

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5045782号  
(P5045782)

(45) 発行日 平成24年10月10日 (2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月27日 (2012.7.27)

(51) Int.Cl.	F I	
C 2 2 C 9/00 (2006.01)	C 2 2 C 9/00	
C 2 2 C 9/04 (2006.01)	C 2 2 C 9/04	
C 2 2 F 1/08 (2006.01)	C 2 2 F 1/08	B
C 2 2 F 1/02 (2006.01)	C 2 2 F 1/08	Q
H O 1 B 1/02 (2006.01)	C 2 2 F 1/02	

請求項の数 7 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2010-112265 (P2010-112265)	(73) 特許権者	000006264
(22) 出願日	平成22年5月14日 (2010.5.14)		三菱マテリアル株式会社
(65) 公開番号	特開2011-241411 (P2011-241411A)		東京都千代田区大手町一丁目3番2号
(43) 公開日	平成23年12月1日 (2011.12.1)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成23年9月22日 (2011.9.22)		弁理士 志賀 正武
早期審査対象出願		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(74) 代理人	100106057
			弁理士 柳井 則子
		(72) 発明者	伊藤 優樹
			埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所 金属加工プロセス開発センター内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子機器用銅合金、電子機器用銅合金の製造方法及び電子機器用銅合金圧延材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

M g を、3 . 3 原子%以上 6 . 9 原子%以下の範囲で含み、かつ、Z n を、0 . 1 原子%以上 1 0 原子%以下の範囲で含み、残部が C u 及び不可避不純物のみからなる C u と M g と Z n の 3 元系合金とされ、

導電率 ( % I A C S ) が、M g の含有量を A 原子%とし、Z n の含有量を B 原子%としたときに、

$$\frac{1.7241}{X'} = \frac{1.7241 / (X' + Y' + 1.7) \times 100}{-0.0292 \times A^2 + 0.6797 \times A}$$

$$\frac{1.7241}{Y'} = \frac{1.7241 / (X' + Y' + 1.7) \times 100}{-0.0038 \times B^2 + 0.2488 \times B}$$

の範囲内とされていることを特徴とする電子機器用銅合金。

【請求項 2】

M g を、3 . 3 原子%以上 6 . 9 原子%以下の範囲で含み、かつ、Z n を、0 . 1 原子%以上 1 0 原子%以下の範囲で含み、残部が C u 及び不可避不純物のみからなる C u と M g と Z n の 3 元系合金とされ、

走査型電子顕微鏡観察において、粒径 0 . 1 μ m 以上の金属間化合物の平均個数が、1 個 / μ m<sup>2</sup> 以下とされていることを特徴とする電子機器用銅合金。

【請求項 3】

M g を、3 . 3 原子%以上 6 . 9 原子%以下の範囲で含み、かつ、Z n を、0 . 1 原子%以上 1 0 原子%以下の範囲で含み、残部が C u 及び不可避不純物のみからなる C u と M

g と Z n の 3 元系合金とされ、

導電率 ( % I A C S ) が、M g の含有量を A 原子%とし、Z n の含有量を B 原子%としたときに、

$$\frac{1.7241}{(X' + Y' + 1.7)} \times 100$$

$$X' = -0.0292 \times A^2 + 0.6797 \times A$$

$$Y' = -0.0038 \times B^2 + 0.2488 \times B$$

の範囲内とされており、

走査型電子顕微鏡観察において、粒径 0.1 μm 以上の金属間化合物の平均個数が、1 個 / μm<sup>2</sup> 以下とされていることを特徴とする電子機器用銅合金。

#### 【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の電子機器用銅合金において、

ヤング率 E が 125 GPa 以下、0.2 % 耐力  $\sigma_{0.2}$  が 400 MPa 以上、とされていることを特徴とする電子機器用銅合金。

#### 【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の電子機器用銅合金を製出する電子機器用銅合金の製造方法であって、

Mg を、3.3 原子%以上 6.9 原子%以下の範囲で含み、かつ、Zn を、0.1 原子%以上 10 原子%以下の範囲で含み、残部が Cu 及び不可避不純物のみからなる Cu と Mg と Zn の 3 元系合金とされた銅素材を、500 以上 900 以下の温度にまで加熱する加熱工程と、

加熱された前記銅素材を、200 /min 以上の冷却速度で、200 以下にまで冷却する急冷工程と、

急冷された銅素材を加工する加工工程と、

を備えていることを特徴とする電子機器用銅合金の製造方法。

#### 【請求項 6】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の電子機器用銅合金からなり、ヤング率 E が 125 GPa 以下、0.2 % 耐力  $\sigma_{0.2}$  が 400 MPa 以上、とされていることを特徴とする電子機器用銅合金圧延材。

#### 【請求項 7】

請求項 6 に記載された電子機器用銅合金圧延材であって、

端子、コネクタ、リレーを構成する銅素材として使用されることを特徴とする電子機器用銅合金圧延材。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、例えば端子、コネクタやリレー等の電子電気部品に適した電子機器用銅合金、電子機器用銅合金の製造方法及び電子機器用銅合金圧延材に関するものである。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

従来、電子機器や電気機器等の小型化にともない、これら電子機器や電気機器等に使用される端子、コネクタやリレー等の電子電気部品の小型化及び薄肉化が図られている。このため、電子電気部品を構成する材料として、ばね性、強度、導電率の優れた銅合金が要求されている。特に、非特許文献 1 に記載されているように、端子、コネクタやリレー等の電子電気部品として使用される銅合金としては、耐力が高く、かつ、ヤング率が低いものが望ましい。

そこで、ばね性、強度、導電率の優れた銅合金として、例えば特許文献 1 には、Be を含有した Cu - Be 合金が提供されている。この Cu - Be 合金は、母相中に CuBe を時効析出させることで導電率を低下させることなく強度を向上させた、析出硬化型の高強度合金である。

#### 【0003】

10

20

30

40

50

しかしながら、このCu-B合金は、高価な元素であるBeを含有していることから、原料コストが非常に高いものである。また、Cu-B合金を製造する際には、毒性のあるBe酸化物が発生することになる。よって、製造工程において、Be酸化物が誤って外部に放出されないように、製造設備を特別な構成とし、厳しく管理する必要がある。このように、Cu-B合金は、原料コスト及び製造コストがともに高く、非常に高価であるといった問題があった。また、前述のように、有害な元素であるBeを含有していることから、環境対策の面からも敬遠されていた。

#### 【0004】

Cu-B合金を代替可能な材料として、例えば特許文献2には、Cu-Ni-Si系合金（いわゆるコルソン合金）が提供されている。このコルソン合金は、Ni<sub>2</sub>Si析出物を分散させる析出硬化型合金であり、比較的高い導電率と強度、応力緩和特性を有するものである。このため、自動車用端子や信号系小型端子用途として多用されており、近年、活発に開発が進んでいる。

10

#### 【0005】

また、その他の合金として、非特許文献2に記載されているCu-Mg合金、や、特許文献3に記載されているCu-Mg-Zn-B合金等が開発されている。

これらのCu-Mg系合金では、図1に示すCu-Mg系状態図から分かるように、Mgの含有量が3.3原子%以上の場合、溶体化処理（500 から900 ）と、析出処理を行うことで、CuとMgからなる金属間化合物を析出させることができる。すなわち、これらのCu-Mg系合金においても、上述のコルソン合金と同様に、析出硬化によって比較的高い導電率と強度を有することが可能となるのである。

20

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

##### 【0006】

【特許文献1】特開平04-268033号公報

【特許文献2】特開平11-036055号公報

【特許文献3】特開平07-018354号公報

##### 【非特許文献】

##### 【0007】

【非特許文献1】野村幸矢、「コネクタ用高性能銅合金条の技術動向と当社の開発戦略」、神戸製鋼技報Vol.54No.1(2004)p.2-8

30

【非特許文献2】掘茂徳、他2名、「Cu-Mg合金における粒界型析出」、伸銅技術研究会誌Vol.19(1980)p.115-124

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0008】

しかしながら、特許文献2に開示されたコルソン合金では、ヤング率が125-135GPaと比較的高い。ここで、オスタブがメスのばね接触部を押し上げて挿入される構造のコネクタにおいては、コネクタを構成する材料のヤング率が高いと、挿入時の接圧変動が激しいうえに、容易に弾性限界を超えて、塑性変形するおそれがあり好ましくない。

40

##### 【0009】

また、非特許文献2及び特許文献3に記載されたCu-Mg系合金では、コルソン合金と同様に金属間化合物を析出させていることから、ヤング率が高い傾向にあり、上述のように、コネクタとして好ましくないものであった。

さらに、母相中に多くの粗大な金属間化合物が分散されていることから、曲げ加工時にこれらの金属間化合物が起点となって割れ等が発生しやすいため、複雑な形状のコネクタを成形することができないといった問題があった。

##### 【0010】

この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、低ヤング率、高耐力、高導電性、優れた曲げ加工性を有し、端子、コネクタやリレー等の電子電気部品に適した電子

50

機器用銅合金、電子機器用銅合金の製造方法及び電子機器用銅合金圧延材を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この課題を解決するために、本発明者らは鋭意研究を行った結果、Cu-Mg-Zn合金を溶体化後に急冷することによって作製したCu-Mg-Zn過飽和固溶体の加工硬化型銅合金においては、低ヤング率、高耐力、高導電性、および、優れた曲げ加工性を有するとの知見を得た。

【0012】

本発明は、かかる知見に基いてなされたものであって、本発明の電子機器用銅合金は、Mgを、3.3原子%以上6.9原子%以下の範囲で含み、かつ、Znを、0.1原子%以上10原子%以下の範囲で含み、残部がCu及び不可避不純物のみからなるCuとMgとZnの3元系合金とされ、

導電率（%IACS）が、Mgの含有量をA原子%とし、Znの含有量をB原子%としたときに、

$$\frac{1.7241}{(X' + Y' + 1.7)} \times 100$$

$$X' = -0.0292 \times A^2 + 0.6797 \times A$$

$$Y' = -0.0038 \times B^2 + 0.2488 \times B$$

の範囲内とされていることを特徴としている。

【0013】

また、本発明の電子機器用銅合金は、Mgを、3.3原子%以上6.9原子%以下の範囲で含み、かつ、Znを、0.1原子%以上10原子%以下の範囲で含み、残部がCu及び不可避不純物のみからなるCuとMgとZnの3元系合金とされ、走査型電子顕微鏡観察において、粒径0.1μm以上の金属間化合物の平均個数が、1個/μm<sup>2</sup>以下とされていることを特徴としている。

【0014】

さらに、本発明の電子機器用銅合金は、Mgを、3.3原子%以上6.9原子%以下の範囲で含み、かつ、Znを、0.1原子%以上10原子%以下の範囲で含み、残部がCu及び不可避不純物のみからなるCuとMgとZnの3元系合金とされ、

導電率（%IACS）が、Mgの含有量をA原子%とし、Znの含有量をB原子%としたときに、

$$\frac{1.7241}{(X' + Y' + 1.7)} \times 100$$

$$X' = -0.0292 \times A^2 + 0.6797 \times A$$

$$Y' = -0.0038 \times B^2 + 0.2488 \times B$$

の範囲内とされており、

走査型電子顕微鏡観察において、粒径0.1μm以上の金属間化合物の平均個数が、1個/μm<sup>2</sup>以下とされていることを特徴としている。

【0015】

上述の構成とされた電子機器用銅合金においては、CuとMgとZnの3元系合金において、Mgを、固溶限度以上の3.3原子%以上6.9原子%以下の範囲で含有しており、かつ、導電率が、Mgの含有量をA原子%とし、Znの含有量をB原子%としたときに、上記式の範囲内に設定されていることから、Mgが母相中に過飽和に固溶したCu-Mg-Zn過飽和固溶体とされていることになる。

あるいは、CuとMgとZnの3元系合金において、Mgを、固溶限度以上の3.3原子%以上6.9原子%以下の範囲で含有しており、かつ、走査型電子顕微鏡観察において、粒径0.1μm以上の金属間化合物の平均個数が、1個/μm<sup>2</sup>以下とされていることから、金属間化合物の析出が抑制されており、Mgが母相中に過飽和に固溶したCu-Mg-Zn過飽和固溶体とされていることになる。

【0016】

このようなCu-Mg-Zn過飽和固溶体からなる銅合金では、ヤング率が低くなる傾

10

20

30

40

50

向にあり、例えばオスタブがメスのばね接触部を押し上げて挿入されるコネクタ等に適用しても、挿入時の接圧変動が抑制され、かつ、弾性限界が広いために容易に塑性変形するおそれがない。よって、端子、コネクタやリレー等の電子電気部品に特に適している。

【0017】

また、Mgが過飽和に固溶していることから、母相中には、割れの起点となる粗大な金属間化合物が多く分散されておらず、曲げ加工性が向上することになる。よって、複雑な形状の端子、コネクタ、リレー等の電子電気部品等を成形することが可能となる。

さらに、Mgを過飽和に固溶させていることから、加工硬化によって強度を向上させることが可能となる。

【0018】

また、Mgが固溶した銅合金にZnを固溶した場合には、ヤング率が上昇することなく、強度が大きく向上することになる。

さらに、CuとMgとZnと不可避不純物からなるCuとMgとZnの3元系合金とされていることから、その他の元素による導電率の低下が抑制され、導電率を比較的高く設定することができる。

【0019】

なお、粒径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の金属間化合物の平均個数は、電界放出型走査電子顕微鏡を用いて、倍率：5万倍、視野：約 $4.8\mu\text{m}^2$ で10視野の観察を行って算出する。

また、金属間化合物の粒径は、金属間化合物の長径（途中で粒界に接しない条件で粒内に最も長く引ける直線の長さ）と短径（長径と直角に交わる方向で、途中で粒界に接しない条件で最も長く引ける直線の長さ）の平均値とする。

【0020】

ここで、上述の電子機器用銅合金においては、ヤング率Eが125GPa以下、0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ が400MPa以上、とされていることが好ましい。

ヤング率Eが125GPa以下、かつ、0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ が400MPa以上である場合には、弾性エネルギー係数 $(\sigma_{0.2}^2 / 2E)$ が高くなり、容易に塑性変形しなくなるため、端子、コネクタ、リレー等の電子電気部品に特に適している。

【0021】

本発明の電子機器用銅合金の製造方法は、上述の電子機器用銅合金を製出する電子機器用銅合金の製造方法であって、Mgを、3.3原子%以上6.9原子%以下の範囲で含み、かつ、Znを、0.1原子%以上10原子%以下の範囲で含み、残部がCu及び不可避不純物のみからなるCuとMgとZnの3元系合金とされた銅素材を、500以上900以下の温度にまで加熱する加熱工程と、加熱された前記銅素材を、200/min以上の冷却速度で、200以下にまで冷却する急冷工程と、急冷された銅素材を加工する加工工程と、を備えていることを特徴としている。

【0022】

この構成の電子機器用銅合金の製造方法によれば、上述の組成のCuとMgとZnの3元系合金とされた銅素材を500以上900以下の温度にまで加熱する加熱工程により、MgおよびZnの溶体化を行うことができる。ここで、加熱温度が500未満では、溶体化が不完全となり、母相中に金属間化合物が多く残存するおそれがある。一方、加熱温度が900を超えると、銅素材の一部が液相となり、組織や表面状態が不均一となるおそれがある。よって、加熱温度を500以上900以下の範囲に設定している。

また、加熱された前記銅素材を、200/min以上の冷却速度で200以下にまで冷却する急冷工程を備えているので、冷却の過程で金属間化合物が析出することを抑制することが可能となり、銅素材をCu-Mg-Zn過飽和固溶体とすることができる。

【0023】

さらに、急冷された銅素材（Cu-Mg-Zn過飽和固溶体）に対して加工を行う加工工程を備えているので、加工硬化による強度向上を図ることができる。ここで、加工方法には、特に限定はなく、例えば最終形態が板や条の場合は圧延、線や棒の場合は線引きや押出、バルク形状であれば鍛造やプレスを採用する。加工温度も特に限定されないが、析

10

20

30

40

50

出が起こらないように、冷間または温間となる - 200 から 200 の範囲となることが好ましい。加工率は最終形状に近づけるよう適宜選択するが、加工硬化を考慮した場合には、20%以上が好ましく、30%以上とすることがより好ましい。

なお、加工工程の後に、いわゆる低温焼鈍を行ってもよい。この低温焼鈍によって、さらなる機械特性の向上を図ることが可能となる。

#### 【0024】

本発明の電子機器用銅合金圧延材は、上述の電子機器用銅合金からなり、ヤング率  $E$  が 125 GPa 以下、0.2% 耐力  $\sigma_{0.2}$  が 400 MPa 以上、とされていることを特徴としている。

この構成の電子機器用銅合金圧延材によれば、弾性エネルギー係数 ( $\sigma_{0.2}^2 / 2E$ ) が高く、容易に塑性変形しない。 10

また、上述の電子機器用銅合金圧延材は、端子、コネクタ、リレーを構成する銅素材として使用されることが好ましい。

#### 【発明の効果】

#### 【0025】

本発明によれば、低ヤング率、高耐力、高導電性、優れた曲げ加工性を有し、端子、コネクタやリレー等の電子電気部品に適した電子機器用銅合金、電子機器用銅合金の製造方法及び電子機器用銅合金圧延材を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0026】

【図1】Cu-Mg系状態図である。

【図2】本実施形態である電子機器用銅合金の製造方法のフロー図である。

【図3】実施例6における走査型電子顕微鏡観察写真である。

【図4】比較例7における走査型電子顕微鏡観察写真である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0027】

以下に、本発明の一実施形態である電子機器用銅合金について説明する。

本実施形態である電子機器用銅合金は、Mgを、3.3原子%以上6.9原子%以下の範囲で含み、かつ、Znを、0.1原子%以上10原子%以下の範囲で含み、残部がCu及び不可避不純物のみからなるCuとMgとZnの3元系合金とされている。 30

そして、導電率 ( $\% IACS$ ) が、Mgの含有量をA原子%とし、Znの含有量をB原子%としたときに、

$$\begin{aligned} & 1.7241 / (X + Y + 1.7) \times 100 \\ X &= -0.0347 \times A^2 + 0.6569 \times A \\ Y &= -0.0041 \times B^2 + 0.2503 \times B \end{aligned}$$

の範囲内とされている。

また、走査型電子顕微鏡観察において、粒径0.1  $\mu m$ 以上の金属間化合物の平均個数が、1個/ $\mu m^2$ 以下とされている。

そして、この電子機器用銅合金は、ヤング率  $E$  が 125 GPa 以下とされ、0.2% 耐力  $\sigma_{0.2}$  が 400 MPa 以上とされている。 40

#### 【0028】

#### (組成)

Mgは、導電率を大きく低下させることなく、強度を向上させるとともに再結晶温度を上昇させる作用効果を有する元素である。また、Mgを母相中に固溶させることにより、ヤング率が低く抑えられ、かつ、優れた曲げ加工性が得られる。

ここで、Mgの含有量が3.3原子%未満では、その作用効果を奏せしめることはできない。一方、Mgの含有量が6.9原子%を超えると、溶体化のために熱処理を行った際に、CuとMgを主成分とする金属間化合物が残存してしまい、その後の加工等で割れが発生してしまうおそれがある。

このような理由から、Mgの含有量を、3.3原子%以上6.9原子%以下に設定して 50

いる。

#### 【0029】

さらに、Mgの含有量が少ないと、強度が十分に向上せず、かつ、ヤング率を十分に低く抑えることができない。また、Mgは活性元素であることから、過剰に添加されることによって、溶解鑄造時に、酸素と反応して生成されたMg酸化物を巻きこむおそれがある。したがって、Mgの含有量を、3.7原子%以上6.3原子%以下の範囲とすることが、さらに好ましい。

#### 【0030】

Znは、Mgを固溶した銅合金に固溶されることで、ヤング率が上昇することなく強度を向上させる作用を有する元素である。

10

ここで、Znの含有量が0.1原子%未満では、その作用効果を奏功せしめることはできない。一方、Znの含有量が10原子%を超えると、溶体化のために熱処理を行った際に、金属間化合物が残存してしまい、その後の加工等で割れが発生してしまうおそれがある。また、耐応力腐食割れ性も低下することになる。

このような理由から、Znの含有量を、0.1原子%以上10原子%以下に設定している。

#### 【0031】

なお、不可避不純物としては、Sn, Fe, Co, Al, Ag, Mn, B, P, Ca, Sr, Ba, Sc, Y, 希土類元素, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Re, Ru, Os, Se, Te, Rh, Ir, Pd, Pt, Au, Cd, Ga, In, Li, Si, Ge, As, Sb, Ti, Tl, Pb, Bi, S, O, C, Ni, Be, N, H, Hg等が挙げられる。これらの不可避不純物は、総量で0.3質量%以下であることが望ましい。

20

#### 【0032】

(導電率)

CuとMgとZnの3元系合金において、導電率が、Mgの含有量をA原子%、Znの含有量をB原子%としたとき、

$$1.7241 / (X + Y + 1.7) \times 100$$

$$X = -0.0347 \times A^2 + 0.6569 \times A$$

$$Y = -0.0041 \times B^2 + 0.2503 \times B$$

30

の範囲内である場合には、金属間化合物がほとんど存在しないことになる。すなわち、導電率が上記式を超える場合には、金属間化合物が多量に存在し、サイズも比較的大きいことから、曲げ加工性が大幅に劣化することになる。また、金属間化合物が生成し、かつ、Mgの固溶量が少ないことから、ヤング率も上昇してしまうことになる。よって、導電率が、上記式の範囲内となるように、製造条件を調整することになる。

なお、上述の作用効果を確実に奏功せしめるためには、導電率(% IACS)を、

$$1.7241 / (X' + Y' + 1.7) \times 100$$

$$X' = -0.0292 \times A^2 + 0.6797 \times A$$

$$Y' = -0.0038 \times B^2 + 0.2488 \times B$$

の範囲内とすることが好ましい。この場合、金属間化合物がより少量であるために、曲げ加工性がさらに向上することになる。

40

#### 【0033】

(組織)

本実施形態である電子機器用銅合金においては、走査型電子顕微鏡で観察した結果、粒径0.1μm以上の金属間化合物の平均個数が、1個/μm<sup>2</sup>以下とされている。すなわち、金属間化合物がほとんど析出しておらず、MgおよびZnが母相中に固溶しているのである。

ここで、溶体化が不完全であったり、溶体化後に金属間化合物が析出することにより、サイズの大きい金属間化合物が多量に存在すると、これらの金属間化合物が割れの起点となり、加工時に割れが発生したり、曲げ加工性が大幅に劣化することになる。また、金属

50

間化合物の量が多いと、ヤング率が上昇することになるため、好ましくない。

【0034】

組織を調査した結果、粒径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の金属間化合物の個数が合金中に $1\text{個}/\mu\text{m}^2$ 以下の場合、すなわち、金属間化合物が存在しないあるいは少量である場合、良好な曲げ加工性、低いヤング率が得られることになる。

さらに、上述の作用効果を確実に奏功せしめるためには、粒径 $0.05\mu\text{m}$ 以上の金属間化合物の個数が合金中に $1\text{個}/\mu\text{m}^2$ 以下であることが、より好ましい。

【0035】

なお、金属間化合物の平均個数は、電界放出型走査電子顕微鏡を用いて、倍率：5万倍、視野：約 $4.8\mu\text{m}^2$ で10視野の観察を行い、その平均値を算出する。

10

また、金属間化合物の粒径は、金属間化合物の長径（途中で粒界に接しない条件で粒内に最も長く引ける直線の長さ）と短径（長径と直角に交わる方向で、途中で粒界に接しない条件で最も長く引ける直線の長さ）の平均値とする。

【0036】

次に、このような構成とされた本実施形態である電子機器用銅合金の製造方法について、図2に示すフロー図を参照して説明する。

（溶解・鑄造工程S01）

まず、銅原料を溶解して得られた銅溶湯に、前述の元素を添加して成分調整を行い、銅合金溶湯を製出する。なお、Mg、Znの添加には、Mg、Zn単体や母合金等を用いることができる。また、Mg、Znを含む原料を銅原料とともに溶解してもよい。また、本合金のリサイクル材及びスクラップ材を用いてもよい。

20

ここで、銅溶湯は、純度が99.99質量%以上とされたいわゆる4NCuとすることが好ましい。また、溶解工程では、Mg、Znの酸化を抑制するために、真空炉、より好ましくは不活性ガス雰囲気又は還元性雰囲気とされた雰囲気炉を用いることが好ましい。

そして、成分調整された銅合金溶湯を鑄型に注入して鑄塊を製出する。なお、量産を考慮した場合には、連続鑄造法又は半連続鑄造法を用いることが好ましい。

【0037】

（加熱工程S02）

次に、得られた鑄塊の均質化及び溶体化のために加熱処理を行う。鑄塊の内部には、凝固の過程においてMg、Znが偏析で濃縮することにより発生した金属間化合物等が存在することになる。そこで、これらの偏析及び金属間化合物等を消失又は低減させるために、鑄塊を500以上900以下にまで加熱する加熱処理を行うことで、鑄塊内において、Mg、Znを均質に拡散させたり、Mg、Znを母相中に固溶させたりするのである。なお、この加熱工程S02は、非酸化性又は還元性雰囲気中で実施することが好ましい。

30

【0038】

（急冷工程S03）

そして、加熱工程S02において500以上900以下にまで加熱された鑄塊を、200以下の温度にまで、200/min以上の冷却速度で冷却する。この急冷工程S03により、母相中に固溶したMg、Znが金属間化合物として析出することが抑制されることになり、走査型電子顕微鏡観察において、粒径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の金属間化合物の平均個数が $1\text{個}/\mu\text{m}^2$ 以下とされるのである。

40

【0039】

なお、粗加工の効率化と組織の均一化のために、前述の加熱工程S02の後に熱間加工を実施し、この熱間加工の後に上述の急冷工程S03を実施する構成としてもよい。この場合、加工方法に特に限定はなく、例えば最終形態が板や条の場合には圧延、線や棒の場合には線引きや押出や溝圧延等、バルク形状の場合には鍛造やプレス、を採用することができる。

【0040】

（加工工程S04）

50



加熱工程 S 0 2 及び急冷工程 S 0 3 を経た鋳塊を必要に応じて切断するとともに、加熱工程 S 0 2 及び急冷工程 S 0 3 等で生成された酸化膜等を除去するために必要に応じて表面研削を行う。そして、所定の形状へと加工を行う。

ここで、加工方法に特に限定はなく、例えば最終形態が板や条の場合には圧延、線や棒の場合には線引きや押出や溝圧延、バルク形状の場合には鍛造やプレス、を採用することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

なお、この加工工程 S 0 4 における温度条件は特に限定はないが、冷間又は温間加工となる - 2 0 0 から 2 0 0 の範囲内とすることが好ましい。また、加工率は、最終形状に近似するように適宜選択されることになるが、加工硬化によって強度を向上させるためには、2 0 % 以上とすることが好ましい。また、さらなる強度の向上を図る場合には、加工率を 3 0 % 以上とすることがより好ましい。

10

さらに、図 2 に示すように、上述の加熱工程 S 0 2、急冷工程 S 0 3、加工工程 S 0 4 を繰り返し実施してもよい。ここで、2 回目以降の加熱工程 S 0 2 は、溶体化の徹底、再結晶組織化または加工性向上のための軟化を目的とするものとなる。また、鋳塊ではなく、加工材が対象となる。

#### 【 0 0 4 2 】

( 熱処理工程 S 0 5 )

次に、加工工程 S 0 4 によって得られた加工材に対して、低温焼鈍硬化を行うために、又は、残留ひずみの除去のために、熱処理を実施する。この熱処理条件については、製出される製品に求められる特性に応じて適宜設定することになる。

20

なお、この熱処理工程 S 0 5 においては、溶体化された M g、Z n が析出しないように、熱処理条件 ( 温度、時間、冷却速度 ) を設定する必要がある。例えば 2 0 0 で 1 分 ~ 1 時間程度、3 0 0 で 1 秒 ~ 1 分程度とすることが好ましい。冷却速度は 2 0 0 / m i n 以上とすることが好ましい。

#### 【 0 0 4 3 】

また、熱処理方法は特に限定しないが、好ましくは 1 0 0 ~ 5 0 0 で 0 . 1 秒 ~ 2 4 時間の熱処理を、非酸化性または還元性雰囲気中で行うのがよい。また、冷却方法は、特に限定しないが、水焼入など、冷却速度が 2 0 0 / m i n 以上となる方法が好ましい。

さらに、上述の加工工程 S 0 4 と熱処理工程 S 0 5 とを、繰り返し実施してもよい。

30

#### 【 0 0 4 4 】

このようにして、本実施形態である電子機器用銅合金が製出されることになる。そして、本実施形態である電子機器用銅合金は、そのヤング率 E が 1 2 5 G P a 以下、0 . 2 % 耐力  $\sigma_{0.2}$  が 4 0 0 M P a 以上とされている。

また、導電率 ( % I A C S ) は、M g の含有量を A 原子 % とし、Z n の含有量を B 原子 % としたときに、

$$\begin{aligned} & 1 . 7 2 4 1 / ( X + Y + 1 . 7 ) \times 1 0 0 \\ X = & - 0 . 0 3 4 7 \times A^2 + 0 . 6 5 6 9 \times A \\ Y = & - 0 . 0 0 4 1 \times B^2 + 0 . 2 5 0 3 \times B \end{aligned}$$

の範囲内に設定されることになる。

40

#### 【 0 0 4 5 】

以上のような構成とされた本実施形態である電子機器用銅合金によれば、C u と M g と Z n の 3 元系合金において、M g を、固溶限度以上の 3 . 3 原子 % 以上 6 . 9 原子 % 以下の範囲で含有しており、かつ、導電率 ( % I A C S ) が、M g の含有量を A 原子 % とし、Z n の含有量を B 原子 % としたときに、

$$\begin{aligned} & 1 . 7 2 4 1 / ( X + Y + 1 . 7 ) \times 1 0 0 \\ X = & - 0 . 0 3 4 7 \times A^2 + 0 . 6 5 6 9 \times A \\ Y = & - 0 . 0 0 4 1 \times B^2 + 0 . 2 5 0 3 \times B \end{aligned}$$

の範囲内に設定されている。さらに、走査型電子顕微鏡観察において、粒径 0 . 1  $\mu$  m 以上の金属間化合物の平均個数が、1 個 /  $\mu$  m<sup>2</sup> 以下とされている。

50

## 【0046】

すなわち、本実施形態である電子機器用銅合金は、Mgが母相中に過飽和に固溶したCu-Mg-Zn過飽和固溶体とされているのである。

このようなCu-Mg-Zn過飽和固溶体からなる銅合金では、ヤング率が低くなる傾向にあり、例えばオスタブがメスのばね接触部を押し上げて挿入されるコネクタ等に適用しても、挿入時の接圧変動が抑制され、かつ、弾性限界が広いために容易に塑性変形するおそれがない。よって、端子、コネクタやリレー等の電子電気部品に特に適している。

## 【0047】

また、Mgが過飽和に固溶していることから、母相中には、曲げ加工の際に割れの起点となる粗大な金属間化合物が多く分散されておらず、曲げ加工性が向上することになる。よって、複雑な形状の端子、コネクタ等を成形することが可能となる。

10

さらに、Mgを過飽和に固溶させていることから、加工硬化させることで、強度が向上することになり、比較的高い強度を有することが可能となる。

また、Mgが固溶された銅合金に、さらにZnを固溶させているので、ヤング率を上昇させることなく強度の向上を図ることができる。

さらに、CuとMgとZnと不可避不純物からなるCuとMgとZnの3元系合金とされていることから、他の元素による導電率の低下が抑制され、導電率を比較的高くすることができる。

## 【0048】

そして、電子機器用銅合金においては、ヤング率Eが125GPa以下、 $\sigma_{0.2}$ が400MPa以上、とされていることから、弾性エネルギー係数( $\sigma_{0.2}^2 / 2E$ )が高くなって容易に塑性変形しなくなるため、端子、コネクタ等に特に適している。

20

## 【0049】

また、本実施形態である電子機器用銅合金の製造方法によれば、上述の組成のCuとMgとZnの3元系合金とされた鋳塊または加工材を500℃以上900℃以下の温度にまで加熱する加熱工程S02により、MgおよびZnの溶体化を行うことができる。

また、加熱工程S02によって500℃以上900℃以下にまで加熱された鋳塊または加工材を、200℃/min以上の冷却速度で200℃以下にまで冷却する急冷工程S03を備えているので、冷却の過程で金属間化合物が析出することを抑制することが可能となり、急冷後の鋳塊または加工材をCu-Mg-Zn過飽和固溶体とすることができる。

30

## 【0050】

さらに、急冷材(Cu-Mg-Zn過飽和固溶体)に対して加工を行う加工工程S04を備えているので、加工硬化による強度向上を図ることができる。

また、加工工程S04の後に、低温焼鈍硬化を行うために、又は、残留ひずみの除去のために、熱処理工程S05を実施しているので、さらなる機械特性の向上を図ることが可能となる。

## 【0051】

上述のように、本実施形態である電子機器用銅合金によれば、低ヤング率、高耐力、高導電性、優れた曲げ加工性を有し、端子、コネクタやリレー等の電子電気部品に適した電子機器用銅合金を提供することができる。

40

## 【0052】

以上、本発明の実施形態である電子機器用銅合金について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、上述の実施形態では、電子機器用銅合金の製造方法の一例について説明したが、製造方法は本実施形態に限定されることはなく、既存の製造方法を適宜選択して製造してもよい。

## 【実施例】

## 【0053】

以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

50

純度 99.99 質量%以上の無酸素銅 (ASTM B152 C10100) からなる銅原料を準備し、これを高純度グラファイト坩堝内に装入して、Ar ガス雰囲気とされた雰囲気炉内において高周波溶解した。得られた銅溶湯内に、各種添加元素を添加して表 1、2 に示す成分組成に調製し、カーボン鑄型に注湯して鑄塊を製出した。なお、鑄塊の大きさは、厚さ約 20 mm × 幅約 20 mm × 長さ約 100 ~ 120 mm とした。

#### 【0054】

得られた鑄塊に対して、Ar ガス雰囲気中において、表 1 に記載の温度条件で 4 時間の加熱を行う加熱工程を実施し、その後、水焼き入れを実施した。

熱処理後の鑄塊を切断するとともに、酸化被膜を除去するために表面研削を実施した。その後、表 1 に記載された加工率で冷間圧延を実施し、厚さ約 0.5 mm × 幅約 20 mm の条材を製出した。

10

そして、得られた条材に対して、表 1 に記載された条件で熱処理を実施し、特性評価用条材を作成した。

#### 【0055】

##### (加工性評価)

加工性の評価として、前述の冷間圧延時における耳割れの有無を観察した。目視で耳割れが全くあるいはほとんど認められなかったものを、長さ 1 mm 未満の小さな耳割れが発生したものを、長さ 1 mm 以上 3 mm 未満の耳割れが発生したものを、長さ 3 mm 以上の大きな耳割れが発生したものを ×、耳割れに起因して圧延途中で破断したものを × とした。

20

なお、耳割れの長さとは、圧延材の幅方向端部から幅方向中央部に向かう耳割れの長さのことである。

#### 【0056】

また、前述の特性評価用条材を用いて、機械的特性及び導電率を測定した、

##### (機械的特性)

特性評価用条材から JIS Z 2201 に規定される 13B 号試験片を採取し、JIS Z 2241 のオフセット法により、0.2% 耐力  $\sigma_{0.2}$  を測定した。

ヤング率 E は、前述の試験片にひずみゲージを貼り付け、荷重 - 伸び曲線の勾配から求めた。

なお、試験片は、引張試験の引張方向が特性評価用条材の圧延方向に対して平行になるように採取した。

30

#### 【0057】

##### (導電率)

特性評価用条材から幅 10 mm × 長さ 60 mm の試験片を採取し、4 端子法によって電気抵抗を求めた。また、マイクロメータを用いて試験片の寸法測定を行い、試験片の体積を算出した。そして、測定した電気抵抗値と体積とから、導電率を算出した。なお、試験片は、その長手方向が特性評価用条材の圧延方向に対して平行になるように採取した。

#### 【0058】

##### (曲げ加工性)

JBMA (日本伸銅協会技術標準) T307 の 3 試験方法に準拠して曲げ加工を行った。圧延方向と試験片の長手方向が平行になるように、特性評価用条材から幅 10 mm × 長さ 30 mm の試験片を複数採取し、曲げ角度が 90 度、曲げ半径が 0.5 mm の W 型の治具を用い、W 曲げ試験を行った。

40

そして、曲げ部の外周部を目視で確認し、破断した場合は ×、一部のみ破断が起きた場合は、破断が起きず微細な割れのみが生じた場合は、破断や微細な割れを確認できない場合をとして判定を行った。

#### 【0059】

##### (組織観察)

各試料の圧延面に対して、鏡面研磨、イオンエッチングを行った。その金属間化合物の析出状態を確認するため、FE-SEM (電界放出型走査電子顕微鏡) を用い、1 万倍の

50

視野（約  $120\ \mu\text{m}^2$  / 視野）で観察を行った。

次に、金属間化合物の密度（個 /  $\mu\text{m}^2$ ）を調査するために、金属間化合物の析出状態が特異ではない1万倍の視野（約  $120\ \mu\text{m}^2$  / 視野）を選び、その領域で、5万倍で連続した10視野（約  $4.8\ \mu\text{m}^2$  / 視野）の撮影を行った。金属間化合物の粒径については、金属間化合物の長径（途中で粒界に接しない条件で粒内に最も長く引ける直線の長さ）と短径（長径と直角に交わる方向で、途中で粒界に接しない条件で最も長く引ける直線の長さ）の平均値とした。そして、粒径  $0.1\ \mu\text{m}$  および  $0.05\ \mu\text{m}$  の金属間化合物の密度（個 /  $\mu\text{m}^2$ ）を求めた。

【0060】

条件、評価結果について、表1、2に示す。また、上述の組織観察の一例として、実施例6および比較例7のSEM観察写真を図3、図4にそれぞれ示す。

【0061】

【表1】

	耳割れ	熱処理条件		加工工程	加工率	加熱工程	温度	Sn (at%)	Si (at%)	Ni (at%)	Zn (at%)	Mg (at%)	
		温度	時間										
1	○	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	0.1	3.5	本発明例
2	○	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	2.5	3.5	
3	○	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	6.0	3.5	
4	○	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	0.1	4.5	
5	△	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	4.5	4.5	
6	△	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	9.0	4.5	
7	△	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	0.1	6.0	
8	△	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	2.5	6.0	
9	△	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	6.0	6.0	
10	○	200°C	1h		30%	715°C		—	—	—	9.0	4.5	
11	○	200°C	1h		50%	715°C		—	—	—	9.0	4.5	
12	○	200°C	1h		70%	715°C		—	—	—	9.0	4.5	
1	◎	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	0.0	1.0	比較例
2	○	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	2.0	1.0	
3	×	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	30.0	3.0	
4	×	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	20.0	4.5	
5	×	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	12.0	6.0	
6	×	200°C	1h		93%	715°C		—	—	—	0.1	8.0	
7	△	400°C	1h		93%	715°C		—	—	—	9.0	4.5	
8	◎	400°C	4h		93%	980°C		0.3	1.6	3.0	0.5	—	

【0062】

【表 2】

	導電率 (%ACS)	導電率 上限※	組織観察(個/μm <sup>2</sup> )		0.2%耐力 MPa	ヤング率 GPa	曲げ加工性
			0.05μm以上	0.1μm以上			
1	44%	48%	0	0	693	112	◎
2	39%	41%	0	0	724	110	◎
3	33%	35%	0	0	755	107	◎
4	38%	43%	0	0	740	110	◎
5	31%	35%	0	0	784	106	◎
6	26%	29%	0	0	825	106	◎
7	33%	39%	0	0	790	106	○
8	29%	35%	0	0	831	104	○
9	25%	30%	0	0	856	103	○
10	28%	29%	0	0	528	109	◎
11	27%	29%	0	0	637	107	◎
12	26%	29%	0	0	792	107	◎
1	73%	—	0	0	522	127	◎
2	60%	—	0	0	541	126	◎
3	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—
7	34%	29%	19	13	732	115	×
8	31%	—	—	—	758	131	○

※ 導電率  $\sigma \leq 1.7241 / (X + Y + 1.7) \times 100$ X =  $-0.0347 \times A^2 + 0.6569 \times A$ 、Mgの含有量 A 原子%Y =  $-0.0041 \times B^2 + 0.2503 \times B$ 、Znの含有量 B 原子%

## 【0063】

Mgの含有量およびZnの含有量が本発明の範囲よりも低い比較例1、2においては、ヤング率が127GPa、126GPaと高い値を示した。

また、Znの含有量が本発明の範囲よりも高い比較例3 - 5、および、Mgの含有量が本発明の範囲よりも高い比較例6においては、冷間圧延時に大きな耳割れが発生し、その後の特性評価を実施することが不可能であった。

## 【0064】

さらに、Mgの含有量及びZnの含有量が本発明の範囲であるが、導電率及び金属間化合物の個数が本発明の範囲から外れた比較例7においては、曲げ加工性に劣ることが確認される。これは、粗大な金属間化合物が割れの起点になるためと推測される。

また、Ni、Si、Zn、Snを含有する銅合金、いわゆるコルソン合金とされた比較例8においては、溶体化のための加熱工程の温度を980とし、熱処理条件を400×4hとして金属間化合物の析出処理を行っている。この比較例8においては、耳割れの発生が抑制され、析出物が微細なことから曲げ加工性は確保されることになる。しかしな

10

20

30

40

50

から、ヤング率が131GPaと高くなることが確認される。

【0065】

これに対して、本発明例1-12においては、いずれもヤング率が112GPa以下と低く設定されており、弾力性に優れている。また、組成が同一で加工率が異なる本発明例6、10-12を比較すると、加工率を上昇させることで0.2%耐力を向上させることが可能であることが確認される。

以上のことから、本発明例によれば、低ヤング率、高耐力、高導電性、優れた曲げ加工性を有し、端子、コネクタやリレー等の電子電気部品に適した電子機器用銅合金を提供することができることが確認された。

【符号の説明】

【0066】

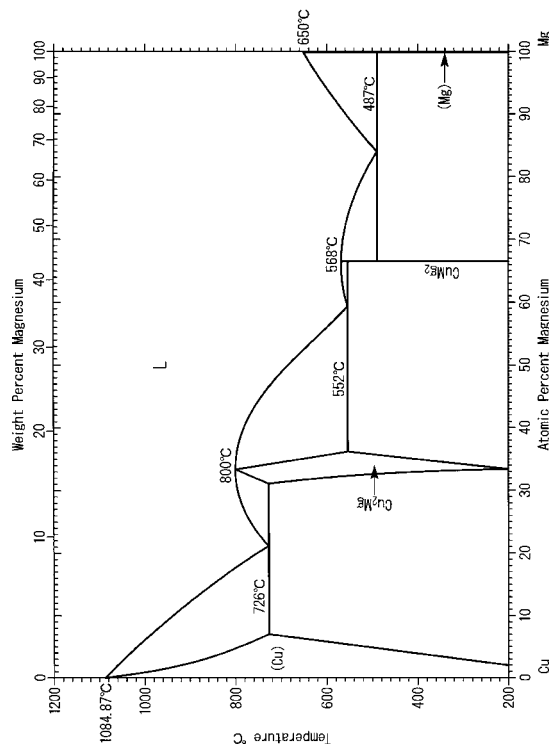
S02 加熱工程

S03 急冷工程

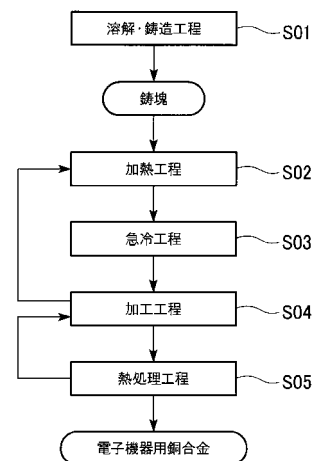
S04 加工工程

10

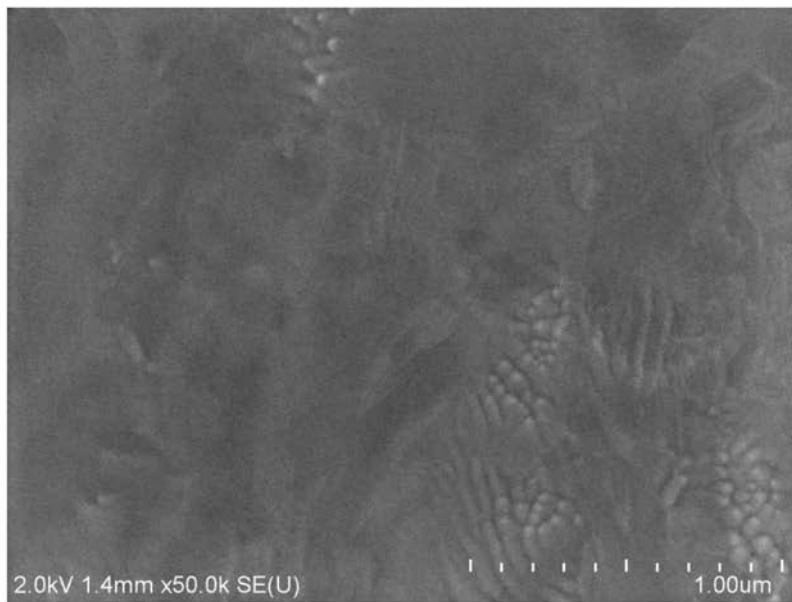
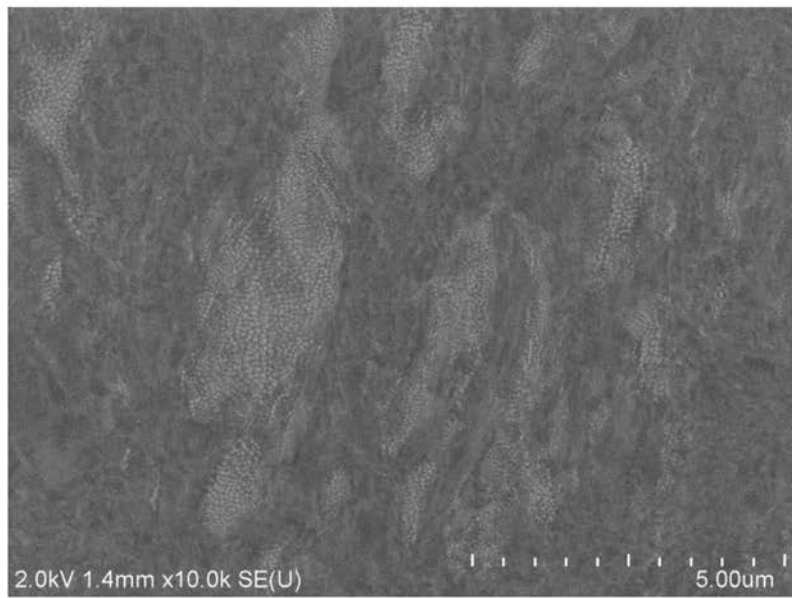
【図1】



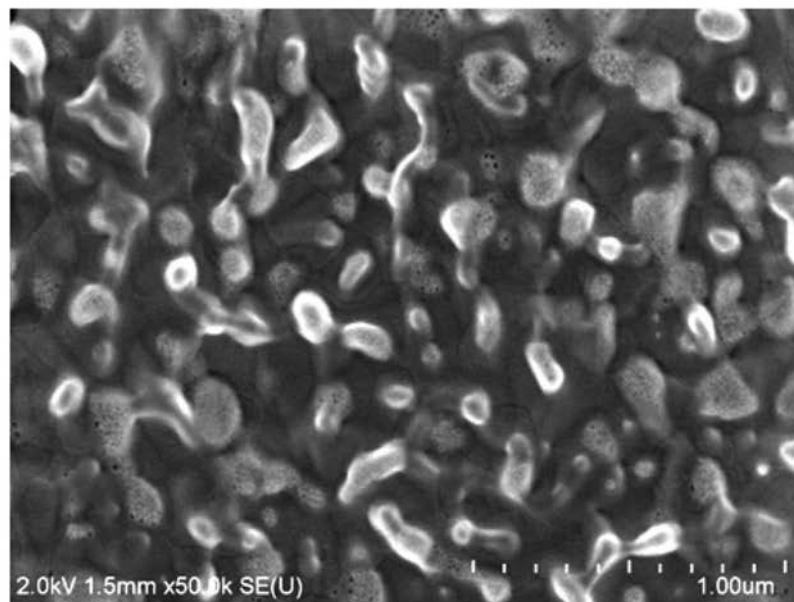
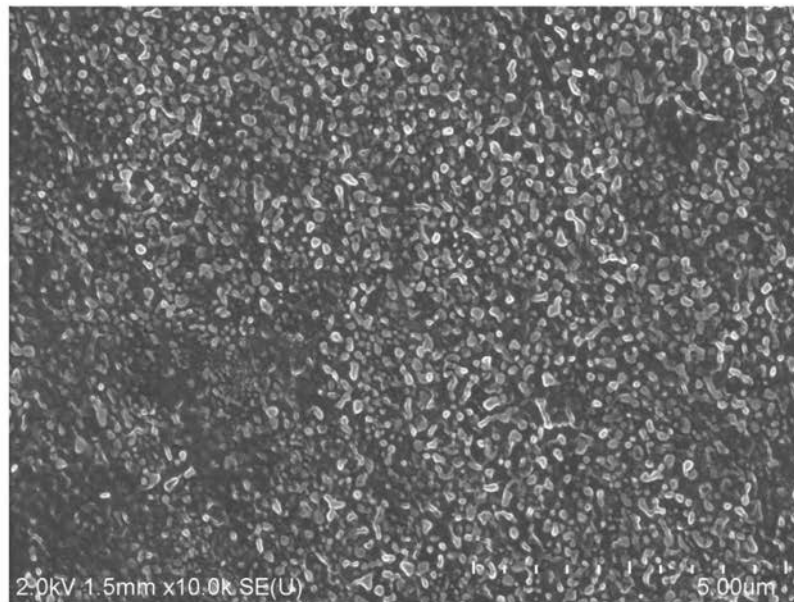
【図2】



【図 3】



【 図 4 】





## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I
C 2 2 F	1/00	(2006.01)
H 0 1 B	1/02	A
C 2 2 F	1/00	6 0 2
C 2 2 F	1/00	6 1 2
C 2 2 F	1/00	6 2 3
C 2 2 F	1/00	6 2 4
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 3 0 K
C 2 2 F	1/00	6 6 1 A
C 2 2 F	1/00	6 8 2
C 2 2 F	1/00	6 9 1 B
C 2 2 F	1/00	6 9 2 A
C 2 2 F	1/00	6 9 2 B
C 2 2 F	1/00	6 9 4 B
C 2 2 F	1/00	6 8 5 Z
C 2 2 F	1/00	6 8 5 A
C 2 2 F	1/00	6 9 1 C
C 2 2 F	1/00	6 9 4 A
C 2 2 F	1/00	6 8 1
C 2 2 F	1/00	6 8 3

(72)発明者 牧 一誠  
 埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所 金属加工プロセス開発センター内

審査官 岸 智之

(56)参考文献 特開平10-219372(JP,A)  
 特開平11-199954(JP,A)  
 特開昭53-125222(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 2 C 9 / 0 0  
 C 2 2 C 9 / 0 4  
 C 2 2 F 1 / 0 2  
 C 2 2 F 1 / 0 8  
 H 0 1 B 1 / 0 2  
 C 2 2 F 1 / 0 0