



(10) **DE 10 2020 002 524 A1** 2021.10.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 002 524.2**

(22) Anmeldetag: **25.04.2020**

(43) Offenlegungstag: **28.10.2021**

(51) Int Cl.: **C22C 9/04 (2006.01)**

C22C 9/05 (2006.01)

(71) Anmelder:

Wieland-Werke Aktiengesellschaft, 89079 Ulm, DE

(72) Erfinder:

Altenberger, Igor, Dr., 89231 Neu-Ulm, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 59 949	C1
DE	198 01 074	A1
US	4 166 739	A
JP	H03- 264 630	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Mangan- und aluminiumhaltige Kupfer-Zink-Legierung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kupfer-Zink-Legierung mit folgender Zusammensetzung in Gew.-%:

...

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine mangan- und aluminiumhaltige Kupfer-Zink-Legierung.

[0002] Cu-Zn-Al und Cu-Al-Mn-Legierungen sind aus dem Stand der Technik bekannt, z.B. als Form-Gedächtnis-Legierungen (Shape-Memory-Legierungen) oder Heusler-Legierungen. Hierbei weisen Cu-Al-Mn-Legierungen in der Regel höhere Festigkeiten als Cu-Zn-Al-Legierungen auf. Cu-Al-Mn-Legierungen mit hohen Mangangehalten, aber geringen Al-Gehalten sind gut warmumformbar, ihre Zug- und Druckfestigkeit ist jedoch auf 800 bis 1000 MPa beschränkt. CuMn31Al6 weist beispielsweise eine Zug- und Druckfestigkeit von 800 MPa auf. Hohe Al-Gehalte in Cu-Al-Mn-Legierungen führen zwar zu hohen Druckfestigkeiten von über 1500 MPa, aber auch zu einer Verschlechterung der Warmumformbarkeit, so dass diese Legierungen nur unter großem Aufwand warmumformbar sind.

[0003] Quaternäre Cu-Zn-Mn-Al-Legierungen sind weniger bekannt. Bei Mn- und Al-Anteilen von jeweils unter 10 Gew.-% sind quaternäre Cu-Zn-Mn-Al-Legierungen in der Festigkeit, Härte und Verschleißbeständigkeit beschränkt. CuZn23Mn6Al6 weist im Gusszustand eine Härte von 262 HV0.1 auf. CuZn23Mn10Al8 erreicht im warmgewalzten und ausgelagerten Zustand eine Zug- und Druckfestigkeit von ca. 660 MPa und eine Härte von 466 HV0.1.

[0004] Aus der Druckschrift US 4,166,739 ist eine Legierung mit 70 bis 82 Gew.-% Kupfer, 6 bis 10 Gew.-% Aluminium, 0,1 bis 24 Gew.-% Zink und 0,1 bis 12 Gew.-% Mangan bekannt. Es handelt sich um eine Form-Gedächtnis-Legierung. Die Legierung ist sehr duktil.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine kostengünstige, leichte und sehr verschleißbeständige Legierung mit hoher Härte bereitzustellen. Ferner soll die Legierung warmumformbar sein.

[0006] Die Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 wiedergegeben. Die weiteren rückbezogenen Ansprüche betreffen vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung.

[0007] Die Erfindung schließt eine Kupfer-Zink-Legierung mit folgender Zusammensetzung in Gew.-% ein:

Zn:	25,0 bis 32,0 %
Mn:	20,0 bis 27,0 %
Al:	11,0 bis 14,0 %
optional Fe:	0,05 bis 5,0 %
optional Cr:	0,02 bis 2,0 %
optional Ni:	0,02 bis 2,0 %
optional Ti:	0,01 bis 0,5 %
optional B:	0,002 bis 0,15 %
optional C:	0,001 bis 0,1 %
optional Ca:	0,01 bis 0,1 %

Rest Cu sowie unvermeidbare Verunreinigungen.

[0008] Um eine Kupferlegierung mit einer Härte von 780 HV0.1 bei gleichzeitig geringer Dichte zu erhalten, muss der Zink-Anteil mindestens 25 Gew.-%, der Mangan-Anteil mindestens 20 Gew.-% und der Aluminium-Anteil mindestens 11 Gew.-% betragen. Die Dichte der Kupferlegierung liegt bei maximal 6500 kg/m³, typischerweise bei 6250 kg/m³. Damit die Legierung noch mittels Strangpressen warmumgeformt werden kann, darf der Zink-Anteil nicht größer als 32 Gew.-%, der Mangan-Anteil nicht größer als 27 Gew.-% und der Aluminium-Anteil nicht größer als 14 Gew.-% sein. Das Warmumformen findet bei einer Temperatur zwischen 700 und 800 °C statt. In diesem Temperaturbereich weist die Legierung eine einphasige, kubisch-raumzentrierte Kristallstruktur auf. Diese Kristallstruktur erlaubt in dem genannten Temperaturbereich ein prozesssicheres Warmumformen bei moderater Umformgeschwindigkeit.

[0009] Die Legierung weist viele besondere Eigenschaften auf. Sie erreicht eine Vickers-Härte von bis zu 790 HV0.1. Dies entspricht über 63 HRC (Härte Rockwell). Diese große Härte des Materials hat eine hohe

Verschleißbeständigkeit zur Folge. Die Legierung zeichnet sich ferner durch eine sehr hohe Druckfestigkeit von ungefähr 1600 MPa aus. Dies ist ungefähr doppelt so viel wie die Druckfestigkeit von Gusseisen. Die 0,2 %-Stauchgrenze liegt bei 1500 MPa, die Zugfestigkeit bei ungefähr 250 MPa. Die Legierung besitzt ein E-Modul von ungefähr 185 GPa, was dem Niveau von Cr-Ni-Edelstahl entspricht. Werkstoffe aus dieser Legierung sind ferromagnetisch, so dass sich magnetische Halterungen an Bauteilen aus solchen Werkstoffen befestigen lassen.

[0010] Die optionalen Legierungselemente Fe, Cr, Ni, Ti, B, C und Ca bewirken eine Kornfeinung der Legierung.

[0011] In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung kann der Zn-Anteil mindestens 28,0 Gew.-% betragen. Eine Erhöhung des Zink-Anteils auf Kosten des Kupfer-Anteils macht die Legierung günstiger. Zink reduziert, ebenso wie Mangan, die Dichte der Legierung, wenn auch in geringerem Maße als Aluminium. Zink verbessert auch die Warmumformbarkeit.

[0012] Vorteilhafterweise kann der Mn-Anteil mindestens 23,0 Gew.-% betragen. Mangan stabilisiert die kubisch-raumzentrierte Kristallstruktur. Hierdurch wird die Warmumformbarkeit verbessert. Mangan vermindert zudem den Preis der Legierung und deren Dichte.

[0013] Ferner kann in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung der Al-Anteil mindestens 12,0 Gew.-% betragen. Ein hoher Al-Anteil führt zu einer Reduzierung der Dichte der Legierung. Al hat zudem eine besonders stark festigkeitssteigernde Wirkung, welche erheblich höher ist als der Effekt durch Mangan. CuZnMnAl-Legierungen haben deshalb erheblich höhere Festigkeiten als beispielsweise CuZnMn-Legierungen.

[0014] Vorteilhafterweise kann der Al-Anteil der Legierung so gewählt werden, dass er nicht größer als ein Viertel der Summe der Anteile von Zn und Mn ist. Die so ausgewählten Legierungen zeichnen sich durch eine besonders vorteilhafte Kombination von Festigkeit, Härte, Dichte und Warmumformbarkeit aus.

[0015] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung können der Zn-Anteil 30,0 bis 31,5 Gew.-%, der Mn-Anteil 25,0 bis 26,5 Gew.-% und der Al-Anteil 12,0 bis 13,5 Gew.-% betragen. Bei dieser Zusammensetzung der Legierung ergeben sich besonders günstige Eigenschaften im Hinblick auf Verschleißbeständigkeit, Dichte, Kosten und Warmumformbarkeit.

[0016] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann die Kupfer-Zink-Legierung im Gusszustand bei Raumtemperatur ein Gefüge aufweisen, das aus einer Cu-Zn-reichen γ -Phase, einer kubischen Mischkristallphase in der Struktur des β -Mangans, einer Al-Cu-reichen δ -Phase und einer Al_8Mn_5 -Phase besteht. Ein solches Gefüge wandelt sich bei Temperaturen zwischen 700 und 800 °C in ein einphasiges Gefüge um, das nur aus einer kubisch-raumzentrierten β -Mischkristallphase besteht. Dieses einphasige Gefüge ist bei niedrigen bis moderaten Umformgeschwindigkeiten hinreichend gut warmumformbar, insbesondere strangpressbar. Bevorzugt kann die Cu-Zn-reiche γ -Phase einen Volumen-Anteil von ungefähr 40 % aufweisen.

[0017] Die Kupfer-Zink-Legierung kann vorteilhafterweise zur Herstellung von Halbzeug verwendet werden, wobei das Halbzeug warmumgeformt ist, also einem Warmumformschritt unterzogen wurde. Die Warmumformung kann insbesondere ein Strangpressen sein.

[0018] Alternativ kann die Kupfer-Zink-Legierung auch zur Beschichtung eines Bauteils verwendet werden. Die Beschichtung kann beispielsweise durch thermisches Spritzen aufgebracht werden. Da sich die Legierung insbesondere durch eine hohe Verschleißbeständigkeit auszeichnet, kommen als Bauteile insbesondere Werkzeuge und Gleitelemente in Betracht.

[0019] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0020] Es wurde ein Werkstoff aus einer Legierung mit der Zusammensetzung CuZn31Mn26Al13 wie folgt hergestellt: Die Legierung wurde in einem Tammann-Ofen unter Verwendung der binären Kupfer-Vorlegierungen CuZn, CuMn und CuAl erschmolzen. Die Schmelze wurde mit Graphit abgedeckt. Die Legierung wurde in Form eines Bolzens abgegossen.

[0021] In gleicher Weise wurden Vergleichswerkstoffe im Gusszustand mit einer Zusammensetzung gemäß Tabelle 1 hergestellt. Tabelle 1 dokumentiert die an den Werkstoffen gemessenen Härtewerte.

Tabelle 1: Werkstoffvarianten und Härtewerte

Werkstoff	Härte HV0.1
CuZn31Mn26Al13	790
CuZn23 Mn6Al6 (Vergleichswerkstoff)	262
CuZn23Mn10Al8 (Vergleichswerkstoff)	466
CuZn31Mn10Al8 (Vergleichswerkstoff)	576
CuZn31 Mn26Al8 (Vergleichswerkstoff)	665

[0022] Tabelle 1 dokumentiert die außergewöhnlich große Härte des Werkstoffs CuZn31 Mn26Al13. Gegenüber dem Werkstoff CuZn31Mn26Al8 weist er eine um 19 % größere Härte auf. Gleichzeitig ist er noch warmumformbar: Der gegossene Bolzen kann in einem Ofen mit Gaskonvektion aufgeheizt und anschließend mit moderater Pressgeschwindigkeit durch eine konische Matrize extrudiert werden. Das Verhältnis zwischen der Querschnittsfläche des Bolzens und Querschnittsfläche des extrudierten Produkts liegt im Bereich von 5 bis 10.

[0023] Die große Härte des Werkstoffs CuZn31Mn26Al13 führt zu herausragenden Verschleißigenschaften. Dies wurde in einem tribologischen Dauerlaufest, der unter Verwendung eines Scheibe-Platte-Tribometers durchgeführt wurde, bestätigt. Bei der aus CuZn31Mn26Al13 hergestellten Probe wurde nahezu keine verschleißbedingte Gewichtsabnahme am Probenkörper festgestellt während an Vergleichsproben aus typischen Werkstoffen für Gleitelemente signifikante Gewichtsabnahmen festgestellt wurden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 4166739 [0004]

Patentansprüche

1. Kupfer-Zink-Legierung mit folgender Zusammensetzung in Gew.-%:

Zn:	25,0 bis 32,0 %
Mn:	20,0 bis 27,0 %
Al:	11,0 bis 14,0 %
optional Fe:	0,05 bis 5,0 %
optional Cr:	0,02 bis 2,0 %
optional Ni:	0,02 bis 2,0 %
optional Ti:	0,01 bis 0,5 %
optional B:	0,002 bis 0,15 %
optional C:	0,001 bis 0,1 %
optional Ca:	0,01 bis 0,1 %

Rest Cu sowie unvermeidbare Verunreinigungen.

2. Kupfer-Zink-Legierung nach Anspruch 1, wobei der Zn-Anteil mindestens 28,0 Gew.-% beträgt.
3. Kupfer-Zink-Legierung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Mn-Anteil mindestens 23,0 Gew.-% beträgt.
4. Kupfer-Zink-Legierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Al-Anteil mindestens 12,0 Gew.-% beträgt.
5. Kupfer-Zink-Legierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Al-Anteil nicht größer als ein Viertel der Summe der Anteile von Zn und Mn ist.
6. Kupfer-Zink-Legierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zn-Anteil 30,0 bis 31,5 Gew.-%, der Mn-Anteil 25,0 bis 26,5 Gew.-% und der Al-Anteil 12,0 bis 13,5 Gew.-% beträgt.
7. Kupfer-Zink-Legierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Legierung im Gusszustand bei Raumtemperatur ein Gefüge aufweist, das aus einer Cu-Zn-reichen γ -Phase, einer kubischen Mischkristallphase in der Struktur des β -Mangan, einer Al-Cu-reichen δ -Phase und einer Al_8Mn_5 -Phase besteht.
8. Halbzeug aus einer Kupfer-Zink-Legierung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halbzeug warmumgeformt, insbesondere stranggepresst, ist.
9. Bauteil mit einer Beschichtung aus einer Kupfer-Zink-Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

Es folgen keine Zeichnungen