

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-150065

(P2017-150065A)

(43) 公開日 平成29年8月31日(2017.8.31)

(51) Int.Cl.	F I		テーマコード (参考)
<b>C 2 2 C</b> 9/00 (2006.01)	C 2 2 C	9/00	5 G 3 0 1
<b>H O 1 B</b> 1/02 (2006.01)	H O 1 B	1/02 A	5 G 3 0 7
<b>H O 1 B</b> 5/02 (2006.01)	H O 1 B	5/02 A	
<b>H O 1 R</b> 13/03 (2006.01)	H O 1 R	13/03 A	
<b>C 2 2 F</b> 1/08 (2006.01)	C 2 2 F	1/08 C	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-240702 (P2016-240702)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成28年12月12日 (2016.12.12)	(71) 出願人	591174368 富山住友電工株式会社 富山県射水市奈呉の江10番地の2
(31) 優先権主張番号	特願2016-31324 (P2016-31324)	(74) 代理人	100100147 弁理士 山野 宏
(32) 優先日	平成28年2月22日 (2016.2.22)	(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
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コネクタ端子用線材

(57) 【要約】

【課題】 導電性に優れ、高強度なコネクタ端子を形成できるコネクタ端子用線材を提供する。

【解決手段】 Fe を 0 . 1 質量%以上 1 . 5 質量%以下、Ti を 0 . 0 5 質量%以上 0 . 7 質量%以下、Mg を 0 質量%以上 0 . 5 質量%以下含有し、残部が Cu 及び不純物から構成されるコネクタ端子用線材。

【選択図】 なし

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

Fe を 0.1 質量 % 以上 1.5 質量 % 以下、  
Ti を 0.05 質量 % 以上 0.7 質量 % 以下、  
Mg を 0 質量 % 以上 0.5 質量 % 以下含有し、  
残部が Cu 及び不純物から構成されるコネクタ端子用線材。

**【請求項 2】**

導電率が 40 % IACS 以上、引張強さが 600 MPa 以上である請求項 1 に記載のコネクタ端子用線材。

**【請求項 3】**

質量比で、Fe / Ti が 1.0 以上 5.5 以下である請求項 1 又は請求項 2 に記載のコネクタ端子用線材。

**【請求項 4】**

更に、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 10 ppm 以上 500 ppm 以下含む請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のコネクタ端子用線材。

**【請求項 5】**

150 で 1000 時間保持した後の応力緩和率が 30 % 以下である請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のコネクタ端子用線材。

**【請求項 6】**

横断面積が 0.1 mm<sup>2</sup> 以上 2.0 mm<sup>2</sup> 以下である請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のコネクタ端子用線材。

**【請求項 7】**

横断面形状が四角形状の角線である請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のコネクタ端子用線材。

**【請求項 8】**

表面の少なくとも一部に、Sn 及び Ag の少なくとも一方を含むめっき層を備える請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のコネクタ端子用線材。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、コネクタ端子用線材に関する。

**【背景技術】****【0002】**

コネクタ端子の一つに、プレスフィット端子がある（例えば、特許文献 1 参照）。プレスフィット端子は、無はんだで、プリント基板と接続可能な棒状材である。プレスフィット端子は、その一端部に相手側部材が接続され、他端部をプリント基板に圧入することで、相手側部材とプリント基板とを電氣的及び機械的に接続できる。

**【0003】**

上記のコネクタ端子の構成材料には、タフピッチ銅などの純銅や、黄銅などの銅合金、鉄がある（特許文献 1 の [0026] など）。その他、ばね性に優れる材料として、リン青銅などがある。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2014 - 149956 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

プレスフィット端子などのコネクタ端子には、導電性に優れ、剛性やばね性が高いこと

10

20

30

40

50

が望まれる。従って、このようなコネクタ端子の素材には、導電性に優れ、高強度であることが望まれる。

【0006】

上述のタフピッチ銅や黄銅は、導電性に優れるものの、強度が低く、ばね性に劣る。上述の鉄やリン青銅は、高強度であり、ばね性に優れるものの、導電率が低い。このような材料では、導電性と強度との双方に優れるという要求に十分に対応できない。

【0007】

昨今、電気・電子機器の小型化、薄型化などに伴い、部品の小型化が望まれる。より小型なコネクタ端子を形成するために、線材の断面積をより小さくしたり、細くしたりした場合でも、導電性に優れ、高強度なコネクタ端子を形成できるように、導電性に優れたつ

10

【0008】

そこで、導電性に優れ、高強度なコネクタ端子を形成できるコネクタ端子用線材を提供することを目的の一つにする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様に係るコネクタ端子用線材は、  
Feを0.1質量%以上1.5質量%以下、  
Tiを0.05質量%以上0.7質量%以下、  
Mgを0質量%以上0.5質量%以下含有し、  
残部がCu及び不純物から構成される。

20

【発明の効果】

【0010】

上記のコネクタ端子用線材は、導電性に優れ、高強度なコネクタ端子を形成できる。

【発明を実施するための形態】

【0011】

[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コネクタ端子用線材は、

Feを0.1質量%以上1.5質量%以下、  
Tiを0.05質量%以上0.7質量%以下、  
Mgを0質量%以上0.5質量%以下含有し、  
残部がCu及び不純物から構成される。

30

【0012】

上記のコネクタ端子用線材は、特定の組成の銅合金から構成されることで、導電性に優れる上に、高強度であり、剛性やばね性にも優れる。上記銅合金においてFe及びTiは、代表的には、Fe<sub>2</sub>Tiなどの化合物といったFe及びTiを含む析出物や晶出物として、母相であるCu相に存在し、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からである。このような上記のコネクタ端子用線材は、導電性に優れることと、剛性やばね性が高いことが望まれるプレスフィット端子などのコネクタ端子の素材に好適に利用できる。

40

【0013】

(2) 上記のコネクタ端子用線材の一例として、

導電率が40% IACS以上、引張強さが600MPa以上である形態が挙げられる。

【0014】

上記形態は、導電率及び引張強さが高く、導電性に優れる上に高強度なコネクタ端子を形成できる。

【0015】

(3) 上記のコネクタ端子用線材の一例として、

質量比で、Fe/Tiが1.0以上5.5以下である形態が挙げられる。

50

## 【0016】

上記形態は、Tiに対するFeの過不足量が少なく、Tiに対してFeを適切に含むため、Fe及びTiが上記析出物などの状態で存在して、析出強化による強度向上と、特にTiのCuへの固溶低減による高い導電率の維持効果とを図ることができる。従って、上記形態は、導電性に優れる上に高強度なコネクタ端子を形成できる。

## 【0017】

(4)上記のコネクタ端子用線材の一例として、

更に、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。

## 【0018】

C、Si、Mnは、FeやTiなどの元素に対して、脱酸剤として機能することができる。上記形態は、C、Si、Mnを特定の範囲で含有するため、これらの元素の脱酸効果によってFeやTiなどの酸化を低減、防止して、FeやTi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、導電性に優れる上に高強度なコネクタ端子を形成できる。

10

## 【0019】

(5)上記のコネクタ端子用線材の一例として、

150で1000時間保持した後の応力緩和率が30%以下である形態が挙げられる。

20

## 【0020】

上記形態は、150といった高温に1000時間といった長時間に亘って保持された場合でも応力緩和し難く、導電性に優れ、高強度である上に、応力緩和性にも優れるコネクタ端子を形成できる。

## 【0021】

(6)上記のコネクタ端子用線材の一例として、

横断面積が $0.1\text{mm}^2$ 以上 $2.0\text{mm}^2$ 以下である形態が挙げられる。

## 【0022】

上記形態は、プレスフィット端子などのコネクタ端子の素材に利用し易い大きさであり、上記コネクタ端子の素材に好適に利用できる。

30

## 【0023】

(7)上記のコネクタ端子用線材の一例として、

横断面形状が四角形状の角線である形態が挙げられる。

## 【0024】

上記形態は、プレスフィット端子などのコネクタ端子の素材に利用し易い形状であり、上記コネクタ端子の素材に好適に利用できる。

## 【0025】

(8)上記のコネクタ端子用線材の一例として、

表面の少なくとも一部に、Sn及びAgの少なくとも一方を含むめっき層を備える形態が挙げられる。

40

## 【0026】

上記形態をプレスフィット端子などのコネクタ端子の素材に利用すれば、表面にSnやAgを含む金属のめっき層、例えば錫めっき層や銀めっき層を備えるめっき付コネクタ端子を容易に製造できる。従って、上記形態は、端子成形後にめっき層の形成工程を省略でき、めっき付コネクタ端子の生産性の向上に寄与する。

## 【0027】

[本発明の実施形態の詳細]

以下、本発明の実施の形態を詳細に説明する。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。

## 【0028】

50

## 〔銅合金線〕

## (組成)

実施形態のコネクタ端子用線材(以下、銅合金線と呼ぶことがある)は、プレスフィット端子などのコネクタ端子の素材に利用されるものであり、特定の元素を特定の範囲で含む銅合金から構成されることを特徴の一つとする。上記銅合金は、Feを0.1%以上1.5%以下、Tiを0.05%以上0.7%以下、Mgを0%以上0.5%以下含有し、残部がCu及び不純物から構成されるFe-Ti-Cu合金、又はFe-Ti-Mg-Cu合金である。上記不純物とは主として不可避なものをいう。まず、各添加元素を詳細に説明する。

## 【0029】

## ・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0.1%以上含有すると、Fe及びTiを含む化合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とすることができる。かつ、上記の析出によってTi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とすることができる。Ti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0.6%以上、更に0.7%以上、0.9%以上、1.1%以上とすることができる。

Feを1.5%以下の範囲で含有すると、過剰なFeによるFeとTiとを含む析出物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で断線を低減でき、製造性に優れる。Ti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1.3%以下、更に1.2%以下、1.0%以下とすることができる。

## 【0030】

## ・Ti

Ti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。

Tiを0.05%以上含有すると、FeとTiと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とすることができる。また、上記の析出によってTiの母相への固溶量が少なくなると、高い導電率を有する銅合金線とすることができる。Fe量や製造条件にもよるが、Tiの含有量が多いほど、銅合金線の強度が高くなり易い。高強度化などを望む場合には、Tiの含有量を0.1%以上、更に0.25%以上、0.3%以上、0.4%以上、0.5%以上とすることができる。

Tiを0.7%以下の範囲で含有すると、FeとTiとを含む析出物の粗大化を抑制し易く破断を低減できて強度に優れる上に、断線の低減によって製造性にも優れる。また、過剰なTiが母相に固溶することを低減して、高い導電率を有する銅合金線とすることができる。Fe量や製造条件にもよるが、Tiの含有量が少ないほど、上記粗大化などを抑制し易い。析出物の粗大化の抑制(破断や断線の低減)などを望む場合には、Tiの含有量を0.6%以下、更に0.55%以下、0.5%以下、0.4%以下とすることができる。

## 【0031】

## ・Fe/Ti

Fe及びTiを上記の特定の範囲で含有することに加えて、Tiに対してFeを適切に含むことが好ましい。Tiに対してFeを同等又はそれ以上に含むことで、過剰のTiが母相に固溶して導電率が低下することを抑制し易く、より確実に導電率が高い銅合金線とすることができる。また、適切に含まない場合にFe単体が析出したり、Fe及びTiを含む析出物が粗大化したりするなどして、析出強化による強度向上効果を適切に得られない恐れがあるが、Tiに対してFeを適切に含むと、両元素は適切な大きさの化合物など

10

20

30

40

50

として母相に存在でき、高導電性及び高強度を良好に望める。具体的には、Tiの含有量に対するFeの含有量の割合 $Fe/Ti$ が、質量比で1.0以上5.5以下を満たすことが挙げられる。

$Fe/Ti$ が1.0以上であれば、上述のように析出強化による強度向上効果を良好に得られて、強度に優れる。高強度化などを望む場合には、 $Fe/Ti$ を1.5以上、更に1.8以上、2.0以上とすることができる。特に、 $Fe/Ti$ が2.0以上であると導電性により優れる傾向にあり、 $Fe/Ti$ を2.3前後、例えば2.0以上2.6以下とすることができる。

$Fe/Ti$ が5.5以下であれば、Tiに対するFeの過剰含有を抑制して、上述の粗大化を抑制し易い。析出物の粗大化の抑制などを望む場合には、 $Fe/Ti$ を5.0以下、更に4.0以下、3.8以下とすることができる。

#### 【0032】

・Mg

実施形態のコネクタ端子用線材を構成する銅合金は、Mgの含有量が0%であり、Mgを含まない形態とすることができる。この形態でも、Fe量及びTi量と製造条件とを調整すれば、導電率が高く、高強度な銅合金線となる(後述の試験例1参照)。また、この形態は、Mg含有に起因する導電率の低下を抑制して、導電性により優れる。

#### 【0033】

一方、Fe及びTiを特定の範囲で含む場合にMgを含むと、Mg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傾向にある。従って、実施形態のコネクタ端子用線材を構成する銅合金を、Mgを含む(0%超)形態とすることで、更なる高強度化が望める。製造条件にもよるが、Mgの含有量が多いほど、引張強さが高くなり易い傾向にあり、強度により優れる。更なる高強度化などを望む場合には、Mgの含有量を0.03%以上、更に0.05%以上、0.1%以上、0.2%以上とすることができる。

Mgを含有する場合にMgの含有量が0.5%以下であれば、Mg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とすることができる。また、Mg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、製造性に優れる。高導電性、良好な加工性などを望む場合には、Mgの含有量を0.2%以下、更に0.15%以下、0.1%以下とすることができる。

#### 【0034】

・C, Si, Mn

実施形態のコネクタ端子用線材を構成する銅合金は、FeやTi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。

#### 【0035】

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, Tiといった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つたり、母相に固溶できなかつたりなどして、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ない恐れがある。上記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。これに対し、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Tiの析出による高導電性の確保と、析出強化による高強度化とを図り、導電性に優れ、高強度な銅合金線とすることができる。

#### 【0036】

上記の合計含有量が10ppm以上であれば、上述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以上とすることができる。

10

20

30

40

50

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、100ppm以下とすることができる。

#### 【0037】

Cのみの含有量は、10ppm以上300ppm以下、更に10ppm以上200ppm以下、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。

#### 【0038】

##### (組織)

実施形態のコネクタ端子用線材を構成する銅合金の組織として、FeとTiとを含む析出物や晶出物が分散する組織が挙げられる。このような組織を有することで、析出強化による高強度化、TiなどのCuへの固溶の低減による高い導電率の確保を期待できる。

#### 【0039】

##### (断面形状)

実施形態のコネクタ端子用線材の横断面形状は、素材として供するコネクタ端子の形状などに応じて適宜選択できる。代表的には、横断面形状が長方形や正方形などの四角形である角線が挙げられる。横断面形状は、塑性加工条件を調整することで変更できる。例えば、ダイスを用いる場合にはダイス形状を適宜選択することで、上記角線その他、横断面形状が円形状や楕円形状、六角形などの多角形状などの線材とすることができる。

#### 【0040】

##### (大きさ)

実施形態のコネクタ端子用線材の大きさは、素材として供するコネクタ端子が得られる範囲で適宜選択できる。例えば、素材である線材からプレスフィット端子を製造する場合、この線材を切削して、所定の形状、大きさに切り出すことがある。このようなコネクタ端子の素材に利用する場合には、切削除去分を含んだ大きさにするとよい。例えば、コネクタ端子用線材の横断面積が $0.1\text{mm}^2$ 以上 $2.0\text{mm}^2$ 以下を満たすものとしたり、上述の角線では、幅が $0.1\text{mm}$ 以上 $3.0\text{mm}$ 以下程度、厚さが $0.1\text{mm}$ 以上 $3.0\text{mm}$ 以下程度を満たすものとしたりすることができる。

#### 【0041】

##### (特性)

実施形態のコネクタ端子用線材は、上述の特定の組成の銅合金で構成されて、導電性及び強度の双方に優れる。定量的には、コネクタ端子用線材は、導電率が40%IACS以上、及び引張強さが600MPa以上の少なくとも一方、好ましくは双方を満たすことが挙げられる。

より高導電率を望む場合には、導電率を45%IACS以上、更に48%IACS以上、50%IACS以上とすることができる。

より高強度を望む場合には、引張強さを620MPa以上、更に640MPa以上、660MPa以上、680MPa以上とすることができる。

#### 【0042】

実施形態のコネクタ端子用線材は、上述の特定の組成の銅合金で構成されることで高温に長時間保持されても応力緩和し難い。定量的には、コネクタ端子用線材は、150で1000時間保持した後の応力緩和率が30%以下である形態が挙げられる。このときの応力緩和試験における曲げ応力は、例えば、0.2%耐力の50%とすることが挙げられる。このようなコネクタ端子用線材によって構成されたコネクタ端子は、仮に使用時に1

10

20

30

40

50

50 程度の高温に長時間保持されても、プリント基板などとの電氣的及び機械的な接続状態を良好に維持できる。即ち、このコネクタ端子用線材であれば、高導電率かつ高強度である上に応力緩和性にも優れるコネクタ端子を構築できる。

応力緩和性により優れることを望む場合には、上記応力緩和率を28%以下、更に25%以下とすることができる。応力緩和率の測定方法は後述する。

#### 【0043】

導電率、引張強さ、応力緩和率などは、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、Fe, Ti, 適宜Mgといった元素を多くしたり、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、加工途中に熱処理を行うと、導電率を高められる場合がある（後述の試験例1、軟化処理を行う試料参照）。引張強さなどを高めると、応力緩和率が高くなる傾向にある。

10

#### 【0044】

（表面層）

実施形態のコネクタ端子用線材は、そのままでもプレスフィット端子などのコネクタ端子の素材に利用できる。実施形態のコネクタ端子用線材を、その表面の少なくとも一部にめっき層を備えるめっき付線材とすることができる。めっき付線材を素材に用いることでめっき付コネクタ端子を容易に製造でき、めっき付コネクタ端子の製造性の向上に寄与する。めっき付コネクタ端子におけるめっきが望まれる箇所のみ、めっき層を備えるめっき付線材とすることができるが、表面全体にめっき層を備えるめっき付線材とすると、めっき作業を行い易く、製造性に優れる。表面全体にめっき層を備えるめっき付線材の製造過程では、最終形状、最終の大きさの線材にめっき層を形成することができる。一方、最終以前の段階の素材にめっきを施し、このめっき後に最終形状、最終の大きさなどにする塑性加工を施すことができる。この場合、めっきの対象が単純な形状で比較的大きな素材となることで、めっきを施し易く、均一的な厚さのめっき層を備えるめっき付線材を得易い。

20

#### 【0045】

上述のめっき付コネクタ端子におけるめっき層は、コネクタ端子の接続対象（例えば、プリント基板のスルーホール部分などの導体、代表的には銅又は銅合金から構成される）に密着して、良好な導通状態を確保することに機能する。そのため、めっき付線材のめっき層の構成金属は、この機能を有するものが好適に利用できる。特に、Sn及びAgの少なくとも一方を含むめっき層を備えると、コネクタ端子との密着性、その接続対象との密着性に優れて好ましい。具体的には、錫、錫合金、銀、及び銀合金から選択される1種の金属から構成されるめっき層を含むことが挙げられる。SnやAgを含むめっき層の下地層として、ニッケルめっき層及び銅めっき層の少なくとも一方などを備えることができる。

30

#### 【0046】

めっき層の厚さ（上述の下地層を備える場合には下地層とめっき層との合計厚さ）は、適宜選択でき、例えば、0.3 $\mu$ m以上5 $\mu$ m以下程度が挙げられる。この範囲であれば、めっき層の具備による上述の良好な密着性を有することができると共に、厚過ぎによる剥離を抑制して、めっき層を維持し易い。

40

#### 【0047】

（用途）

実施形態のコネクタ端子用線材は、各種のコネクタ端子の素材に利用できる。特に、プレスフィット端子などの素材に利用できる。コネクタ端子には、導電性に優れる上に、剛性やばね性に優れること、換言すれば強度に優れることが望まれるため、実施形態のコネクタ端子用線材は、これらの素材に好適である。その他、導電性及び強度の双方に優れることが望まれる各種の分野への利用が期待できる。

#### 【0048】

〔効果〕

実施形態のコネクタ端子用線材は、特定の組成の銅合金で構成されることで、導電性に

50

優れる上に、高強度である。この効果を試験例 1 で具体的に説明する。このようなコネクタ端子用線材をコネクタ端子の素材に利用して、切削加工などを適宜施すことで、導電性に優れる上に、高強度なコネクタ端子を提供できる。また、高強度であることで、応力緩和性にも優れるコネクタ端子を提供できると期待される。

【 0 0 4 9 】

[ 製造方法 ]

実施形態のコネクタ端子用線材は、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し、その後、各工程ごとに詳細に説明する。

【 0 0 5 0 】

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

< 伸線工程 > 上記鋳造材、又は上記鋳造材に加工を施した加工材に、伸線加工を施して所定の大きさの伸線材を製造する。

< 成形工程 > 上記所定の大きさの伸線材に塑性加工を施して、所定の形状のコネクタ端子用線材を製造する。

< 熱処理工程 > 上記 < 連続鋳造工程 > 以降、 < 成形工程 > 前の素材に時効処理を施す。

【 0 0 5 1 】

上述のめっき層を備えるコネクタ端子用線材を製造する場合には、例えば、 < 成形工程 > 前、又は < 成形工程 > 後に、以下の < めっき工程 > を備える。

< めっき工程 > 対象となる線材の表面の少なくとも一部に、 S n 及び A g の少なくとも一方を含むめっき層を形成して、めっき付線材を製造する。

【 0 0 5 2 】

その他、 < 伸線工程 > 前、 < 成形工程 > 前、伸線加工が多パスの場合に伸線加工の途中などに、対象となる素材に中間熱処理を施すことができる。

【 0 0 5 3 】

< 連続鋳造工程 >

この工程では、上述した F e , T i , 適宜 M g を特定の範囲で含む特定の組成の銅合金の溶湯を連続鋳造して鋳造材を作製する。ここで、溶解時の雰囲気を実験室雰囲気とすると、 F e , T i などの元素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、上述の脱酸剤元素 ( C , M n , S i ) を利用することが好ましい。

【 0 0 5 4 】

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。

M n や S i 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、 M n や S i の単体、 M n や S i と F e との合金などが挙げられる。

【 0 0 5 5 】

上述の脱酸剤元素の添加に加えて、坩堝や鋳型として、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。

【 0 0 5 6 】

ここで、実施形態のコネクタ端子用線材は、代表的には、 F e 及び T i を析出物として存在させ、 M g を含む場合には M g を固溶体として存在させる。そのため、コネクタ端子用線材の製造過程では、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、過飽和固溶体を形成する溶体化処理を行う溶体化工程を別途設けると、任意の時期に過飽和固溶体を形成できる。一方、連続鋳造を行う場合に冷却速度を大きくして過飽和固溶体の鋳造材を作製すれば、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る銅合金線を製造できる。製造工程を低減できることで、製造性にも優れる。そこで、コネクタ端子用線材の製造方法として、連続鋳造を行うこと、特に冷却過程

10

20

30

40

50

で冷却速度を大きく急冷することを提案する。

【0057】

連続鋳造法は、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, Tiなどの元素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。

【0058】

鋳造材には、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、鋳造材の表面欠陥を低減できて、伸線加工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上述の断線などし難い。

10

【0059】

伸線前の上記加工材、伸線途中の中間伸線材、伸線後の伸線材などに以下の条件で、上述の中間熱処理を施すことができる。

上記加工材の断面積は最終寸法の線材に比較して比較的大きい（太い）ため、この熱処理は、加熱対象全体の加熱状態を管理し易いバッチ処理が利用し易いと考えられる。上述の中間伸線材や伸線材は、断面が比較的小さいことから、連続処理を利用してもよい。

{ 中間熱処理条件 }

( 熱処理温度 ) 400 以上 550 以下、好ましくは 450 以上 500 以下

20

( 保持時間 ) 4 時間以上 16 時間以下、好ましくは 4 時間以上 10 時間以下

【0060】

上記の中間熱処理は、以降に行う伸線加工などの塑性加工が行い易いように、加工に伴う歪みを除去したり、軟化したりすること、即ち、加工性の向上を目的の一つとする。この目的のもと、組成などに応じて、上記の範囲から温度及び時間を選択するとよい。上記歪みの除去などによって、導電率の回復も期待でき、中間熱処理以降に伸線加工などの塑性加工を行った場合でも、高い導電率を有することが期待できる。なお、中間熱処理後に皮剥ぎなどを行うと、熱処理に起因する表面欠陥を低減できる。

【0061】

< 伸線工程 >

30

この工程では、代表的には上記鋳造材や上記加工材、この加工材に上述の中間熱処理が施された中間熱処理材などに、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、所定の大きさの伸線材を作製する。複数パスを行う場合、パスごとの加工度は、組成や上記所定の大きさなどに応じて適宜調整するとよい。また、複数パスを行う場合、パス間に上述の中間熱処理を行うことができる。この場合、上述のように加工性を高められる。この中間熱処理も、組成などに応じて、上述の範囲から温度及び時間を選択するとよい。

【0062】

< 成形工程 >

40

この工程は、塑性加工によって、最終形状のコネクタ端子用線材を製造する。この塑性加工は、圧延加工などとすることができるが、所定の形状のダイスを用いた伸線加工とすることができる。この場合、長尺なコネクタ端子用線材を連続的に製造でき、量産に適する。上記ダイスとして、例えば、四角形状の貫通孔を有する異形ダイスを利用すれば、横断面形状が四角形である角線を製造できる。

【0063】

成形工程に供する上記伸線材の大きさは、最終形状のコネクタ端子用線材の大きさに近いものが好ましい。この場合、最終形状にするまでの加工度を小さくでき、加工に伴って導入される歪みを低減して、高い導電率を有するコネクタ端子用線材を製造できる。成形工程前に上述の中間熱処理を行うことができる。この場合、成形工程での加工性に優れて、所定の最終形状及び所定の大きさのコネクタ端子用線材を精度よく成形できながら、加

50

工硬化による強度向上効果によって、高い強度を有することができる。

【0064】

< 熱処理工程 >

この工程では、素材（代表的には過飽和固溶体）から Fe や Ti を含む析出物を析出させる人工時効を主たる目的として熱処理（時効処理）を施す。この熱処理によって、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る。また、この熱処理によって、ある程度の軟化も期待でき、この熱処理以降に伸線加工などの塑性加工を行う場合に加工性に優れる。

【0065】

上記熱処理（時効処理）は、上述の連続鑄造工程以降であれば、任意の時期に施すことができる。具体的な実施時期は、< 伸線工程 > 前（熱処理対象：上記鑄造材又は上記加工材）、伸線途中（熱処理対象：中間伸線材）、< 伸線工程 > 直後（熱処理対象：所定の大きさの伸線材）、< 成形工程 > 後（熱処理対象：所定の形状の線材）などが挙げられる。特に実施時期は、< 成形工程 > 前が好ましい。

10

【0066】

上記熱処理の条件（時効条件）は、上述のように加熱状態を管理し易いバッチ処理が利用し易いと考えられ、例えば以下が挙げられる。

{ 時効条件 }

（熱処理温度）400 以上600 以下、好ましくは450 以上550 以下

（保持時間）4時間以上16時間以下、好ましくは4時間以上10時間以下

20

上記の範囲から、組成（添加元素の種類、含有量）、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を参照するとよい。

【0067】

< めっき工程 >

上述の< 成形工程 > 前の素材にめっき層を形成する場合、例えば、断面円形状の丸線の伸線材などにめっき層を形成できる。この場合、めっき対象が単純な形状である上に、ある程度太いため、均一的な厚さのめっき層を精度よく形成し易く、製造性に優れる。

上述の< 成形工程 > 後の最終形状の線材にめっき層を形成する場合、成形工程で塑性加工を受けた際に、めっき層を損傷する恐れが無い。

【0068】

30

めっき層の形成は、所望の組成に応じて、電気めっきや化学（無電解）めっきなど公知の手法が利用できる。上述のように下地層を形成してもよい。めっき層の厚さは、最終的な厚さが所定の厚さとなるように調整するとよい。

【0069】

[ 試験例 1 ]

種々の組成の銅合金線を種々の製造条件で作製して、特性を調べた。

【0070】

銅合金線は、以下に示す3つの製造パターン（A）、（B）、（C）によって製造した。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。

【0071】

40

（鑄造材）

電気銅（純度99.99%以上）と、表1に示す各元素を含有する母合金、又は各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Cu及び不純物）を表1に示す。

上記の銅合金の溶湯と、高純度カーボン製鑄型（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、以下の線径の断面円形状の鑄造材を作製した。冷却速度は、10 / sec 超とした。

【0072】

この試験では、炭素源として木炭片、Si源及びMn源としてSi及びMnを含む鉄合

50

金を用意した。そして、上記溶湯の湯面を上記木炭片で十分に覆い、湯面が大気に接触しないようにした。木炭片と湯面との接触によって、Cが溶湯に混入する量が表1に示す「微量元素」の「C」の量（質量ppm）となるように、木炭片の量を調整した。

上記溶湯に対するSi, Mnの含有量が表1に示す「微量元素」の「Si」、「Mn」の量（質量ppm）となるように、鉄合金の量を調整して溶湯に混合した。

【0073】

（銅合金線の製造パターン）

- （A）連続鋳造（線径 12.5 mm）  
 コンフォーム押出（線径 9.5 mm）  
 伸線加工（線径 2.6 mm又は 1.6 mm） 10  
 熱処理（表1の時効処理の条件）  
 伸線加工（線径 1.0 mm）  
 中間熱処理（表1の軟化処理の条件）  
 成形（異形ダイスを用いた角伸線加工、0.64 mm×0.64 mm、又は縦0.64 mm×横1.50 mm）  
 錫めっき層の形成（厚さ1.5 μm）
- （B）連続鋳造（線径 12.5 mm）  
 冷間圧延（線径 9.5 mm）  
 中間熱処理（温度：400 ~ 550 から選択、保持時間：4 ~ 16 時間から選択） 20

- 皮剥ぎ（線径 8 mm）  
 伸線加工（線径 2.6 mm又は 1.6 mm）  
 熱処理（表1の時効処理の条件）  
 伸線加工（線径 1.0 mm）  
 中間熱処理（表1の軟化処理の条件）  
 成形（異形ダイスを用いた角伸線加工、0.64 mm×0.64 mm、又は縦0.64 mm×横1.50 mm）  
 錫めっき層の形成（厚さ1.5 μm）
- （C）連続鋳造（線径 12.5 mm）  
 伸線加工（線径 9.5 mm） 30  
 皮剥ぎ（線径 8 mm）  
 伸線加工（線径 2.6 mm）  
 熱処理（表1の時効処理の条件）  
 伸線加工（線径 1.0 mm）  
 中間熱処理（表1の軟化処理の条件）  
 成形（異形ダイスを用いた角伸線加工、0.64 mm×0.64 mm、又は縦0.64 mm×横1.50 mm）  
 錫めっき層の形成（厚さ1.5 μm）

【0074】

製造パターン（A）、（B）、（C）において、表1に軟化処理の条件が記載されている試料については、表1に示す線径のときに、表1に示す条件で中間熱処理（軟化処理）を施した。この中間熱処理は省略することができる（表1において軟化処理の欄が「-」である試料参照）。 40

【0075】

製造パターン（A）、（B）、（C）によって製造した銅合金線について、引張強さ（MPa）、導電率（%IACS）を調べた。結果を表2に示す。

【0076】

引張強さ（MPa）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。導電率（%IACS）は、ブリッジ法によって測定した。 50

【 0 0 7 7 】

【 表 1 】

No.	組成 添加元素 質量%				質量比 Fe/Ti	微量元素 質量ppm			工程	時効処理			軟化処理		
	Cu	Fe	Ti	Mg		C	Mn	Si		線径	温度	時間	線径	温度	時間
										mm	℃	h	mm	℃	h
1-1	Bal.	1.12	0.48	0.34	2.3	30	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-2	Bal.	1.12	0.48	0.34	2.3	30	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-3	Bal.	1.12	0.48	0.34	2.3	30	<10	<10	A	2.6	500	8	φ1.0	500	4
1-4	Bal.	1.03	0.31	0.039	3.3	10	<10	<10	A	1.6	500	8	-	-	-
1-5	Bal.	1.03	0.31	0.039	3.3	10	<10	<10	A	1.6	500	8	-	-	-
1-6	Bal.	1.03	0.31	0.039	3.3	10	<10	<10	B	1.6	500	8	φ1.0	500	4
1-7	Bal.	1	0.41	0.054	2.4	20	<10	<10	B	1.6	550	8	-	-	-
1-8	Bal.	1	0.41	0.054	2.4	20	<10	<10	B	1.6	550	8	-	-	-
1-9	Bal.	0.64	0.29	0.05	2.2	60	<10	<10	B	2.6	500	8	-	-	-
1-10	Bal.	0.64	0.29	0.05	2.2	60	<10	<10	B	2.6	500	8	-	-	-
1-11	Bal.	0.66	0.3	0	2.2	20	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-12	Bal.	0.66	0.3	0	2.2	20	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-13	Bal.	1	0.45	0	2.2	50	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-14	Bal.	1	0.45	0	2.2	50	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-15	Bal.	1	0.46	0.31	2.2	40	<10	<10	C	2.6	500	8	-	-	-
1-16	Bal.	1	0.46	0.31	2.2	40	<10	<10	C	2.6	500	8	-	-	-
1-17	Bal.	1	0.46	0.31	2.2	40	<10	<10	C	2.6	500	8	φ1.0	500	4
1-101	Bal.	0.05	0.1	0	0.5	60	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-102	Bal.	0.01	0.05	0	0.2	30	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-103	Bal.	2	0.05	0.05	40	40	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-
1-104	Bal.	1	0.1	0	10	25	<10	<10	A	2.6	500	8	-	-	-

10

20

【 0 0 7 8 】

【 表 2 】

No.	組成 添加元素 質量%				質量比 Fe/Ti	微量元素 質量ppm			工程	最終 線材大きさ mm×mm	特性	
	Cu	Fe	Ti	Mg		C	Mn	Si			引張強さ MPa	導電率 %IACS
										mm×mm	MPa	%IACS
1-1	Bal.	1.12	0.48	0.34	2.3	30	<10	<10	A	0.64×0.64	734	55
1-2	Bal.	1.12	0.48	0.34	2.3	30	<10	<10	A	0.64×1.50	737	59
1-3	Bal.	1.12	0.48	0.34	2.3	30	<10	<10	A	0.64×0.64	693	63
1-4	Bal.	1.03	0.31	0.039	3.3	10	<10	<10	A	0.64×0.64	697	64
1-5	Bal.	1.03	0.31	0.039	3.3	10	<10	<10	A	0.64×1.50	700	66
1-6	Bal.	1.03	0.31	0.039	3.3	10	<10	<10	B	0.64×0.64	682	66
1-7	Bal.	1	0.41	0.054	2.4	20	<10	<10	B	0.64×0.64	788	68
1-8	Bal.	1	0.41	0.054	2.4	20	<10	<10	B	0.64×1.50	770	69
1-9	Bal.	0.64	0.29	0.05	2.2	60	<10	<10	B	0.64×0.64	769	51
1-10	Bal.	0.64	0.29	0.05	2.2	60	<10	<10	B	0.64×1.50	765	61
1-11	Bal.	0.66	0.3	0	2.2	20	<10	<10	A	0.64×0.64	750	54
1-12	Bal.	0.66	0.3	0	2.2	20	<10	<10	A	0.64×1.50	748	65
1-13	Bal.	1	0.45	0	2.2	50	<10	<10	A	0.64×0.64	760	54
1-14	Bal.	1	0.45	0	2.2	50	<10	<10	A	0.64×1.50	759	65
1-15	Bal.	1	0.46	0.31	2.2	40	<10	<10	C	0.64×0.64	990	44
1-16	Bal.	1	0.46	0.31	2.2	40	<10	<10	C	0.64×1.50	994	52
1-17	Bal.	1	0.46	0.31	2.2	40	<10	<10	C	0.64×0.64	960	61
1-101	Bal.	0.05	0.1	0	0.5	60	<10	<10	A	0.64×0.64	520	20
1-102	Bal.	0.01	0.05	0	0.2	30	<10	<10	A	0.64×0.64	302	22
1-103	Bal.	2	0.05	0.05	40	40	<10	<10	A	0.64×0.64	750	15
1-104	Bal.	1	0.1	0	10	25	<10	<10	A	0.64×0.64	732	11

30

40

【 0 0 7 9 】

以下の説明では、最終の線材の大きさが同じもの同士を比較する。

表 2 に示すように試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 の銅合金線は、試料 No. 1 - 101 ~ No. 1 - 103 に比較して、導電性に優れ、かつ高強度であることが分かる。定

50

量的には、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 はいずれも、導電率が 40% IACS 以上、引張強さが 600 MPa 以上である。この理由の一つとして、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 では、Fe, Ti, 適宜 Mg を上述の特定の範囲で含む特定の組成の銅合金から構成されていることが考えられる。この結果、Fe, Ti の含有に基づく析出強化による強度向上効果と Ti などの母相への固溶低減による Cu の導電率の維持効果が得られた、適宜 Mg の固溶強化による強度向上効果も得られた、と考えられる。別の理由の一つとして、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 は、C, Mn, Si を適切に含むことで、Fe, Ti などの酸化を防止でき、Fe, Ti の含有に基づく析出強化による強度向上効果、母相への固溶低減による Cu の導電率の維持効果が得られ易くなったためと考えられる。

10

**【0080】**

導電率に着目すると、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 はいずれも 42% IACS 以上であり、45% IACS 以上の試料が多く、50% IACS 以上、更に 54% IACS 以上の試料も多い。更には 60% IACS 以上である試料も多い。

**【0081】**

引張強さに着目すると、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 はいずれも 650 MPa 以上、更に 680 MPa 超であり、690 MPa 以上、更に 700 MPa 以上の試料も多い。更には、750 MPa 以上、800 MPa 以上、900 MPa 以上を満たす試料もある。

**【0082】**

組成に着目する。

例えば、試料 No. 1 - 7, 1 - 8 と試料 No. 1 - 9, 1 - 10 とを比較すると、Fe 及び Ti の含有量が多い試料 No. 1 - 7, 1 - 8 の方が導電率及び引張強さの双方が高い。この理由の一つとして、Fe 及び Ti を含む析出物を良好に生成でき、析出強化による強度向上効果と、Cu への固溶抑制による Cu の導電率の維持効果が得られたため、と考えられる。

20

**【0083】**

Fe 及び Ti に加えて、Mg を含む試料 No. 1 - 9, 1 - 10 と、Mg を含まない試料 No. 1 - 11, 1 - 12 とを比較すると、Mg を含む試料 No. 1 - 9, 1 - 10 の方が強度により優れることが分かる。同様に、Mg を含む試料 No. 1 - 15, 1 - 16 と、Mg を含まない試料 No. 1 - 13, 1 - 14 とを比較すると、Mg を含む試料 No. 1 - 15, 1 - 16 の方が強度により優れることが分かる。また、Mg を含む試料 No. 1 - 7, 1 - 8 と、試料 No. 1 - 15, 1 - 16 とを比較すると、Mg の含有量が多いほど、高強度であることが分かる。この試験では、Mg を 0.2 質量% 以上、更に 0.3 質量% 以上含む試料 No. 1 - 15 ~ 1 - 17 は、引張強さが 950 MPa 以上であり、非常に高強度である。一方で、Mg を含まない場合には、導電率がより高くなり易いことが分かる。

30

**【0084】**

試料 No. 1 - 104 に着目すると、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 と比較して導電率が低い。この理由の一つとして、試料 No. 1 - 104 は、質量比で Fe / Ti が 10 であることが考えられる。試料 No. 1 - 103 に着目すると、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 と比較して導電率が低い。この理由の一つとして、試料 No. 1 - 103 は、Fe 量が多過ぎること、質量比で Fe / Ti が大き過ぎることが考えられる。一方、Fe 量が少なく、かつ Fe / Ti が 0.5 以下と小さい試料 No. 1 - 101, 1 - 102 は強度に劣る。これらのことから、Fe 量は 0.05% 超 2% 未満、Fe / Ti は 0.5 超 10 未満が好ましく、1.0 以上 5.5 以下がより好ましいと考えられる。

40

**【0085】**

また、この試験からは、C の含有量が 60 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 100 質量 ppm 以下、特に 80 質量 ppm 以下であれば、これらの元素の含有による導電率や強度の低下を招き難く、

50

逆に、Fe, Tiを適切に機能させられると考えられる。

【0086】

熱処理に注目すると、この試験からは、所定の大きさのときに中間熱処理（軟化処理）を行った試料No. 1-3, 1-6, 1-17は、中間熱処理を行わない場合（試料No. 1-1, 1-4, 1-15）よりも導電率を高められる傾向にあるといえる。また、この試験では、Mgを含む場合でも伸線加工などの加工後に中間熱処理を行うと、導電率を向上できる場合があるといえる（例、試料No. 1-3参照）。

【0087】

更に、試料No. 1-1~No. 1-17の線材は、応力緩和性にも優れる。ここでは、試料No. 1-1, No. 1-6の線材と、リン青銅の線材、黄銅の線材とについて以下のようにして応力緩和率を調べた。

10

【0088】

応力緩和率は、日本伸銅協会技術標準「薄板条の曲げによる応力緩和試験方法」（JCB A、T309：2004）を参照して、片持ち梁式で測定する。試料に所定の曲げ応力を与えて弓なりに曲げた状態の試料を保持ブロックで支持した状態で加熱炉に入れて、以下の耐熱試験を行う。耐熱試験の条件は、所定の曲げ応力を0.2%耐力の50%、加熱温度を150、保持時間を10時間~1000時間から選択した時間とする。

【0089】

上記所定の曲げ応力を得るのに必要な試験片の初期たわみ変位 $\delta_0$ （mm）と、以下の永久たわみ変位 $\delta_t$ （mm）とから、応力緩和率（%）=（永久たわみ変位 $\delta_t$  / 初期たわみ変位 $\delta_0$ ）×100を求める。永久たわみ変位 $\delta_t$ は、上述の耐熱試験後において、曲げ応力を除荷したときに生じる試験片のたわみ変位とする。

20

【0090】

リン青銅（C5191）の線材、黄銅（C2600）の線材はいずれも市販品（0.64mm×0.64mm）を用意した。

【0091】

各試料の線材の特性（導電率（%IACS）、引張強さ（MPa）、0.2%耐力（MPa）、保持時間ごとの応力緩和率（%）を表3に示す。各試料の線材の特性は、上述の金属材料引張試験方法やブリッジ法によって測定した。

【0092】

30

【表3】

試料	組成	特性			応力緩和率 (%)					
		導電率	引張強さ	0.2%耐力	25h	50h	100h	200h	500h	1000h
		%IACS	MPa	MPa						
1-1	Fe-Ti-Mg-Cu	55	734	705	17	18	19	21	21	21
1-6	Fe-Ti-Mg-Cu	66	682	653	15	15	16	17	17	17
1-201	C5191 (リン青銅)	13	718	636	23	24	28	30	37	43
1-202	C2600 (黄銅)	25	721	571	40	41	45	47	52	56

40

【0093】

表3に示すように試料No. 1-1, No. 1-6の線材はいずれも、リン青銅の試料No. 1-201及び黄銅の試料No. 1-202に比較して、高い導電性と高強度とをバランスよく有する上に、応力緩和率が小さく、応力緩和し難いことが分かる。特に、試料No. 1-1, No. 1-6は、ばね性に優れるとされるリン青銅の試料No. 1-201よりも応力緩和率が低く、1000時間経過後でも30%以下、更に25%以下である。特に、試料No. 1-6では、1000時間経過後の応力緩和率が20%以下とより低い。このように応力緩和性に優れる理由の一つとして、試料No. 1-1, No. 1-6は、上述の特定の組成の銅合金から構成されることで、リン青銅よりも0.2%耐力が

50

高いことが考えられる。また、この試験から、試料 No. 1 - 2 ~ No. 1 - 5, No. 1 - 7 ~ No. 1 - 17 の線材についても同様に応力緩和し難いと期待される。

【0094】

なお、応力緩和率を上述の片持ち梁式ではなく、以下の両端支持式の曲げ応力負荷治具を用いて測定した場合にも試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 の線材は応力緩和率が低く、応力緩和し難いと期待される。この治具は、試料（線材）の長さ  $L_0$  よりも短い長さ  $L_s$  の基板と、基板の両端からそれぞれ突設される支持脚とを備える状のものであり、両支持脚間を渡るように試料を配置することで、試料の両端を固定する。試料に所定の曲げ応力（例えば、耐力の 80%）を与えて弓なりに曲げた状態の試料を支持脚間に配置して、試料の両端を治具に固定する。試料に上記所定の曲げ応力を加えた状態で治具ごと加熱炉に入れて、以下の耐熱試験を行う。耐熱試験の条件は、加熱温度を 150、保持時間を 10 時間 ~ 1000 時間から選択した時間とする。そして、上述のように初期たわみ変位と永久たわみ変位とから、応力緩和率を求める。

例えば、上記所定の曲げ応力を耐力の 80% とし、上記耐熱試験の加熱温度を 150、保持時間を 100 時間とした場合、黄銅（C2600-H 材）の応力緩和率は 60% ~ 55% 程度である。この黄銅の応力緩和率は、伸銅品板条材料特性データベース（日本伸銅協会）に記載される値である。同様の加熱条件（150 × 100 時間）で、試料 No. 1 - 1 ~ No. 1 - 17 の線材の応力緩和率（両端支持）は、30% 以下をとり得る、即ち、両端支持の場合でも黄銅よりも応力緩和性に優れると期待される。

【0095】

この試験から、Fe 及び Ti、適宜 Mg を特定の範囲で含む銅合金から構成される銅合金線は、高導電率かつ高強度であることが示された。また、この試験から、特定の組成とし、時効処理を少なくとも含む特定の熱処理を行うことで、高導電率かつ高強度な線材が得られることが示された。特に、この試験例のように連続鑄造工程で溶体化工程を兼ねたり、最終形状の成形を、異形ダイスを用いた伸線加工としたりすることで、工程数を低減したり、長尺な線材を連続して製造できたりすることで、製造性にも優れることが示された。

【0096】

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 の銅合金の組成、角線の幅及び厚さ、熱処理条件などを適宜変更できる。

10

20

30

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 2 2 F 1/00 (2006.01)	C 2 2 F 1/00	6 0 2
	C 2 2 F 1/00	6 1 3
	C 2 2 F 1/00	6 2 5
	C 2 2 F 1/00	6 3 0 A
	C 2 2 F 1/00	6 3 0 F
	C 2 2 F 1/00	6 6 1 A
	C 2 2 F 1/00	6 8 1
	C 2 2 F 1/00	6 8 2
	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 Z
	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 5 0 A
	C 2 2 F 1/00	6 5 0 Z
(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 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 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 土田 斉	富山県射水市奈呉の江10番地の2	富山住友電工株式会社内
(72)発明者 加茂川 大	富山県射水市奈呉の江10番地の2	富山住友電工株式会社内
Fターム(参考)	5G301 AA08 AA09 AA12 AA13 AA19 AA21 AB02 AD03	
	5G307 BA02 BB02 BC02 BC06	