

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年5月15日(15.05.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/073630 A1

- (51) 国際特許分類:  
C22C 9/04 (2006.01) C22C 30/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/080184
- (22) 国際出願日: 2013年11月8日(08.11.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-247600 2012年11月9日(09.11.2012) JP
- (71) 出願人: 大豊工業株式会社(TAIHO KOGYO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目6番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 松本 慎司(MATSUMOTO, Shinji); 〒4718502 愛知県豊田市緑ヶ丘3丁目6番地 大豊工業株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: Knowledge Partners 特許業務法人(KNOWLEDGE PARTNERS PPC); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目18番5号 白川第六ビル5階 Aichi (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

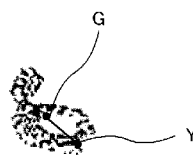
[続葉有]

(54) Title: COPPER ALLOY

(54) 発明の名称: 銅合金



(2A)



(2B)



(2C)

(57) Abstract: A copper alloy having good seizure resistance is provided. The copper alloy is characterized by containing 25.0 wt% to 48.0 wt% of zinc, 1.0 wt% to 7.0 wt% of manganese, and 0.5 wt% to 3.0 wt% of silicon. The copper alloy is further characterized in that a value obtained by dividing the circumference of a circle in which the area and average value of cross-sectional areas of particles of a manganese-silicon compound are equal by the average value of the circumferences of cross sections of the particles of the manganese-silicon compound is not more than 0.5.

(57) 要約: 耐焼付性が良好な銅合金を提供する。25.0wt%以上かつ48.0wt%以下のZnを含有し、1.0wt%以上かつ7.0wt%以下のMnを含有し、0.5wt%以上かつ3.0wt%以下のSiを含有するとともに、Mn-Si化合物の各粒子の断面積の平均値と面積が等しい円の周長を、Mn-Si化合物の各粒子の断面の周長の平均値で除算した値が0.5以下となることを特徴とする、銅合金。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：銅合金

技術分野

[0001] 本発明は、摺動部材を構成する銅合金に関する。

背景技術

[0002] CuとZnとで構成されるマトリクスにMn-Si化合物の粒子を分散させた銅合金が知られている（特許文献1、2、参照）。Mn-Si化合物の粒子はマトリクスよりも硬いため、銅合金の耐摩耗性を向上させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2003-42145号公報

特許文献2：特開2003-155531号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1、2の銅合金において相手材を摺動させると、Mn-Si化合物の粒子よりも軟らかいマトリクスが選択的に摩耗し、相手材からの荷重がMn-Si化合物の粒子に集中することとなる。すると、Mn-Si化合物の粒子と相手材との間の摩擦抵抗が大きくなり、Mn-Si化合物の粒子と相手材との間に焼き付きが発生するという問題があった。

本発明は、前記課題にかんがみてなされたもので、耐焼付性が良好な銅合金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

[0005] 前記の目的を達成するため、本発明の銅合金は、25.0wt%以上かつ48.0wt%以下のZnを含有し、1.0wt%以上かつ7.0wt%以下のMnを含有し、0.5wt%以上かつ3.0wt%以下のSiを含有するとともに、Mn-Si化合物の各粒子の断面積の平均値と面積が等しい円

の周長を、 $Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面の周長の平均値で除算した値が0.5以下となる。

[0006]  $Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面積の平均値と面積が等しい円の周長を、 $Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面の周長の平均値で除算した値（以下、円形度）は、 $Mn-Si$ 化合物の各粒子の形状が円形である場合に1となる。そして、 $Mn-Si$ 化合物の各粒子の形状が円形から乖離するほど、円形度は小さい値となる。一定面積を有する図形の周長は、図形が円形となる場合に最短となり、図形が円形から乖離するほど長くなるからである。例えば、短辺の長さ $a$ と長辺の長さ $b$ との比が1:10となる矩形状の粒子を想定した場合、当該粒子の円形度は0.51となる。このように、短辺の長さ $a$ と長辺の長さ $b$ との比が1:10程度となる細長の $Mn-Si$ 化合物の粒子が析出する可能性は低く、円形度が0.5以下となる場合、内周だけでなく外周も有する環状断面の $Mn-Si$ 化合物の粒子が多数存在していると考えることができる。すなわち、 $Cu-Zn$ マトリクスの内包部分を内包している環状断面の $Mn-Si$ 化合物の粒子が多数存在していると考えることができる。ただし、本発明において、必ずしも環状断面の $Mn-Si$ 化合物が存在する必要はなく、環状断面の $Mn-Si$ 化合物の粒子、または、断面が環状に近い $Mn-Si$ 化合物が多数存在することにより、全体の円形度0.5以下となっていればよい。

[0007]  $Cu-Zn$ マトリクスの方が $Mn-Si$ 化合物よりも軟らかいため、本発明の銅合金に相手材を摺動させた場合、 $Cu-Zn$ マトリクスが選択的に摩耗することとなる。従って、環状断面の $Mn-Si$ 化合物の粒子の内包された $Cu-Zn$ マトリクスの内包部分も選択的に摩耗し、環状断面の $Mn-Si$ 化合物の粒子の内側に凹部が形成される。この凹部において潤滑油を保持することができる。凹部においては潤滑油の接触面積が大きくなり、潤滑油との親和性が高くなるからである。また、硬い $Mn-Si$ 化合物によって囲まれた凹部の内部に潤滑油が入り込むため、相手材によって潤滑油が引き取られる量も抑制できるからである。

[0008] Cu-Znマトリクスが選択的に摩耗するため、Mn-Si化合物の粒子が他の部分よりも突出し、Mn-Si化合物の粒子にて相手材からの荷重を支持することとなる。この場合、Mn-Si化合物の粒子に応力が集中し、Mn-Si化合物の粒子と相手材との間に焼き付きが発生しやすくなる。しかしながら、応力が集中するMn-Si化合物の粒子の近傍（凹部）に潤滑油を保持することができるため、Ni-Mn-Si化合物の粒子と相手材との接触面に潤滑油を絶えず供給することができる。従って、Mn-Si化合物の粒子と相手材との間に焼き付きが発生することを防止できる。

[0009] ここで、25.0wt%以上のZnを含有することにより、Cu-Znマトリクスの強度を強化することができるとともに、潤滑油中のS成分による硫化腐食を抑制することができる。特に、35.0wt%以上のZnを含有することにより、より優れた耐摩耗性を得ることができる大きさまでNi-Mn-Si化合物の粒子を成長させることができる。また、Znの含有量を48.0wt%以下に抑えることにより、Cu-Znマトリクス中に $\gamma$ 相が多量に析出することを防止でき、銅合金が脆くなることを防止できる。

[0010] また、1.0wt%以上のMnおよび0.5wt%以上のSiを含有することにより、耐摩耗性を向上させるのに十分なNi-Mn-Si化合物の粒子を析出させることができる。一方、Mnの含有量を7.0wt%以下に抑え、Siの含有量を3.0wt%以下に抑えることにより、過剰なMn-Si化合物が析出することによって靱性が低下することを防止できる。

[0011] ここで、本発明の銅合金は、Siに対する質量の比が0.06以上かつ0.30以下となる含有量のNiを含有してもよい。そして、Niの一部がNi-Mn-Si化合物の粒子を構成し、Niの他の一部がCu-Znマトリクスに固溶するようにしてもよい。これにより、Niがさらに化合したMn-Si化合物であるNi-Mn-Si化合物の粒子をCu-Znマトリクス中に分散させることができる。Ni-Mn-Si化合物の粒子はNiが化合していないMn-Si化合物の粒子よりも硬いため、銅合金の耐摩耗性を向上させることができる。Ni-Mn-Si化合物の粒子は、Niが化合して

いないMn-Si化合物の粒子よりも割れにくいため、相手材からの荷重がNi-Mn-Si化合物の粒子に集中しても粒子が微小となることを防止できる。

[0012] さらに、Ni-Mn-Si化合物に取り込まれなかったNiがCuに固溶することにより、Cu-Znマトリクスを固溶強化することができる。すなわち、NiがCuに固溶することにより、Cu-Znマトリクスの結晶格子に歪みを生じさせ、塑性変形における転移の移動を抑制することができる。従って、Ni-Mn-Si化合物の粒子がCu-Znマトリクスにおいて塑性流動することを防止し、Ni-Mn-Si化合物の粒子が銅合金から脱落することを防止できる。従って、耐摩耗性を維持することができる。

[0013] なお、Siに対するNiの質量の比が0.06未満の場合、および、Siに対するNiの質量の比が0.30よりも大きい場合、銅合金の耐摩耗性が不十分であった。Siに対するNiの質量の比が0.06未満の場合、Siに対してNiが不足し、耐摩耗性を向上させる量までNi-Mn-Si化合物の粒子が析出しないからである。一方、Siに対するNiの質量の比が0.30よりも大きい場合は、Siに対してNiが過多となり、却ってNi-Mn-Si化合物の粒子の析出を阻害し、耐摩耗性を向上させる大きさ（Cu-Znマトリクスから脱落しにくい大きさ）までNi-Mn-Si化合物の粒子が成長しない。これに対して、Siに対するNiの質量の比を0.06以上かつ0.30以下とすることにより、耐摩耗性を向上させる大きさまで成長したNi-Mn-Si化合物の粒子を、耐摩耗性を向上させる量だけ析出させることができる。また、Siに対するNiの質量の比を0.06以上かつ0.30以下とすることにより、Ni-Mn-Si化合物に取り込まれないNiを存在させることができ、Ni-Mn-Si化合物に取り込まれなかったNiによってCu-Znマトリクスを固溶強化することができる。なお、Siに対するNiの質量の比とは、銅合金が含有するNiの質量を、銅合金が含有するSiの質量で除算した値を意味する。

[0014] ここで、本発明の銅合金は、1.0wt%以上かつ10.0wt%以下の

B i を含有してもよい。1.0 w t %以上のB i を含有することにより、耐焼付き性や異物埋収性を向上させることができる。また、B i の含有量を1.0 w t %以下に抑えることにより、強度や靱性が低下することを防止できる。さらに、B i の含有量を10.0 w t %以下に抑えることにより、B i 粒子が粗大化することによってB i の分布が不均一となり、B i の分布が疎となる部分において焼付きが生じることを防止できる。

[0015] さらに、本発明の銅合金は、上述した成分のみを含有するものに限らず、含有量の合計が5.0 w t %以下となるように、F e、A l、S n、C r、T i、S b、Bを含有してもよい。F e、A l、S n、C r、T i、S b、Bを含有することにより、C u－Z nマトリクスの機械特性を強化することができる。特に、A l、C rを含有させることにより、銅合金の耐腐食性を向上させることができる。また、本発明の銅合金は、不可避不純物を含有し得る。

### 図面の簡単な説明

[0016] [図1]ラジアル軸受の斜視図である。

[図2] (2 A) ～ (2 C) はラジアル軸受の断面写真である。

[図3] (3 A) は摩耗試験を説明する模式図、(3 B) は摩耗体積を説明する模式図、(3 C) は摩耗した銅合金を示す図である。

[図4] N i / S i と硬さとの関係を示すグラフである。

[図5]他の実施形態のラジアル軸受の断面写真である。

### 発明を実施するための形態

[0017] ここでは、下記の順序に従って本発明の実施の形態について説明する。

- (1) ラジアル軸受の構成：
- (2) ラジアル軸受の製造方法：
- (3) 実験例：
- (4) 他の実施形態：

[0018] (1) ラジアル軸受の構成：

図1は、本発明の一実施形態にかかる銅合金によって形成されたラジアル

軸受 1（フローティングブシュ）の斜視図である。ラジアル軸受 1 は、例えば内燃機関用のターボ式過給機において、タービン翼とコンプレッサ翼とが軸方向の両端に備えられた回転軸 2（破線）に作用する荷重をラジアル方向に支持する。ラジアル軸受 1 は内径が回転軸 2 の外径よりも所定量だけ大きい円環状に形成されており、ラジアル軸受 1 と回転軸 2 との間に潤滑油としてのエンジンオイルの油膜が形成される。なお、図示しないが回転軸 2 に作用する荷重をスラスト方向に支持するスラストベアリングもラジアル軸受 1 と同一の銅合金によって形成してもよい。

[0019] 以下、ラジアル軸受 1 を形成した銅合金について説明する。ラジアル軸受 1 を構成する銅合金は、41.3 wt %の Zn を含有し、4.98 wt %の Mn を含有し、1.57 wt %の Si を含有し、Si に対する質量の比が 0.15 となる含有量（0.23 wt %）の Ni を含有し、4.0 wt %の Bi を含有し、残部が Cu と不可避不純物とからなる。不可避不純物は Mg, Ti, B, Pb, Cr 等であり、精錬もしくはスクラップにおいて混入する不純物である。不可避不純物の含有量は、全体で 1.0 wt % 以下である。銅合金における各元素の質量は、ICP 発光分光分析装置によって計測した。

[0020] 図 2 A は、ラジアル軸受 1 の断面の写真を示す。同図に示すように、Ni-Mn-Si 化合物の粒子および Bi の粒子が Cu-Zn マトリクス中に均一に分散していた。なお、図 2 A において、Bi の粒子の方が Ni-Mn-Si 化合物の粒子よりも、色が薄く、かつ、円形に近い形状となっている。Cu-Zn マトリクスの色は、Bi の粒子、および、Ni-Mn-Si 化合物の粒子の色よりも薄い。また、環状断面の Ni-Mn-Si 化合物の粒子が存在し、当該環状断面の粒子の内部には Cu-Zn マトリクスの内包部分が内包されていた。Cu-Zn マトリクスの内包部分とは、断面において環状断面の Ni-Mn-Si 化合物の粒子に内包されている Cu-Zn マトリクスと同成分の部分了指し、環状断面の Ni-Mn-Si 化合物の粒子外の Cu-Zn マトリクスと分断されている部分を目指す。

[0021] ラジアル軸受1の断面におけるNi-Mn-S化合物の各粒子の平均円相当径は $8.7\mu\text{m}$ であった。すなわち、ラジアル軸受1の断面におけるNi-Mn-S化合物の各粒子の平均面積は $18.92 \times \pi \mu\text{m}^2$ であった。ラジアル軸受1の断面に占めるNi-Mn-S化合物の各粒子の面積率は10.6%であった。Ni-Mn-S化合物の各粒子の円形度は0.30であった。一方、ラジアル軸受1の断面におけるCu-Znマトリクスの各内包部分の平均円相当径は $4.1\mu\text{m}$ であった。すなわち、ラジアル軸受1の断面におけるCu-Znマトリクスの各内包部分の平均面積は $4.20 \times \pi \mu\text{m}^2$ であった。また、ラジアル軸受1の断面に占めるCu-Znマトリクスの各内包部分の面積率は0.4%であり、Cu-Znマトリクスの内包部分の個数は12個であった。

[0022] 以下、ラジアル軸受1の断面の解析手法について説明する。まず、ラジアル軸受1の断面のうち面積が $3.66 \times 10^4 \text{mm}^2$ となる任意の観察視野範囲（縦 $0.184\text{mm}$ ×横 $0.244\text{mm}$ の矩形範囲）を金属顕微鏡によって400倍の光学倍率で撮影することにより、観察画像の画像データを得た。そして、観察画像を画像解析装置（ニレコ社製 ルーゼックスII）に入力し、観察画像に存在する各粒子および各内包部分の像を抽出した。各粒子および各内包部分の像の外縁にはエッジ（明度や彩度や色相角が所定値以上異なる境界）が存在する。そこで、画像解析装置によって、エッジによって閉じられた領域を各粒子または各内包部分の像として観察画像から抽出した。

[0023] さらに、観察画像における各粒子および各内包部分の像に対応するラジアル軸受1の断面上の部位に存在する物質を、波長分散型のX線分析装置（日本電子製 JXA-8100）およびX線回折分析装置（リガク製 SmartLab）によって特定した。その結果、ラジアル軸受1の断面上において、Ni-Mn-S化合物の粒子と、Biの粒子とが存在し、さらに環状断面のNi-Mn-S化合物の粒子の内部にCu-Znマトリクスと同成分の内包部分が存在していることが確認された。

[0024] そして、Ni-Mn-S化合物の各粒子の像を観察画像から抽出し、画

像解析装置によって、Ni-Mn-Si化合物の各粒子について投影面積円相当径（計測パラメータ：HEYWOOD）を計測した。投影面積円相当径とは、Ni-Mn-Si化合物の粒子の断面積と等しい面積を有する円の直径であり、Ni-Mn-Si化合物の粒子の像の面積と等しい面積を有する円の直径を光学倍率に基づいて現実の長さに換算した直径である。さらに、Ni-Mn-Si化合物の各粒子の投影面積円相当径の算術平均値（合計値／粒子数）を平均円相当径として計測した。さらに、Ni-Mn-Si化合物の各粒子の平均円相当径と等しい直径を有する円の面積に、観察視野範囲に存在するNi-Mn-Si化合物の各粒子の個数を乗算することにより、ラジアル軸受1の断面上に存在するNi-Mn-Si化合物の粒子の総面積を算出した。そして、Ni-Mn-Si化合物の粒子の総面積を観察視野範囲の面積で除算することにより、Ni-Mn-Si化合物の粒子の面積率を計測した。

[0025] 同様の手法により、ラジアル軸受1の断面上に存在するCu-Znマトリクスの各内包部分の平均円相当径と面積率とを計測した。なお、投影面積円相当径が $1.0\mu\text{m}$ 未満の場合、投影面積円相当径の信頼度や物質の特定の信頼度が低くなるため、Ni-Mn-Si化合物の各粒子およびCu-Znマトリクスの各内包部分についての平均円相当径を算出する際に考慮しないこととした。

[0026] さらに、画像解析装置によって、Ni-Mn-Si化合物の各粒子について実周長（計測パラメータ：PERIME）を計測した。実周長は、Ni-Mn-Si化合物の粒子の像のエッジの長さを光学倍率に基づいて現実の長さに換算した周長である。なお、環状断面のNi-Mn-Si化合物の粒子の像のエッジの長さは、外周のエッジの長さで内周のエッジの長さを合計することにより得た。さらに、Ni-Mn-Si化合物の各粒子の実周長の算術平均値（合計値／粒子数）を平均実周長として計測した。また、Ni-Mn-Si化合物の各粒子の平均円相当径と等しい直径を有する円の円周の長さを平均円相当周長として計測した。さらに、Ni-Mn-Si化合物の

各粒子の平均円相当周長を平均実周長で除算することにより、円形度を算出した。

[0027] ここで、平均円相当径は、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面積と等しい面積を有する円の直径である投影面積円相当径の平均値である。すなわち、平均円相当径は、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面積の平均値と面積が等しい円の直径を意味する。従って、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の平均円相当径と等しい直径を有する円の円周の長さである平均円相当周長は、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面積の平均値と面積が等しい円の周長を意味する。すなわち、円形度は、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面積の平均値と面積が等しい円の周長（平均円相当周長）を、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の断面の実周長の平均値（平均実周長）で除算した値を意味する。

[0028] また、ラジアル軸受1の断面の各位置に存在する元素を電子線マイクロアナライザ（日本電子製JXA-8100）によって分析した。その結果、内包部分を含むCu-Znマトリクスの全域においてNiが検出され、Cu-ZnマトリクスにNiが均一に固溶していることが確認された。なお、Cu-Znマトリクスの部分とは、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の粒子およびBiの粒子が存在しない部分である。

[0029]  $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の形状が円形である場合に、平均円相当周長と平均実周長とが同一となり、円形度は1となる。そして、 $Ni-Mn-Si$ 化合物の各粒子の形状が円形から乖離するほど、円形度は小さい値となる。一定面積を有する図形の周長は、図形が円形となる場合に最短となり、図形が円形から乖離するほど長くなるからである。例えば、短辺の長さと長辺の長さとの比が1:10となる矩形状の粒子を想定した場合、当該粒子の円形度は0.51となる。このように、短辺の長さと長辺の長さとの比が1:10程度となる細長の $Ni-Mn-Si$ 化合物の粒子が析出する可能性は低く、円形度が0.5以下となる場合、内周だけでなく外周も有する環状断面の $Ni-Mn-Si$ 化合物の粒子が多数存在していると考えることがで

きる。すなわち、円形度が小さいことは、環状断面のNi-Mn-S化合物の粒子が多数存在していることを意味する。また、Cu-Znマトリクスの内包部分の個数は環状断面のNi-Mn-S化合物の粒子の個数と同視できる。従って、Cu-Znマトリクスの内包部分の個数が多いことは、環状断面のNi-Mn-S化合物の粒子が多数存在していることを意味する。

[0030] 図2B、図2Cは、Ni-Mn-S化合物の粒子の断面の拡大図である。図2Bに示すように、環状断面のNi-Mn-S化合物の粒子の断面の幾何学的な重心Gと、当該Ni-Mn-S化合物の粒子上の点Yとを結ぶ直線を引いた場合に、当該直線はCu-Znマトリクスの内包部分を通過することとなる。また、図2Cに示すように、環状ではないが、環状に近い断面を有するNi-Mn-S化合物の粒子の断面の幾何学的な重心Gと、当該Ni-Mn-S化合物の粒子上の点Yとを結ぶ直線を引いた場合にも、当該直線はCu-Znマトリクスを通過することとなる。

[0031] 次に、ラジアル軸受1の機械特性について説明する。本実施形態のラジアル軸受1を構成する銅合金の硬さは、 $2180\text{ N/mm}^2$ であった。ラジアル軸受1を構成する銅合金と同一条件で形成した試験片の表面に超微小押し込み硬さ試験機（エリオニクス社製 ENT-1100a）によって圧痕を形成することにより硬さを計測した。具体的に、室温（ $15\sim 30^\circ\text{C}$ ）において、バーコビッチ圧子（三角錐圧子）によって $1000\text{ mgf}$ （ $9.80665 \times 10^{-3}\text{ N}$ ）の荷重を与えることにより試験片の表面に圧痕を形成し、当該圧痕の大きさに基づいて硬さを計測した。

[0032] また、本実施形態のラジアル軸受1を構成する銅合金の比摩耗量は、 $1.0 \times 10^{-10}\text{ mm}^2/\text{N}$ であった。図3Aは、比摩耗量を計測するために使用した円筒平板型摩擦摩耗試験機を説明する模式図である。摩耗試験は、潤滑油としてのエンジンオイル（流動パラフィン）Fに一部が浸漬した状態で円柱状の相手軸Aを回転させるとともに、相手軸Aに所定の試験荷重が作用するように試験片Tを相手軸Aに接触させることにより行った。試験片Tは、ラ

リアル軸受 1 を構成する銅合金と同一条件で形成した。相手軸 A は、ラジアル軸受 1 が軸受けする回転軸 2 と同等の材料で形成し、具体的に焼き入れ処理を行った S C M 4 1 5（クロムモリブデン鋼）で形成した。相手軸 A の回転軸方向における試験片 T の長さ a を 1 0 m m とし、相手軸 A の底面の半径 r を 2 0 m m とした。摺動部における相手軸 A の試験片 T に対する相対移動速度 b が 2 0 0 m m / s e c となるように、相手軸 A の回転速度を制御した。また、試験荷重 W を 1 3 9 N とし、潤滑油の温度を室温とし、試験時間 c を 3 6 0 0 s e c（1 時間）とした。以上の条件で摩耗試験を行った後に、表面粗さ計（小坂研究所製 S E 3 4 0 0）によって試験片 T における相手軸 A との摺動部の深さのプロフィールを計測した。そして、深さのプロフィールにおける平坦部（非摩耗部）と最深部との深さの差を摩耗深さ d として計測した。さらに、摩耗試験において、試験片 T と相手軸 A との間に焼き付きが発生することはなかった。

[0033] さらに、下記の（1）式によって、比摩耗量 K を算出した。

[数1]

$$K = \frac{V}{L \times W} \quad \dots (1)$$

L は摺動距離であり、摩耗試験において試験片 T 上を摺動した相手軸 A の表面の長さである。摺動距離 L は、相対移動速度 b に試験時間 c を乗算した値（b × c）である。V は、摩耗試験において摩耗した試験片 T の体積（摩耗体積）である。（1）式に示すように、非摩耗量 K とは、試験片 T に単位荷重（1 N）を作用させた場合に、単位摺動距離（1 m m）あたりに摩耗した試験片 T の体積を意味する。

[0034] 次に、摩耗体積 V について説明する。図 3 B は、摩耗体積 V を説明する模式図である。図 3 B においてハッチングで示すように、試験片 T のうち摩耗した部分の形状は、相手軸 A のうち、摩耗試験の終了時において試験片 T に入り込んだ部分の形状となると考えることができる。相手軸 A の円形状の底面のうち中心 C から試験片 T の摺動面に直交する半径 C P<sub>0</sub>において相手軸 A が最も深く入り込み、当該半径 C P<sub>0</sub>において相手軸 A が入り込んでいる深さ

が摩耗深さ  $d$  となる。ここで、相手軸  $A$  の底面の円周上において、摩耗試験の終了時において試験片  $T$  に入り込んだ部分の下限の点をそれぞれ  $P_1$ ,  $P_2$  と表すと、摩耗体積  $V$  は、相手軸  $A$  の底面のうち円弧  $P_1P_2$  と弦  $P_1P_2$  とによって囲まれた部分の面積に試験片  $T$  の長さ  $a$  を乗算することにより得ることができる。相手軸  $A$  の底面のうち円弧  $P_1P_2$  と弦  $P_1P_2$  とによって囲まれた部分の面積は、円弧  $P_1P_2$  と半径  $CP_1$ ,  $CP_2$  とによって囲まれた扇形の面積  $S_1$  から、弦  $P_1P_2$  と半径  $CP_1$ ,  $CP_2$  とによって囲まれた三角形の面積  $S_2$  を減算した面積となる。従って、摩耗体積  $V$  は以下の (2) 式によって算出できる。

[数2]

$$V = (S_1 - S_2) \times a \quad \cdots (2)$$

[0035] 前記扇形の面積  $S_1$  は以下の (3) 式によって算出できる。

[数3]

$$S_1 = \pi \times r^2 \times \frac{2\theta}{2\pi} \quad \cdots (3)$$

ここで、 $\theta$  は、半径  $CP_1$ ,  $CP_2$  が相手軸  $A$  の底面の中心  $C$  にてなす角度の半分を表す。なお、角度  $\theta$  は、以下の (4) 式を満足する。

[数4]

$$\cos \theta = \frac{r-d}{r} \quad \cdots (4)$$

一方、前記三角形の面積  $S_2$  は図形の対称性から以下の (5) 式によって算出できる。

[数5]

$$S_2 = \left\{ (r-d) \times \sqrt{r^2 - (r-d)^2} \times \frac{1}{2} \right\} \times 2 \quad \cdots (5)$$

[0036] 以上説明したように、本実施形態のラジアル軸受 1 は、硬さが  $2180 \text{ N/mm}^2$  と硬く、比摩耗量も  $1.0 \times 10^{-10} \text{ mm}^2/\text{N}$  に抑制できるため、回転軸 2 の摺動時において高い耐摩耗性を発揮できる。 $\text{Ni-Mn-Si}$  化合物の粒子が硬いからである。また、 $\text{Ni-Mn-Si}$  化合物の粒子は割れにくいいため、耐摩耗性を維持することができる。さらに、 $\text{Ni-Mn-Si}$  化合物に取り込まれなかった  $\text{Ni}$  が  $\text{Cu}$  に固溶することにより、 $\text{Cu-Zn}$  マト

リクスを固溶強化することができる。従って、Ni-Mn-S化合物の粒子がCu-Znマトリクスにおいて塑性流動することを防止し、Ni-Mn-S化合物の粒子がラジアル軸受1から脱落することを防止できる。従って、耐摩耗性を維持することができる。

[0037] 図3Cは、摩耗試験後の試験片Tを摩耗面に対して垂直に切断した断面を示す模式図である。同図に示すように、Cu-Znマトリクス(L)の方がNi-Mn-S化合物(Q)よりも軟らかいため、Cu-Znマトリクスが選択的に摩耗することとなる。従って、環状断面のNi-Mn-S化合物の粒子の内包されたCu-Znマトリクスの内包部分も選択的に摩耗し、環状断面のNi-Mn-S化合物の粒子の内側に凹部(D)が形成される。この凹部においてエンジンオイル(F)を保持することができる。凹部においてはエンジンオイルの接触面積が大きくなり、エンジンオイルと試験片Tとの親和性が高くなるからである。また、硬いNi-Mn-S化合物によって囲まれた凹部の内部にエンジンオイルが入り込むため、相手軸Aによってエンジンオイルが引き取られる量も抑制できるからである。

[0038] Cu-Znマトリクスが選択的に摩耗するため、Ni-Mn-S化合物の粒子が他の部分よりも突出し、Ni-Mn-S化合物の粒子にて相手軸Aからの荷重を支持することとなる。この場合、Ni-Mn-S化合物の粒子に応力が集中し、Ni-Mn-S化合物の粒子と相手軸Aとの間に焼き付きが発生しやすくなる。しかしながら、応力が集中するNi-Mn-S化合物の粒子の近傍(凹部)にエンジンオイルを保持することができるため、Ni-Mn-S化合物の粒子と相手軸Aとの接触面にエンジンオイルを絶えず供給することができる。従って、本実施形態のラジアル軸受1は、硬度と耐焼付性とを両立させることができる。

[0039] (2) ラジアル軸受の製造方法：

本実施形態においてラジアル軸受1は、a. 溶融、b. 連続 casting、c. 切断、d. 機械加工の各工程を順に行うことにより製造される。以下、各工程について説明する。

[0040] a. 溶融

まず、42.0wt%のZnを含有し、4.0wt%のMnを含有し、1.3wt%のSiを含有し、Siに対する質量の比が0.15のNi（0.195wt%）を含有し、4.0wt%のBiを含有し、残部がCuと不可避不純物とからなる銅合金が形成できるように各原料を計量して用意する。例えば、Cuのインゴットと、Znのインゴットと、Biのインゴットと、Cu-Mnのインゴットと、Cu-Siのインゴットと、Cu-Niのインゴットとをそれぞれを計量して用意する。ここでは、目標とするラジアル軸受1の機械特性（硬さや比摩耗量や耐焼き付き性）に応じた質量の原料を用意すればよい。目標とするラジアル軸受1の機械特性は、例えば相手材としての回転軸2の機械特性に応じて定められる。次に、用意した各原料を高周波誘導炉によって1250℃まで加熱する。これにより、各インゴットが融解する。その後、Arガスの気泡を分散噴出させて、水素ガスや介在物の除去を行う。

[0041] b. 連続鋳造

次に、溶融した銅合金の材料を鋳型に注入し、当該鋳型の開口から銅合金を鋳造方向に連続的に引き抜き、そのまま室温まで冷却することにより、銅合金の連続鋳造棒を形成する。例えば、炭素で形成された鋳型によって1060℃にて鋳造を行い、160mm/minの引抜速度で引き抜いて連続鋳造棒を形成する。連続鋳造時に凝固する銅合金中においてNi-Mn-Si化合物の粒子とBiの粒子とが析出することとなる。なお、銅合金の連続鋳造棒の直径は、ラジアル軸受1の外径よりも機械加工における切削量だけ大きくされる。

[0042] c. 切断

次に、銅合金の連続鋳造棒をラジアル軸受1の厚み（回転軸2の長さ方向の厚み）ごとに切断する。

[0043] d. 機械加工

最後に、切断後の銅合金の連続鋳造棒に対して切削加工やプレス加工をす

ることにより、ラジアル軸受 1 を完成させる。ここでは、回転軸 2 の外径よりも所定量だけ大きい内径を有する貫通穴を形成するとともに、ラジアル軸受 1 の外径の大きさが設計値と一致するように切削加工を行う。

[0044] (3) 実験例：

表 1 は、銅合金を構成する各元素の含有量の組み合わせごとに作成した試料 1 ～ 12 について、硬さと比摩耗量等を計測した結果を示す。また、上述した製造方法に記載した条件で銅合金の各試料 1 ～ 12 を作成した。

[表1]

| 試料   | Cu<br>[wt%] | Zn<br>[wt%] | Mn<br>[wt%] | Si<br>[wt%] | Ni<br>[wt%] | Bi<br>[wt%] | Ni/Si | Mn/Si | 硬さ<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 比摩耗量<br>[mm <sup>2</sup> /N] | Ni-Mn-Si化合物の粒子<br>平均円相当径<br>[μm] | 面積率<br>[%] |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|----------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------|
| 1    | Bal.        | 25.0        | 1.00        | 0.50        | 0.03        | 0.00        | 0.06  | 2.00  | 1050                       | $4.5 \times 10^{-10}$        | 4.4                              | 4.0        |
| 2    | Bal.        | 25.0        | 7.00        | 0.50        | 0.03        | 0.00        | 0.06  | 14.00 | 1050                       | $4.0 \times 10^{-10}$        | 4.7                              | 4.5        |
| 3    | Bal.        | 25.0        | 7.00        | 3.00        | 0.18        | 0.00        | 0.06  | 2.33  | 1050                       | $2.0 \times 10^{-10}$        | 10.7                             | 13.0       |
| 4    | Bal.        | 25.0        | 1.00        | 0.50        | 0.15        | 0.00        | 0.30  | 2.00  | 1109                       | $4.5 \times 10^{-10}$        | 4.2                              | 4.2        |
| 5    | Bal.        | 25.0        | 7.00        | 0.50        | 0.15        | 0.00        | 0.30  | 14.00 | 1109                       | $4.0 \times 10^{-10}$        | 4.3                              | 4.6        |
| 6    | Bal.        | 25.0        | 7.00        | 3.00        | 0.90        | 0.00        | 0.30  | 2.33  | 1109                       | $2.0 \times 10^{-10}$        | 10.2                             | 13.5       |
| 7    | Bal.        | 48.0        | 1.00        | 0.50        | 0.03        | 0.00        | 0.06  | 2.00  | 1050                       | $4.0 \times 10^{-10}$        | 4.6                              | 4.4        |
| 8    | Bal.        | 48.0        | 7.00        | 0.50        | 0.03        | 0.00        | 0.06  | 14.00 | 1050                       | $3.5 \times 10^{-10}$        | 4.9                              | 5.0        |
| 9    | Bal.        | 48.0        | 7.00        | 3.00        | 0.18        | 0.00        | 0.06  | 2.33  | 1050                       | $1.5 \times 10^{-10}$        | 11.5                             | 13.7       |
| 10   | Bal.        | 48.0        | 1.00        | 0.50        | 0.15        | 0.00        | 0.30  | 2.00  | 1109                       | $4.0 \times 10^{-10}$        | 4.4                              | 4.7        |
| 11   | Bal.        | 48.0        | 7.00        | 0.50        | 0.15        | 0.00        | 0.30  | 14.00 | 1109                       | $3.5 \times 10^{-10}$        | 4.6                              | 5.3        |
| 12   | Bal.        | 48.0        | 7.00        | 3.00        | 0.90        | 0.00        | 0.30  | 2.33  | 1109                       | $1.5 \times 10^{-10}$        | 11.2                             | 14.3       |
| 実施形態 | Bal.        | 41.3        | 4.98        | 1.57        | 0.23        | 4.00        | 0.15  | 3.17  | 2180                       | $1.0 \times 10^{-10}$        | 8.7                              | 10.6       |

[0045] 表 1 に示すように、Znの含有量の下限值（25.0wt%）と上限値（48.0wt%）、Mnの含有量の下限值（1.0wt%）と上限値（7.0wt%）、Siの含有量の下限值（0.5wt%）と上限値（3.0wt%）、および、Siの質量に対するNiの質量の比の下限值（0.06）と上限値（0.30）の組み合わせごとに試料 1 ～ 12 を用意した。ただし、Mnの含有量の下限值（1.0wt%）とSiの含有量の上限値（3.0wt%）との組み合わせにおいて、Cu-Znマトリクス中に脆いγ相が形成され、ラジアル軸受 1 として必要な靱性が確保できないため、実験の対象から除外した。

[0046] 表 1 において、いずれの試料 1 ～ 12 においても、 $1050 \text{ N/mm}^2$ 以上の硬さが得られ、 $4.5 \times 10^{-10} \text{ mm}^2/\text{N}$ 以下に比摩耗量を抑制できることが確認できた。試料 1 ～ 12 において、Ni-Mn-Si化合物の各粒子の

平均円相当径が $4.2 \sim 11.5 \mu\text{m}$ であり、良好な硬さと耐摩耗性を実現するために適度な大きさのNi-Mn-Si化合物の粒子が析出していると言える。また、試料1～12において、Ni-Mn-Si化合物の粒子の面積率が $4.0 \sim 14.3\%$ であり、良好な硬さと耐摩耗性を実現するために適度な量のNi-Mn-Si化合物の粒子が析出していると言える。

[0047] ところで、上述した実施形態のラジアル軸受1を構成する銅合金の硬さは $2180 \text{ N/mm}^2$ であり、試料1～12よりもはるかに大きい。以下、その理由について説明する。表2は、Siの質量に対するNiの質量の比を変化させて作成した試料13～18について、硬さを計測した結果を示す。

[表2]

| 試料 | Ni/Si | Cu<br>[wt%] | Zn<br>[wt%] | Mn<br>[wt%] | Si<br>[wt%] | Ni<br>[wt%] | Bi<br>[wt%] | Al<br>[wt%] | Cr<br>[wt%] | 硬さ<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|----|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| 13 | 0.00  | Bal.        | 42.1        | 4.75        | 1.46        | 0.00        | 3.96        | 0.00        | 0.00        | 856                        |
| 14 | 0.06  | Bal.        | 43.6        | 4.25        | 1.26        | 0.08        | 6.20        | 0.00        | 0.00        | 1050                       |
| 15 | 0.09  | Bal.        | 40.6        | 2.97        | 1.03        | 0.10        | 2.45        | 0.00        | 0.00        | 1212                       |
| 16 | 0.15  | Bal.        | 41.3        | 4.98        | 1.57        | 0.23        | 4.00        | 0.00        | 0.00        | 2180                       |
| 17 | 0.23  | Bal.        | 35.8        | 3.13        | 1.03        | 0.24        | 0.50        | 1.23        | 0.00        | 1449                       |
| 18 | 0.46  | Bal.        | 30.5        | 3.03        | 0.82        | 0.38        | 0.00        | 2.96        | 0.14        | 718                        |

また、図4は、表2の試料13～18の硬さを示すグラフである。図4の横軸はSiの質量に対するNiの質量の比(Ni/Si)を示し、縦軸は硬さを示す。同図に示すように、Siの質量に対するNiの質量の比が0.15の試料16（実施形態）において最大の硬さ( $2180 \text{ N/mm}^2$ )が得られた。また、0.15よりも大きい範囲においてSiの質量に対するNiの質量の比が大きくなるほど、硬さが小さくなる。Siの質量に対するNiの質量の比が大きくなりすぎると、過剰なNiによってNi-Mn-Si化合物の生成、成長を阻害され、適切な大きさのNi-Mn-Si化合物の粒子が形成できないためと推測される。また、0.15よりも小さい範囲においてSiの質量に対するNiの質量の比が小さくなるほど、硬さが小さくなる。Siに対してNiが不足するにより耐摩耗性を向上させる量までNi-Mn-Si化合物の粒子が析出しないからである。上述した実施形態のラジアル軸受1を構成する銅合金は、試料16に近い組成を有しているため、極め

て良好な硬さ、すなわち耐摩耗性を得ることができた。

[0048] さらに、表2に示すように試料13～18においてBiの含有量を変化させているが、Biの含有量は硬さに大きく影響を与えないことが理解できる。従って、1.0wt%以上かつ10.0wt%以下のBiを含有させることにより、耐焼付き性や異物埋収性を向上させるとともに、良好な硬さを実現することができる。

[0049] 表3は、銅合金を構成する各元素の含有量の組み合わせごとに作成した試料19～28について、Ni-Mn-Si化合物の各粒子の状態と、Ni-Mn-Si化合物の粒子に内包されたCu-Znマトリクスの各内包部分の状態とを調査した結果を示す。

[表3]

| 試料 | Cu<br>[wt%] | Zn<br>[wt%] | Mn<br>[wt%] | Si<br>[wt%] | Ni<br>[wt%] | Bi<br>[wt%] | Al<br>[wt%] | Ni/Si | Ni-Mn-Si化合物の粒子 |               |      | Cu-Znマトリクスの内包部分 |            |    |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|----------------|---------------|------|-----------------|------------|----|
|    |             |             |             |             |             |             |             |       | 平均円相当径<br>[μm] | 平均実周長<br>[μm] | 円形度  | 平均円相当径<br>[μm]  | 面積率<br>[%] | 個数 |
| 19 | Bal.        | 40.4        | 2.81        | 0.79        | 0.11        | 1.51        | 0.74        | 0.14  | 4.6            | 60.8          | 0.24 | 1.5             | 0.1        | 24 |
| 20 | Bal.        | 44.7        | 3.73        | 1.30        | 0.21        | 3.27        | 0.00        | 0.16  | 7.5            | 39.9          | 0.59 | 2.3             | 0.3        | 27 |
| 21 | Bal.        | 44.7        | 3.73        | 1.30        | 0.21        | 3.27        | 0.00        | 0.16  | 7.6            | 95.2          | 0.25 | 3.5             | 0.5        | 19 |
| 22 | Bal.        | 42.9        | 4.62        | 1.47        | 0.22        | 3.85        | 0.00        | 0.15  | 8.1            | 88.5          | 0.29 | 2.6             | 0.3        | 23 |
| 23 | Bal.        | 42.5        | 4.74        | 1.49        | 0.22        | 3.98        | 0.00        | 0.15  | 5.3            | 33.6          | 0.49 | 2.1             | 0.3        | 38 |
| 24 | Bal.        | 41.8        | 4.65        | 1.65        | 0.23        | 4.27        | 0.00        | 0.14  | 5.2            | 48.4          | 0.34 | 1.9             | 0.2        | 27 |
| 25 | Bal.        | 42.3        | 4.89        | 1.48        | 0.22        | 4.29        | 0.00        | 0.15  | 9.2            | 61.0          | 0.47 | 3.1             | 0.2        | 9  |
| 26 | Bal.        | 42.1        | 4.75        | 1.46        | 0.22        | 3.96        | 0.00        | 0.15  | 6.0            | 85.6          | 0.22 | 3.0             | 0.4        | 23 |
| 27 | Bal.        | 41.3        | 4.98        | 1.57        | 0.23        | 4.58        | 0.00        | 0.15  | 7.6            | 125.3         | 0.19 | 4.3             | 0.4        | 13 |
| 28 | Bal.        | 43.9        | 4.29        | 1.05        | 0.09        | 4.09        | 0.00        | 0.09  | 7.7            | 63.0          | 0.38 | 3.4             | 0.3        | 11 |

また、上述した製造方法に記載した条件で銅合金の各試料19～29を作成した。表3に示すように、概ねNi-Mn-Si化合物の各粒子の円形度は0.5以下となった。Ni-Mn-Si化合物の粒子は連続 casting 時に析出する。さらに、連続 casting 時に、Ni-Mn-Si化合物の各粒子が粒子間の隙間が埋まり切らない程度に凝集することにより、環状になると推定される。160mm/minの引抜速度で引き抜いて連続 casting 棒を形成することにより、Ni-Mn-Si化合物が析出し、凝集が可能な温度帯（900℃程度）において適度な保持時間を確保することができたものと推定される。

[0050] 表3について、各元素の含有量と円形度との相関を調査したところ、Zn

の含有量と円形度との間に最も強い正の相関（相関係数0.47）が見られた。すなわち、Znの含有量が大きいほど円形度が大きくなり、Znの含有量が小さいほどNi-Mn-Si化合物の各粒子の形状が環状となり易くなると推定できる。試料19～28は、本発明のZnの含有量の上限値48.0wt%に近いZnの含有量で作成されたものであるため、本発明のZnの含有量の範囲において環状断面のNi-Mn-Si化合物の各粒子が形成できると考えられる。また、Zn以外の元素と円形度との間には、ほぼ相関が見られなかった。従って、本発明の範囲内でMnとSiとNiの含有量を変化させても、環状断面のNi-Mn-Si化合物の各粒子が形成できると考えられる。

[0051] （４）他の実施形態：

前記実施形態においては、本発明の銅合金によってラジアル軸受1を形成した例を示したが、本発明の銅合金によって他の摺動部材を形成してもよい。例えば、本発明の銅合金によってトランスミッション用のギヤブシュやピストンピンブシュ・ボスブシュ等を形成してもよい。本発明の銅合金は、含有量の合計が5wt%以下となるように、Fe、Al、Sn、Cr、Ti、Sb、Bを含有してもよい。

[0052] また、本発明の銅合金は必ずしもNiを含有しなくてもよい。Niを含有しなくても環状かつCu-Znマトリックスよりも硬いMn-Si化合物の各粒子が形成できるからである。すなわち、Niを含有しなくても、図3Bに示すように環状断面のMn-Si化合物の粒子の内側に形成される凹部においてエンジンオイルを保持することができる。図5は、Niを含有しない銅合金の断面の写真を示す。図5に断面の写真を示す銅合金は、43.4wt%のZnを含有し、4.5wt%のMnを含有し、1.45wt%のSiを含有し、3.7wt%のBiを含有し、残部がCuと不可避不純物とからなる。図5に示すように、Niを含有しない場合でも、環状断面のMn-Si化合物の粒子が形成されることが分かった。

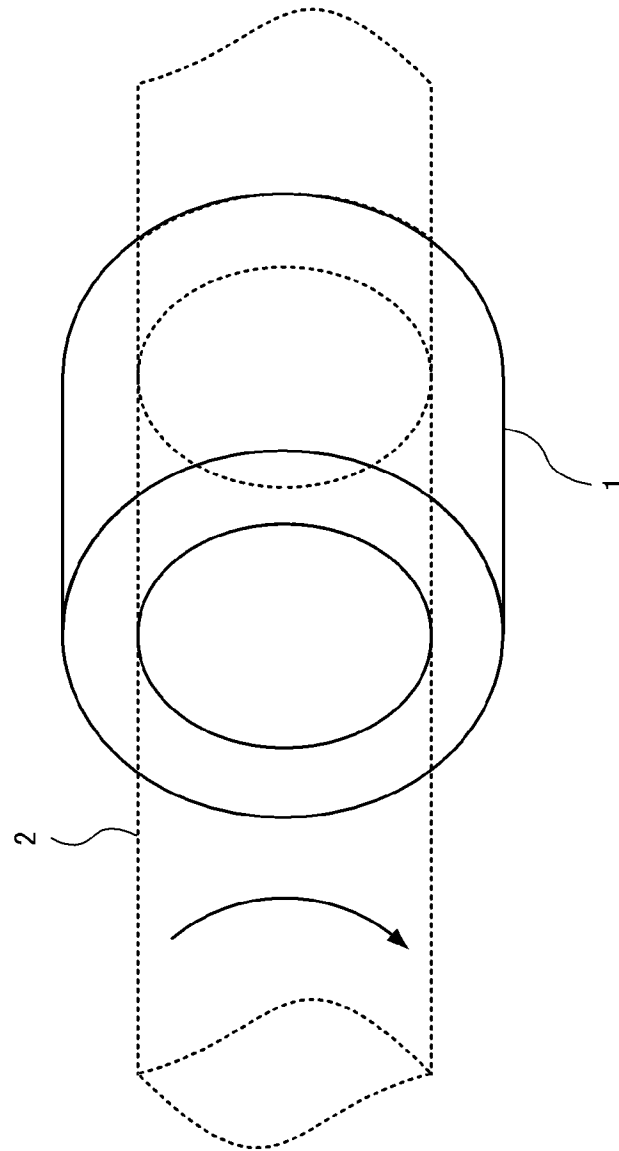
## 符号の説明

[0053] 1…ラジアル軸受、2…回転軸、A…相手軸、T…試験片。

### 請求の範囲

- [請求項1]        25.0wt%以上かつ48.0wt%以下のZnを含有し、  
                  1.0wt%以上かつ7.0wt%以下のMnを含有し、  
                  0.5wt%以上かつ3.0wt%以下のSiを含有するとともに、  
                  Mn-Si化合物の各粒子の断面積の平均値と面積が等しい円の周長を、Mn-Si化合物の各粒子の断面の周長の平均値で除算した値が0.5以下となる、  
                  ことを特徴とする銅合金。
- [請求項2]        断面において、Mn-Si化合物の粒子の内部にCu-Znマトリクスが内包されている、  
                  請求項1に記載の銅合金。
- [請求項3]        Siに対する質量の比が0.06以上かつ0.30以下となる含有量のNiを含有し、  
                  Niの一部がNi-Mn-Si化合物の粒子を構成し、Niの他の一部がCu-Znマトリクスに固溶している、  
                  請求項1または請求項2のいずれかに記載の銅合金。

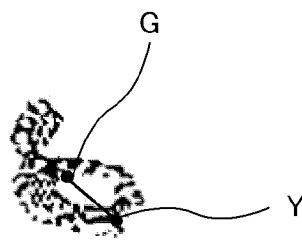
[図1]



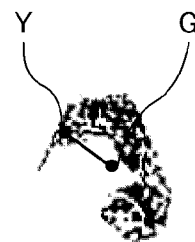
[図2]



(2A)

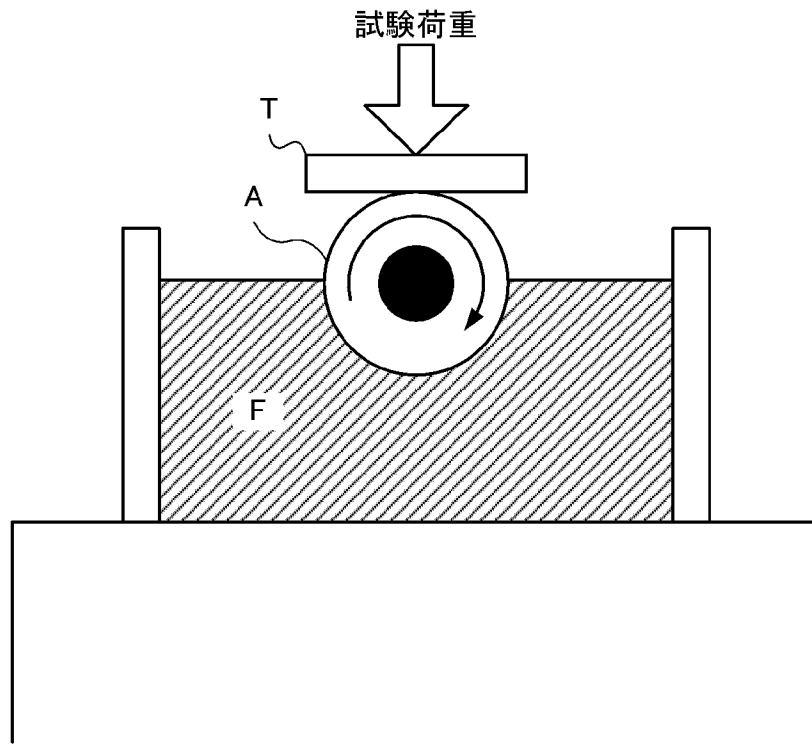


(2B)

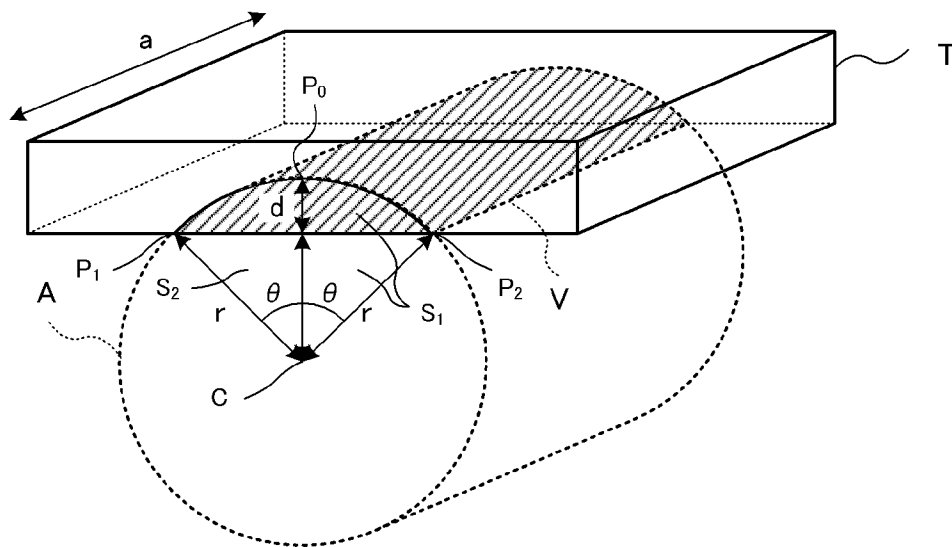


(2C)

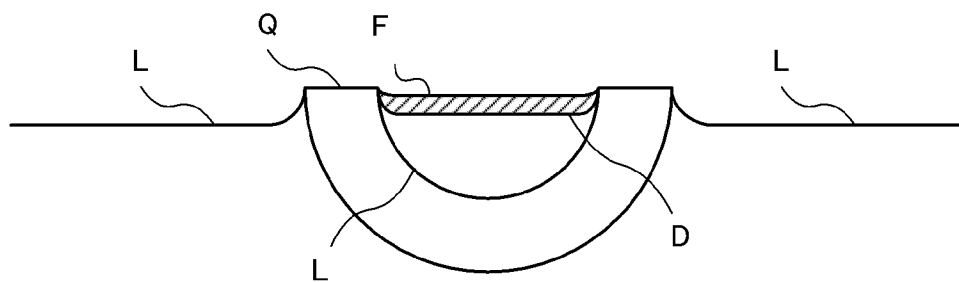
[図3]



(3A)

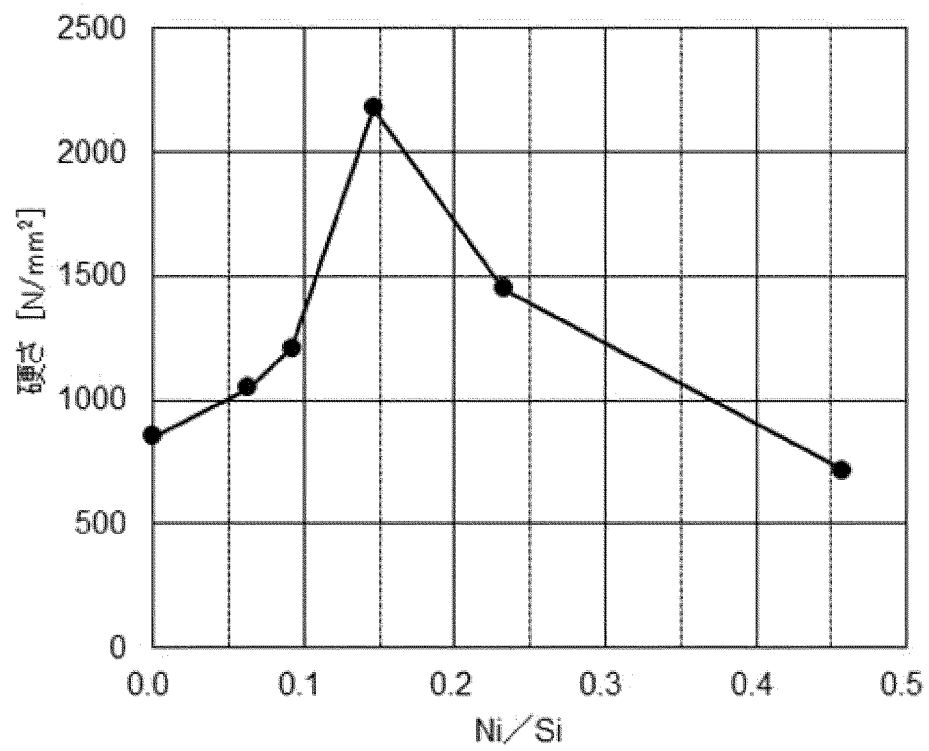


(3B)

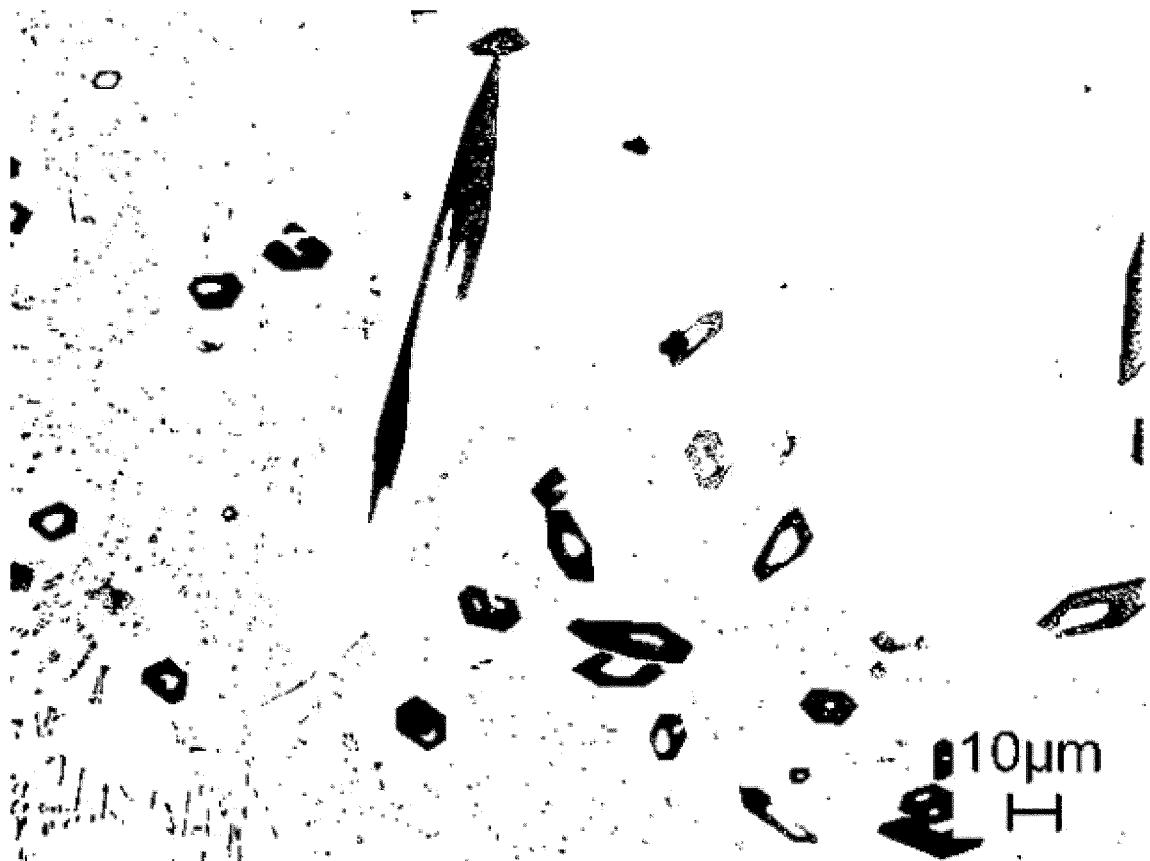


(3C)

[図4]



[図5]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/080184

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C9/04(2006.01)i, C22C30/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C9/00-9/10, C22C30/00-30/06

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

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2013 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2013 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2013 |

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

JSTPlus (JDreamIII)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                               | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | JP 11-293366 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.),<br>26 October 1999 (26.10.1999),<br>paragraph [0012]; table 1<br>(Family: none)                                                | 1, 2<br>3             |
| X<br>A    | JP 2004-137512 A (Daido Metal Co., Ltd.),<br>13 May 2004 (13.05.2004),<br>paragraph [0018]; table 1<br>& US 2004/0136860 A1 & GB 2394230 A                                       | 1, 2<br>3             |
| X<br>A    | JP 61-41738 A (Diehl GmbH & Co.),<br>28 February 1986 (28.02.1986),<br>table 1; page 6, lower right column, lines 16<br>to 20<br>& US 4676848 A & EP 175872 A1<br>& DE 3427740 A | 1, 2<br>3             |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 December, 2013 (19.12.13)

Date of mailing of the international search report  
07 January, 2014 (07.01.14)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/080184

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | JP 2008-522034 A (Diehl Metall Stiftung & Co. KG),<br>26 June 2008 (26.06.2008),<br>paragraphs [0017], [0018], [0031]<br>(Family: none)                                                                             | 1, 2<br>3             |
| X         | JP 2001-355029 A (Mitsubishi Materials Corp.),<br>25 December 2001 (25.12.2001),<br>paragraph [0010]; table 1<br>(Family: none)                                                                                     | 1-3                   |
| A         | WO 2009/048008 A1 (TOTO Ltd.),<br>16 April 2009 (16.04.2009),<br>paragraph [0032]; table 18<br>& US 2009/0263272 A1 & EP 2196549 A1<br>& WO 2009/048008 A1 & WO 2009/047919 A1<br>& CN 101541986 A & CN 101407872 A | 1-3                   |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C22C9/04(2006.01)i, C22C30/06(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C22C9/00-9/10, C22C30/00-30/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 3 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 3 年 |

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

JSTPlus (JDreamIII)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X<br>A          | JP 11-293366 A (古河電気工業株式会社) 1999. 10. 26, 【0012】、表<br>1 (ファミリーなし)                                                                                | 1, 2<br>3      |
| X<br>A          | JP 2004-137512 A (大同メタル工業株式会社) 2004. 05. 13, 【0018】、<br>表 1 & US 2004/0136860 A1 & GB 2394230 A                                                  | 1, 2<br>3      |
| X<br>A          | JP 61-41738 A (デイール、ゲゼルシャフト、ミット、ベシユレンク<br>テル、ハフツング、ウント、コンパニー) 1986. 02. 28, 表 1、第 6<br>頁右下欄 16-20 行 & US 4676848 A & EP 175872 A1 & DE 3427740 A | 1, 2<br>3      |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 1 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤代 佳

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

4 K

3 8 3 7

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                              |                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                            | 関連する<br>請求項の番号 |
| X<br>A                | JP 2008-522034 A (ディール、メタル、シュティフトゥング、ウン<br>ト、コンパニー、コマンディトゲゼルシャフト) 2008.06.26, 【0017】、<br>【0018】、【0031】 (ファミリーなし)                                                             | 1, 2<br>3      |
| X                     | JP 2001-355029 A (三菱マテリアル株式会社) 2001.12.25, 【0010】、<br>表 1 (ファミリーなし)                                                                                                          | 1-3            |
| A                     | WO 2009/048008 A1 (T O T O株式会社) 2009.04.16, 【0032】、表<br>18 & US 2009/0263272 A1 & EP 2196549 A1 & WO 2009/048008 A1 &<br>WO 2009/047919 A1 & CN 101541986 A & CN 101407872 A | 1-3            |