

(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2006-183068

(P2006-183068A)

(43) 公開日 平成18年7月13日(2006.7.13)

(51) Int.C1.	F 1		テーマコード (参考)
C 25 D 7/00	(2006.01)	C 25 D 7/00	4 K 024
C 25 D 5/16	(2006.01)	C 25 D 5/16	5 E 063
C 25 D 5/50	(2006.01)	C 25 D 5/50	
H O 1 R 13/03	(2006.01)	H O 1 R 13/03	D
H O 1 R 43/16	(2006.01)	H O 1 R 43/16	

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2004-375212 (P2004-375212)	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2 6号
(22) 出願日	平成16年12月27日 (2004.12.27)	(74) 代理人	100100974 弁理士 香本 熊
		(72) 発明者	鈴木 基彦 山口県下関市長府港町14番1号 株式会 社神戸製鋼所長府製造所内
		(72) 発明者	坂本 浩 山口県下関市長府港町14番1号 株式会 社神戸製鋼所長府製造所内
		(72) 発明者	杉下 幸男 山口県下関市長府港町14番1号 株式会 社神戸製鋼所長府製造所内

最終頁に続く

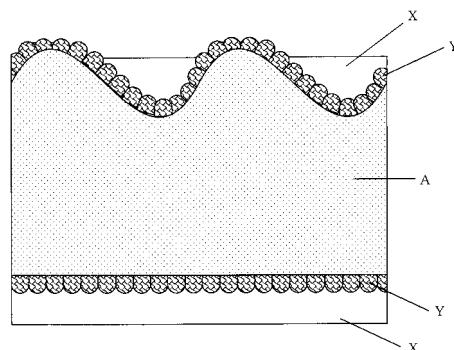
(54) 【発明の名称】接続部品用導電材料及びその製造方法

## (57) 【要約】

**【課題】** 摩擦係数が低く(低挿入力)、高温・腐食・振動環境下においても接触抵抗を低く維持できる嵌合型端子用導電材料を得る。

**【解決手段】** Cu板条からなる母材の表面に、Cu含有量が20~70at%で平均の厚さが0.2~3.0μmのCu-Sn合金被覆層と平均の厚さが0.2~5.0μmのSn被覆層がこの順に形成された導電材料。その材料表面はリフロー処理されていて、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15μm以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが3.0μm以下であり、前記Sn被覆層の表面に前記Cu-Sn合金被覆層の一部が露出し、その材料表面露出面積率が3~75%である。この導電材料は、粗面化した母材表面に、必要に応じてNiめっき層、さらにCuめっき層及びSnめっき層を形成した後、リフロー処理を行うことにより製造する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

Cu板条からなる母材の表面に、Cu含有量が20～70at%で平均の厚さが0.2～3.0μmのCu-Sn合金被覆層と平均の厚さが0.2～5.0μmのSn被覆層がこの順に形成され、その材料表面はリフロー処理されていて、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15μm以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが3.0μm以下であり、前記Sn被覆層の表面に前記Cu-Sn合金被覆層の一部が露出して形成され、前記Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率が3～75%であることを特徴とする接続部品用導電材料。

**【請求項 2】**

前記材料表面は、少なくとも一方向における平均の材料表面露出間隔が0.01～0.5mmであることを特徴とする請求項1に記載された接続部品用導電材料。

**【請求項 3】**

前記Sn被覆層の表面に露出する前記Cu-Sn合金被覆層の厚さが0.2μm以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載された接続部品用導電材料。

**【請求項 4】**

前記母材の表面と前記Cu-Sn合金被覆層の間にさらにCu被覆層を有することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載された接続部品用導電材料。

**【請求項 5】**

前記母材の表面と前記Cu-Sn合金被覆層の間にさらにNi被覆層が形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載された接続部品用導電材料。

**【請求項 6】**

前記Ni被覆層とCu-Sn合金被覆層との間にさらにCu被覆層を有することを特徴とする請求項5に記載された接続部品用導電材料。

**【請求項 7】**

前記母材の表面は、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.3μm以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが4.0μm以下であることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載された接続部品用導電材料。

**【請求項 8】**

前記母材の表面は、少なくとも一方向における凹凸の平均間隔Smが0.01～0.5mであることを特徴とする請求項7に記載された接続部品用導電材料。

**【請求項 9】**

Cu板条からなる母材の表面に、Cuめっき層とSnめっき層をこの順に形成した後、リフロー処理を行い、Cu-Sn合金被覆層と、Sn被覆層をこの順に形成する接続部品用導電材料の製造方法において、前記母材の表面を、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.3μm以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが4.0μm以下の表面粗さとし、Cu含有量が20～70at%、かつ平均の厚さが0.2～3.0μmの前記Cu-Sn合金被覆層と、平均の厚さが0.2～5.0μmの前記Sn被覆層を形成し、リフロー処理後の材料表面を、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15μm以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが3.0μm以下とし、前記Sn被覆層の表面に前記Cu-Sn合金被覆層の一部を露出させ、前記Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率を3～75%とすることを特徴とする接続部品用導電材料の製造方法。

**【請求項 10】**

前記母材の表面と前記Cuめっき層の間に、Niめっき層を形成することを特徴とする請求項9に記載された接続部品用導電材料の製造方法。

**【請求項 11】**

Cu板条からなる母材の表面に、Snめっき層を形成した後、リフロー処理を行い、Cu-Sn合金被覆層と、Sn被覆層をこの順に形成する接続部品用導電材料の製造方法において、前記母材の表面を、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.3μm以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが4.0μm以下の表面粗さとし、Cu含有量

10

20

40

50

が20～70at%、かつ平均の厚さが0.2～3.0μmの前記Cu-Sn合金被覆層と、平均の厚さが0.2～5.0μmの前記Sn被覆層を形成し、リフロー処理後の材料表面を、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15μm以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが3.0μm以下とし、前記Sn被覆層の表面に前記Cu-Sn合金被覆層の一部を露出させ、前記Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率を3～75%とすることを特徴とする接続部品用導電材料の製造方法。

#### 【請求項12】

前記母材の表面を、少なくとも一方向における凹凸の平均間隔Smが0.01～0.5mmの表面粗さとすることを特徴とする請求項9～11のいずれかに記載された接続部品用導電材料の製造方法。10

#### 【請求項13】

前記リフロー処理を、前記Snめっき層の融点以上、600以下の温度で3～30秒間行うことを特徴とする請求項9～12のいずれかに記載された接続部品用導電材料の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、主として自動車・民生機器等の電気配線に使用されるコネクタ用端子やバスバー等の接続部品用導電材料に関し、特にオス端子とメス端子の挿抜に際しての摩擦や摩耗の低減及び使用に際しての電気的接続の信頼性の兼備が求められる嵌合型接続部品用導電材料に関するものである。20

#### 【背景技術】

#### 【0002】

自動車・民生機器等の電気配線の接続に使用されるコネクタ用端子やバスバー等の接続部品用導電材料には、低レベルの信号電圧及び電流に対して高い電気的接続の信頼性が求められる重要な電気回路の場合などを除き、Snめっき（はんだめっき等のSn合金めっきを含む）施したCu又はCu合金が用いられている。SnめっきはAuめっきや他の表面処理に比べて低コストであることなどの理由により多用されているが、その中でも、近年の環境負荷物質規制への対応からPbを含まないSnめっき、特にウィスカの発生による回路短絡障害の報告例がほとんどないリフローSnめっきや溶融Snめっきが主流となってきた。30

#### 【0003】

近年のエレクトロニクスの進展は目覚しく、例えば自動車においては安全性、環境性、快適性の追求から高度電装化が急速に進行している。これに伴い、回路数や重量などが増加して消費スペースや消費エネルギーなどが増加してしまうため、コネクタ用端子などの接続部品は、多極化、小型軽量化及びエンジンルーム内への搭載などを行っても、接続部品としての性能を満足し得るような、接続部品用導電材料が求められている。

#### 【0004】

接続部品用導電材料にSnめっきを施すおもな目的は、電気接点部や接合部において低い接触抵抗を得るとともに、表面に耐食性を付与し、接合をはんだ付けで行う接続部品用導電材料においてはそのはんだ付け性を得ることである。Snめっきは非常に軟質な導電性皮膜であり、その表面酸化皮膜が破壊されやすい。そのため、例えばオス端子とメス端子の組み合せからなる嵌合型端子において、インデントやリブなどの電気接点部がめっき同士の凝着によりガスタイト接触を形成しやすく、低い接触抵抗を得るのに好適である。また、使用に際して低い接触抵抗を維持するためには、Snめっきの厚さは厚い方が好ましく、また電気接点部同士を押しつける接圧力を大きくすることも重要である。40

#### 【0005】

しかしながら、Snめっきの厚さを厚くし、また電気接点部同士を押しつける接圧力を大きくすることは、Snめっき間の接触面積や凝着力を増加させるため、端子挿入の際にSnめっきの掘り起こしによる変形抵抗や凝着をせん断するせん断抵抗を増加させ、結果50

として挿入力を大きくさせてしまう。挿入力の大きい嵌合型接続部品は、組立作業の効率を低下させたり、嵌合ミスによる電気的接続の劣化の原因にもなる。このため、極数が増加しても、全体の挿入力が従来より大きくならないように、低挿入力の端子が要求されている。

#### 【0006】

さらには、挿入力や挿抜時の摩耗を小さくすることを目的として電気接点部同士を押しつける接圧力を小さくした小型のSnめっき製端子などは、その後の使用に際して低い接触抵抗を維持することが困難となるばかりでなく、使用時の振動や熱膨張・収縮などにより電気接点部が微摺動を起こし、接触抵抗が異常増大する微摺動摩耗現象を引き起こし易くなる。微摺動摩耗現象は、電気接点部のSnめっきが微摺動により摩耗し、それにより生じたSn酸化物が微摺動の繰り返しにより電気接点部同士の間に多量に堆積することにより引き起こされると考えられている。これらのことから、挿抜回数が増加しても、さらには電気接点部のSnめっきに微摺動が生じても、低い接触抵抗を維持できるような、低挿入力で耐挿抜摩耗性及び耐微摺動摩耗性に優れる端子が要求されている。

#### 【0007】

下記特許文献1～6には、Cu又はCu合金母材の表面に、必要に応じてNi下地めっき層を形成し、その上にCuめっき層とSnめっき層をこの順に形成した後、リフロー処理し、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>相を主体とするCu-Sn合金被覆層を形成した嵌合型端子材料が記載されている。これらの記載によれば、リフロー処理により形成されたこのCu-Sn合金層はNiめっきやCuめっきに比べて硬く、これが最表面に残留するSn層の下地層として存在することにより、端子の挿入力を低減することができる。また、表面のSn層により、低い接触抵抗を維持できる。

#### 【0008】

- 【特許文献1】特開2004-68026号公報
- 【特許文献2】特開2003-151668号公報
- 【特許文献3】特開2002-298963号公報
- 【特許文献4】特開2002-226982号公報
- 【特許文献5】特開平11-135226号公報
- 【特許文献6】特開平10-60666号公報

#### 【0009】

さらに下記特許文献7～9には、Cu又はCu合金母材の表面に、必要に応じてCu下地めっき層を形成し、Snめっき層を形成した後、必要に応じてリフロー処理した後に熱処理し、Cu-Snを主体とする金属間化合物層と必要に応じて酸化皮膜層をこの順に形成した嵌合型端子材料が記載されている。これらの記載によれば、熱処理によりCu-Sn合金層を表面に形成することにより、端子の挿入力を一段と低減することができる。

#### 【0010】

- 【特許文献7】特開2000-226645号公報
- 【特許文献8】特開2000-212720号公報
- 【特許文献9】特開平10-25562号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0011】

Sn層の下地にCu-Sn合金層を形成した端子の挿入力は、表面のSn層の厚さが薄くなると低下する。さらに、Cu-Sn合金層を表面に形成した端子の挿入力は、一段と低下する。一方、Sn層の厚さが薄くなると、例えば自動車のエンジンルームのような150にも達する高温雰囲気に長時間保持したような場合、端子の接触抵抗が増加するという問題がある。また、Sn層の厚さが薄いと、耐食性及びはんだ付け性も低下する。加えて、Sn層は微摺動摩耗現象を引き起こし易い。このように、このタイプの端子において、挿入力が非常に低く、多数回の挿抜後、高温雰囲気に長時間保持後、腐食環境下あるいは振動環境下において低い接触抵抗の維持等、嵌合型端子に求められる特性をいまだ十

10

20

30

40

50

分なかたちで得ることができず、さらなる改良が求められている。

#### 【0012】

従って、本発明は、Cu板条からなる母材表面にCu-Sn合金被覆層とSn被覆層を形成した接続部品用導電材料において、摩擦係数が低く（低い挿入力）、同時に電気的接続の信頼性（低い接触抵抗）を維持できる接続部品用導電材料を得ることを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

本発明者らは、Cu板条からなる母材の表面に、Ni被覆層（必要に応じて）、Cu被覆層（必要に応じて）、Cu-Sn合金被覆層及びSn被覆層がこの順に形成され、前記Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率が3～75%（望ましくは、少なくとも一方向における平均の材料表面露出間隔が0.01～0.5mm）、平均の厚さが0.1～3.0μm、かつCu含有量が20～70at%であり、前記Sn被覆層の平均の厚さが0.2～5.0μmである接続部品用導電材料を発明し、先に特許出願した（特願2004-264749）。この先願発明では、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15μm以上で全ての方向における算術平均粗さRaが4.0μm以下の表面粗さ（望ましくは、少なくとも一方向における凹凸の平均間隔Smが0.01～0.5mm）を有する母材が用いられ、母材表面にCuめっき（必要に応じて）及びSnめっきを形成し、又はNiめっき、Cuめっき及びSnめっきを形成した後、リフロー処理が行われる。

本発明は、この先願発明をさらに発展させたものである。

#### 【0014】

本発明に係る接続部品用導電材料は、Cu板条からなる母材の表面に、Cu含有量が20～70at%で平均の厚さが0.2～3.0μmのCu-Sn合金被覆層と平均の厚さが0.2～5.0μmのSn被覆層がこの順に形成され、その材料表面はリフロー処理されていて、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15μm以上で全ての方向における算術平均粗さRaが3.0μm以下であり、前記Sn被覆層の表面に前記Cu-Sn合金被覆層の一部が露出して形成され、前記Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率が3～75%であることを特徴とする。Sn被覆層の表面に露出したCu-Sn合金被覆層の一部は、Sn被覆層の表面から突出している。なお、この被覆層構成が形成された領域は、母材の片面又は両面全体に及んでいてもよいし、片面又は両面の一部のみを占めているのもよい。

この接続部品用導電材料では、前記材料表面は、少なくとも一方向における平均の材料表面露出間隔が0.01～0.5mmであることが望ましい。

さらに、この接続部品用導電材料では、前記Sn被覆層の表面に露出する前記Cu-Sn合金被覆層の厚さ（露出部の厚さ）が0.2μm以上であることが望ましい。

#### 【0015】

前記接続部品用導電材料において、前記母材表面と前記Cu-Sn合金被覆層の間にさらにCu被覆層を有していてもよい。

また、前記母材表面と前記Cu-Sn合金被覆層の間にさらにNi被覆層が形成されていてもよい。この場合、前記Ni被覆層とCu-Sn合金被覆層との間にさらにCu被覆層を有していてもよい。

なお、本発明において、Cu板条はCu合金板条を含む。また、Sn被覆層、Cu被覆層及びNi被覆層は、それぞれSn、Cu、Ni金属のほか、Sn合金、Cu合金及びNi合金を含む。

#### 【0016】

前記接続部品用導電材料は、Cu板条からなる母材の表面に、Cuめっき層とSnめっき層をこの順に形成した後、リフロー処理を行い、Cu-Sn合金被覆層と、Sn被覆層をこの順に形成することにより製造される。そして、本発明の製造方法は、母材の表面につき、少なくとも一方向の算術平均粗さRaが0.3μm以上で、全ての方向の算術平均粗さRaが4.0μm以下の表面粗さとする点に特徴がある。リフロー処理によりSnめっき層を溶融流動して平滑化し、母材に形成された凹凸の凸の部分で、Cu-Sn合金被

10

20

30

40

50

覆層の一部を S n 被覆層の表面に露出させる。その際、母材の表面粗さに応じて適切な S n めっき層の厚さを選定して、リフロー処理後の材料表面を少なくとも一方における算術平均粗さ R a が 0 . 1 5  $\mu\text{m}$  以上、全ての方向における算術平均粗さ R a が 3 . 0  $\mu\text{m}$  以下となり、かつ前記 Cu - S n 合金被覆層の材料表面露出面積率が 3 ~ 7 5 % となるようする。このとき、S n 被覆層の表面に露出した Cu - S n 合金被覆層の一部は、S n 被覆層の表面から突き出している。

前記母材の表面粗さについては、前記一方において算出された凹凸の平均間隔 S m ( 粗さ曲線が平均線と交差する交点から求めた山谷一周期の間隔の平均値 ) が 0 . 0 1 ~ 0 . 5 mm であることが望ましい。さらに、前記 S n 被覆層の表面に露出する前記 Cu - S n 合金被覆層の厚さが 0 . 2  $\mu\text{m}$  以上となるように、前記リフロー処理を、前記 S n めっき層の融点以上、600 以下の温度で 3 ~ 30 秒間行うことが望ましい。  
10

なお、前記母材の表面において、前記表面粗さにして前記被覆層構成を形成する領域は、母材の片面又は両面全体に及んでいてもよいし、片面又は両面の一部のみを占めているのでもよい。

#### 【0017】

前記 Cu - S n 合金被覆層は、リフロー処理により、Cu めっき層と S n めっき層の Cu と S n が相互拡散して形成されるが、その際に Cu めっき層が全て消滅する場合と一部残留する場合の両方があり得る。Cu めっき層の厚さによっては、母材からも Cu が供給される場合がある。母材表面に形成する Cu めっき層の平均の厚さは 1 . 5  $\mu\text{m}$  以下、S n めっき層の平均の厚さは 0 . 4 ~ 8 . 0  $\mu\text{m}$  の範囲が望ましい。Cu めっき層の平均の厚さは 0 . 1  $\mu\text{m}$  以上が望ましい。  
20

前記製造方法において、Cu めっき層を全く形成しない場合もあり得る。この場合、Cu - S n 合金被覆層の Cu は、母材から供給される。

また、前記製造方法において、前記母材表面と前記 Cu めっき層の間に、Ni めっき層を形成してもよい。Ni めっき層の平均の厚さは 3  $\mu\text{m}$  以下とし、この場合の Cu めっき層の平均の厚さは 0 . 1 ~ 1 . 5  $\mu\text{m}$  とするのが望ましい。

なお、本発明において、Cu めっき層、S n めっき層及び Ni めっき層は、それぞれ Cu 、 S n 、 Ni 金属のほか、Cu 合金、S n 合金及び Ni 合金を含む。  
20

#### 【発明の効果】

#### 【0018】

本発明に係る接続部品用導電材料は、特に嵌合型端子用として、摩擦係数を低く抑えることができるので、例えば自動車等において多極コネクタに使用した場合、オス、メス端子の嵌合時の挿入力が低く、組立作業を効率よく行うことができる。また、高温雰囲気下で長時間保持されても、腐食環境下においても、あるいは振動環境下においても電気的信頼性（低接触抵抗）を維持でき、特に下地層として Ni めっきを施したものは、エンジンルーム等の、非常に高温で使用される箇所に配置された場合においても、一段と優れた電気的信頼性が保持できる。

なお、本発明に係る接続部品用導電材料を嵌合型端子として用いる場合、オス、メス端子の両方に用いることが望ましいが、オス、メス端子の一方だけに用いることもできる。  
30

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0019】

以下、本発明に係る接続部品用導電材料について、具体的に説明する。

(1) Cu - S n 合金被覆層について、その Cu 含有量を 20 ~ 70 at % とした理由について述べる。Cu 含有量が 20 ~ 70 at % の Cu - S n 合金被覆層は、Cu<sub>6</sub>S<sub>n</sub>5 相を主体とする金属間化合物からなる。Cu<sub>6</sub>S<sub>n</sub>5 相は S n 被覆層を形成する S n 又は S n 合金に比べて非常に硬く、それを材料の最表面に部分的に露出形成すると、端子挿抜の際に S n 被覆層の掘り起こしによる変形抵抗や凝着をせん断するせん断抵抗を抑制でき、摩擦係数を非常に低くすることができる。さらに、本発明では Cu<sub>6</sub>S<sub>n</sub>5 相が S n 被覆層の表面に部分的に突出しているため、端子挿抜や振動環境下などにおける電気接点部の摺動・微摺動の際に接圧力を硬い Cu<sub>6</sub>S<sub>n</sub>5 相で受けて S n 被覆層同士の接触面積を  
40

一段と低減できるため、摩擦係数をさらに低くすることができ、微摺動によるSn被覆層の摩耗や酸化も減少する。一方、Cu<sub>3</sub>Sn相はさらに硬いが、Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>相に比べてCu含有量が多いため、これをSn被覆層の表面に部分的に露出させた場合には、経時や腐食などによる材料表面のCuの酸化物量などが多くなり、接触抵抗を増加させ易く、電気的接続の信頼性を維持することが困難となる。また、Cu<sub>3</sub>Sn相はCu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>相に比べて脆いために、成形加工性などが劣るという問題点がある。従って、Cu-Sn合金被覆層の構成成分を、Cu含有量が20~70at%のCu-Sn合金に規定する。

このCu-Sn合金被覆層には、Cu<sub>3</sub>Sn相が一部含まれていてもよく、母材及びSnめっき中の成分元素などが含まれていてもよい。しかし、Cu-Sn合金被覆層のCu含有量が20at%未満では凝着力が増して摩擦係数を低くすることが困難となり、耐微摺動摩耗性も低下する。一方Cu含有量が70at%を超えると経時や腐食などによる電気的接続の信頼性を維持することが困難となり、成形加工性なども悪くなる。従って、Cu-Sn合金被覆層のCu含有量を20~70at%に規定する。より望ましくは45~65at%である。

#### 【0020】

(2) Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さを0.2~3.0μmとした理由について述べる。なお本発明では、Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さを、Cu-Sn合金被覆層に含有されるSnの面密度(単位:g/mm<sup>2</sup>)をSnの密度(単位:g/mm<sup>3</sup>)で除した値と定義する(下記実施例に記載したCu-Sn合金被覆層の平均の厚さ測定方法は、この定義に準拠するものである)。Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さが0.2μm未満では、特に本発明のようにCu-Sn合金被覆層を材料表面に部分的に露出形成させる場合には、高温酸化などの熱拡散による材料表面のCuの酸化物量が多くなり、接触抵抗を増加させ易く、電気的接続の信頼性を維持することが困難となる。一方3.0μmを超える場合には、経済的に不利であり、生産性も悪く、硬い層が厚く形成されるために成形加工性なども悪くなる。従って、Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さを0.2~3.0μmに規定する。より望ましくは0.3~1.0μmである。

#### 【0021】

(3) Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率を3~75%とした理由について述べる。なお本発明では、Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率を、材料の単位表面積あたりに露出するCu-Sn合金被覆層の表面積に100をかけた値として算出する。Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率が3%未満では、Sn被覆層同士の凝着量が増し、さらに端子挿抜の際の接触面積が増加するため摩擦係数を低くすることが困難となり、耐微摺動摩耗性も低下する。一方75%を超える場合には、経時や腐食などによる材料表面のCuの酸化物量などが多くなり、接触抵抗を増加させ易く、電気的接続の信頼性を維持することが困難となる。従って、Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率を3~75%に規定する。より望ましくは10~50%である。

#### 【0022】

(4) Sn被覆層の平均の厚さを0.2~5.0μmとした理由について述べる。なお、本発明では、Sn被覆層の平均の厚さを、Sn被覆層に含有されるSnの面密度(単位:g/mm<sup>2</sup>)をSnの密度(単位:g/mm<sup>3</sup>)で割った値と定義する(下記実施例に記載したSn被覆層の平均の厚さ測定方法は、この定義に準拠するものである)。Sn被覆層の平均の厚さが0.2μm未満では、高温酸化などの熱拡散による材料表面のCuの酸化物量が多くなり、接触抵抗を増加させ易く、また耐食性も悪くなることから、電気的接続の信頼性を維持することが困難となる。一方5.0μmを超える場合には、経済的に不利であり、生産性も悪くなる。従って、Sn被覆層の平均の厚さを0.2~5.0μmに規定する。より望ましくは0.5~3.0μmである。

Sn被覆層がSn合金からなる場合、Sn合金のSn以外の構成成分としては、Pb、Bi、Zn、Ag、Cuなどが挙げられる。Pbについては50質量%未満、他の元素については10質量%未満が望ましい。

#### 【0023】

10

20

30

40

50

(5) 材料表面の少なくとも一方向における算術平均粗さ  $R_a$  が  $0.15 \mu m$  以上で全ての方向における算術平均粗さ  $R_a$  が  $3.0 \mu m$  以下とした理由について述べる。全ての方向において算術平均粗さ  $R_a$  が  $0.15 \mu m$  未満の場合、Cu-Sn合金被覆層の材料表面突出高さが全体に低く、電気接点部の摺動・微摺動の際に接圧力を硬いCu6Sn5相で受ける割合が小さくなり、特に、微摺動によるSn被覆層の摩耗量を低減することが困難となる。一方、いずれかの方向において算術平均粗さ  $R_a$  が  $3.0 \mu m$  を超える場合、高温酸化などの熱拡散による材料表面のCuの酸化物量が多くなり、接触抵抗を増加させ易く、また耐食性も悪くなることから、電気的接続の信頼性を維持することが困難となる。従って、母材の表面粗さは、少なくとも一方向の算術平均粗さ  $R_a$  が  $0.15 \mu m$  以上かつ全ての方向の算術平均粗さ  $R_a$  が  $3.0 \mu m$  以下と規定する。より望ましくは  $0.2 \sim 2.0 \mu m$  である。10

#### 【0024】

(6) 材料表面の少なくとも一方向における平均の材料表面露出間隔が  $0.01 \sim 0.5 mm$  とした理由について述べる。なお、本発明では、Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔を、材料表面に描いた直線を横切るCu-Sn合金被覆層の平均の幅（前記直線に沿った長さ）とSn被覆層の平均の幅を足した値と定義する。Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔が  $0.01 mm$  未満では、高温酸化などの熱拡散による材料表面のCuの酸化物量が多くなり、接触抵抗を増加させ易く、電気的接続の信頼性を維持することが困難となる。一方、 $0.5 mm$  を超える場合には、特に小型端子に用いた際に低い摩擦係数を得ることが困難となる場合が生じてくる。一般的に端子が小型になれば、インデントやリップなどの電気接点部（挿抜部）の接触面積が小さくなるため、挿抜の際にSn被覆層同士のみの接触確率が増加する。これにより凝着量が増すため、低い摩擦係数を得ることが困難となる。従って、Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔を少なくとも一方向において  $0.01 \sim 0.5 mm$  とすることが望ましい。より望ましくは、Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔を全ての方向において  $0.01 \sim 0.5 mm$  にする。これにより、挿抜の際のSn被覆層同士のみの接触確率が低下する。さらに望ましくは  $0.05 \sim 0.3 mm$  である。20

#### 【0025】

(7) Sn被覆層の表面に露出するCu-Sn合金被覆層の厚さが  $0.2 \mu m$  以上とした理由について述べる。これは、本発明のようにCu-Sn合金被覆層の一部をSn被覆層の表面に露出させる場合、製造条件によりSn被覆層の表面に露出するCu-Sn合金被覆層の厚さが前記Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さと比較して極めて薄くなる場合が生じるからである。なお本発明では、Sn被覆層の表面に露出するCu-Sn合金被覆層の厚さを、断面観察により測定した値と定義する（前記Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さ測定方法とは異なる）。Sn被覆層の表面に露出するCu-Sn合金被覆層の厚さが  $0.2 \mu m$  未満の場合、特に本発明のようにCu-Sn合金被覆層を材料表面に部分的に露出形成させる場合には、高温酸化などの熱拡散による材料表面のCuの酸化物量が多くなり、また耐食性も低下することから、接触抵抗を増加させ易く、電気的接続の信頼性を維持することが困難となる。従って、Sn被覆層の表面に露出するCu-Sn合金被覆層の厚さを  $0.2 \mu m$  以上とすることが望ましい。より望ましくは  $0.3 \mu m$  以上である。30

#### 【0026】

(8) 黄銅や丹銅のようなZn含有Cu合金を母材として用いる場合などには、母材とCu-Sn合金被覆層の間にCu被覆層を有していてもよい。このCu被覆層はリフロー処理後にCuめっき層が残留したものである。Cu被覆層は、Znやその他の母材構成元素の材料表面への拡散を抑制するのに役立ち、はんだ付け性などが改善されることが広く知られている。Cu被覆層は厚くなりすぎると成型加工性などが劣化し、経済性も悪くなることから、Cu被覆層の厚さは  $3.0 \mu m$  以下が好ましい。40

Cu被覆層には、母材に含まれる成分元素等が少量混入していてもよい。また、Cu被覆層がCu合金からなる場合、Cn合金のCn以外の構成成分としてはSn、Zn等が挙げられる。Snの場合は50質量%未満、他の元素については5質量%未満が望ましい。50

## 【0027】

(9) また、母材とCu-Sn合金被覆層の間(Cu被覆層がない場合)、又は母材とCu被覆層の間に、Ni被覆層が形成されていてもよい。Ni被覆層はCuや母材構成元素の材料表面への拡散を抑制して、高温長時間使用後も接触抵抗の上昇を抑制とともに、Cu-Sn合金被覆層の成長を抑制してSn被覆層の消耗を防止し、また亜硫酸ガス耐食性が向上することが知られている。また、Ni被覆層自身の材料表面への拡散はCu-Sn合金被覆層やCu被覆層により抑制される。このことから、Ni被覆層を形成した接続部品用材料は、耐熱性が求められる接続部品に特に適する。Ni被覆層は厚くなりすぎると成型加工性などが劣化し、経済性も悪くなることから、Ni被覆層の厚さは3.0μm以下が好ましい。

Ni被覆層には、母材に含まれる成分元素等が少量混入していてもよい。また、Ni被覆層がNi合金からなる場合、Ni合金のNi以外の構成成分としては、Cu、P、Coなどが挙げられる。Cuについては40質量%以下、P、Coについては10質量%以下が望ましい。

## 【0028】

(10) 本発明の材料表面におけるSn被覆層表面の凹凸は表面光沢を低下させ、摩擦係数や接触抵抗に悪影響を及ぼす場合があるため、なるべく平滑なほうが望ましい。母材表面の凹凸が激しい材料に被覆したSn被覆層の表面を平滑化する方法には、被覆層を形成させた後に研削、研磨などを行う機械的方法や、Sn被覆層をリフロー処理する方法が挙げられるが、経済性や生産性を考慮すると、Sn被覆層をリフロー処理する方法が望ましい。さらに、本発明のように、前記Cu-Sn合金被覆層の一部を前記Sn被覆層の表面に露出して形成させるには、リフロー処理以外の方法では製造が非常に困難となる。

凹凸の激しい母材表面に直接に、あるいはNiめっき層やCuめっき層を介してSnめっき層を施した場合、めっきの均一電着性が良好であれば、Snめっき層表面は、母材の表面形態を反映して凹凸の激しい表面が得られてしまう。これにリフロー処理を施すと、溶融した表面凸部のSnが表面凹部に流動する作用により、Sn被覆層の表面を平滑化でき、さらにリフロー処理中に形成されるCu-Sn合金被覆層の一部を前記Sn被覆層の表面に露出して形成させることができる。また加熱溶融処理を施すことにより、耐ウイスカ力性も向上する。なお、Cuめっき層と溶融したSnめっき層の間に形成されるCu-Sn拡散合金層は、通常、母材の表面形態を反映して成長する。ただし、リフロー処理条件が不適切だと、Sn被覆層の表面に突出するCu-Sn合金被覆層の厚さが前記Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さと比較して極めて薄くなる場合がある。

## 【0029】

続いて、本発明に係る接続部品用導電材料の製造方法について、具体的に説明する。(1) 本発明の接続部品用導電材料は、リフロー処理後のSn被覆層が平均の厚さ0.2~5.0μmで存在し、材料表面の少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15μm以上、全ての方向における算術平均粗さRaが3.0μm以下で、Sn被覆層の表面にCu-Sn合金被覆層の一部が露出し、その表面露出面積率が3~75%である。Sn被覆層の表面に露出するCu-Sn合金被覆層の一部は、Sn被覆層の表面に突出している。なお、従来の接続部品用導電材料においては、Cu-Sn合金被覆層が表面に露出する状態であれば、Sn被覆層は完全に又はほとんど消滅した状態になっていた。

## 【0030】

本発明の方法は、母材の表面を粗化処理したうえで、該母材表面に直接に、あるいはNiめっき層やCuめっき層を介してSnめっき層を施し、続いてリフロー処理する方法である。母材の表面を粗化処理する方法としては、イオンエッチング等の物理的方法、エッティングや電解研磨等の化学的方法、圧延(研磨やショットブラスト等により粗面化したワーカロールを使用)、研磨、ショットブラスト等の機械的方法が挙げられる。この中で、生産性、経済性及び母材表面形態の再現性に優れる方法としては、圧延や研磨が望ましい。

なお、Niめっき層、Cuめっき層及びSnめっき層が、それぞれNi合金、Cu合金

及び Sn 合金からなる場合、先に Ni 被覆層、 Cu 被覆層及び Sn 被覆層に関して説明した各合金を用いることができる。

#### 【0031】

(2) ここで、母材の表面粗さについて、少なくとも一方向の算術平均粗さ Ra が 0.3 μm 以上、かつ全ての方向の算術平均粗さ Ra が 4.0 μm 以下とした理由について述べる。全ての方向において算術平均粗さ Ra が 0.3 μm 未満の場合、本発明の接続部品用導電材料の製造が非常に困難となる。具体的にいえば、リフロー処理後の材料表面の少なくとも一方向における算術平均粗さ Ra を 0.15 μm 以上とし、かつ Cu - Sn 合金被覆層の材料表面露出面積率を 3 ~ 75 % としながら、同時に Sn 被覆層の平均の厚さを 0.2 ~ 5.0 μm とすることが非常に困難となる。一方、いずれかの方向において算術平均粗さ Ra が 4.0 μm を超える場合、溶融 Sn 又は Sn 合金の流動作用による Sn 被覆層表面の平滑化が困難となる。従って、母材の表面粗さは、少なくとも一方向の算術平均粗さ Ra が 0.3 μm 以上かつ全ての方向の算術平均粗さ Ra が 4.0 μm 以下と規定する。この表面粗さとしたことにより、溶融 Sn 又は Sn 合金の流動作用 (Sn 被覆層の平滑化) に伴い、リフロー処理で成長した Cu - Sn 合金被覆層の一部が材料表面に露出する。

母材の表面粗さについては、より望ましくは、少なくとも一方向の算術平均粗さ Ra が 0.4 μm 以上かつ全ての方向の算術平均粗さ Ra が 3.0 μm 以下である。

#### 【0032】

(3) さらに、前記母材の表面粗さについて、前記一方向において算出された凹凸の平均間隔 Sm が 0.01 ~ 0.5 mm とした理由について述べる。本発明の方法は、母材の表面を粗化処理したうえで、該母材表面に直接に、あるいは Ni めっき層や Cu めっき層を介して Sn めっき層を施し、続いてリフロー処理する方法であり、前記材料表面は、少なくとも一方向における平均の材料表面露出間隔が 0.01 ~ 0.5 mm であることが望ましい。Cu 合金母材又は Cu めっき層と溶融した Sn めっき層の間に形成される Cu - Sn 拡散合金層は、通常、母材の表面形態を反映して成長するため、前記材料表面露出間隔は母材表面の凹凸の平均間隔 Sm によよそ反映する。従って、前記一方向において算出された凹凸の平均間隔 Sm が 0.01 ~ 0.5 mm であることが望ましい。さらに望ましくは 0.05 ~ 0.3 mm である。これにより、材料表面に露出する Cu - Sn 合金被覆層の露出形態を制御することが可能となる。

#### 【0033】

(4) またリフロー処理を行う場合のリフロー条件は、Sn めっき層の溶融温度 ~ 600 × 3 ~ 30 秒間とする。Sn 金属の場合、加熱温度が 230 未満では溶融せず、低すぎない Cu 含有量の Cu - Sn 合金被覆層を得るには、望ましくは 240 以上であり、600 を越えると母材が軟化し、歪みが発生するとともに、高すぎる Cu 含有量の Cu - Sn 合金被覆層が形成され、接触抵抗を低く維持することができない。加熱時間が 3 秒未満では熱伝達が不均一となり、十分な厚みの Cu - Sn 合金被覆層を形成できず、30 秒を越える場合には、材料表面の酸化が進行するため、接触抵抗が増加し、耐微摺動摩耗性も劣化する。

このリフロー処理を行うことにより、Cu - Sn 合金被覆層が形成され、溶融 Sn 又は Sn 合金が流動して Sn 被覆層が平滑化され、0.2 μm 以上の厚さを有する Cu - Sn 合金被覆層が材料表面に露出する。また、めっき粒子が大きくなり、めっき応力が低下し、ウイスカが発生しなくなる。いずれにしても、Cu - Sn 合金層を均一に成長させるためには、熱処理は Sn 又は Sn 合金の溶融する温度で、300 以下のできるだけ少ない熱量で行うことが望ましい。

#### 【0034】

(5) なお、これまで、本発明に係る導電材料の製造方法に関し、母材に直接、あるいは Ni めっき層や Cu めっき層を介して Sn めっき層をこの順に形成した後、リフロー処理して Cu - Sn 合金層を形成し、更に材料表面を平滑化する方法を説明したが、本発明に係る接続部品用導電材料の被覆層構成は、母材に直接、あるいは Ni めっき層を介して C

u - S n 合金めっき層を形成し、その上に S n めっき層を形成し、リフロー処理することでも得ることができる。後者の方法も本発明に含まれる。

### 【0035】

以上述べた本発明に係る接続部品用導電材料の断面構造（リフロー後）を、図1に模式的に示す。この図1では、母材Aの一方の表面（図1において上側の表面）が粗面化され、他方の表面が従来材と同じく平滑である。粗面化した前記一方の表面では、表面の凹凸に沿って、数～数十 $\mu\text{m}$ 程度の径の粒子からなるCu-Sn合金被覆層Yが形成され、Sn被覆層Xが溶融流動して平滑化しており、それに伴い、Cu-Sn合金被覆層Yが一部材料表面に露出し、Sn被覆層Xの表面から突出している。平滑な前記他方の表面では、従来材と同じく、Cu-Sn合金被覆層Yの全面をSn被覆層Xが覆っている。

10

### 【0036】

このように本発明の接続部品用導電材料は、電気的接続の信頼性の維持に必要なSn被覆層を厚く形成させても、電気的接続の信頼性が比較的良好で、かつ端子挿抜の際の挿抜力を低下させるのに効果的なCu-Sn合金被覆層を、材料表面に適正な条件で露出させているため、摩擦係数が低く、電気的接続の信頼性（低い接触抵抗）を維持することができる。

また、この接続部品用導電材料は、少なくとも端子が挿抜・微摺動される部分の被覆層構成について、Cu含有量が20～70at%で平均の厚さが0.2～3.0 $\mu\text{m}$ のCu-Sn合金被覆層と平均の厚さが0.2～5.0 $\mu\text{m}$ のSn被覆層がこの順に形成され、その材料表面はリフロー処理されていて、少なくとも一方向における算術平均粗さRaが0.15 $\mu\text{m}$ 以上で、全ての方向における算術平均粗さRaが3.0 $\mu\text{m}$ 以下であり、前記Sn被覆層の表面に前記Cu-Sn合金被覆層の一部が露出して形成され、前記Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率が3～75%となっていればよく、端子が挿抜されない部分（例えば、ワイヤやプリント基板との接合部）の被覆層構成は前記規定を満たしていないてもよい。しかし、この接続部品用導電材料を端子が挿抜されない部分に適用すれば、電気的接続の信頼性を更に高くすることが可能となる。

20

### 【0037】

以下の実施例により、要点を絞り、更に具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

30

### 【実施例1】

### 【0038】

#### [Cu合金母材の作製]

本実施例においては、Cu中に0.1質量%のFe、0.03質量%のP、2.0質量%のSnを含有するCu合金板条を用い、機械的な方法（圧延又は研磨）で表面粗化処理を行い、ピッカース硬さ180、厚さ0.25mmで、各々の表面粗さを有するCu合金母材に仕上げた。さらに、各々の厚さのNiめっき、Cuめっき及びSnめっきを施した後、280で10秒間のリフロー処理を行うことにより試験材No.1～5を得た。その製造条件を表1に示す。なお、表1に記載されたCu合金母材の表面粗さ、Niめっき、Cuめっき及びSnめっきの平均の厚さは、下記要領で測定した。

40

#### [Cu合金母材の表面粗さ測定方法]

接触式表面粗さ計（株式会社東京精密；サーフコム1400）を用いて、JIS B0601-1994に基づいて測定した。表面粗さ測定条件は、カットオフ値を0.8mm、基準長さを0.8mm、評価長さを4.0mm、測定速度を0.3mm/s、及び触針先端半径を5 $\mu\text{m}$ Rとした。なお、表面粗さ測定方向は、表面粗化処理の際に行った圧延又は研磨方向に直角な方向（表面粗さが最も大きく出る方向）とした。

### 【0039】

#### [Niめっきの平均の厚さ測定方法]

蛍光X線膜厚計（セイコーインスツルメンツ株式会社；SFT3200）を用いて、リフロー処理前の試験材のNiめっきの平均の厚さを算出した。測定条件は、検量線にSn/Ni/母材の2層検量線を用い、コリメータ径を0.5mmとした。

50

## [ Cuめっきの平均の厚さ測定方法 ]

ミクロトーム法にて加工したリフロー処理前の試験材の断面をSEM(走査型電子顕微鏡)を用いて10,000倍の倍率で観察し、画像解析処理によりCuめっきの平均の厚さを算出した。

## [ Snめっきの平均の厚さ測定方法 ]

蛍光X線膜厚計(セイコーインスツルメンツ株式会社; SFT3200)を用いて、リフロー処理前の試験材のSnめっきの平均の厚さを算出した。測定条件は、検量線にSn/母材の単層検量線又はSn/Ni/母材の2層検量線を用い、コリメータ径を0.5mmとした。

## 【0040】

10

【表1】

試験 No.	Cu合金母材		Niめっき	Cuめっき	Snめっき	リフロー処理	
	算術平均粗さ: Ra (μm)	凹凸の平均間隔: Sm (mm)	平均の厚さ (μm)	平均の厚さ (μm)	平均の厚さ (μm)	温度 (°C)	時間 (s)
1	0.62	0.08	0.3	0.15	1.0	280	10
2	0.68	0.14	—	0.15	1.0	280	10
3	0.94	0.62	—	0.15	1.5	280	10
4	0.28	0.11	0.3	0.15	0.6	280	10
5	0.11	0.04	—	0.15	1.0	280	10

## 【0041】

続いて、得られた試験材の被覆層構成及び材料表面粗さを、表2に示す。なお、Cu-Sn合金被覆層のCu含有量、Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さ、Sn被覆層の平均の厚さ、Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率、Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔、材料表面に露出するCu-Sn合金被覆層の厚さ及び材料表面粗さについては、下記要領で測定した。

## [ Cu-Sn合金被覆層のCu含有量測定方法 ]

30

まず、試験材をp-ニトロフェノール及び苛性ソーダを成分とする水溶液に10分間浸漬し、Sn被覆層を除去した。その後、EDX(エネルギー分散型X線分光分析器)を用いて、Cu-Sn合金被覆層のCu含有量を定量分析により求めた。

## [ Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さ測定方法 ]

40

まず、試験材をp-ニトロフェノール及び苛性ソーダを成分とする水溶液に10分間浸漬し、Sn被覆層を除去した。その後、蛍光X線膜厚計(セイコーインスツルメンツ株式会社; SFT3200)を用いて、Cu-Sn合金被覆層に含有されるSn成分の膜厚を測定した。測定条件は、検量線にSn/母材の単層検量線又はSn/Ni/母材の2層検量線を用い、コリメータ径を0.5mmとした。得られた値をCu-Sn合金被覆層の平均の厚さと定義して算出した。

## 【0042】

## [ Sn被覆層の平均の厚さ測定方法 ]

まず、蛍光X線膜厚計(セイコーインスツルメンツ株式会社; SFT3200)を用いて、試験材のSn被覆層の膜厚とCu-Sn合金被覆層に含有されるSn成分の膜厚の和を測定した。その後、p-ニトロフェノール及び苛性ソーダを成分とする水溶液に10分間浸漬し、Sn被覆層を除去した。再度、蛍光X線膜厚計を用いて、Cu-Sn合金被覆層に含有されるSn成分の膜厚を測定した。測定条件は、検量線にSn/母材の単層検量線又はSn/Ni/母材の2層検量線を用い、コリメータ径を0.5mmとした。得られたSn被覆層の膜厚とCu-Sn合金被覆層に含有されるSn成分の膜厚の和から、Cu-Sn合金被覆層に含有されるSn成分の膜厚を差し引くことにより、Sn被覆層の平均

50

の厚さを算出した。

【0043】

[Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率測定方法]

試験材の表面を、EDX（エネルギー分散型X線分光分析器）を搭載したSEM（走査型電子顕微鏡）を用いて200倍の倍率で観察し、得られた組成像の濃淡（汚れや傷等のコントラストは除く）から画像解析によりCu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率を測定した。図2にNo.1の組成像、図3にNo.2の組成像を示す。図中、XはSn被覆層、Yは露出したCu-Sn合金被覆層である。なお、No.1は研磨による表面粗化処理、No.2は圧延による表面粗化処理を行っている。

[Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔測定方法]

試験材の表面を、EDX（エネルギー分散型X線分光分析器）を搭載したSEM（走査型電子顕微鏡）を用いて200倍の倍率で観察し、得られた組成像から、材料表面に引いた直線を横切るCu-Sn合金被覆層の平均の幅（前記直線に沿った長さ）とSn被覆層の平均の幅を足した値の平均を求めることにより、Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔を測定した。測定方向（引いた直線の方向）は、表面粗化処理の際に行つた圧延又は研磨方向に直角な方向とした。

[材料表面に露するCu-Sn合金被覆層の厚さ測定方法]

ミクロトーム法にて加工した試験材の断面をSEM（走査型電子顕微鏡）を用いて10,000倍の倍率で観察し、画像解析処理により材料表面に露するCu-Sn合金被覆層の厚さを算出した。

【0044】

[材料表面粗さ測定方法]

接触式表面粗さ計（株式会社東京精密；サーフコム1400）を用いて、JIS B0601-1994に基づいて測定した。表面粗さ測定条件は、カットオフ値を0.8mm、基準長さを0.8mm、評価長さを4.0mm、測定速度を0.3mm/s、及び触針先端半径を5μmRとした。なお、表面粗さ測定方向は、表面粗化処理の際に行つた圧延又は研磨方向に直角な方向（表面粗さが最も大きく出る方向）とした。

【0045】

【表2】

試験 No.	Cu-Sn合金 被覆層		Sn被覆層	材料表面に露するCu-Sn 合金被覆層			材料表面 算術平均粗 さ：Ra (μm)
	Cu含有 量 (at%)	平均の厚 さ (μm)		平均の厚さ (μm)	露出 面積率 (%)	平均の 露出間隔 (mm)	
1	55	0.3	0.7	18	0.11	0.35	0.38
2	58	0.45	0.55	29	0.16	0.45	0.44
3	58	0.5	1.0	26	0.71	0.5	0.36
4	55	0.3	0.3	24	0.13	0.35	0.12
5	55	0.45	0.55	0	—	—	0.06

【0046】

また、得られた試験材について、摩擦係数評価試験、高温放置後の接触抵抗評価試験、塩水噴霧後の接触抵抗評価試験及び微摺動時の接触抵抗評価試験を、下記の要領で行った。その結果を、表3に示す。

[摩擦係数評価試験]

嵌合型接続部品における電気接点のインデント部の形状を模擬し、図4に示すような装置を用いて評価した。まず、各試験材（No.1～5）から切り出した板材のオス試験片1を水平な台2に固定し、その上に試験材No.5から切り出した半球加工材（内径を

10

20

30

40

50

1.5 mmとした)のメス試験片3をおいて被覆層同士を接触させた。続いて、メス試験片3に3.0 Nの荷重(錘4)をかけてオス試験片1を押さえ、横型荷重測定器(アイコーエンジニアリング株式会社; Model - 2152)を用いて、オス試験片1を水平方向に引っ張り(摺動速度を80 mm/minとした)、摺動距離5 mmまでの最大摩擦力F(単位:N)を測定した。摩擦係数を下記式(1)により求めた。なお、5はロードセル、矢印は摺動方向である。

$$\text{摩擦係数} = F / 3.0 \dots (1)$$

#### 【0047】

##### [高温放置後の接触抵抗評価試験]

各試験材に対し、大気中にて160 × 120 hrの熱処理を行った後、接触抵抗を四端子法により、開放電圧20 mV、電流10 mA、無摺動の条件にて測定した。 10

##### [塩水噴霧後の接触抵抗評価試験]

各試験材に対し、JIS Z 2371-2000に基づいて、5% NaCl水溶液を用いて35 × 6 hrの塩水噴霧試験を行った後、接触抵抗を四端子法により、開放電圧20 mV、電流10 mA、無摺動の条件にて測定した。 20

#### 【0048】

##### [微摺動時の接触抵抗評価試験]

嵌合型接続部品における電気接点のインデント部の形状を模擬し、図5に示すような摺動試験機(株式会社山崎精機研究所; CRS-B1050CHO)を用いて評価した。まず、試験材No.5から切り出した板材のオス試験片6を水平な台7に固定し、その上に各試験材(No.1~5)から切り出した半球加工材(内径を1.5 mmとした)のメス試験片8をおいて被覆層同士を接触させた。続いて、メス試験片8に2.0 Nの荷重(錘9)をかけてオス試験片6を押さえ、オス試験片6とメス試験片8の間に定電流を印加し、ステッピングモータ10を用いてオス試験片6を水平方向に摺動させ(摺動距離を50 μm、摺動周波数を1 Hzとした)、摺動回数1000回までの最大接触抵抗を四端子法により、開放電圧20 mV、電流10 mAの条件にて測定した。なお、矢印は摺動方向である。 20

#### 【0049】

##### 【表3】

試験 No.	摩擦係数	高温放置後の接触抵抗 (mΩ)	塩水噴霧後の接触抵抗 (mΩ)	微摺動時の接触抵抗 (mΩ)
1	0.24	4	7	19
2	0.23	21	11	12
3	0.46	23	18	76
4	0.31	7	12	179
5	0.54	18	4	184

#### 【0050】

表1~3に示すように、No.1~2は、被覆層構成に関して本発明に規定する要件を満たし、摩擦係数が非常に低く、高温長時間放置後の接触抵抗、塩水噴霧後の接触抵抗及び微摺動時の接触抵抗のいずれについても、優れた特性を示す。特に、Ni被覆層を形成しているNo.1は、特に高温放置後の接触抵抗が低くなっている。 40

一方、No.3は、材料表面に突出するCu-Sn合金被覆層の平均の突出間隔が広いため、小さい接点での摩擦係数の低減効果が少なく、また微摺動時の接触抵抗も十分低く抑制することができなかった。また、No.4は、材料表面の算術平均粗さRaが小さいため、微摺動時の接触抵抗を低く抑制することができなかった。なお、No.5は、粗面化処理を行わない通常母材を用いたため、Cu-Sn合金被覆層が材料表面に露出せず、 50

摩擦係数が高く、微摺動時の接触抵抗が高い。

【実施例2】

【0051】

[Cu合金母材の作製]

本実施例においては、7/3黄銅板条を用い、機械的な方法（圧延又は研磨）で表面粗化処理を行い、ビックカース硬さ170、厚さ0.25mmで、所定の表面粗さを有するCu合金母材に仕上げた。さらに、各々の厚さのNiめっき、Cuめっき及び所定のSnめっきを施した後、各々のリフロー処理を行うことにより試験材No.6~10を得た。その製造条件を表4に示す。なお、表4に記載されたCu合金母材の表面粗さ、Niめっき、Cuめっき及びSnめっきの平均の厚さについては、上記実施例1と同様の要領で測定した。

【0052】

【表4】

試験 No.	Cu合金母材		Niめっき	Cuめっき	Snめっき	リフロー処理	
	算術平均粗さ： Ra (μm)	凹凸の平均間隔： Sm (mm)	平均の厚さ (μm)	平均の厚さ (μm)	平均の厚さ (μm)	温度 (°C)	時間 (s)
6	2.85	0.26	—	0.65	2.5	280	10
7	2.85	0.26	—	0.65	2.5	560	2
8	2.85	0.26	0.3	0.15	2.5	235	10
9	2.85	0.26	—	0.65	2.5	750	10
10	2.85	0.26	—	0.65	2.5	280	300

【0053】

続いて、得られた試験材の被覆層構成及び材料表面粗さを、表5に示す。なお、Cu-Sn合金被覆層のCu含有量、Cu-Sn合金被覆層の平均の厚さ、Sn被覆層の平均の厚さ、Cu-Sn合金被覆層の材料表面露出面積率、Cu-Sn合金被覆層の平均の材料表面露出間隔、材料表面に露出するCu-Sn合金被覆層の厚さ及び材料表面粗さについては、上記実施例1と同様の要領で測定した。

【0054】

【表5】

試験 No.	Cu-Sn合金 被覆層		Sn被覆層	材料表面に露出するCu-Sn 合金被覆層			材料表面 粗さ：Ra (μm)
	Cu含有 量 (at%)	平均の厚 さ (μm)	平均の厚さ (μm)	露出 面積率 (%)	平均の 露出間隔 (mm)	露出部の 厚さ (μm)	算術平均粗 さ：Ra (μm)
6	55	0.5	2.0	48	0.29	0.55	1.21
7	67	0.35	2.15	26	0.33	0.05	1.47
8	18	0.3	2.2	12	0.48	0.3	2.11
9	75	0.95	1.55	62	0.27	0.4	1.78
10	63	2.45	0.05	91	0.27	1.6	2.62

【0055】

また、得られた試験材について、摩擦係数評価試験、高温放置後の接触抵抗評価試験、塩水噴霧後の接触抵抗評価試験及び微摺動時の接触抵抗評価試験を、上記実施例1と同様の要領で行った。その結果を表6に示す。

【0056】

10

20

30

40

50

【表6】

試験 No.	摩擦係数	高温放置後の接触抵抗 (mΩ)	塩水噴霧後の接触抵抗 (mΩ)	微摺動時の接触抵抗 (mΩ)
6	0. 21	34	19	8
7	0. 25	212	154	46
8	0. 47	8	6	236
9	0. 24	149	102	28
10	0. 38	117	228	896

10

## 【0057】

表4～6に示すように、No.6は、被覆層構成に関して本発明に規定する要件を満たし、摩擦係数が非常に低く、高温長時間放置後の接触抵抗、塩水噴霧後の接触抵抗及び微摺動時の接触抵抗のいずれについても、優れた特性を示す。

一方、No.7は、高温で短時間のリフロー処理を施した試験材であり、材料表面に突出するCu-Sn合金被覆層の露出部の厚さが薄くなっているため、高温長時間放置後の接触抵抗及び塩水噴霧後の接触抵抗が高くなった。また、No.8は、リフロー温度が低かったため、Cu-Sn合金被覆層のCu含有量が少なくなり、摩擦係数の低減効果が少なく、また微摺動時の接触抵抗も高くなつた。逆に、No.9は、高すぎる温度でリフロー処理を施したため、Cu-Sn合金被覆層のCu含有量が多くなり、高温長時間放置後の接触抵抗及び塩水噴霧後の接触抵抗が高くなつた。さらに、No.10はリフロー時間が非常に長く、Sn被覆層が少なくなり、またCu-Sn合金被覆層の材料表面突出面積率が大きくなり、さらにリフロー処理中にSnの酸化皮膜層が厚く形成されたため、高温長時間放置後の接触抵抗、塩水噴霧後の接触抵抗及び微摺動時の接触抵抗がいずれも高くなつた。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0058】

【図1】本発明に係る接続部品用導電材料の断面構造を模式的に示す概念図である。

【図2】実施例No.1の供試材の最表面構造の走査電子顕微鏡組成像である。

30

【図3】実施例No.2の供試材の最表面構造の走査電子顕微鏡組成像である。

【図4】摩擦係数測定治具の概念図である。

【図5】微摺動摩耗測定治具の概念図である。

## 【符号の説明】

## 【0059】

A 母材

X Sn被覆層

Y Cu-Sn合金被覆層

1 オス試験片

2 台

3 メス試験片

4 錘

5 ロードセル

6 オス試験片

7 台

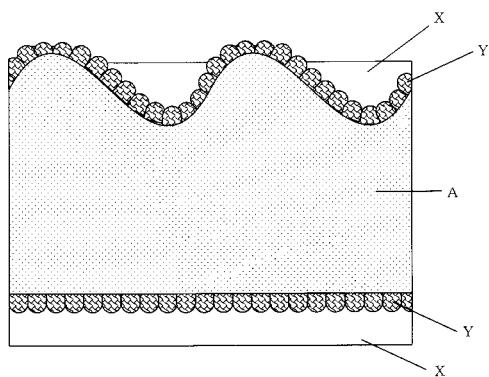
8 メス試験片

9 錘

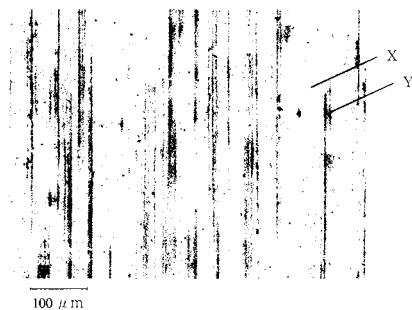
10 ステッピングモータ

40

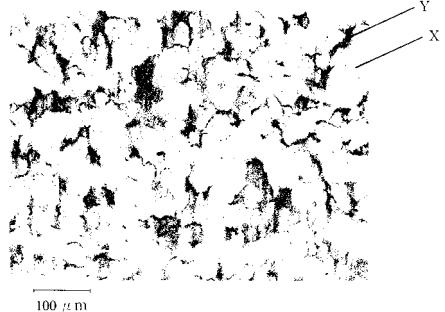
【図1】



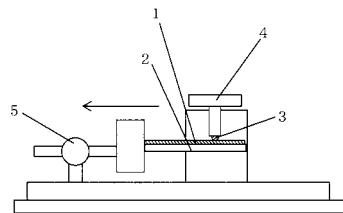
【図2】



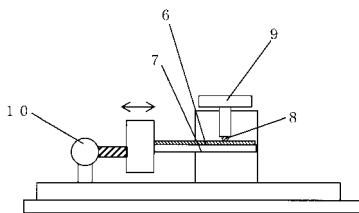
【図3】



【図4】



【図5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 津野 理一

山口県下関市長府港町14番1号 株式会社神戸製鋼所長府製造所内

F ターム(参考) 4K024 AA03 AA07 AA15 AB02 AB03 BA09 BB10 DB02 DB07 GA16  
5E063 GA08 GA09 XA01