

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. November 2007 (08.11.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/124915 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
C22C 9/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/003688

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. April 2007 (26.04.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 019 827.1 28. April 2006 (28.04.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **WIELAND-WERKE AG** [DE/DE];
Graf-Arco-Strasse 36, 89079 Ulm (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ABABNEH, Maher**

[JO/DE]; Martinstrasse 6, 89077 Ulm (DE). **KUHN, Hans-Achim** [DE/DE]; Kirchenmähder 13, 89257 Illertissen (DE). **VOGGESER, Volker** [DE/DE]; Bayerstrasse 22, 89269 Vöhringen (DE).

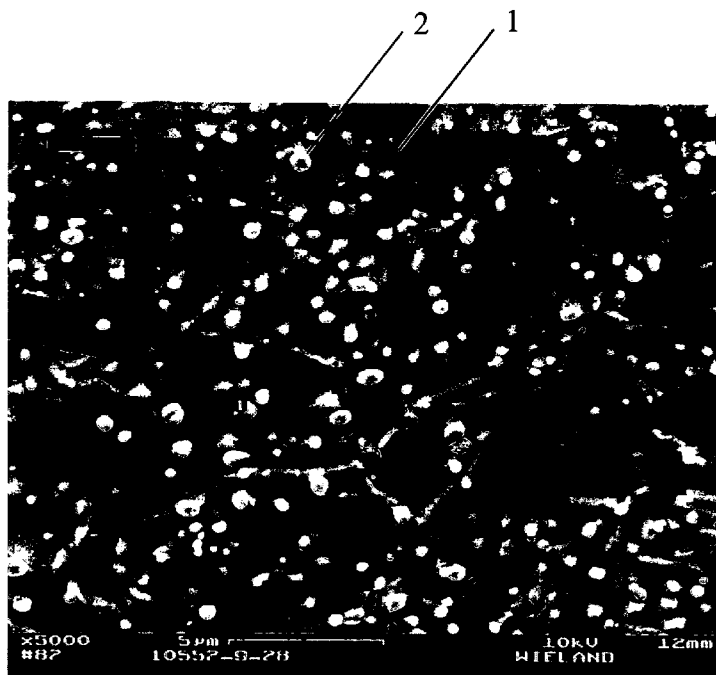
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MULTICOMPONENT COPPER ALLOY AND ITS USE

(54) Bezeichnung: KUPFER-MEHRSTOFFLEGIERUNG UND DEREN VERWENDUNG



(57) Abstract: The invention relates to a multicomponent copper alloy comprising [in % by weight]: Ni from 1.0 to 15.0%, Sn from 2.0 to 12.0%, Mn from 0.1 to 5.0%, Si from 0.1 to 3.0%, balance Cu and unavoidable impurities, if desired up to 0.5% of P, if desired individually or in combination up to 1.5% of Ti, Co, Cr, Al, Fe, Zn, Sb, if desired individually or in combination up to 0.5% of B, Zr, S, if desired up to 5% of Pb, and having Mn-Ni silicide phases which have a mass ratio of the elements [w(Mn) + w(Ni)] / w(Si) in the range from 1.8/1 to 7/1.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/124915 A2



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kupfer-Mehrstofflegierung, bestehend aus [in Gew.-%]: Ni 1,0 bis 15,0 %, Sn 2,0 bis 12,0 %, Mn 0,1 bis 5,0 %, Si 0,1 bis 3,0 %, Rest Cu sowie unvermeidbare Verunreinigungen, wahlweise bis zu 0,5 % P, wahlweise einzeln oder in Kombination bis zu 1,5 % Ti, Co, Cr, Al, Fe, Zn, Sb, wahlweise einzeln oder in Kombination bis zu 0,5 % B, Zr, S, wahlweise bis zu 5 % Pb, mit Mn-Ni-Silizidphasen, die ein Massenverhältnis der Elemente $[w(\text{Mn}) + w(\text{Ni})] / w(\text{Si})$ im Bereich von 1,8/1 bis 7/1 aufweisen.

5

Beschreibung

Kupfer-Mehrstofflegierung und deren Verwendung

10

Die Erfindung betrifft eine Kupfer-Mehrstofflegierung und deren Verwendung.

Seit langer Zeit sind Knetlegierungen auf der Basis von Kupfer-Nickel-Zinn
15 bekannt. Beispielsweise ist in der Patentschrift US 1,535,542 eine derartige
Legierung in Verbindung mit dem Ziel der Verbesserung von Materialeigen-
schaften bezüglich Korrosionsbeständigkeit, Duktilität und Formbarkeit
beschrieben.

20 Auch aus der Patentschrift US 1,816,509 sind eine Kupfer-Nickel-Zinn-Legierung
sowie ein Verfahren zur Weiterbehandlung derartiger Legierungen bekannt. Das
Verfahren beinhaltet nach dem Gießen der Legierung einen Kaltumformungspro-
zess und zum Einstellen besonderer Materialeigenschaften eine Temperaturbe-
handlung zum Homogenisieren und Auslagern der Legierung. Durch die Tem-
25 peraturbehandlung bilden sich kontinuierliche und diskontinuierliche Ausschei-
dungen unter Bildung einer weiteren γ -Phase.

Aus der Druckschrift DE 41 21 994 C2 ist ein weiteres Verfahren bekannt, mit
dem eine Kupfer-Nickel-Zinn-Legierung für Gleitelementanwendungen als Knet-
30 legierung übliche Schritte des Gießens und der Umformung durchlaufen, wobei
sich nach der letzten Kaltumformung durch eine Wärmebehandlung die γ -Phase
als kontinuierliche und diskontinuierliche Ausscheidungen bildet. Der Volumen-
anteil der gebildeten γ -Phase ist dabei von der gewählten Prozessführung bei der

Temperaturbehandlung abhängig.

Im weiteren Verlauf sind zahlreiche Untersuchungen im System der Kupfer-
5 Nickel-Zinn-Legierungen durchgeführt worden (US 4,142,918, US 4,406,712 und
WO 2005/108631 A1), um die Materialeigenschaften stetig weiterzuentwickeln.
Allerdings hat sich in der Praxis erwiesen, dass manche Eigenschaftskombinationen,
wie beispielsweise die Verschleißbeständigkeit und die Warmfestigkeit, mit
der bekannten Prozesstechnologie nicht gleichzeitig optimiert werden können.
10 Die Verbesserung einer Materialeigenschaft geht dann zu Lasten einer für
gewisse Anwendungsbereiche ebenso wichtigen anderen Eigenschaft.

Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Kupfer-Mehrstofflegierung
dergestalt weiterzubilden, dass sich sowohl eine hohe mechanische Verschleiß-
15 beständigkeit als auch eine hohe Warmfestigkeit ausbilden.

Die Erfindung wird bezüglich einer Kupfer-Mehrstofflegierung durch die Merkmale
des Anspruchs 1 und bezüglich einer Verwendung durch die Merkmale des
Anspruchs 13 wiedergegeben. Die weiteren rückbezogenen Ansprüche betreffen
20 vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung.

Die Erfindung schließt eine Kupfer-Mehrstofflegierung ein, bestehend aus
[in Gew.-%]:

25 Ni 1,0 bis 15,0 %,
Sn 2,0 bis 12,0 %,
Mn 0,1 bis 5,0 %,
Si 0,1 bis 3,0 %,

Rest Cu sowie unvermeidbare Verunreinigungen,
wahlweise bis zu 0,5 % P,
30 wahlweise einzeln oder in Kombination bis zu 1,5 % Ti, Co, Cr, Al,
Fe, Zn, Sb,
wahlweise einzeln oder in Kombination bis zu 0,5 % B, Zr, S,

wahlweise bis zu 5 % Pb,
mit Mn-Ni-Silizidphasen, die ein Massenverhältnis der Elemente
[w(Mn) + w(Ni)] / w(Si) im Bereich von 1,8/1 bis 7/1 aufweisen.

5

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, eine Kupfer-Mehrstofflegierung anzugeben, die gleichzeitig eine sehr gute Verschleißbeständigkeit und insbesondere bei der Verwendung als Gleitelement in thermisch belasteter Umgebung eine ausgezeichnete Warmfestigkeit bietet. Bei Silicium- bzw.

10

Mangangehalten über den angegebenen Maximalwerten von 3 Gew.-% bzw. 5 Gew.-% neigt die Legierung zur Versprödung, wodurch mit Schwierigkeiten bei der Weiterverarbeitung, insbesondere wegen Randrissen im Bandmaterial beim Walzen, zu rechnen ist. Ein Zusatz der Elemente Ti, Co, Cr und Fe dient zur Bildung weiterer Silizidphasen. Sb und Al kann aufgrund der Verbesserung der

15 Gleiteigenschaften bzw. der Korrosionsbeständigkeit hinzugefügt werden. Die weiteren Elemente B, Zr und S dienen zur Desoxidation der Schmelze oder liefern einen Beitrag zur Kornfeinung. Das Element Phosphor dient ebenfalls zur Desoxidation, kann jedoch auch Phosphidphasen bilden, die einen wichtigen Beitrag zur Härtesteigerung der Matrix liefern. Das Element Blei steht im

20 Zusammenhang mit der Herstellung von Gusslegierungen, in Knetlegierungen ist es eher nicht oder zu ganz geringen Anteilen vorhanden.

25

Die erfindungsgemäßen Mn-Ni-Silizidphasen, die ein Massenverhältnis der Elemente [w(Mn) + w(Ni)]/w(Si) im Bereich von 1,8/1 bis 7/1 aufweisen, dienen insbesondere der Erhöhung des Traganteils bei Gleitelementanwendungen. Es handelt sich bei diesen intermetallischen Phasen um Mischsilizide. Die erfindungsgemäße Legierung mit Mn-Ni-Silizidphasen bildet insbesondere bei etwas erhöhten Mangananteilen eine zunehmend feinere Kornstruktur aus, die prinzipiell eine vorteilhafte Steigerung der Bruchdehnung A_5 zur Folge haben.

30

Die erfindungsgemäßen Cu-Ni-Sn-Knetlegierungen sind spinodal entmischende Systeme, die sich als Lagerwerkstoffe im Motorenbau als Vollmaterial und in

Verbundgleitelementen besonders eignen. Diese Werkstoffe besitzen gute Reib- und Verschleißigenschaften sowie eine gute Korrosionsbeständigkeit. Auch die thermische Stabilität ist ausgezeichnet.

5

Mit Ni-Gehalten von 1 bis 15 Gew.-% und Sn-Gehalten von 2 bis 12 Gew.-% können bei diesen Materialien Kaltumformgrade bis zu 60 % erzielt werden. In Kombination mit Weichglühen gelingt es, für Werkstoffverbunde geeignete dünne Bänder zu produzieren. Auch können diese Legierungen im Temperaturbereich zwischen 300 und 500 °C ausgelagert werden. Hierdurch verfestigt sich das Material infolge der ablaufenden spinodalen Entmischung. Zudem können sich kontinuierliche bzw. diskontinuierliche Ausscheidungen bilden. Diese Form der Ausscheidungshärtung ist den binären Kupfer-Basislegierungen deutlich überlegen.

10

15

Gegenüber binären Kupfer-Basislegierungen und herkömmlichen Cu-Ni-Sn-Legierungen bestehen die mit der Erfindung erzielten Vorteile insbesondere darin, dass die Materialeigenschaften mittels Walzen, Homogenisierungsglühen und Auslagern optimal auf den jeweiligen Bedarf angepasst werden können. So kann beispielsweise auch eine weichere oder auch härtere Kupfer-Mehrstofflegierungsschicht durch mechanische und thermische Behandlung in Verbundgleitelementen mit härteren Materialien, beispielsweise Stahl, kombiniert werden.

20

25

Vorteilhafterweise kann der Massenanteil der Elemente die folgende Beziehung erfüllen: $[w(\text{Ni}) - w(\text{Mn}) - w(\text{Sn})] > 0$. Mit anderen Worten, der Nickelgehalt ist größer als der Zinn- und Mangangehalt zusammen, da Nickel sowohl zur Silizidbildung als auch zur spinodalen Entmischung im Idealfall zu gleichen Anteilen wie Zinn enthalten sein soll. Hierdurch bilden sich sowohl intermetallische Phasen, die den Traganteil bei Gleitlageranwendungen steigern und auch bei Steckverbindern den Verschleiß reduzieren. Parallel hierzu kann bezüglich der Matrix durch eine Temperaturbehandlung eine Härtesteigerung durch spinodale Entmischung erzielt werden.

30

In vorteilhafter Ausgestaltung kann der Massenanteil der Elemente die folgende Beziehung erfüllen: $w(\text{Mn}) > w(\text{Si})$. Ist der Mangangehalt größer als der Siliziumgehalt, wird zur Silizidbildung genügend Mangan zur Verfügung stehen.

5 Überraschenderweise wird bei einer Steigerung des Mangananteils über den Siliziumgehalt hinaus, in der Matrix eine weitere Kornfeinung festgestellt.

Vorteilhafterweise ist der Wert für die Bruchdehnung A_5 bei einer Temperatur von 400°C größer als 10 %. Demnach verhält sich die erfindungsgemäße Legierung
10 duktil. Dies ist in erster Linie auf eine Kornfeinung zurückzuführen. In einem Temperaturbereich von Raumtemperatur bis ca. 400°C liegt die Bruchdehnung auf nahezu konstantem Niveau bei 18 – 20 %. Vergleichbare Legierungen ohne Silizidanteile verhalten sich dagegen ausgesprochen spröde. Bei diesen Legierungen stellt sich unter gleichen Bedingungen ein Bruchdehnungswert von
15 8 bis 15 % ein, der allerdings bei Temperaturen ab ungefähr 300°C auf einen Wert von nur 4 % einbricht. Dieser Effekt ist analog zum sogenannten Reckalterungseffekt bei lange gelagerten oder temperaturbehandelten Stählen zu sehen. Ein vergleichbarer Versprödungseffekt ist auch bei Bronzen bekannt.

20 In bevorzugter Ausgestaltung kann die Kristallitgröße der Mn-Ni-Silizidphasen 0,1 bis 100 µm betragen. Zum Teil liegen dabei auch langgestreckte Partikel in der Matrix vor. Derartige Partikelgrößen sind besonders vorteilhaft für Gleitlageranwendungen bezüglich der jeweiligen Reibpaarung.

25 Vorteilhafterweise kann die Legierung 0,01 bis 0,06 Gew.-% P enthalten, wobei in der Matrix fein verteilte Ni-Phosphidphasen ausgebildet sind. Diese Phasen wirken härtesteigernd für die Matrix. Bereits bei einem Anteil um 100 ppm ist eine signifikante Steigerung der Härte erzielbar. Vorteilhafterweise kann die mittlere Korngröße der fein verteilten Ni-Phosphidphasen unter 100 nm liegen.

30

In besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung kann die Kupfer-Mehrstofflegierung von 0,1 bis 2,5 Gew.-% Mn und von 0,1 bis 1,5 Gew.-% Si

enthalten. Es hat sich gezeigt, dass modifizierte Cu-Ni-Sn-Varianten mit einem Si-Gehalt bis zu 1,5 Gew.-% und einem Mn-Gehalt bis 2,5 Gew.-% mit einer Verbesserung der Werkstoffeigenschaften gefertigt werden können. Weitere
5 Laborversuche wurden dazu ebenfalls bereits durchgeführt und die Grenzwerte bestätigt.

Hierdurch wird das Ziel verfolgt, eine weitere Verbesserung der Verschleißbeständigkeit von Cu-Ni-Sn-Legierungen durch die Bildung von harten intermetallischen Phasen einzustellen. Bei diesen weiteren Hartstoffphasen handelt es sich
10 um Mangan-Nickel-Silizide. Cu-Ni-Sn-Legierungen zeigen bereits als solche sehr gute Eigenschaften in Bezug auf die Gleiteigenschaften, Korrosionsbeständigkeit und Relaxationsbeständigkeit bei Raumtemperatur. Mit den gebildeten harten Phasen wird auch die Adhäsionsneigung im Bereich der Mischreibung verringert
15 und die Warmfestigkeit sowie Duktilität bei höheren Temperaturen weiter gesteigert.

Durch Kombination der zur Verschleißbeständigkeit beitragenden Gefügebestandteile in Verbindung mit einer spinodal entmischenden Legierung des
20 Systems Cu-Ni-Sn gelingt es überraschenderweise einerseits, das Einlaufverhalten zu Beginn einer Belastung durch Verschleiß zu reduzieren, andererseits erweist sich ein solcher Werkstoff aus Cu-Ni-Sn-Mn-Si eben als warmfest sowie auch ausreichend duktil.

25 Vorteilhafterweise kann die Kupfer-Mehrstofflegierung von 0,1 bis 1,6 Gew.-% Mn und von 0,1 bis 0,7 Gew.-% Si enthalten. Insbesondere wurde sichergestellt, dass bei einem Si-Gehalt bis 0,7 Gew.-% und einem Mn-Gehalt von bis 1,6 Gew.-% tatsächlich auch aus fertigungstechnischer Sicht problemlos gefertigt werden kann. Bei höheren Gehalten von Silicium und Mangan sollten seitens der
30 Gießparameter entsprechende Anpassungen im Rahmen üblicher Vorkehrungen vorgenommen werden.

Vorteilhafterweise kann die Kupfer-Mehrstofflegierung zumindest eine Temperaturbehandlung bei 300 bis 500 °C durchlaufen. Dabei verfestigt sich das Material durch die ablaufende spinodale Entmischung.

5

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung kann die Kupfer-Mehrstofflegierung zumindest eine Temperaturbehandlung bei 600 bis 800 °C durchlaufen. Durch die Temperaturbehandlung in diesem Bereich findet eine Homogenisierung statt, durch die das Material duktiler wird.

10

In besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung kann die Kupfer-Mehrstofflegierung eine Kombination aus zumindest einem Lösungsglühen bei 600 bis 800 °C und zumindest einem Auslagern bei 300 bis 500 °C durchlaufen. Dabei verfestigt sich das Material durch die ablaufende spinodale Entmischung. Durch die Temperaturbehandlung in diesem Bereich findet eine Homogenisierung statt, durch die das Material weicher wird. Durch ein Homogenisierungsglühen und der Aushärtung des Materials beim Auslagern bzw. beim Walzen lassen sich die Werkstoffeigenschaften der Kupfer-Mehrstofflegierung optimal auf den jeweiligen Bedarf anpassen.

20

In weiterer bevorzugter Ausgestaltung kann die Kupfer-Mehrstofflegierung für Gleitelemente oder Steckverbinder Verwendung finden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand des folgenden Beispiels und der in Fig. 1 gezeigten rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme näher erläutert.

25

Beispiel:

In Versuchsreihen wurden Blöcke mit verschiedenen Mn-Si-Verhältnissen gegossen und anschließend kalt weiter bearbeitet. Die untersuchten Legierungsvarianten sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Gussblöcke wurden im Temperaturbereich zwischen 700 bis 800°C homogenisiert und dann gefräst.

30

Durch mehrere Kaltumformstufen und Zwischenglühungen wurden Bänder mit Dicken zwischen 2,5 und 2,85 mm hergestellt. Die Bänder wurden kaltgewalzt und Temperaturbereich zwischen 700 bis 800°C geglüht, um ein ausreichendes Kaltumformvermögen zu erzielen.

Tabelle 1:

Cu-Ni-Sn+Mn+Si	Cu [Gew.-%]	Ni [Gew.-%]	Sn [Gew.-%]	Mn [Gew.-%]	Si [Gew.-%]
Variante 1	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	1,7 - 2,0	0,2 - 0,3
Variante 2	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	1,3 - 1,6	0,2 - 0,3
Variante 3	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	1,3 - 1,6	0,5 - 0,7
Variante 4	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	0,8 - 1,0	0,1 - 0,3
Variante 5	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	0,8 - 1,0	0,3 - 0,5
Variante 6	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	0,4 - 0,6	0,4 - 0,6
Variante 7	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	0,9 - 1,1	0,9 - 1,1
Variante 8	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	1,8 - 2,1	0,5 - 0,6
Variante 9	Rest	5,6 - 6,0	5,2 - 5,6	1,8 - 2,1	0,9 - 1,1

Erwartungsgemäß hat sich bestätigt, dass das Kaltumformvermögen der mit Siliziden modifizierten Cu-Ni-Sn-Legierung etwas geringer ist als bei einer Cu-Ni-Sn-Legierung ohne weitere Silizidphasen.

Derartige Bänder können in einem weiteren Verfahrensschritt durch Walzplattierverfahren zu einem festen Werkstoffverbund vereinigt werden. Mit Siliziden modifizierte Cu-Ni-Sn-Legierungen haben auch einen deutlich geringeren Reibungskoeffizient im Vergleich zur silizidfreien Variante. Die erfindungsgemäße Legierung eignet sich damit insbesondere als Vormaterial für den Einsatz als Gleitelement (Buchsen, Anlaufscheiben, etc) im jeweiligen Automotivebereich für Motoren, Getriebe und Hydraulik.

20

Fig. 1 zeigt eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Oberfläche einer Kupfer-Mehrstofflegierung. Deutlich zu sehen sind die relativ fein verteilten

Mangan-Nickel-Silizide 2, die in die Legierungsmatrix 1 eingebettet sind. Diese Silizide bilden sich als Erstausscheidung in der Schmelze bereits in einem Temperaturbereich um 1100 °C. Bei günstiger Wahl der Schmelzezusammen-

5 setzung werden das zur Verfügung stehende Silicium und Mangan mit einem im Überschuss vorhandenen Nickelanteil zum Silizid ausgeschieden. Der dabei im Silizid verbrauchte Nickelanteil kann für die spätere Ausbildung der Matrix durch einen höheren Nickelanteil in der Schmelze entsprechend berücksichtigt werden.

10 Die Zusammensetzung der Silizide muss dabei nicht unbedingt einer vorgegebenen Stöchiometrie entsprechen. Je nach Prozessführung, insbesondere durch die Abkühlrate bestimmt, scheiden sich ternäre intermetallische Phasen in Form der Silizide des Typs $(\text{Mn,Ni})_x\text{Si}$ aus, die im Bereich zwischen den binären Randphasen Mn_5Si_3 und Ni_2Si liegen.

15 Die mechanischen Eigenschaften von Bändern der silizidhaltigen Kupfer-Mehrstofflegierung wiesen im walzharten Zustand eine Zugfestigkeit R_m von 560 MPa und eine Streckgrenze von 480 MPa mit einer Bruchdehnung A_5 von 25% auf. Die Härte HB betrug ca. 176.

20 Nach Auslagerung der Bänder wurden eine Zugfestigkeit R_m von 715 MPa und eine Streckgrenze $R_{p0,2}$ von 630 MPa mit einer Bruchdehnung A_5 von 17 % ermittelt. Die Härte HB betrug ca. 235.

25 Fig. 2 zeigt ein Diagramm mit Messwerten zur Bruchdehnung A_5 für erfindungsgemäße Kupfer-Mehrstofflegierungen mit ausgebildeten Silizidphasen (Kurven D E) und gattungsgemäße herkömmliche Kupfer-Mehrstofflegierungen (Kurven A, B, C) ohne Silizidphasen. Die unterschiedlichen Bruchdehnungswerte bei Raumtemperatur sind auf eine unterschiedliche Auslagerungstemperatur im Bereich

30 zwischen 300 bis 500 °C zurückzuführen. Bei Temperaturen ab ca. 250°C sinkt der Wert für die Bruchdehnung A_5 bei allen Proben, bei denen keine Silizidphasen ausgebildet sind, unter 10 %. Nur bei erfindungsgemäßen Legierungen

verbleibt dieser Wert über den gesamten Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 400°C deutlich größer als 10 %. Im vorliegenden Falle sogar über 15 %. Die erfindungsgemäße Legierung ist demnach weitaus duktiler als die

5 bisher bekannten vergleichbaren Legierungen ohne Mangan und Silicium.

Patentansprüche

5

1. Kupfer-Mehrstofflegierung, bestehend aus [in Gew.-%]:

Ni 1,0 bis 15,0 %,

Sn 2,0 bis 12,0 %,

Mn 0,1 bis 5,0 %,

10

Si 0,1 bis 3,0 %,

Rest Cu sowie unvermeidbare Verunreinigungen,

wahlweise bis zu 0,5 % P,

wahlweise einzeln oder in Kombination bis zu 1,5 % Ti, Co, Cr, Al,

Fe, Zn, Sb,

15

wahlweise einzeln oder in Kombination bis zu 0,5 % B, Zr, S,

wahlweise bis zu 5 % Pb,

mit Mn-Ni-Silizidphasen, die ein Massenverhältnis der Elemente

$[w(\text{Mn}) + w(\text{Ni})]/w(\text{Si})$ im Bereich von 1,8/1 bis 7/1 aufweisen.

20

2. Kupfer-Mehrstofflegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenanteil der Elemente die folgende Beziehung erfüllt:

$[w(\text{Ni}) - w(\text{Mn}) - w(\text{Sn})] > 0$.

25

3. Kupfer-Mehrstofflegierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Massenanteil der Elemente die folgende Beziehung erfüllt: $w(\text{Mn}) > w(\text{Si})$.

30

4. Kupfer-Mehrstofflegierung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert für die Bruchdehnung A_5 bei einer Temperatur von 400°C größer als 10 % ist.

5. Kupfer-Mehrstofflegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kristallitgröße der Mn-Ni-Silizidphasen 0,1 bis 100 μm beträgt.
- 5
6. Kupfer-Mehrstofflegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass diese 0,01 bis 0,06 % P enthält, wobei in der Matrix fein verteilte Ni-Phosphidphasen ausgebildet sind.
- 10
7. Kupfer-Mehrstofflegierung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Korngröße der fein verteilten Ni-Phosphidphasen unter 100 nm liegt.
- 15
8. Kupfer-Mehrstofflegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass diese von 0,1 bis 2,5 % Mn und von 0,1 bis 1,5 % Si enthält.
- 20
9. Kupfer-Mehrstofflegierung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass diese von 0,1 bis 1,6 % Mn und von 0,1 bis 0,7 % Si enthält.
- 10.
10. Kupfer-Mehrstofflegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass diese zumindest eine Temperaturbehandlung bei 300 bis 500 $^{\circ}\text{C}$ durchlaufen hat.
- 25
11. Kupfer-Mehrstofflegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass diese zumindest eine Temperaturbehandlung bei 600 bis 800 $^{\circ}\text{C}$ durchlaufen hat.
- 30
12. Kupfer-Mehrstofflegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine Kombination aus zumindest einem Lösungsglühen bei 600 bis 800 $^{\circ}\text{C}$ und zumindest einem Auslagern bei 300 bis 500 $^{\circ}\text{C}$ durchlaufen hat.

13. Verwendung der Kupfer-Mehrstofflegierung nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 12 für Gleitelemente oder Steckverbinder.

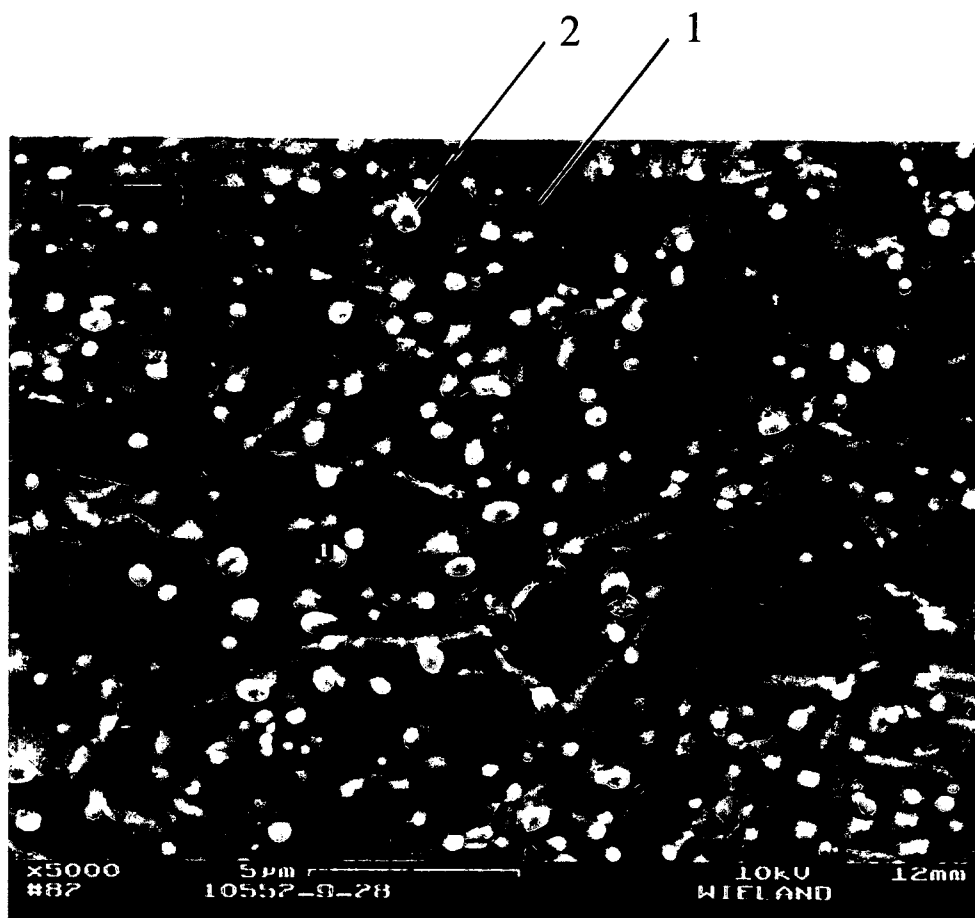


Fig. 1

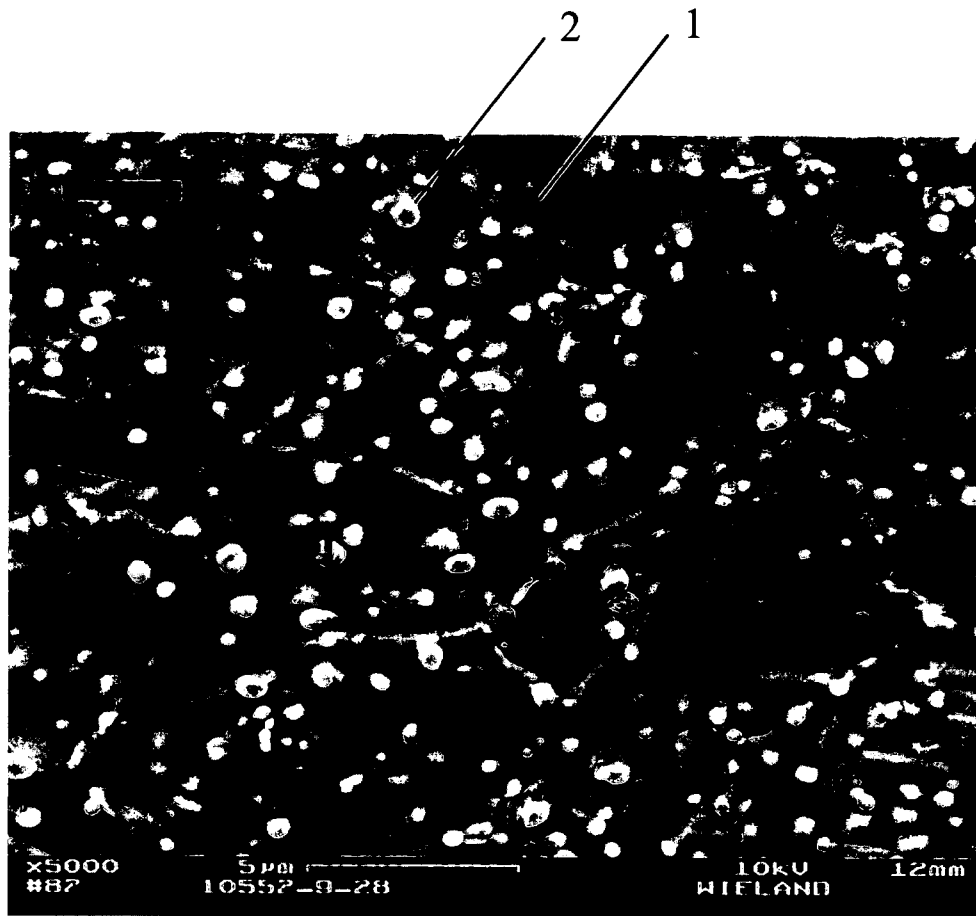


Fig. 1

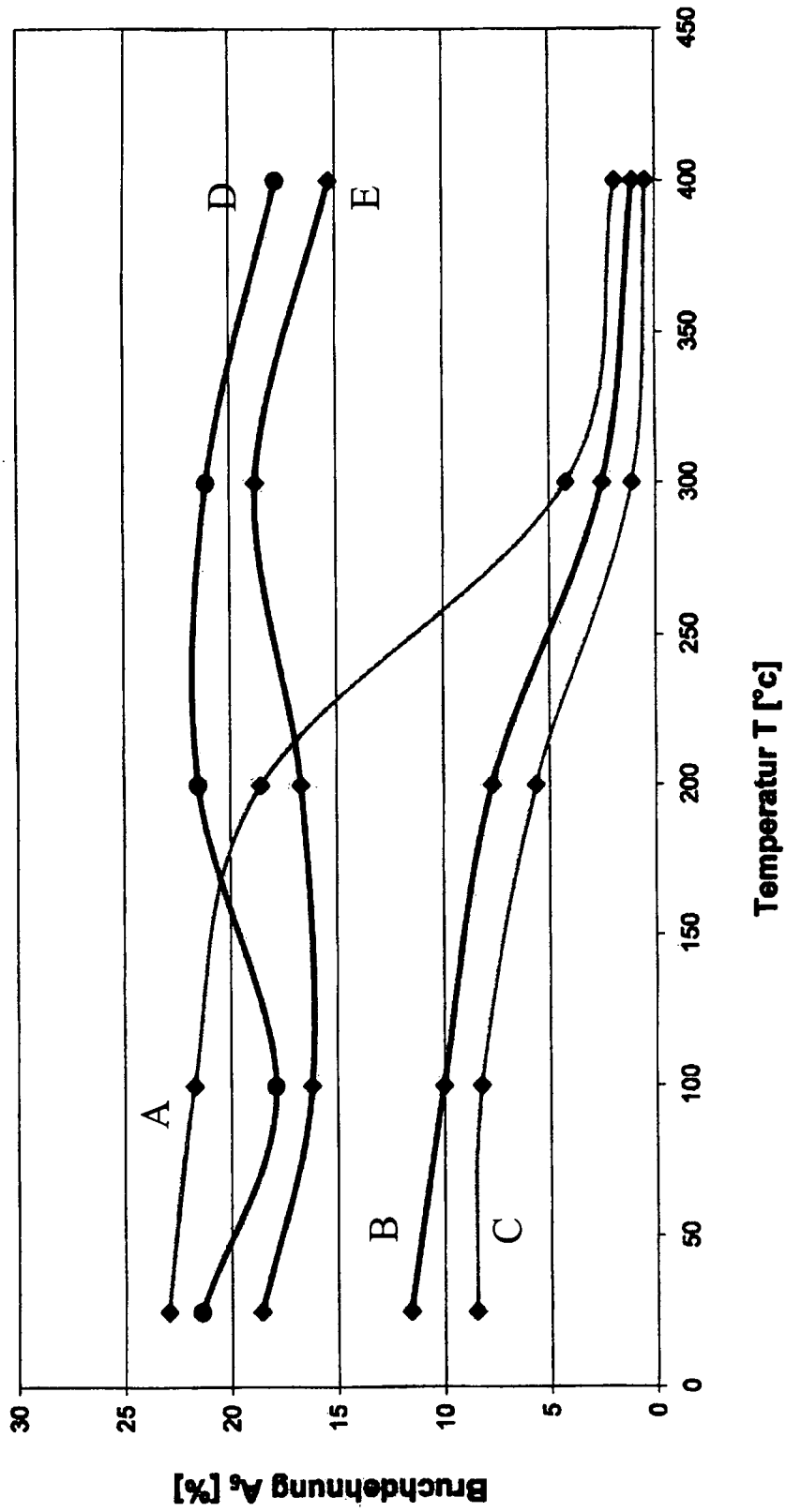


Fig. 2