部となる部分の厚さや絶縁材料の変更でなく、同一の絶縁材料でコイルエンド部のコロナ放電を抑止する手段を中心に検討した。この結果、コロナ放電を抑止するのに有効な気泡層を有する絶縁電線であれば、スロットでの導体占積率を高めるために、絶縁電線のスロットに収容される部分の厚さを圧縮できるため、煩雑な製造工程を必要とせず、絶縁電線の耐久性を高いレベルで維持したまま、導体占

積率を高めることができることを見出し、本発明に至った。

[0011] すなわち、本発明の上記課題は、以下の手段によって達成された。

(1) 導体が、少なくとも1層の絶縁材料で皮膜され、皮膜層に、厚さ方向に少なくとも1層の気泡層を有する絶縁電線であって、同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分を有することを特徴とする絶縁電線。

(2) 前記厚さの薄い部分が、厚さ方向に圧縮されて薄くされたものであることを特徴とする(1)に記載の絶縁電線。

(3) 前記皮膜層の樹脂が、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリフェニレンスルフィドおよびポリエーテルエーテルケトンから選択される樹脂であることを特徴とする(1)または(2)に記載の絶縁電線。

(4) 前記気泡層の樹脂が、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリイミドおよびポリアミドイミドから選択される熱硬化性樹脂であるか、またはポリエチレンナフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリフェニレンスルフィドおよびポリエーテルエーテルケトンから選択される熱可塑性樹脂であることを特徴とする(1)～(3)のいずれか1項に記載の絶縁電線。

(5) 前記皮膜層が、前記気泡層と、気泡を有さない少なくとも1層からなり、該気泡を有さない層の樹脂が、ポリフェニレンスルフィドおよびポリエーテルエーテルケトンから選択される熱可塑性樹脂であることを特徴とする(1)～(4)のいずれか1項に記載の絶縁電線。

(6) 前記導体の断面形状が、円形または矩形であることを特徴とする(1)～(5)のいずれか1項に記載の絶縁電線。

(7) 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面における1辺の皮膜層の厚さがその他の辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする(1)～(6)のいずれか1項に記載の絶縁電線。

(8) 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面において対向する2つの短辺の皮膜層の厚さがともに、対抗する2つの長辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする(1)～(6)のいずれか1項に記載の絶縁

電線。

(9) 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面において対向する2つの長辺の皮膜層の厚さがともに、対向する2つの短辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする(1)～(6)のいずれか1項に記載の絶縁電線。

(10) 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面における隣り合う2辺の皮膜層の厚さが残りの2辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする(1)～(6)のいずれか1項に記載の絶縁電線。

(11) 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面における3辺の皮膜層の厚さが残りの1辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする(1)～(6)のいずれか1項に記載の絶縁電線。

(12) 前記(1)～(11)のいずれか1項に記載の絶縁電線の製造方法であって、前記皮膜層を、厚さ方向に圧縮して、同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分を形成することを特徴とする絶縁電線の製造方法。

(13) 絶縁電線を有する回転電機用ステータの製造方法であって、該絶縁電線は、導体が少なくとも1層の絶縁材料で皮膜され、皮膜層に、厚さ方向に少なくとも1層の気泡層を有する絶縁電線であり、該絶縁電線をステータスロット内へ配置した際、ステータスロット内において隣り合う該絶縁電線間の境界に位置する絶縁電線の皮膜をあらかじめ薄くしておくことを特徴とする回転電機用ステータの製造方法。

(14) 前記絶縁電線の皮膜を厚さ方向に圧縮して薄くすることを特徴とする(13)に記載の回転電機用ステータの製造方法。

(15) 前記(1)～(11)のいずれか1項に記載の絶縁電線を用いてなることを特徴とする回転電機。

発明の効果

[0012] 本発明により、部分放電劣化に基づく耐久性を高いレベルで維持し、スロットに占める導体占積率が高い絶縁電線、絶縁電線の製造方法、回転電機用

ステータの製造方法および回転電機が提供できる。しかも、このような優れた絶縁電線を煩雑な製造工程を必要としない簡便で安価な製造工程で製造できる絶縁電線の製造方法および回転電機用ステータの製造方法を提供することが可能となった。

本発明の上記および他の特徴および利点は、下記の記載および添付の図面からより明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] (a)、(b) 絶縁電線の模式的な上面図と断面図である

[図2] (a)、(b) 本発明で使用するコイル（絶縁電線分割セグメント）の模式的な形状を示す外観斜視図と該コイルをステータコアのロットへ収容された状態を模式的に示す拡大斜視図である。

[図3] (a)、(b) 本発明で使用するコイルの模式的な形状を示す外観斜視図と該コイルを２組セットした模式的な外観斜視図である。

[図4] 本発明に係る２組セットのコイルをステータコアのロットへ挿入する工程を示す斜視図である。

[図5] ステータの全体斜視図である。

[図6] (a)、(b) ステータの模式的な部分斜視図と側面図である。

[図7] 矩形導体を使用した模式的な絶縁電線の上面図および断面図を含む、長さ方向で、プレス機により気泡層からなる皮膜層の厚さを薄くする模式的な工程図である。

[図8] 矩形導体を使用した模式的な絶縁電線の上面図および断面図を含む、長さ方向で、プレス機により気泡層と気泡を有さない層からなる皮膜層の厚さを薄くする模式的な工程図である。

[図9] 円形導体を使用した模式的な絶縁電線の上面図および断面図を含む、長さ方向で、プレス機により気泡層からなる皮膜層の厚さを薄くする模式的な工程図である。

[図10] 矩形導体を使用した模式的な絶縁電線の上面図および断面図を含む、長さ方向で、プレス機により気泡層の長辺の一辺の皮膜層の厚さを薄くする

模式的な工程図である。

[図11] (a)、(b) ステータコアのロット中に収納されている複数の絶縁電線の収納状態を示す模式的な断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] <<絶縁電線>>

本発明の絶縁電線は、自動車、一般産業用のモーター等の回転電機に好適に使用できるものである。

本発明の絶縁電線は、導体を皮膜する皮膜層において、同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分が設けられている。

しかも、本発明の絶縁電線は、特に、コロナ放電の発生に対する部分放電劣化を抑制し、耐久性を向上させるために、皮膜層に少なくとも1層の気泡層を有する。

このような絶縁電線で、上記のように同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分が設けられている。

[0015] ここで、気泡層は、気泡を有する層であり、気泡の存在によって、皮膜樹脂の比誘電率が低くなっている。

[0016] 回転電機のステータにコイルとして使用される絶縁電線は、長さ方向または周方向で、コロナ放電が発生しやすい環境におかれる部分以外は、過剰なコロナ放電対策が必要でないことから、皮膜層の厚さを薄くできる。

本発明では、絶縁電線のコロナ放電が発生しやすい環境におかれる部分以外の部分の皮膜層を薄くすることで、部分放電劣化に基づく耐久性を高いレベルで維持し、ロットに占める導体占積率を高めたものである。

[0017] 例えば、自動車等の回転電機の場合、図5に示すように、ステータ100は加工された絶縁電線(コイル)11が組み込まれている。

このステータ100は、図2(a)、図3(a)で示されるようなコイル(絶縁電線分割セグメント)11を最小基本単位として、通常は、図3(b)に示すように2組のセット(11 α 、11 β)を基本単位として図4に示すようにしてロット22に収納される。ここで、図2(b)では最小基本

単位のコイル（絶縁電線分割セグメント）１１を収納した状態を模式的に示したものであるが、ステータ１００のステータコア２０に設けられたティース２１とスロット２２の異なったスロット２２にコイル（絶縁電線分割セグメント）１１が組み込まれる。このとき、コイル（絶縁電線分割セグメント）１１は、図２（ａ）に示すように、スロット２２に収納されるスロット収容部ａ（１１ａ）と収納されないコイルエンド部、詳細には、Ｕ字形状等のターン部ｂ１（１１ｂ１）と２つの末端部である開放端部ｂ２（１１ｂ２）からなる。なお、スロット収容部ａ（１１ａ）は通常直線である。

[0018] 図４のようにして、コイル（絶縁電線分割セグメント）１１を最小基本単位として、通常は、図３（ｂ）に示すように２組のセット（１１ α 、１１ β ）を基本単位として、ステータに組み込んだ後、コイル（絶縁電線分割セグメント）１１のターン部ｂ１（１１ｂ１）とコイル（絶縁電線分割セグメント）１１の開放端部ｂ２（１１ｂ２）はスロット２２からはみ出して配線される。コイル（絶縁電線分割セグメント）１１のターン部ｂ１（１１ｂ１）は、図６（ａ）のような状態で配列され、一方、コイル（絶縁電線分割セグメント）１１の開放端部ｂ２（１１ｂ２）は、折り曲げ加工され、２つの開放端部のコイルエンド部が他のコイルの開放端部と接続されて配線される。

[0019] 図６（ｂ）は、絶縁電線（コイル）１１が組み込まれた、図５で示すステータ１００の側面図であり、ステータ１００の上下に絶縁電線（コイル）１１のコイルエンド部（１１ｂ１、１１ｂ２）がはみ出す。

ステータ１００での絶縁電線は、このコイルエンド部（１１ｂ１、１１ｂ２）で最もコロナ放電が生じやすい。

このため、コイルエンド部（１１ｂ１、１１ｂ２）では、このコロナ放電に対する対策が必要となる。一方、スロット収容部（１１ａ）では、コイルエンド部（１１ｂ１、１１ｂ２）ほどコロナ放電が生じないことから、コロナ放電対策を行った皮膜層の厚さをコイルエンド部（１１ｂ１、１１ｂ２）より薄くして、スロットでの導体占積率を高めることができる。

[0020] 図１１は、矩形導体を使用した絶縁電線がステータコアのスロット中に収

納されている複数の絶縁電線の収納状態を示す模式的な断面図（ステータを輪切りにした断面図）であるが、隣接する絶縁電線同士が接している皮膜層を薄くすることで絶縁電線を多く収容することが可能となる。ここで、図 1 1（a）が従来の絶縁電線であり、図 1 1（b）が本発明の絶縁電線である。

[0021] 本発明の絶縁電線は、導体の周りが、少なくとも 1 層の絶縁材料で皮膜された絶縁電線である。

なお、本願明細書では、皮膜は被覆と同義で使用し、皮膜層は被覆層と同義で使用する。

以下、導体から順に説明する。

[0022] <導体>

本発明に用いる導体としては、その材質は導電性を有するものであればよく、例えば銅、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金等が挙げられる。導体が銅の場合、例えば溶接のために熱で溶融させた場合、含有酸素に起因する溶接部分におけるボイドの発生を防止する観点において、銅 99.96%以上、酸素含有量は 30 ppm 以下、好ましくは 20 ppm 以下の低酸素銅または無酸素銅が好適である。導体がアルミニウムの場合は、必要機械強度の点において、様々なアルミニウム合金を用いることができるが、例えば回転電機のような用途に対しては、高い電流値を得られる純度 99.00%以上の純アルミニウムが好適である。

[0023] 導体の断面形状は用途に応じて決めるものであるため、円形（丸）、矩形（平角）、あるいは六角形などいずれの形状でも構わない。例えば回転電機のような用途に対しては、ステータコアのスロット内における導体の占積率を高くできるという点においては矩形状の導体が好ましい。

[0024] 導体のサイズは用途に応じて決めるものであるため特に指定はないが、丸形状の導体の場合は直径で 0.3～3.0 mm が好ましく、0.4～2.7 mm がより好ましい。平角形状の導体の場合は一辺の長さが幅（長辺）は 1.0～5.0 mm が好ましく 1.4～4.0 mm がより好ましく、厚さ（短

辺)は0.4～3.0mmが好ましく、0.5～2.5mmがより好ましい。ただし、本発明の効果が得られる導体サイズの範囲はこの限りではない。

[0025] また、平角形状の導体の場合、これも用途に応じて異なるが、断面正方形よりも、断面長方形が一般的である。また、平角形状の導体の場合は、用途が回転電機の場合では、その導体断面の4隅の面取り(曲率半径 r)は、ステータコアのスロット内での導体占積率を高める観点において、 r は小さい方が好ましいが、4隅への電界集中による部分放電現象を抑制するという観点においては、 r は大きい方が好ましい。このため、曲率半径 r は0.6mm以下が好ましく、0.2～0.4mmがより好ましい。ただし、本発明の効果が得られる範囲はこの限りではない。

[0026] <皮膜層>

本発明では、絶縁材料からなる少なくとも1層の皮膜層を有する。例えば、図1では、矩形の導体1の2層の皮膜層〔皮膜層(気泡層)2、皮膜層(気泡を有さない層)3〕で皮膜された絶縁電線を示す。ここで、図1(a)は絶縁電線10の上面図であり、図1(b)は断面図である。

[0027] 本発明の絶縁被覆樹脂に用いることができる樹脂としては、熱硬化性樹脂、例えば、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリアミド、ポリウレタン、ポリヒダントイン、ポリイミドヒダントイン変性ポリエステル、ポリエステル、ポリベンゾイミダゾール、メラミン樹脂、ホルマール、ポリビニルホルマール、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ウレア樹脂が挙げられ、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリエステル、ポリベンゾイミダゾールなどの樹脂が耐熱性と可とう性の点から、好ましく、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリエステルがより好ましい。また、これらを2種以上組み合わせて用いてもよい。

また、上記に列挙した樹脂以外にも、それらの樹脂より性能的に優れる樹脂であれば使用可能であるのは勿論である。

[0028] 熱硬化性樹脂の皮膜層はエナメル線の焼付けと同様の方法で形成すること

ができる。

すなわち、熱硬化性樹脂を有機溶媒でワニス化して樹脂ワニスとし、この樹脂ワニスを導体に塗布し、塗布した導体を、常法にて焼付炉で焼付けすることで熱硬化性樹脂の皮膜層を設けることができる。具体的な焼付け条件はその使用される炉の形状などに左右されるが、およそ5 mの自然対流式の縦型炉であれば、400～500℃にて通過時間を10～90秒に設定することにより達成することができる。

[0029] 樹脂ワニスのワニス化に使用する有機溶媒としては、熱硬化性樹脂の反応を阻害しない限りは特に制限はなく、例えば、N-メチル-2-ピロリドン（NMP）、N,N-ジメチルアセトアミド（DMAC）、ジメチルスルホキシド、N,N-ジメチルホルムアミド等のアミド系溶媒、N,N-ジメチルエチレンウレア、N,N-ジメチルプロピレンウレア、テトラメチル尿素等の尿素系溶媒、 γ -ブチロラクトン、 γ -カプロラクトン等のラクトン系溶媒、プロピレンカーボネート等のカーボネート系溶媒、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、シクロヘキサノン等のケトン系溶媒、酢酸エチル、酢酸n-ブチル、ブチルセロソルブアセテート、ブチルカルビトールアセテート、エチルセロソルブアセテート、エチルカルビトールアセテート等のエステル系溶媒、ジグリム、トリグリム、テトラグリム等のグリム系溶媒、トルエン、キシレン、シクロヘキサン等の炭化水素系溶媒、スルホラン等のスルホン系溶媒などが挙げられる。有機溶剤の沸点は、好ましくは160℃～250℃、より好ましくは165℃～210℃のものである。

[0030] これらの有機溶媒のうち、高溶解性、高反応促進性等の点でアミド系溶媒、尿素系溶媒が好ましく、加熱による架橋反応を阻害しやすい水素原子を有さないため、N-メチル-2-ピロリドン、N,N-ジメチルアセトアミド、N,N-ジメチルエチレンウレア、N,N-ジメチルプロピレンウレア、テトラメチル尿素がより好ましく、N-メチル-2-ピロリドンが特に好ましい。

- [0031] なお、樹脂ワニスには、樹脂以外に、必要に応じ酸化防止剤、帯電防止剤、紫外線防止剤、光安定剤、蛍光増白剤、顔料、染料、相溶化剤、滑剤、強化剤、難燃剤、架橋剤、架橋助剤、可塑剤、増粘剤、減粘剤、およびエラストマーなどの各種添加剤などを含有してもよい。
- [0032] 本発明において、皮膜層を2層以上有してもよい。なお、本発明では、全く同じ樹脂ワニスを複数回塗布、焼付けを行い、単に層の厚さを調整する場合は1層、すなわち同一とし、同じ樹脂でも樹脂ワニス中の添加剤の種類、量が異なるものは別の層としてカウントする。
- [0033] また、本発明の絶縁被覆樹脂に用いることができる熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアミド（PA）（ナイロン）、ポリアセタール（POM）、ポリカーボネート（PC）、ポリフェニレンエーテル（変性ポリフェニレンエーテルを含む）、ポリブチレンテレフタレート（PBT）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリブチレンナフタレート（PBN）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、超高分子量ポリエチレン等の汎用エンジニアリングプラスチックの他、ポリスルホン（PSF）、ポリサルホン（PSU）、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリフェニルサルホン（PPSU）、ポリエーテルイミド（PEI）、ポリフェニレンスルフィド（PPS）、ポリアリレート（Uポリマー）、ポリエーテルケトン（PEK）、ポリアリールエーテルケトン（PAEK）（変性PEEKを含む）、テトラフルオロエチレン・エチレン共重合体（ETFE）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体（PFA）（FEP）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、熱可塑性ポリイミド樹脂（TPI）、ポリアミドイミド（PAI）、液晶ポリエステル等のスーパーエンジニアリングプラスチック、さらに、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）をベース樹脂とするポリマーアロイ、アクリロニトリルブタジエンスチレン共重合体（ABS）／ポリカーボネート、ナイロン6，6、芳香族ポリアミド樹脂、ポリフェニレンエーテル／ナイロン6，6、ポリフェニレン

エーテル／ポリスチレン、ポリブチレンテレフタレート／ポリカーボネート等の前記エンジニアリングプラスチックを含むポリマーアロイが挙げられる。これらの熱可塑性樹脂は1種単独で用いてもよく、また、2種以上を組み合わせ用いてもよい。

[0034] なお、上記に示した樹脂名によって使用樹脂が限定されるものではなく、上記に列挙した樹脂以外にも、それらの樹脂より性能的に優れる樹脂であれば使用可能であるのは勿論である。

[0035] 熱可塑性樹脂の皮膜層は、前述の熱硬化性樹脂の皮膜層と同様に、樹脂ワニス化して、塗布、または塗布後にさらに焼付け処理を行って設けてもよいが、好ましくは、熱可塑性樹脂を押出し加工し、押出被覆樹脂層を設ける。

[0036] 本発明の皮膜層は、熱硬化性もしくは熱可塑性樹脂の樹脂として、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリイミド（P I）、ポリアミドイミド（P A I）、ポリフェニレンスルフィド（P P S）およびポリエーテルエーテルケトン（P E E K）から選択される樹脂を含むことが好ましい。

なお、これらの樹脂は、その変性樹脂も好ましく使用される。

[0037] このうち、気泡層の樹脂は、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリイミド（P I）およびポリアミドイミド（P A I）から選択される熱硬化性樹脂であるか、またはポリエチレンナフタレート（P E N）、ポリエチレンテレフタレート（P E T）、ポリフェニレンスルフィド（P P S）およびポリエーテルエーテルケトン（P E E K）から選択される熱可塑性樹脂が好ましい。

[0038] 皮膜層が、前気泡層と、気泡を有さない少なくとも1層からなる場合、気泡を有さない層の樹脂は、ポリフェニレンスルフィド（P P S）およびポリエーテルエーテルケトン（P E E K）から選択される熱可塑性樹脂を含むことが好ましい。特に、ポリエーテルエーテルケトンは変性ポリエーテルエーテルケトンも好ましい。

[0039] ポリフェニレンスルフィド（P P S）の市販品としては、例えば、F Z - 2 1 0 0（D I C社、商品名）、ポリカーボネート（P C）の市販品として

は、例えば、パンライト LV-2250Y（帝人社製、商品名）、ポリエチレンテレフタレート（PET）の市販品としては、例えば、TR-8550T（帝人社製、商品名）、ポリブチレンテレフタレート（PBT）の市販品としては、例えば、トレコン 1401X31（東レ社製、商品名）、ポリエチレンナフタレート（PEN）の市販品としては、例えば、テオネックス TN8065S（帝人社製、商品名）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）の市販品としては、例えば、キータスパイアKT-820（ソルベイスペシャルティポリマーズ社製、商品名）、PEEK450G（ビクトレックスジャパン社製、商品名）、ポリエーテルサルホン（PES）の市販品としては、例えば、スミカエクセルPES（住友化学社製、商品名）、ポリエーテルイミド（PEI）の市販品としては、例えば、ウルテム1010（サビックイノベーティブプラスチック社製、商品名）、ポリイミド（PI）の市販品としては、例えば、オーラムPL450C（三井化学社製、商品名）、ポリアミドイミド（PAI）の市販品としては、例えば、HI406（日立化成社製、商品名）、ポリエステルイミドの市販品としては、例えば、EH402、EH460（大日精化工業社、商品名）が挙げられる。

[0040] 皮膜層の総厚さは、3～200 μm が好ましく、10～150 μm がより好ましく、20～100 μm がさらに好ましい。

厚さの薄い部分は、厚さを薄くする手段にもよるが、厚さを薄くする前の厚さに対して40～95%の厚さが好ましく、50～95%の厚さがより好ましく、50～90%の厚さがさらに好ましい。

[0041] （気泡層）

気泡層に有する気泡は、独立気泡であっても連通気泡であってもよく、またこれら両方であってもよい。ここで、独立気泡とは、任意の断面で切断した押出被覆樹脂層の断面をマイクロ스코プで観察したときに気泡内壁に穴、すなわち隣接する気泡との連通開口部が確認できないものをいい、連通気泡とは、同様にして観察したときに気泡内壁に穴が確認できるものをいう。気泡は、皮膜層、好ましくは押出被覆樹脂層の摩耗特性や機械特性を維持し

つつ、縦方向、すなわち厚さ方向の瞬間的な潰れに変形しても、内圧が上がり、圧力が開放されると戻りやすいという点で、また、溶剤等に浸漬されても気泡内部に溶剤等が侵入して気泡部分が埋まることなく、比誘電率の上昇を抑えることができる点で、独立気泡を含んでいるのが好ましい。

[0042] 絶縁電線の樹脂が発泡されたかどうかは、例えば、走査型電子顕微鏡や光学顕微鏡により、厚さ方向、サンプル面積の縦方向、横方向のいずれかに切断した断面で、断面写真を観察したときに、気泡セルが確認できれば、発泡したことが判定でき、また間接的には嵩密度の低下で確認可能である。

[0043] 気泡層に有する気泡の大きさ、形状は特に限定されるものではないが、形状は球状が好ましく、1つの気泡径の平均は、気泡体積の球換算での半径として、 $10\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $5\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $2\mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。

気泡の径は、皮膜層の気泡層の断面を走査電子顕微鏡（SEM）で観察し、任意に選択した20個の気泡の直径を、画像寸法計測ソフト（三谷商事社製WinROOF）を用いて径測定モードで測定し、これらを平均して算出した値である。なお、気泡の形状が円形でない場合は、最長部分を直径とする。

[0044] 気泡層が形成された場合、発泡倍率は、好ましくは、1.2～5.0倍であり、より好ましくは1.2～2.0倍であり、さらに好ましくは1.3～1.8倍である。

この発泡倍率が大きいほど、比誘電率が低下する。

なお、発泡した樹脂の嵩密度が低下することから、この嵩密度の変化の関係から、発泡倍率が算出される。

具体的には、発泡倍率は、以下の式で求められる。

[0045] 発泡倍率＝発泡前の樹脂の嵩密度／発泡後の樹脂の嵩密度

[0046] （嵩密度の測定）

ここで、上記の発泡倍率を求めるための嵩密度は下記のようにして測定することができる。

JIS-K-7112(1999)「プラスチック-非発泡プラスチックの密度および比重の測定方法」のA法(水中置換法)に準拠して求める。

具体的には、例えば、メトラー社製電子天秤S×64に付属の密度測定キットを用い、浸漬液はメタノールを使用する。絶縁電線の押出被覆樹脂の発泡した部分であるコイルエンド部であるU字形状部分および発泡していないスロット収容部をそれぞれ剥がし取って、各試験片とし、該各試験片の密度を下記計算式から算出する。

[0047] 試験片の密度 $\rho_{s,t} = (m_{s,A} \times \rho_{iL}) / (m_{s,A} - m_{s,iL})$

[0048] ここで、 $m_{s,A}$ は、空气中で測定した試験片の質量(g)であり、 $m_{s,iL}$ は、浸漬液中で測定した試験片の質量(g)であり、 ρ_{iL} は、浸漬液の密度(g/cm^3)である。

[0049] (比誘電率の測定)

一方、本発明で特定する比誘電率は下記のようにして、絶縁層の静電容量を測定し、得られた静電容量から算出して求めることができる。

具体的には、絶縁電線の最表面皮膜の全周に金属電極を蒸着し、導体と金属電極間の静電容量を測定し、電極長と絶縁皮膜厚の関係から比誘電率を算出する。ここで、絶縁層の静電容量は、市販のLCRメータ、例えば、LCRハイテスタ(日置電機株式会社製、型式3532-50)を用いて、25℃、100Hzで測定する。

導体形状が矩形の絶縁電線では、周方向で4面ある平らな面(絶縁皮膜)のある一面において、面内の絶縁皮膜を局所的に剥離し、金属電極を蒸着すれば、部分的な比誘電率の測定も可能である。

[0050] 本発明の絶縁電線は、発泡前の発泡層に使用される樹脂の比誘電率を100としたとき、発泡層の比誘電率は90以下が好ましく、80以下がより好ましく、75以下がさらに好ましい。なお、発泡層の上記関係における比誘電率の下限は、20以上が現実的である。

このため、発泡による嵩密度低下による比誘電率低下率〔(発泡前の比誘電率－発泡後の比誘電率)×100/発泡前の比誘電率〕は、10%以上が

好ましく、20%以上がより好ましく、25%以上がさらに好ましい。また、比誘電率低下率の上限は、80%以下が現実的である。

[0051] <気泡層の形成>

皮膜層が前記熱硬化性樹脂の場合においては、気泡層は、皮膜層を形成する樹脂ワニスもしくは樹脂中に気泡形成のための有機溶媒の気泡形成剤を加え、該樹脂ワニスを導体上に塗布し、次いで被覆された樹脂ワニスを加熱して気泡形成剤を気化させて樹脂ワニス中に気泡を形成させる方法、ガスまたは液体を皮膜層の樹脂に浸透させ、その後加熱して気泡を形成する方法が代表的である。これに加えて、絶縁皮膜に発泡核剤を含有させておく方法がある。

[0052] (気泡形成剤による方法)

気泡層を形成する樹脂ワニスに、気泡形成剤を加え、導体上に塗布等を行って該樹脂ワニスで被覆し、加熱して気泡を形成させるのが好ましい。なお、樹脂ワニスの塗布は導体上に、直接塗布しても、間に別の樹脂層を介在させて行ってもよい。

なお、樹脂ワニスには、気泡形成剤とは別に、通常、樹脂ワニス化に使用する前述のような有機溶媒が使用されている。

[0053] 気泡形成剤は、沸点が180℃～300℃、より好ましくは210℃～260℃の有機溶媒が好ましい。

これらの沸点を有する高沸点溶媒は、具体的には、ジエチレングリコールジメチルエーテル、トリエチレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールジブチルエーテル、テトラエチレングリコールジメチルエーテル、テトラエチレングリコールモノメチルエーテルなどを用いることができる。気泡径のばらつきが小さい点においてトリエチレングリコールジメチルエーテルがより好ましい。これら以外にも、ジプロピレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールエチルメチルエーテル、ジプロピレングリコールモノメチルエーテル、ジエチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールモノメチルエーテル、ジエチレングリコールブチルメチル

エーテル、トリプロピレングリコールジメチルエーテル、ジエチレングリコールモノブチルエーテル、エチレングリコールモノフェニルエーテル、トリエチレングリコールモノメチルエーテル、トリエチレングリコールブチルメチルエーテル、ポリエチレングリコールジメチルエーテル、ポリエチレングリコールモノメチルエーテル、プロピレングリコールモノメチルエーテルなどが使用できる。

[0054] 気泡形成剤の高沸点溶媒は、1種でもよいが、気泡が長い温度範囲で発生する効果が得られる点で、少なくとも2種を組み合わせる用いるのが好ましい。高沸点溶媒の少なくとも2種の好ましい組み合わせは、テトラエチレングリコールジメチルエーテルとジエチレングリコールジブチルエーテル、ジエチレングリコールジブチルエーテルとトリエチレングリコールジメチルエーテル、トリエチレングリコールモノメチルエーテルとテトラエチレングリコールジメチルエーテル、トリエチレングリコールブチルメチルエーテルとテトラエチレングリコールジメチルエーテル、より好ましくはジエチレングリコールジブチルエーテルとトリエチレングリコールジメチルエーテル、トリエチレングリコールモノメチルエーテルとテトラエチレングリコールジメチルエーテルの組み合わせである。

[0055] 気泡形成剤の高沸点溶媒は樹脂ワニス化のための溶媒よりも高沸点であるのが好ましく、気泡形成剤の高沸点溶媒を1種類使用する場合は、樹脂ワニス化のための溶媒より10℃以上高いことが好ましい。なお、気泡形成剤の高沸点溶媒を1種類使用する場合は、高沸点溶媒は気泡核剤と発泡剤の両方の役割を有する。一方、気泡形成剤の高沸点溶媒を2種類以上使用する場合は、最も高い沸点のものが発泡剤、中間の沸点を持つ気泡形成用の高沸点溶媒が気泡核剤として作用する。

[0056] 気泡形成剤を含む樹脂ワニスで気泡を形成するための加熱は、導体上に被覆された樹脂ワニスは、焼付炉で焼き付けすることにより、気泡が形成される。

具体的な焼付条件はその使用される炉の形状などに左右されるが、およそ

5 m の自然対流式の竪型炉であれば、炉温 500～520℃で焼付けを行うことで気泡層とすることができる。また、炉の通過時間は10～90秒が一般的である。

[0057] (ガスによる発泡)

皮膜層が前記熱可塑性樹脂の場合においては、気泡層を形成する方法として、製造後の絶縁電線の絶縁皮膜にガスを浸透させて、その浸透させたガスを起点に絶縁皮膜を発泡させる方法である。

使用するガスは、不活性ガスが好ましく、アルゴン、水素、メタン、フロン、炭酸ガス、ヘリウム、酸素、窒素等が挙げられる。これらの中でも、通常の絶縁電線に使用される樹脂へのガス浸透力が強く、高倍率に発泡できる炭酸ガスが好ましい。

なお、使用するガスは、高圧下で液状となり、この液状であってもよく、本明細書ではこれらをまとめて不活性ガスと称する。同じく不活性ガス雰囲気中是不活性ガスの液体中をも含める。

不活性ガスによる発泡は、以下のように、工程(1)、(2)の順に行って発泡させることが好ましい。

[0058] 発泡方法

(1) 絶縁電線を加圧不活性ガス雰囲気中に保持して不活性ガスを浸透させる工程

(2) 該不活性ガスを樹脂中に浸透させた絶縁電線を常圧下で加熱して発泡させる工程

[0059] 上記工程(1)の高圧ガスの加圧は、絶縁電線に使用されている樹脂にもよるが、1～20MPaが好ましく、1～15MPaがより好ましく、1～10MPaがさらに好ましく、また、不活性ガス雰囲気中に保持時間は、6時間以上が好ましく、12時間以上がより好ましく、24時間以上がさらに好ましく、不活性ガス雰囲気下の温度は、40℃以下が好ましく、30℃以下がより好ましく、20℃以下がさらに好ましい。

上記工程(2)の常圧下で加熱発泡の加熱温度は、皮膜層、好ましくは押

出被覆樹脂層に使用される樹脂によるが、ガラス転移温度より高くすると樹脂が変形しやすくなることから好ましく、樹脂のガラス転移温度より5～200℃が好ましく、30～180℃がより好ましく、50～150℃がさらに好ましく、加熱時間は、加熱温度にもよるが、3～120秒間が好ましい。

[0060] 本発明では、導体上の皮膜層が、熱硬化性樹脂（エナメル層）のみの場合、特開2011-238384号公報に記載のように、気泡を形成する方法として、エナメル塗料の中に熱可塑性樹脂を混合したものを焼付けて絶縁皮膜として形成してなる絶縁電線に対してガスを浸透させ、浸透したガスを発泡させる方法も好ましい。

[0061] このような方法で使用する熱硬化性樹脂としては、本発明の趣旨を損なわない範囲内で種々のものを使用することができる。例えば、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリアミド、ポリウレタン、ポリヒダントイン、ポリイミドヒダントイン変性ポリエステル、ポリエステル、ポリベンゾイミダゾール、メラミン樹脂、ホルマール、ポリビニルホルマール、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ウレア樹脂などを使用することができる。その中でもポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエステルイミド、ポリエーテルイミド、ポリエステル、ポリベンゾイミダゾールなどの樹脂が耐熱性と可とう性の点から、好ましい。また、これらは1種を単独で使用してもよく、また、2種以上を混合して使用してもよい。

[0062] この用途で利用できる熱可塑性樹脂としては溶媒に溶解させることが可能であればよく、非晶性の熱可塑性樹脂が溶解しやすく作業性がよいため好ましい。本発明において、非晶性熱可塑性樹脂とは、例えば、アクリル樹脂、ノルボルネン樹脂、シクロオレフィン系樹脂、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエーテルサルホン、ポリエーテルイミド、ポリエーテルサルホン、ポリフェニルサルホン、ポリサルホン、ポリアリレート、熱可塑性ポリイミド等のことをいう。非晶性熱可塑性樹脂の中でも、特に、ポリエーテルイミド、ポリカーボネート、ポリエーテルサルホン、ポリフェニルサルホン、

ポリサルホン、ポリアリレートなどが好ましい。非晶性熱可塑性樹脂を用いることで溶媒に溶解させることが容易となる。またこれらの樹脂は熱硬化性樹脂の網目構造中で、微分散することができ、微細な気孔を形成することができる。また、これらは1種を単独で使用してもよく、また、2種以上を混合して使用するようにしてもよい。

[0063] 熱可塑性樹脂が溶媒に溶解しない場合においても、エナメル塗料中に粉体の熱可塑性樹脂を分散させてなる塗料を塗布焼付して形成した絶縁電線を用いて気泡を含ませてもよい。粉体は球状・不定形など皮膜の外観を損なわない範囲において何れの形でもよい。電気的な特性が高いことから球状がより好ましい。

[0064] 熱硬化性樹脂の溶媒を含まない樹脂成分の質量をA、前記熱可塑性樹脂の質量をBとしたとき、 A/B が $10/90 \sim 90/10$ であることが好ましい。さらに好ましくは、 A/B が $30/70 \sim 70/30$ であり、特に好ましくは、 A/B が $40/60 \sim 60/40$ である。熱硬化性樹脂成分が多いと耐熱性において優れる傾向になるが、発泡倍率を上げにくく、比誘電率の低減量は少なくなる傾向にある。また、熱可塑性樹脂成分が多いと発泡倍率を上げやすく、比誘電率の低減量は多くなるが、耐熱性においては下がる傾向にあるため、必要に応じた配合比を選択するとよい。

[0065] なお、上記の熱硬化性樹脂からなる皮膜層上に、熱可塑性樹脂層を設けてもよい。

[0066] (発泡核剤による発泡)

また本発明の別の形態としては、絶縁電線の製造プロセスにおいて、絶縁皮膜に発泡核剤を含有させておく方法がある。具体的には紫外線、電子線、熱等で分解してガスを発生させる成分を絶縁皮膜樹脂へ含有させておき、絶縁皮膜の比誘電率を下げたい部分のみに後から、紫外線、電子線、熱等を与えることで、所定の箇所を発泡させることで比誘電率の低減を実現することが可能である。

[0067] 本発明では、皮膜層は、少なくとも1層の気泡層を有するが、皮膜層は該

気泡層と気泡を有さない皮膜層からなってもよい。

例えば、特許第4 1 7 7 2 9 5号公報で示されるように、絶縁皮膜の構成を、導体の外周に、導体との高い密着性や皮膜の耐熱性を高く維持することが可能な熱硬化性樹脂層（いわゆるエナメル層）を設け、その外周に気泡層を設けるのも好ましい。また、気泡層の上に、押出被覆樹脂層などの皮膜層を設けるのも好ましい。

[0068] <<同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分を有する絶縁電線、その製造方法>>

本発明の絶縁電線は、同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分を有する。

同一層で厚さが薄い部分を有する層は、複数の皮膜層を有する場合、いずれの層であっても構わない。

例えば、導体に接する層でも、最外層でも、内部の層でも構わない。また、同一箇所の全ての皮膜層の厚さが薄いことも好ましい。

[0069] 厚さの薄い部分は、前記の通り、厚さを薄くする手段にもよるが、厚さを薄くする前の厚さに対して40～95%の厚さが好ましく、50～95%の厚さがより好ましく、50～90%の厚さがさらに好ましい。

厚さの圧縮率によって、ステータでの導体占積率を高める程度が決まる。

[0070] 厚さの薄い部分は、本発明では、厚さ方向に圧縮することが好ましい。

圧縮するには、例えば、プレス機（富士スチール工業株式会社製、FSP 1-600S）を使用する方法が好ましい。皮膜層のうち、主に気泡層が薄くなる。

[0071] ステータでの導体占積率を高める程度にもよるが、厚さ方向に圧縮する方法によって、気泡層の断面における圧縮部分を変えることができる。

本発明では、導体の形状が矩形である場合、矩形断面において、4つの辺のいずれの辺の厚さを薄くしてもよい。

[0072] 本発明の好ましい形態は、以下の通りである。

（i）矩形断面における1辺の皮膜層の厚さがその他の辺の皮膜層の厚さよ

り薄い。

(i i) 矩形断面において対向する 2 つの短辺の皮膜層の厚さがともに、対抗する 2 つの長辺の皮膜層の厚さより薄い。

(i i i) 矩形断面において対向する 2 つの長辺の皮膜層の厚さがともに、対向する 2 つの短辺の皮膜層の厚さより薄い。

(i v) 矩形断面における隣り合う 2 辺の皮膜層の厚さが残りの 2 辺の皮膜層の厚さより薄い。

(v) 矩形断面における 3 辺の皮膜層の厚さが残りの 1 辺の皮膜層の厚さより薄い。

[0073] ここで、図 10 は上記 (i) を、図 7、8 は上記 (i i i) を模式的に示したものである。

上記 (i) ~ (v) において、スロットの形状と絶縁電線の断面の大きさによって、図 11 に示すように、隣接する絶縁電線の絶縁皮膜で接している部分の皮膜層の厚さを薄くするのが好ましく、図 11 では、2 つの対向する長辺が接していることから、(i i i) が好ましい。

[0074] なお、導体の形状が円形の場合も、矩形の場合と同様の方法で行うことが可能である。

このうちの矩形における上記 (i i i) に対応する方法を図 9 で模式的に示した。

[0075] <<回転電機用ステータの製造方法>>

回転電機用ステータは、本発明の絶縁電線を使用するものであるが、絶縁電線をステータスロット内へ配置した際、ステータスロット内において隣り合う該絶縁電線間の境界に位置する絶縁電線の皮膜をあらかじめ薄くしておくことが好ましい。

具体的には、あらかじめ薄くした絶縁電線は、従来の方法で組み立てられる。

[0076] <<回転電機およびその製造方法>>

本発明の絶縁電線は、各種電気機器、電子機器に使用できる。特に、本発

明の絶縁電線はコイル加工してモーターやトランスなどに用いられ、高性能の電気機器を構成できる。なかでもHV（ハイブリッドカー）やEV（電気自動車）の駆動モーター用の巻線として好適に用いられる。

[0077] このうち、モーターのような回転電機で使用する場合、絶縁電線を図2に示すように切断してU字形状等にターン加工し、複数のU字形状の絶縁電線のU字形状の2つの末端である開放端部b2（11b2）を互い違いに接続して、コイルとし、ステータコアのロット22に収納される。なお、このとき、開放端部b2（11b2）の接続は、接続してからロット22に収納する方法1と、接続しないで全ての絶縁電線分割セグメント11をロット22に収納した後に、折り曲げ加工して接続する方法2がある。本発明では、このいずれの方法でも構わない。

[0078] U字形状等の絶縁電線のコイル（絶縁電線分割セグメント）11は、図2（a）で示されるように、ステータコア20のロット22に収納されるロット収容部a（11a）と、収納されずにロット22からはみ出すコイルエンド部b1、b2（11b1、11b2）からなり、この直線部のロット収容部が互いに異なるロット22に収められ、コイルエンド部b1、b2（11b1、11b2）がステータ100の上下部分で、ステータ面からはみ出した状態で配列される。

[0079] 本発明では、ステータロット内へ配置する絶縁電線のロット収容部a（11a）を圧縮して、皮膜層の厚さをあらかじめ薄くしておく。

このとき、上記の方法1では、皮膜層の厚さを薄くした後に、絶縁電線分割セグメント11の開放端部を、折り曲げ加工して異なる絶縁分割セグメント間で接続する。

[0080] 本発明の回転電機の製造において、このようにロット収容部a（11a）の皮膜層の厚さを薄くすることで、複雑な工程を経ることなく、簡便に、しかも安価に絶縁電線、回転電機用ステータ、さらには回転電機が製造でき、しかも部分放電開始電圧を高いレベルで維持し、ロットに占める導体占積率を高めることができる。

実施例

[0081] 以下に、本発明を実施例に基づいて、さらに詳細に説明するが、これは本発明を制限するものではない。

[0082] 比較例 1

2 L セパラブルフラスコにポリアミドイミド (P A I) [日立化成社製、商品名: H I - 4 0 6、樹脂成分 3 2 質量% の N - メチル - 2 - ピロリドン (N M P) 溶液] を入れ、この溶液に気泡形成剤としてテトラエチレングリコールジメチルエーテルおよびトリエチレングリコールジメチルエーテルを添加して、気泡形成可能なワニスを得た。

この気泡形成可能なワニスを断面矩形 (長辺 3. 8 6 m m × 短辺 2. 3 6 m m で、四隅の面取りの曲率半径 $r = 0. 3$ m m) の平角導体 (酸素含有量 1 5 p p m の銅) の外周に塗布し、炉温 5 0 0 °C で焼付けを行い、厚さ 8 0 μ m の気泡層を形成し、絶縁電線を作製した。気泡の大きさは 1 μ m であり、気泡層での発泡倍率は 1. 8 倍であった。比誘電率は 2. 4 であり、未発泡での比誘電率が 4. 2 であることから、低下している。スロット中の導体占積率は 8 9. 2 % であった。

[0083] (皮膜層の厚さ)

気孔を有する発泡層等の皮膜層の厚さは、絶縁電線の断面の走査電子顕微鏡 (S E M) 写真から求めた。

[0084] (比誘電率の測定)

比誘電率は、皮膜層の静電容量から算出した。すなわち、絶縁電線の最表面皮膜の全周に金属電極を蒸着し、導体と金属電極間の静電容量を測定し、電極長と皮膜層の厚さの関係から比誘電率を算出した。ここで、皮膜層の静電容量は L C R ハイテスタ (日置電機株式会社製、型式 3 5 3 2 - 5 0) を用いて、2 5 °C、1 0 0 H z で測定した。

[0085] (気泡径)

皮膜層の気泡層の断面を走査電子顕微鏡 (S E M) で観察し、任意に選択した 2 0 個の気泡の直径を、画像寸法計測ソフト (三谷商事社製 W i n R O

OF) を用いて径測定モードで測定し、これらを平均して算出した値である。
 なお、気泡の形状が円形でない場合は、最長部分を直径とする。

[0086] (発泡倍率の測定)

発泡前の皮膜樹脂の嵩密度を発泡後の同じ部分の皮膜樹脂の嵩密度で割り、発泡倍率を求めた。

なお、嵩密度は、JIS-K-7112(1999)「プラスチック-非発泡プラスチックの密度および比重の測定方法」のA法(水中置換法)に準拠して求めた。

メトラー社製電子天秤SX64に付属の密度測定キッドを用い、浸漬液はメタノールを使用した。絶縁電線の皮膜層の発泡した層と発泡前の同じ部分の層をそれぞれ剥がし取って、各試験片とし、該各試験片の密度を下記計算式から算出した。

[0087] 試験片の密度 $\rho_{s,t} = (m_{s,A} \times \rho_{IL}) / (m_{s,A} - m_{s,IL})$

[0088] ここで、 $m_{s,A}$ は、空気中で測定した試験片の質量(g)であり、 $m_{s,IL}$ は、浸漬液中で測定した試験片の質量(g)であり、 ρ_{IL} は、浸漬液の密度(g/cm^3)である。

[0089] 実施例1

比較例1で作製した絶縁電線を図7に示すようにプレス機により、回転電機のスロットに挿入される部分を圧潰し、気泡層からなる絶縁皮膜の対向する2つの長辺の厚さを $44\mu m$ とした絶縁電線を作製した。得られた絶縁電線のスロット中の導体占積率は91.8%であり、導体占積率が2.6%向上した。

[0090] 比較例2

押出機のスクリューは、直径30mmフルフライト、 $L/D=20$ 、圧縮比3を用いた。熱可塑性樹脂はポリエチレンテレフタレート(PET)(帝人社製、商品名:PET樹脂TR-8550T、比誘電率3.2)を用い、断面矩形(長辺3.4mm×短辺1.8mmで、四隅の面取りの曲率半径 $r=0.3mm$)の平角導体(酸素含有量15ppmの銅)の外周に、押出被覆

樹脂層の断面の外形の形状が導体の形状と相似形になるように、押出ダイを用いてPETの押出被覆を行った。このようにして作製した絶縁電線を、炭酸ガスが充填された高圧容器に、1.7 MPaの圧力下、温度−30℃の条件で、42時間保管して、皮膜樹脂中に炭酸ガスを浸透させた。

その後、高圧容器から取り出し、温度200℃の条件で1分間加熱し、皮膜樹脂を発泡させ、皮膜厚さ39 μmの絶縁電線を作製した。

気泡の大きさは2 μmであり、気泡層での発泡倍率は1.6倍であった。比誘電率は2.2であり、未発泡での比誘電率が3.2であることから、低下している。スロット中の導体占積率は92.5%であった。

[0091] 実施例2

比較例2で作製した絶縁電線を図7に示すようにプレス機により、回転電機のスロットに挿入される部分を圧潰し、気泡層からなる絶縁皮膜の対向する2つの長辺の厚さを24 μmとした絶縁電線を作製した。得られた絶縁電線のスロット中の導体占積率は94.0%であり、導体占積率が1.5%向上した。

[0092] 比較例3

2Lセパラブルフラスコにポリアミドイミド（PAI）〔日立化成社製、商品名：HI-406、樹脂成分32質量%のNMP溶液〕を入れ、この溶液に気泡形成剤としてテトラエチレングリコールジメチルエーテルおよびトリエチレングリコールジメチルエーテルを添加して、気泡形成可能なワニスを得た。

この気泡形成可能なワニスを断面矩形（長辺3.4 mm×短辺1.8 mmで、四隅の面取りの曲率半径 $r=0.3$ mm）の平角導体（酸素含有量15 ppmの銅）の外周に塗布し、炉温500℃で焼付けを行い、厚さ40 μmの気泡層を形成した。気泡の大きさは5 μmであり、気泡層での発泡倍率は1.9倍であった。比誘電率は2.3であり、未発泡での比誘電率が4.2であることから、低下している。

[0093] 上記の導体上に気泡層が形成された電線を心線とし、押出機のスクリー

は、直径30mmフルフライト、 $L/D=20$ 、圧縮比3を用いて、以下の様に押出被覆樹脂層を形成した。

熱可塑性樹脂はポリエーテルエーテルケトン（PEEK）（ソルベイスペシャリティポリマーズ社製、商品名：キータスパイアKT-820、比誘電率3.1）を用い、押出被覆樹脂層の断面の外形の形状が導体の形状と相似形になるように、押出ダイを用いてPEEKの押出被覆を行い、厚さが40 μ mの押出被覆樹脂層を形成し、絶縁電線を作製した。スロット中の導体占積率は86.6%であった。

[0094] 実施例3

比較例3で作製した絶縁電線を図8に示すようにプレス機により、回転電機のスロットに挿入される部分を圧潰し、気泡層と押出被覆樹脂層からなる絶縁皮膜のうち、気泡層の対向する2つの長辺の厚さのみを32 μ mとした絶縁電線を作製した。得られた絶縁電線のスロット中の導体占積率は87.3%であり、導体占積率が0.7%向上した。

[0095] 比較例4

押出機のスクリーは、直径30mmフルフライト、 $L/D=20$ 、圧縮比3を用いた。熱可塑性樹脂はポリフェニレンスルフィド（PPS）（DIC社製、商品名：FZ-2100、比誘電率3.2）を用い、断面円形（ $\phi 1.0$ mm）の導体（酸素含有量15ppmの銅）の外周に、押出ダイを用いてPPSの押出被覆を行った。このようにして作製した絶縁電線を、炭酸ガスが充填された高圧容器に、1.2MPaの圧力下、温度-32℃の条件で、24時間保管して、皮膜樹脂中に炭酸ガスを浸透させた。

その後、高圧容器から取り出し、温度200℃の条件で1分間加熱し、皮膜樹脂を発泡させ、皮膜厚さ40 μ mの絶縁電線を作製した。

気泡の大きさは8 μ mであり、気泡層での発泡倍率は1.4倍であった。比誘電率は2.4であり、未発泡での比誘電率が3.2であることから、低下している。スロット中の導体占積率は85.7%であった。

[0096] 実施例4

比較例４で作製した絶縁電線を図９に示すようにプレス機により、回転電機のスロットに挿入される部分を圧潰し、気泡層からなる絶縁皮膜の図９の部分の厚さを $27\mu\text{m}$ とした絶縁電線を作製した。スロット中の導体占積率は 86.1% であり、導体占積率が 0.4% 向上した。

[0097] 実施例１～４で作製した製造方法からも明らかなように、複雑な工程を経ることなく、簡便でコスト的にも安価に、耐久性の優れた絶縁電線、回転電機を得ることができた。

[0098] 本発明をその実施態様とともに説明したが、我々は特に指定しない限り我々の発明を説明のどの細部においても限定しようとするものではなく、添付の請求の範囲に示した発明の精神と範囲に反することなく幅広く解釈されるべきであると考える。

[0099] 本願は、 2014 年 3 月 14 日に日本国で特許出願された特願 $2014-051924$ に基づく優先権を主張するものであり、これはここに参照してその内容を本明細書の記載の一部として取り込む。

符号の説明

- [0100]
- 10 絶縁電線
 - 1 導体
 - 2 皮膜層（気泡層）
 - 3 皮膜層（気泡を有さない層）
 - 11 コイル（絶縁電線分割セグメント）
 - a スロット収容部（スロット直線部）
 - b1 コイルエンド部のＵ字形状ターン部
 - b2 コイルエンド部の開放端部
 - 11 α 第一のコイル（第一の絶縁電線分割セグメント）
 - 11 β 第二のコイル（第二の絶縁電線分割セグメント）
 - 100 ステータ
 - 20 ステータコア
 - 21 ティース

2 2 スロット

P プレス機

請求の範囲

- [請求項1] 導体が、少なくとも1層の絶縁材料で皮膜され、皮膜層に、厚さ方向に少なくとも1層の気泡層を有する絶縁電線であって、同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分を有することを特徴とする絶縁電線。
- [請求項2] 前記厚さの薄い部分が、厚さ方向に圧縮されて薄くされたもの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] 前記皮膜層の樹脂が、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリフェニレンスルフィドおよびポリエーテルエーテルケトンから選択される樹脂であ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] 前記気泡層の樹脂が、ポリエステル、ポリエステルイミド、ポリイミドおよびポリアミドイミドから選択される熱硬化性樹脂であるか、またはポリエチレンナフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリフェニレンスルフィドおよびポリエーテルエーテルケトンから選択される熱可塑性樹脂であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項5] 前記皮膜層が、前記気泡層と、気泡を有さない少なくとも1層からなり、該気泡を有さない層の樹脂が、ポリフェニレンスルフィドおよびポリエーテルエーテルケトンから選択される熱可塑性樹脂であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項6] 前記導体の断面形状が、円形または矩形であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項7] 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面における1辺の皮膜層の厚さがその他の辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の絶縁電線。
- [請求項8] 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面において対向する2つの短辺の皮膜層の厚さがともに、対抗する2つの長辺の

皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の絶縁電線。

[請求項9] 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面において対向する 2 つの長辺の皮膜層の厚さがともに、対向する 2 つの短辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の絶縁電線。

[請求項10] 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面における隣り合う 2 辺の皮膜層の厚さが残りの 2 辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の絶縁電線。

[請求項11] 前記導体の断面形状が矩形の絶縁電線であって、矩形断面における 3 辺の皮膜層の厚さが残りの 1 辺の皮膜層の厚さより薄いことを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の絶縁電線。

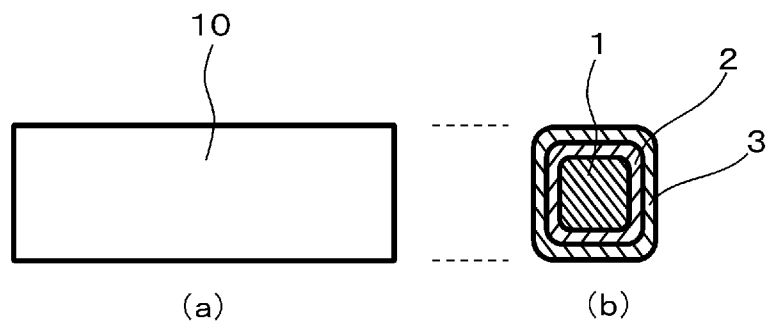
[請求項12] 請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の絶縁電線の製造方法であって、前記皮膜層を、厚さ方向に圧縮して、同一皮膜層の長さ方向または周方向で厚さが薄い部分を形成することを特徴とする絶縁電線の製造方法。

[請求項13] 絶縁電線を有する回転電機用ステータの製造方法であって、該絶縁電線は、導体が少なくとも 1 層の絶縁材料で皮膜され、皮膜層に、厚さ方向に少なくとも 1 層の気泡層を有する絶縁電線であり、該絶縁電線をステータスロット内へ配置した際、ステータスロット内において隣り合う該絶縁電線間の境界に位置する絶縁電線の皮膜をあらかじめ薄くしておくことを特徴とする回転電機用ステータの製造方法。

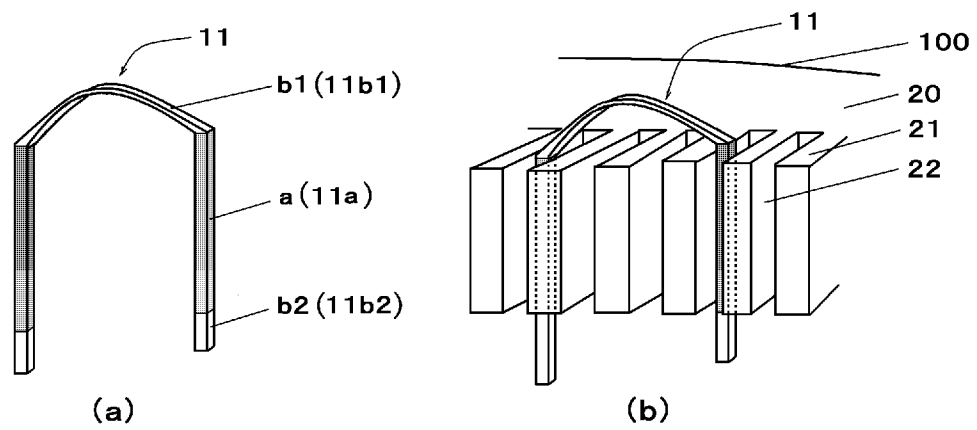
[請求項14] 前記絶縁電線の皮膜を厚さ方向に圧縮して薄くすることを特徴とする請求項 13 に記載の回転電機用ステータの製造方法。

[請求項15] 請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の絶縁電線を用いてなることを特徴とする回転電機。

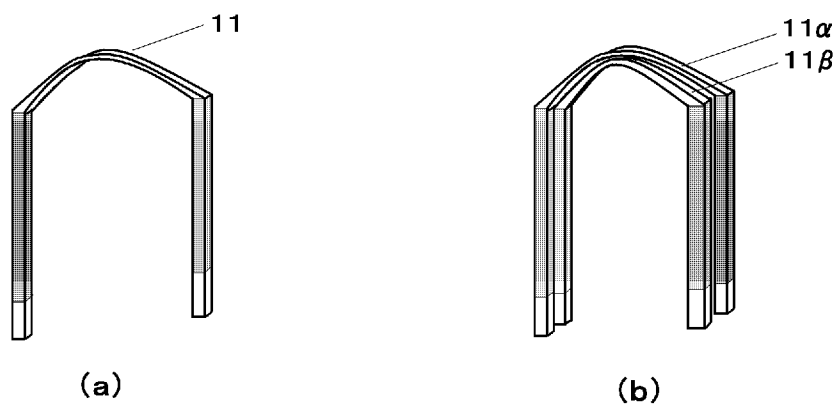
[図1]



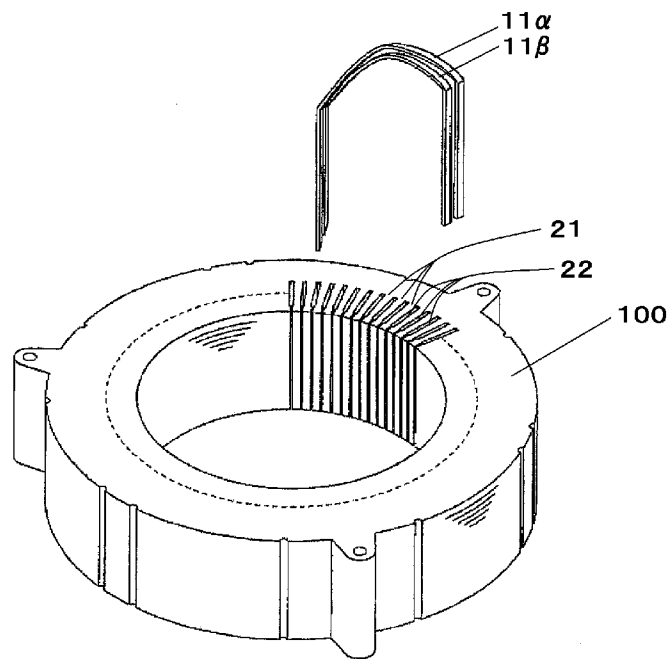
[図2]



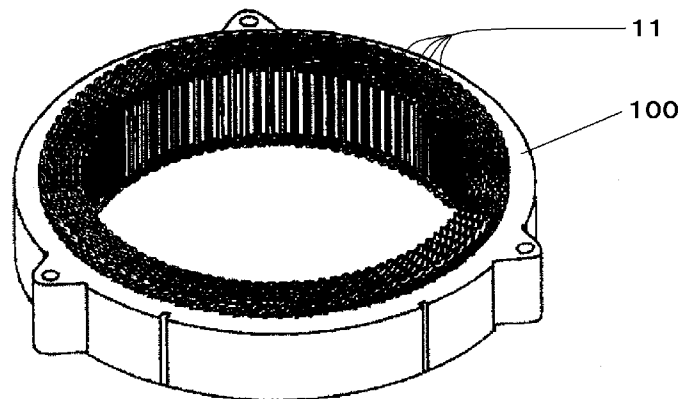
[図3]



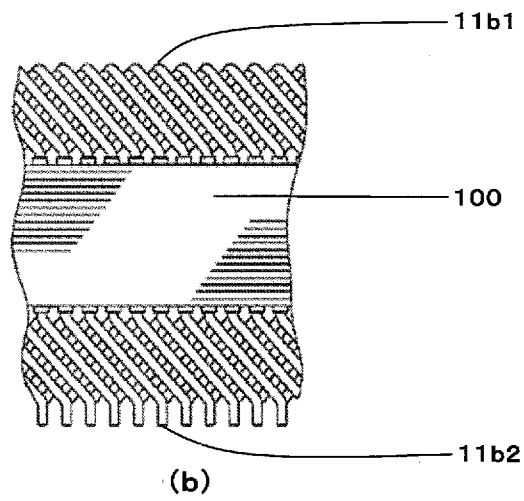
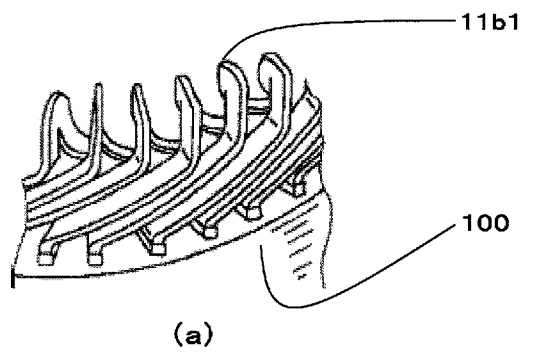
[図4]



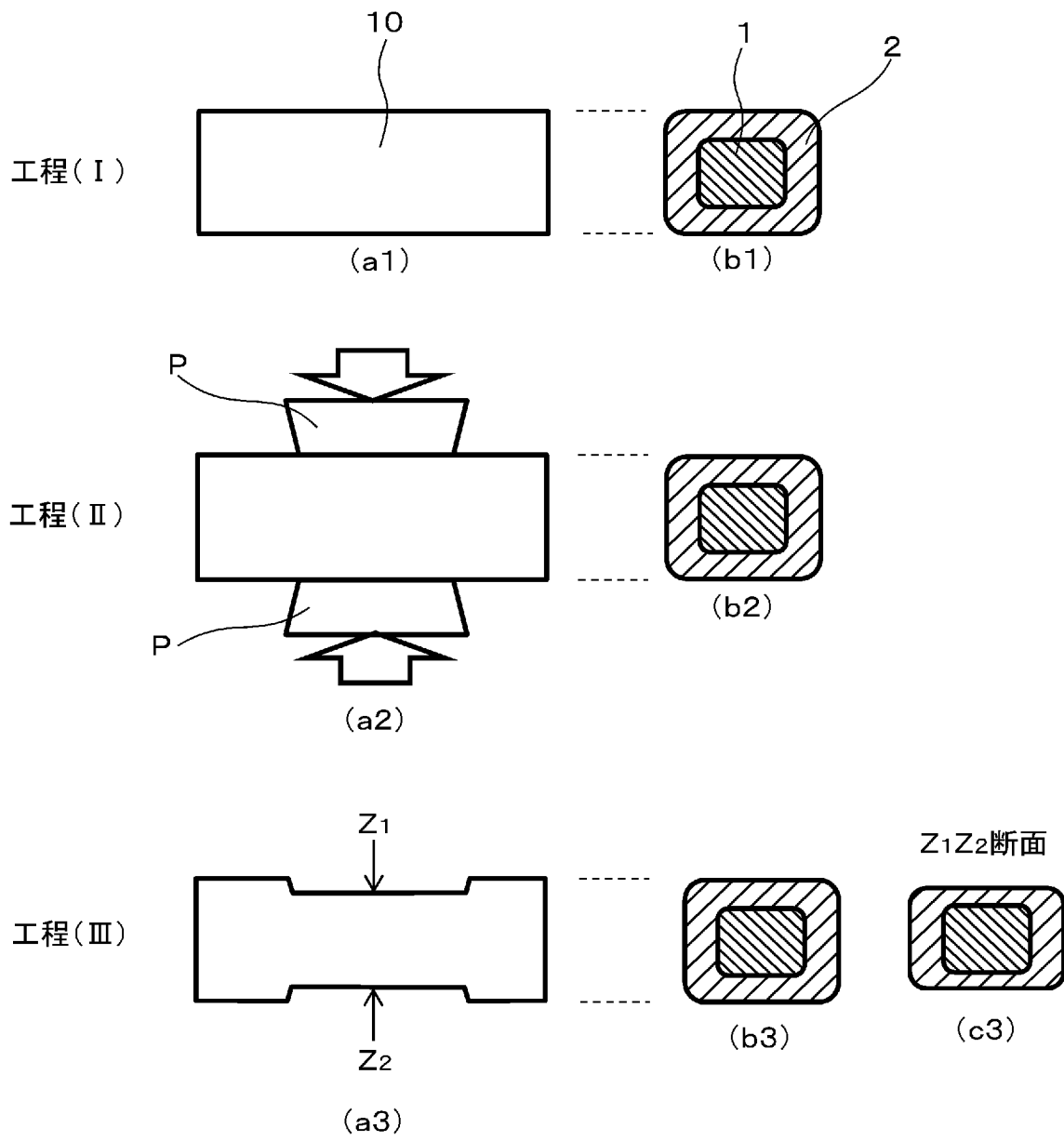
[図5]



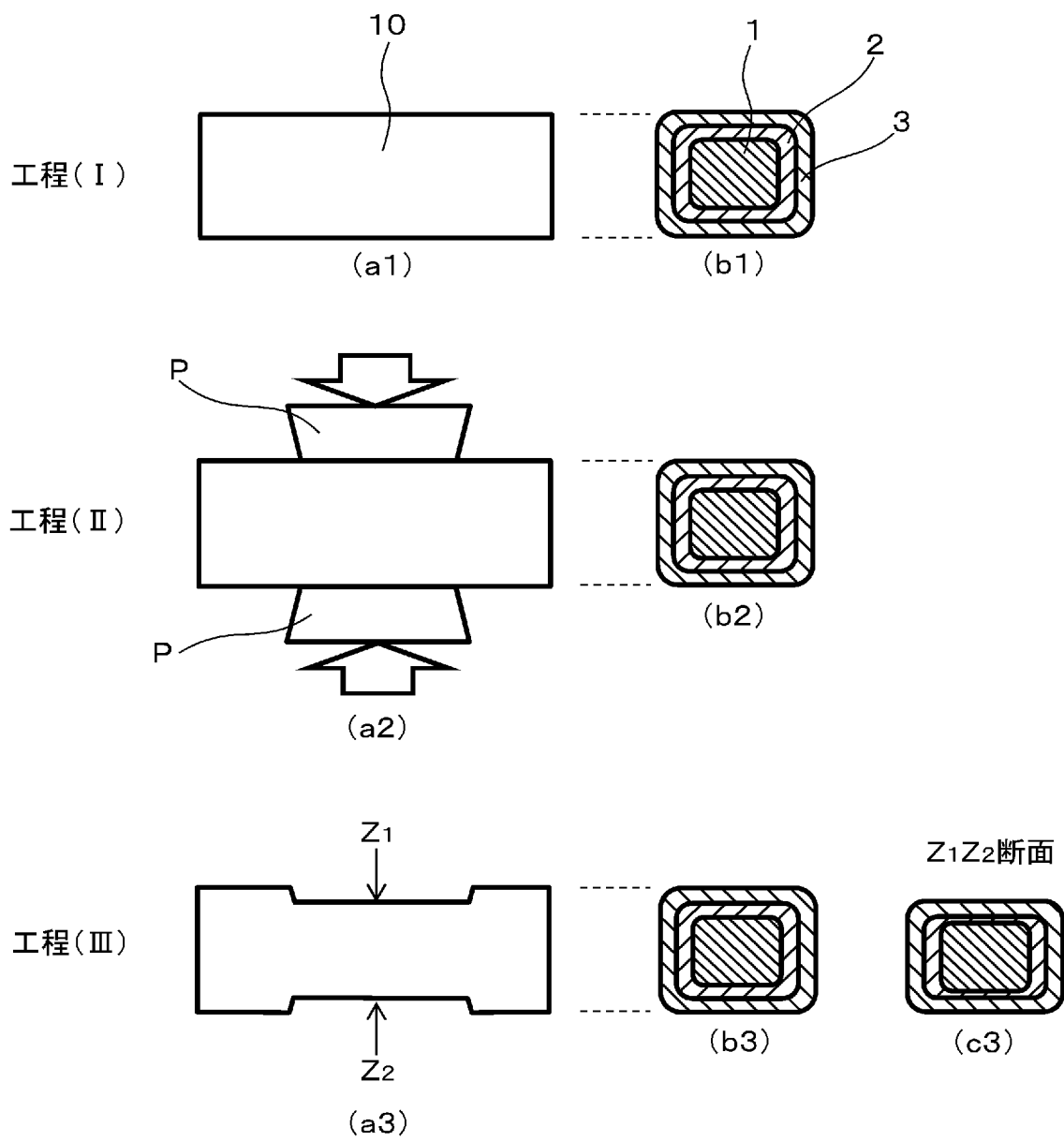
[図6]



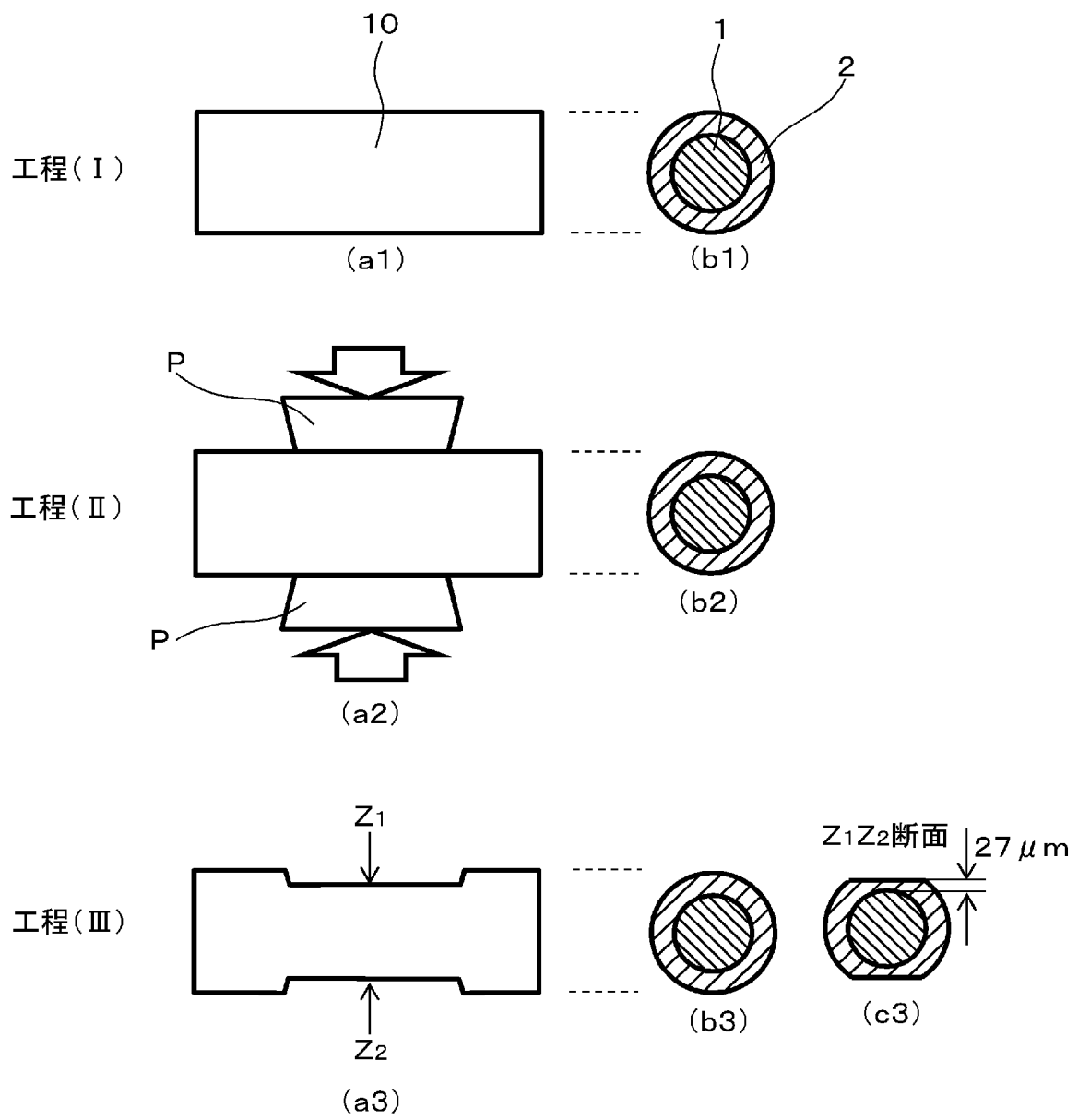
[図7]



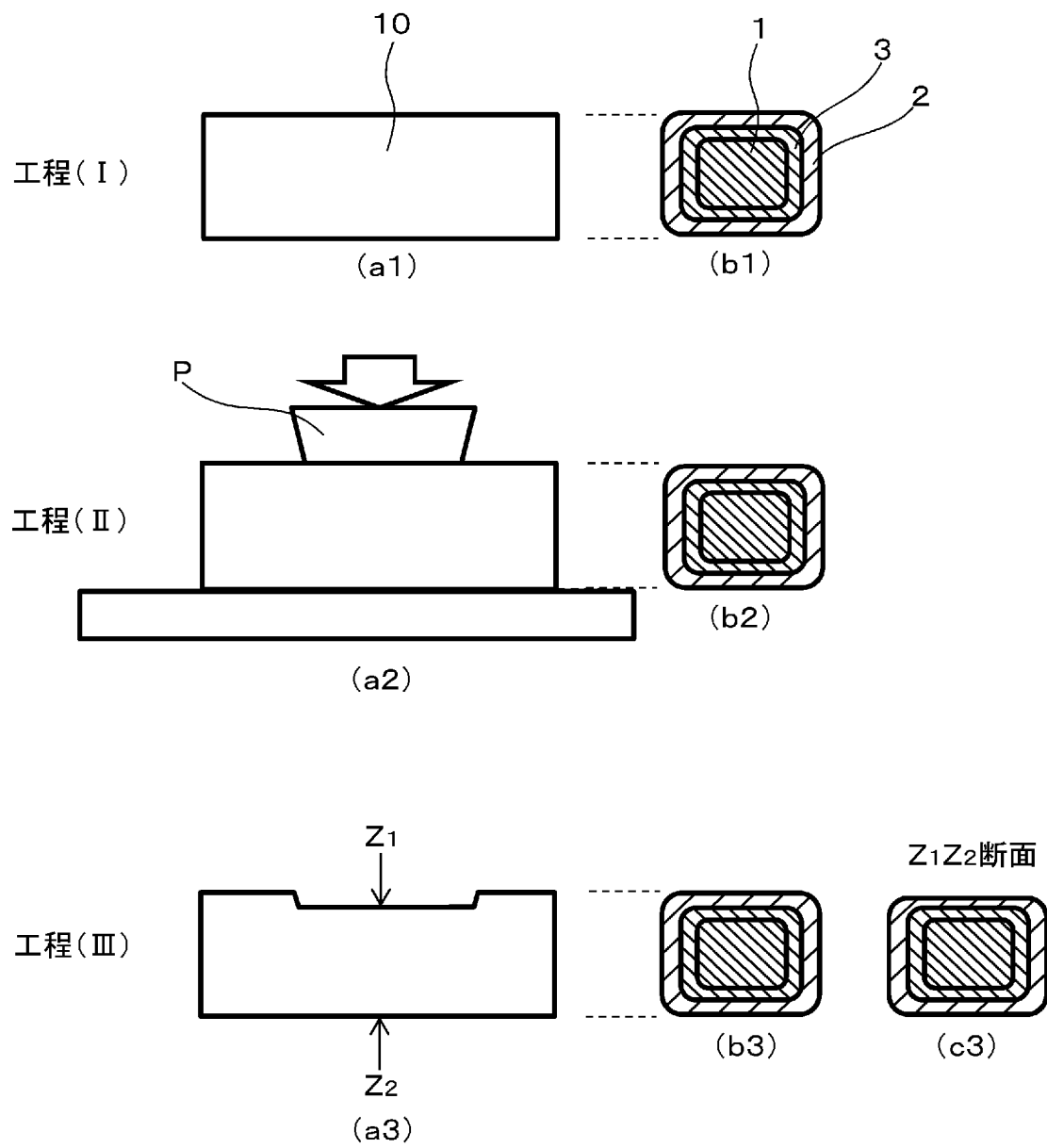
[図8]



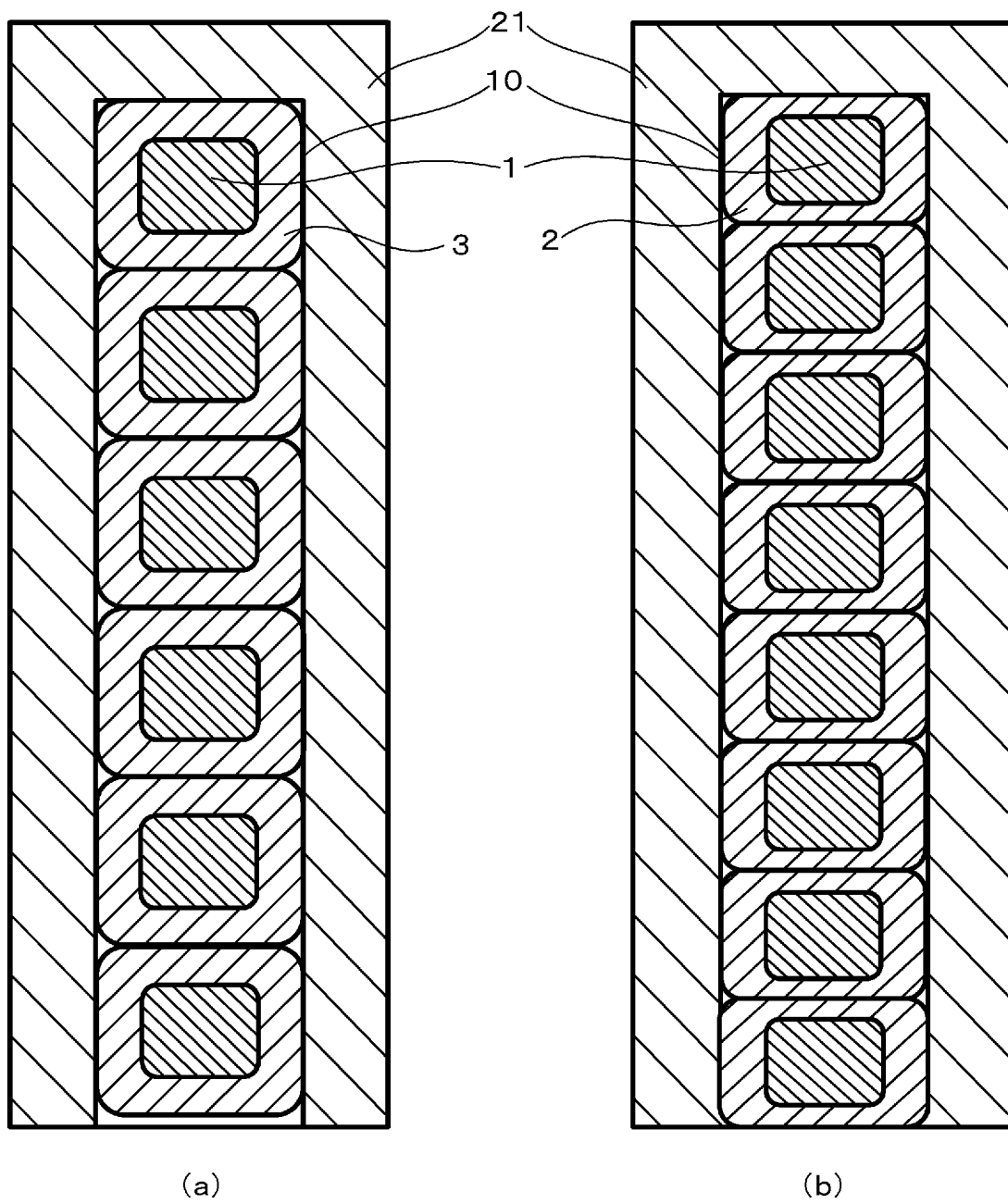
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/057021

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01B7/02(2006.01)i, H01B3/30(2006.01)i, H01B3/42(2006.01)i, H01B7/00
(2006.01)i, H01B13/00(2006.01)i, H01B13/16(2006.01)i, H02K3/04(2006.01)i,
H02K3/34(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)

H01B7/02, H01B3/30, H01B3/42, H01B7/00, H01B13/00, H01B13/16, H02K3/04,
H02K3/34

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y A	JP 2008-236924 A (Hitachi, Ltd.), 02 October 2008 (02.10.2008), paragraphs [0011] to [0014] & US 2008/0231136 A1	1-12, 15 13-14
Y A	JP 5391365 B1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 15 January 2014 (15.01.2014), paragraphs [0001], [0022] to [0027] & US 2014/0354394 A1 & WO 2013/133333 A1 & EP 2824674 A1 & TW 201346942 A & CN 103650065 A & CA 2864071 A1 & KR 10-2014-0102124 A	1-12, 15 13-14

☒ 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
03 June 2015 (03.06.15)

Date of mailing of the international search report
16 June 2015 (16.06.15)

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/JP2015/057021

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 5391324 B1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 15 January 2014 (15.01.2014), paragraphs [0023] to [0028] & US 2015/0027748 A1 & WO 2014/084101 A1 & EP 2843668 A1 & CA 2869921 A1 & CN 104170025 A & TW 201435928 A	3-5 1-2, 6-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01B7/02(2006.01)i, H01B3/30(2006.01)i, H01B3/42(2006.01)i, H01B7/00(2006.01)i,
H01B13/00(2006.01)i, H01B13/16(2006.01)i, H02K3/04(2006.01)i, H02K3/34(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（I P C））

Int.Cl. H01B7/02, H01B3/30, H01B3/42, H01B7/00, H01B13/00, H01B13/16, H02K3/04, H02K3/34

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
Y A	JP 2008-236924 A（株式会社日立製作所）2008.10.02, 段落【0011】乃至【0014】 & US 2008/0231136 A1	1-12, 15 13-14
Y A	JP 5391365 B1（古河電気工業株式会社）2014.01.15, 段落【0001】、【0022】乃至【0027】 & US 2014/0354394 A1 & WO 2013/133333 A1 & EP 2824674 A1 & TW 201346942 A & CN 103650065 A & CA 2864071 A1 & KR 10-2014-0102124 A	1-12, 15 13-14

☒ 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

0 3 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

和田 財太

5 N

9 4 5 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 8 6

C (続き) . 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
Y A	JP 5391324 B1 (古河電気工業株式会社) 2014.01.15, 段落【0023】乃至【0028】 & US 2015/0027748 A1 & WO 2014/084101 A1 & EP 2843668 A1 & CA 2869921 A1 & CN 104170025 A & TW 201435928 A	3-5 1-2, 6-15