

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7704296号
(P7704296)

(45)発行日 令和7年7月8日(2025.7.8)

(24)登録日 令和7年6月30日(2025.6.30)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 B	5/08 (2006.01)	H 0 1 B	5/08	
H 0 1 B	7/00 (2006.01)	H 0 1 B	7/00	3 0 1
H 0 1 B	7/08 (2006.01)	H 0 1 B	7/08	

請求項の数 10 (全16頁)

(21)出願番号	特願2024-507778(P2024-507778)	(73)特許権者	395011665 株式会社オートネットワーク技術研究所 三重県四日市市西末広町1番14号
(86)(22)出願日	令和5年3月7日(2023.3.7)	(73)特許権者	000183406 住友電装株式会社 三重県四日市市西末広町1番14号
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/008492	(73)特許権者	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(87)国際公開番号	WO2023/176575	(74)代理人	110002158 弁理士法人上野特許事務所
(87)国際公開日	令和5年9月21日(2023.9.21)	(72)発明者	田中 恵里 三重県四日市市西末広町1番14号 株 式会社オートネットワーク技術研究所内 最終頁に続く
審査請求日	令和6年9月13日(2024.9.13)		
(31)優先権主張番号	特願2022-40578(P2022-40578)		
(32)優先日	令和4年3月15日(2022.3.15)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 電線導体、絶縁電線、およびワイヤーハーネス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の素線を撚り合わせた子撚線を複数含む撚線として構成された電線導体であって、前記撚線の軸線方向に交差する断面が、幅方向の寸法が高さ方向の寸法よりも大きい扁平形状となった扁平部を有しており、

前記扁平部において、前記子撚線のうち、前記扁平部の外周に配置された外層子撚線を構成する前記素線の総数を、外層素線数とし、前記外層子撚線よりも内側に配置された内層子撚線を構成する前記素線の総数を、内層素線数として、

前記内層素線数に対する前記外層素線数の比率が、2.0以上であり、
前記電線導体は、前記内層子撚線が1層のみ、または2層配置された内層を有するとともに、前記内層の外周に前記外層子撚線が1層配置された外層を有し、

aを2層の前記内層のうち内側の層を構成する前記子撚線の本数、bを2層の前記内層のうち外側の層を構成する前記子撚線の本数、cを前記外層を構成する前記子撚線の本数として、

aは0または1、bは4以上6以下、cは8以上12以下である、電線導体。

ただし、前記内層が1層のみよりなる場合には、aを0とし、その1層の内層を構成する前記子撚線の本数をbとする。

【請求項2】

前記複数の子撚線のそれぞれを構成する前記素線の本数が同じであり、

前記内層子撚線の数に対する前記外層子撚線の数比率が、2.0以上である、請求項

1 に記載の電線導体。

【請求項 3】

前記内層素線数に対する前記外層素線数の比率が、3.0 以上である、請求項 1 に記載の電線導体。

【請求項 4】

前記内層子撚線は、前記外層子撚線の内周に、1 層のみ設けられている、請求項 1 に記載の電線導体。

【請求項 5】

前記電線導体の前記断面において、前記幅方向の寸法が、前記高さ方向の寸法の 5 倍以上である、請求項 1 に記載の電線導体。

10

【請求項 6】

前記内層素線数に対する前記外層素線数の比率が、3.5 以下である、請求項 1 に記載の電線導体。

【請求項 7】

導体断面積が 1.6 mm^2 以上である、請求項 1 に記載の電線導体。

【請求項 8】

前記素線の少なくとも一部は、断面形状が円形から変形されており、前記素線の円形からの変形率は、前記電線導体の断面の外周部において、内側部よりも小さくなっている、請求項 1 に記載の電線導体。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電線導体と、前記電線導体の外周を被覆する絶縁被覆と、を有する、絶縁電線。

20

【請求項 10】

請求項 9 に記載の絶縁電線を含む、ワイヤーハーネス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、電線導体、絶縁電線、およびワイヤーハーネスに関する。

【背景技術】

【0002】

扁平形状の電線導体を用いて構成したフラットケーブルが公知である。フラットケーブルを用いることで、断面略円形の電線導体を備えた一般的な電線を用いる場合と比較して、配策の際に占めるスペースを小さくすることができる。

30

【0003】

従来一般のフラットケーブルにおいては、特許文献 1, 2 等に開示されるように、電線導体として、平角導体がしばしば用いられる。平角導体は、金属の単線を断面四角形に成形したものである。また、出願人らの出願による特許文献 3, 4 には、柔軟性と省スペース性を両立する観点から、複数の素線を撚り合わせた撚線を扁平形状に成形した電線導体が開示されている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2014 - 130739 号公報

【文献】特開 2019 - 149242 号公報

【文献】国際公開第 2019 / 093309 号

【文献】国際公開第 2019 / 177016 号

【文献】特開昭 63 - 158710 号公報

【文献】特開 2009 - 087868 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0005】

特許文献3, 4に開示されるように、撚線を扁平形状に成形した電線導体を用いることで、柔軟性を維持しながら、省スペース化を図ることができる。しかし、撚線に力を印加して扁平形状に成形する際に、撚線を構成する素線に負荷が印加される。負荷の印加により、素線に変形が生じる。特許文献3, 4にも記載されるように、電線導体の外周部の素線については、変形を小さく抑えることができるが、内側の素線については、外周部の素線よりも大きな変形を受けやすい。素線の変形が大きくなると、素線の密集や密着が起こるとともに、素線を構成する材料の硬化が起こり、電線導体の柔軟性が低下してしまう可能性がある。特に、電線導体が占める高さを小さくし、省スペース性を高めることを目的に、電線導体を横長な高扁平の形状に成形すると、内側の素線の変形に伴う柔軟性の低下

10

【0006】

そこで、素線を撚り合わせた撚線を扁平形状に成形した電線導体であって、高い柔軟性を確保することができる電線導体、またそのような電線導体を備えた絶縁電線およびワイヤーハーネス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】

【0007】

本開示の電線導体は、複数の素線を撚り合わせた子撚線を複数含む撚線として構成され、前記撚線の軸線方向に交差する断面が、幅方向の寸法が高さ方向の寸法よりも大きい扁平形状となった扁平部を有しており、前記扁平部において、前記子撚線のうち、前記扁平部の外周に配置された外層子撚線を構成する前記素線の総数を、外層素線数とし、前記外層子撚線よりも内側に配置された内層子撚線を構成する前記素線の総数を、内層素線数として、前記内層素線数に対する前記外層素線数の比率が、2.0以上である。

20

【0008】

本開示の絶縁電線は、前記電線導体と前記電線導体の外周を被覆する絶縁被覆と、を有する。本開示のワイヤーハーネスは、前記絶縁電線を含む。

【発明の効果】

【0009】

本開示の電線導体は、素線を撚り合わせた撚線を扁平形状に成形した電線導体であって、高い柔軟性を確保することができる。また、本開示の絶縁電線およびワイヤーハーネスは、そのような電線導体を備えたものとなる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、本開示の一実施形態にかかる、扁平形状の電線導体を模式的に示す断面図である。主図では子撚線を構成する各素線の表示を省略しており、四角形で囲んだ拡大図に、素線を含む子撚線の断面を例示している。

【図2】図2A, 2Bは、扁平形状を有する電線導体を形成するための原料撚線を示す断面図である。図2Aは、図1に示した本開示の実施形態にかかる電線導体の原料となる原料撚線を示しており、図2Bは子撚線を最密充填した従来一般の撚線として構成した原料撚線を示している。

40

【図3】図3A~3Dは、作製した試料A2および試料A5の電線導体について、撚り構造を解消した状態を示す写真である。図3A, 3Cは、それぞれ試料A2, A5について、外層の撚り構造を子撚線単位で解消した状態を示し、図3B, 3Dは、それぞれ試料A2, A5について、外層を除去した状態で、内層の撚り構造を子撚線単位で解消した状態を示している。

【図4】図4A~4Dは、代表的な試料について、導体の断面を撮影した写真である。それぞれ、試料A2, A5, B2, B5を示している。

【図5】図5A, 5Bは、素線比と反発力の関係を示す図である。図5Aは扁平比が5の場合、図5Bは扁平比が6の場合を示している。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 1 1 】

[本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施形態を列記して説明する。

本開示にかかる電線導体は、複数の素線を撚り合わせた子撚線を複数含む撚線として構成され、前記撚線の軸線方向に交差する断面が、幅方向の寸法が高さ方向の寸法よりも大きい扁平形状となった扁平部を有しており、前記扁平部において、前記子撚線のうち、前記扁平部の外周に配置された外層子撚線を構成する前記素線の総数を、外層素線数とし、前記外層子撚線よりも内側に配置された内層子撚線を構成する前記素線の総数を、内層素線数として、前記内層素線数に対する前記外層素線数の比率が、2.0以上である。

【 0 0 1 2 】

上記電線導体の扁平部においては、内層素線数に対する外層素線数の比率が、2.0以上となっている。つまり、電線導体の外周部を構成する素線の本数に対して、内側部分を構成する素線の本数が、1/2以下と少なくなっている。電線導体の内側に配置された素線の本数が少なくなっていることで、力の印加によって電線導体を扁平形状に変形させて扁平部を形成する際に、電線導体の内側に位置する素線において、大きな負荷の印加による変形が起こりにくくなる。すると、電線導体の内側に配置された素線の本数が多い場合と比較して、電線導体の内側部分において、素線の密集や密着が緩和され、電線導体に曲げを加える際に、内側の素線が移動しやすくなる。また、素線の変形に伴う構成材料の硬化も起こりにくい。それらの結果として、電線導体が、高い柔軟性を有するものとなる。

【 0 0 1 3 】

ここで、前記複数の子撚線のそれぞれを構成する前記素線の本数が同じであり、前記内層子撚線の数に対する前記外層子撚線の数の比率が、2.0以上であるとよい。すると、電線導体全体で同じ子撚線を用いて、電線導体の外周部および内側部分に配置する子撚線の本数の設定により、上記のように、内側部分を構成する素線の本数が少なく、扁平部において高い柔軟性を有する電線導体を得ることができる。

【 0 0 1 4 】

また、前記内層素線数に対する前記外層素線数の比率が、3.0以上であるとよい。すると、電線導体の柔軟性を特に高めやすくなる。

【 0 0 1 5 】

前記内層子撚線は、前記外層子撚線の内周に、1層のみ設けられているとよい。すると、内層子撚線が、2層あるいはさらに多層に配置されている場合と比較して、内側部分を構成する素線の本数の低減による電線導体の柔軟性の向上を、効果的に達成することができる。

【 0 0 1 6 】

前記電線導体の前記断面において、前記幅方向の寸法が、前記高さ方向の寸法の5倍以上であるとよい。すると、電線導体が占める高さを小さくし、省スペース性を高めることができる。電線導体を高扁平の形状に成形するほど、内側部分を構成する素線に大きな負荷が印加され、電線導体の柔軟性が低下しやすいが、上記のように、内層素線数に対する外層素線数の比率を2.0以上としておけば、このように高扁平の形状を採用した場合にも、高い柔軟性を確保することができる。

【 0 0 1 7 】

本開示にかかる絶縁電線は、前記電線導体と、前記電線導体の外周を被覆する絶縁被覆と、を有する。また、本開示にかかるワイヤーハーネスは、前記絶縁電線を含む。これらの絶縁電線およびワイヤーハーネスは、電線導体の内側に配置された素線の本数が少なく抑えられていることで高い柔軟性を有する、上記の電線導体を含んでいる。よって、絶縁電線およびワイヤーハーネス全体としても、その高い柔軟性を利用することができる。

【 0 0 1 8 】

[本開示の実施形態の詳細]

以下に、本開示の実施形態にかかる電線導体、絶縁電線、およびワイヤーハーネスについて、図面を用いて詳細に説明する。本明細書において、電線導体の各部の形状に関して

10

20

30

40

50

、直線、平行、垂直等、部材の形状や配置を示す概念には、長さにして概ね $\pm 15\%$ 程度、また角度にして概ね $\pm 15^\circ$ 程度のずれ等、この種の電線導体、絶縁電線、およびワイヤーハーネスにおいて許容される範囲で、幾何的な概念からの誤差を含むものとする。本明細書において、電線導体の断面とは、特記しない限り、軸線方向（長手方向）に垂直に切断した断面を示すものとする。また、各種特性は、室温、大気中にて評価される値とする。

【0019】

<電線導体、絶縁電線、およびワイヤーハーネスの概略>

図1に、本開示の一実施形態にかかる電線導体1の断面図を模式的に示す。電線導体1は、複数の素線3を相互に撚り合わせた撚線として構成されている。

10

【0020】

電線導体1は、軸線方向に沿った少なくとも一部において、扁平な外形を有している。つまり、電線導体1の軸線方向に垂直に交差する断面が扁平形状となった扁平部を有している。本実施形態においては、電線導体1の軸線方向全域が、そのような扁平部となった形態を扱う。ここで、電線導体1の断面が扁平形状を有しているとは、断面を構成する辺または径と平行に断面を横切り、断面全体を範囲に含む直線のうち、最長の直線の寸法である幅 w が、その直線に直交し、断面全体を範囲に含む直線の寸法である高さ h よりも、大きい状態を指す。

【0021】

電線導体1の断面は扁平形状を有していれば、どのような具体的形状よりなってもよい。扁平形状としては、長方形、楕円形、長円形、小判形（長方形の両端に半円を有する形状）、平行四辺形、台形等を例示することができる。断面の外接図形が、それら各形状に近似できれば、電線導体1の断面形状が各形状をとるものとみなせる。列挙した形状の中で、長方形、楕円形、長円形、小判形のいずれかを採用することが好ましい。図1に示した形態では、電線導体1は、小判形に近似できる断面形状を有している。

20

【0022】

電線導体1においては、全ての素線3が一括して撚り合わせられているのではなく、複数の子撚線2に分割されて構成されている。つまり、複数の素線3を撚り合わせて子撚線2が構成され、その子撚線2を複数含んだ導体線として、電線導体1が構成されている。図1の主図では、各子撚線2の断面を、実線（外層子撚線2o）および破線（内層子撚線2i）の円または楕円にて簡略化して表示しており、四角形で囲んで表示した断面図に、素線3を複数含む子撚線2の構造を例示している。電線導体1において、複数の子撚線2は、単に束状に集合されているだけでもよいが、複数の子撚線2を相互に撚り合わせた親撚り構造を有していることが好ましい。各子撚線2は、円形に近似できる断面を有していても、円形から変形した断面形状を有していてもよい。図1では、断面の内側部分の子撚線（内層子撚線）2iを、扁平に変形させた形態を表示している。

30

【0023】

電線導体1は、後に詳しく説明するように、複数の子撚線2を断面略円形に撚り合わせた原料撚線を圧延することで、形成できる。扁平形状への成形に伴い、電線導体1を構成する子撚線2、および各素線3の少なくとも一部は、断面形状が円形から変形されてもよい。子撚線2および素線3の円形からの変形率は、電線導体1の断面の外周部、特に幅方向両側の部位において、内側部よりも小さくなる場合が多い。図4A～4Dに示した実施例の電線導体でも、幅方向両側の素線の変形率が小さくなっている。

40

【0024】

本実施形態にかかる電線導体1を備えた電線は、電線導体1の断面が扁平形状となっていることにより、導体断面積が同じである断面略円形の電線導体を有する電線よりも、配策に必要なスペースを小さくすることができる。つまり、ある電線の周囲に、他の電線や別の部材を配置することができないスペースを小さくすることができる。特に、高さ方向に沿って電線が占めるスペースを小さくすることができ、省スペース化を達成しやすい。また、電線導体1が、複数の素線3が撚り合わせられた撚線よりなっているため、同じ導

50

体断面積の単線の扁平導体に比べ、高い柔軟性を有する。電線導体1は、特に高さ方向に、高い柔軟性を示す。このように、電線導体1が扁平形状を有することにより、高い省スペース性と柔軟性を両立するものとなる。電線導体1を含んだ絶縁電線、ワイヤーハーネスは、高い省スペース性と柔軟性を兼ね備えることから、自動車内等、狭い空間や複雑な経路に配策する必要がある用途に、特に好適に用いることができる。

【0025】

高さ方向の省スペース性を特に高める観点から、電線導体1の断面において、幅が高さの3倍以上であることが好ましい。つまり、扁平比 w/h が3以上であるとよい。扁平比は、5以上であると、さらに好ましい。電線導体1の扁平比に、特に上限は設けられるものではないが、扁平形状への成形に伴って、電線導体1に過度の負荷を印加するのを避ける等の観点から、8以下程度に抑えておくことよい。

10

【0026】

電線導体1を構成する材料は、特に限定されるものではなく、種々の金属材料を適用することができる。電線導体1を構成する代表的な金属材料として、銅および銅合金、またアルミニウムおよびアルミニウム合金を挙げることができる。特に、アルミニウムおよびアルミニウム合金は、銅および銅合金よりも導電率が低いため、必要な電気伝導性を確保するために、導体断面積が大きくなりやすい。そのため、電線導体1を扁平化して、省スペース性を高めることの効果が大きくなる。また導体断面積が大きいほど、後述するように、内層に含まれる素線3の本数を減らすことによる柔軟性確保の効果が大きくなる。それらの観点から、電線導体1をアルミニウムまたはアルミニウム合金より構成することが好ましい。

20

【0027】

また、同様の観点から、導体断面積を、 16 mm^2 以上とすることが好ましい。電線導体1が、複数の素線3を一括して撚り合わせるのではなく、複数の子撚線2の集合体として構成されていることにより、このように導体断面積が大きくても、素線3の撚り合わせ、および扁平形状への成形を、効率的に行うことができる。導体断面積に特に上限は設けられないが、曲げ柔軟性を確保しやすくする等の観点から、例えば 300 mm^2 以下に抑えておくことよい。また、電線導体1を構成する素線3の外径も、特に限定されるものではないが、 0.12 mm 以上、また 0.5 mm 以下の範囲を例示することができる。電線導体1を構成する各素線3が、同じもの、つまり同じ材料より構成され、同じ外径を有するものであることが好ましい。

30

【0028】

本開示の一実施形態にかかる絶縁電線は、電線導体1と、絶縁被覆(不図示)とを有している。絶縁被覆は、電線導体1の外周を、全周にわたって被覆している。絶縁被覆を構成する材料は、絶縁性材料であれば、特に限定されるものではないが、有機ポリマーをベース材料とするものであることよい。有機ポリマーとしては、ポリオレフィンやオレフィン系共重合体等のオレフィン系ポリマー、ポリ塩化ビニル等のハロゲン系ポリマー、各種エラストマー、ゴム等を挙げることができる。有機ポリマーは架橋されていてもよく、また発泡されていてもよい。さらに、絶縁被覆は、有機ポリマーに加えて、難燃剤等、各種添加剤を含有していてもよい。絶縁被覆は、押出成形体として形成することが好ましい。

40

【0029】

本開示の実施形態にかかる絶縁電線は、単独の状態で使用しても、本開示の実施形態にかかるワイヤーハーネスの構成部材として用いてもよい。本開示の実施形態にかかるワイヤーハーネスは、本開示の実施形態にかかる絶縁電線を含むものである。ワイヤーハーネスは、本開示の実施形態にかかる絶縁電線を複数含むものとしてもよく、また、本開示の実施形態にかかる絶縁電線に加えて、他種の絶縁電線を含むものとしてもよい。好ましくは、本開示の実施形態にかかる絶縁電線を、幅方向および/または高さ方向に複数配列したものであることよい。この際、複数の絶縁電線の具体的な配列構造は、特に限定されるものではないが、好適な形態として、複数の絶縁電線を、幅方向に並べ、共通のシート材に対して、融着等によって固定する形態を例示することができる。この場合に、並べた複数

50

の絶縁電線の高さが揃っていると、特に好ましい。

【0030】

<電線導体の構成の詳細>

本開示の実施形態にかかる電線導体1は、上記のように、複数の素線3を撚り合わせた子撚線2を複数含んで構成されている。電線導体1において、複数の子撚線2は、層状に配置されている。ここで、複数の子撚線2が層状に配置されているとは、電線導体1の外周部と中心部を結ぶ方向に沿って複数の層をとって、複数の子撚線2が略環状に配置されている状態を指す(以下でも子撚線2の配置の層数を規定する場合について同様)。なお、内層について、略環状の配置には、1本単独の配置、および幅方向に直線状の配置も含むものとする。

10

【0031】

具体的には、電線導体1において、扁平な断面の外周に配置された子撚線2が、外層子撚線2_oとして、外層を構成している。そして、外層子撚線2_oよりも断面の内側に配置された子撚線2が、内層子撚線2_iとして、内層を構成している。外層子撚線2_oよりも内側に存在する子撚線2は、全て内層子撚線2_iとなる。外層は、定義上、1層の外層子撚線2_oのみより構成されている。一方、内層は、1層の内層子撚線2_iのみより構成されても、内層子撚線2_iが複数の層をとって構成されてもよい。

【0032】

電線導体1を構成する各子撚線2は、例えば、図3A~3Dに示すように、子撚線2を単位として、電線導体1の撚りを解消しながら目視観察することで、明確に確認することができる。電線導体1が親撚り構造を有する場合には、その親撚り構造を解消すればよい。子撚線2を単位として電線導体1の撚りを解消すれば、図3A~3Dにも示されるように、外層子撚線2_oと、内層子撚線2_iとの区別、および内層子撚線2_iが複数の層をとる場合の各層の区別も、明確に行うことができる。

20

【0033】

本実施形態にかかる電線導体1においては、外層を構成する素線3と、内層を構成する素線3の本数の比率が、所定の範囲に存在する。ここで、外層子撚線2_oを構成する素線3の総数、つまり外層に含まれる素線3の総数を外層素線数(N_o)とし、内層子撚線2_iを構成する素線3の総数、つまり内層に含まれる素線3の総数を内層素線数(N_i)とする。そして、内層素線数 N_i に対する外層素線数 N_o の比率(N_o/N_i)を、素線比とする。本実施形態にかかる電線導体1においては、この素線比が、2.0以上となっている。つまり、内層を構成する素線3の本数が、外層を構成する素線3の本数の半分以上となっている。

30

【0034】

一般に、電線導体において、子撚構造を採用する場合には、複数の子撚線のそれぞれを構成する素線の本数は、同じに揃えられ、本実施形態にかかる電線導体1においても、複数の子撚線2のそれぞれを構成する素線3の本数を揃えておくことが、電線導体1の構成の簡素性の観点から好ましい。この場合には、内層子撚線2_iの数に対する外層子撚線2_oの数の比率が、上記素線比と等しくなる。つまり、本実施形態にかかる電線導体1においては、内層子撚線2_iの数に対する外層子撚線2_oの数の比率が、2.0以上となっている。以下、特記しない限り、複数の子撚線2のそれぞれを構成する素線3の本数が揃っている形態を扱うものとする。図1に示した形態では外層子撚線2_oの数が12本、内層子撚線2_iの数が4本であり、それらの比率、つまり素線比が、 $12/4$ で3となっている。

40

【0035】

本実施形態にかかる電線導体1においては、素線比が2.0以上となっており、内層を構成する素線3の本数が少なく抑えられている。そのため、電線導体1の内側部分において、素線3の充填密度が小さく抑えられ、素線3の間に空隙が確保されやすい。その結果として、電線導体1が曲げを受けた際に、素線3が電線導体1の内部で移動しやすくなり、電線導体1において、高い柔軟性が得られる。

50

【 0 0 3 6 】

特に、電線導体 1 への扁平形状への成形が、図 2 A に示すような、断面略円形（または断面略六角形；以下でも同様）に複数の子撚線 8 を撚り合わせた原料撚線 9 に、圧延等によって力を印加することで行われる場合には、素線比を 2 . 0 以上としておくことによる柔軟性向上の効果が高くなる。一般に、ローラを用いた圧延等によって、電線導体に、変形を引き起こす力を印加した際に、電線導体の外周部よりも、限られた空間に密に多数の素線が配置された内側部分において、素線に大きな負荷が印加されやすい。すると、多くの場合に、電線導体の内側部分の素線が、変形を伴って相互に密集し、また変形した素線の形状が相互に嵌まり込むようにして、素線が相互に密着した状態を形成しやすい。このように、素線が密集・密着した状態では、素線が相対移動を起こしにくい。加えて、素線の変形に伴って、素線を構成する材料に硬化が起こりやすい（加工硬化）。これら素線の相対移動の制限と材料の硬化が起こる結果として、電線導体の柔軟性が低くなる。しかし、本実施形態にかかる電線導体 1 においては、内層素線数が素線比で 2 . 0 以下に抑えられていることにより、扁平化時に圧延等によって力を印加しても、内層において、各素線 3 に印加される力が小さく抑えられ、素線 3 の密集および密着、また構成材料の硬化の程度が、小さくなる。その結果として、電線導体 1 の柔軟性が維持され、柔軟に曲げ変形させることが可能となる。

10

【 0 0 3 7 】

このように、本実施形態にかかる電線導体 1 においては、素線比が 2 . 0 以上とされ、内層素線数が外層素線数に対して少なく抑えられていることにより、素線 3 の相対移動の自由度が高いことの効果、および素線 3 の変形に伴う硬化が抑えられていることの効果の両方から、高い柔軟性が得られる。柔軟性向上の効果を特に高める観点から、素線比は、2 . 5 以上、さらには 3 . 0 以上であると、特に好ましい。上記のように、電線導体 1 の扁平形状の扁平比 w/h は、3 以上、さらには 5 以上であることが好ましいが、素線比を 2 . 0 以上としておけば、そのように高扁平の形状に電線導体 1 を成形した場合にも、電線導体 1 の柔軟性を高く確保することができる。素線比の上限は特に定められるものではないが、例えば素線比を 3 . 5 以下とする形態を例示できる。電線導体 1 の柔軟性の向上を優先する場合には、素線比を 3 . 0 以上とする形態も好ましいが、ある程度の柔軟性に加えて扁平形状の安定維持を優先する場合には、素線比を 3 . 0 以下程度に抑えておくことよい。

20

30

【 0 0 3 8 】

上記のように、原料撚線 9 の変形によって扁平形状の電線導体 1 を形成する場合には、原料撚線 9 における子撚線 8 の配置は、扁平化後の電線導体 1 に引き継がれる。つまり、図 2 A に示す原料撚線 9 において、外周部に位置している原料外層子撚線 8 o、および原料外層子撚線 8 o の内側に位置している原料内層子撚線 8 i は、それぞれ、扁平化後の電線導体 1 において、外層子撚線 2 o および内層子撚線 2 i となる。よって、扁平化後の電線導体 1 において所望される素線比に合わせて、原料撚線 9 において、原料外層子撚線 8 o および原料内層子撚線 8 i の数を設定しておけばよい。原料外層子撚線 8 o の数に対する原料内層子撚線 8 i の数の比率が、扁平化後の電線導体 1 において、そのまま、外層子撚線 2 o の数に対する内層子撚線 2 i の数の比率となり、さらに、原料撚線 9 において各子撚線 8 を構成する素線 3 の本数が同じである場合には、その比率がそのまま、電線導体 1 における素線比となる。

40

【 0 0 3 9 】

図 2 A に示した原料撚線 9 においては、原料内層子撚線 8 i が 4 本、原料外層子撚線 8 o が 12 本であり、この原料撚線 9 を扁平形状に変形させることで、図 1 に示したように、内層子撚線 2 i が 4 本、外層子撚線 2 o が 12 本で、素線比が 3 の電線導体 1 を得ることができる。一方、図 2 B には、子撚線 8 が同心の層状に最密充填された、断面略円形の従来一般の電線導体よりなる原料撚線 9' を示している。ここでは、原料内層子撚線 8 i として、中心に 1 本配置された子撚線 8 と、その外側に最密充填で 1 周配置された 6 本の子撚線 8 の、合計 7 本の子撚線 8 が含まれている。そして、原料外層子撚線 8 o として、さ

50

らに外周に最密充填で1周配置された12本の子撚線8が含まれている。この原料撚線9'を扁平形状に変形させると、外層子撚線2oが12本、内層子撚線2iが7本となり、素線比が12/7で1.71となる。この素線比は、2.0を下回るものである。後の実施例にも示すように、このように素線比が2.0を下回る電線導体においては、柔軟性が低くなりやすい。つまり、従来一般の、子撚線8が最密充填で配置された電線導体を原料撚線9'として用いて扁平化した場合には、高い柔軟性を得ることが難しい。

【0040】

上記のように、内層は、1層の内層子撚線2iのみより構成されても、内層子撚線2iが複数の層をとって構成されていてもよい。ここで、内層子撚線2iを2層配置し、さらにその外周に外層子撚線2oを1層配置する場合を想定して、電線導体1における子撚線2の層構成を、「a-b-c」と表示することにする。ここで、aは2層の内層のうち内側の層を構成する子撚線2の本数、bは2層の内層のうち外側の層を構成する子撚線2の本数、cは外層を構成する子撚線2の本数である(b=0, c=0)。内層が1層のみよりなる場合には、a=0とし、その1層の内層を構成する子撚線2の数をbとする。このように層構成を表記した場合に、内層子撚線2iの数は、a+bとなり、内層子撚線2iの数に対する外層子撚線2oの数の比率、つまり素線比は、c/(a+b)となる。図2Aに示した原料撚線9から形成される、図1に示した電線導体1の層構成は、「0-4-12」と表記される。一方、図2Bに示した原料撚線9'から形成される電線導体の層構成は、「1-6-12」と表記される。

【0041】

本実施形態においては、扁平化した電線導体1を図1に、原料撚線9を図2Aに示したとおり、外層子撚線2oの内周に、内層子撚線2iが1層(1周)のみ設けられている形態、つまり「0-b-c」の層構成をとる形態が好ましい。すると、内層子撚線2iの本数の低減による素線比の低値化を簡便に達成することができ、電線導体1の柔軟性を効果的に高めることができる。同様の理由で、内層を複数の内層子撚線2iの層より構成する場合にも、その層の数を2層に留めておくことが好ましい。2層構造の内層としては、1本の内層子撚線2iの外周に、複数の内層子撚線2iよりなる層が配置されている形態、つまり「1-b-c」の層構成をとる形態が好ましい。bやcの値は、特に指定されるものではなく、必要な導体断面積等を考慮して適宜設定すればよいが、bとしては、4以上6以下の範囲を好適に採用することができる。また、その場合に、cとしては、8以上12以下の範囲を好適に採用することができる。特に好適な層構成として、「0-4-8」、「0-6-12」、「0-4-12」等を例示することができる。特に、「0-4-12」の層構成が好ましい。

【0042】

上記のとおり、本実施形態にかかる電線導体1は、素線比2.0以上となるように、内層を構成する素線3の本数を少なく抑えていることにより、高い柔軟性が得られる。電線導体1の柔軟性は、例えば、電線導体1を曲げた際の反発力によって評価することができる。所定の曲げ半径で電線導体1を曲げた際に生じる反発力が小さいほど、電線導体1が高い柔軟性を有することが示される。例えば、着目している本開示の実施形態にかかる電線導体1(着目導体)の反発力が、図2Bに示したような子撚線8を最密充填した原料撚線9'を、扁平形状に成形して得られた基準導体の反発力よりも、小さくなることが好ましい。着目導体の反発力が、基準導体の反発力の99%以下、さらには95%以下、90%以下、85%以下となると、さらに好ましい。ここで、基準導体は、着目導体と同じ材質よりなり、同じ導体断面積を有する最密充填構造の原料撚線を、着目導体と同じ扁平比の扁平形状に成形したものとすればよい。また、基準導体および着目導体に同じ材質および厚さの絶縁被覆を形成した絶縁電線の状態で、反発力を計測し、両者で比較してもよい。通常、絶縁被覆は電線導体より高い柔軟性を有するので、反発力の比較において、絶縁被覆の寄与は無視することができる。

【0043】

本実施形態にかかる電線導体1において、素線比を大きくすることによる柔軟性の向上

は、上記のように、素線 3 の相対移動の容易性の確保と、素線 3 の硬化の抑制の両方の効果によって得られるものである。このうち、素線 3 の硬化の程度は、電線導体 1 の導体抵抗に反映される。銅および銅合金、またアルミニウムおよびアルミニウム合金においては、加工硬化が起こると、導体抵抗が上昇することが多い。よって、導体抵抗が大きくなっているほど、電線導体 1 において、負荷の印加による素線 3 の硬化の程度が大きくなっていると評価することができる。好ましくは、原料撚線 9 と比較した導体抵抗の上昇量が、22%以下、さらには18%以下に抑えられているとよい。また、電線導体 1 の導体抵抗が、上記基準導体の導体抵抗よりも小さくなっているとよい。

【実施例】

【0044】

以下に実施例を示す。なお、本発明はこれら実施例によって限定されるものではない。ここでは、扁平な電線導体を有する絶縁電線について、素線比と柔軟性の関係を調べた。以下では、試料の作製および各評価は、室温、大気中にて行っている。

【0045】

(試料の作製)

最初に、試料 A 1 ~ A 5 および試料 B 1 ~ B 5 を構成する電線導体を作製した。まず、アルミニウム合金素線を複数撚り合わせて子撚線としたうえで、同じ子撚線を複数撚り合わせて、断面略円形の原料撚線を得た。その原料撚線をローラによって扁平形状に圧延することで、扁平な電線導体を作製した。試料によって子撚線の配置の層構成を異ならせ、それぞれ表 1, 2 に示したとおりとした。各試料において、扁平化後の電線導体における層構成は、原料撚線の層構成と同じになっている。いずれの試料においても、原料撚線の状態で、導体断面積が $62.0 \pm 0.6 \text{ mm}^2$ に揃うように、素線の本数(子撚線の本数)に応じて、素線の外径を設定した。電線導体の扁平比は、ローラから原料撚線に印加する力の大きさによって制御し、試料 A 1 ~ A 5 で扁平比 5、試料 B 1 ~ B 5 で扁平比 6 とした。

【0046】

上記で作製した各電線導体の外周に、絶縁被覆を形成し、絶縁電線を作製した。絶縁被覆としては、ポリオレフィンを材料として用い、厚さ 0.6 mm の被覆層を、押し出し成形によって形成した。

【0047】

(電線導体の状態の評価)

各試料の電線導体について、子撚構造が維持されているか、また原料撚線における子撚線の配置によって設定した層構成が、扁平化を経ても維持されているかを確認した。具体的には、扁平化後の電線導体の端部において、子撚線を単位として撚り構造を解消し、子撚線の分布を観察した。この観察により、扁平化後の電線導体において、子撚構造、および原料撚線において設定した所定の層構成が維持され、外層および内層を構成していることを確認した。

【0048】

さらに、各試料の絶縁電線をアクリル樹脂に包埋し、軸線方向に垂直な断面で切断することで、断面試料を作成した。この断面試料を観察することで、電線導体が所定の扁平比を有する扁平形状に成形されていることを確認した。また、導体重量から、導体断面積を求めた。

【0049】

(反発力の測定)

各試料の絶縁電線を、長さ 400 mm に切り出し、両端をそれぞれ把持具で把持して、絶縁電線に曲げを加えた。この際、曲げ半径(R)を 40 mm とし、135°まで曲げた状態で、絶縁電線の端部に印加される荷重を、把持具に取り付けたロードセルによって計測した。この荷重の測定値を、反発力として記録した。

【0050】

(導体抵抗の測定)

10

20

30

40

50

各試料の導体抵抗を、抵抗計によって測定した。

【0051】

(評価結果)

まず、代表として、試料A2, A5について、電線導体の端部にて、子撚線を単位として撚り構造を解消することで、子撚線の構造と分布を確認した結果について示す。原料撚線における層構成により、試料A2については「1-6-12」の層構成を設定し、試料A5については「0-4-12」の層構成を設定している。これらの試料について、子撚線を単位として撚り構造を解消した状態で撮影した写真を、図3A~3Dに示す。図3A, 3Bは試料A2を撮影したものであり、図3C, 3Dは試料A5を撮影したものである。図3A, 3Cは、外層の撚り構造を解消した状態を示し、図3B, 3Dは、外層を全て除去したうえで、内層の撚り構造を解消した状態を示している。

10

【0052】

これらの写真によると、試料A2, A5のいずれにおいても、子撚線に対応する素線の群が複数確認され、複数の素線を撚り合わせた子撚線の構造が、扁平化を経ても明確に維持されていることが分かる。また、それら子撚線の配置は、外層(O)と内層(I)に明確に区分された状態を維持している。特に、図3Bに示した試料A2の内層においては、内層(I)の2層構造が確認でき、最内層を構成する1本の子撚線(II)と、その外周に配置された他の子撚線が区別される。このような子撚線の分布から、原料撚線において設定した所定の層構成を維持して、扁平形状の電線導体を得られていることが確認される。つまり、扁平化後の電線導体において、試料A2では「1-6-12」の層構成、試料A5では「0-4-12」の層構成が維持されている。他の試料についても、同様に、子撚構造、および原料撚線で設定した層構成が、扁平化後の電線導体にも引き継がれていることが確認された。

20

【0053】

さらに、断面試料の写真をもとに、扁平化した電線導体の内部の構造について検討する。ここでは、代表として、試料A2, A5, B2, B5について、検討結果を示す。試料A2, B2については「1-6-12」の層構成を有し、試料A5, B5については「0-4-12」の層構成を有している。また、試料A2, A5では扁平比を5とし、試料B2, B5では扁平比を6としている。

【0054】

図4A~4Dに、上記試料A2, A5, B2, B5の断面写真をそれぞれ示す。各断面写真において、電線導体が、所定の扁平比を有する扁平形状に成形されていることが確認できる。いずれの電線導体においても、外周部、特に幅方向両側の領域に比べて、内側の領域の素線が大きく変形されていることが確認される。しかし、試料A2よりも試料A5において、また試料B2よりも試料B5において、内側部分の素線の変形の程度が小さくなっていること、また内側部分の素線の間空隙が確保されていることが見てとれる。電線導体の素線比は、試料A2, B2で1.71(12/7)、試料A5, B5で3(12/4)である。つまり、断面写真にて確認された上記の傾向は、素線比を大きくし、外層に対する内層の素線本数を少なくすることで、内層における素線の変形、および高密度化が緩和されることを示している。上記試料A2, A5, B2, B5以外の各試料についても、同様の傾向を有することが確認された。なお、断面試料では、アクリル樹脂への包埋や切断の操作とも関係して、電線導体における子撚線の構造および分布が分かりにくくなってしまっており、図3A~3Dに示すとおり、電線導体の撚り構造を解消しながら確認されたような子撚線の構造および分布は、断面写真では明確に認識することができない。

30

40

【0055】

次に、表1および表2に、それぞれ、扁平比5とした試料A1~A5、および扁平比6とした試料B1~B5について、層構成および素線比と、各評価の結果を示す。導体断面積については、原料撚線からの変化率も、括弧書きで合わせて示している。さらに、図5A, 5Bに、それぞれ試料A1~A5、および試料B1~B5について、素線比と反発力の関係を図示している。図中には、近似直線も合わせて示している。また、各プロット点

50

の近傍に、試料番号を記入してある。

【 0 0 5 6 】

【 表 1 】

扁平比 5

試料番号	A1	A2	A3	A4	A5
層構成	0-6-10	1-6-12	0-4-8	0-6-12	0-4-12
素線比	1.67	1.71	2	2	3
導体断面積 (mm ²) (変化率)	62.5 (-0.1%)	61.5 (+0.2%)	61.7 (-0.1%)	62.6 (+0.1%)	62.9 (+0.7%)
反発力 (N)	23.7	23.9	23.5	22.2	19.9
導体抵抗 (mΩ/m)	0.513	0.509	0.516	0.492	0.496

10

【 0 0 5 7 】

【 表 2 】

扁平比 6

試料番号	B1	B2	B3	B4	B5
層構成	0-6-10	1-6-12	0-4-8	0-6-12	0-4-12
素線比	1.67	1.71	2	2	3
導体断面積 (mm ²) (変化率)	60.0 (-4.1%)	59.5 (-3.0%)	59.5 (-3.7%)	60.6 (-3.0%)	60.9 (-2.6%)
反発力 (N)	24.2	23.8	23.3	21.5	20.3
導体抵抗 (mΩ/m)	0.539	0.527	0.523	0.512	0.517

20

【 0 0 5 8 】

表 1, 2 および図 5 A, 5 B によると、いずれの扁平比を採用した場合にも、素線比が大きくなるほど、反発力が低下しており、柔軟性が高くなっていることが分かる。これは、図 4 A ~ 4 D の断面写真に基づいて上で説明したように、素線比が大きくなり、外層素線数に対する内層素線数が少なくなることで、内層における素線の高密度化および変形が緩和されることの結果であると解釈できる。つまり、内層における素線の高密度化および変形が緩和されると、素線の相対移動が起こりやすくなるとともに、構成材料の硬化が生じにくくなるため、電線導体において高い柔軟性が得られると考えられる。試料 A 3 ~ A 5, B 3 ~ B 5 のように、素線比を 2.0 以上とすることで、従来一般の子撚線を最密充填した原料撚線から形成される、層構成「1-6-12」の電線導体(試料 A 2, B 2)と比較して、反発力を低減することができる。特に、素線比が 3 である試料 A 5, B 5 においては、反発力が顕著に低下している。

30

【 0 0 5 9 】

表 1, 2 の導体抵抗の測定結果を見ると、おおむね、素線比が大きくなるほど、導体抵抗が小さく抑えられる傾向がある。導体抵抗の大きさは、扁平化時の加工による電線導体への負荷の印加、およびそれによる素線の硬化の程度を反映する指標となり、導体抵抗が小さいことは、負荷の印加および素線の硬化の程度が小さいことを示している。つまり、素線比が大きい領域で、素線の硬化が軽減されており、そのことが、素線の相対移動の起こりやすさの効果と合わせて、柔軟性の向上に寄与していると言える。なお、原料撚線の導体抵抗は 0.43 mΩ/m であり、いずれの試料においても、扁平化後の電線導体の導

40

50

体抵抗が、原料撚線の状態から上昇しているが、素線比が大きい試料において、その上昇幅が小さく抑えられている。

【 0 0 6 0 】

最後に、扁平比 5 の場合（試料 A 1 ~ A 5）と、扁平比 6 の場合（試料 B 1 ~ B 5）の評価結果を比較すると、扁平比 6 の場合の方が、扁平化時の導体への負荷の印加量が大きく、そのことが、導体断面積の減少率が大きくなっていること、および導体抵抗が高くなっていることに反映されている。しかし、扁平比 6 の場合の方が、素線比を大きくした時に導体抵抗が小さく抑えられる傾向が、顕著となっている。一方で、素線比を大きくすることによる反発力の低減の効果は、いずれの扁平比の場合でも、同程度に得られている。特に、素線比が 3 である試料 A 5 と試料 B 5 では、同程度に小さい反発力が計測されている。

10

【 0 0 6 1 】

以上、本開示の実施の形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の改変が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

1	電線導体
2	子撚線
2 i	内層子撚線
2 o	外層子撚線
3	素線
8	子撚線
8 i	原料内層子撚線
8 o	原料外層子撚線
9	原料撚線
9 '	原料撚線（従来形態）
h	高さ
w	幅

20

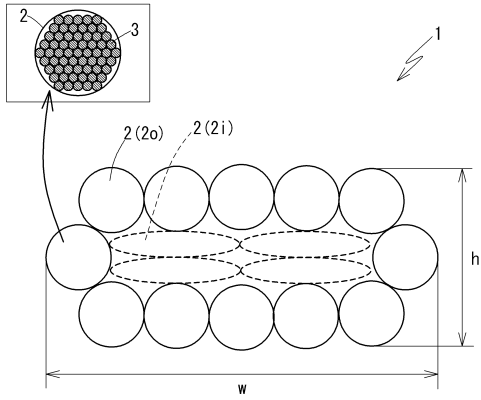
30

40

50

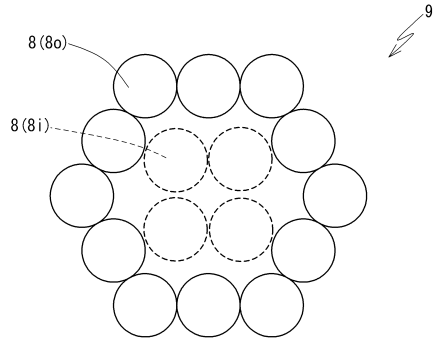
【図面】

【図 1】

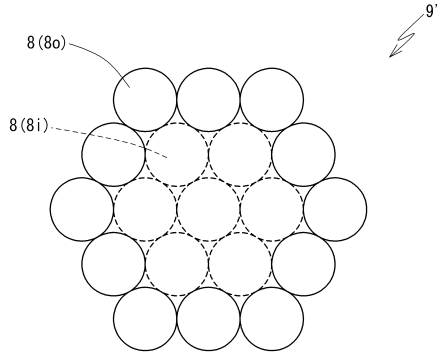


【図 2】

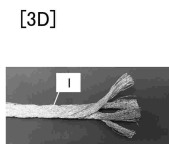
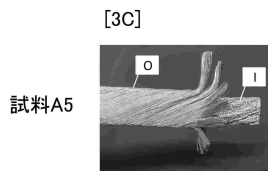
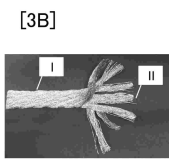
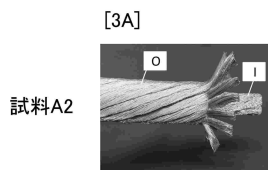
[2A]



[2B]

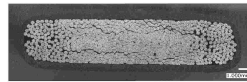


【図 3】

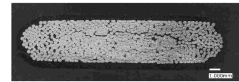


【図 4】

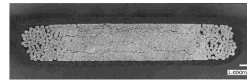
[4A] 試料A2



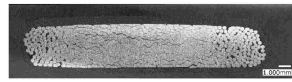
[4B] 試料A5



[4C] 試料B2



[4D] 試料B5



10

20

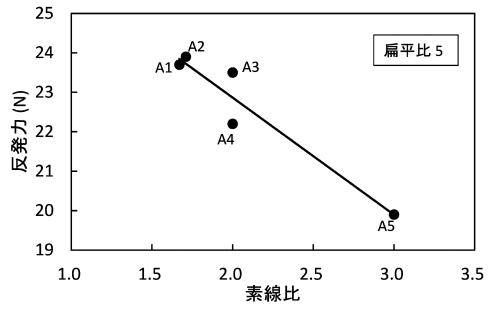
30

40

50

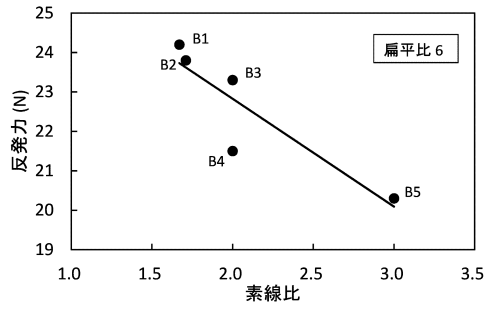
【 図 5 】

[5A]



10

[5B]



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 今里 文敏
三重県四日市市西末広町1番14号 株式会社オートネットワーク技術研究所内
- (72)発明者 大塚 保之
三重県四日市市西末広町1番14号 株式会社オートネットワーク技術研究所内
- 審査官 遠藤 尊志
- (56)参考文献 国際公開第2019/093309(WO, A1)
特開昭61-182208(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------|
| H01B | 5/08 |
| H01B | 7/00 |
| H01B | 7/08 |