

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6485591号
(P6485591)

(45) 発行日 平成31年3月20日(2019.3.20)

(24) 登録日 平成31年3月1日(2019.3.1)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 B 11/12 (2006.01)

H O 1 B 11/12

H O 1 B 7/18 (2006.01)

H O 1 B 7/18

H

請求項の数 9 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2018-508394 (P2018-508394)
 (86) (22) 出願日 平成28年12月21日(2016.12.21)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/088127
 (87) 国際公開番号 W02017/168881
 (87) 国際公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)
 審査請求日 平成30年7月2日(2018.7.2)
 (31) 優先権主張番号 PCT/JP2016/085960
 (32) 優先日 平成28年12月2日(2016.12.2)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-71314 (P2016-71314)
 (32) 優先日 平成28年3月31日(2016.3.31)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(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
 (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
 (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
 (74) 代理人 110002158
 特許業務法人上野特許事務所
 (72) 発明者 上柿 亮真
 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

(54) 【発明の名称】 通信用電線

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

引張強さが400MPa以上である導体と、該導体の外周を被覆する厚さ0.18mm以上0.30mm以下の絶縁被覆と、からなる1対の外径0.81mm以上1.05mm以下の絶縁電線が撚り合わせられた対撚線と、

前記対撚線の外周を被覆する誘電正接が0.0001以上0.001以下の絶縁材料よりなるシースと、を有し、

外径が、2.4mm以上2.9mm以下であり、

特性インピーダンスが、 100 ± 10 の範囲にあることを特徴とする通信用電線。

【請求項2】

前記シースの誘電正接は、前記絶縁被覆の誘電正接よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の通信用電線。

【請求項3】

前記シースと前記対撚線を構成する前記絶縁電線との間に、空隙が存在することを特徴とする請求項1または2に記載の通信用電線。

【請求項4】

前記通信用電線の軸に交差する断面において、前記シースの外周縁に囲まれた領域の面積のうち、前記空隙が占める面積の割合は、8%以上であることを特徴とする請求項3に記載の通信用電線。

【請求項5】

前記通信用電線の軸に交差する断面において、前記シースの外周縁に囲まれた領域の面積のうち、前記空隙が占める面積の割合は、30%以下であることを特徴とする請求項3または4に記載の通信用電線。

【請求項6】

前記絶縁電線の導体断面積は、 0.22 mm^2 未満であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の通信用電線。

【請求項7】

前記絶縁電線の導体の破断伸びは、7%以上であることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の通信用電線。

【請求項8】

前記対撚線における撚りピッチは、前記絶縁電線の外径の45倍以下であることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の通信用電線。

【請求項9】

前記絶縁電線に対する前記シースの密着力は、4N以上であることを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の通信用電線。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信用電線に関し、さらに詳しくは、自動車等において、高速通信に用いることができる通信用電線に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車等の分野において高速通信の需要が増している。高速通信に用いられる電線においては、特性インピーダンス等の伝送特性を厳しく管理する必要がある。例えば、イーサネット通信に用いられる電線においては、特性インピーダンスが 100 ± 10 になるように管理する必要がある。

【0003】

通信用電線の特性インピーダンスは、導体径、絶縁被覆の種類や厚さ等、通信用電線の具体的な構成に依存して定まる。例えば、特許文献1においては、導体と該導体を被覆する絶縁体とを備えた一对の絶縁線心を撚り合わせてなる対撚り線と、該対撚り線を被覆するシールド用の金属箔シールドと、該金属箔シールドに対して導通する接地用電線と、これら全体を被覆するシースとを備え、且つ特性インピーダンス値が 100 ± 10 となるように構成した通信用シールド電線が開示されている。ここでは、絶縁線心として、導体径が 0.55 mm のものが用いられ、導体を被覆する絶縁体の厚さは、 $0.35 \sim 0.45\text{ mm}$ となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-32583号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

自動車等に用いる通信用電線においては、細径化に対する需要が大きい。この需要を満足するために、特性インピーダンス等の伝送特性を満たしながら、通信用電線の細径化を図ることが必要となる。対撚線を有する通信用電線を細径化する方法として、対撚線を構成する絶縁電線の絶縁被覆を薄くすることが考えられる。しかし、本発明者の試験によると、特許文献1に記載される通信用電線において、絶縁体の厚さを 0.35 mm よりも小さくすると、特性インピーダンスが90 よりも小さくなり、イーサネット通信で求められる 100 ± 10 の範囲を外れてしまう。

【0006】

10

20

30

40

50

本発明の課題は、必要な大きさの特性インピーダンス値を確保しながら、細径化された通信用電線を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明にかかる通信用電線は、引張強さが400MPa以上である導体と、該導体の外周を被覆する絶縁被覆と、からなる1対の絶縁電線が撚り合わせられた対撚線と、前記対撚線の外周を被覆する誘電正接が0.0001以上の絶縁材料よりなるシースと、を有し、特性インピーダンスが、 100 ± 10 の範囲にあるものである。

【0008】

ここで、前記シースの誘電正接は、0.0001以上であるとよい。前記シースの誘電正接は、前記絶縁被覆の誘電正接よりも大きいとよい。

【0009】

前記シースと前記対撚線を構成する前記絶縁電線との間に、空隙が存在するとよい。前記通信用電線の軸に交差する断面において、前記シースの外周縁に囲まれた領域の面積のうち、前記空隙が占める面積の割合は、8%以上であるとよい。前記通信用電線の軸に交差する断面において、前記シースの外周縁に囲まれた領域の面積のうち、前記空隙が占める面積の割合は、30%以下であるとよい。

【0010】

前記絶縁電線の導体断面積は、 0.22 mm^2 未満であるとよい。また、前記絶縁電線の絶縁被覆の厚さは、0.30mm以下であるとよい。前記絶縁電線の外径は、1.05mm以下であるとよい。前記絶縁電線の導体の破断伸びは、7%以上であるとよい。

【0011】

前記対撚線における撚りピッチは、前記絶縁電線の外径の45倍以下であるとよい。前記絶縁電線に対する前記シースの密着力は、4N以上であるとよい。

【発明の効果】

【0012】

上記発明にかかる通信用電線においては、対撚線を構成する絶縁電線の導体が400MPa以上の高い引張強さを有しているため、電線として必要な強度を確保しながら、導体径を小さくすることができる。すると、対撚線を構成する2本の導体の間の距離が小さくなることにより、通信用電線の特性インピーダンスを高くすることができる。その結果、通信用電線の細径化のために絶縁電線の絶縁被覆を薄くしても、特性インピーダンスを、 100 ± 10 の範囲よりも小さくならないように、確保することが可能となる。

【0013】

さらに、シースの誘電正接が、0.0001以上であることで、シースの誘電正接の大きさの効果として、通信用電線の周囲のグラウンド電位と対撚線の間に発生する結合をシースの誘電損失によって効果的に減衰させることができる。その結果、透過モード変換の値を、46dB以上のような高い水準とすることができる。

【0014】

ここで、シースの誘電正接が、絶縁被覆の誘電正接よりも大きい場合には、通信用電線において、ノイズの低減と信号減衰の抑制とを両立しやすくなる。

【0015】

シースと対撚線を構成する絶縁電線との間に、空隙が存在する場合には、対撚線の周囲に空気の層が存在することで、シースが充実状態で形成される場合と比較して、通信用電線の特性インピーダンスを高くすることができる。よって、絶縁電線の絶縁被覆の厚さを小さくしても、通信用電線の特性インピーダンスとして十分に高い値を維持しやすくなる。絶縁電線の絶縁被覆の厚さを小さくすることができれば、通信用電線全体の外径を小さくするのに寄与できる。

【0016】

通信用電線の軸に交差する断面において、シースの外周縁に囲まれた領域の面積のうち

10

20

30

40

50

、空隙が占める面積の割合が、8 % 以上である場合には、通信用電線の特性インピーダンスを高めることで、通信用電線の外径を小さくする効果に特に優れる。

【0017】

通信用電線の軸に交差する断面において、シースの外周縁に囲まれた領域の面積のうち、空隙が占める面積の割合が、30 % 以下である場合には、空隙が大きすぎることにより、シースの内部空間の中で対撚線の位置が定まらずに、通信用電線の特性インピーダンスや各種伝送特性にばらつきや経時変化が生じるのを防止しやすくなる。

【0018】

絶縁電線の導体断面積が、 0.22 mm^2 未満である場合には、対撚線を構成する2本の絶縁電線の間の距離が近くなることの効果によって、特性インピーダンスが高くなるので、必要な特性インピーダンスを維持しながら、絶縁被覆を薄くすることによる通信用電線の細径化が行いやすくなる。また、導体の細さ自体も、通信用電線の細径化に効果を有する。

10

【0019】

また、絶縁電線の絶縁被覆の厚さが、0.30 mm 以下である場合には、絶縁電線が十分に細径化されることで、通信用電線全体が細径化されやすい。

【0020】

絶縁電線の外径が、1.05 mm 以下である場合にも、通信用電線全体を細径化しやすい。

【0021】

20

絶縁電線の導体の破断伸びが、7 % 以上である場合には、導体の耐衝撃性が高くなり、通信用電線のワイヤーハーネスへの加工時や、ワイヤーハーネスの組み付け時等に導体に印加される衝撃に耐えやすくなる。

【0022】

対撚線における撚りピッチが、絶縁電線の外径の4.5倍以下である場合には、対撚線の撚り構造の緩みが起こりにくくなり、撚り構造の緩みによって、通信用電線の特性インピーダンスや各種伝送特性にばらつきや経時変化が生じるのを防止しやすくなる。

【0023】

絶縁電線に対するシースの密着力が、4 N 以上である場合には、シースに対する対撚線の位置のずれや対撚線の撚り構造の緩みが起こるのが防止され、それらの影響によって、通信用電線の特性インピーダンスや各種伝送特性にばらつきや経時変化が生じるのを防止しやすくなる。

30

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の一実施形態にかかる通信用電線を示す断面図であり、シースがルーズジャケットとして設けられている。

【図2】シースが充実ジャケットとして設けられた通信用電線を示す断面図である。

【図3】対撚線について、2とおりの撚り構造を説明する図であり、(a)は第一の撚り構造(捻りなし)、(b)は第二の撚り構造(捻りあり)を示している。図中、点線は、絶縁電線の軸を中心として同じ位置に当たる部位を絶縁電線の軸に沿って示すガイドである。

40

【図4】シースがルーズジャケットである場合と充実ジャケットである場合について、絶縁電線の絶縁被覆の厚さと特性インピーダンスの関係を示す図である。シースを設けない場合についてのシミュレーション結果もともに示している。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、図面を用いて本発明の一実施形態にかかる通信用電線について詳細に説明する。本明細書において、誘電正接、誘電率等、測定周波数および/または、測定環境に依存する各種材料特性は、特記しないかぎり、通信用電線を適用する通信周波数、例えば、1 ~ 50 MHz の周波数域に対して規定されるものであり、また、室温、大気中にて測定され

50

る値である。

【 0 0 2 6 】

[通信用電線の構成]

図 1 に、本発明の一実施形態にかかる通信用電線 1 の断面図を示す。

【 0 0 2 7 】

通信用電線 1 は、1 対の絶縁電線 1 1 , 1 1 を撚り合わせた対撚線 1 0 を有している。各絶縁電線 1 1 は、導体 1 2 と、導体 1 2 の外周を被覆する絶縁被覆 1 3 を有している。そして、通信用電線 1 は、対撚線 1 0 全体の外周を被覆して、絶縁材料よりなるシース 3 0 を有している。

【 0 0 2 8 】

通信用電線 1 は、 100 ± 10 の範囲の特性インピーダンスを有している。 100 ± 10 の特性インピーダンスは、イーサネット通信用の電線に求められる値である。通信用電線 1 は、このような特性インピーダンスを有することで、自動車等において、高速通信用に好適に用いることができる。

【 0 0 2 9 】

(1) 絶縁電線の構成

対撚線 1 0 を構成する絶縁電線 1 1 の導体 1 2 は、 400 MPa 以上の引張強さを有する金属線材よりなっている。具体的な金属線材として、後に説明するような Fe および Ti を含有する銅合金線、また、Fe および P、Sn を含有する銅合金線を例示することができる。導体 1 2 の引張強さは、 440 MPa 以上、さらには 480 MPa 以上であれば、より好ましい。

【 0 0 3 0 】

導体 1 2 が、 400 MPa 以上、さらには 440 MPa 以上、 480 MPa 以上の引張強さを有していることで、細径化しても、電線として求められる引張強さを維持することができる。導体 1 2 を細径化することで、対撚線 1 0 を構成する 2 本の導体 1 2 , 1 2 の間の距離 (導体 1 2 , 1 2 の中心を結ぶ距離) が近くなり、通信用電線 1 の特性インピーダンスが大きくなる。例えば、導体断面積が、 0.22 mm^2 未満、さらには 0.15 mm^2 以下、 0.13 mm^2 以下となる程度まで、導体 1 2 を細径化することができる。導体 1 2 の外径としては、 0.55 mm 以下、さらには 0.50 mm 以下、 0.45 mm 以下とすることができる。なお、導体 1 2 を過度に細径化すると、強度の維持が困難になるとともに、通信用電線 1 の特性インピーダンスが大きくなりすぎるので、導体断面積は、 0.08 mm^2 以上としておくことが好ましい。

【 0 0 3 1 】

導体 1 2 が 0.22 mm^2 未満の小さな導体断面積を有する場合に、導体 1 2 の外周を被覆する絶縁被覆 1 3 の厚さを、例えば 0.30 mm 以下のように薄くしても、通信用電線 1 において、 100 ± 10 の特性インピーダンスを確保しやすくなる。なお、従来一般の銅電線の場合には、引張強さが低いことにより、導体断面積を 0.22 mm^2 未満として用いることは困難である。

【 0 0 3 2 】

導体 1 2 は、7 % 以上の破断伸びを有していることが好ましい。一般的に、引張強さの高い導体は、靱性が低く、急激に力が加わった際の耐衝撃性が低いことが多い。しかし、上記のように、 400 MPa 以上の高い引張強さを有する導体 1 2 において、7 % 以上の破断伸びを有していれば、通信用電線 1 からワイヤーハーネスを組み立てる工程、またそのワイヤーハーネスの組み付けの工程において、導体 1 2 に対して衝撃が加えられても、導体 1 2 が、高い耐衝撃性を発揮することができる。導体 1 2 の破断伸びは、10 % 以上であれば、さらに好ましい。

【 0 0 3 3 】

導体 1 2 は、単線よりなってもよいが、屈曲性を高める等の観点から、複数の素線 (例えば 7 本) が撚り合わせられた撚線よりなることが好ましい。この場合に、素線を撚り合わせた後に、圧縮成形を行い、圧縮撚線としてもよい。圧縮成形により、導体 1 2 の外径

10

20

30

40

50

を縮小することができる。また、導体 1 2 が撚線よりなる場合に、導体 1 2 全体として 400 MPa 以上の引張強さを有していれば、全て同じ素線よりなっても、2 種以上の素線よりなってもよい。2 種以上の素線を用いる形態として、後に説明するような Fe および Ti を含有する銅合金、または Fe および P、Sn を含有する銅合金よりなる素線と、SUS 等、銅合金以外の金属材料よりなる素線を用いる場合を例示することができる。

【0034】

導体 1 2 においては、導体抵抗が小さいほど、信号の伝送に必要な導電性を細い導体 1 2 で賄えるので、細径化、軽量化を達成しやすい。例えば、導体抵抗を $210 \text{ m} / \text{m}$ 以下とすればよい。一方、導体抵抗が大きいほど、通信用電線 1 のモード変換特性が高くなる。例えば、導体抵抗を $150 \text{ m} / \text{m}$ 以上とするとよい。

10

【0035】

絶縁電線 1 1 の絶縁被覆 1 3 は、どのような絶縁性のポリマー材料よりなってもよい。特性インピーダンスとして所定の高い値を確保する観点から、絶縁被覆 1 3 は、4.0 以下の比誘電率を有することが好ましい。そのようなポリマー材料として、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフェニレンサルファイド等を挙げることができる。また、絶縁被覆 1 3 は、ポリマー材料に加え、適宜、難燃剤等の添加剤を含有してもよい。

【0036】

絶縁被覆 1 3 の誘電率を小さくする観点、特に、車載環境等で高温に晒された際でも誘電率の過度な上昇を避ける観点から、絶縁被覆 1 3 を構成するポリマー材料としては、分子極性の低いものを用いることが好ましい。例えば、上記で列挙したうち、非極性のポリマー材料であるポリオレフィンを用いることが好ましい。

20

【0037】

また、絶縁被覆 1 3 の誘電正接は、対撚線 1 0 における信号減衰の影響を小さく抑える観点、絶縁電線 1 1 を細径化および軽量化する観点から、小さい方が好ましい。例えば、誘電正接を 0.001 以下とするのが好ましい。そして、後に詳しく述べるように、絶縁被覆 1 3 を構成する材料の誘電正接は、シース 3 0 を構成する材料の誘電正接以下であること、さらには、シース 3 0 を構成する材料の誘電正接よりも小さいことが好ましい。

【0038】

絶縁被覆 1 3 を構成するポリマー材料は、発泡されていても、されていなくてもよい。絶縁被覆 1 3 の誘電率を小さくし、絶縁電線 1 1 を細径化する観点からは、発泡されている方が好ましく、通信用電線 1 の伝送特性を安定させる観点および絶縁被覆 1 3 の製造工程を簡素化する観点からは、発泡されていない方が好ましい。

30

【0039】

通信用電線 1 において、導体 1 2 を細径化し、導体 1 2、1 2 間の接近によって特性インピーダンスを上昇させていることの効果により、所定の特性インピーダンスを確保するために必要な絶縁被覆 1 3 の厚さを小さくすることができる。例えば、絶縁被覆 1 3 の厚さを、0.30 mm 以下、さらには 0.25 mm 以下、0.20 mm 以下とすることが好ましい。なお、絶縁被覆 1 3 を薄くしすぎると、必要な大きさの特性インピーダンスを確保することが難しくなるので、絶縁被覆 1 3 の厚さは、0.15 mm より大きくしておくことが好ましい。

40

【0040】

導体 1 2 の細径化および絶縁被覆 1 3 の薄層化により、絶縁電線 1 1 全体が細径化される。例えば、絶縁電線 1 1 の外径を、1.05 mm 以下、さらには 0.95 mm 以下、そして 0.85 mm 以下とすることができる。絶縁電線 1 1 を細径化することで、通信用電線 1 全体を細径化することができる。

【0041】

絶縁電線 1 1 において、導体 1 2 の全周にわたって、絶縁被覆 1 3 の厚さ（絶縁厚）の均一性が高い方が好ましい。つまり、偏肉が小さいことが好ましい。すると、導体 1 2 の偏芯が小さくなり、対撚線 1 0 を構成した際に、対撚線 1 0 に占める導体 1 2 の位置の対

50

称性が高くなる。その結果、通信用電線 1 の伝送特性、特に、モード変換特性を高めることができる。例えば、各絶縁電線 11 の偏芯率を、65%以上、より好ましくは75%以上とするとよい。ここで、偏芯率は、 $[\text{最小絶縁厚}] / [\text{最大絶縁厚}] \times 100\%$ として算出される。

【0042】

(2) 対撚線の撚り構造

対撚線 10 は、2本の絶縁電線 11 を撚り合わせることで形成することができ、撚りピッチは、絶縁電線 11 の外径等に応じて設定することができる。しかし、撚りピッチを、絶縁電線 11 の外径の60倍以下、好ましくは45倍以下、さらに好ましくは30倍以下としておくことで、撚り構造の緩みを効果的に抑制することができる。撚り構造の緩みは、通信用電線 1 の特性インピーダンスや各種伝送特性のばらつきや経時変化につながりうる。特に、後述するように、シース 30 をルーズジャケット型とする場合に、シース 30 と対撚線 10 との間に空隙 G が存在することにより、充実ジャケット型とする場合と比較して、対撚線 10 において撚り構造を緩ませるような力が働いた際に、シース 30 によってそれを抑制することが難しい場合があるが、上記のような撚りピッチを選択することで、ルーズジャケット型のシース 30 を用いる場合にも、撚り構造の緩みを効果的に抑制することができる。撚り構造の緩みを抑制することで、対撚線 10 を構成する2本の絶縁電線 11 の間の距離（線間距離）を、ピッチ内の各部位において、小さな値、例えば実質的に0mmに維持し、安定な伝送特性を得ることが可能となる。一方、対撚線 10 の撚りピッチを小さくしすぎると、対撚線 10 の生産性が低くなり、製造コストが上昇するため、撚りピッチは、絶縁電線 11 の外径の8倍以上、さらに好ましくは12倍以上、15倍以上としておくことが好ましい。

【0043】

対撚線 10 において、2本の絶縁電線 11 の撚り構造として、以下の2つの構造を例示することができる。第一の撚り構造においては、図3(a)に示すように、各絶縁電線 11 に、撚り合わせ軸を中心とした捻り構造が加えられず、絶縁電線 11 自体の軸を中心とした絶縁電線 11 の各部の相対的な上下左右の方向が、撚り合わせ軸に沿って変化しない。つまり、絶縁電線 11 の軸を中心として同じ位置に当たる部位が、撚り構造の全域において、常に、例えば上方等、同じ方向を向いている。図中で、絶縁電線 11 の軸を中心として同じ位置に当たる部位を、絶縁電線 11 の軸に沿って点線で示しているが、捻り構造が加えられていないことに対応して、この点線が、常に紙面手前の中心に見えている。なお、図3(a)、(b)では、見やすいように、対撚線 10 の撚り構造を緩めた状態を表示している。

【0044】

一方、第二の撚り構造においては、図3(b)に示すように、各絶縁電線 11 に、撚り合わせ軸を中心として捻り構造が加えられており、絶縁電線 11 自体の軸を中心とした絶縁電線 11 の各部の相対的な上下左右の方向が、撚り合わせ軸に沿って、変化している。つまり、絶縁電線 11 の軸を中心として同じ位置に当たる部位が、撚り構造の中で、向く方向を上下左右に変化させている。図中で、絶縁電線 11 の軸を中心として同じ位置に当たる部位を、絶縁電線 11 の軸に沿って点線で示しているが、捻り構造が加えられていることに対応して、この点線が、撚り構造の1ピッチ内の一部の領域でしか紙面手前に見えておらず、撚り構造の1ピッチ内で紙面に対して前後にその位置を連続的に変化させている。

【0045】

上記2つの撚り構造のうち、第一の撚り構造を採用することが好ましい。第一の撚り構造の方が、撚り構造の1ピッチ内で、2本の絶縁電線 11 の線間距離の変化が小さいからである。特に、本実施形態にかかる通信用電線 1 においては、絶縁電線 11 を細径化していることに起因し、捻りの影響で、線間距離が変化しやすいが、第一の撚り構造を採用することで、その影響を小さく抑えることができる。線間距離が変化すると、通信用電線 1 の伝送特性が不安定化しやすくなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

対撚線 1 0 を構成する 2 本の絶縁電線 1 1 の長さの差（線長差）は、小さい方が好ましい。対撚線 1 0 において、2 本の絶縁電線 1 1 の対称性を上げることができ、伝送特性、特にモード変換特性を高めることができる。例えば、対撚線 1 m あたりの線長差を、5 m m 以下、さらに好ましくは 3 m m 以下に抑えておけば、線長差の影響を小さく抑えやすい。

【 0 0 4 7 】

対撚線 1 0 において、2 本の絶縁電線 1 1 は、相互に撚り合わせられているだけでも、各絶縁電線 1 1 の絶縁被覆 1 3 が、長手方向の全体または一部において、さらに相互に融着されていてもよい。融着により、2 本の絶縁電線 1 1 のバランスが安定し、通信用電線 1 の伝送特性を向上させることができる。

10

【 0 0 4 8 】

(3) シースの概略

シース 3 0 は、対撚線 1 0 の保護や撚り構造の保持等を目的として設けられるものである。特に通信用電線 1 が自動車において用いられる場合に、通信用電線 1 を水の影響から保護することが求められるが、シース 3 0 は、水との接触が特性インピーダンス等、通信用電線 1 の各種特性に影響を与えるのを防止する役割も果たす。シース 3 0 は、0 . 0 0 0 1 以上の誘電正接を有する絶縁材料よりなっている。

【 0 0 4 9 】

図 1 の実施形態においては、シース 3 0 は、ルーズジャケットとして設けられており、中空筒状に成形された空間の中に、対撚線 1 0 を収容している。シース 3 0 は、対撚線 1 0 を構成する絶縁電線 1 1 と、内周面の周方向に沿って一部の領域でのみ接触しており、それ以外の領域においては、シース 3 0 と絶縁電線 1 1 の間に、空隙 G が存在し、空気の層が形成されている。シース 3 0 の構成の詳細については、後述する。

20

【 0 0 5 0 】

なお、シース 3 0 と絶縁電線 1 1 の間における空隙 G の有無、および後述するような空隙 G の割合等、通信用電線 1 の断面の状態を評価するに際し、断面を形成するための切断操作によってシース 3 0 や対撚線 1 0 が変形して正確な評価を妨げることがないように、通信用電線 1 全体をアクリル等の樹脂に包埋し、シース 3 0 の内部の空間にまでその樹脂を浸透させた状態で固定してから、切断操作を行うことが好ましい。切断面において、アクリル樹脂が存在している領域が、本来、空隙 G であった領域である。

30

【 0 0 5 1 】

本実施形態にかかる通信用電線 1 においては、特許文献 1 の場合とは異なり、シース 3 0 の内側に、対撚線 1 0 を包囲する導電性材料よりなるシールドは設けられず、対撚線 1 0 の外周を直接シース 3 0 が包囲している。シールドは、対撚線 1 0 に対して、外部からのノイズの侵入および外部へのノイズの放出を遮蔽する役割を果たすが、本実施形態にかかる通信用電線 1 は、ノイズの影響が深刻でない条件で使用することを想定しており、シールドを設けていない。本実施形態にかかる通信用電線 1 においては、構成の簡素化による細径化と低コスト化を効果的に達成する観点から、シース 3 0 と対撚線 1 0 の間に、シールド以外にも他の部材を有さず、シース 3 0 が、空隙 G を介して、対撚線 1 0 の外周を直接被覆するものであることが好ましい。

40

【 0 0 5 2 】

ただし、ノイズの影響を特に低減したい場合等には、通信用電線 1 において、シース 3 0 の内側に、対撚線 1 0 を包囲する導電性材料よりなるシールドを設けてもよい。なお、シールドを設ける場合には、シース 3 0 と対撚線 1 0 の間の空隙 G の有無や大きさ、シース 3 0 の絶縁電線 1 1 に対する密着性を議論できないので、下記において、それらに関する記載は当てはまらない。

【 0 0 5 3 】

(4) 通信用電線全体の特性

以上のように、本通信用電線 1 においては、対撚線 1 0 を構成する絶縁電線 1 1 の導体

50

12が、400MPa以上の引張強さを有していることにより、導体12を細径化しても、自動車用電線として十分な強度を維持しやすくなっている。導体12を細径化することで、対撚線10を構成する2本の導体12、12の間の距離が近くなる。2本の導体12、12の間の距離が近くなると、通信用電線1の特性インピーダンスが高くなる。対撚線10を構成する絶縁電線11の絶縁被覆13の層が薄くなると、特性インピーダンスが小さくなるが、本通信用電線1においては、導体12、12の細径化に伴う接近の効果により、絶縁被覆13の厚さを、例えば0.30mm以下のように小さくしても、通信用電線1において、 100 ± 10 という特性インピーダンスを確保することが可能となっている。

【0054】

10

絶縁電線11の絶縁被覆13を薄くすることで、通信用電線1全体としての線径（仕上がり径）を細くすることができる。例えば、通信用電線1の線径を、2.9mm以下、さらには2.5mm以下とすることができる。通信用電線1が、所定の特性インピーダンス値を保ちながら、細径化されることで、通信用電線1を、自動車内等、空間が限られた場所での高速通信の用途に、好適に用いることができる。

【0055】

絶縁電線11を構成する導体12の細径化および絶縁被覆13の薄肉化は、通信用電線1の細径化のみならず、通信用電線1の軽量化にも効果を有する。通信用電線1を軽量化することで、例えば通信用電線1を自動車内の通信に用いた際に、車両全体を軽量化することができ、車両の低燃費化につながる。

20

【0056】

また、絶縁電線11を構成する導体12が、400MPa以上の引張強さを有していることで、通信用電線1が、高い破断強度を有するものとなる。例えば、破断強度を、100N以上、さらには140N以上とすることができる。通信用電線1が、高い破断強度を有することで、端末において、端子等に対して高い把持力を示すことができる。つまり、端末に端子等を取り付けた部位における通信用電線1の破断を防止しやすくなる。

【0057】

さらに、通信用電線においては、 100 ± 10 のような十分な大きさの特性インピーダンスを有することに加え、特性インピーダンス以外の伝送特性、つまり、透過損失（IL）、反射損失（RL）、透過モード変換（LCTL）、反射モード変換（LCL）のような伝送特性も、所定の水準を満たすことが望ましい。本実施形態にかかる通信用電線1においては、特に、シース30がルーズジャケット型の構成を有することにより、絶縁電線11の絶縁被覆13を、0.25mm未満、さらには0.15mm以下としても、IL 0.68dB/m（66MHz）、RL 20.0dB（20MHz）、LCTL 46.0dB（50MHz）、LCL 46.0dB（50MHz）の水準を満たすことができる。

30

【0058】

[シースの詳細構成]

(1)シースの構成材料

シース30は、ポリマー材料を主成分としてなっている。シース30を構成するポリマー材料は、どのようなものであってもよい。具体的なポリマー材料として、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフェニレンサルファイド等を挙げることができる。また、シース30は、ポリマー材料に加え、適宜、難燃剤等の添加剤を含有してもよい。

40

【0059】

上記のように、本実施形態においては、シース30は、誘電正接が0.0001以上の絶縁材料よりなっている。シース30を構成する材料が大きな誘電正接を有するほど、シース30における誘電損失が大きくなり、対撚線10と、通信用電線1の外部に存在するグラウンド電位との間のカップリングに起因するコモンモードのノイズを減衰することができる。その結果、通信用電線1のモード変換特性を高めることができる。ここで、モー

50

ド変換特性とは、透過モード変換特性（LC TL）および反射モード変換特性（LC L）、特に透過モード変換特性である。モード変換特性は、通信用電線 1 を伝送される信号における差動モードとコモンモードの間の変換の程度を示す指標であり、値（絶対値）が大きいほど、モード間の変換が生じにくいことになる。

【0060】

シース 30 の誘電正接を 0.0001 以上とすることで、LC TL 46.0 dB（50 MHz）、LC L 46.0 dB（50 MHz）という水準を満たすような、モード変換特性に優れた通信用電線 1 を得やすい。誘電正接を 0.0006 以上とすれば、さらにモード変換特性を高めやすい。例えば通信用電線 1 が自動車において用いられる場合に、通信用電線 1 の近傍に、車両ボディ等、グラウンド電位として寄与する部材が存在することが多く、シース 30 の誘電正接を大きくすることによるノイズ低減が有効となる。

10

【0061】

一方、シース 30 を構成する材料の誘電正接が大きすぎても、対燃線 10 によって伝送される差動モード信号の減衰が大きくなり、通信不良を招く可能性がある。例えば、シース 30 の誘電正接を、0.08 以下、さらには 0.01 以下としておくことで、信号減衰の影響を小さく抑えることができる。

【0062】

シース 30 における誘電正接は、シース 30 を構成するポリマー材料や難燃剤等の添加剤の種類、添加剤の添加量等によって調整することができる。例えば、ポリマー材料として、分子極性の高いものを用いることで、シース 30 の誘電正接を大きくすることができる。通常、分子極性が高く、高誘電率を有するポリマー材料は、誘電正接も大きいからである。また、極性の高い添加剤を添加することでも、シース 30 の誘電正接を大きくすることができる。そして、その種の添加剤の含有量を多くすることで、誘電正接をさらに大きくすることができる。

20

【0063】

ところで、この種の通信用電線 1 においては、絶縁電線 11 の細径化やシース 30 の薄肉化によって通信用電線 1 全体の細径化を図ろうとすると、 100 ± 10 のように、要求される大きさの特性インピーダンスを確保するのが難しくなる場合がある。そこで、下記の式（1）で定義される通信用電線 1 の実効誘電率を小さくすることで、特性インピーダンスを高くすることが考えられる。その観点からは、シース 30 を構成するポリマー材料として、分子極性が低く、低誘電率を与えるものを用いることが好ましいことになる。

30

【0064】

【数 1】

$$Z_0 = \frac{\eta_0}{\pi \sqrt{\epsilon_{eff}}} \cosh^{-1} \left(\frac{D}{d} \right) \quad (1)$$

40

ここで、 ϵ_{eff} は実効誘電率、 d は導体径、 D は電線外径、 η_0 は定数である。

【0065】

さらに、車載環境等において通信用電線 1 が高温に晒される場合があるが、シース 30 の材料の分子極性が小さいほど、高温でシース 30 の誘電率が大きく上昇して通信用電線 1 の特性インピーダンスが下がるという事態を回避しやすいという観点においても、好ましい。分子極性の低いポリマー材料として、特に非極性のポリマー材料を用いることが好ましい。上記で列挙した各種ポリマー材料のうち、非極性のポリマー材料として、ポリオレフィンを挙げることができる。

50

【 0 0 6 6 】

このように、シース 3 0 においては、ポリマー材料の分子極性が大きいほど大きくなる傾向を有するパラメータである誘電正接が大きいことが望まれると同時に、別の観点からシース 3 0 を構成するポリマー材料の分子極性が小さいことが望まれる。そこで、ポリオレフィン等、分子極性のない、あるいは小さいポリマー材料に、誘電正接を上昇させるような極性の添加剤を添加することで、シース 3 0 の構成材料全体としての誘電正接を大きくすることができる。

【 0 0 6 7 】

さらに、シース 3 0 を構成する材料は、絶縁電線 1 1 の絶縁被覆 1 3 を構成する材料の誘電正接以上、さらには絶縁被覆 1 3 の誘電正接よりも大きな誘電正接を有することが好ましい。上記のように、シース 3 0 は、モード変換特性の向上の観点から、大きな誘電正接を有する方がよいのに対し、対撚線 1 0 を伝送される差動モード信号の減衰を小さく抑える等の観点から、絶縁被覆 1 3 においては誘電正接が小さい方が好ましいからである。例えば、シース 3 0 の誘電正接を、絶縁被覆 1 3 の誘電正接の 1 . 5 倍以上、さらには 2 倍以上、5 倍以上とする形態を、好ましいものとして例示することができる。

【 0 0 6 8 】

シース 3 0 を構成するポリマー材料は、発泡されていても、されていなくてもよい。発泡部に空気が保持されることの効果として、シース 3 0 の誘電率を小さくし、通信用電線 1 の特性インピーダンスを大きくする等の観点からは、発泡されている方が好ましい。一方、発泡の程度のばらつきによって、通信用電線 1 の伝送特性にばらつきが生じるのを抑え、伝送特性を安定させる観点からは、発泡されていない方が好ましい。また、シース 3 0 の製造性について、発泡の工程を省略できるという観点からは、シース 3 0 を発泡されないものとする方が簡便であるが、空隙 G を設けなくても（つまり後述する充実型ジャケットに相当）、あるいは小さくしても、誘電率を小さくできるという観点からは、シース 3 0 を発泡されたものとする方が簡便である。

【 0 0 6 9 】

シース 3 0 は、絶縁被覆 1 3 と同種のポリマー材料よりなっても、異種のポリマー材料よりなってもよい。通信用電線 1 全体の構成および製造工程を簡素化する観点からは、同種の材料よりなる方が好ましく、シース 3 0 および絶縁被覆 1 3 それぞれに対して、誘電率等の物性を高自由度で選択する観点からは、異種の材料よりなる方が好ましい。

【 0 0 7 0 】

(2) シースの形状

上記のように、本実施形態には、シース 3 0 は、ルーズジャケットとして設けられており、シース 3 0 と対撚線 1 0 を構成する絶縁電線 1 1 との間に、空隙 G が存在している。しかし、シース 3 0 の形状は特に指定されるものではなく、シース 3 0 をルーズジャケット型とし、空隙 G を設けることは必須ではない。つまり、図 2 に示すように、シース 3 0 ' を充実ジャケットとして設ける形態の通信用電線 1 ' も考えうる。この場合には、シース 3 0 ' が、対撚線 1 0 を構成する絶縁電線 1 1 に接触するか、そのすぐ近傍の位置まで充実状に形成されており、シース 3 0 ' と絶縁電線 1 1 の間に、製造上、不可避免的に形成される空隙を除いて、空隙が実質的に存在していない。

【 0 0 7 1 】

特性インピーダンスを所定の高い水準に保ちながら通信用電線 1 を細径化する観点から、シース 3 0 が充実ジャケットである場合よりも、ルーズジャケットである場合の方が好適である。通信用電線 1 の特性インピーダンスは、対撚線 1 0 が誘電率の低い材料に包囲されている方が高くなり（式（ 1 ）参照）、対撚線 1 0 の周囲に空気の層が存在するルーズジャケットの構成の方が、対撚線 1 0 の外側にすぐ誘電体が存在する充実ジャケットの場合よりも、特性インピーダンスを高くすることができる。よって、ルーズジャケットの場合の方が、各絶縁電線 1 1 の絶縁被覆 1 3 を薄くしても、 100 ± 10 の特性インピーダンスを確保できることになる。絶縁被覆 1 3 を薄くすることで、絶縁電線 1 1 を細径化し、通信用電線 1 全体の外径も小さくすることができる。

【 0 0 7 2 】

具体的には、上記のように絶縁電線 1 1 の導体 1 2 として引張強さ 4 0 0 M P a のものを用い、シース 3 0 としてルーズジャケット型のものを用いることで、絶縁電線 1 1 の絶縁被覆 1 3 の厚さを、0 . 2 5 m m 未満、さらには 0 . 2 0 m m 以下としても、通信用電線 1 において、 $1 0 0 \pm 1 0$ の特性インピーダンスを確保することができる。この場合に、通信用電線 1 全体の外径を 2 . 5 m m 以下とすることができる。

【 0 0 7 3 】

また、ルーズジャケットを用いる方が、シース 3 0 として用いる材料の量が少ないことにより、充実ジャケットを用いる場合よりも、通信用電線 1 の単位長さ当たりの質量を小さくすることができる。このようにシース 3 0 を軽量化することにより、上記のような

10

【 0 0 7 4 】

さらに、シース 3 0 がルーズジャケット型であり、絶縁電線 1 1 との間に空隙 G を有することにより、シース 3 0 の成形時等において、シース 3 0 と絶縁電線 1 1 の絶縁被覆 1 3 の間で、融着が起こるのを抑制することができる。その結果、通信用電線 1 の端末の加工を行う際などに、シース 3 0 の除去を行いやすくなる。シース 3 0 と絶縁被覆 1 3 の間の融着は、シース 3 0 を構成するポリマー材料と絶縁被覆 1 3 を構成するポリマー材料が同種である場合に、特に問題となりやすい。

【 0 0 7 5 】

20

なお、ルーズジャケット型のシース 3 0 を用いる場合に、シース 3 0 が中空筒形状であることにより、通信用電線 1 全体として、意図しない撓みや曲げの影響を受けやすくなるが、導体 1 2 として引張強さ 4 0 0 M P a 以上のものを用いることで、その点を補うことができる。

【 0 0 7 6 】

シース 3 0 と絶縁電線 1 1 の間の空隙 G が大きいほど、実効誘電率（式（ 1 ）参照）が小さくなり、通信用電線 1 の特性インピーダンスが大きくなる。通信用電線 1 の軸に略垂直に交差する断面において、シース 3 0 の外周縁に囲まれた全領域の面積、つまりシース 3 0 の厚さまで含む断面面積のうち、空隙 G が占める面積の割合（外周面積率）が 8 % 以上となるようにすると、十分な空気の層が対撚線 1 0 の周囲に存在することになり、 $1 0 0 \pm 1 0$ の特性インピーダンスを確保しやすい。空隙 G の外周面積率は、1 5 % 以上であると、さらに好ましい。一方、空隙 G が占める面積の割合を大きくしすぎても、シース 3 0 の内部空間における対撚線 1 0 の位置ずれや、対撚線 1 0 の撚り構造の緩みが生じやすくなる。それらの現象は、通信用電線 1 の特性インピーダンスや各種伝送特性のばらつき、経時変化につながる。それらを抑制する観点から、空隙 G の外周面積率は 3 0 % 以下、さらに好ましくは、2 3 % 以下に抑えておくことが好ましい。

30

【 0 0 7 7 】

空隙 G の割合を示す指標としては、上記外周面積率の代わりに、通信用電線 1 の軸に略垂直に交差する断面において、シース 3 0 の内周縁に囲まれた領域の面積、つまりシース 3 0 の厚さを含まない断面面積のうち、空隙 G が占める面積の割合（内周面積率）を用いることもできる。上で外周面積率について記載したのと同様の理由により、空隙 G の内周面積率は、2 6 % 以上、さらに好ましくは 3 9 % 以上であるとよい。一方、内周面積率は、5 6 % 以下、さらに好ましくは 5 0 % 以下に抑えておくことよい。シース 3 0 の厚さも、通信用電線 1 の実効誘電率および特性インピーダンスに影響を与えるので、十分な特性インピーダンスを確保するための指標として、内周面積率よりも、外周面積率を指標として、空隙 G を設定することが好ましい。ただし、特にシース 3 0 が厚い場合には、シース 3 0 の厚さが通信用電線 1 の特性インピーダンスに与える影響が小さくなるため、内周面積率も良い指標となる。

40

【 0 0 7 8 】

断面における空隙 G の割合は、対撚線 1 0 の 1 ピッチ内の各部位において、一定でない

50

場合もある。このような場合に、空隙 G の外周面積率および内周面積率が、対撚線 10 の 1 ピッチ分の長さ領域の平均値として、上記のような条件を満たすことが好ましく、1 ピッチ分の長さ領域の全域にわたり、上記のような条件を満たすと、より好ましい。あるいは、このような場合に、空隙 G の割合を、対撚線 10 の 1 ピッチ分の長さ領域における体積を指標として評価するとよい。つまり、対撚線 10 の 1 ピッチ分の長さ領域において、シース 30 の外周面に囲まれた領域の体積のうち、空隙 G が占める体積の割合（外周体積率）を、7 % 以上、さらに好ましくは 14 % 以上とするとよい。また、外周体積率を、29 % 以下、さらに好ましくは 22 % 以下とするとよい。あるいは、対撚線 10 の 1 ピッチ分の長さ領域において、シース 30 の内周面に囲まれた領域の体積のうち、空隙 G が占める体積の割合（内周体積率）を、25 % 以上、さらに好ましくは 38 % 以上とするとよい。また、内周体積率を、55 % 以下、さらに好ましくは 49 % 以下とするとよい。

10

【0079】

また、上記のように、シース 30 と絶縁電線 11 の間の空隙 G が大きいほど、式 (1) で表される実効誘電率が小さくなる。実効誘電率は、空隙 G の大きさに加え、シース 30 の材質および厚さ等のパラメータにも依存するが、実効誘電率が 7.0 以下、さらに好ましくは 6.0 以下となるように、空隙 G の大きさおよび他のパラメータを選択することで、通信用電線 1 の特性インピーダンスを、 100 ± 10 の領域にまで高めやすくなる。一方、通信用電線 1 の製造性や電線信頼性の観点、また一定以上の絶縁被覆厚さを確保する観点から、実効誘電率が、1.5 以上、さらに好ましくは 2.0 以上となるようにするとよい。空隙 G の大きさは、シース 30 を押し出し成形によって作製する際の条件（ダイス・ポイント形状、押出温度等）によって制御することができる。

20

【0080】

図 1 のように、シース 30 は、内周面の一部の領域において、絶縁電線 11 と接触している。これらの領域において、シース 30 が絶縁電線 11 に強固に密着していれば、シース 30 によって対撚線 10 を押さえ込むことで、シース 30 の内部空間における対撚線 10 の位置ずれや、対撚線 10 の撚り構造の緩みのような現象を抑制することができる。シース 30 の絶縁電線 11 に対する密着力を 4 N 以上、さらに好ましくは、7 N 以上、そして 8 N 以上とすれば、それらの現象を抑制し、2 本の絶縁電線 11 の線間距離を、小さな値、例えば実質的に 0 mm に維持することで、特性インピーダンスや各種伝送特性のばらつき、経時変化を効果的に抑制することができる。一方、シース 30 の密着力が大きすぎても、通信用電線 1 の加工性が悪くなるので、密着力は、70 N 以下に抑えておくことよい。シース 30 の絶縁電線 11 に対する密着性は、樹脂材料の押し出しによりシース 30 を対撚線 10 の外周に形成する際に、樹脂材料の押出温度を変えることで調整できる。密着力は、例えば、全長 150 mm の通信用電線 1 において、シース 30 を片端から 30 mm 除去した状態で、対撚線 10 を引っ張り、対撚線 10 が抜け落ちるまでの強度として評価できる。

30

【0081】

また、シース 30 の内周面に絶縁電線 11 が接触している領域の面積が大きいほど、シース 30 の内部空間における対撚線 10 の位置ずれや、対撚線 10 の撚り構造の緩みのような現象を抑制しやすくなる。通信用電線 1 の軸に略垂直に交差する断面において、シース 30 の内周縁の全長のうち、絶縁電線 11 と接触している部位の長さ（接触率）を、0.5 % 以上、さらに好ましくは 2.5 % 以上としておけば、それらの現象を効果的に抑制することができる。一方、接触率を 80 % 以下、さらに好ましくは 50 % 以下としておけば、空隙 G を確保しやすい。接触率は、対撚線 10 の 1 ピッチ分の長さ領域の平均値として、上記のような条件を満たすことが好ましく、1 ピッチ分の長さ領域の全域にわたり、上記のような条件を満たすと、より好ましい。

40

【0082】

シース 30 の厚さは、適宜選択すればよい。例えば、通信用電線 1 の外部からのノイズの影響、例えば通信用電線 1 を他の電線とともにワイヤーハーネス等の状態で用いた際の他の電線からの影響を低減する観点、また、耐摩耗性、耐衝撃性等、シース 30 の機械的

50

特性を確保する観点からは、シースの厚さを、 0.20 mm 以上、さらに好ましくは 0.30 mm 以上とすればよい。一方、実効誘電率を小さく抑えること、通信用電線1全体を細径化することを考慮すると、シース30の厚さを、 1.0 mm 以下、さらに好ましくは 0.7 mm 以下とすればよい。

【0083】

以上のように、通信用電線1の細径化の観点からは、ルーズジャケット型のシース30を用いることが好ましいが、細径化の要請がそれほど大きくない場合等には、図2のように充実ジャケット型のシース30'を選択してもよい。充実型のシース30'の方が、誘電体の厚みの効果により、誘電損失が大きくなるので、対撚線10と、通信用電線1の外部に存在するグラウンド電位との間のカップリングに起因するコモンモードのノイズを、効果的に減衰させることができる。また、充実型シース30'の方が、対撚線10をシース30'によって強固に固定することができ、対撚線10のシース30'に対する位置ずれや撚り構造の緩み等の現象を防止しやすい。その結果、それらの現象によって、通信用電線1の特性インピーダンスや各種伝送特性に経時変化やばらつきが生じるのを防止しやすい。ルーズジャケット型のシース30と充実ジャケット型のシース30'のいずれとするか、またそれぞれの場合のシース30、30'の厚さは、シースを押し出し成形によって作製する際の条件（ダイス・ポイント形状、押出温度等）によって制御することができる。なお、対撚線10の保護や撚り構造の保持において問題が生じない状況においては、シース30を省略することができ、通信用電線に必ず設けなければならない訳ではない。

【0084】

シース30は、複数の層よりなっても、1層のみよりなってもよい。構成の簡素化による通信用電線1の細径化と低コスト化の観点から、シース30は、1層のみよりなることが好ましい。なお、本発明においては、シースの誘電正接を 0.0001 以上と規定しているが、シース30が複数の層よりなる場合には、少なくとも1層が 0.0001 以上の誘電正接を有するようにすればよい。各層の誘電正接の値を、それぞれの厚さで重みづけして平均したものが、 0.0001 以上であれば、さらに好ましく、全ての層が 0.0001 以上の誘電正接を有するようにすれば、一層好ましい。

【0085】

[導体の材料]

ここで、上記実施形態にかかる通信用電線1において、絶縁電線11の導体12の具体例となる銅合金線について説明する。

【0086】

ここで第一の例として挙げる銅合金線は、以下のような成分組成を有している。

- ・ Fe： 0.05 質量%以上、 2.0 質量%以下
- ・ Ti： 0.02 質量%以上、 1.0 質量%以下
- ・ Mg： 0 質量%以上、 0.6 質量%以下（Mgが含有されない形態も含む）
- ・ 残部がCuおよび不可避免的不純物よりなる。

【0087】

上記組成を有する銅合金線は、非常に高い引張強さを有している。中でも、Feの含有量が 0.8 質量%以上である場合、またTiの含有量が 0.2 質量%以上である場合に、特に高い引張強さを達成することができる。特に、伸線加工度を高め、線径を細くすることや、伸線後に熱処理を行うことで、引張強さを高めることができ、 400 MPa 以上の引張強さを有する導体11を得ることができる。

【0088】

また、第二の例として挙げる銅合金線は、以下のような成分組成を有している。

- ・ Fe： 0.1 質量%以上、 0.8 質量%以下
- ・ P： 0.03 質量%以上、 0.3 質量%以下
- ・ Sn： 0.1 質量%以上、 0.4 質量%以下
- ・ 残部がCuおよび不可避免的不純物よりなる。

【0089】

上記組成を有する銅合金線は、非常に高い引張強さを有している。中でも、Feの含有量が0.4質量%以上である場合、またPの含有量が0.1質量%以上である場合に、特に高い引張強さを達成することができる。特に、伸線加工度を高め、線径を細くすることや、伸線後に熱処理を行うことで、引張強さを高めることができ、400MPa以上の引張強さを有する導体11を得ることができる。

【実施例】

【0090】

以下に本発明の実施例を示す。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。なお、本実施例において、特記しないかぎり、各種評価は、室温、大気中において行っている。

【0091】

[0] シースの誘電正接に関する検証

まず、シースの誘電正接と、モード変換特性との関係についての検証を行った。

【0092】

[試料の作製]

(1) 絶縁材の調製

通信用電線のシースおよび絶縁電線の絶縁被覆を構成する材料として、下の表1に示す成分を混練し、絶縁材A～Dを調製した。ここで、用いた難燃剤は、水酸化マグネシウムであり、酸化防止剤は、ヒンダードフェノール系酸化防止剤である。

【0093】

(2) 導体の作製

絶縁電線を構成する導体を作製した。つまり、純度99.99%以上の電気銅と、FeおよびTiの各元素を含有する母合金を、高純度カーボン製坩堝に投入して、真空溶解させ、混合溶湯を作成した。ここで、混合溶湯において、Feが1.0質量%、Tiが0.4質量%含まれるようにした。得られた混合溶湯に対して、連続鋳造を行い、12.5mmの鋳造材を製造した。得られた鋳造材に対して、8mmまで、押出し加工、圧延を行い、その後、0.165mmまで伸線を行った。得られた素線を7本用い、撚りピッチ14mmにて、撚線加工を行うとともに、圧縮成形を行った。その後、熱処理を行った。熱処理条件は、熱処理温度500、保持時間8時間とした。得られた導体は、導体断面積が0.13mm²、外径が0.45mmとなった。

【0094】

このようにして得られた銅合金導体に対して、JIS Z 2241に従って、引張強さおよび破断伸びを評価した。この際、評点間距離を250mmとし、引張速度を50mm/minとした。評価の結果、引張強さは490MPaであり、破断伸びは8%であった。

【0095】

(3) 絶縁電線の作製

上記で作製した銅合金導体の外周に、押出しにより、絶縁被覆を形成し、試料1～10のそれぞれに用いる絶縁電線を作製した。絶縁被覆を構成する絶縁材としては、試料1～4においては、絶縁材Bを用いた。一方、試料5～10においては、表3に示す各絶縁材を用いた。

絶縁被覆の厚さは、0.20mmとした。絶縁電線の偏芯率は80%であった。

【0096】

(4) 通信用電線の作製

上記で作製した絶縁電線2本を、絶縁電線の外径の24倍の撚りピッチにて撚り合わせて、対撚線とした。対撚線の撚り構造は、第一の撚り構造(捻りなし)とした。そして、得られた対撚線の外周を囲むように、絶縁材を押出し、シースを形成した。

【0097】

シースを構成する絶縁材としては、試料1～4について表2に、試料5～10について表3に示すように、絶縁材A～Dから所定のものを選択した。得られた通信用電線におい

10

20

30

40

50

て、試料 1 ～ 4 は、絶縁電線の絶縁被覆が全て絶縁材 B よりなり、シースが絶縁材 A ～ D のそれぞれよりなっている。一方、試料 5 ～ 10 は、絶縁電線の絶縁被覆およびシースが、絶縁材 B ～ D の各種組み合わせよりなっている。

【 0 0 9 8 】

ここで、シースはルーズジャケット型とし、シースの厚さは、0.4 mm とした。シースと絶縁電線の間の空隙の大きさは、外周面積率で 23 % であり、絶縁電線に対するシースの密着力は、15 N であった。このようにして、試料 1 ～ 4 および試料 5 ～ 10 にかかる通信用電線を得た。

【 0 0 9 9 】

試料 1 ～ 10 にかかる通信用電線について、LCR メータを用いたオープン/ショート法によって行った特性インピーダンスを確認したところ、試料 1 ～ 10 の全てにおいて、特性インピーダンスが 100 ± 10 の範囲にあることが確認された。

【 0 1 0 0 】

[評価]

まず、絶縁材 A ～ D のそれぞれの誘電正接を計測した。計測は、インピーダンスアナライザによって行った。

【 0 1 0 1 】

次に、シースを構成する材料が異なることにより、シースの誘電正接の大きさが異なる試料 1 ～ 4 に対して、透過モード変換特性 (L C T L) の評価を行った。測定は、ネットワークアナライザを用いて、周波数 50 MHz で行った。

【 0 1 0 2 】

さらに、シースと絶縁被覆の材料の組み合わせが異なることにより、シースと絶縁被覆の誘電正接の組み合わせが異なる試料 5 ～ 10 に対しても、同様に透過モード変換特性の評価を行った。

【 0 1 0 3 】

[結果]

表 1 に、絶縁材 A ～ D に対する誘電正接の測定結果を、材料の配合とともに示す。

【 0 1 0 4 】

【 表 1 】

材料種	材料の配合 [質量部]				誘電正接
	ポリプロピレン樹脂	難燃剤	酸化防止剤	スチレン系エラストマー	
絶縁材 A	100	20	2	10	0.0001
絶縁材 B		60			0.0002
絶縁材 C		120			0.0006
絶縁材 D		180			0.001

【 0 1 0 5 】

表 1 によると、フィラーの添加量を多くするほど、誘電正接が大きくなっているのが分かる。

【 0 1 0 6 】

次に、上記絶縁材 A ～ D をそれぞれ用いてシースを形成した試料 1 ～ 4 の通信用電線について、透過モード変換特性の測定結果を表 2 にまとめる。

【 0 1 0 7 】

【表 2】

試料番号	絶縁被覆		シース		透過モード 変換 [dB]
	材料種	誘電正接	材料種	誘電正接	
試料1	絶縁材B	0.0002	絶縁材A	0.0001	46
試料2			絶縁材B	0.0002	47
試料3			絶縁材C	0.0006	53
試料4			絶縁材D	0.001	56

10

【 0 1 0 8 】

表 2 によると、シースの誘電正接を 0 . 0 0 0 1 以上とすることで、4 6 d B 以上との水準を満たす透過モード変換が達成されている。さらに、シースの誘電正接が大きくなるほど、透過モード変換の値が大きくなっている。

【 0 1 0 9 】

最後に、シースと絶縁被覆の材料の組み合わせが異なることによりシースと絶縁被覆の誘電正接の組み合わせが異なる試料 5 ~ 1 0 について、表 3 に、透過モード変換特性の測定結果をまとめる。

【 0 1 1 0 】

【表 3】

20

試料番号	絶縁被覆		シース		透過モード 変換 [dB]
	材料種	誘電正接	材料種	誘電正接	
試料5	絶縁材B	0.0002	絶縁材B	0.0002	47
試料6	絶縁材B	0.0002	絶縁材D	0.001	56
試料7	絶縁材C	0.0006	絶縁材B	0.0002	44
試料8	絶縁材C	0.0006	絶縁材D	0.001	53
試料9	絶縁材D	0.001	絶縁材B	0.0002	43
試料10	絶縁材D	0.001	絶縁材D	0.001	49

30

【 0 1 1 1 】

表 3 の結果によると、シースの誘電正接が絶縁被覆の誘電正接よりも小さい試料 7 および試料 9 においては、透過モード変換の値が 4 6 d B との基準を下回っている。これに対し、シースの誘電正接が絶縁被覆の誘電正接と同じである試料 5 および試料 1 0 においては、透過モード変換の値が 4 6 d B 以上となっている。そして、シースの誘電正接が絶縁被覆の誘電正接よりも大きくなっている試料 6 および試料 8 においては、透過モード変換の値が 5 0 d B を超えてさらに大きくなっている。試料 6 と試料 8 を比較すると、シースと絶縁被覆の誘電正接の差が大きい試料 6 の方で、透過モード変換の値が大きくなっている。

40

【 0 1 1 2 】

[1] 導体の引張強さに関する検証

導体の引張強さの選択による通信用電線の細径化の可能性について検証した。

【 0 1 1 3 】

[試料の作製]

(1) 導体の作製

試料 A 1 ~ A 5 については、上記 [0] の試験において作製した銅合金線を、導体として用いた。上記のように、この導体は、導体断面積が 0 . 1 3 m m ²、外径が 0 . 4 5 m m であり、4 9 0 M P a の引張強さと、8 % の破断伸びを有する。

【 0 1 1 4 】

50

試料 A 6 ~ A 8 については、導体として、従来一般の純銅製の撚線を用いた。上記と同様に評価した引張強さおよび破断伸び、そして導体断面積、外径は、表 4 に示している。なお、ここで採用している導体断面積および外径は、電線として用いることができる純銅線において、強度上の制約によって規定される実質的な下限とみなされるものである。

【 0 1 1 5 】

(2) 絶縁電線の作製

上記で作製した銅合金導体および純銅線の外周に、ポリエチレン樹脂の押出しにより、絶縁被覆を形成し、絶縁電線を作製した。各試料における絶縁被覆の厚さは、表 4 に示したとおりとした。絶縁電線の偏芯率は 8 0 % であった。用いたポリエチレン樹脂の誘電正接は、0 . 0 0 0 2 であった。

【 0 1 1 6 】

(3) 通信用電線の作製

上記で作製した絶縁電線 2 本を、撚りピッチ 2 5 m m にて撚り合わせて、対撚線とした。対撚線の撚り構造は、第一の撚り構造（捻りなし）とした。そして、その対撚線の外周を囲むように、ポリエチレン樹脂の押出しにより、シースを形成した。用いたポリエチレン樹脂の誘電正接は、0 . 0 0 0 2 であった。シースはルーズジャケット型とし、シースの厚さは、0 . 4 m m とした。シースと絶縁電線の間の空隙の大きさは、外周面積率で 2 3 % とし、絶縁電線に対するシースの密着力は、1 5 N であった。このようにして、試料 A 1 ~ A 8 にかかる通信用電線を得た。

【 0 1 1 7 】

[評価]

(仕上がり外径)

通信用電線の細径化が達成できているかどうかを評価するため、得られた通信用電線の外径を計測した。

【 0 1 1 8 】

(特性インピーダンス)

得られた通信用電線に対して、特性インピーダンスを計測した。計測は、L C R メータを用い、オープン / ショート法によって行った。

【 0 1 1 9 】

[結果]

試料 A 1 ~ A 8 について、通信用電線の構成および評価結果を表 4 に示す。

【 0 1 2 0 】

【 表 4 】

試料 番号	絶縁電線							仕上外径 [mm]	特性 インピーダンス [Ω]
	導体					絶縁被覆 厚さ [mm]	外径 [mm]		
	材料	引張強さ [MPa]	伸び [%]	断面積 [mm ²]	外径 [mm]				
A1	銅合金	490	8	0.13	0.45	0.30	1.05	2.9	110
A2						0.25	0.95	2.7	102
A3						0.20	0.85	2.5	96
A4						0.18	0.81	2.4	91
A5	銅合金	490	8	0.13	0.45	0.15	0.75	2.3	86
A6	純銅	220	24	0.22	0.55	0.30	1.15	3.1	97
A7						0.25	1.05	2.9	89
A8						0.20	0.95	2.7	80

【 0 1 2 1 】

表 4 に示した評価結果を見ると、銅合金導体を用い、導体断面積を 0 . 2 2 m m ² よりも小さくしている試料 A 1 ~ A 3 を、導体として純銅線を用い、導体断面積を 0 . 2 2 m

m^2 としている試料 A 6 ~ A 8 とそれぞれ比較すると、絶縁被膜の厚さが同じであるにもかかわらず、試料 A 1 ~ A 3 の場合の方が特性インピーダンスの値が大きくなっている。試料 A 1 ~ A 3 では、いずれも、イーサネット通信で求められる 100 ± 10 の範囲に入っているのに対し、特に試料 A 7, A 8 では 100 ± 10 の範囲を外れて低くなっている。

【0122】

上記の特性インピーダンスの挙動は、導体として銅合金線を用いる場合に、純銅線を用いる場合よりも導体を細径化できており、導体間の距離が近づいていることの結果であると解釈される。その結果として、銅合金導体を用いる場合に、 100 ± 10 の特性インピーダンスを維持しながら、絶縁被覆の厚さを 0.30 mm 未満とすることができ、最も薄い場合には、 0.18 mm にすることが可能となっている。このように、絶縁被覆を薄くすることで、導体を細径化すること自体の効果と合わせて、通信用電線の仕上がり外径を小さくすることができている。

10

【0123】

たとえば、導体として銅合金導体を用いている試料 A 3 と、純銅線を用いている試料 A 6 とで、ほぼ同じ値の特性インピーダンスが得られている。しかし、両者の仕上がり外径を比較すると、銅合金導体を用いている試料 A 3 の方が、導体の細線化を達成できていることにより、通信用電線の仕上がり外径が約 20% 小さくなっている。

【0124】

ただし、導体として銅合金を用いる場合に、試料 A 5 のように、絶縁被覆を薄くしすぎると、特性インピーダンスが 100 ± 10 の範囲を外れてしまう。つまり、銅合金を用いて導体を細径化したうえで、絶縁被覆の厚さを適切に選択することで、 100 ± 10 の範囲の特性インピーダンスを得ることができる。

20

【0125】

[2] シースの形態に関する検証

次に、シースの形態による通信用電線の細径化の可能性について検証した。

【0126】

[試料の作製]

上記の [1] の試験における試料 A 1 ~ A 4 と同様にして、通信用電線を作製した。絶縁電線の偏芯率は 80% とし、対撚線の撚り構造は第一の撚り構造（捻りなし）とした。この際、シースが図 1 のようなルーズジャケット型のものと、図 2 のような充実ジャケット型のものの 2 通りを準備した。いずれの場合も、シースは、ポリプロピレン樹脂（誘電正接： 0.0001 ）より形成した。シースの厚さは、使用するダイス・ポイント形状によって決定し、ルーズジャケット型の場合は 0.4 mm 、充実型の場合は、最も薄いところで 0.5 mm とした。ルーズジャケット型のシースと絶縁電線の間の空隙の大きさは、外周面積率で 23% とし、絶縁電線に対するシースの密着力は、 15 N とした。また、それぞれの場合について、絶縁電線の絶縁被覆の厚さを変更した複数の試料を作製した。

30

【0127】

[評価]

上記で作製した各試料に対して、上記 [1] の試験と同様に、特性インピーダンスを計測した。また、一部の試料に対して、通信用電線の外径（仕上がり外径）と単位長さ当たりの質量を計測した。

40

【0128】

加えて、一部の試料について、IL、RL、LCTL、LCL の各伝送特性の評価を、ネットワークアナライザを用いて行った。

【0129】

[結果]

図 4 に、シースがルーズジャケット型である場合と充実ジャケット型である場合のそれぞれについて、絶縁電線の絶縁被覆の厚さ（絶縁厚）と計測された特性インピーダンスの関係を、プロット点として示す。図 4 には、併せて、シースが設けられない場合について

50

、対撚線を有する通信用電線の特性インピーダンスの理論式として知られている式(1)によって得られる、絶縁厚と特性インピーダンスの関係のシミュレーション結果も示している($\epsilon_{eff} = 2.6$)。各シースを有する場合の計測結果に対しても、式(1)に基づく近似曲線を示している。また、図中の破線は、特性インピーダンスが 100 ± 10 となる範囲を示している。

【0130】

図4の結果によると、シースを設けることで、実効誘電率が大きくなることと対応して、絶縁厚を同じとした場合の特性インピーダンスが低下している。しかし、シースを充実ジャケット型とした場合と比較して、ルーズジャケット型とした場合の方が、その低下の程度が小さく、大きな特性インピーダンスが得られている。換言すると、ルーズジャケット型とした場合の方が、同じ特性インピーダンスを得るために必要な絶縁厚が小さくて済む。

【0131】

図4によると、特性インピーダンスが 100 となっているのは、ルーズジャケット型の場合で、絶縁厚 0.20 mm の時、充実ジャケット型の場合で、絶縁厚 0.25 mm の時である。これらの場合について、絶縁厚と通信用電線の外径および質量を下の表5にまとめる。

【0132】

【表5】

	試料B1	試料B2
ジャケット形態	ルーズジャケット	充実ジャケット
絶縁厚	0.20 mm	0.25 mm
外径	2.5 mm	2.7 mm
質量	7.3 g/m	10.0 g/m

【0133】

表5のように、充実ジャケット型の場合と比較して、ルーズジャケット型の場合には、絶縁厚が 25% 、通信用電線の外径が 7.4% 、質量が 27% 、それぞれ減少している。つまり、ルーズジャケット型のシースを使用することで、対撚線を構成する絶縁電線の絶縁厚を小さくしても、十分な大きさの特性インピーダンスを得ることができ、その結果、通信用電線全体として、外径を小さくし、さらに質量も小さくできることが検証された。

【0134】

また、上記の絶縁厚 0.20 mm のルーズジャケット型の通信用電線について、各伝送特性を評価したところ、 $IL = 0.68\text{ dB/m}$ (66 MHz)、 $RL = 20.0\text{ dB}$ (20 MHz)、 $LCTL = 46.0\text{ dB}$ (50 MHz)、 $LCL = 46.0\text{ dB}$ (50 MHz)の水準をいずれも満たすことが確認された。

【0135】

[3] 空隙の大きさに関する検証

次に、シースと絶縁電線との空隙の大きさと特性インピーダンスとの関係について検証した。

【0136】

[試料の作製]

上記の[1]の試験における試料A1～A4と同様にして、試料C1～C6の通信用電線を作製した。この際、シースはポリプロピレン樹脂(誘電正接: 0.0001)よりなるルーズジャケット型とし、ダイスとポイントの形状を調整することで、シースと絶縁電線との空隙の大きさを变化させた。絶縁電線の導体断面積は 0.13 mm^2 、絶縁被覆の厚さは 0.20 mm 、シースの厚さは 0.40 mm 、偏芯率は 80% とした。また、絶縁電線に対するシースの密着力は 15 N 、撚線の撚り構造は第一の撚り構造(捻りなし)とした。

【 0 1 3 7 】

〔 評価 〕

上記で作製した各試料に対して、空隙の大きさを計測した。この際、各試料の通信用電線をアクリル樹脂に包埋して固定したうえで、切断することで、断面を得た。そして、断面において、空隙の大きさを、断面積に対する割合として計測した。得られた空隙の大きさは、上記で定義した外周面積率および内周面積率として、表 6 中に示している。また、各試料に対し、上記〔 1 〕の試験と同様に、特性インピーダンスを計測した。表 6 中で、特性インピーダンスの値を範囲付きで示しているのは、計測中の値のばらつきによるものである。

【 0 1 3 8 】

10

〔 結果 〕

空隙の大きさと特性インピーダンスの関係を表 6 にまとめる。

【 0 1 3 9 】

【 表 6 】

試料 番号	空隙の割合		特性インピーダンス [Ω]
	外周面積率 [%]	内周面積率 [%]	
C1	4	15	86-87
C2	8	26	90-92
C3	15	39	95-97
C4	23	50	99-101
C5	30	56	103-106
C6	40	63	108-113

20

【 0 1 4 0 】

表 6 に示すように、空隙の大きさを、外周面積率で、8 % 以上、3 0 % 以下としている試料 C 2 ~ C 5 において、 100 ± 10 の範囲の特性インピーダンスが、安定に得られている。これに対し、外周面積率が 8 % 未満となっている試料 C 1 においては、空隙の小ささのために実効誘電率が大きくなりすぎ、特性インピーダンスが 100 ± 10 の範囲に届いていない。一方、外周面積率が 3 0 % を超えている試料 C 6 においては、特性インピーダンスが、 100 ± 10 の範囲を高い側に超えてしまっている。これは、空隙が大きすぎるために、特性インピーダンスの中央値が大きくなっていることに加え、シース内での対撚線の位置ずれや撚り構造の緩みが生じやすくなり、特性インピーダンスのばらつきが大きくなっているものと解釈される。

30

【 0 1 4 1 】

〔 4 〕シースの密着力に関する検証

次に、絶縁電線に対するシースの密着力と特性インピーダンスの経時変化との関係について検証した。

【 0 1 4 2 】

40

〔 試料の作製 〕

上記の〔 1 〕の試験における試料 A 1 ~ A 4 と同様にして、試料 D 1 ~ D 4 の通信用電線を作製した。シースはポリプロピレン樹脂（誘電正接：0 . 0 0 0 1）よりなるルーズジャケット型とし、絶縁電線に対するシースの密着力を、表 7 のように変化させた。この際、密着力は、樹脂材料の押出温度を調整することで変化させた。ここで、シースと絶縁電線の間空隙の大きさは、外周面積率で 2 3 % とした。絶縁電線において、導体断面積は 0.13 mm^2 、絶縁被覆の厚さは 0 . 2 0 mm、シースの厚さは 0 . 4 0 mm とした。また、絶縁電線の偏芯率は 8 0 % とした。対撚線の撚り構造は第一の撚り構造（捻りなし）とし、撚りピッチは、絶縁電線の外径の 8 倍とした。

【 0 1 4 3 】

50

〔評価〕

上記で作製した各試料に対して、シースの密着力を計測した。シースの密着力は、全長 150 mm の試料において、シースを片端から 30 mm 除去した状態で、絶縁電線を引っ張り、絶縁電線が抜け落ちるまでの強度として評価した。また、経時使用を模擬した条件で、特性インピーダンスの変化の測定を行った。具体的には、各試料の通信用電線を、外径 25 mm のマンドレルに沿って、角度 90° で 200 回屈曲させた後、屈曲箇所の特

【0144】

〔結果〕

シースの密着力と特性インピーダンス変化量の関係を表 7 にまとめる。

【0145】

【表 7】

試料 番号	シース密着力 [N]	特性インピーダンスの 変化量
D1	15	変化なし
D2	7	3 Ω 上昇
D3	4	3 Ω 上昇
D4	2	7 Ω 上昇

【0146】

表 7 に示した結果によると、シースの密着力が 4 N 以上となっている試料 D1 ~ D3 においては、特性インピーダンスの変化量が、3 Ω 以内に抑えられており、マンドレルを用いた屈曲で模擬される経時使用による変化を受けにくいという結果になっている。一方、シースの密着力が 4 N に満たない試料 D4 においては、特性インピーダンスの変化量が、7 Ω にも達している。

【0147】

〔5〕シースの厚さに関する検証

次に、シースの厚さと、伝送特性に対する外部からの影響との関係についての検証を行った。

【0148】

〔試料の作製〕

上記の〔1〕の試験における試料 A1 ~ A4 と同様にして、試料 E1 ~ E6 の通信用電線を作製した。シースはポリプロピレン樹脂（誘電正接：0.0001）よりなるルーズジャケット型とし、試料 E2 ~ E6 については、シースの厚さを、表 8 のように変化させた。試料 E1 については、シースを設けなかった。シースと絶縁電線の間の空隙の大きさは、外周面積率で 23 % とした。シースの密着力は、15 N とした。絶縁電線において、

【0149】

〔評価〕

上記で作製した各試料の通信用電線について、他電線の影響による特性インピーダンスの変化を評価した。具体的には、まず、各試料の通信用電線について、独立した単線の状態での特性インピーダンスを測定した。また、他電線を抱き込んだ状態でも、特性インピーダンスを測定した。ここで、他電線を抱き込んだ状態としては、試料電線を中心として略中心対象に、6 本の手電線（外径 2.6 mm の PVC 電線）を試料電線の外周に接触させて配置し、PVC テープを巻いて固定したものを準備した。そして、単線の状態での特性インピーダンスの値を基準として、他電線を抱き込んだ状態における特性インピーダン

スの変化量を記録した。

【 0 1 5 0 】

[結果]

シースの厚さと特性インピーダンス変化量の関係を表 8 にまとめる。

【 0 1 5 1 】

【表 8】

試料 番号	シースの厚さ [mm]	特性インピーダンスの 変化量
E1	0 (シースなし)	10 Ω低下
E2	0.10	8 Ω低下
E3	0.20	4 Ω低下
E4	0.30	3 Ω低下
E5	0.40	3 Ω低下
E6	0.50	2 Ω低下

10

【 0 1 5 2 】

表 8 の結果によると、シースの厚さが 0 . 2 0 mm 以上となっている試料 E 3 ~ E 6 において、他電線の影響による特性インピーダンスの変化量が、4 Ω 以下に抑えられている。これに対し、シースを有さない、あるいはシースの厚さが 0 . 2 0 mm 未満である試料 E 1、E 2 においては、特性インピーダンスの変化量が 8 Ω 以上に大きくなっている。この種の通信用電線を、ワイヤーハーネス等、他電線と近接した状態で、自動車において用いる場合に、他電線の影響による特性インピーダンスの変化量が、5 Ω 以下に抑えられていることが好ましい。

20

【 0 1 5 3 】

[6] 絶縁電線の偏芯率に関する検証

次に、絶縁電線の偏芯率と伝送特性との関係についての検証を行った。

【 0 1 5 4 】

[試料の作製]

上記の [1] の試験における試料 A 1 ~ A 4 と同様にして、試料 F 1 ~ F 6 の通信用電線を作製した。この際、絶縁被覆形成時の条件を調整することで、絶縁電線の偏芯率を、表 9 のように変化させた。絶縁電線において、導体断面積は 0 . 1 3 mm²、絶縁被覆の厚さ（平均値）は、0 . 2 0 mm とした。シースはポリプロピレン樹脂（誘電正接：0 . 0 0 0 1）よりなるルーズジャケット型とし、シースの厚さは、0 . 4 0 mm、シースと絶縁電線の間の空隙の大きさは、外周面積率で 2 3 %、シースの密着力は、1 5 N とした。対撚線の撚り構造は第一の撚り構造（捻りなし）とし、撚りピッチは、絶縁電線の外径の 2 4 倍とした。

30

【 0 1 5 5 】

[評価]

上記で作製した各試料の通信用電線について、透過モード変換特性（LC TL）および反射モード変換特性（LC L）を、上記 [2] の試験と同様に計測した。測定は、1 ~ 5 0 MHz の周波数で行った。

40

【 0 1 5 6 】

[結果]

表 9 に、偏芯率と、各モード変換特性の測定結果を示す。各モード変換の値としては、絶対値で、1 ~ 5 0 MHz の範囲で最小となった値を示している。

【 0 1 5 7 】

【表 9】

試料 番号	偏芯率 [%]	透過モード変換 [dB]	反射モード変換 [dB]
F1	60	47	45
F2	65	49	49
F3	70	52	54
F4	75	57	55
F5	80	59	57
F6	85	58	58

10

【 0 1 5 8 】

表 9 によると、偏芯率が 6 5 % 以上の試料 F 2 ~ F 6 において、透過モード変換、反射モード変換とも、4 6 d B 以上の水準を満たしている。これに対し、偏芯率が 6 0 % の試料 F 1 においては、透過モード変換、反射モード変換とも、それらの水準を満たしていない。

【 0 1 5 9 】

[7] 対撚線の撚りピッチに関する検証

20

次に、対撚線の撚りピッチと特性インピーダンスの経時変化の関係について検証した。

【 0 1 6 0 】

[試料の作製]

上記の [4] の試験における試料 D 1 ~ D 4 と同様にして、試料 G 1 ~ G 4 の通信用電線を作製した。この際、対撚線の撚りピッチを、表 1 0 のように変化させた。シースの絶縁電線に対する密着力は、7 0 N とした。

【 0 1 6 1 】

[評価]

上記で作製した各試料に対して、上記の [4] の試験と同様にして、マンドレルを用いた屈曲による特性インピーダンスの変化量を評価した。

30

【 0 1 6 2 】

[結果]

対撚線の撚りピッチと特性インピーダンス変化量の関係を表 1 0 にまとめる。表 1 0 において、対撚線の撚りピッチは、絶縁電線の外径 (0 . 8 5 m m) を基準とした値、つまり、絶縁電線の外径の何倍となっているかで示している。

【 0 1 6 3 】

【表 1 0】

試料 番号	撚りピッチ [倍]	特性インピーダンスの 変化量
G1	15	変化なし
G2	30	3 Ω 上昇
G3	45	4 Ω 上昇
G4	50	8 Ω 上昇

40

【 0 1 6 4 】

表 1 0 の結果によると、撚りピッチを絶縁電線の外径の 4 5 倍以下としている試料 G 1 ~ G 3 においては、特性インピーダンスの変化量が、4 以下に抑えられている。これに対し、撚りピッチが 4 5 倍を超えている試料 G 4 では、特性インピーダンスの変化量が 8

50

に達している。

【 0 1 6 5 】

[8] 対撚線の撚り構造に関する検証

次に、対撚線の撚り構造の種類と特性インピーダンスのばらつきの関係について検証した。

【 0 1 6 6 】

[試料の作製]

上記の [4] の試験における試料 D 1 ~ D 4 と同様にして、試料 H 1 および H 2 の通信用電線を作製した。この際、対撚線の撚り構造として、試料 H 1 については、上記で説明した第一の撚り構造（捻りなし）を採用し、試料 H 2 については、第二の撚り構造（捻りあり）を採用した。対撚線の撚りピッチは、いずれも、絶縁電線の外径の 2 0 倍とした。シースの絶縁電線に対する密着力は、3 0 Nとした。

【 0 1 6 7 】

[評価]

上記で作製した各試料に対して、特性インピーダンスの測定を行った。測定は 3 回行い、3 回の測定における特性インピーダンスの変動幅を記録した。

【 0 1 6 8 】

[結果]

表 1 1 に、撚り構造の種類と特性インピーダンスの変動幅の関係を示す。

【 0 1 6 9 】

【表 1 1】

試料 番号	撚り構造	特性インピーダンス 変動幅
H1	第一 (捻りなし)	3 Ω
H2	第二 (捻りあり)	14 Ω

【 0 1 7 0 】

表 1 1 の結果より、各絶縁電線に捻りを加えていない試料 H 1 において、特性インピーダンスの変動幅が小さく抑えられていることが分かる。これは、捻りによって生じうる線間距離の変動の影響が回避されているためであると解釈される。

【 0 1 7 1 】

以上、本発明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。

【 0 1 7 2 】

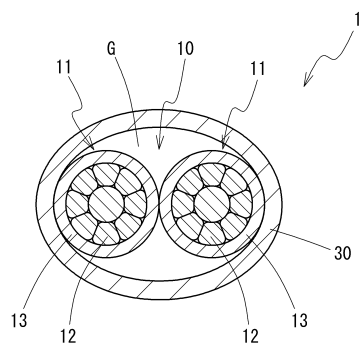
また、上記でも述べたとおり、対撚線の外周を被覆するシースは、通信用電線の細径化の要請の程度に応じて、ルーズジャケット型に限らず、充実型として設けてもよい。また、シースの内側にシールドを設けてもよい。また、シースを設けない構成とすることもできる。つまり、引張強さが 4 0 0 M P a 以上である導体と、該導体の外周を被覆する絶縁被覆と、からなる 1 対の絶縁電線が撚り合わせられた対撚線を有し、特性インピーダンスが、 100 ± 10 の範囲にある通信用電線とすることができる。これらの形態において、絶縁被覆の材質および厚さ、誘電正接、導体の成分組成および破断伸び、導体抵抗、絶縁電線の外径および偏芯率、対撚線の撚り構造および撚りピッチ、シースの材質および厚さ、密着力、誘電正接、通信用電線の破断強度等、通信用電線の各部に関して適用しうる好ましい構成は、上記と同様である。また、引張強さが 4 0 0 M P a 以上である導体と、該導体の外周を被覆する絶縁被覆と、からなる 1 対の絶縁電線が撚り合わせられた対撚線を有し、特性インピーダンスが、 100 ± 10 の範囲に入る通信用電線とし、かつ、その構成に対して、上記のような通信用電線の各部に関して適用しうる好ましい構成を適宜組み合わせることで、必要な大きさの特性インピーダンス値の確保と細径化を両立しながら、各構成によって付与されうる特性を備えた通信用電線を得ることができる。

【符号の説明】

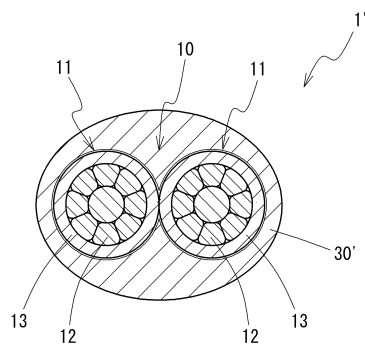
【 0 1 7 3 】

- 1 通信用電線
 1 0 対撚線
 1 1 絶縁電線
 1 2 導体
 1 3 絶縁被覆
 3 0 , 3 0 ' シース

【図 1】

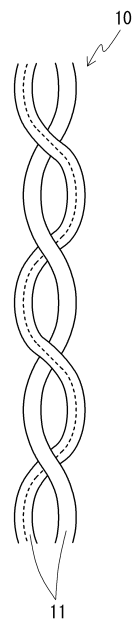


【図 2】

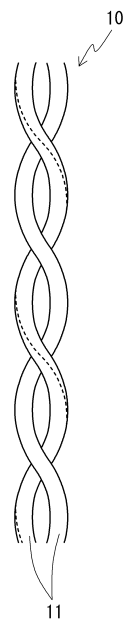


【図 3】

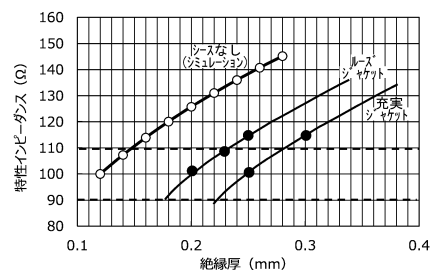
(a)



(b)



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 田口 欣司

三重県四日市市西末広町 1 番 1 4 号 株式会社オートネットワーク技術研究所内

審査官 木村 励

(56)参考文献 特開平 6 - 6 0 7 4 0 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 1 7 0 4 3 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 B 1 1 / 1 2

H 0 1 B 7 / 1 8