

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6807027号  
(P6807027)

(45) 発行日 令和3年1月6日 (2021.1.6)

(24) 登録日 令和2年12月9日 (2020.12.9)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 2 C 9/00 (2006.01)	C 2 2 C 9/00
C 2 2 C 9/02 (2006.01)	C 2 2 C 9/02
H O 1 B 1/02 (2006.01)	H O 1 B 1/02 A
H O 1 B 5/02 (2006.01)	H O 1 B 5/02 Z
H O 1 B 5/08 (2006.01)	H O 1 B 5/08

請求項の数 12 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-130561 (P2017-130561)	(73) 特許権者	000002130
(22) 出願日	平成29年7月3日 (2017.7.3)		住友電気工業株式会社
(62) 分割の表示	特願2016-217040 (P2016-217040) の分割		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
原出願日	平成28年11月7日 (2016.11.7)	(73) 特許権者	395011665
(65) 公開番号	特開2018-76583 (P2018-76583A)		株式会社オートネットワーク技術研究所
(43) 公開日	平成30年5月17日 (2018.5.17)		三重県四日市市西末広町1番14号
審査請求日	令和1年11月1日 (2019.11.1)	(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
		(74) 代理人	100100147
			弁理士 山野 宏
		(72) 発明者	坂本 慧
			大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
			住友電気工業株式会社大阪製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】被覆電線、端子付き電線、銅合金線、及び銅合金撚線

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導体と、前記導体の外側に設けられた絶縁被覆層とを備える被覆電線であって、  
前記導体は、

F e を 0 . 2 質量 % 以上 1 . 6 質量 % 以下、

P を 0 . 0 5 質量 % 以上 0 . 4 質量 % 以下、

S n を 0 . 0 5 質量 % 以上 0 . 7 質量 % 以下含有し、

残部が C u 及び不純物からなり、

質量比で、F e / P が 4 . 0 以上である銅合金から構成され、

線径が 0 . 5 mm 以下であり、加工硬化指数が 0 . 1 以上である銅合金線が複数撚り合  
わされてなる撚線である被覆電線。

【請求項 2】

前記銅合金は、質量割合で、C , S i , 及び M n から選択される 1 種以上の元素を合計  
で 1 0 p p m 以上 5 0 0 p p m 以下含む請求項 1 に記載の被覆電線。

【請求項 3】

前記銅合金線の破断伸びが 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】

前記銅合金線の導電率が 6 0 % I A C S 以上であり、引張強さが 4 0 0 M P a 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】

端子固着力が4.5 N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】

端子が取り付けられた状態での耐衝撃エネルギーが3 J/m以上である請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の被覆電線。

【請求項7】

前記被覆電線のみの耐衝撃エネルギーが6 J/m以上である請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の被覆電線。

【請求項8】

請求項1から請求項7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とを備える端子付き電線。 10

【請求項9】

導体に利用される銅合金線であって、

Feを0.2質量%以上1.6質量%以下、

Pを0.05質量%以上0.4質量%以下、

Snを0.05質量%以上0.7質量%以下含有し、

残部がCu及び不純物からなり、

質量比で、Fe/Pが4.0以上である銅合金から構成され、

線径が0.5 mm以下であり、

加工硬化指数が0.1以上である銅合金線。 20

【請求項10】

請求項9に記載の銅合金線が複数撚り合わされてなる銅合金撚線。

【請求項11】

端子が取り付けられた状態での耐衝撃エネルギーが1.5 J/m以上である請求項10に記載の銅合金撚線。

【請求項12】

前記銅合金撚線のみの耐衝撃エネルギーが4 J/m以上である請求項10又は請求項11に記載の銅合金撚線。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、被覆電線、端子付き電線、銅合金線、及び銅合金撚線に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、自動車や産業用ロボットなどの配線構造に複数の端子付き電線を束ねたワイヤーハーネスが利用されている。端子付き電線は、電線の端部において絶縁被覆層から露出させた導体に圧着端子などの端子が取り付けられたものである。代表的には、各端子は、コネクタハウジングに設けられた複数の端子孔にそれぞれ挿入されて、コネクタハウジングに機械的に接続される。このコネクタハウジングを介して、機器本体に電線が接続される。コネクタハウジング同士が接続されて、電線同士が接続されることもある。上記導体の構成材料には、銅などの銅系材料が主流である（例えば、特許文献1）。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-156617号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

導電性及び強度に優れる上に、耐衝撃性にも優れる電線が望まれている。特に、導体を構成する線材が細くても、衝撃を受けた場合に破断し難い電線が望まれる。 50

## 【 0 0 0 5 】

昨今、自動車の高性能化や高機能化などに伴って、車載される各種の電気機器、制御機器などが増加し、これらの機器に使用される電線も増加傾向にある。従って、電線の重量も増加傾向にある。一方で、環境保全のため、自動車の燃費の向上などを目的として、電線の軽量化が望まれる。上述の銅系材料で構成される線材は、高い導電率を有し易いものの、重量が大きくなり易い。例えば、線径 0.5 mm 以下の細い銅系線材を導体に用いれば、加工硬化による高強度化、細径による軽量化が期待できる。しかし、上述のように細い線材では、断面積が小さく、衝撃を受けた場合に衝撃を受けられる力が小さくなり易いため、衝撃を受けると破断し易い。従って、上述のように細くても、耐衝撃性に優れる銅系線材が望まれる。

10

## 【 0 0 0 6 】

上述のように圧着端子などの端子が取り付けられた状態で使用される電線では、導体における圧縮加工が施された端子取付箇所の断面積は、その他の箇所（以下、本線箇所と呼ぶことがある）の断面積よりも小さい。このことから、導体における端子取付箇所は、衝撃を受けた場合に破断し易い箇所となり易い。従って、上述のような細い銅系線材であっても、衝撃を受けた場合に端子取付箇所近傍が破断し難いこと、即ち、端子装着状態での耐衝撃性にも優れることが望まれる。

## 【 0 0 0 7 】

更に、車載用途などの電線では、配策時や、コネクタハウジングとの接続時などで引っ張られたり、曲げや捻回が加えられたり、使用時に振動が与えられたりすることが考えられる。ロボット用途などの電線では、使用時に曲げや捻回が与えられることが考えられる。このような繰り返しの曲げや捻回などの動作によっても破断し難く、耐疲労性に優れる電線や、上述のように圧着端子などの端子との固着性に優れる電線がより好ましい。

20

## 【 0 0 0 8 】

そこで、導電性及び強度に優れる上に、耐衝撃性にも優れる被覆電線、端子付き電線、銅合金線、及び銅合金撚線を提供することを目的の一つとする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 9 】

本発明の一態様に係る被覆電線は、  
導体と、前記導体の外側に設けられた絶縁被覆層とを備える被覆電線であって、  
前記導体は、

30

Fe を 0.2 質量% 以上 1.6 質量% 以下、

P を 0.05 質量% 以上 0.4 質量% 以下、

Sn を 0.05 質量% 以上 0.7 質量% 以下含有し、

残部が Cu 及び不純物からなり、

質量比で、Fe / P が 4.0 以上である銅合金から構成され、

線径が 0.5 mm 以下である銅合金線が複数撚り合わされてなる撚線である。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の一態様に係る端子付き電線は、  
上記の一態様に係る被覆電線と、前記被覆電線の端部に取り付けられた端子とを備える

40

## 【 0 0 1 1 】

本発明の一態様に係る銅合金線は、

導体に利用される銅合金線であって、

Fe を 0.2 質量% 以上 1.6 質量% 以下、

P を 0.05 質量% 以上 0.4 質量% 以下、

Sn を 0.05 質量% 以上 0.7 質量% 以下含有し、

残部が Cu 及び不純物からなり、

質量比で、Fe / P が 4.0 以上である銅合金から構成され、

線径が 0.5 mm 以下である。

50

## 【 0 0 1 2 】

本発明の一態様に係る銅合金撚線は、  
上記の一態様に係る銅合金線が複数撚り合わされてなる。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 3 】

上記被覆電線、端子付き電線、銅合金線、及び銅合金撚線は、導電性及び強度に優れる上に、耐衝撃性にも優れる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 4 】

【図 1】実施形態の被覆電線を示す概略斜視図である。

10

【図 2】実施形態の端子付き電線について、端子近傍を示す概略側面図である。

【図 3】図 2 に示す端子付き電線を ( I I I ) - ( I I I ) 切断線で切断した横断面図である。

【図 4】試験例 1 , 2 で測定した「端子装着状態の耐衝撃エネルギー」の測定方法を説明する説明図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 5 】

## [ 本発明の実施形態の説明 ]

最初に本発明の実施形態の内容を列記して説明する。

( 1 ) 本発明の一態様に係る被覆電線は、

20

導体と、前記導体の外側に設けられた絶縁被覆層とを備える被覆電線であって、  
前記導体は、

Fe を 0 . 2 質量 % 以上 1 . 6 質量 % 以下、

P を 0 . 0 5 質量 % 以上 0 . 4 質量 % 以下、

Sn を 0 . 0 5 質量 % 以上 0 . 7 質量 % 以下含有し、

残部が Cu 及び不純物からなり、

質量比で、Fe / P が 4 . 0 以上である銅合金から構成され、

線径が 0 . 5 mm 以下である銅合金線が複数撚り合わされてなる撚線である。

上記の撚線は、複数の銅合金線を単に撚り合せたものの他、撚り合せ後に圧縮成形された、いわゆる圧縮撚線を含む。後述する ( 1 0 ) の銅合金撚線についても同様である。代表的な撚り方法として、同心撚りが挙げられる。

30

線径とは、銅合金線が丸線の場合には直径とし、横断面形状が円形以外の線材である場合には、横断面における等価面積の円の直径とする。

## 【 0 0 1 6 】

上記の被覆電線は、銅系材料から構成される細径の線材 ( 銅合金線 ) を導体に備えるため、導電性及び強度に優れる上に軽量である。この銅合金線は、特定の組成の銅合金から構成されるため、上記の被覆電線は、以下に説明するように、導電性及び強度により優れる上に、耐衝撃性にも優れる。上記銅合金において Fe 及び P は、代表的には、Fe<sub>2</sub>P などの化合物といった Fe や P を含む析出物や晶出物として母相 ( Cu ) に存在し、析出強化による強度向上効果と Cu への固溶低減による高い導電率の維持効果とを有する。特に、P に対して Fe を多めに含むため、Fe と P とが過不足なく化合物を形成し易く、過剰の P が母相に固溶して導電率が低下することを効果的に防止できる。この点から、Cu の高い導電率を更に維持し易い。かつ、Sn を特定の範囲で含むため、Sn の固溶強化による更なる強度向上効果が得られる。上述の析出強化と固溶強化とによって高い強度を有するため、熱処理によって伸びなどを高めた場合にも高い強度を有しつつ、高い靱性も有して耐衝撃性にも優れる。このような上記の被覆電線、この被覆電線の導体を構成する銅合金撚線、この銅合金撚線の各素線である銅合金線は、高導電率、高強度、高靱性をバランスよく備えるといえる。

40

## 【 0 0 1 7 】

また、上記の被覆電線は、上述のように高強度、高靱性の銅合金線の撚線を導体とする

50

ため、同一断面積の単線を導体とする場合に比較して、導体（撚線）全体として屈曲性や捻回性といった機械的特性により優れる傾向にあり、耐疲労性に優れる。更に、上記撚線や銅合金線は、圧縮加工などの断面減少を伴う塑性加工を施した場合に加工硬化し易い傾向にある。そのため、上記の被覆電線は、圧着端子などの端子が固着された場合に、加工硬化によって、上記端子を強固に固着でき、上記端子との固着性にも優れる。この加工硬化によって導体（撚線）における端子接続箇所の強度を高められる。そのため、衝撃を受けた場合に端子接続箇所破断し難く、上記の被覆電線は、端子装着状態での耐衝撃性にも優れる。

【0018】

（2）上記の被覆電線の一例として、

前記銅合金は、質量割合で、C、Si、及びMnから選択される1種以上の元素を合計で10ppm以上500ppm以下含む形態が挙げられる。

【0019】

C、Si、Mnは、特定の範囲で含有することで、Fe、P、Snなどの脱酸剤として機能し、これらの元素の酸化を低減、防止して、これらの元素の含有による高導電性及び高強度という効果を適切に得られる。また、上記形態は、C、Si、Mnの過剰含有による導電率の低下を抑制できることから、導電性に優れる。従って、上記形態は、導電性及び強度により優れる。

【0020】

（3）上記の被覆電線の一例として、

前記銅合金線の破断伸びが5%以上である形態が挙げられる。

【0021】

上記形態は、破断伸びが高い銅合金線を導体に備えるため、耐衝撃性に優れる上に、曲げや捻回によっても破断し難く、屈曲性、捻回性にも優れる。

【0022】

（4）上記の被覆電線の一例として、

前記銅合金線の導電率が60%IACS以上であり、引張強さが400MPa以上である形態が挙げられる。

【0023】

上記形態は、導電率及び引張強さが高い銅合金線を導体に備えるため、導電性及び強度に優れる。

【0024】

（5）上記の被覆電線の一例として、

端子固着力が45N以上である形態が挙げられる。

端子固着力、後述する（6）、（11）端子装着状態での耐衝撃エネルギー、（7）、（12）耐衝撃エネルギーの測定方法は後述する（試験例1、2参照）。

【0025】

上記形態は、圧着端子などの端子が取り付けられた場合に端子を強固に固着でき、端子との固着性に優れる。従って、上記形態は、導電性及び強度並びに耐衝撃性に優れる上に、端子固着性にも優れ、上述の端子付き電線などに好適に利用できる。

【0026】

（6）上記の被覆電線の一例として、

端子が取り付けられた状態での耐衝撃エネルギーが3J/m以上である形態が挙げられる。

【0027】

上記形態は、圧着端子などの端子が圧着された端子装着状態での耐衝撃エネルギーが高く、端子装着状態で衝撃を受けた場合でも端子取付箇所破断し難い。従って、上記形態は、導電性及び強度並びに耐衝撃性に優れる上に、端子装着状態での耐衝撃性にも優れ、上述の端子付き電線などに好適に利用できる。

【0028】

10

20

30

40

50

(7) 上記の被覆電線の一例として、

前記被覆電線のための耐衝撃エネルギーが  $6 \text{ J/m}$  以上である形態が挙げられる。

【0029】

上記形態は、被覆電線自体の耐衝撃エネルギーが高く、衝撃を受けた場合でも破断し難く、耐衝撃性に優れる。

【0030】

(8) 本発明の一態様に係る端子付き電線は、

上記(1)から(7)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とを備える。

【0031】

上記の端子付き電線は、上記の被覆電線を備えるため、上述のように導電性及び強度に優れる上に、耐衝撃性にも優れる。また、上記の端子付き電線は、上記の被覆電線を備えるため、上述のように耐疲労性、圧着端子などの端子との固着性、端子装着状態での耐衝撃性にも優れる。

【0032】

(9) 本発明の一態様に係る銅合金線は、

導体に利用される銅合金線であって、

$\text{Fe}$  を  $0.2$  質量%以上  $1.6$  質量%以下、

$\text{P}$  を  $0.05$  質量%以上  $0.4$  質量%以下、

$\text{Sn}$  を  $0.05$  質量%以上  $0.7$  質量%以下含有し、

残部が  $\text{Cu}$  及び不純物からなり、

質量比で、 $\text{Fe} / \text{P}$  が  $4.0$  以上である銅合金から構成され、

線径が  $0.5 \text{ mm}$  以下である。

【0033】

上記の銅合金線は、銅系材料から構成される細径の線材であるため、単線又は撚線の状態で電線などの導体に利用される場合に、導電性及び強度に優れる上に電線などの軽量化に寄与する。特に、上記の銅合金線は、 $\text{Fe}$ 、 $\text{P}$ 、 $\text{Sn}$  を含む特定の組成の銅合金から構成されて、上述のように導電性及び強度により優れる上に耐衝撃性にも優れる。従って、上記の銅合金線を電線の導体に利用することで、導電性及び強度に優れる上に耐衝撃性にも優れる電線、更には耐疲労性、圧着端子などの端子との固着性、端子装着状態での耐衝撃性にも優れる電線を構築できる。

【0034】

(10) 本発明の一態様に係る銅合金撚線は、

上記(9)に記載の銅合金線が複数撚り合わされてなる。

【0035】

上記の銅合金撚線は、上記(9)の銅合金線の組成及び特性を実質的に維持しており、導電性及び強度に優れる上に耐衝撃性にも優れる。従って、上記の銅合金撚線を電線の導体に利用することで、導電性及び強度に優れる上に耐衝撃性にも優れる電線、更には耐疲労性、圧着端子などの端子との固着性、端子装着状態での耐衝撃性にも優れる電線を構築できる。

【0036】

(11) 上記の銅合金撚線の一例として、

端子が取り付けられた状態での耐衝撃エネルギーが  $1.5 \text{ J/m}$  以上である形態が挙げられる。

【0037】

上記形態は、端子装着状態での耐衝撃エネルギーが高い。このような上記形態の銅合金撚線を導体とし、絶縁被覆層を備える被覆電線とすれば、端子装着状態での耐衝撃エネルギーがより高い被覆電線、代表的には上述の(6)の被覆電線を構築できる。従って、上記形態は、導電性及び強度並びに耐衝撃性に優れる上に、端子装着状態での耐衝撃性により優れる被覆電線や端子付き電線などの導体に好適に利用できる。

10

20

30

40

50

## 【0038】

(12) 上記の銅合金撚線の一例として、

前記銅合金撚線のみの耐衝撃エネルギーが4 J/m以上である形態が挙げられる。

## 【0039】

上記形態は、銅合金撚線自体の耐衝撃エネルギーが高い。このような上記形態の銅合金撚線を導体とし、絶縁被覆層を備える被覆電線とすれば、耐衝撃エネルギーがより高い被覆電線、代表的には上述の(7)の被覆電線を構築できる。従って、上記形態は、導電性及び強度に優れる上に、耐衝撃性により優れる被覆電線や端子付き電線などの導体に好適に利用できる。

## 【0040】

[本発明の実施形態の詳細]

以下、適宜、図面を参照して、本発明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。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。

## 【0041】

[銅合金線]

(組成)

実施形態の銅合金線1は、被覆電線3などの電線の導体に利用されるものであり(図1)、特定の添加元素を特定の範囲で含む銅合金から構成される。上記銅合金は、Feを0.2%以上1.6%以下、Pを0.05%以上0.4%以下、Snを0.05%以上0.7%以下含有し、残部がCu及び不純物からなるFe-P-Sn-Cu合金である。特に、上記銅合金では、Pの含有量に対するFeの含有量の割合Fe/Pが、質量比で4.0以上である。上記不純物とは主として不可避なものをいう。以下、元素ごとに詳細に説明する。

## 【0042】

・Fe

Feは、主として、母相であるCuに析出して存在し、引張強さといった強度の向上に寄与する。

Feを0.2%以上含有すると、Fe及びPを含む析出物などを良好に生成でき、析出強化によって強度に優れる銅合金線1とすることができる。かつ、上記の析出によってPの母相への固溶を抑制して、高い導電率を有する銅合金線1とすることができる。P量や製造条件にもよるが、Feの含有量が多いほど、銅合金線1の強度が高くなり易い。高強度化などを望む場合には、Feの含有量を0.35%超、更に0.4%以上、0.45%以上とすることができる。

Feを1.6%以下の範囲で含有すると、Feを含む析出物などの粗大化を抑制し易い。その結果、粗大な析出物を起点とする破断を低減できて強度に優れる上に、製造過程では伸線加工時などに断線し難く、製造性にも優れる。P量や製造条件にもよるが、Feの含有量が少ないほど、上述の析出物の粗大化などを抑制し易い。析出物の粗大化の抑制(破断、断線の低減)などを望む場合には、Feの含有量を1.5%以下、更に1.2%以下、1.0%以下、0.9%未満とすることができる。

## 【0043】

・P

銅合金線1においてPは、主としてFeと共に析出物として存在して引張強さといった強度の向上に寄与する、即ち主として析出強化元素として機能する。

Pを0.05%以上含有すると、Fe及びPを含む析出物などを良好に生成でき、析出強化によって強度に優れる銅合金線1とすることができる。Fe量や製造条件にもよるが、Pの含有量が多いほど、銅合金線1の強度が高くなり易い。高強度化などを望む場合には、Pの含有量を0.1%超、更に0.11%以上、0.12%以上とすることができる。なお、含有するPのうちの一部が脱酸剤として機能し、母相に酸化物として存在することを許容する。

10

20

30

40

50

Pを0.4%以下の範囲で含有すると、Fe及びPを含む析出物などの粗大化を抑制し易く、破断や断線を低減できる。Fe量や製造条件にもよるが、Pの含有量が少ないほど、上述の粗大化を抑制し易い。析出物の粗大化の抑制(破断、断線の低減)などを望む場合には、Pの含有量を0.35%以下、更に0.3%以下、0.25%以下とすることができる。

#### 【0044】

##### ・Fe/P

Fe及びPを上述の特定の範囲で含有することに加えて、Pに対してFeを適切に含むと、特にPに対してFeを同等又はそれ以上含むとFeとPとを化合物として存在させ易い。その結果、析出強化による強度向上効果を適切に得られると共に、過剰のPの固溶低減による母相の高い導電率の維持効果を適切に図ることができ、導電性に優れる上に高強度な銅合金線1とすることができる。

Fe/Pが4.0以上であれば、上述のように導電性に優れる上に高強度である。Fe/Pが大きいほど、導電性により優れる傾向にあり、Fe/Pを4.0超、更に4.1以上とすることができる。Fe/Pは例えば30以下の範囲で選択できるが、20以下、更に10以下であると、過剰なFeによる析出物の粗大化などを抑制し易い。

#### 【0045】

##### ・Sn

Snは、主として、母相であるCuに固溶して存在し、引張強さといった強度の向上に寄与する、即ち主として固溶強化元素として機能する。

Snを0.05%以上含有すると、強度により優れる銅合金線1とすることができる。Snの含有量が多いほど、強度が高くなり易い。高強度化を望む場合には、Snの含有量を0.08%以上、更に0.1%以上、0.12%以上とすることができる。

Snを0.7%以下の範囲で含有すると、SnがCuに過剰に固溶することによる導電率の低下を抑制して、導電率が高い銅合金線1とすることができる。また、Snの過剰固溶に起因する加工性の低下を抑制して、伸線加工などの塑性加工が行い易く、製造性にも優れる。高導電性、良好な加工性などを望む場合には、Snの含有量を0.6%以下、更に0.55%以下、0.5%以下とすることができる。

#### 【0046】

実施形態の銅合金線1は、上述のようにFe及びPの析出強化とSnの固溶強化とによって高強度である。そのため、製造過程で人工時効と軟化とを行った場合にも、高い強度を有しながら高い伸びなども有して、高強度、高靱性な銅合金線1とすることができる。

#### 【0047】

##### ・C, Si, Mn

実施形態の銅合金線1を構成する銅合金は、Fe, P, Snなどに対して脱酸効果を有する元素を含むことができる。具体的には、質量割合で、C, Si, 及びMnから選択される1種以上の元素を合計で10ppm以上500ppm以下含むことが挙げられる。

#### 【0048】

ここで、製造過程で大気雰囲気などの酸素含有雰囲気とすると、Fe, P, Snなどの元素が酸化する恐れがある。これらの元素が酸化物となると、上述の析出物などを適切に形成できなかったり、母相に固溶できなかったりして、Fe及びPの含有による高導電性及び高強度、並びにSnの含有による固溶強化という効果を適切に得られない恐れがある。これらの酸化物が伸線加工時などに破断の起点となり、製造性の低下を招く恐れもある。C, Mn, 及びSiの少なくとも1種の元素、好ましくは2種の元素(この場合、CとMn、又はCとSiが好ましい)、より好ましくは3種全ての元素を特定の範囲で含むことで、Fe及びPの析出による析出強化と高導電性の確保、Snの固溶強化をより確実に図り、導電性に優れ、高強度な銅合金線1とすることができる。

#### 【0049】

上述の合計含有量が10ppm以上であれば、上述のFeなどの元素の酸化を防止できる。上記合計含有量が多いほど、酸化防止効果を得易く、20ppm以上、更に30ppm

10

20

30

40

50



m以上とすることができる。

上記の合計含有量が500ppm以下であれば、これら脱酸剤元素の過剰含有による導電性の低下を招き難く、導電性に優れる。上記合計含有量が少ないほど、上記導電性の低下を抑制し易いことから、300ppm以下、更に200ppm以下、150ppm以下とすることができる。

#### 【0050】

Cのみの含有量は、10ppm以上300ppm以下、更に10ppm以上200ppm以下、特に30ppm以上150ppm以下が好ましい。

Mnのみの含有量、又はSiのみの含有量は、5ppm以上100ppm以下、更に5ppm超50ppm以下が好ましい。Mn及びSiの合計含有量は、10ppm以上200ppm以下、更に10ppm超100ppm以下が好ましい。

C, Mn, Siをそれぞれ上述の範囲で含有すると、上述のFeなどの元素の酸化防止効果を良好に得易い。例えば、銅合金中の酸素の含有量を20ppm以下、15ppm以下、更に10ppm以下とすることができる。

#### 【0051】

(組織)

実施形態の銅合金線1を構成する銅合金の組織として、Fe及びPを含む析出物や晶出物が分散する組織が挙げられる。析出物などの分散組織、好ましくは微細な析出物などが均一的に分散する組織を有することで、析出強化による高強度化、PなどのCuへの固溶低減による高い導電率の確保を期待できる。

#### 【0052】

更に、上記銅合金の組織として、微細な結晶組織が挙げられる。この場合、上述の析出物などが均一的に分散して存在し易く、更なる高強度化が期待できる。また、破断の起点となり得る粗大結晶粒が少なく破断し難いため、伸びといった靱性も高くなり易く、耐衝撃性により優れると期待される。更に、この場合、実施形態の銅合金線1を被覆電線3などの電線の導体とし、この導体に圧着端子などの端子を取り付けると、端子を強固に固着できて、端子固着力を高め易い。

#### 【0053】

定量的には、平均結晶粒径が10 $\mu$ m以下であると、上述の効果を易く、7 $\mu$ m以下、更に5 $\mu$ m以下とすることができる。結晶粒径は、例えば、組成(Fe, P, Snの含有量、Fe/Pの値など、以下同様)に応じて製造条件(加工度や熱処理温度など、以下同様)を調整することで、所定の大きさにすることができる。

#### 【0054】

平均結晶粒径は、以下のように測定する。クロスセクションポリッシャ(CP)加工を施した横断面をとって、この横断面を走査型電子顕微鏡で観察する。観察像から、所定の面積 $S_0$ の観測範囲をとり、観測範囲内に存在する全ての結晶数Nを調べる。面積 $S_0$ を結晶数Nで除した面積( $S_0/N$ )を各結晶粒の面積 $S_g$ とし、結晶粒の面積 $S_g$ と等価面積の円の直径を結晶粒の直径Rとする。この結晶粒の直径Rの平均を平均結晶粒径とする。観察範囲は、結晶数nが50以上である範囲、又は横断面の全体とすることができる。このように観察範囲を十分に広くすることで、面積 $S_0$ に存在し得る結晶以外のもの(析出物など)に起因する誤差を十分に小さくできる。

#### 【0055】

(線径)

実施形態の銅合金線1は、製造過程で伸線加工時の加工度(断面減少率)などを調整することで、その線径を所定の大きさにすることができる。特に、銅合金線1が線径0.5mm以下の細線であれば、軽量化が望まれる電線の導体、例えば自動車に配線される電線用導体などに好適に利用できる。上記線径を0.35mm以下、更に0.25mm以下とすることができる。

#### 【0056】

(断面形状)

10

20

30

40

50

実施形態の銅合金線 1 の横断面形状は、適宜選択できる。銅合金線 1 の代表例として、横断面円形状の丸線が挙げられる。横断面形状は、伸線加工に用いるダイスの形状や、銅合金線 1 を圧縮撚線とする場合には成形金型の形状などによって変化する。銅合金線 1 を、例えば、横断面形状が長方形などの四角形状の角線、六角形といった多角形状や楕円形状などの異形線とすることができる。圧縮撚線を構成する銅合金線 1 では、代表的にはその横断面形状が不定形な異形線である。

#### 【0057】

(特性)

・引張強さ、破断伸び、導電率

実施形態の銅合金線 1 は、上述の特定の組成の銅合金で構成されることで、導電性に優れる上に、高強度である。適宜な熱処理が施されて製造されることで、高強度、高靱性、高導電率をバランスよく備える。定量的には、銅合金線 1 は、引張強さが 400 MPa 以上であること、破断伸びが 5 % 以上であること、及び導電率が 60 % IACS 以上であることの少なくとも一つ、好ましくは二つ、より好ましくは三つ全てを満たすことが挙げられる。銅合金線 1 の一例として、導電率が 60 % IACS 以上であり、引張強さが 400 MPa 以上であるものが挙げられる。又は、銅合金線 1 の一例として、破断伸びが 5 % 以上であるものが挙げられる。

#### 【0058】

より高強度を望む場合には、引張強さを 405 MPa 以上、410 MPa 以上、更に 415 MPa 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、7 % 以上、8 % 以上、9.5 % 以上、更に 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 62 % IACS 以上、63 % IACS 以上、更に 65 % IACS 以上とすることができる。

#### 【0059】

・加工硬化指数

実施形態の銅合金線 1 の一例として、加工硬化指数が 0.1 以上であるものが挙げられる。

加工硬化指数とは、引張試験の試験力を単軸方向に適用したときの塑性ひずみ域における真応力と真ひずみの式  $\sigma = C \times \epsilon^n$  において、真ひずみの指数  $n$  として定義される。上記式において、 $C$  は強度定数である。

上記の指数  $n$  は、市販の引張試験機を用いて引張試験を行い、 $S - S$  曲線を作成することで求められる (JIS G 2253 (2011) も参照)。

#### 【0060】

加工硬化指数が大きいくほど、加工硬化しやすく、加工部分では、加工硬化による強度向上効果を得られる。例えば、銅合金線 1 を被覆電線 3 などの電線の導体に用いて、この導体に圧着端子などの端子を圧着などして取り付けた場合、導体における端子取付箇所は、圧縮加工などの塑性加工が施された加工部分となる。この加工部分は、圧縮加工などの断面減少を伴う塑性加工が施されているものの、上記塑性加工前よりも硬くなっており、強度が高められている。従って、この加工部分、即ち上記導体における端子取付箇所及びその近傍が強度の弱点となることを低減できる。加工硬化指数が 0.11 以上、更に 0.12 以上、0.13 以上であると、加工硬化による強度向上効果を得易い。組成や製造条件によっては、導体における端子取付箇所は、導体における本線箇所と同等程度の強度を維持することが期待できる。加工硬化指数は、組成や製造条件で変わるため、上限は特に定めない。

#### 【0061】

引張強さ、破断伸び、導電率、加工硬化指数は、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、 $F_e$ ,  $P$ ,  $S_n$  を多くしたり、伸線加工度を高めたり (細くしたり) すると、引張強さが高くなる傾向にある。例えば、伸線後に熱処理を行う場合に熱処理温度を高めると、破断伸び及び導電率が高く、引張強さが低くなる傾向

10

20

30

40

50

にある。

#### 【 0 0 6 2 】

##### ・ 溶接性

実施形態の銅合金線 1 は、溶接性に優れるという効果も奏する。例えば、銅合金線 1 や後述の銅合金撚線 10 を電線の導体に利用して、この導体から分岐をとるために別の導体線などを溶接した場合に溶接箇所が破断し難く、溶接強度が高い。

#### 【 0 0 6 3 】

##### [ 銅合金撚線 ]

実施形態の銅合金撚線 10 は、実施形態の銅合金線 1 を素線とするものであり、銅合金線 1 が複数撚り合わされてなる。銅合金撚線 10 は、素線である銅合金線 1 の組成や組織、特性を実質的に維持している上に、その断面積が素線 1 本の場合よりも大きくなり易いため、衝撃時に受けられる力を増大できて耐衝撃性により優れる。また、銅合金撚線 10 は、同じ断面積を有する単線と比較して、曲げや捻じりなどを行い易く、屈曲性、捻回性にも優れており、電線の導体に用いると配線時や繰り返しの曲げなどで断線し難い。更に、銅合金撚線 10 は、上述のように加工硬化し易い銅合金線 1 が複数集められているため、銅合金撚線 10 を被覆電線 3 などの電線の導体に用いて、この導体に圧着端子などの端子を取り付けた場合に、上記端子をより強固に固着できる。図 1 では、7 本の同心撚りの銅合金撚線 10 を例示するが、撚り合せ本数、撚り方法は適宜変更できる。

#### 【 0 0 6 4 】

銅合金撚線 10 は、撚り合せ後に圧縮成形された圧縮撚線（図示せず）とすることができ、圧縮撚線は、撚り合せ状態の安定性に優れるため、圧縮撚線を被覆電線 3 などの電線の導体とする場合、導体の外周に絶縁被覆層 2 などを形成し易い。また、圧縮撚線は、単に撚り合せた場合よりも機械的特性により優れる傾向にある上に小径にできる。

#### 【 0 0 6 5 】

銅合金撚線 10 の線径、断面積、撚りピッチなどは、銅合金線 1 の線径や断面積、撚り合せ本数などに応じて適宜選択できる。

銅合金撚線 10 の断面積が、例えば、 $0.03\text{ mm}^2$  以上であれば、導体断面積が大きいため、電気抵抗が小さく導電性に優れる。また、銅合金撚線 10 を被覆電線 3 などの電線の導体に用いて、この導体に圧着端子などの端子を取り付ける場合に断面積がある程度大きいため、上記端子を取り付け易い。更に、上述のように銅合金撚線 10 に上記端子を強固に固着できる上に、端子装着状態での耐衝撃性にも優れる。上記断面積を  $0.1\text{ mm}^2$  以上とすることができる。上記断面積が、例えば、 $0.5\text{ mm}^2$  以下であれば、軽量な銅合金撚線 10 とすることができる。

銅合金撚線 10 の撚りピッチが、例えば、 $10\text{ mm}$  以上であれば、素線（銅合金線 1）が  $0.5\text{ mm}$  以下の細線であっても撚り合せ易く、銅合金撚線 10 の製造性に優れる。上記撚りピッチが例えば  $20\text{ mm}$  以下であれば、曲げなどを行った場合にも撚りがほぐれず、屈曲性に優れる。

#### 【 0 0 6 6 】

##### ・ 端子装着状態での耐衝撃エネルギー

実施形態の銅合金撚線 10 は、上述のように特定の銅合金から構成される銅合金線 1 を素線とするため、被覆電線などの導体に利用されて、この導体の端部に圧着端子などの端子が取り付けられた状態で衝撃を受けた場合に端子取付箇所近傍で破断し難い。定量的には、銅合金撚線 10 において、上記端子が取り付けられた状態での耐衝撃エネルギー（端子装着状態での耐衝撃エネルギー）が  $1.5\text{ J/m}$  以上であることが挙げられる。端子装着状態での耐衝撃エネルギーが大きいほど、衝撃を受けた場合に上述の端子取付箇所近傍で破断し難い。このような銅合金撚線 10 を導体とすれば、端子装着状態での耐衝撃性に優れる被覆電線などを構築できる。銅合金撚線 10 における端子装着状態での耐衝撃エネルギーは、 $1.6\text{ J/m}$  以上、更に  $1.7\text{ J/m}$  以上が好ましく、上限は特に定めない。

#### 【 0 0 6 7 】

##### ・ 耐衝撃エネルギー

実施形態の銅合金撚線 10 は、上述のように特定の銅合金から構成される銅合金線 1 を素線とするため、衝撃などを受けた場合に破断し難い。定量的には、銅合金撚線 10 のみの耐衝撃エネルギーが  $4 \text{ J/m}$  以上であることが挙げられる。耐衝撃エネルギーが大きいほど、衝撃を受けた場合に銅合金撚線 10 自身が破断し難い。このような銅合金撚線 10 を導体とすれば、耐衝撃性に優れる被覆電線などを構築できる。銅合金撚線 10 における耐衝撃エネルギーは、 $4.2 \text{ J/m}$  以上、更に  $4.5 \text{ J/m}$  以上が好ましく、上限は特に定めない。

#### 【0068】

なお、単線の銅合金線 1 についても、端子装着状態での耐衝撃エネルギーや耐衝撃エネルギーが上述の範囲を満たすことが好ましい。実施形態の銅合金撚線 10 は、単線の銅合金線 1 と比較して、端子装着状態での耐衝撃エネルギーや耐衝撃エネルギーが高い傾向にある。

#### 【0069】

##### [被覆電線]

実施形態の銅合金線 1 や銅合金撚線 10 は、そのままだでも導体に利用できるが、外周に絶縁被覆層を備えると、絶縁性に優れる。実施形態の被覆電線 3 は、導体と、導体の外周に設けられた絶縁被覆層 2 とを備え、導体が実施形態の銅合金撚線 10 である。別の実施形態の被覆電線として、導体が銅合金線 1 (単線) であるものが挙げられる。図 1 では、導体に銅合金撚線 10 を備える場合を例示する。

#### 【0070】

絶縁被覆層 2 を構成する絶縁材料は、例えば、ポリ塩化ビニル (PVC) やノンハロゲン樹脂 (例えば、ポリプロピレン (PP))、難燃性に優れる材料などが挙げられる。公知の絶縁材料が利用できる。

絶縁被覆層 2 の厚さは、所定の絶縁強度に応じて適宜選択でき、特に限定されない。

#### 【0071】

##### ・端子固着力

実施形態の被覆電線 3 は、上述のように特定の銅合金から構成される銅合金線 1 を素線とする銅合金撚線 10 を導体に備えるため、圧着端子などの端子を圧着などして取り付けた状態において、端子を強固に固着できる。定量的には、端子固着力が  $45 \text{ N}$  以上であることが挙げられる。端子固着力が大きいほど、端子を強固に固着でき、被覆電線 3 (導体) と端子との接続状態を維持し易く好ましい。端子固着力は  $50 \text{ N}$  以上、 $55 \text{ N}$  超、更に  $58 \text{ N}$  以上が好ましく、上限は特に定めない。

#### 【0072】

##### ・端子装着状態での耐衝撃エネルギー

実施形態の被覆電線 3 における端子装着状態での耐衝撃エネルギー、被覆電線 3 における耐衝撃エネルギーは、絶縁被覆層 2 を備えていない裸の導体、即ち実施形態の銅合金撚線 10 に比較して高い傾向にある。絶縁被覆層 2 の構成材料や厚さなどによっては、上記裸の導体と比較して、被覆電線 3 における端子装着状態での耐衝撃エネルギー、被覆電線 3 のみの耐衝撃エネルギーを更に高められる場合がある。定量的には、被覆電線 3 における端子装着状態での耐衝撃エネルギーが  $3 \text{ J/m}$  以上であることが挙げられる。被覆電線 3 における端子装着状態での耐衝撃エネルギーは、大きいほど衝撃を受けた場合に端子取付箇所近傍で破断し難く、 $3.2 \text{ J/m}$  以上、更に  $3.5 \text{ J/m}$  以上が好ましく、上限は特に定めない。

#### 【0073】

##### ・耐衝撃エネルギー

また、定量的には、被覆電線 3 のみの耐衝撃エネルギー (以下、本線の耐衝撃エネルギーと呼ぶことがある) が  $6 \text{ J/m}$  以上であることが挙げられる。本線の耐衝撃エネルギーは、大きいほど衝撃を受けた場合に破断し難く、 $6.5 \text{ J/m}$  以上、更に  $7 \text{ J/m}$  以上、 $8 \text{ J/m}$  以上が好ましく、上限は特に定めない。

#### 【0074】

被覆電線 3 から絶縁被覆層 2 を除去して導体のみの状態、即ち銅合金撚線 10 のみの状態とし、この導体について端子装着状態での耐衝撃エネルギー、耐衝撃エネルギーを測定した場合、上述の銅合金撚線 10 と実質的に同様の値をとる。具体的には、被覆電線 3 に備える導体の端子装着状態での耐衝撃エネルギーが  $1.5 \text{ J/m}$  以上である形態、被覆電線 3 に備える導体の耐衝撃エネルギーが  $4 \text{ J/m}$  以上である形態が挙げられる。

#### 【0075】

なお、単線の銅合金線 1 を導体に備える被覆電線においても、端子固着力、端子装着状態での耐衝撃エネルギー、本線の耐衝撃エネルギーの少なくとも一つが上述の範囲を満たすことが好ましい。導体を銅合金撚線 10 とする実施形態の被覆電線 3 は、単線の銅合金線 1 を導体とする被覆電線よりも、端子固着力、端子装着状態での耐衝撃エネルギー、本線の耐衝撃エネルギーがより高い傾向にある。

10

#### 【0076】

実施形態の被覆電線 3 などにおける端子固着力、端子装着状態での耐衝撃エネルギー、本線の耐衝撃エネルギーは、銅合金線 1 の組成や製造条件、絶縁被覆層 2 の構成材料や厚さなどを調整することで、所定の大きさにすることができる。例えば、上述の引張強さ、破断伸び、導電率、加工硬化指数などの特性パラメータが上述の特定の範囲を満たすように、銅合金線 1 の組成や製造条件を調整することが挙げられる。

#### 【0077】

##### [ 端子付き電線 ]

実施形態の端子付き電線 4 は、図 2 に示すように実施形態の被覆電線 3 と、被覆電線 3 の端部に取り付けられた端子 5 とを備える。ここでは、端子 5 として、一端に雌型又は雄型の嵌合部 52 を備え、他端に絶縁被覆層 2 を把持するインシュレーションバレル部 54 を備え、中間部に導体（図 2 では銅合金撚線 10）を把持するワイヤバレル部 50 を備える圧着端子を例示する。圧着端子は、被覆電線 3 の端部において絶縁被覆層 2 が除去されて露出された導体の端部に圧着されて、導体と電氣的及び機械的に接続される。端子 5 は、圧着端子などの圧着型の他、溶融した導体が接続される溶融型などが挙げられる。別の実施形態の端子付き電線として、上述の銅合金線 1（単線）を導体とする被覆電線を備えるものが挙げられる。

20

#### 【0078】

端子付き電線 4 は、図 2 に示すように被覆電線 3 ごとに一つの端子 5 が取り付けられた形態の他、複数の被覆電線 3 に対して一つの端子 5 を備える形態が挙げられる。即ち、端子付き電線 4 は、被覆電線 3 を一つ、及び端子 5 を一つ備える形態の他、複数の被覆電線 3 と一つの端子 5 とを備える形態、複数の被覆電線 3 と複数の端子 5 とを備える形態が挙げられる。複数の電線を備える場合には、結束具などによって複数の電線を束ねると、端子付き電線 4 を取り扱い易い。

30

#### 【0079】

##### [ 銅合金線、銅合金撚線、被覆電線、端子付き電線の特性 ]

実施形態の銅合金撚線 10 の各素線、被覆電線 3 の導体を構成する各素線、端子付き電線 4 の導体を構成する各素線は、いずれも銅合金線 1 の組成、組織、特性を維持する、又は同等程度の特性を有する。そのため、上記の各素線の一例として、引張強さが  $400 \text{ MPa}$  以上であること、破断伸びが  $5\%$  以上であること、及び導電率が  $60\% \text{ IACS}$  以上であることの少なくとも一つを満たす形態が挙げられる。

40

#### 【0080】

端子付き電線 4 の端子固着力、端子装着状態での耐衝撃エネルギーの測定に用いる端子として、端子付き電線 4 自体に備える圧着端子などの端子 5 を利用することができる。

#### 【0081】

##### [ 銅合金線、銅合金撚線、被覆電線、端子付き電線の用途 ]

実施形態の被覆電線 3 は、各種の電気機器の配線部分などに利用できる。特に、実施形態の被覆電線 3 は、端部に端子 5 が取り付けられた状態で使用される用途、例えば、自動車や飛行機等の搬送機器、産業用ロボット等の制御機器などの配線に好適に利用できる。

50

実施形態の端子付き電線 4 は、上記搬送機器、制御機器といった各種の電気機器の配線に利用できる。このような実施形態の被覆電線 3 や端子付き電線 4 は、自動車用ワイヤーハーネスなどの各種のワイヤーハーネスの構成要素に好適に利用できる。実施形態の被覆電線 3 や端子付き電線 4 を備えるワイヤーハーネスは、端子 5 との接続状態を良好に維持し易く、信頼性を高められる。実施形態の銅合金線 1、実施形態の銅合金撚線 10 は、被覆電線 3 や端子付き電線 4 などの電線の導体に利用できる。

#### 【0082】

##### [効果]

実施形態の銅合金線 1 は、Fe, P, Sn を含む特定の銅合金で構成されて、導電性及び強度に優れる上に、耐衝撃性にも優れる。このような銅合金線 1 を素線とする実施形態の銅合金撚線 10 も同様に、導電性及び強度に優れる上に、耐衝撃性にも優れる。

10

実施形態の被覆電線 3 は、導体に、実施形態の銅合金線 1 を素線とする実施形態の銅合金撚線 10 を備えるため、導電性及び強度に優れる上に耐衝撃性にも優れる。また、被覆電線 3 は、圧着端子などの端子 5 が圧着などされた場合に、端子 5 を強固に固着できる上に、端子 5 の装着状態での耐衝撃性にも優れる。

実施形態の端子付き電線 4 は、実施形態の被覆電線 3 を備えるため、導電性及び強度に優れる上に耐衝撃性にも優れる。更に、端子付き電線 4 は、端子 5 を強固に固着できる上に、端子 5 の装着状態での耐衝撃性にも優れる。

これらの効果を試験例 1, 2 で具体的に説明する。

#### 【0083】

20

##### [製造方法]

実施形態の銅合金線 1、銅合金撚線 10、被覆電線 3、端子付き電線 4 は、例えば、以下の工程を備える製造方法によって製造することができる。以下、各工程の概要を列挙する。

#### 【0084】

##### (銅合金線)

<連続鑄造工程> 上述の特定の組成の銅合金の溶湯を連続鑄造して鑄造材を製造する。

<伸線工程> 上記鑄造材、又は上記鑄造材に加工を施した加工材に、伸線加工を施して伸線材を製造する。

<熱処理工程> 上記伸線材に熱処理を施し、熱処理材を製造する。

30

この熱処理は、代表的には Fe, P が固溶状態である銅合金から Fe 及び P を含む析出物を析出させる人工時効と、最終線径までの伸線加工によって加工硬化された伸線材の伸びを改善する軟化とを含むものとする。以下、この熱処理を時効・軟化処理と呼ぶ。

#### 【0085】

時効・軟化処理以外の熱処理として、以下の溶体化処理を含むことができる。

溶体化処理は、過飽和固溶体を形成することを目的の一つとする熱処理であり、連続鑄造工程以降、時効・軟化処理前の任意の時期に施すことができる。

#### 【0086】

##### (銅合金撚線)

銅合金撚線 10 を製造する場合には、上述の<連続鑄造工程>、<伸線工程>、<熱処理工程>に加えて、以下の撚線工程を備える。圧縮撚線とする場合には、以下の圧縮工程を更に備える。

40

<撚線工程> 複数の上記伸線材を撚り合わせて、撚線を製造する。又は複数の上記熱処理材を撚り合わせて、撚線を製造する。

<圧縮工程> 上記撚線を所定の形状に圧縮成形して、圧縮撚線を製造する。

上記<撚線工程>、<圧縮工程>を備える場合、上記<熱処理工程>では上記撚線又は上記圧縮撚線に時効・軟化熱処理を施すことが挙げられる。上記熱処理材の撚線又は圧縮撚線とする場合には、この撚線又は圧縮撚線に更に時効・軟化熱処理を施す第二の熱処理工程を備えてもよいし、第二の熱処理工程を省略してもよい。時効・軟化熱処理を複数回行う場合には、上述の特性パラメータが特定の範囲を満たすように熱処理条件を調整する

50

ことができる。熱処理条件を調整することで、例えば結晶粒の成長を抑制して微細な結晶組織とし易く、高い強度と高い伸びとを有し易い。

【0087】

(被覆電線)

被覆電線3や単線の銅合金線1を備える被覆電線を製造する場合には、上述の銅合金線の製造方法によって製造された銅合金線(実施形態の銅合金線1)、又は上述の銅合金燃線の製造方法によって製造された銅合金燃線(実施形態の銅合金燃線10)の外周に絶縁被覆層を形成する被覆工程を備える。絶縁被覆層の形成方法には、押出被覆や粉体塗装など、公知の手法を利用できる。

【0088】

(端子付き電線)

端子付き電線4を製造する場合には、上述の被覆電線の製造方法によって製造された被覆電線(実施形態の被覆電線3など)の端部において、絶縁被覆層を除去して露出した導体に端子を取り付ける圧着工程を備える。

【0089】

以下、連続鑄造工程、伸線工程、熱処理工程を詳細に説明する。

<連続鑄造工程>

この工程では、上述したFe, P, Snを特定の範囲で含む特定の組成の銅合金の溶湯を連続鑄造して鑄造材を作製する。ここで、溶解時の雰囲気を実真空雰囲気とすると、Fe, P, Snなどの酸化を防止できる。一方、溶解時の雰囲気を大気雰囲気とすると、雰囲気制御が不要であり、生産性を向上できる。この場合、雰囲気中の酸素による上記元素の酸化防止のために、上述のC, Mn, Si(脱酸剤元素)を利用することが好ましい。

【0090】

C(炭素)の添加方法は、例えば、上記溶湯の湯面を木炭片や木炭粉などで覆うことが挙げられる。この場合、湯面近傍の木炭片や木炭粉などから溶湯中にCを供給できる。

MnやSiは、これらを含む原料を別途用意して、上記溶湯中に混合することが挙げられる。この場合、上記湯面における木炭片や木炭粉などがつくる隙間から露出する箇所が雰囲気中の酸素に接触しても、湯面近傍での酸化を抑制できる。上記原料には、MnやSiの単体、MnやSiとFeとの合金などが挙げられる。

【0091】

上述の脱酸剤元素の添加に加えて、坩堝や鑄型として、不純物が少ない高純度カーボン製のものを利用すると、溶湯に不純物が混入され難く、好ましい。

【0092】

ここで、実施形態の銅合金線1は、代表的には、Fe及びPを析出物として存在させ、Snを固溶体として存在させる。そのため、銅合金線1の製造過程では過飽和固溶体を形成する過程を備えることが好ましい。例えば、溶体化処理を行う溶体化工程を別途設けることができる。この場合、任意の時期に過飽和固溶体を形成できる。一方、連続鑄造を行う場合に冷却速度を大きくして過飽和固溶体の鑄造材を作製すれば、別途、溶体化工程を設けることなく、最終的に電気的特性及び機械的特性に優れて、被覆電線3などの導体に適した銅合金線1を製造できる。そこで、銅合金線1の製造方法として、連続鑄造を行うこと、特に冷却過程で冷却速度を大きくして急冷することを提案する。

【0093】

連続鑄造法は、ベルトアンドホイール法、双ベルト法、アップキャスト法など各種の方法が利用できる。特に、アップキャスト法は、酸素などの不純物を低減できて、CuやFe, P, Snなどの酸化を防止し易く好ましい。冷却過程の冷却速度は、5 / sec超、更に10 / sec超、15 / sec以上が好ましい。

【0094】

鑄造材には、各種の塑性加工、切削加工などの加工を施すことができる。塑性加工は、コンフォーム押出、圧延(熱間、温間、冷間)などが挙げられる。切削加工は、皮剥ぎなどが挙げられる。これらの加工を施すことで、鑄造材の表面欠陥を低減できて、伸線加工

10

20

30

40

50

時に断線などを低減して、生産性を向上できる。特に、アップキャスト材には、これらの加工を施すと断線などし難い。

#### 【 0 0 9 5 】

##### < 伸線工程 >

この工程では、上記鋳造材や上記鋳造材に加工を施した上記加工材などに、少なくとも1パス、代表的には複数パスの伸線加工（冷間）を施して、所定の最終線径の伸線材を製作する。複数パスを行う場合、パスごとの加工度は、組成や最終線径などに応じて適宜調整するとよい。伸線加工前に中間熱処理を行ったり、複数パスを行う場合、パス間に中間熱処理を行ったりして、加工性を高めることができる。この中間熱処理の条件は、所望の加工性が得られるように適宜選択できる。

10

#### 【 0 0 9 6 】

##### < 熱処理工程 >

この工程では、上述のように人工時効と軟化とを目的とした時効・軟化処理を施す。この時効・軟化処理によって、上記の析出物などの析出強化による強度向上効果と、Cuへの固溶低減による高い導電率の維持効果とを良好に図ることができ、導電性及び強度に優れる銅合金線1や銅合金撚線10が得られる。また、時効・軟化処理によって、高い強度を維持しつつ、伸びなどの靱性を向上でき、靱性にも優れる銅合金線1や銅合金撚線10が得られる。

#### 【 0 0 9 7 】

時効・軟化処理の条件は、バッチ処理であれば、例えば、以下が挙げられる。

20

（熱処理温度）350 以上550 以下、好ましくは400 以上500 以下

（保持時間）1時間以上40時間以下、好ましくは3時間以上20時間以下

上記の範囲から、組成、加工状態などに応じて選択するとよい。具体例として、後述の試験例1, 2を参照するとよい。なお、炉式や通電式などの連続処理を利用してもよい。

#### 【 0 0 9 8 】

同じ組成の場合に上記の範囲で熱処理温度が高いと、導電率、破断伸び、端子装着状態での耐衝撃エネルギー、本線の耐衝撃エネルギーが向上する傾向にある。上記熱処理温度が低いと、結晶粒の成長を抑制できると共に、引張強さが向上する傾向にある。上述の析出物を十分に析出させると、高強度である上に、導電率が向上する傾向にある。

#### 【 0 0 9 9 】

30

その他、伸線途中に主として時効処理を行って、最終的な撚線に主として軟化処理を行うことなどができる。時効処理の条件、軟化処理の条件は、上述の時効・軟化処理の条件から選択するとよい。

#### 【 0 1 0 0 】

##### [ 試験例 1 ]

種々の組成の銅合金線、及び得られた銅合金線を導体に用いた被覆電線を種々の製造条件で作製して、特性を調べた。

#### 【 0 1 0 1 】

銅合金線は、表1に示す製造パターン（A）から（C）のいずれかによって製造した（最終線径 0.35mm又は 0.16mm）。被覆電線は、表1に示す製造パターン（a）から（c）のいずれかによって製造した。

40

#### 【 0 1 0 2 】



【 表 1 】

銅合金線 製造パターン			被覆電線 製造パターン		
(A)	(B)	(C)	(a)	(b)	(c)
連続鋳造 (線径φ12.5mm) ↓	連続鋳造 (線径φ12.5mm) ↓	連続鋳造 (線径φ9.5mm) ↓	連続鋳造 (線径φ12.5mm) ↓	連続鋳造 (線径φ12.5mm) ↓	連続鋳造 (線径φ9.5mm) ↓
コンフォーム 押出 (線径φ9.5mm) ↓	冷間圧延 (線径φ9.5mm) ↓	伸線加工 (線径φ0.35mm 又はφ0.16mm) ↓	コンフォーム押出 (線径φ9.5mm) ↓	冷間圧延 (線径φ9.5mm) ↓	伸線加工 (線径φ0.16mm) ↓
伸線加工 (線径φ0.35mm 又はφ0.16mm) ↓	皮剥ぎ (線径φ8mm) ↓	熱処理 (表2の条件) ↓	伸線加工 (線径φ0.16mm) ↓	皮剥ぎ (線径φ8mm) ↓	7本撚線⇒圧縮撚線 (断面積0.13mm <sup>2</sup> ) ↓
熱処理 (表2の条件) ↓	伸線加工 (線径φ0.35mm又 はφ0.16mm) ↓		7本撚線⇒圧縮撚線 (断面積0.13mm <sup>2</sup> ) ↓	伸線加工 (線径φ0.16mm) ↓	熱処理 (表2の条件) ↓
	熱処理 (表2の条件) ↓		熱処理 (表2の条件) ↓	7本撚線⇒圧縮撚線 (断面積0.13mm <sup>2</sup> ) ↓	絶縁材押出 (PVC又はPP、 厚さ0.1mm～0.3mm) ↓
			絶縁材押出 (PVC又はPP、 厚さ0.1mm～0.3mm) ↓	熱処理 (表2の条件) ↓	
				絶縁材押出 (PVC又はPP、 厚さ0.1mm～0.3mm) ↓	

【 0 1 0 3 】

いずれの製造パターンにおいても、以下の鑄造材を用意した。

( 鑄造材 )

電気銅 ( 純度 99 . 99 % 以上 ) と、表 2 に示す各元素を含有する母合金、又は元素単体とを原料として用意した。用意した原料を高純度カーボン製の坩堝 ( 不純物量が 20 質量 ppm 以下 ) を用いて、大気溶解して銅合金の溶湯を作製した。銅合金の組成 ( 残部 C

10

20

30

40

50

u 及び不純物)を表2に示す。

#### 【0104】

上記の銅合金の溶湯と、高純度カーボン製鋳型(不純物量が20質量ppm以下)とを用いて、アップキャスト法によって、断面円形状の連続鋳造材(線径 12.5mm又は9.5mm)を作製した。冷却速度は、10 / sec 超とした。

#### 【0105】

製造パターン(a)から(c)では、銅合金線の製造パターン(A)から(C)に示す工程と同様にして、線径 0.16mmの伸線材を作製し、7本の伸線材を撚り合せた後、圧縮成形して横断面積 0.13mm<sup>2</sup> (0.13sq)の圧縮撚線を作製し、表2に示す条件で熱処理(時効・軟化処理)を施した。得られた熱処理材の外周にポリ塩化ビニル(PVC)又はポリプロピレン(PP)を所定の厚さ(0.1mm~0.3mmより選択)に押出して絶縁被覆層を形成し、上記熱処理材を導体とする被覆電線を作製した。

#### 【0106】

##### 【表2】

試料 No.	組成								熱処理条件	
	(質量%)				質量比	微量成分 (質量ppm)			温度 (℃)	時間 (h)
	Cu	Fe	P	Sn		C	Mn	Si		
1-1	Bal.	0.45	0.11	0.21	4.1	30	<10	<10	420	8
1-2	Bal.	0.45	0.11	0.21	4.1	30	<10	<10	420	8
1-3	Bal.	0.45	0.11	0.21	4.1	30	<10	<10	440	8
1-4	Bal.	0.68	0.15	0.34	4.5	100	<10	<10	420	8
1-5	Bal.	0.68	0.15	0.34	4.5	100	<10	<10	450	8
1-6	Bal.	0.68	0.15	0.34	4.5	100	<10	<10	450	8
1-7	Bal.	0.99	0.24	0.49	4.1	40	<10	<10	450	8
1-8	Bal.	0.99	0.24	0.49	4.1	40	<10	<10	420	8
1-101	Bal.	0.09	0.03	0.27	3	40	<10	<10	350	8
1-102	Bal.	0.09	0.03	0.27	3	40	<10	<10	450	8
1-103	Bal.	0.57	0.3	0.4	1.9	100	<10	<10	420	8
1-104	Bal.	0.57	0.3	0.4	1.9	100	<10	<10	500	8

#### 【0107】

##### (特性の測定)

製造パターン(A)から(C)によって製造した銅合金線(0.35mm又は0.16mm)について、引張強さ(MPa)、破断伸び(%）、導電率(% IACS)、加工硬化指数を調べた。結果を表3に示す。

#### 【0108】

導電率(% IACS)は、ブリッジ法によって測定した。引張強さ(MPa)、破断伸び(%）、加工硬化指数は、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て測定した。

#### 【0109】

製造パターン(a)から(c)によって製造した被覆電線(導体断面積 0.13mm<sup>2</sup>)について端子固着力(N)、導体の端子装着状態での耐衝撃エネルギー(J/m、端子装着耐衝撃E)、導体の耐衝撃エネルギー(J/m、耐衝撃E)を調べた。結果を表3に示す。

#### 【0110】

端子固着力(N)は、以下のように測定する。被覆電線の一端部において絶縁被覆層を剥いで導体である圧縮撚線を露出させ、この圧縮撚線の一端部に端子を取り付ける。ここでは、端子として市販の圧着端子を用いて、上記圧縮撚線に圧着する。また、ここでは、

図3に示すように、導体（圧縮撚線）における端子取付箇所12の横断面積が、端子取付箇所以外の本線箇所の横断面積に対して、表3に示す値（導体残存率、70%又は80%）となるように、取付高さ（クリンプハイトC/H）を調整した。

汎用の引張試験機を用いて、端子を100mm/minで引っ張ったときに端子が抜けない最大荷重（N）を測定した。この最大荷重を端子固着力とする。

【0111】

導体の耐衝撃エネルギー（J/m又は（N/m）/m）は、以下のように測定する。絶縁材の押出前の熱処理材（圧縮撚線の導体）について、その先端に錘を取り付け、この錘を1m上方に持ち上げた後、自由落下させる。導体が断線しない最大の錘の重量（kg）を測定し、この重量に重力加速度（ $9.8\text{ m/s}^2$ ）と落下距離との積値を落下距離で除した値（（錘重量× $9.8\times 1$ ）/1）を導体の耐衝撃エネルギーとする。

10

【0112】

導体の端子装着状態の耐衝撃エネルギー（J/m又は（N/m）/m）は、以下のように測定する。ここでは、絶縁材の押出前の熱処理材（圧縮撚線の導体）について、上述の端子固着力の測定と同様に、導体10の一端部に端子5（ここでは圧着端子）を取り付けた試料S（ここでは長さ1m）を用意し、図4に示すように端子5を治具Jによって固定する。試料Sの他端部に錘Wを取り付け、この錘Wを端子5の固定位置まで持ち上げた後、自由落下させる。上述の導体の耐衝撃エネルギーと同様に、導体10が破断しない最大の錘Wの重量を測定し、（（錘重量× $9.8\times 1$ ）/1）を端子装着状態の耐衝撃エネルギーとする。

20

【0113】

【表 3】

試料 No.	組成					特性					特性(0.13mm <sup>2</sup> )					
	(質量%)					工 程	線 径 (mm)	引張 強さ (MPa)	破断 伸び (%)	導電率 (%IACS)	加工 硬化 指数	工 程	導体 残存率 (%)	端子 固着力 (N)	端子装着 耐衝擊E (J/m)	耐衝擊E (J/m)
	Cu	Fe	P	Sn	Fe/P											
1-1	Bal.	0.45	0.11	0.21	4.1	C	0.16	463	13	69	0.146	c	80	67	5	6.7
1-2	Bal.	0.45	0.11	0.21	4.1	C	0.16	463	13	69	0.146	c	70	63	2	6.7
1-3	Bal.	0.45	0.11	0.21	4.1	C	0.16	416	15	70	0.195	c	70	59	4.4	7.7
1-4	Bal.	0.68	0.15	0.34	4.5	A	0.35	487	8	71	0.110	a	80	69	2.3	5
1-5	Bal.	0.68	0.15	0.34	4.5	A	0.35	420	12	72	0.175	a	80	61	6	7.3
1-6	Bal.	0.68	0.15	0.34	4.5	A	0.35	420	12	72	0.175	a	70	58	2.7	7.3
1-7	Bal.	0.99	0.24	0.49	4.1	B	0.16	451	16	66	0.161	b	80	66	6.3	9.2
1-8	Bal.	0.99	0.24	0.49	4.1	B	0.16	560	10	64	0.100	b	80	80	1.7	4.6
1-101	Bal.	0.09	0.03	0.27	3	C	0.16	499	7	68	0.070	c	80	69	0.7	3.9
1-102	Bal.	0.09	0.03	0.27	3	C	0.16	313	26	77	0.315	c	70	47	9.3	9.7
1-103	Bal.	0.57	0.3	0.4	1.9	C	0.16	569	11	52	0.081	c	80	80	1	8.5
1-104	Bal.	0.57	0.3	0.4	1.9	C	0.16	381	22	56	0.230	c	70	55	6.1	10.1

【0114】

表3に示すように試料No. 1-1~No. 1-8はいずれも、試料No. 1-101

10

20

30

40

50

から No. 1 - 104 と比較して、導電性と、強度と、耐衝撃性との三者に優れることが分かる。更に、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、端子装着状態での耐衝撃性にも優れる。定量的には、以下の通りである。

試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、引張強さが 400 MPa 以上、更に 415 MPa 以上であり、420 MPa 以上の試料も多い。

試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、導電率が 60 % IACS 以上、更に 62 % IACS 以上であり、65 % IACS 以上、更に 68 % IACS 以上の試料も多い。

試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、導体の耐衝撃エネルギーが 4 J/m 以上、更に 4.5 J/m 以上であり、5 J/m 以上、更に 6 J/m 以上の試料も多い。

試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、導体の端子装着状態での耐衝撃エネルギーが 1.5 J/m 以上、更に 1.7 J/m 以上であり、2.5 J/m 以上、更に 3 J/m 以上の試料も多い。このような導体を備える試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 の被覆電線は、端子装着状態での耐衝撃エネルギー、耐衝撃エネルギーがより高いと期待される（試験例 2 参照）。

10

#### 【0115】

更に、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、破断伸びが高く、高強度、高靱性、高導電率をバランスよく備えることが分かる。定量的には、破断伸びが 5 % 以上、更に 7 % 超、8 % 以上であり、10 % 以上の試料も多い。また、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、端子固着力が 45 N 以上、更に 50 N 以上、55 N 超と大きく、端子を強固に固着できることが分かる。更に、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 8 はいずれも、加工硬化指数が 0.1 以上と大きく、多くの試料は 0.12 以上、更に 0.13 以上であり、加工硬化による強度向上効果を得易いことが分かる。

20

#### 【0116】

上述の結果が得られた理由の一つとして、Fe, P, Sn を上述の特定の範囲で含むと共に、Fe/P の質量比が 4.0 以上であるという特定の組成の銅合金から構成される銅合金線を導体に備えることで、Fe 及び P の析出強化及び Sn の固溶強化による強度向上効果と、Fe 及び P の適切な析出に基づく P などの固溶低減による Cu の高い導電率の維持効果とが良好に得られたため、と考えられる。ここでは、C, Mn, Si を適切に含むことで、これらの元素を酸化防止剤として機能させて Fe, P, Sn の酸化を防止したため、Fe, P を適切に析出できたと共に Sn を適切に固溶できた、と考えられる。また、C, Mn, Si の含有による導電率の低下を抑制できたため、と考えられる。この試験では、C の含有量が 100 質量 ppm 以下、Mn 及び Si の合計含有量が 20 質量 ppm 以下、これら 3 種の元素の合計含有量が 150 質量 ppm 以下、特に 120 質量 ppm 以下であることで、上述の酸化防止効果、導電率の低下抑制効果を適切に得られたと考えられる。更に、高強度でありながら破断伸びも高く、靱性にも優れており、衝撃を受けた場合でも破断し難いため、耐衝撃性にも優れた、と考えられる。上記導体における端子取付箇所では、圧縮加工に伴う加工硬化による強度向上効果を良好に得られたため、端子装着状態での耐衝撃性にも優れた、と考えられる。

30

#### 【0117】

その他、端子固着力が高い理由の一つとして、加工硬化指数が大きく、加工硬化による強度向上効果が得られたことが考えられる。例えば、加工硬化指数が異なり、端子の取付条件（導体残存率）が同じである試料 No. 1 - 1, No. 1 - 101 を比較する。試料 No. 1 - 1 は、試料 No. 1 - 101 よりも引張強さが低いものの、端子固着力が同程度である上に、端子装着状態での耐衝撃エネルギーが大幅に大きい。試料 No. 1 - 1 は、引張強さが小さい分を加工硬化によって補ったと考えられる。この試験では、引張強さと、端子固着力とに着目すると、引張強さが大きいほど端子固着力も大きくなるという関係があるといえる。

40

#### 【0118】

この試験から、上述の Fe, P, Sn を含む特定の組成の銅合金に、伸線加工などの塑性加工と、時効・軟化処理などの熱処理とを施すことで上述のように導電性及び強度に優

50

れる上に、耐衝撃性にも優れる銅合金線や銅合金撚線、これらを導体とする被覆電線や端子付き電線が得られることが示された。また、同じ組成であっても、熱処理温度を調整することで、引張強さや導電率、耐衝撃エネルギーなどを異ならせられることが分かる（例えば、試料 No. 1 - 2 と No. 1 - 3 との比較、試料 No. 1 - 4 と No. 1 - 5 との比較、試料 No. 1 - 7 と No. 1 - 8 との比較参照）。熱処理温度を高めると、導電率や導体の耐衝撃エネルギーが高い傾向にある。その他、Sn の含有量が多いほど引張強さが高い傾向にある（例えば、試料 No. 1 - 8、No. 1 - 4、No. 1 - 2 を比較参照）。

【0119】

[ 試験例 2 ]

試験例 1 と同様にして、種々の組成の銅合金線、及び得られた銅合金線を導体に用いた被覆電線を種々の製造条件で作製して、特性を調べた。

【0120】

この試験では、試験例 1 の製造パターン (B) に従って、線径 0.16 mm の銅合金線（熱処理材）を作製した。熱処理条件を表 4 に示す。また、試験例 1 と同様にして、得られた銅合金線（0.16 mm）について、導電率（% IACS）、引張強さ（MPa）、破断伸び（%）、加工硬化指数を調べた。結果を表 4 に示す。

【0121】

試験例 1 の製造パターン (b) に従って、線径 0.16 mm の伸線材を作製し、7 本の伸線材を撚り合せた後、圧縮成形して横断面積 0.13 mm<sup>2</sup> の圧縮撚線を作製し、表 5 に示す条件で熱処理を施した。得られた熱処理材の外周に表 5 に示す絶縁材（PVC 又は PP）を表 5 に示す厚さ（0.20 mm 又は 0.23 mm）に押し出して絶縁被覆層を形成し、上記熱処理材を導体とする被覆電線を作製した。

【0122】

得られた熱処理材（圧縮線材の導体）について、破断荷重（N）、破断伸び（%）、1 m あたりの電気抵抗（m / m）を調べた。また、得られた被覆電線について、破断荷重（N）、破断伸び（%）、本線の耐衝撃エネルギー（J / m）を調べた。その結果を表 5 に示す。

【0123】

破断荷重（N）、破断伸び（%）は、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て測定した。電気抵抗は、JASO D 618 に従い、4 端子法の抵抗測定装置を用いて、長さ 1 m における抵抗値を測定した。本線の耐衝撃エネルギーは、被覆電線を試験対象として試験例 1 と同様にして測定した。

【0124】

得られた被覆電線について、端子装着状態での耐衝撃エネルギー（J / m）を測定した。その結果を表 6 に示す。この試験では、被覆電線の一端部において絶縁被覆層を剥いで導体である圧縮撚線を露出させ、この圧縮撚線の一端部に圧着端子を取り付けて、試験例 1 と同様にして測定した。圧着端子として、金属板（銅合金製）を所定の形状にプレス成形してなる圧着端子であって、図 2 に示すような嵌合部 52、ワイヤバレル部 50、インシュレーションバレル部 54（オーバーラップ型）を備えるものを用意した。ここでは、金属板の厚さが表 6 に示す厚さ（mm）であり、その表面に表 6 に示すメッキ種（Sn）又は金（Au）が施された種々のものを用意し、ワイヤバレル部 50 における取付高さ（C / H（mm））及びインシュレーションバレル部 54 における取付高さ（V / H（mm））が表 6 に示す大きさとなるように、各試料の被覆電線の導体に圧着端子を取り付けた。

【0125】

10

20

30

40

【表 4】

試料 No.	組成								工程	熱処理条件		特性 (φ 0.16mm)			
	(質量%)				質量比		微量成分 (質量ppm)			温度 (℃)	時間 (h)	引張 強さ (MPa)	破断 伸び (%)	導電率 (%IACS)	加工 硬化 指数
	Cu	Fe	P	Sn	Fe/P	C	Mn	Si							
2-11	Bal.	0.61	0.14	0.31	4.4	40	<10	<10	B	450	8	515	12	63	0.122
2-12	Bal.	0.57	0.13	0.31	4.4	40	<10	<10	B	440	8	461	13	65	0.121
2-13	Bal.	0.63	0.15	0.26	4.2	40	<10	<10	B	440	8	493	11	65	0.121
2-14	Bal.	0.61	0.15	0.14	4.1	40	<10	<10	B	440	8	469	12	71	0.139
2-101	Bal.	0.09	0.03	0.27	3	40	<10	<10	B	350	8	499	7	68	0.07

【表 5】

試料 No.	導体熱処理条件		導体特性 (0.13mm <sup>2</sup> )			電線被覆		電線特性		
	温度 (°C)	時間 (h)	破断 荷重 (N)	破断 伸び (%)	電気 抵抗 (mΩ/m)	絶縁 被覆	絶縁 厚さ (mm)	破断 荷重 (N)	破断 伸び (%)	耐衝撃E (J/m)
2-11	450	8	68	12	201	PVC	0.23	85	14	12.5
2-12	440	8	61	13	194	PVC	0.23	81	15	12.6
2-13	440	8	65	11	192	PVC	0.23	82	13	11.3
						PP	0.20	84	13	11.9
						PP	0.23	87	13	12.3
2-14	440	8	62	12	177	PVC	0.23	78	14	11.5
2-101	350	8	66	7	184	PVC	0.23	81	9	7.3

10

【 0 1 2 7 】



【表 6】

試料 No.	被覆種, 圧着条件 条件No.	端子装着状態での耐衝撃エネルギー (J/m)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2-11	端子板厚 (mm)	0.15 (Sn)	0.25 (Sn)	0.25 (Au)	0.25 (Sn)	0.25 (Au)	0.20 (Sn)	0.25 (Sn)	0.25 (Sn)	0.25 (Sn)	0.25 (Sn)
	V/H mm	1.10	1.45	1.45	1.45	1.45	1.00	1.40	1.35	1.30	1.25
	C/H mm	0.61	0.76	0.75	0.75	0.79	0.64	0.75	0.75	0.75	0.75
2-12	PVC 0.23mm	3.9	5.4	4.9	4.4	5.4	6.4	4.4	4.9	4.4	3.9
2-13	PVC 0.23mm	3.9	6.4	5.4	4.4	5.4	6.4	4.4	-	-	-
	PVC 0.23mm	3.9	5.4	4.9	4.4	5.4	6.4	4.4	-	-	-
	PP 0.20mm	4.4	5.9	5.4	5.9	5.9	6.9	4.9	-	-	-
2-14	PP 0.23mm	4.9	6.4	5.9	6.4	6.4	7.4	5.4	-	-	-
	PVC 0.23mm	3.9	6.4	5.4	4.4	5.4	6.4	4.4	-	-	-
	PVC 0.23mm	1.0	2.5	2.0	1.5	2.5	3.0	1.5	2.0	1.5	1.0

## 【0128】

表4, 表5に示すように試料No. 2-11~No. 2-14はいずれも、同じ線径又は同じ導体断面積である試料No. 2-101と比較して、導電性と、強度と、耐衝撃性との三者をバランスよく備えることが分かる。更に、表6に示すように試料No. 2-11~No. 2-14はいずれも、端子装着状態での耐衝撃性にも優れる。定量的には、以下の通りである。

試料No. 2-11~No. 2-14はいずれも、引張強さが400MPa以上、更に450MPa以上である(表4)。

試料 No. 2 - 11 ~ No. 2 - 14 はいずれも、導電率が 60 % IACS 以上、更に 62 % IACS 以上である (表 4)。

試料 No. 2 - 11 ~ No. 2 - 14 はいずれも、耐衝撃エネルギーが 9 J/m 以上、更に 10 J/m 以上である (表 5)。

試料 No. 2 - 11 ~ No. 2 - 14 はいずれも、端子装着状態での耐衝撃エネルギーが 3 J/m 以上、更に 3.5 J/m 以上、3.8 J/m 以上であり、4 J/m 以上の試料も多い (表 6)。

この試験では、C/H 及び V/H が同じでも、端子のメッキ種や被覆種、被覆厚などを異ならせることで、端子装着状態での耐衝撃エネルギーをより高められる場合があるといえる (例えば、表 6 の条件 No. 2 と条件 No. 3 とを比較参照)。また、この試験では、同じ圧着端子を用いても、V/H を異ならせることで (ここでは V/H を大きくする)、端子装着状態での耐衝撃エネルギーをより高められる傾向にあるといえる (例えば、表 6 の条件 No. 2, No. 4, No. 7 から No. 10 を比較参照)。

#### 【0129】

更に、表 4 に示すように試料 No. 2 - 11 ~ No. 2 - 14 はいずれも、破断伸びが 5 % 以上、更に 10 % 以上であり、試験例 1 と同様に、高強度、高靱性、高導電率をバランスよく備えることが分かる。また、表 5 に示すように、圧縮撚線では単線よりも引張強さ (破断荷重 / 断面積) が大きく、絶縁被覆層を備える被覆電線では圧縮撚線よりも引張強さを向上できるといえる。圧縮撚線になっても単線のときの破断伸びを実質的に維持すること (表 4 と比較参照)、絶縁被覆層を備える被覆電線では圧縮撚線よりも破断伸びを向上できるといえる。絶縁被覆層を備える被覆電線では、試験例 1 に示す導体のみの場合と比較して、端子装着状態での耐衝撃エネルギーや耐衝撃エネルギーが高い傾向にあるといえる。

その他、試料 No. 2 - 11 ~ No. 2 - 14 はいずれも、加工硬化指数が 0.1 以上、更に 0.12 以上である。このような試料 No. 2 - 11 ~ No. 2 - 14 はいずれも、端子の固着性にも優れると考えられる。

#### 【0130】

上述の結果が得られた理由の一つとして、試験例 1 と同様に、Fe, P, Sn を含む特定の組成の銅合金から構成される銅合金線を導体に備えることで、Fe 及び P の析出強化及び Sn の固溶強化による強度向上効果と、P などの固溶低減による Cu の高い導電率の維持効果とが良好に得られたため、と考えられる。特に、試験例 1 と同様に、C, Mn, Si の適切な含有によって、Fe, P, Sn の酸化防止効果及び C など脱酸剤元素の含有による導電率の低下抑制効果を得られたため、と考えられる。更に、高強度でありながら靱性にも優れており、耐衝撃性、端子装着状態での耐衝撃性にも優れた、と考えられる。

#### 【0131】

本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許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。

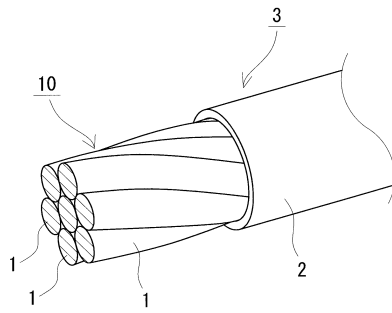
例えば、試験例 1, 2 の銅合金の組成、銅合金線の線径、撚り合せ本数、熱処理条件などを適宜変更できる。

#### 【符号の説明】

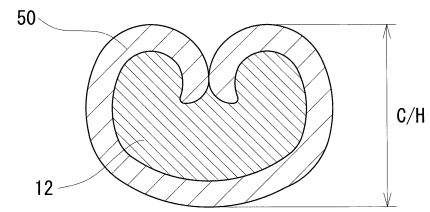
#### 【0132】

1 銅合金線 10 銅合金撚線 (導体) 3 被覆電線 4 端子付き電線  
12 端子取付箇所 2 絶縁被覆層  
5 端子 50 ワイヤバレル部 52 嵌合部 54 インシュレーションバレル部  
S 試料 J 治具 W 錘

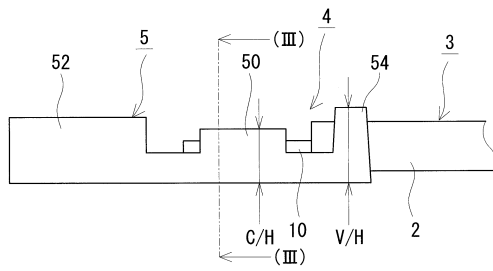
【図 1】



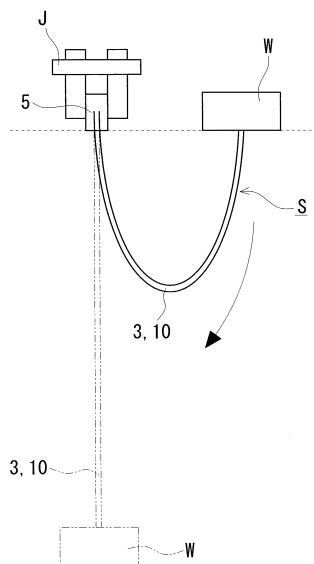
【図 3】



【図 2】



【図 4】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

**H 0 1 B** 7/00 (2006.01)  
 C 2 2 F 1/08 (2006.01)  
 C 2 2 F 1/00 (2006.01)

H 0 1 B 7/00  
 H 0 1 B 7/00 3 0 6  
 C 2 2 F 1/08 C  
 C 2 2 F 1/00 6 0 2  
 C 2 2 F 1/00 6 0 4  
 C 2 2 F 1/00 6 2 5  
 C 2 2 F 1/00 6 2 7  
 C 2 2 F 1/00 6 3 0 A  
 C 2 2 F 1/00 6 3 0 B  
 C 2 2 F 1/00 6 3 0 G  
 C 2 2 F 1/00 6 3 0 K  
 C 2 2 F 1/00 6 3 0 M  
 C 2 2 F 1/00 6 6 1 A  
 C 2 2 F 1/00 6 8 3  
 C 2 2 F 1/00 6 8 5 Z  
 C 2 2 F 1/00 6 8 6 A  
 C 2 2 F 1/00 6 9 1 B  
 C 2 2 F 1/00 6 9 1 C  
 C 2 2 F 1/00 6 9 4 A

- (72)発明者 井上 明子  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 桑原 鉄也  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 中本 稔  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 大島 佑典  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 中井 由弘  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 南条 和弘  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 西川 太一郎  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (72)発明者 宇都宮 清高  
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
- (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
- (72)発明者 田口 欣司  
 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 小林 啓之  
 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 相澤 啓祐

- (56)参考文献 特開2007-023305(JP,A)  
 特開昭61-064834(JP,A)

特開 2 0 0 6 - 2 8 3 1 8 1 ( J P , A )

国際公開第 2 0 1 5 / 1 5 9 6 7 1 ( W O , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C 2 2 C      9 / 0 0 - 9 / 1 0

C 2 2 F      1 / 0 8