

(19)



(11)

**EP 1 815 033 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**17.06.2015 Patentblatt 2015/25**

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

(21) Anmeldenummer: **05813327.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/012824**

(22) Anmeldetag: **01.12.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/058744 (08.06.2006 Gazette 2006/23)**

**(54) VERWENDUNG EINER KUPFER-ZINK-LEGIERUNG**

USE OF A COPPER-ZINC ALLOY

UTILISATION D'UN ALLIAGE CUIVRE-ZINC

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(74) Vertreter: **Diehl Patentabteilung**  
**c/o Diehl Stiftung & Co. KG**  
**Stephanstrasse 49**  
**90478 Nürnberg (DE)**

(30) Priorität: **02.12.2004 DE 102004058318**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DD-A1- 270 931 DE-A1- 2 919 478**  
**GB-A- 2 011 947 US-A- 3 773 504**  
**US-A- 4 676 848 US-A- 4 851 191**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.08.2007 Patentblatt 2007/32**

(73) Patentinhaber: **Diehl Metall Stiftung & Co. KG**  
**90552 Röthenbach (DE)**

• **WAHEED A ET AL: "MICROSTRUCTURE AND WEAR OF SOME HIGH-TENSILE BRASSES"**  
**JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, SPRINGER / BUSINESS MEDIA, DORDRECHT, NL, Bd. 29, Nr. 6, 15. März 1994 (1994-03-15), Seiten 1692-1699, XP000433027 ISSN: 0022-2461**

(72) Erfinder:  
• **GAAG, Norbert**  
**91207 Lauf (DE)**  
• **DEHNELT, Alexander**  
**90403 Nürnberg (DE)**

**EP 1 815 033 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Verwendung einer Kupfer-Zink-Legierung gemäß Anspruch 1.

**[0002]** Für eine Ventilführung in einem Verbrennungsmotor werden Kupfer-Zink-Legierungen oder Sinterstahl-Legierungen verwendet. Beispielsweise aus der DD 270 931 A1 ist eine solche Kupfer-Zink-Legierung bekannt. Die Eigenschaften der Cu-Zn-Legierungen genügen jedoch nicht mehr den Anforderungen, die an eine solche Ventilführung gestellt werden, die in den neuen FSI-Motoren eingesetzt werden soll. In diesen Motoren kann die Arbeitstemperatur der Ventilführungen 300°C erreichen und überschreiten. Die derzeit verwendeten Kupfer-Zink-Legierungen erweichen jedoch bei diesen Temperaturen. Ein vergleichbarer, nachteiliger Effekt wird auch bei Sinterstahllegierungen beobachtet. Sinterstahllegierungen erweichen ebenfalls bei Temperaturen oberhalb 300°C, wobei außerdem die Härte stark variiert. Im Übrigen ist der Herstellungsaufwand für Sinterstahllegierungen in Folge des pulvermetallurgischen Herstellungsverfahrens hoch.

**[0003]** In Erkenntnis dieser Gegebenheiten liegt vorliegender Erfindung deshalb die Problemstellung zugrunde, eine Kupfer-Zink-Legierung für eine Verwendung als Ventilführung bereitzustellen, wobei die Kupfer-Zink-Legierung den Anforderungen an Materialien für Ventilführungen genügt, insbesondere bei erhöhten Temperaturen und einfach herzustellen ist.

**[0004]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Verwendung einer Kupfer-Zink-Legierung für eine Ventilführung gemäß Anspruch 1.

**[0005]** Damit wird also eine neue Verwendung für eine Kupfer-Zink-Legierung angegeben. Eine ähnliche Legierung gemäß der DE 29 19 478 C2 wird als Synchronring-Legierung eingesetzt und weist einen hohen Reibungsbeiwert bzw. -koeffizient auf. Bislang wurde ein hoher Reibungsbeiwert als Hinderungsgrund für die Verwendung eines Materials als Ventilführung angesehen, da hierfür die Reibbeanspruchung möglichst gering sein soll.

**[0006]** Neben einer guten Temperaturbeständigkeit hat sich gezeigt, dass die angegebene Kupfer-Zink-Legierung eine überraschend hohe Warmfestigkeit aufweist, die in Kombination mit ihrem guten Verschleißwiderstand eine Verwendung als Ventilführung überhaupt erst ermöglicht. Diese überraschende Kombination von Materialeigenschaften bietet die Möglichkeit, die bekannte Legierung in neuer Art und Weise als Ventilführung zu verwenden. Die Verwendung als Ventilführung in modernen Motoren erfordert die Kombination von hoher Temperaturbeständigkeit oberhalb 300°C mit gutem Verschleißwiderstand, der in Folge von auf die Ventilstößel wirkenden Querkräften notwendig ist. In Folge dieser übrigen überragenden Eigenschaften ist der hohe Reibungskoeffizient vernachlässigbar. Damit setzt sich die Erfindung über ein bislang in der Fachwelt verbreitetes Vorurteil hinweg.

**[0007]** Dem Erfordernis der guten und einfachen Herstellbarkeit wird dadurch Rechnung getragen, dass die Ventilführungen in Stangenform durch halb- oder vollkontinuierlichen Strangguss, Strangpressen und Ziehen, also durch Warm- und Kaltverformung, herstellbar sind.

**[0008]** Die Legierung weist ein Gefüge auf, das einen  $\alpha$ -Mischkristall-Anteil und einen  $\beta$ -Mischkristall-Anteil beinhaltet.

**[0009]** In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst die Kupfer-Zink-Legierung für die Verwendung als Ventilführung 70 bis 73 % Kupfer, 6 bis 8 % Mangan, 4 bis 6 % Aluminium, 1 bis 4 % Silizium, 1 bis 3 % Eisen, 0,5 bis 1,5 % Blei, 0 bis 0,2 % Nickel, 0 bis 0,2 % Zinn, Rest Zink sowie unvermeidbare Verunreinigungen.

**[0010]** Das Gefüge der weitergebildeten und gemäß der DE 29 19 478 C2 hergestellten Legierung besteht aus einer Alpha- und  $\beta$ -Mischkristallmatrix mit bis zu 60 bis 85 %  $\alpha$ -Phase, wobei die kubisch-raumzentrierte  $\beta$ -Phase die Grundmatrix darstellt, in der die kubisch-flächenzentrierte  $\alpha$ -Phase überwiegend feindispers verteilt ist. Im Gefüge können auch harte intermetallische Verbindungen beispielsweise Eisen-Mangan-Silizide enthalten sein. Die Alphaphase bestimmt die Beständigkeit der Legierung.

**[0011]** Ventilführungen aus dieser Legierung weisen einen überraschend hohen Verschleißwiderstand auf, der sogar deutlich höher ist, als der von Sinterstahl. Besonders der Trockenreibverschleiß bei Ventilführungen aus besagter Legierung ermöglicht den Einsatz in Motoren, die "reinere" Kraftstoffe benötigen, also solche die blei- oder schwefelfrei sind, da in Folge des Nichtvorhandenseins dieser Additive eine zusätzliche verschleißmindernde Wirkung entfällt. Die ist insbesondere bei Temperaturen um 300°C, der Arbeitstemperatur der Ventilführungen in FSI-Motoren, besonders vorteilhaft.

**[0012]** Ein weiterer Vorteil in der Verwendung dieser Legierung als Ventilführung besteht darin, dass im angestrebten Arbeitsbereich oberhalb 300°C, ein stabiles Härteniveau erreicht wird, da eine Erweichung der Legierung erst oberhalb von 430°C eintritt, wogegen die Erweichung von bislang verwendeten Kupfer-Zink-Legierungen schon ab 150°C beginnt. Der damit einhergehende Härteabfall tritt ab 150°C ebenso auf, wie der Härteabfall bei Sinterstahl-Legierungen ab 300°C.

**[0013]** In einer bevorzugten Alternative wird die Verwendung einer Kupfer-Zink-Legierung beansprucht, wobei die Legierung 69,5 bis 71,5 % Kupfer, 6,5 bis 8 % Mangan, 4,5 bis 6 % Aluminium, 1 bis 2,5 % Silizium, 1 bis 2,5 % Eisen, 0,5 bis 1 % Blei, 0 bis 0,2 % Nickel, 0 bis 0,2 % Zinn, Rest Zink sowie unvermeidbare Verunreinigungen umfasst.

**[0014]** Das Gefüge der in üblicher Weise hergestellten Legierung weist eine  $\alpha$ - und  $\beta$ -Mischkristallmatrix mit bis zu 80 % feindispers verteilter Alphaphase auf. Darüber hinaus können harte intermetallische Verbindungen, beispielsweise Fe-Mn-Silizide enthalten sein.

**[0015]** Die Verwendung der besagten Legierung als Ventilführung ist besonders vorteilhaft, da sie eine Warmzugfestigkeit aufweist, die einen doppelt so hohen Betrag hat, wie sie herkömmliche Kupfer-Zink-Legierungen, die bislang als Ventilführung eingesetzt wurden, besitzen. Weitere vorteilhafte Eigenschaften sind eine hohe Erweichungstemperatur, eine hohe Festigkeit und eine hohe Verschleißbeständigkeit.

**[0016]** Vorteilhafterweise wird für Ventilführungen eine Kupfer-Zink-Legierung verwendet, wobei die Legierung 60 bis 61,5 % Kupfer, 3 bis 4 % Mangan, 2 bis 3 % Aluminium, 0,3 bis 1 % Silizium, 0,2 bis 1 % Eisen, 0 bis 0,5 % Blei, 0,3 bis 1 % Nickel, 0 bis 0,2 % Zinn, Rest Zink sowie unvermeidbare Verunreinigungen umfasst.

**[0017]** Das Gefüge besagter und entsprechend hergestellter Legierung weist eine Grundmasse von  $\beta$ -Mischkristallen auf, in die nadel- und bandförmige  $\alpha$ -Ausscheidungen, eingebettet sind. In dem Gefüge können ebenfalls regellos disperse Mangan-Eisen-Silizide enthalten sein.

**[0018]** Ventilführungen aus dieser Legierung weisen einen hohen Verschleißwiderstand auf, der sogar deutlich höher ist, als der von Sinterstahl. Besonders der Trockenreibverschleiß bei Ventilführungen aus besagter Legierung ermöglicht den Einsatz in Motoren, die "reinere" Kraftstoffe benötigen, also solche die blei- oder schwefelfrei sind, da in Folge des Nichtvorhandenseins dieser Additive eine zusätzliche verschleißmindernde Wirkung entfällt. Die ist insbesondere bei Temperaturen um 300°C, der Arbeitstemperatur der Ventilführungen in FSI-Motoren, besonders vorteilhaft.

**[0019]** Weitere, für die Verwendung als Ventilführung vorteilhafte Eigenschaften der besagten Legierung sind eine hohe Erweichungstemperatur und eine hohe Warmzugfestigkeit.

**[0020]** In einer vorteilhaften Weiterbildung wird für Ventilführungen eine Kupfer-Zink-Legierung verwendet, die zusätzlich wenigstens eines der folgenden Elemente mit einer Konzentration  $\leq 0,05$  % Chrom,  $\leq 0,05$  % Titan,  $\leq 0,05$  % Zirkon umfasst.

**[0021]** Mehrere Ausführungsbeispiele werden anhand der nachstehenden Beschreibung und anhand Tabelle 1 näher erläutert.

**[0022]** Derzeit wird als Material für wenig temperaturbeanspruchte Ventilführungen Sinterstahl und Kupfer-Zink-Legierungen mit etwa folgender Zusammensetzung eingesetzt: 56 bis 60 % Kupfer, 0,3 bis 1 % Blei, 0,2 bis 1,2 % Eisen, 0 bis 0,2 % Zinn, 0,7 bis 2 % Aluminium, 1 bis 2,5 % Mangan, 0,4 bis 1 % Silizium sowie Rest Zink nebst unvermeidlichen Verunreinigungen. Im Folgenden wird eine derartige Legierung als Standard-Legierung bezeichnet. Legierung 1 und Legierung 2 sind Beispiele der erfindungsgemäßen Legierung.

**[0023]** Das Erweichungsverhalten der verschiedenen Werkstoffe ist bis zu einer Temperatur von 500°C untersucht worden. Dabei hat sich gezeigt, dass die Standardlegierung für Ventilführungen bereits ab einer Temperatur von 100°C einen deutlichen und kontinuierlichen Rückgang ihrer Härte von 195 HV50 auf nur 150 HV50 aufweist. Bei Sinterstahl kommt es im relevanten Temperaturbereich ab 300°C zu einer drastischen Härteabnahme von 195 auf niedrige 130 HV50, wobei die Härte mit zunehmender Temperatur un stetig auf- und abschwankt. Im Gegensatz dazu zeigt Legierung 2 eine um etwa 10 % höhere Härte (224 HV50), die erst ab 350°C auf etwa 170 HV50 abnimmt. Erst ab 450°C werden die Härtewerte von Sinterstahl bei Raumtemperatur erreicht. Im Vergleich zur Standardlegierung liegen die Härtewerte der Legierung 2 stets deutlich über denen der Standardlegierung. Legierung 1 dagegen zeigt einen deutlichen Härtezuwachs von 224 auf 280 HV50 mit steigender Temperatur bis 350°C. Im Vergleich zum Sinterstahl hat Legierung 1 eine um 140 HV50 höhere Härte als Sinterstahl. Legierung 1 hat somit ihr Härtemaximum bei den Temperaturen, die der Arbeitstemperatur von Ventilführungen in FS1-Motoren entsprechen. Die höhere Härte von Legierung 1 und 2 im Vergleich zu den herkömmlich verwendeten Materialien ist einerseits auf die höhere Ausgangshärte zurückzuführen und andererseits auf Aushärteeffekte.

**[0024]** Die elektrische Leitfähigkeit kann als Maß für die Wärmeleitfähigkeit herangezogen werden, wobei ein hoher Wert für eine gute Wärmeleitfähigkeit steht. Die elektrische Leitfähigkeit der Standardlegierung beträgt 11 m/ $\Omega$ mm<sup>2</sup>. Legierung 2 hat gute eine elektrische Leitfähigkeit von 7,5 m/ $\Omega$ mm<sup>2</sup>, was lediglich etwa ein Viertel geringer ist, als bei der Standardlegierung. Die elektrische Leitfähigkeit der Legierung 1 beträgt 4,6 m/ $\Omega$ mm<sup>2</sup>. Im Vergleich zu Sinterstahl (3,1 m/ $\Omega$ mm<sup>2</sup>) bedeutet dies eine um etwa 48 % höhere elektrische Leitfähigkeit bzw. Wärmeabfuhr. Somit ist im Vergleich zu Sinterstahl die Wärmeabfuhr der Legierungen 1 und 2 deutlich verbessert.

**[0025]** Das Verschleißverhalten wurde mit und ohne Schmierstoff untersucht. Mit Schmierstoff hat Sinterstahl die höchste Verschleißbeständigkeit (2500 km/g). Legierung 1 hat eine ebenfalls hervorragende Verschleißbeständigkeit von 1470 km/g, die um mehr als einen Faktor 10 höher ist, als die Verschleißbeständigkeit der Standardlegierung mit 126 km/g. In dieser Größenordnung liegt die Verschleißbeständigkeit der Legierung 2 mit Schmiermittel (94 km/g).

**[0026]** Beim Verschleißverhalten ohne Schmierstoff hat sich jedoch gezeigt, dass die Legierungen 1 und 2 deutliche Vorteile gegenüber Sinterstahl und der Standardlegierung haben. Sinterstahl hat einen Verschleiß von 312 km/g, was etwa dem Verschleißverhalten der Standardlegierung mit 357 km/g entspricht. Das trockene Verschleißverhalten der Legierung 2 ist mit 417 km/g deutlich besser als das von Standardlegierung und Sinterstahl. In anderen Worten, der Verschleiß ist deutlich geringer. Legierung 1 weist mit 625 km/g sogar einen im Vergleich zu Sinterstahl doppelt so hohen Verschleißwiderstand auf. Der geringe Trockenreibverschleiß macht die Legierungen 1 und 2 besonders interessant, da durch die motorbedingte zunehmende Reinheit der Kraftstoffe, also ihre Blei- oder Schwefelfreiheit, die verschleißmindernde Wirkung des so genannten "blow by", dem Schmierens durch den Kraftstoff selbst, in dem Additive

## EP 1 815 033 B1

in Zukunft weniger vorhanden sein werden, unterbleibt.

**[0027]** Die Warmzugfestigkeit wurde mit Zugversuchen bei 350°C bestimmt. Die Warmzugfähigkeit der Standardlegierung beträgt 180 N/mm<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu weist Legierung 1 einen doppelt so hohen Betrag auf (384 N/mm<sup>2</sup>). Im Vergleich zur Standardlegierung weist Legierung 2 eine um ca. 35 % höhere Warmzugfestigkeit auf, dies sind 243 N/mm<sup>2</sup>.

**[0028]** Legierung 1 und Legierung 2 lassen sich bevorzugt herstellen durch halb- oder vollkontinuierlichem Strangguss, Strangpressen, Ziehen und Richten.

**[0029]** Legierung 2 und insbesondere Legierung 1 haben gegenüber der bisherigen, als Ventilführungslegierung verwendeten Standardlegierung, sowie im Vergleich zu Sinterstahl, deutliche Vorteile. Diese Vorteile betreffen die Warmzugfestigkeit, die Erweichungstemperatur, die Festigkeit und die Verschleißbeständigkeit. Darüber hinaus ist auch die Leitfähigkeit ausreichend, weshalb die Legierungen 1 und 2 in Bezug auf eine Verwendung als Ventilführung eine erhebliche Verbesserung darstellen, da diese Legierungen den Anforderungen an den Werkstoff bei den erhöhten Betriebstemperaturen in den neuen Motoren entsprechen.

**[0030]** Tabelle 1 zeigt die Materialeigenschaften einer Cu-Zn-Standardlegierung, einer Sinterstahllegierung, Legierung 1 und Legierung 2 im Vergleich.

Eigenschaft	Standardlegierung	Legierung 1	Legierung 2
elektr. Leitfähigkeit (m/Ωmm <sup>2</sup> )	11	4,6	7,5
Härte (HV50) kaltverformt (10%)	197	224	224
Verschleiß trocken (km/g)	357	625	417
Verschleiß geschmiert (km/g)	126	1470	94
Erweichungstemperatur 10% kaltverformt (°C)	310	480	430
Warmzugfestigkeit bei 350°C (N/mm <sup>2</sup> )	173	350	232

### Patentansprüche

1. Verwendung einer Kupfer-Zink-Legierung für eine Ventilführung, wobei die Legierung 59 bis 73 Gew.-% Kupfer, 2,7 bis 8,3 Gew.-% Mangan, 1,5 bis 6 Gew.-% Aluminium, 0,2 bis 4 Gew.-% Silizium, 0,2 bis 3 Gew.-% Eisen, 0 bis 2 Gew.-% Blei, 0 bis 2 Gew.-% Nickel, 0 bis 0,2 Gew.-% Zinn, wahlweise zusätzlich wenigstens eines der Elemente Vanadium mit bis zu 0,1 Gew.-%, Chrom, Titan oder Zirkon mit bis zu 0,05 Gew.-%, ≤ 0,0005 Gew.-% Bor, ≤ 0,03 Gew.-% Antimon, ≤ 0,03 Gew.-% Phosphor, ≤ 0,03 Gew.-% Cadmium oder ≤ 0,05 Gew.-% Kobalt, Rest Zink sowie unvermeidbare Verunreinigungen umfasst.
2. Verwendung einer Kupfer-Zink-Legierung nach Anspruch 1, wobei die Legierung 70 bis 73 Gew.-% Kupfer, 6 bis 8 Gew.-% Mangan, 4 bis 6 Gew.-% Aluminium, 1 bis 4 Gew.-% Silizium, 1 bis 3 Gew.-% Eisen, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Blei, 0 bis 0,2 Gew.-% Nickel, 0 bis 0,2 Gew.-% Zinn, Rest Zink sowie unvermeidbare Verunreinigungen umfasst.
3. Verwendung einer Kupfer-Zink-Legierung nach Anspruch 2, wobei die Legierung 69,5 bis 71,5 Gew.-% Kupfer, 6,5 bis 8 Gew.-% Mangan, 4,5 bis 6 Gew.-% Aluminium, 1 bis 2,5 Gew.-% Silizium, 1 bis 2,5 Gew.-% Eisen, 0,5 bis 1,5 Gew.-% Blei, 0 bis 0,2 Gew.-% Nickel, 0 bis 0,2 Gew.-% Zinn, Rest Zink sowie unvermeidbare Verunreinigungen umfasst.
4. Verwendung einer Kupfer-Zink-Legierung nach Anspruch 1, wobei die Legierung 60 bis 61,5 Gew.-% Kupfer, 3 bis 4 Gew.-% Mangan, 2 bis 3 Gew.-% Aluminium, 0,3 bis 1 Gew.-% Silizium, 0,2 bis 1 Gew.-% Eisen, 0 bis 0,5 Gew.-% Blei, 0,3 bis 1 Gew.-% Nickel, 0 bis 0,2 Gew.-% Zinn, Rest Zink sowie unvermeidbare Verunreinigungen umfasst.

### Claims

1. Use of a copper-zinc alloy for a valve guide, wherein the alloy comprises 59 to 73% by weight copper, 2.7 to 8.3% by weight manganese, 1.5 to 6% by weight aluminum, 0.2 to 4% by weight silicon, 0.2 to 3% by weight iron, 0 to 2% by weight lead, 0 to 2% by weight nickel, 0 to 0.2% by weight tin, optionally in addition at least one of the elements vanadium in an amount up to 0.1% by weight, chromium, titanium or zirconium in an amount up to 0.05% by weight, ≤ 0.0005% by weight boron, ≤ 0.03% by weight antimony, ≤ 0.03% by weight phosphorus, ≤ 0.03% by weight

cadmium or  $\leq 0.05\%$  by weight cobalt, remainder zinc and inevitable impurities.

- 5
2. Use of a copper-zinc alloy according to Claim 1, wherein the alloy comprises 70 to 73% by weight copper, 6 to 8% by weight manganese, 4 to 6% by weight aluminum, 1 to 4% by weight silicon, 1 to 3% by weight iron, 0.5 to 1.5% by weight lead, 0 to 0.2% by weight nickel, 0 to 0.2% by weight tin, remainder zinc and inevitable impurities.
- 10
3. Use of a copper-zinc alloy according to Claim 2, wherein the alloy comprises 69.5 to 71.5% by weight copper, 6.5 to 8% by weight manganese, 4.5 to 6% by weight aluminum, 1 to 2.5% by weight silicon, 1 to 2.5% by weight iron, 0.5 to 1.5% by weight lead, 0 to 0.2% by weight nickel, 0 to 0.2% by weight tin, remainder zinc and inevitable impurities.
- 15
4. Use of a copper-zinc alloy according to Claim 1, wherein the alloy comprises 60 to 61.5% by weight copper, 3 to 4% by weight manganese, 2 to 3% by weight aluminum, 0.3 to 1% by weight silicon, 0.2 to 1% by weight iron, 0 to 0.5% by weight lead, 0.3 to 1% by weight nickel, 0 to 0.2% by weight tin, remainder zinc and inevitable impurities.

### Revendications

- 20
1. Utilisation d'un alliage cuivre-zinc pour un guide de soupape, dans laquelle l'alliage comprend 59 à 73 % en poids de cuivre, 2,7 à 8,3 % en poids de manganèse, 1,5 à 6 % en poids d'aluminium, 0,2 à 4 % en poids de silicium, 0,2 à 3 % en poids de fer, 0 à 2 % en poids de plomb, 0 à 2 % en poids de nickel, 0 à 0,2 % en poids d'étain, éventuellement également au moins un des éléments vanadium à hauteur de jusqu'à 0,1 % en poids, chrome, titane ou zirconium à hauteur de jusqu'à 0,05 % en poids,  $\leq 0,0005$  % en poids de bore,  $\leq 0,03$  % en poids d'antimoine,  $\leq 0,03$  % en poids de phosphore,  $\leq 0,03$  % en poids de cadmium ou  $\leq 0,05$  % en poids de cobalt, le reste étant du zinc et des impuretés inévitables.
- 25
2. Utilisation d'un alliage cuivre-zinc selon la revendication 1, dans laquelle l'alliage comprend 70 à 73 % en poids de cuivre, 6 à 8 % en poids de manganèse, 4 à 6 % en poids d'aluminium, 1 à 4 % en poids de silicium, 1 à 3 % en poids de fer, 0,5 à 1,5 % en poids de plomb, 0 à 0,2 % en poids de nickel, 0 à 0,2 % en poids d'étain, le reste étant du zinc et des impuretés inévitables.
- 30
3. Utilisation d'un alliage cuivre-zinc selon la revendication 2, dans laquelle l'alliage comprend 69,5 à 71,5 % en poids de cuivre, 6,5 à 8 % en poids de manganèse, 4,5 à 6 % en poids d'aluminium, 1 à 2,5 % en poids de silicium, 1 à 2,5 % en poids de fer, 0,5 à 1,5 % en poids de plomb, 0 à 0,2 % en poids de nickel, 0 à 0,2 % en poids d'étain, le reste étant du zinc et des impuretés inévitables.
- 35
4. Utilisation d'un alliage cuivre-zinc selon la revendication 1, dans laquelle l'alliage comprend 60 à 61,5 % en poids de cuivre, 3 à 4 % en poids de manganèse, 2 à 3 % en poids d'aluminium, 0,3 à 1 % en poids de silicium, 0,2 à 1 % en poids de fer, 0 à 0,5 % en poids de plomb, 0,3 à 1 % en poids de nickel, 0 à 0,2 % en poids d'étain, le reste étant du zinc et des impuretés inévitables.
- 40
- 45
- 50
- 55

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DD 270931 A1 [0002]
- DE 2919478 C2 [0005] [0010]