

(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
2019年1月17日(17.01.2019)

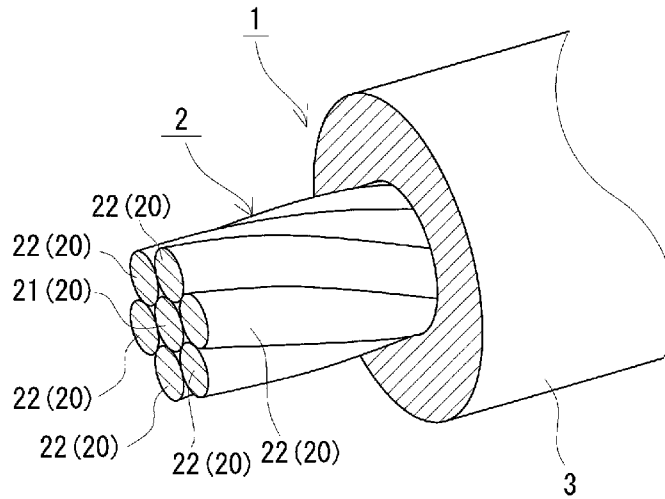


(10) 国際公開番号
WO 2019/013073 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 9/00 (2006.01) *C22C 9/06* (2006.01)
C22C 9/01 (2006.01) *C22F 1/08* (2006.01)
C22C 9/02 (2006.01) *H01B 7/00* (2006.01)
C22C 9/04 (2006.01) *C22F 1/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/025419
- (22) 国際出願日: 2018年7月4日(04.07.2018)
- (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 2017-138645 2017年7月14日(14.07.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社オートネットワーク技術研究所 (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES,LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 住友電装株式会社(SUMITOMO WIRING SYSTEMS,LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 小林 啓之 (KOBAYASHI, Hiroyuki); 〒5108503 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 Mie (JP). 坂本 慧(SAKAMOTO, Kei); 〒5410041 大

(54) Title: COVERED ELECTRICAL WIRE, AND ELECTRICAL WIRE WITH TERMINAL

(54) 発明の名称: 被覆電線、及び端子付き電線



(57) Abstract: A covered electrical wire comprising a conductor and an insulation covering layer that covers the periphery of the conductor, wherein the conductor is a stranded wire in which a plurality of strands that are formed from a copper alloy are concentrically twisted, the copper alloy includes 0.01mass% to 5.5mass% in total of one or two or more elements selected from Fe, Ti, Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, and P, the remainder consisting of Cu and unavoidable impurities, and the amount of oil adhesion on a surface of a center strand that is positioned in a center section of the stranded wire is 10μg/g or less in relation to the mass of the center strand.

(57) 要約: 導体と、前記導体の外周を覆う絶縁被覆層とを備える被覆電線であって、前記導体は、銅合金から構成される複数の素線が同心撚りされた撚線であり、前記銅合金は、Fe, Ti, Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPから選択される1種又は2種以上の元素を合計で0.01質量%以上5.5質量%以下含有し、残部がCu及び不可避免純物からなり、前記撚線の中心部に配置される中心素線の表面の油付着量が、前記中心素線の質量に対して10μg/g以下である被覆電線。

WO 2019/013073 A1

阪府大阪府中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 山野 宏(YAMANO, Hiroshi); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島六丁目1番3号 アストロ新大阪第2ビル10階 啓明特許事務所 Osaka (JP).

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

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：被覆電線、及び端子付き電線

技術分野

[0001] 本開示は、被覆電線、及び端子付き電線に関する。

本出願は、2017年07月14日付の日本国出願の特願2017-138645に基づく優先権を主張し、前記日本国出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1、2は、自動車に用いられるワイヤーハーネスを開示する。ワイヤーハーネスとは、代表的には、導体の外周に絶縁被覆層を備える被覆電線と、被覆電線の端部に取り付けられた端子部とを備える複数の端子付き電線を束ねたものである。特許文献1は、導体の断面積が 0.22mm^2 以下と小さくても耐衝撃性に優れ、分岐線を溶接した場合に溶接強度（ピール力）にも優れる導体として、特定の組成の銅合金線を7本撚り合せてなる銅合金撚線を開示する。特許文献2は、溶接強度に優れる導体として、Cu-Sn合金線を3本撚り合わせてなる銅合金撚線を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-086452号公報

特許文献2：特開2012-146431号公報

発明の概要

[0004] 本開示の被覆電線は、

導体と、前記導体の外周を覆う絶縁被覆層とを備える被覆電線であって、前記導体は、銅合金から構成される複数の素線が同心撚りされた撚線であり、

前記銅合金は、Fe, Ti, Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPから選択される1種又は2種以上の元素を合計で0.01質

量%以上5.5質量%以下含有し、残部がCu及び不可避不純物からなり、前記撚線の中心部に配置される中心素線の表面の油付着量が、前記中心素線の質量に対して $10\mu\text{g/g}$ 以下である。

- [0005] 本開示の端子付き電線は、
上記の本開示の被覆電線と、
前記被覆電線の端部に取り付けられた端子部とを備える。

図面の簡単な説明

- [0006] [図1]実施形態の被覆電線の一例を示す概略斜視図である。
[図2]実施形態の被覆電線の端面の一例を模式的に示す概略正面図である。
[図3]実施形態の端子付き電線について、端子部近傍を示す概略側面図である。
[図4]試験例1において、酸化膜の厚さの測定方法を説明する説明図である。
[図5]被覆電線に備えられる導体を構成する撚線について、撚線ピッチの測定方法を説明する説明図である。
[図6]試験例1において、試料No. 1-1の導体の横断面において、導体の一部を拡大して示す顕微鏡写真である。

発明を実施するための形態

- [0007] [本開示が解決しようとする課題]

上述のワイヤーハーネスに備えられる端子付き電線のように、端部に端子部が取り付けられて利用される被覆電線に対して、座屈し難いものが望まれている。

特許文献1, 2に記載されるように導体の断面積をより小さくすれば（細径化すれば）、導体が銅合金から構成されていても、軽量化を図ることができる。しかし、導体の断面積を小さくすると、導体の剛性が低くなり易く、ひいては被覆電線の剛性も低くなり易い。剛性が低い被覆電線を上述の端子付き電線に利用すると、端子部をハウジングの端子収納部に挿入する際などで、被覆電線における端子部近傍が局所的に座屈する（いわゆる腰折れする）可能性がある。従って、端子部の挿入作業性を向上するなどの観点から、

導体の断面積が小さい場合でも座屈し難い被覆電線が望まれる。

[0008] また、上述のように端部に端子部が取り付けられて利用される被覆電線に対して、端子部との接触抵抗の更なる低下が望まれている。

特許文献1は、導体の断面積が 0.22 mm^2 の撚線導体、又は 0.13 mm^2 の撚線導体に端子部を圧着固定し、クリンプハイトを 0.76 としたときの接触抵抗が小さいことを開示する。ここで、圧着端子を取り付ける場合にその圧縮度合を大きくすれば、撚線の撚り合せ状態を崩して各素線と端子部との接触面積を大きく確保し易くなり、接触抵抗を低くし易いと考えられる。しかし、上記圧縮度合が大きいほど、導体における端子部の圧縮箇所の残存面積割合（詳細は後述）が小さくなる。そのため、導体における端子部の圧縮箇所及びその近傍では、導体における端子部が取り付けられていない未圧縮箇所に比較して、例えば衝撃を受けた際に破断することなく耐えられる力（N）が小さく、耐衝撃性の弱点になり易い。上記圧縮度合を小さくすれば、導体における端子部の圧縮箇所及びその近傍の残存面積割合を大きく確保でき、未圧縮箇所の優れた特性、例えば耐衝撃性を維持でき、耐衝撃性に優れた端子付き電線とすることができる。従って、上述のような導体の断面積が小さい場合、特に 0.22 mm^2 以下である場合でも、更には上記圧縮度合がより小さい場合、特に導体における端子部の圧縮箇所の残存面積割合が 0.76 超である場合でも、接触抵抗が低い被覆電線が望まれる。

[0009] 更に、上述のように端部に端子部が取り付けられて利用される被覆電線に対して、分岐線などを溶接した場合に溶接強度（ピール力）の更なる向上が望まれている。

特に、特許文献1に記載される7本撚りといった同心撚りの撚線導体は、撚線導体の断面積を同じとする場合、特許文献2に記載される3本撚りの撚線導体よりも曲げなどが行い易く、ワイヤーハーネスなどに利用し易い。そのため、同心撚りの撚線導体を備える被覆電線に対して、溶接強度の向上が望まれる。

[0010] そこで、座屈し難い被覆電線、及び端子付き電線を提供することを目的の

一つとする。

[0011] [本開示の効果]

本開示の被覆電線、及び本開示の端子付き電線は座屈し難い。

[0012] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

(1) 本開示の一態様に係る被覆電線は、

導体と、前記導体の外周を覆う絶縁被覆層とを備える被覆電線であって、

前記導体は、銅合金から構成される複数の素線が同心撚りされた撚線であり、

前記銅合金は、Fe, Ti, Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPから選択される1種又は2種以上の元素を合計で0.01質量%以上5.5質量%以下含有し、残部がCu及び不可避不純物からなり、

前記撚線の中心部に配置される中心素線の表面の油付着量が、前記中心素線の質量に対して $10\mu\text{g}/\text{g}$ 以下である。

[0013] 上記の油とは、代表的には鉱物油、合成油などであり、製造過程で使用する潤滑剤（変色防止機能など、潤滑機能以外の機能を兼用する場合がある）に由来するものである。上記の油は、代表的には伸線加工などの塑性加工時に用いられる潤滑剤が挙げられる。

上記の同心撚りとは、少なくとも1本の素線を中心素線とし、この中心素線の外周を覆うように複数の外周素線を同心状に撚り合わせることをいう。

上記の撚線は、複数の素線（ここでは銅合金線）を撚り合せたままであって、圧縮成形していない非圧縮撚線その他、撚り合せ後に圧縮成形されてなる圧縮撚線を含む。

[0014] 上記の被覆電線は、導体を同心撚りされた撚線とするものの、以下の理由により、座屈し難い。上記の被覆電線では、撚線を構成する中心素線の表面に付着される油分が少ない。ここで、導体を撚線とする場合、代表的には、撚線に用いる各素線には、同様の製造条件で製造したものを利用する。そのため、中心素線の表面の油付着量が少なければ、各外周素線の表面の油付着

量も少ないといえ、ひいては上記撚線を構成する全ての素線について、その表面の油付着量が少ないといえる。従って、素線間に介在する油分、及び導体の最外側を構成する外周素線と絶縁被覆層間に介在する油分が少なく、素線間の摩擦、及び上記外周素線と絶縁被覆層間の摩擦が大きくなり易い。このような撚線を導体とする上記の被覆電線は、素線同士、導体と絶縁被覆層同士が滑り難く、これらが一体となって動き易い点から剛性に優れるといえる。導体の断面積が小さい場合、特に 0.22 mm^2 以下、更に 0.2 mm^2 以下、 0.15 mm^2 以下である場合でも、上述のように素線間の摩擦や導体と絶縁被覆層間の摩擦が大きいため、剛性に優れる。上記の被覆電線は、このように被覆電線全体として剛性に優れることで座屈し難い。このような上記の被覆電線は、端子付き電線に利用した場合に、端子部をハウジングの端子収納部に挿入する際などで端子部近傍が座屈し難く、挿入作業性に優れる。

[0015] また、上記の被覆電線は、端部に端子部が取り付けられた場合に端子部との接触抵抗が低い。上述の導体を構成する各素線の表面に付着する油分は一般に電気絶縁材であるものの、上記の被覆電線では、上述のようにこの油分が少ないため導体と端子部間に介在する油分が少ないからである。ここで、上述の油付着量がある程度多くても、大きな圧縮度合で端子部を取り付ければ、導体における端子部の圧縮箇所において、素線同士の擦れ合いが局所的に生じて油分を除去し、接触抵抗を低くし易いと考えられる。これに対して、上記の被覆電線は、上記油付着量が少ないため、上記圧縮度合を小さくしても接触抵抗を低くできる。上記圧縮度合が小さければ、導体における端子部の圧縮箇所の残存面積割合を大きくでき、導体における非圧縮箇所の優れた特性を維持できる。例えば、耐衝撃性に優れる導体であれば、その断面積が小さい場合、特に 0.22 mm^2 以下、更に 0.2 mm^2 以下、 0.15 mm^2 以下である場合でも、耐衝撃性に優れる端子付き電線を構築できる。このような上記の被覆電線は、端子付き電線に利用した場合に、上述のように導体の断面積が小さい場合でも、更には上記圧縮度合がより小さい場合でも、

接触抵抗が低い上に耐衝撃性にも優れる。

[0016] 更に、上記の被覆電線は、同心撚りされた撚線からなる導体に、分岐線などを溶接した場合に溶接強度に優れる。上述のように導体を構成する各素線の表面に付着する油分が少ないため、溶接時に油分に起因する変成物などを生成し難く、溶接箇所に変成物を介在することに起因する強度の低下を招き難いからである。

[0017] (2) 上記の被覆電線の一例として、
前記素線の表面に酸化銅からなる被膜を有し、
前記被膜の厚さが10nm以下である形態が挙げられる。

[0018] 上記形態は、電気絶縁材を含む酸化銅からなる被膜を有するものの、この被膜が十分に薄い。そのため、上記形態は、端子部との接触抵抗をより低減し易い。また、上記形態は、酸化銅の介在による溶接強度の低下を低減して、溶接強度により優れる。

[0019] (3) 上記の被覆電線の一例として、
前記導体の引張強さが450MPa以上であり、破断伸びが5%以上である形態が挙げられる。

[0020] 上記形態は、引張強さが高いため、より座屈し難い。また、上記形態は、溶接強度により優れる。更に、上記形態は、引張強さ及び破断伸びの双方が高いため、耐衝撃性にも優れる。

[0021] (4) 上記の被覆電線の一例として、
前記導体の断面積が0.22mm²以下であり、
前記撚線の撚りピッチが12mm以上である形態が挙げられる。

[0022] 上記形態は、導体の断面積が小さいものの撚線の撚りピッチが長いため、強度に優れ、より座屈し難い。

[0023] (5) 上記の被覆電線の一例として、
前記撚線の最外側に配置される各外周素線の外周面のうち、撚り溝を除くクラウン部から前記絶縁被覆層の外周面までの最小距離を前記絶縁被覆層の厚さとし、前記厚さの最大値に対する前記厚さの最小値の比率が80%以上

である形態が挙げられる。

[0024] 上記形態は、導体に対して絶縁被覆層が均一的な厚さで設けられているといえ、導体と絶縁被覆層との一体化による剛性をより高められて、より座屈し難い。

[0025] (6) 本開示の一態様に係る端子付き電線は、
上記(1)から(5)のいずれか一つに記載の被覆電線と、
前記被覆電線の端部に取り付けられた端子部とを備える。

[0026] 上記の端子付き電線は、上述の油付着量が少ない撚線を導体とする上記の被覆電線を備えるため、上述のように座屈し難い、導体と端子部との接触抵抗が低い、溶接強度に優れるという効果を奏する。

[0027] (7) 上記の端子付き電線の一例として、
前記導体における前記端子部が取り付けられていない未圧縮箇所 ϕ の断面積に対する前記端子部が取り付けられた圧縮箇所 ϕ の断面積の比を ϕ 残存面積割合とし、前記 ϕ 残存面積割合が0.76超である形態が挙げられる。

[0028] 上記形態は、導体における端子部の圧縮箇所 ϕ の導体 ϕ 残存面積が大きいものの、上述のように油付着量が少ないため、接触抵抗が低い。また、上記形態は、上記導体 ϕ 残存面積が大きい ϕ ため、導体における非圧縮箇所 ϕ の特性、例えば耐衝撃性を維持でき、耐衝撃性などにも優れる。

[0029] [本開示の実施形態の詳細]

以下、適宜、図面を参照して、本開示の実施の形態を詳細に説明する。図中、同一符号は同一名称物を示す。銅合金の組成において、元素の含有量は、断りが無い限り質量割合(質量%又は質量ppm)とする。

[0030] [被覆電線]

実施形態の被覆電線1は、図1に示すように、導体2と、導体2の外周を覆う絶縁被覆層3とを備える。導体2は、銅合金から構成される複数の素線20が同心撚りされた撚線である。上記銅合金は、Fe, Ti, Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPから選択される1種又は2種以上の元素を合計で0.01%以上5.5%以下含有し、残部がCu及び

不可避不純物からなる。この撚線は、1本以上の中心素線21を中心として、その外周に複数の外周素線22を同心状に撚り合わせたものである。図1は、1本の中心素線21の外周に6本の外周素線22を撚り合わせた7本撚りの場合を例示する。実施形態の被覆電線1は、導体2を構成する素線20のうち、撚線の中心部に配置される中心素線21の表面に付着される油分が少ないことを特徴の一つとする。定量的には、中心素線21の表面の油付着量が、中心素線21の質量(g)に対して、 $10\mu\text{g/g}$ 以下である。以下、導体2、絶縁被覆層3を順に説明する。

[0031] (導体)

導体2を構成する各素線20は、添加元素を含み、残部がCu及び不可避不純物からなる銅合金から構成される線材である。添加元素は、Fe, Ti, Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPから選択される1種又は2種以上の元素が挙げられる。添加元素の合計の含有量は0.01%以上5.5%以下が挙げられる。添加元素の種類にもよるが、添加元素の合計の含有量が多いほど引張強さが高くなり易く強度や剛性に優れ、少ないほど導電率が高くなり易い。具体的な組成として、以下が挙げられる(残部はCu及び不可避不純物)。

組成(1 析出+固溶型合金) Feを0.2%以上2.5%以下と、Tiを0.01%以上1.0%以下と、Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPから選択される1種又は2種以上の元素を合計で0.01%以上2.0%以下とを含む。

組成(2 析出+固溶型合金) Feを0.1%以上1.6%以下と、Pを0.05%以上0.7%以下と、Sn及びMgの少なくとも一方の元素を合計で0%以上0.7%以下とを含む。

組成(3 固溶型合金) Snを0.15%以上0.7%以下含む。

組成(4 固溶型合金) Mgを0.01%以上1.0%以下含む。

[0032] 上記組成(1)において、Feの含有量は0.4%以上2.0%以下、更に0.5%以上1.5%以下、

Tiの含有量は0.1%以上0.7%以下、更に0.1%以上0.5%以下、

Mgの含有量は0.01%以上0.5%以下、更に0.01%以上0.2%以下、

Snの含有量は0.01%以上0.7%以下、更に0.01%以上0.3%以下、

Agの含有量は0.01%以上1.0%以下、更に0.01%以上0.2%以下、

Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPの合計含有量は0.01%以上0.3%以下、更に0.01%以上0.2%以下とすることができる。

[0033] 上記組成(2)において、Feの含有量は0.2%以上1.5%以下、更に0.3%以上1.2%以下、

Pの含有量は0.1%以上0.6%以下、更に0.11%以上0.5%以下、

Mgの含有量は0.01%以上0.5%以下、更に0.02%以上0.4%以下、

Snの含有量は0.05%以上0.6%以下、更に0.1%以上0.5%以下とすることができる。

[0034] 上記組成(3)において、Snの含有量は0.15%以上0.5%以下、更に0.15%以上0.4%以下とすることができる。

[0035] 上記組成(4)において、Mgの含有量は0.02%以上0.5%以下、更に0.03%以上0.4%以下とすることができる。

[0036] その他、C, Si, 及びMnから選択される1種又は2種以上の元素を合計で10ppm以上500ppm以下含有することができる。これらの元素は、上述のFeやSnなどの元素の酸化防止剤として機能することができる。

[0037] <組織>

各素線20を構成する銅合金が時効処理を施すと析出物を形成する析出型

銅合金（例、上述の組成（１），（２）など）である場合、時効処理が施されていれば、代表的には析出物を含む組織を有する。析出物が均一的に分散した組織を有すると、析出強化による高強度化、添加元素の固溶量の低減による高導電率化などを期待できる。

[0038] 上記銅合金が析出物を含む組織を有する場合、粗大な析出物がある程度少ないと、溶接強度を高め易い、との知見を得た。定量的には、導体２の縦断面を顕微鏡観察して、この観察像において、粒径が $1\mu\text{m}$ 以上である析出物の個数が 1mm^2 当たり $20,000$ 個未満であること（ $20,000$ 個/ mm^2 未満）が好ましい。溶接前の導体２に粗大な析出物が多いと、導体２を溶融させ難くなり、適切に溶接を行えなかったり、溶接箇所これらの粗大粒が残存して、これら粗大粒が割れの起点になったりするなどの理由により、溶接強度の低下を招き易くなるからである。特に、導体２に溶接される別の被覆電線の導体などが純銅からなる場合、組織の相違による溶接性の低下を招き易い。従って、溶接強度の向上を考慮すると、上記粗大な析出物は少ないほど好ましく、 $19,000$ 個/ mm^2 以下、更に $15,000$ 個/ mm^2 以下、 $10,000$ 個/ mm^2 以下、 $8,000$ 個/ mm^2 以下が好ましい。析出物の大きさや個数は、例えば銅合金の組成などに応じて、時効処理の条件を調整することで制御できる。析出物の測定方法の詳細、時効処理の条件は後述する。なお、導体２の縦断面とは、導体２の長手方向に平行な平面で切断した断面をいう。

[0039] <表面状態>

・油付着量

実施形態の被覆電線１は、素線２０の表面の油付着量が少ない。定量的には、中心素線２１の質量 1g に対して、中心素線２１の表面に付着する油分の質量が $10\mu\text{g}$ 以下である。中心素線２１と外周素線２２とが同一組成の銅合金からなる場合、これらの素線２１，２２は同一の製造条件で製造されたと考えられる。この場合、中心素線２１における油付着量と外周素線２２における油付着量とは実質的に等しいと考えられる。しかし、油付着量の測

定にあたり、被覆電線 1 から絶縁被覆層 3 を除去する際に絶縁被覆層 3 に外周素線 2 2 の表面の油分が付着して適切に測定できないことが考えられる。そこで、絶縁被覆層 3 に接していない中心素線 2 1 の表面の油分を測定する。

[0040] 上述のように中心素線 2 1 の表面の油付着量が少ないため、外周素線 2 2 の表面の油付着量も同様に少なく、全ての素線 2 0 についてその表面の油分が少ないといえる。その結果、隣り合う素線 2 0 間の摩擦、導体 2 と絶縁被覆層 3 間の摩擦が大きくなり易く、被覆電線 1 の構成要素全体が一体として動き易く座屈し難い。また、上記油付着量が少ない結果、被覆電線 1 の端部に端子部を取り付けた場合に導体 2 と端子部間の油分が少なくなり易く、導体 2 と端子部との接触抵抗を低減できる。更に、上記油付着量が少ない結果、導体 2 に分岐線などを溶接した場合に溶接箇所油分に起因する変成物などが介在し難く、溶接強度を高められる。上記油付着量は、少ないほど、上述の摩擦を大きくし易く被覆電線 1 が座屈し難い、導体 2 と端子部間の油分を低減し易く、導体 2 と端子部との接触抵抗が低下し易い、溶接箇所の変成物の介在を低減し易く溶接強度が高くなり易い傾向にある。そのため、上記油付着量は、 $9.5 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下、更に $9 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下、 $8.8 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下が好ましい。但し、上記油付着量が少な過ぎると、素線 2 0 同士が滑り難くなり、適切な曲げなどが行い難い可能性がある。そのため、上記油付着量は、 $0.5 \mu\text{g}/\text{g}$ 以上、更に $1 \mu\text{g}/\text{g}$ 以上が好ましいと考えられる。油付着量の測定方法は後述する。

[0041] 素線 2 0 の表面に付着する上述の油分は、代表的には、製造過程で使用する潤滑剤（伸線用の潤滑剤など）に由来するものである。そのため、上記油付着量の低減方法として、例えば、伸線加工時などでの潤滑剤の塗布量を低減することが挙げられる。その他、時効処理や軟化処理などの熱処理を行う場合に熱処理条件を調整して油分を積極的に低減、除去することが挙げられる。油分を低減、除去する熱処理を別途設けることもできる。伸線加工時などで潤滑剤の塗布量を多くした場合でも、後工程で熱処理を行えば、上記油

付着量を確実に低減、除去できる。熱処理条件は後述する。

[0042] 上記油付着量を測定する場合に測定対象である中心素線21の長さを20m以上とすれば、測定する油分量を多く確保でき、測定精度を高められる。例えば、被覆電線がリールに巻き取られた状態のものであれば、巻き戻して、20m以上の長さの電線試料片を切り出し、電線試料片から導体を取り出して、中心素線の油付着量を測定するとよい。又は、例えば、自動車用途やロボット用途のワイヤーハーネスなどに備えられる各被覆電線の長さは20m未満である場合がある。このような場合には、中心素線の合計長さが20m以上となるように、長さ20m未満の被覆電線を複数集め、各被覆電線から導体を取り出して、中心素線の油付着量の合計量を測定するとよい。集める被覆電線は、少なくとも導体の仕様（素線の組成、撚線の素線数、素線の平均断面積や導体外径など）が実質的に同一と見做せるものとする。

[0043] ・酸化膜

各素線20の表面にCuOといった電気絶縁材を含む酸化銅が少ないと、導体2に端子部を圧着固定などした場合に導体2と端子部との接触抵抗を低くできる。定量的には、素線20の表面に、酸化銅からなる被膜を有し、この被膜の厚さが10nm以下であることが好ましい。ここで、銅合金から構成される素線20では、製造過程で上述のように熱処理を行うと、その表面に酸化銅からなる被膜が形成され得る。上記被膜をなす酸化銅は一般にCuOとCu₂Oとを含むことから、上記被膜が薄いほど、被膜に含まれる電気絶縁材が少なく、導体2と端子部との接触抵抗を低くできる。そのため、上記被膜の厚さは、9.5nm以下、更に8nm以下、5nm以下が好ましい。上記被膜は存在しない（厚さが0nmである）ことが望ましいが、実用的な熱処理時の作業性を考慮すると、上記被膜の厚さは、0.05nm以上、更に0.08nm以上とすることができる。上記被膜の厚さの測定方法は後述する。

[0044] 中心素線21と外周素線22とが同一組成の銅合金からなる場合、同一の製造条件で製造されたと考えられる。この場合、中心素線21における酸化

銅の被膜の厚さと外周素線 2 2 における酸化銅の被膜の厚さとは実質的に等しいと考えられる。しかし、上記被膜の厚さ測定にあたり、例えば被覆電線 1 から絶縁被覆層 3 を除去する際に外周素線 2 2 の表面を損傷して、酸化銅の被膜の厚さを適切に測定できないことが考えられる。そこで、上記厚さ測定は、絶縁被覆層 3 に接していない中心素線 2 1 について行うことが好ましいと考えられる。

[0045] 上述のように酸化銅の被膜の厚さが 10 nm 以下と薄ければ、被覆電線 1 の端部に端子部を圧着固定する際の圧縮度合を小さくしても接触抵抗を低くできる。被覆電線 1 は、上記圧縮度合を小さくできることで、導体 2 における端子部の圧縮箇所の残存面積割合を大きく確保して、導体 2 における非圧縮箇所の優れた特性を維持し易くできる。このような被覆電線 1 は、耐衝撃性などの特性に優れる端子付き電線 10 (図 3) の構築に寄与する。

[0046] 上記酸化銅の被膜の厚さを薄くする方法として、例えば、時効処理や軟化処理などの熱処理を行う場合に雰囲気制御することが挙げられる。詳細は後述する。

[0047] ・表面粗さ

各素線 2 0 の表面が平滑であると、導体 2 に分岐線などを溶接する場合に、溶接前に両者を接触させ易く、精度よく溶接できる結果、溶接強度を高められる、との知見を得た。また、各素線 2 0 の表面が平滑であると、油分が表面の凹部に残存し難く、油付着量を低減し易いと期待される。定量的には、中心素線 2 1 の表面粗さ R_a 及び外周素線 2 2 の表面粗さ R_a の双方が $0.05 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。表面粗さ R_a が小さいほど、溶接強度を高め易いため、 $0.04 \mu\text{m}$ 以下、 $0.035 \mu\text{m}$ 以下がより好ましい。また、中心素線 2 1 の表面粗さ R_a と外周素線 2 2 の表面粗さ R_a との差が小さいこと、具体的には $0.005 \mu\text{m}$ 以下、更に $0.004 \mu\text{m}$ 以下であることも好ましい。ここで、導体 2 を圧縮撚線とする場合、外周素線 2 2 は圧縮成形によって塑性変形されることで、外周素線 2 2 の表面粗さ R_a が中心素線 2 1 よりも小さくなることがある (後述の試験例参照)。外周素線

22の表面が平滑でも、中心素線21の表面が荒れていれば、溶接強度の低下を招き得る(同)。そのため、導体2を構成する全ての素線20の表面が平滑であることが好ましい。表面粗さRaの測定方法は後述する。ここでの表面粗さRaは、JIS B 0601(2013年)に準ずる。

[0048] 上記表面粗さRaを小さくする方法として、伸線加工などで用いる伸線ダイスの内周面の表面粗さRaが小さいもの、例えば $0.05\mu\text{m}$ 以下のものを利用することが挙げられる。伸線ダイスの表面粗さは、例えば伸線材の表面粗さを代替値として利用すると、測定が容易である。

[0049] <断面積>

導体2の断面積(撚線を構成する素線20の合計断面積)は、被覆電線1の用途に応じて適宜選択できる。特に、上記断面積が 0.22mm^2 以下であれば軽量の被覆電線1とすることができる。このような被覆電線1は、軽量化が望まれる用途、例えば自動車用ワイヤーハーネスなどに好適に利用できる。更なる軽量を考慮すると、上記断面積は、 0.2mm^2 以下、更に 0.15mm^2 以下、 0.13mm^2 以下とすることができる。

[0050] 導体2の断面積が所定の大きさとなるように、撚り合せ前の各素線20の断面積、形状などを選択するとよい。撚り合せ前の素線20として、断面積や形状が異なる素線20を含むことができるが、各素線20の断面積や形状が等しいと撚り合わせ条件を調整し易い。

[0051] <撚り合せ状態>

・素線数など

導体2を構成する撚線の素線数は適宜選択でき、7本その他、19本、37本などとしたり、中心素線21を2本以上の線材としたりすることができる。図1に示す7本撚りでは、1本の中心素線21の外周に6本の外周素線22から構成される1層の外周層を備える。19本撚りでは2層の外周層を備え、37本撚りでは3層の外周層を備える。

[0052] ・撚線の圧縮割合

導体2を構成する撚線が素線20を撚り合せたままの非圧縮撚線(図1参

照)であれば、圧縮成形工程を不要にできる。又は、導体2を構成する撚線が撚り合せた後圧縮成形されてなる圧縮撚線(図2参照)であれば、以下の効果を奏する。

撚線の外径を非圧縮撚線よりも小さくできて細径の被覆電線1とすることができる、

横断面形状を円形状などの所望の形状にすることができる、

絶縁被覆層3を形成し易い、

圧縮加工時の加工硬化による強度の向上が期待できる。

ひいてはより座屈し難い被覆電線1や、溶接強度により優れる被覆電線1とすることができる。なお、導体2の横断面とは、導体2の長手方向に直交する平面で切断した断面をいう。

[0053] 撚り合せ前の素線20の合計断面積(例、7本撚線であれば7本の素線20の合計面積)に対して、圧縮成形によって減少した断面積の割合、即ち{(撚り合せ前の素線の合計断面積-圧縮撚線の断面積)/撚り合せ前の素線の合計断面積}×100を圧縮撚線の圧縮割合(%)とすると、この圧縮割合が大きいほど強度を向上し易い。但し、上記圧縮割合が大きすぎると破断伸びなどの靱性の低下や耐衝撃性の低下を招いたり、端子部を圧着し難くなったりする可能性がある。また、上記圧縮割合は素線の表面粗さにも影響を与えることがあり(後述の試験例参照)、例えば大きすぎると、外周側に配置される素線の表面粗さが非常に小さくなって、内側に配置される素線の表面粗さ R_a と外周側に配置される素線の表面粗さ R_a との差が大きくなり易い。内側の素線の表面粗さが相対的に大きいことで溶接強度の低下を招き得る。強度の向上、靱性や耐衝撃性の確保、溶接強度の向上などを考慮すると、圧縮撚線の圧縮割合は10%以上30%以下が好ましく、更に12%以上25%以下、12%以上20%以下とすることができる。圧縮割合は、製造過程で予め設定しておき、設定値に基づいて圧縮成形することで上述の範囲とすることができる。なお、圧縮状態によっては、導体2をなす素線20のうち、中心素線21を内包する最小の包絡円をとり、この包絡円の断面積×

素線数を撚り合せ前の素線の合計断面積と仮定して、上述の圧縮撚線の圧縮割合を簡易的に測定できる場合がある。

[0054] ・撚りピッチ

導体2を構成する撚線の撚りピッチ（外周素線22の撚りピッチ）は導体2の断面積などに応じて適宜選択できる。導体2の断面積が小さい場合、特に 0.22 mm^2 以下である場合に撚線の撚りピッチがある程度長いと、特に 12 mm 以上、更に 14 mm 以上であると強度に優れ、座屈し難い被覆電線1とすることができる。撚りピッチは長いほど強度を高め易く、 14.5 mm 以上、更に 15 mm 以上、 15.5 mm 以上とすることができる。撚りピッチが長過ぎると、素線20同士が滑り易くなり曲げなどを行い易い反面、素線20同士が一体として動き難くなり、座屈し易くなる可能性がある。そのため、導体2の断面積が 0.22 mm^2 以下である場合の撚りピッチは 20 mm 以下、更に 16 mm 以下が好ましい。

[0055] 上述の撚りピッチは、製造過程で予め設定しておき、設定値に基づいて複数の素線20を撚り合わせることで上述の範囲とすることができる。なお、被覆電線1に備えられる導体2に対して、撚りピッチを測定する場合、例えば以下のように行う。所定の長さ（例えば 100 mm 以上）の被覆電線1を用意して、被覆電線1の両端を固定した状態で、絶縁被覆層3をフェザーなどの適宜な切削工具で除去して導体2を露出させる。導体2の露出箇所を和紙やトレーシングペーパーなどの薄い紙を当てて、鉛筆などで、撚り溝と、導体の軸方向に延びる外周縁とをトレースする。図1に例示するように外周素線22が6本である7本撚りの撚線では、図5に示すように2本の外周縁510、510は平行に配置され、撚り溝512は、外周縁510に交差する斜めの線（代表的には濃くトレースされた線）で表される。隣り合う撚り溝512、512間が1本の外周素線22である。6本の外周素線22ごとに（7本の撚り溝512ごとに）、外周縁510に沿った長さPを定規などで測定する。n=3の長さPを測定し、n=3の長さPの平均を撚りピッチとする。上述の導体2の露出箇所を写真にとり、写真（画像）を用いて上記

長さPを測定することもできる。このようにして測定した撚りピッチは、上述の製造過程での設定値に実質的に等しい。

[0056] <形状>

導体2の外形は、撚り合せ状態に応じた形状を有する（図1，図2参照）。圧縮撚線では、代表的には、横断面形状又は端面形状が円形に近いもの（図2参照）が挙げられる。その他、圧縮成形時の成形金型の形状を適宜選択することで、横断面形状を楕円状、六角形状などの多角形状などとすることもできる。

[0057] <特性>

導体2の組成や製造条件などにもよるが、導体2の引張強さが450MPa以上、導体2の破断伸びが5%以上、及び導体2の導電率が55% IACS以上の少なくとも一つを満たすものとする事ができる。引張強さが450MPa以上であれば、高強度であり、座屈し難い。また、溶接強度に優れる。破断伸びが5%以上であれば、曲げ易い。導電率が55% IACS以上であれば、導電性に優れ、導体2の断面積をより小さくし易い。特に引張強さが450MPa以上であり、かつ破断伸びが5%以上であれば、強度と靱性との双方に優れる上に、耐衝撃性により優れて好ましい。列挙した三つの事項を全て満たすことがより好ましい。

より高強度を望む場合には、引張強さを460MPa以上、更に465MPa以上、470MPa以上、更には500MPa以上とすることができる。

より高靱性を望む場合には、破断伸びを6%以上、更に7%以上、8%以上、更には10%以上とすることができる。

より高導電率を望む場合には、導電率を60% IACS以上、更に65% IACS以上、70% IACS以上とすることができる。

[0058] 引張強さ、破断伸び、導電率は、代表的には、銅合金の組成や製造条件を調整することで所定の大きさにすることができる。例えば、添加元素を多くしたり、伸線加工度を高めて細径の素線20を用いたりすると、引張強さが

高く、導電率が低くなる傾向にある。例えば、熱処理を行う場合に熱処理温度を高めると、破断伸びが高く、引張強さが低くなる傾向にある。析出型銅合金では時効処理を行うと導電率が高くなる傾向にある。

[0059] (絶縁被覆層)

・構成材料

絶縁被覆層3を構成する絶縁材料は、例えば、ポリ塩化ビニル(PVC)やハロゲンフリー樹脂(例えば、ポリプロピレン(PP)など)、難燃性に優れる材料などが挙げられる。PVCは、比較的柔らかく、曲げなどが行い易い被覆電線1とすることができる。ハロゲンフリー樹脂は、比較的硬く、絶縁被覆層3の厚さが比較的薄くても座屈し難い被覆電線1とすることができる。上記絶縁材料には、公知の絶縁材料を利用できる。

[0060] ・厚さ

絶縁被覆層3の厚さは、導体2の断面積などに応じて、所定の絶縁強度を有する範囲で適宜選択できる。特に、導体2の断面積が 0.22 mm^2 以下である場合には、絶縁被覆層3の平均厚さは 0.21 mm 以上が好ましく、更に 0.22 mm 以上、 0.23 mm 以上がより好ましい。絶縁被覆層3の厚肉化による被覆電線1の剛性の向上を期待でき、座屈し難くできるからである。平均厚さとは、図2に示すように導体2をなす撚線の最外側に配置される各外周素線22の外周面のうち、隣り合う外周素線22, 22の外周面の対向箇所形成される撚り溝25を除くクラウン部220から絶縁被覆層3の外周面までの最小距離を厚さ t_n とし、これら厚さ t_n の平均である(厚さ t_n の総和/外周素線の個数)。7本撚りでは、6本の外周素線22に対応した厚さ $t_1 \sim t_6$ の平均($(t_1 + t_2 + \dots + t_6) / 6$)である。簡略的には、上記平均厚さは、導体2を内包する最小の包絡円200から絶縁被覆層3の外周面までの平均距離に相当する。

[0061] 絶縁被覆層3は、導体2に対して均一的な厚さで形成されていることが好ましい。導体2と絶縁被覆層3との一体化による剛性を高め易く、座屈し難くできるからである。定量的には、上述の厚さ t_n の最大値に対する厚さ t_n

の最小値の比率（以下、厚さの均一率と呼ぶ）が80%以上であることが挙げられる。上記厚さの均一率は、大きいほど、絶縁被覆層3の厚さが均一的であるといえ、より座屈し難くできることから、80.5%以上、更に82%以上がより好ましい。全ての厚さ t_n が等しいこと、即ち上記厚さの均一率が100%であることが最も好ましい。なお、上記厚さの均一率が大きい場合、導体2の軸と絶縁被覆層3の軸とが同軸に近いといえ、導体2に対する絶縁被覆層3の偏心度合が小さいといえる。

[0062] 絶縁被覆層3は導体2を構成する撚線の外周に沿って形成されるため、撚り溝25を埋める箇所（クラウン部220）の厚さがクラウン部220を覆う箇所（溝部）の厚さよりも厚くなる。代表的には、撚り溝25を覆う箇所（溝部）の厚さが最大厚さ t_{max} をとり、クラウン部220を覆う箇所（クラウン部）の厚さが最小厚さ t_{min} をとる。図2では最小厚さ t_{min} として、 t_1 を例示する。絶縁被覆層3において、最大厚さ t_{max} に対する最小厚さ t_{min} の比（ t_{min}/t_{max} 、以下、厚さ比と呼ぶ）が小さ過ぎると、クラウン部220を覆う箇所（クラウン部）の厚さが小さ過ぎるため、剛性を高め難くなる。座屈し難くする観点からは、上記厚さ比は、0.6以上0.9以下が好ましく、更に0.61以上0.88以下、0.62以上0.85未満とすることができる。

[0063] （用途）

実施形態の被覆電線1は、各種の配線に利用できる。特に、被覆電線1の端部に端子部が取り付けられた状態で使用される用途などに適する。具体的には、被覆電線1は、自動車や飛行機等の機器、産業用ロボット等の制御機器といった各種の電気機器の配線、例えば自動車用ワイヤーハーネスといった各種のワイヤーハーネスの配線などに利用できる。

[0064] [端子付き電線]

実施形態の端子付き電線10は、図3に示すように実施形態の被覆電線1と、被覆電線1の端部に取り付けられた端子部4とを備える。図3では、端子部4として、一端に雌型又は雄型の嵌合部42を備え、他端に絶縁被覆層3を把持するインシュレーションバレル部44を備え、中間部に導体2を把

持するワイヤバレル部40を備える圧着端子を例示する。圧着端子は、被覆電線1の端部において絶縁被覆層3が除去されて露出された導体2の端部に圧着されて、導体2と電氣的及び機械的に接続される。その他の端子部4として、導体2を溶融して接続する溶融型のものなどが挙げられる。

[0065] 端子付き電線10は、被覆電線1ごとに一つの端子部4が取り付けられた形態(図3)の他、複数の被覆電線1に対して一つの端子部4を備える形態が挙げられる。複数の被覆電線1を結束具などによって束ねると、端子付き電線10を取り扱い易い。

[0066] 端子付き電線10に備えられる端子部4が圧着端子である場合、導体2における端子部4が取り付けられていない未圧縮箇所(未圧縮箇所)の断面積に対する端子部4が取り付けられた圧縮箇所(圧縮箇所)の断面積の比を残存面積割合とし、この残存面積割合が大きいと、導体2の断面積が上述のように小さい場合でも、耐衝撃性などの特性に優れて好ましい。定量的には、上記残存面積割合が0.76超であることが挙げられる。上記残存面積割合が大きいほど、導体2における端子部4の圧縮箇所は、導体2における未圧縮箇所の優れた特性を維持し易く、端子付き電線10全体として耐衝撃性などに優れる。耐衝撃性などの向上を考慮すると、上記残存面積割合は、0.77以上、更に0.78以上、0.79以上、0.80以上とすることができる。

[0067] 上記残存面積割合は、端子部4を取り付ける際の圧縮度合を調整する、特に小さくすることで、代表的にはクリンプハイト(C/H、端子付き電線10におけるワイヤバレル部40の高さ)を調整することで、上述の範囲を満たすことができる。実施形態の端子付き電線10は、上述のように油付着量が少ない撚線を導体2とする被覆電線1を構成要素とするため、上述のように圧縮度合が小さくても、導体2と端子部4間の接触抵抗を低くできる(後述の試験例参照)。

[0068] 実施形態の端子付き電線10における導体2の非圧縮箇所は、上述した実施形態の被覆電線1に備えられる導体2の仕様(組成、組織、表面性状、撚り合せ状態、形状、特性など)を維持する、又は同等程度(同等程度)の特性などを有す

る。各項目の詳細は上述の通りである。

[0069] (用途)

実施形態の端子付き電線10は、上述の自動車や飛行機、制御機器などといった各種の電気機器の配線、特に自動車用ワイヤーハーネスといった各種のワイヤーハーネスの配線などに利用できる。

[0070] [電線の溶接構造]

実施形態の被覆電線1や実施形態の端子付き電線10では、導体2の一部に分岐線などを溶接して分岐をとることができる。この場合、導体2は、上述のように油付着量が少ないため、溶接箇所におよび油分に起因する変成物などが介在し難く、溶接強度に優れる。分岐線は、実施形態の被覆電線1や実施形態の端子付き電線10と同様の構成のものとするることができる。その他の分岐線として、純銅から構成される銅導体を備える被覆電線などが挙げられる。例えば、実施形態の被覆電線1又は実施形態の端子付き電線10と、純銅から構成される銅導体を備える分岐用被覆電線と、導体2において絶縁被覆層3から露出された露出箇所と銅導体の一部とが溶接された溶接箇所とを備える電線の溶接構造を構築することができる。純銅は一般に銅合金よりも強度に劣る。そのため、この電線の溶接構造では、銅合金から構成される導体2よりも銅導体の断面積を大きくすると、溶接箇所の強度を高め易い。また、導体2を構成する銅合金が上述の析出物を含む場合には、上述のように粗大な析出物が少ない組織とすると、析出物が実質的に存在しない純銅の組織に近くなるため、溶接を行い易くなり、接合強度を高め易い。

[0071] [効果]

実施形態の被覆電線1、及び実施形態の端子付き電線10は、導体2を同心撚りの撚線とし、素線20の表面の油付着量を特定の範囲とするため、座屈し難い、導体2と端子部4との接触抵抗が低い、分岐線などを溶接した場合に溶接強度に優れる、といった格別の効果を奏する。これらの効果を後述の試験例1で具体的に説明する。

[0072] [被覆電線の製造方法]

実施形態の被覆電線 1 は、代表的には、銅合金から構成される導体 2 を準備する工程と、導体 2 の外周に絶縁被覆層 3 を形成する工程とを備える製造方法によって製造できる。基本的な製造条件などは、撚線の導体と、この導体の外周を覆う絶縁被覆層とを備える被覆電線を製造する公知の製造方法を参照できる。導体 2 は、銅合金からなる複数の素線 20 を同心撚りした撚線とする。

[0073] (素線)

各素線 20 は、代表的には、銅合金を鋳造する工程と、鋳造材に圧延やコンフォーム押出などの塑性加工を施す工程と、塑性加工材に伸線加工を施す工程とを備える製造方法によって製造できる。鋳造には、各種の連続鋳造が利用できる。伸線加工に供する素材として、連続鋳造に引き続いて圧延を行う連続鋳造圧延材とすることができる。伸線加工の途中又は伸線加工後に適宜熱処理を施すことができる。基本的な製造条件などは、公知の銅合金線の製造方法を参照できる。

[0074] 伸線加工時には、適宜な潤滑剤を利用すると断線し難く、伸線加工性に優れる。例えば、この潤滑剤の塗布量を少なめにすれば、上述の油付着量が上述の特定の範囲を満たすことができる。上記塗布量の調整の有無によらず、熱処理によって油分を積極的に低減、除去することもできる。その他、伸線ダイスとして、その内周面の表面粗さ R_a が小さいもの（詳細は上述）を利用すると、素線 20 の表面粗さ R_a を上述の特定の範囲とすることができる。

[0075] 伸線加工の途中、又は伸線加工後に熱処理を行うと、伸線性を高めたり、撚り合せ易くなったりして、伸線材（素線 20）や撚線（導体 2）の製造性を高められる。

[0076] (撚線)

用意した複数の素線 20 のうち、1 本以上を中心素線 21 とし、その外周に所定の撚りピッチ（詳細は上述）で複数の外周素線 22 を撚り合わせる。撚りピッチは、上述のようにある程度長めにすると、導体 2 の断面積が小さ

い場合でも撚線の強度を高め易く、座屈し難い被覆電線 1 を製造し易い。撚り合せ後に、所定の圧縮割合（詳細は上述）で圧縮成形して、所定の形状の圧縮撚線とすることができる。導体 2 の断面積が所定の大きさ（詳細は上述）を満たす範囲で圧縮割合を調整するとよい。圧縮割合を上述の特定の範囲とすると、靱性の低下や耐衝撃性の低下を抑制しつつ、強度の向上を期待できる。

[0077] 撚り合せ前の素線 20 又は撚り合わせたままの撚線又は圧縮撚線には、銅合金の組成にもよるが、時効処理や軟化処理などの熱処理を施すことで、析出物の分散強化による強度の向上（析出型合金）や固溶元素の低減による導電率の向上（析出型合金、固溶型合金）、軟化による伸びの向上や耐衝撃性の向上（析出型合金、固溶型合金）などが期待できる。時効処理や軟化処理を目的とした熱処理を行うことで、油分を低減できて、上述の油付着量が $10 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下を満たす被覆電線 1 を製造し易くなる場合がある。又は、上記潤滑剤の塗布量に応じて、油分を低減、除去する熱処理を別途行うと、上述の油付着量が $10 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下を満たす被覆電線 1 を製造し易い。

[0078] 上述の組成（1）、（2）に対する時効処理や軟化処理を目的とした熱処理条件として、例えば以下が挙げられる。

組成（1）熱処理温度： 400°C 以上 650°C 以下、更に 450°C 以上 600°C 以下

保持時間：1時間以上40時間以下、更に4時間以上20時間以下

組成（2）熱処理温度： 350°C 以上 550°C 以下、更に 400°C 以上 500°C 以下

保持時間：1時間以上40時間以下、更に4時間以上20時間以下

[0079] 上述の油分を低減、除去するために、撚線や圧縮撚線に脱脂を行うことが挙げられる。脱脂液は、アルコール系を含む溶液が望ましい。

[0080] 上記の熱処理の雰囲気は、酸素濃度が低い雰囲気であると、素線 20 の表

面の酸化を防止し易く、酸化銅の被膜を薄くできて好ましい。定量的には、酸素の含有量が0.1体積%以下である雰囲気が挙げられる。このような低酸素雰囲気として、例えば還元雰囲気、不活性雰囲気、減圧雰囲気などが挙げられる。還元雰囲気は、実質的に還元性ガスのみからなる雰囲気、又は実質的に還元性ガスと不活性ガスとの混合ガスからなる雰囲気が挙げられる。還元性ガスは、水素、一酸化炭素などが挙げられる。不活性ガスは、窒素やアルゴンなどが挙げられる。減圧雰囲気は、例えば10Pa以下の雰囲気が挙げられる。組成によっては酸素の含有量をより低くすること、例えば10体積ppm以下にすることが好ましい。

[0081] (絶縁被覆層)

絶縁被覆層3の形成は、押出法などが利用できる。絶縁被覆層3の形成にあたり、撚線を加熱状態とすると、撚り溝25に沿って熔融状態の樹脂を充填し易かったり、撚線の外周に均一的な厚さで熔融状態の樹脂を付着させ易かったりする。その結果、上述のように絶縁被覆層3の厚さの均一率が高い被覆電線1や、厚さ比が特定の範囲である被覆電線1を製造し易い。特に、絶縁被覆層3の平均厚さが0.21mm以上という比較的厚い場合でも、厚さの均一率が高く、厚さ比が特定の範囲である被覆電線1を製造し易い。撚線の加熱温度は、熔融状態の樹脂の温度±10℃、好ましくは熔融状態の樹脂の温度と同等程度とすることが挙げられる。なお、この加熱によっても、上述の油付着量の低減が期待できる。また、この程度の加熱温度では、上述の酸化銅の被膜が厚くなり難い。

[0082] [端子付き電線の製造方法]

実施形態の端子付き電線10は、例えば、被覆電線1の少なくとも一端側の絶縁被覆層3を除去して導体2の端部を露出させる工程と、導体2の端部に端子部4を取り付ける工程とを備える製造方法によって製造できる。端子部4が圧着端子であれば、所定のクリンプハイト(C/H)で圧着する。このとき、導体2の残存面積割合(詳細は上述)が上述のようにある程度大きくなるようにC/Hを調整することが好ましい。

[0083] [試験例 1]

銅合金線を素線として同心撚りの撚線を作製し、この撚線を導体に用いた被覆電線を作製し、その端部に端子部を取り付けて座屈状態、端子部との接触抵抗を調べた。また、上記の被覆電線に銅導体を溶接して溶接強度を調べた。

[0084] (試料の作製)

素線とする銅合金線は、銅合金の溶湯を用いて作製した連続鑄造材に冷間圧延を施し、得られた圧延材に伸線加工を施して作製する、又は銅合金の溶湯を用いて作製した連続鑄造圧延材に伸線加工を施して作製する。得られた銅合金線を撚り合せた後、圧縮成形して圧縮撚線を作製する。圧縮撚線に適宜熱処理を施す。又は銅合金線（伸線材）に熱処理を施して撚り合せた後、圧縮成形する。表 1 に、各試料の銅合金の組成（残部 Cu 及び不可避不純物）、各試料の製造工程を示す。熱処理を施した試料については、熱処理温度（℃）及び保持時間（時間）も表 1 に示す。熱処理雰囲気は、水素を主体とする還元雰囲気とする（酸素含有量 0.1 体積%以下）。

[0085]

[表1]

試料 No.	組成(質量%)						製造条件
	Fe	Ti	P	Mg	Sn	Bal.	
1-1	1.05	0.45	—	0.05	—	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理540°C×8時間
1-2	0.98	0.4	—	0.05	—	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理540°C×8時間
1-3	—	—	—	—	0.28	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮
1-4	0.61	—	0.12	—	0.26	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理450°C×8時間
1-5	—	—	—	0.14	—	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮
1-6	0.57	—	0.13	—	0.31	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理440°C×8時間
1-7	0.47	—	0.2	0.03	0.21	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理470°C×8時間
1-101	—	—	—	—	0.1	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒熱処理400°C×3時間⇒擦線・圧縮
1-102	1.1	0.5	0.05	—	—	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理570°C×8時間
1-103	1.05	0.5	—	—	—	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理570°C×8時間
1-104	0.41	—	0.2	—	—	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理500°C×8時間
1-105	0.6	—	0.12	—	—	Cu	連続铸造⇒冷間圧延⇒伸線⇒擦線・圧縮⇒熱処理470°C×8時間

[0086] 試料 No. 1-1 ~ No. 1-7では、伸線ダイスの内周面の表面粗さR

aが0.05 μm 以下のものを用いる。試料No. 1-101~No. 1-105では、伸線ダイスの内周面の表面粗さRaが0.05 μm 超のものを用いる。いずれの試料についても、伸線加工は、潤滑剤を用いて行う。

[0087] 試料ごとに、線径0.12~0.16 mmの銅合金線を7本用意して、7本のうちの1本を中心素線、6本を外周素線として、中心素線の外周に外周素線を表2に示す撚りピッチ (mm) で撚り合わせて7本撚りの同心撚線を作製する。撚り合せ後に表2に示す圧縮割合 (%) で圧縮成形して、表2に示す導体の断面積 (mm^2) を有し、横断面形状が円形状である圧縮撚線を作製する。上記圧縮割合 (%) は、 $\{(\text{撚り合せ前の7本の素線の合計断面積} - \text{圧縮撚線の断面積}) / \text{撚り合せ前の7本の素線の合計断面積}\} \times 100$ で求める。なお、最終的に得られる各試料の被覆電線に備えられる導体に対して、撚線の撚りピッチを上述の<撚りピッチ>の項で説明したようにして測定したところ、表2に示す値に実質的に等しいことを確認している。

[0088] 用意した導体の外周に、表2に示す構成材料の絶縁被覆層を表2に示す厚さ (mm) になるように押出にて形成する。表2においてPVCとはポリ塩化ビニル、HF (PP) とはハロゲンフリーのポリプロピレンである。表2において絶縁被覆層の厚さとは、上述のクラウン部を覆う箇所厚さ (図2の $t_1 \sim t_6$ 参照) の平均である。なお、最終的に得られる各試料の被覆電線について、絶縁被覆層の平均厚さを上述の<厚さ>の項で説明したようにして測定したところ、表2に示す値に実質的に等しいことを確認している。

[0089] 試料No. 1-1~No. 1-7, No. 1-101, No. 1-103では、導体を溶融状態の樹脂の温度 $\pm 10^\circ\text{C}$ から選択される温度に加熱した状態で絶縁被覆層を形成する。試料No. 1-102, No. 1-104, No. 1-105では、導体を常温 (ここでは 20°C 程度) として絶縁被覆層を形成する。

[0090] (導体の特性など)

用意した各試料の被覆電線について、導体を構成する撚線における中心素線の表面の油付着量 ($\mu\text{g} / \text{g}$) を以下のように測定した。その結果を表2

に示す。

被覆電線を所定の長さ（ここでは20m）に切断して、絶縁被覆層をフェザーなどの適宜な切削工具で除去して導体を露出させる。導体を構成する撚線のうち、外周素線を、その撚りを解くようにして除去し、中心素線のみを取り出す。このとき、中心素線の表面を傷つけないように、かつ作業者の手の油分などが中心素線に付着したり、中心素線の油分が作業者の手に付着したりしないようにする。取り出した中心素線の質量（g）を測定する。この中心素線を溶媒に浸漬して、油分を溶媒に溶解する。油分濃度計を用いて、溶媒中に溶解した油分の質量（ μg ）を測定し、この油分の質量（ μg ）を中心素線の質量（g）で除して（油分の質量／中心素線の質量）、中心素線1gあたりの油分量（ $\mu\text{g}/\text{g}$ ）を測定する。ここでは、油分濃度計として市販の装置及び溶媒（株式会社堀場製作所製：OCMA-305、溶媒：H-997、代替ハイドロクロロフルオロカーボン）を用いた。

[0091] 用意した各試料の被覆電線について、導体を構成する素線の表面に存在し得る酸化銅からなる被膜の厚さ（nm）を以下のようにして測定した。その結果を表2に示す。

被覆電線を所定の長さに切断して、被覆電線の一端側の絶縁被覆層をフェザーなどの適宜な切削工具で除去して導体を露出させ、更に導体を構成する撚線のうち、外周素線を、撚りを解くようにして除去し、中心素線のみを露出させる。このとき、中心素線の表面を傷つけないようにする。ここでは、中心素線の露出長さを約2cm（20mm）とし、残部は絶縁被覆層を有するままとする。電気化学測定によって、露出させた中心素線の表面に存在し得る酸化膜を分析、定量する。電気化学測定の測定装置には、市販のポテンシヨ／ガルバナスタット（Princeton Applied Research社製：VersaSTAT4-400）を用いた。電解液には高濃度アルカリ溶液（6MのKOHと1MのLiOHとの混合液、Mはモル濃度）を用いた。図4に示すように、作用極として上述の中心素線を露出させた試料S、対極502としてPt電極、参照電極504としてAg／AgCl

を用意し、試料Sにおける中心素線を露出させた一端、対極502の一端、参照電極504の一端を電解液506に浸漬し、これらの他端を測定装置500に取り付ける。試料Sにおいて、中心素線の電解液への浸漬深さは約2cmである。この浸漬状態で、自然浸漬電位から $-1.7\text{ V (vs. Ag/AgCl)}$ まで、掃引速度を 50 mV/s として電位を掃引し、還元ピークの位置及び還元電気量を測定する。測定した還元ピークの位置及び還元電気量から、被膜の構成成分と、その厚さを求める。被膜の構成成分には、主として CuO 、 Cu_2O といった酸化銅が挙げられる。ここでは、この酸化銅からなる被膜の厚さを求める。

[0092] 用意した各試料の被覆電線について、導体の引張強さ(MPa)、導体の破断伸び(%)を以下のようにして測定した。その結果を表2に示す。

被覆電線を所定の長さに切断して、絶縁被覆層をフェザーなどの適宜な切削工具で除去して導体を露出させる。この導体を試料とし、JIS Z 2241(金属材料引張試験方法、1998)に準拠して、汎用の引張試験機を用い、評点距離GLを250mmとし、引張速度を 50 mm/min として引張試験を行った。引張強さ(MPa)は{破断荷重(N)/導体の断面積(mm^2)}から求めた。破断伸び(全伸び、%)は、{破断変位(mm)/250(mm)} $\times 100$ から求めた。

[0093] 用意した各試料の被覆電線について、導体を構成する中心素線の表面粗さRa(μm)、外周素線の表面粗さRa(μm)を以下のようにして測定した。その結果を表2に示す。

被覆電線を所定の長さに切断して、絶縁被覆層をフェザーなどの適宜な切削工具で除去して導体を露出させ、更に導体を構成する撚線のうち、外周素線を、撚りを解くようにして取り外し、中心素線と外周素線とを露出させる。このとき、各素線の表面を傷つけないようにする。ここでは、表面粗さRaは、市販の非接触表面形状測定機(z y g o社製: New View 1100)を用いて測定した。具体的には、非接触表面形状測定機に備えられるレーザー顕微鏡で、中心素線の外周面と、外周素線の外周面とのそれぞれに

ついて、円相当の平面粗度（周方向に沿った面粗度）を測定し、平面変換する。平面変換は、上記の市販の測定機を利用すれば、自動的に行える。円相当の平面粗度の測定エリアは、 $85\mu\text{m} \times 64\mu\text{m}$ とし、測定試料数は、中心素線、及び外周素線のいずれも $n = 3$ とする。平面変換した粗度に対して、円相当の平面粗度における頂点（中心線）からの算術平均偏差を算出し、この算術平均偏差を表面粗さ R_a とする。 $n = 3$ の中心素線の表面粗さ R_a の平均、 $n = 3$ の外周素線の表面粗さ R_a の平均をそれぞれ表 2 に示す。

[0094] 用意した各試料の被覆電線について、導体を構成する素線に存在する、粒径が $1\mu\text{m}$ 以上の析出物の量を以下のようにして測定した。その結果を表 2 に示す。

被覆電線の縦断面をとり、撚線を構成する素線を金属顕微鏡で観察する。ここでは拡大倍率を 1, 000 倍とした。観察像において、銅合金中の析出物をそれぞれ抽出して面積を求める（図 6 参照）。各析出物の等価面積円の直径を粒径とし、粒径が $1\mu\text{m}$ 以上の析出物の個数を数える。合計個数を視野面積（ $100\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}$ ）で除して、銅合金 1mm^2 当たりにおける $1\mu\text{m}$ 以上の析出物の個数（以下、個数割合と呼ぶ）を求める。ここでは、試料ごとに 3 個以上の断面をとって、断面ごとの個数割合を求め、個数割合が最も大きい値を表 2 に示す。

[0095] （絶縁被覆層の特性など）

用意した各試料の被覆電線について、絶縁被覆層の厚さの均一率及び厚さ比を以下のようにして測定した。その結果を表 3 に示す。

被覆電線を所定の長さに切断して、ストリッパーなどの適宜な切削工具を用いて、絶縁被覆層のみを取り出し、この絶縁被覆層を 0.1mm 程度の厚みに薄くスライスする。この環状の絶縁被覆層を光学顕微鏡で観察し、絶縁被覆層における外周素線の輪郭に沿った内周縁において、撚り溝を埋める部分（絶縁被覆層の中心に向かって山状に突出した部分）を除き、各外周素線のクラウン部から絶縁被覆層の外周面までの最小距離（図 2 の厚さ $t_1 \sim t_6$ 参照、ここでは 6 か所）を測定する。求めた厚さ $t_1 \sim t_6$ から最大値と最小

値とを抽出し、(最小値/最大値)×100を厚さの均一率(%)とする。絶縁被覆層において撚り溝を埋める箇所を含めて最大厚さ t_{max} 及び最小厚さ t_{min} を測定し、(t_{min}/t_{max})を厚さ比とする。ここでは、最大厚さ t_{max} は、撚り溝を埋める箇所の厚さであり、最小厚さ t_{min} は、厚さ $t_1\sim t_6$ のうちの最小値であった。

[0096] (被覆電線の評価)

・座屈力

用意した各試料の被覆電線について、端部に圧着端子を取り付けて、端子付き電線を作製した。ここでは、導体における端子部が取り付けられていない未圧縮箇所の断面積に対する端子部が取り付けられた圧縮箇所の断面積の比(残存面積割合)が0.79となるように、クリンプハイトを調整した。

用意した各試料の端子付き電線について、端子部をハウジングの端子収納部に収納するときの座屈力を以下のように仮想して測定した。その結果を表3に示す。

端子付き電線における端子部を把持して、被覆電線における端子部とは反対側の先端部を平板に押し当てる。この試験では、被覆電線の長さを10mmとし(被覆電線において端子部の把持箇所から突出し、上記先端部までの長さ)、把持した端子付き電線の速度を200mm/minとし、上述の被覆電線の先端部を平板に押し当てる際の荷重を変化させて、押し当て動作を行う。そして、被覆電線が座屈するときの最大荷重を測定し、この最大荷重を座屈力(N)とする。

[0097] ・端子挿入性

用意した各試料の端子付き電線について、上述の座屈力が7N以上であれば、座屈し難く端子挿入性に優れるとしてG、7N未満であれば、座屈し易く端子挿入性に劣るとしてBと評価した。評価結果を表3に示す。

[0098] ・接触抵抗

用意した各試料の被覆電線について、端部に圧着端子を取り付けて、端子付き電線を作製した。ここでは、上述の残存面積割合が0.85又は0.9

0となるように、クリンプハイトを調整した。

用意した各試料の端子付き電線について、JASO D616、自動車部品—低圧電線、項目6.8に基づいて、導体と端子部との接触抵抗 ($m\Omega/m$) を測定した。この試験では、被覆電線の各端部に圧着端子を取り付け、各圧着端子から150mm離れた二点を抵抗の測定点とする。両圧着端子に電源を取り付け、印加電圧を15mV、通電電流を15mAとして、両端部に圧着端子を備える端子付き電線に通電し、上述の二点間の抵抗を測定する。測定した抵抗値から、被覆電線の抵抗分を差し引いた値を接触抵抗 ($m\Omega/m$) とする。また、上記接触抵抗が $0.4m\Omega/m$ 以下であれば接触抵抗が低いとしてG、 $0.4m\Omega/m$ 超であれば接触抵抗が高いとしてBと評価した。測定結果及び評価結果を表3に示す。

[0099] ・溶接強度

用意した各試料の被覆電線について、純銅から構成される銅導体を溶接し、特許文献1の図5に示すピール力の測定方法を参照して、溶接強度 (N) を測定した。その結果を表3に示す。

ここでは、試料ごとに1本の被覆電線と、純銅の銅導体を備える2本の被覆電線とを用意し (いずれも長さ150mm)、各被覆電線の端部から絶縁被覆層を除去して銅合金の導体と、銅導体とを露出させ、銅合金の導体を挟むように銅導体を重ね合わせて超音波溶接した。溶接には、市販の溶接装置を用いた。そして、各試料の銅合金の導体を備える被覆電線を固定した状態で、銅導体を備える2本の被覆電線を互いに離れる方向に引っ張る。例えば、特許文献1の図5に示されるように、溶接箇所及び各試料の被覆電線を水平方向に配置して上記被覆電線を固定し、銅導体を備える2本の被覆電線を上下方向に配置して、その一方を上方向、他方を下方向に引っ張る。引張試験は市販の引張試験機などを利用する。溶接箇所が破壊するまでの最大荷重 (N) を測定し、この最大荷重を溶接強度とする。なお、純銅の銅導体は、銅合金の導体よりも強度に劣る。そのため、ここでは、純銅の銅導体について2本の合計断面積 (mm^2) を、各試料の銅合金から構成される導体の断面積

(0.13 mm^2 又は 0.08 mm^2)よりも表3に示すように大きくした。

[0100] ・絶縁被覆層の密着力

用意した各試料の被覆電線について、JASO D618に基づいて、導体に対する絶縁被覆層の密着力(N)を以下のようにして測定した。その結果を表3に示す。この試験では、長さ100mmの被覆電線を用意して、その一端部において電気絶縁層を除去して、導体を長さ50mm露出させる。露出させた導体を保持板の貫通孔に挿通する。この貫通孔の内径は、導体を挿通可能であるが(導体外径よりやや大きい)、絶縁被覆層を挿通できない大きさ(被覆電線外径より小さい)である。この保持板を固定し、保持板から突出する導体の一端部を引っ張る。この導体を引っ張るときの荷重を変化させて、引張動作を行い、絶縁被覆層が導体から剥離して、導体が引き抜かれるときの最小荷重を求め、この荷重を密着力(N)とする。

[0101]

[表2]

試料 No.	導体				絶縁被覆層		油付着量 ($\mu\text{g/g}$)	酸化膜 厚さ (nm)	引張 強さ (MPa)	破断 伸び (%)	表面粗さRa (μm)		析出物 個数 (個/ mm^2)
	合金種	断面積 (mm^2)	撚りピッチ (mm)	圧縮 割合 (%)	構成 材料	厚さ (mm)					中心 素線	外周 素線	
1-1	析出+固溶型	0.13	16	13	PVC	0.23	4.6	4.1	470	10	0.0129	0.0111	18000
1-2	析出+固溶型	0.13	12	18	HF(PP)	0.25	5.5	1.5	450	11	0.0143	0.0131	500
1-3	固溶型	0.08	12	15	HF(PP)	0.25	2.5	0.6	840	2	0.0135	0.0115	0
1-4	析出+固溶型	0.13	16	12	PVC	0.23	1.8	0.7	514	12	0.0264	0.0232	3000
1-5	固溶型	0.08	12	12	HF(PP)	0.25	3.5	0.1	800	2	0.0230	0.0205	0
1-6	析出+固溶型	0.13	16	18	PVC	0.23	8.7	3.2	472	14	0.0332	0.0294	1000
1-7	析出+固溶型	0.13	16	13	PVC	0.23	1.4	9.3	451	17	0.0246	0.0223	2000
1-101	固溶型	0.13	24	7	PVC	0.23	18	15	339	11	0.0263	0.0423	0
1-102	析出型	0.13	24	7	PVC	0.23	15	40	408	16	0.0393	0.0630	33000
1-103	析出型	0.13	24	35	PVC	0.18	11	50	380	17	0.4253	0.0071	30000
1-104	析出型	0.13	28	35	PVC	0.20	12	30	350	17	0.3456	0.0056	20000
1-105	析出型	0.13	28	7	PVC	0.22	30	25	405	12	0.0452	0.0832	21000

[0102]

[表3]

試料 No.	絶縁被覆層			座屈力 (N)	端子 挿入性	接触抵抗 (mΩ/m)		純銅 断面積 (mm ²)	溶接 強度 (N)
	密着力 (N)	厚さ 均一率 (%)	厚さ比 t _{min} /t _{max}			残存 面積割合	残存 面積割合		
1-1	19	80.2	0.76	8.6	G	0.85	0.90	0.35	22
1-2	23	90.4	0.71	8.2	G	G(0.22)	G(0.26)	0.22	18
1-3	26	85.3	0.65	8.9	G	G(0.20)	G(0.23)	0.35	23
1-4	27	80.6	0.63	8.4	G	G(0.21)	G(0.24)	0.35	20
1-5	25	83.1	0.72	8.6	G	G(0.18)	G(0.21)	0.22	16
1-6	24	80.3	0.64	7.4	G	G(0.24)	G(0.27)	0.35	13
1-7	30	82.3	0.61	8.1	G	G(0.35)	G(0.39)	0.22	22
1-101	15	80.2	0.92	6.5	B	G(0.39)	B(0.45)	0.22	8
1-102	35	70.6	0.59	6.3	B	B(0.50)	B(0.55)	0.35	4
1-103	19	84.3	0.67	4.6	B	B(0.55)	B(0.60)	0.35	2
1-104	18	75.3	0.85	6.2	B	B(0.55)	B(0.70)	0.3	3
1-105	10	79.0	0.75	3.8	B	B(0.50)	B(0.70)	0.3	4

[0103] 表2, 表3に示すように、導体を同心撚りの撚線とし、撚線を構成する素線の表面の油付着量が少ないと、座屈し難く、端子部をハウジングに挿入する際の作業性にも優れることが分かる。具体的には、試料No. 1-1~No. 1-7の油付着量は、10μg/g以下であり、多くの試料は6μg/

g以下、更に $5\mu\text{g}/\text{g}$ 以下である。かつ試料No. 1-1~No. 1-7の座屈力は、7N以上である。また、油付着量が少ないほど、概ね座屈し難い傾向にあるといえる（例えば、導体断面積が同じ試料No. 1-6, No. 1-2, No. 1-1を比較参照、試料No. 1-5, No. 1-3を比較参照）。一方、油付着量が $11\mu\text{g}/\text{g}$ 以上である試料No. 1-101~No. 1-105は、座屈力が6.5N以下であり、試料No. 1-1~No. 1-7に比較して、座屈し易いといえる。これらのことから、上記素線の表面の油付着量の多寡は、座屈し難さに影響を及ぼすといえ、油付着量を低減することで、座屈し難くできるといえる。

[0104] 表2, 表3に示すように、導体を同心撚りの撚線とし、撚線を構成する素線の表面の油付着量が少ないと、導体と端子部との接触抵抗が低いことが分かる。具体的には、試料No. 1-1~No. 1-7の油付着量は、 $10\mu\text{g}/\text{g}$ 以下であり、多くは $6\mu\text{g}/\text{g}$ 以下、更に $5\mu\text{g}/\text{g}$ 以下である。かつ試料No. 1-1~No. 1-7の上記接触抵抗は、 $0.4\text{m}\Omega/\text{m}$ 以下、多くは $0.35\text{m}\Omega/\text{m}$ 以下である。また、油付着量が少ないほど、上記接触抵抗が概ね低い傾向にあるといえる（例えば、導体断面積が同じ試料No. 1-6, No. 1-2, No. 1-4を比較参照）。更に、試料No. 1-1~No. 1-7は、導体における端子部の圧縮箇所の残存面積が大きい場合、即ち残存面積割合が大きい場合（ここでは残存面積割合が0.90の場合）でも、上記接触抵抗が低く、 $0.4\text{m}\Omega/\text{m}$ 以下である。一方、油付着量が $11\mu\text{g}/\text{g}$ 以上である試料No. 1-101~No. 1-105は、試料No. 1-1~No. 1-7に比較して接触抵抗が高く、多くは $0.4\text{m}\Omega/\text{m}$ 超である。特に、残存面積割合が0.90と大きい場合には、試料No. 1-101~No. 1-105の上記接触抵抗は $0.45\text{m}\Omega/\text{m}$ 以上と高い。これらのことから、上記素線の表面の油付着量の多寡は、導体と端子部との接触抵抗に影響を及ぼすといえ、油付着量を低減することで、上記接触抵抗を低減できることが分かる。

[0105] 表2, 表3に示すように、導体を同心撚りの撚線とし、撚線を構成する素

線の表面の油付着量が少ないと、溶接強度に優れることが分かる。具体的には、試料No. 1-1~No. 1-7の油付着量は、 $10\mu\text{g/g}$ 以下であり、多くは $6\mu\text{g/g}$ 以下、更に $5\mu\text{g/g}$ 以下である。かつ試料No. 1-1~No. 1-7の溶接強度は、 10N 以上、更に 12N 以上である。また、油付着量が少ないほど、上記溶接強度が概ね高い傾向にあるといえる（例えば、導体断面積が同じ試料No. 1-6, No. 1-2, No. 1-1を比較参照）。一方、油付着量が $11\mu\text{g/g}$ 以上である試料No. 1-101~No. 1-105は、溶接強度が低く、 8N 以下である。これらのことから、上記素線の表面の油付着量の多寡は、導体と分岐線などを溶接する場合の溶接強度に影響を及ぼすといえ、油付着量を低減することで、溶接強度を高められることが分かる。

[0106] その他、表2, 表3に示す結果から、以下のことが分かる。

(1) 試料No. 1-1~No. 1-7では、上記撚線を構成する素線の表面に存在し得る酸化銅からなる被膜が薄い。具体的には試料No. 1-1~No. 1-7における上記被膜の厚さは 10nm 以下であり、多くは 5nm 以下、 3nm 以下であり、試料No. 1-101~No. 1-105における上記被膜の最大厚さ（ここでは 50nm ）の 20% 以下であり、非常に薄い。電気絶縁材を含む酸化銅の被膜が薄いことは、上述の接触抵抗の低下、溶接強度の向上に寄与したと考えられる。また、この試験から、銅合金の組成や熱処理条件によって、酸化銅の被膜の厚さが異なることが分かる。

[0107] (2) 試料No. 1-1~No. 1-7では、引張強さが大きく、具体的には 450MPa 以上であり、 500MPa 以上や 800MPa 以上の試料もある。このように高強度であることは、座屈力の向上、溶接強度の向上に寄与したと考えられる。また、試料No. 1-1~No. 1-7のうち、破断伸びが 5% 以上である試料は、高強度及び高靱性であり、耐衝撃性などにも優れると期待される。

[0108] (3) 試料No. 1-1~No. 1-7では、導体の断面積が 0.15mm^2 以下、更に 0.13mm^2 以下と小さいものの、撚りピッチが 12mm 以上と

大きい。また、試料No. 1-1~No. 1-7の撚りピッチは20mm以下、更に16mm以下である。このように撚りピッチが特定の範囲であることで、導体を構成する撚線の強度を高められる上に、素線同士が一体となって動き易くなり、座屈力の向上に寄与したと考えられる。

[0109] (4) 試料No. 1-1~No. 1-7では、導体を圧縮撚線とすると共に、ここではその圧縮割合を10%以上30%以下という特定の範囲としている。このことは、圧縮成形時の加工硬化による強度の向上が期待でき、座屈力の向上に寄与したと考えられる。また、各素線の表面粗さが小さい上に、上記圧縮割合が10%以上30%以下であることで中心素線の表面粗さRaと外周素線の表面粗さRaとの差が小さくなり易く、溶接強度の向上に寄与したと考えられる。更に、圧縮成形によって、各素線と端子部とが面接触し易くなって、上述の接触抵抗の低下に寄与したと考えられる。

[0110] (5) 試料No. 1-1~No. 1-7では、絶縁被覆層の厚さの均一率が高く、具体的には80%以上、多くは82%以上である。このことは、導体に対して絶縁被覆層が均一的に設けられていて、結果として被覆電線全体としての剛性を高められたといえ、座屈力の向上に寄与したと考えられる。この試験では、上述のように導体の断面積が小さいものの、絶縁被覆層の平均厚さが0.21mm以上と厚いことから、上記剛性を高められて、座屈力の向上に寄与したと考えられる。また、この試験では、絶縁被覆層の厚さ比を0.6以上0.9以下という特定の範囲として、撚線の撚り溝にも絶縁被覆層の構成樹脂が入り込み、導体と絶縁被覆層との密着力を高められたことも、座屈力の向上に寄与したと考えられる。更に、この試験から、導体を加熱した状態で絶縁被覆層を形成することで、絶縁被覆層が比較的厚い場合でも、上述のように均一的な厚さで、撚り溝にも構成樹脂が適切に充填された状態とできることが分かる。

[0111] (6) 試料No. 1-1~No. 1-7では、中心素線及び外周素線の表面が平滑であり、具体的には、表面粗さRaが0.05 μ m以下である。この試験では、試料No. 1-1~No. 1-7では、中心素線の表面粗さRa

と外周素線の表面粗さ R_a との差も小さく、上記差は $0.005 \mu\text{m}$ 以下である。このことは、溶接に際して銅合金の導体と純銅の銅導体とを接触させ易く、精度よく溶接できて、溶接強度の向上に寄与したと考えられる。試料 No. 1-101, No. 1-102, No. 1-105 では、外周素線の表面粗さ R_a が中心素線の表面粗さ R_a よりも大きい。この理由の一つとして、試料 No. 1-101, No. 1-102, No. 1-105 は、上述の圧縮割合が小さ過ぎ、外周素線がほとんど塑性変形せず、圧縮前の粗い表面状態が維持され易くなったため、と考えられる。No. 1-103, No. 1-104 では、外周素線の表面粗さ R_a が非常に小さく、中心素線の表面粗さ R_a が非常に大きい。この理由の一つとして、No. 1-103, No. 1-104 では、上述の圧縮割合が大き過ぎ、外周素線の表面粗さ R_a が大きく塑性変形して平滑な部分が生じたものの、外周素線に押された中心素線は表面粗さ R_a が大きくなり易くなった、と考えられる。表面粗さ R_a が大きかったり、上述の表面粗さの差が大きかったりする試料 No. 1-101~No. 1-105 は、溶接対象同士の接触を不均一にして、ひいては溶接状態のばらつきを生じる可能性があると考えられる。その他、この試験から、上記撚線を構成する各素線の表面粗さが $0.05 \mu\text{m}$ 以下と小さいことで潤滑剤が残存し難くなり、油付着量を低減し易くなる、と考えられる。

[0112] (7) 試料 No. 1-1~No. 1-7 において、析出型銅合金から構成される試料 No. 1-1, No. 1-2, No. 1-4, No. 1-6, No. 1-7 では、 $1 \mu\text{m}$ 以上という粗大な析出物が少なく、具体的には $20,000$ 個/ mm^2 以下である。図6は、試料 No. 1-1 の被覆電線に備えられる導体をなす素線（銅合金線）の顕微鏡写真であり、破線円内の粒子 d は析出物である。図6に示すように試料 No. 1-1 の素線は、微細な析出物が分散して存在しており、 $1 \mu\text{m}$ 以上という粗大な析出物が少ないことが分かる。上記粗大な析出物が少ないことで、溶接対象である銅合金の導体と、純銅の銅導体との組織の相違を低減できる。このことは、銅合金の導体と純銅の銅導体とを接触させ易く、精度よく溶接できて、溶接強度の向上に寄与

したと考えられる。

[0113] 本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

例えば、試験例1の銅合金の組成、銅合金線の断面積、素線数、熱処理条件などを適宜変更できる。

符号の説明

- [0114]
- 1 被覆電線
 - 10 端子付き電線
 - 2 導体
 - 20 素線
 - 21 中心素線
 - 22 外周素線
 - 25 撚り溝
 - 200 包絡円
 - 220 クラウン部
 - 3 絶縁被覆層
 - 4 端子部
 - 40 ワイヤバレル部
 - 42 嵌合部
 - 44 インシュレーションバレル部
 - S 試料
 - 500 測定装置
 - 502 対極
 - 504 参照電極
 - 506 電解液
 - 510 外周縁
 - 512 撚り溝

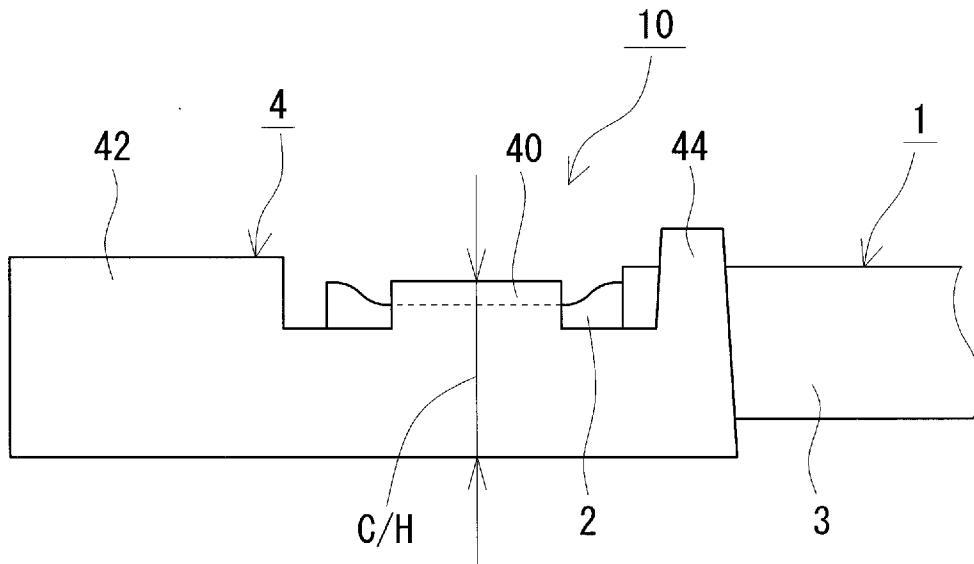
d 粒子

請求の範囲

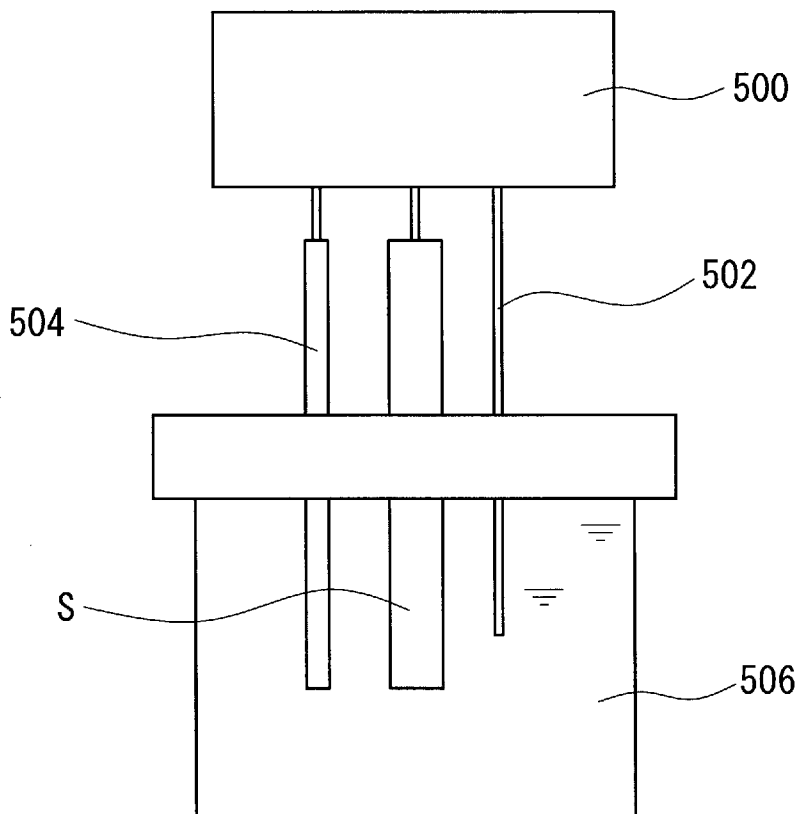
- [請求項1] 導体と、前記導体の外周を覆う絶縁被覆層とを備える被覆電線であって、
- 前記導体は、銅合金から構成される複数の素線が同心撚りされた撚線であり、
- 前記銅合金は、Fe, Ti, Mg, Sn, Ag, Ni, In, Zn, Cr, Al, 及びPから選択される1種又は2種以上の元素を合計で0.01質量%以上5.5質量%以下含有し、残部がCu及び不可避不純物からなり、
- 前記撚線の中心部に配置される中心素線の表面の油付着量が、前記中心素線の質量に対して $10\mu\text{g/g}$ 以下である被覆電線。
- [請求項2] 前記素線の表面に酸化銅からなる被膜を有し、
- 前記被膜の厚さが 10nm 以下である請求項1に記載の被覆電線。
- [請求項3] 前記導体の引張強さが 450MPa 以上であり、破断伸びが5%以上である請求項1又は請求項2に記載の被覆電線。
- [請求項4] 前記導体の断面積が 0.22mm^2 以下であり、
- 前記撚線の撚りピッチが 12mm 以上である請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の被覆電線。
- [請求項5] 前記撚線の最外側に配置される各外周素線の外周面のうち、撚り溝を除くクラウン部から前記絶縁被覆層の外周面までの最小距離を前記絶縁被覆層の厚さとし、前記厚さの最大値に対する前記厚さの最小値の比率が80%以上である請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の被覆電線。
- [請求項6] 請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の被覆電線と、
- 前記被覆電線の端部に取り付けられた端子部とを備える端子付き電線。
- [請求項7] 前記導体における前記端子部が取り付けられていない未圧縮箇所断面積に対する前記端子部が取り付けられた圧縮箇所の断面積の比を

残存面積割合とし、前記残存面積割合が0.76超である請求項6に記載の端子付き電線。

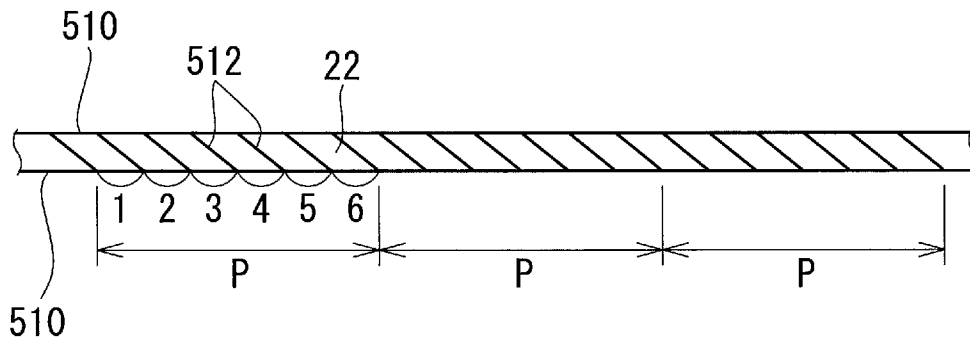
[図3]



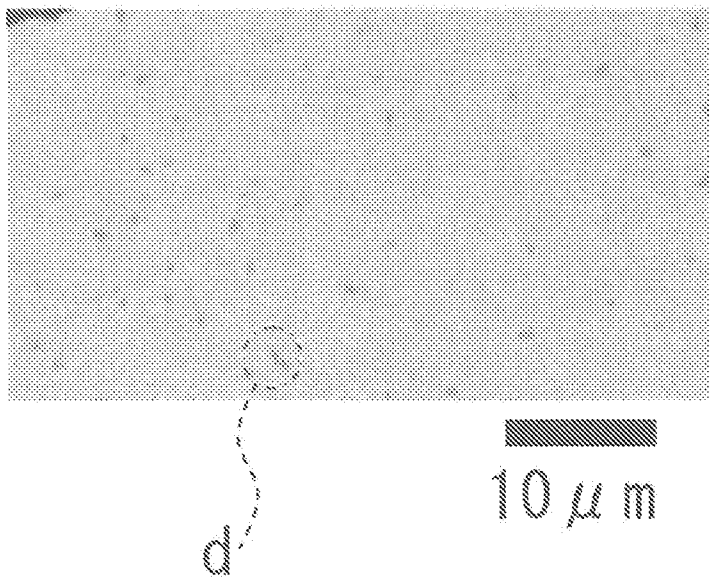
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/025419

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. C22C9/00 (2006.01) i, C22C9/02 (2006.01) i, C22C9/04 (2006.01) i,
 C22C9/06 (2006.01) i, C22C9/06 (2006,01) i, C22C9/08 (2006.01) i,
 H01B7/00 (2006.01) i, C22F1/00 (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)
 Int.Cl. C22C9/00, C22C9/01, C22C9/02, C22C9/04, C22C9/06, C22F1/08,
 H01B7/00, C22F1/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-32819 A (SWCC SHOWA CABLE SYSTEMS CO., LTD.) 20 February 2014, claim 1, paragraphs [0009]-[0011] (Family: none)	1-7
A	JP 2015-86452 A (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) 07 May 2015, claim 1 & US 2016/0254074 A1, claim 1 & WO 2015/064357 A1 & EP 3064604 A1	1-7
A	JP 2004-107700 A (NIPPON PAINT CO., LTD.) 08 April 2004, paragraph [0071] & US 2006/0131173 A1, paragraph [0091] & WO 2004/024997 A1 & CN 1681972 A	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 25 September 2018 (25.09.2018)	Date of mailing of the international search report 02 October 2018 (02.10.2018)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C9/00(2006.01)i, C22C9/01(2006.01)i, C22C9/02(2006.01)i, C22C9/04(2006.01)i, C22C9/06(2006.01)i, C22F1/08(2006.01)i, H01B7/00(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C9/00, C22C9/01, C22C9/02, C22C9/04, C22C9/06, C22F1/08, H01B7/00, C22F1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-32819 A (昭和電線ケーブルシステム株式会社) 2014.02.20, 請求項1, 段落0009-0011 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2015-86452 A (株式会社オートネットワーク技術研究所) 2015.05.07, 請求項1 & US 2016/0254074 A1 claim1 & WO 2015/064357 A1 & EP 3064604 A1	1-7
A	JP 2004-107700 A (日本ペイント株式会社) 2004.04.08, 段落0071 & US 2006/0131173 A1 [0091] & WO 2004/024997 A1 & CN 1681972 A	1-7

☐ 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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

25.09.2018

国際調査報告の発送日

02.10.2018

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高木 康晴

4K

9275

電話番号 03-3581-1101 内線 3435