



(10) **DE 10 2014 106 933 A1** 2015.11.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 106 933.1**

(22) Anmeldetag: **16.05.2014**

(43) Offenlegungstag: **19.11.2015**

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

(71) Anmelder:

Otto Fuchs KG, 58540 Meinerzhagen, DE

(74) Vertreter:

**Haverkamp, Jens, Prof. Dipl.-Geol. Dr.rer.nat.,
58638 Iserlohn, DE**

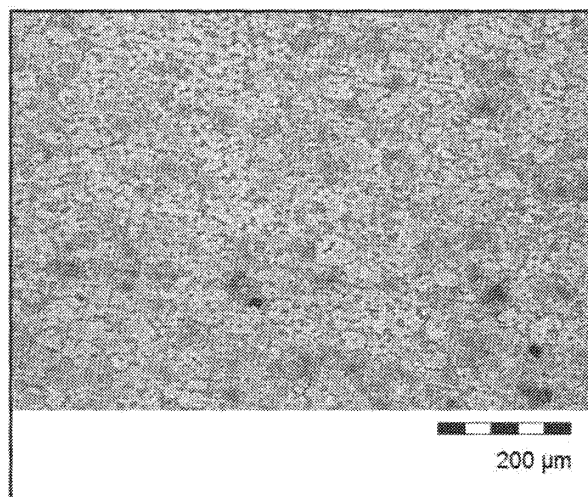
(72) Erfinder:

**Reetz, Björn, Dr., 47809 Krefeld, DE; Plett,
Thomas, 57392 Schmallenberg, DE; Gummert,
Hermann, Dr., 41749 Viersen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Sondermessinglegierung und Legierungsprodukt**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Sondermessinglegierung mit
58–66 Gew.-% Cu;
1,6–7 Gew.-% Mn;
0,2–6 Gew.-% Ni;
0,2–5,1 Gew.-% Al;
0,1–3 Gew.-% Si;
≤ 1,5 Gew.-% Fe;
≤ 0,5 Gew.-% Sn;
≤ 0,5 Gew.-% Pb;
und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.
Beschrieben sind des Weiteren ein Sondermessingprodukt mit einer solchen Legierungszusammensetzung sowie ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Produktes aus einer Sondermessinglegierung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sondermessinglegierung und ein Produkt aus einer Sondermessinglegierung, das einer Reibbelastung unterliegt.

[0002] Für typische Reibanwendungen in einer Schmiermittelumgebung werden generell niedrige Reibwerte der verwendeten Legierung gefordert, wobei zusätzlich der Reibwert in vorgegebenen Grenzen an die jeweilige Anwendung, insbesondere den Reibpartner, den verwendeten Schmierstoff und die Reibbedingungen, wie Anpressdruck und Relativgeschwindigkeit, anpassbar sein sollte. Dies gilt insbesondere für Kolbenbuchsen, auf die hohe statische und dynamische Lasten wirken. Des Weiteren fordern Anwendungen mit hohen Relativgeschwindigkeiten der Reibpartner, wie sie beispielsweise für Axiallager eines Turboladers vorliegen, Legierungen, die neben einer reduzierten Wärmeentwicklung auch eine gute Wärmeableitung von der Reibfläche sicherstellen.

[0003] Durch die Reibleistung und den Ölkontakt entsteht auf der Lagerfläche eine tribologische Schicht mit angelagerten Schmiermittelkomponenten. Dabei wird eine gleichmäßige und zugleich hohe Anlagerungsrate der Schmiermittelbestandteile und deren Abbauprodukte gefordert, um an der Gleitschicht eine hinreichend stabile Adsorptionsschicht zu erhalten.

[0004] Ferner zeichnet sich ein geeigneter Lagerwerkstoff zusätzlich durch eine breitbandige Ölverträglichkeit aus, sodass der Aufbau der tribologischen Schicht weitgehend unempfindlich gegen die Wahl bestimmter Öladditive ist. Eine weitere Zielsetzung besteht darin, eine Legierung für Reibanwendungen mit guten Notlaufeigenschaften anzugeben, sodass eine hinreichende Standzeit unter Trockenreibungsbedingungen sichergestellt werden kann.

[0005] Für reibbelastete Bauteile ist zusätzlich wichtig, dass die eingesetzte Legierung eine hinreichende Festigkeit aufweist. Entsprechend sollte eine hohe 0,2 %-Dehngrenze vorliegen, um die unter Last auftretenden plastischen Verformungen möglichst gering zu halten. Zusätzlich wird gefordert, eine besonders harte und zugfeste Legierung anzugeben, um deren Widerstand gegen abrasive und adhäsive Belastungen zu erhöhen. Zugleich wird eine ausreichende Zähigkeit als Schutz gegen stoßende Beanspruchungen verlangt. In diesem Zusammenhang wird gefordert, die Anzahl der Mikrodefekte zu verringern und das von diesen ausgehende Defektwachstum zu verlangsamen. Dies geht einher mit der Forderung, eine Legierung mit einer möglichst hohen Bruchzähigkeit anzugeben, die weitgehend frei von Eigenspannungen ist.

[0006] Geeignete Legierungen für reibbeanspruchte Bauteile sind vielfach Sondermessinge, die neben Kupfer und Zink als Hauptbestandteile eine Zulegierung wenigstens eines der Elemente Nickel, Eisen, Mangan, Aluminium, Silizium, Titan oder Chrom aufweisen. Dabei erfüllen insbesondere Siliziummessinge die voranstehend genannten Anforderungen, wobei CuZn31Si1 eine Standardlegierung für Reibanwendungen, etwa für Kolbenbuchsen, darstellt. Ferner ist bekannt, Zinnbronzen, die neben Zinn und Kupfer zusätzlich Nickel, Zink, Eisen und Mangan aufweisen, für Reibanwendung oder auch für den Bergbau einzusetzen.

[0007] Als Beispiel für eine Kupfer-Zink-Legierung, die sich für auf Gleitung beanspruchte Maschinenteile, wie Lager, Schneckenräder, Zahnräder, Gleitschuhe und dergleichen, eignet, wird auf CH 223 580 A verwiesen. Offenbart wird ein Kupfergehalt von 50–70 Gew.-% mit einer Zulegierung von 2–8 Gew.-% Aluminium, 0,05–3 % Silizium und 0,5–10 Gew.-% Mangan sowie Rest Zink. Zusätzlich kann die Legierung bis maximal 10 Gew.-% Blei sowie 0,1–5 Gew.-% eines oder mehrerer Elemente aus der Gruppe Eisen, Nickel und Kobalt aufweisen. Des Weiteren ist aus der EP 0 407 596 B1 eine Sondermessinglegierung bekannt, die neben Kupfer, Zink, Mangan, Aluminium und Silizium als optionale Legierungsbestandteile Eisen, Nickel und Kobalt aufweist. Zusätzlich wird ein Anteil von 0,03–1 Gew.-% Sauerstoff vorgesehen. Des Weiteren offenbart DE 15 58 467 A eine weitere Sondermessinglegierung, die für auf Gleitung und Reibung beanspruchte Gegenstände vorgesehen ist. Neben Kupfer und einem Zinkanteil, der bis 45 Gew.-% reichen darf, liegt eine Zulegierung von Mangan und Silizium sowie Tellur vor. Zusätzlich stellen Fe, Ni, Al und Be weitere optionale Legierungsbestandteile dar. Ferner beschreiben DE 15 58 817 B2 und DE 101 59 949 C1 Kupferlegierungen mit einer breitbandigen Zusammensetzung, die einen verschleißreduzierten Lagerwerkstoff bilden.

[0008] Der Erfindung liegt, ausgehend von dem vorstehend umrissenen Stand der Technik, die Aufgabe zugrunde, eine Sondermessinglegierung vorzuschlagen, die sich durch eine hohe Festigkeit, einen verbesserten Verschleiß unter Reibbelastung sowie guten Notlaufeigenschaften bei Mangelschmierung auszeichnet. Des Weiteren sollen ein Herstellungsverfahren für die Legierung und ein Produkt aus einer Sondermessinglegierung angegeben werden.

[0009] Die vorstehende Aufgabe wird gelöst durch eine Sondermessinglegierung mit folgenden Legierungsbestandteilen:

58–66 Gew.-% Cu;

1,6–7 Gew.-% Mn;

0,2–6 Gew.-% Ni;

0,2–5,1 Gew.-% Al;

0,1–3 Gew.-% Si;

≤ 1,5 Gew.-% Fe;

≤ 0,5 Gew.-% Sn;

≤ 0,5 Gew.-% Pb;

und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0010] Für Sondermessinge mit der voranstehend genannten Legierungszusammensetzung wurde eine überraschende Anpassbarkeit an die jeweils vorliegende Reibanwendung erkannt. Variabel einstellbar sind die Verschleiß- und Notlaufeigenschaften, wobei in der Legierung Hartphasen in Form von Aluminiden und Siliziden vorliegen, die bezüglich der Zusammensetzung, der mittleren Größe, Form und Verteilung im Legierungsgefüge über eine große Bandbreite wählbar sind.

[0011] Neben den Hartphasen beeinflussen die Härte und die Zähigkeit der Legierung wesentlich die Eigenschaft der Reibschicht. Dabei zeichnet sich die erfindungsgemäße Legierung durch eine erstaunlich weite Spanne erzielbarer mechanischer Parameter aus, sodass Dehngrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Härte und Zähigkeit verglichen mit bisher für Reibanwendungen eingesetzten Legierungen durch die Wahl der Verarbeitungsprozesse nach dem Legierungsguss in verbessertem Maß unabhängig voneinander einstellbar sind. Ein exakt für die Erfordernisse der Anwendung gewähltes Legierungsprodukt kann durch folgende Verarbeitungsprozesse nach dem Aufschmelzen der erfindungsgemäßen Bestandteile erzielt werden:

- Warmumformung direkt nach dem Legierungsguss, insbesondere Stranggießen, ohne einen weiteren Behandlungsschritt oder ausschließlich gefolgt durch einen abschließenden Glühschritt,
- Strangpressen mit einer direkt nachgeschalteten Kaltumformung gefolgt von einem abschließenden Glühschritt,
- Strangpressen mit nachfolgendem Zwischenglühen vor dem Ausführen einer Kaltumformung und einem abschließenden Glühschritt.

[0012] Für eine besonders bevorzugte erste Ausführung der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung lässt sich eine Verbesserung der gewünschten Eigenschaften durch ein Sondermessing mit folgender Zusammensetzung erzielen:

58–64 Gew.-% Cu;

5–7 Gew.-% Mn;

3–5 Gew.-% Ni;

4–6 Gew.-% Al;

0,5–2,5 Gew.-% Si;

0,1–1,5 Gew.-% Fe;

≤ 0,3 Gew.-% Sn;

≤ 0,5 Gew.-% Pb;

und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0013] Eine Sondermessinglegierung gemäß der ersten Ausführung zeichnet sich bei der Verwendung als Lagerwerkstoff durch besonders gute Notlaufeigenschaften aus. Dies wird auf einen großen Flächenanteil intermetallischer Phasen in der Legierung zurückgeführt. Damit liegt an der Reibfläche eine Vielzahl flächig ausgedehnter und eine hohe Abriebfestigkeit aufweisender Auflagepunkte vor, die bis in die Adsorptionsschicht der angelagerten Schmiermittelkomponenten reichen. Zugleich erhöht die erfindungsgemäß vorliegende flächige Ausprägung der intermetallischen Phasen die Festigkeit der sich unter der Adsorptionsschicht bildenden Reaktionsschicht aus Reaktionsprodukten der Adsorptionsschichtkomponenten und oberflächennahen Legierungsbestandteilen. Dabei verringert sich aufgrund des hohen Flächenanteils der intermetallischen Phasen die Ausbrechneigung einzelner Hartphasenpartikel und damit verbundene Kerbwirkung. Insgesamt resultiert ein Lagermaterial mit einem hohen Verschleißwiderstand.

[0014] Des Weiteren zeichnet sich die erste Ausführung durch besonders vorteilhafte mechanische Eigenschaften aus. Kennzeichnend sind große Härte, eine hohe Dehngrenze und eine hohe Zugfestigkeit bei einer ebenfalls vorteilhaft hohen Bruchdehnung, die auch bei einem nachfolgenden Glühen auf relativ hohen Werten gehalten werden können. Ferner hat sich gezeigt, dass die mechanischen Werte durch einen War-

mumformungsschritt im Anschluss an den Legierungsguss sowie durch die Verfahrensführung einer anschließenden Wärmebehandlung einstellbar sind. Demnach resultieren die vorteilhaften mechanischen Werte direkt aus dem Strangpressen zur Ausführung der Warmumformung und einem nachfolgenden Glühen für den Wärmebehandlungsschritt ohne dass eine weitere Legierungsverfestigung durch eine Kaltumformung ausgeführt werden muss.

[0015] Ein besonderer Vorteil der Legierungszusammensetzung gemäß der ersten Ausführung ist ein Strangpresszustand mit einer dominanten β -Phase. Demnach wird durch ein abschließendes Glühen direkt im Anschluss an die Prozessfolge Schmelzen und Warmumformen, die zum Strangpresszustand führt, das Verhältnis zwischen α -Phase und β -Phase eingestellt, sodass die mechanischen Eigenschaften in einem weiten Bereich anpassbar sind. Durch eine Erhöhung des Anteils der duktileren α -Phase kann die Einbettfähigkeit von Fremdpartikeln in die Reibschicht des resultierenden Legierungsprodukts erhöht werden, sodass in Abstimmung auf die im gegebenen Anwendungsfall vorliegende Schmiermittelumgebung eine Stabilisierung der Adsorptionsschicht auf der Reibfläche bewirkt wird.

[0016] Besonders ausgeprägt sind die voranstehend beschriebenen Vorteile der ersten Ausführung der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung für die folgenden Legierungsspannen:

60–62 Gew.-% Cu;
 5,8–6,2 Gew.-% Mn;
 4,3–4,7 Gew.-% Ni;
 4,9–5,1 Gew.-% Al;
 1,3–1,7 Gew.-% Si;
 0,9–1,1 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0017] Eine zweite besonders vorteilhafte Ausführung der Erfindung ergibt sich, wenn die Sondermessinglegierung folgende Zusammensetzung aufweist:

60–66 Gew.-% Cu;
 1–2,5 Gew.-% Mn;
 4–6 Gew.-% Ni;
 1–2,5 Gew.-% Al;
 1–3 Gew.-% Si;
 0,1–1 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0018] Die Legierungszusammensetzung gemäß der zweiten Ausführung zeichnet sich durch ein gut einstellbares Reibverschleißverhalten aus. In Abhängigkeit der vorliegenden statischen und dynamischen Reibbelastungen sowie der Wahl des Schmiermittels und der Gegenreibfläche kann der Reibverschleiß dadurch an den vorliegenden Anwendungsfall angepasst werden, dass die Phasenanteile für die α -Phase und die β -Phase der Legierungsmatrix in einem weiten Intervall einstellbar sind. Der β -Phasenanteil weist eine höhere Härte und Abriebfestigkeit auf.

[0019] Aufgrund des überwiegenden α -Anteils im Strangpresszustand resultiert eine Sondermessinglegierung, die unmittelbar aus dem Strangpresszustand kalt umformbar ist. Damit entfällt ein nach dem Strangpressen auszuführendes Glühen. Auch ohne diesen Zwischenschritt kann beim Kaltumformen, insbesondere beim Kaltziehen, ein Umformungsgrad erzielt werden, der im Vergleich zu ähnlich hoch legierten Sondermessingen erstaunlich groß ist. Durch gesteigerte Abziehgrade bei der Kaltumformung resultieren eine vergleichsweise hohe Dehngrenze sowie eine verbesserte Festigkeit. Dabei zeigt die zweite Ausführung der Erfindung eine besonders breite Einstellbarkeit der mechanischen Eigenschaften des resultierenden Legierungsprodukts.

[0020] Die gewählte Legierungszusammensetzung der zweiten Ausführung zeichnet sich ferner trotz des vergleichsweise hohen Siliziumgehalts von 2,0–2,5 Gew.-% durch vorteilhafte Verarbeitungseigenschaften aus, die für Vergleichslegierungen mit einem entsprechend hohen Siliziumgehalt nicht gegeben sind. Dabei wurde die erfindungsgemäß gewählte untere Grenzschwelle für den Siliziumanteil so festgelegt, dass eine Legierung mit hoher Festigkeit resultiert. Die Obergrenze der Siliziumzugabe ist dadurch bestimmt, dass die Oberflächenspannung beim Gießen nicht so weit anwächst, dass eine Rissbildung resultiert.

[0021] Die zweite Ausführung der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung ist ferner deshalb besonders vorteilhaft, da der Siliziumanteil nicht vollständig in Form von Siliziden und demnach in den Hartphasen gebunden wird. Stattdessen konnte in der Legierungsmatrix freies Silizium nachgewiesen werden. Dies beeinflusst den Schichtaufbau unter Reibbelastung in einer Schmiermittelumgebung am resultierenden Legierungsprodukt dahingehend, dass zwar eine verringerte Reaktionsrate folgt aber zugleich eine stabilere und breitbandiger ölverträgliche Adsorptionsschicht resultiert.

[0022] Besonders ausgeprägt sind die voranstehend beschriebenen Vorteile der zweiten Ausführung der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung für die folgenden Legierungsspannen:

63–65 Gew.-% Cu;
 1,8–2,2 Gew.-% Mn;
 4,8–5,2 Gew.-% Ni;
 1,9–2,1 Gew.-% Al;
 2,0–2,5 Gew.-% Si;
 0,2–0,4 Gew.-% Fe;
 ≤ 0,1 Gew.-% Sn;
 ≤ 0,1 Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0023] Für eine dritte Ausführungsform der Erfindung liegt ein vorteilhaft hoher mechanischer Verschleißwiderstand vor, wenn die Sondermessinglegierung folgende Zusammensetzung aufweist:

58–64 Gew.-% Cu;
 1,5–3,5 Gew.-% Mn;
 0,1–1 Gew.-% Ni;
 2–4 Gew.-% Al;
 0,1–1 Gew.-% Si;
 ≤ 0,5 Gew.-% Fe;
 ≤ 0,5 Gew.-% Sn;
 ≤ 0,5 Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0024] Der beobachtete hohe mechanische Verschleißwiderstand ist auf das Vorliegen länglicher intermetallischer Phasen zurückzuführen, die eine gute Längsausrichtungsneigung in Strangpressrichtung zeigen. Die Lagerfläche des aus der Sondermessinglegierung gemäß der dritten Ausführung resultierenden Legierungsprodukts wird dann so ausgelegt, dass die Reibbelastungsrichtung im Wesentlichen parallel zur Längsausrichtung der intermetallischen Phasen verläuft.

[0025] Ferner zeichnet sich auch die dritte Ausführung durch eine gute Einstellbarkeit des Verhältnisses zwischen der α -Phase und der β -Phase der Legierungsmatrix aus. Damit kann das Reibverschleißverhalten unmittelbar auf den Anwendungsfall angepasst werden.

[0026] Des Weiteren resultieren aus dem wählbaren Grundgefüge bezüglich der α -/ β -Phasenanteile eine vergleichsweise hohe Dehngrenze und eine hohe erzielbare Festigkeit. Ferner hat sich eine erstaunlich breite Einstellbarkeit der mechanischen Eigenschaften des nach dem Verarbeitungsprozess resultierenden Legierungsprodukts gezeigt. Demnach ist eine vorteilhaft gute Anpassbarkeit an die Bedingungen der jeweils vorliegenden Reibanwendung gegeben.

[0027] Besonders ausgeprägt sind die voranstehend beschriebenen Vorteile der dritten Ausführung der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung für die folgenden Legierungsspannen:

58–64 Gew.-% Cu;
 1,5–3,5 Gew.-% Mn;
 0,1–1 Gew.-% Ni;
 2–4 Gew.-% Al;
 0,1–1 Gew.-% Si;
 ≤ 0,5 Gew.-% Fe;
 ≤ 0,5 Gew.-% Sn;
 ≤ 0,5 Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0028] Für eine vierte Ausführung der Erfindung hat sich folgende Legierungszusammensetzung als vorteilhaft erwiesen:

58–64 Gew.-% Cu;

1–3 Gew.-% Mn;

1–3 Gew.-% Ni;

0,1–1 Gew.-% Al;

0,2–1,5 Gew.-% Si;

0,1–1,5 Gew.-% Fe;

≤ 0,5 Gew.-% Sn;

≤ 0,5 Gew.-% Pb;

und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0029] Die Sondermessinglegierung gemäß der vierten Ausführung zeichnet sich durch eine besonders hohe Bruchdehnung bei einer noch hinreichenden Festigkeit aus. Des Weiteren liegt ein besonders hoher Verschleißwiderstand vor, der auf einzeiliges Gefüge der Messingmatrix zurückgeführt wird. Zusätzlich hat sich herausgestellt, dass auch eine hohe Zähigkeit in Kombination mit den voranstehend genannten vorteilhaften mechanischen Eigenschaften erzielen lässt.

[0030] Besonders ausgeprägt sind die voranstehend beschriebenen Vorteile der vierten Ausführung der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung für die folgenden Legierungsspannen:

60–62 Gew.-% Cu;

1,6–2,0 Gew.-% Mn;

1,8–2,2 Gew.-% Ni;

0,2–0,4 Gew.-% Al;

0,65–0,95 Gew.-% Si;

0,9–1,1 Gew.-% Fe;

≤ 0,1 Gew.-% Sn;

≤ 0,1 Gew.-% Pb;

und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0031] Im Folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Figuren erläutert. Es zeigen:

[0032] **Fig. 1:** eine lichtmikroskopische Aufnahme des Strangpresszustands der ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings im Querschliff mit 100-facher Vergrößerung,

[0033] **Fig. 2:** den Strangpresszustand aus **Fig. 1** als lichtmikroskopische Aufnahme mit 500-facher Vergrößerung,

[0034] **Fig. 3:** eine lichtmikroskopische Aufnahme der ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings nach einem Weichglühen bei 450°C im Querschliff mit 50-facher Vergrößerung,

[0035] **Fig. 4:** eine lichtmikroskopische Aufnahme des Weichglühzustands der ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings aus **Fig. 3** im Querschliff mit 500-facher Vergrößerung,

[0036] **Fig. 5, Fig. 6:** rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen mit Sekundärelektronenkontrast der ersten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings im Strangpresszustand bei 6000-facher Vergrößerung,

[0037] **Fig. 7:** eine lichtmikroskopische Aufnahme des Strangpresszustands der zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings im Querschliff mit 50-facher Vergrößerung,

[0038] **Fig. 8:** den Strangpresszustand der zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings aus **Fig. 7** als lichtmikroskopische Aufnahme mit 500-facher Vergrößerung,

[0039] **Fig. 9:** eine lichtmikroskopische Aufnahme der zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings nach einem Weichglühen bei 450°C im Querschliff mit 50-facher Vergrößerung,

[0040] **Fig. 10:** eine lichtmikroskopische Aufnahme des Weichglühzustands der zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings aus **Fig. 9** im Querschliff mit 500-facher Vergrößerung,

[0041] Fig. 11: eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme mit Sekundärelektronenkontrast der zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings im Legierungsendzustand bei 7000-facher Vergrößerung,

[0042] Fig. 12: eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme mit Sekundärelektronenkontrast der zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings im Legierungsendzustand bei 7000-facher Vergrößerung,

[0043] Fig. 13: eine lichtmikroskopische Aufnahme des Strangpresszustands der dritten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings im Querschliff mit 100-facher Vergrößerung,

[0044] Fig. 14: den Strangpresszustand der dritten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings aus Fig. 13 als lichtmikroskopische Aufnahme mit 500-facher Vergrößerung,

[0045] Fig. 15: eine lichtmikroskopische Aufnahme der dritten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings nach einem Weichglühen bei 450°C im Querschliff mit 50-facher Vergrößerung,

[0046] Fig. 16: eine lichtmikroskopische Aufnahme des Weichglühzustands der dritten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings aus Fig. 15 im Querschliff mit 500-facher Vergrößerung,

[0047] Fig. 17: eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme mit Sekundärelektronenkontrast des Strangpresszustands der dritten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings bei 7000-facher Vergrößerung,

[0048] Fig. 18: eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme mit Sekundärelektronenkontrast des Legierungsendzustands der dritten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings bei 2000-facher Vergrößerung,

[0049] Fig. 19: eine lichtmikroskopische Aufnahme des Strangpresszustands der vierten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings im Querschliff mit 100-facher Vergrößerung,

[0050] Fig. 20: den Strangpresszustand der vierten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings aus Fig. 19 als lichtmikroskopische Aufnahme mit 500-facher Vergrößerung,

[0051] Fig. 21: eine lichtmikroskopische Aufnahme der vierten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings nach einem Weichglühen bei 450°C im Querschliff mit 50-facher Vergrößerung,

[0052] Fig. 22: eine lichtmikroskopische Aufnahme des Weichglühzustands der vierten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings aus Fig. 15 im Querschliff mit 500-facher Vergrößerung

[0053] Fig. 23: eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme mit Sekundärelektronenkontrast des Legierungsendzustand der vierten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings bei 3000-facher Vergrößerung,

[0054] Fig. 24: eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme mit Sekundärelektronenkontrast des Legierungsendzustands der vierten Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings bei 6500-facher Vergrößerung,

[0055] Im Gusszustand liegen im Sondermessing gemäß der ersten Ausführungsform mit einer Legierungszusammensetzung gemäß Anspruch 3 intermetallische Phasen (IMP) vor, die in ein feines Messingmatrixgefüge eingebettet sind. Ferner weist das Gussgefüge weder im Querschnitt noch über den Längsverlauf der Gießstange eine wesentliche Gefügevariation auf. Die chemische Zusammensetzung der Sondermessinglegierung gemäß dieser ersten Ausführungsform ist wie folgt (Angaben in Gew.-%):

Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Mn	Ni	Al	Si	As	Sb	P	Cr
61,0	Rest	0,005	0,005	1,0	5,9	4,5	5,0	1,5	0,02	-	0,005	0,03

[0056] Der für die erste Ausführung des erfindungsgemäßen Sondermessings relativ hochgewählte Aluminiumgehalt unterdrückt die Umwandlung der β -Phase zur α -Phase während der Abkühlung der Legierung im

Gusszustand, sodass trotz des relativ hoch gewählten Zinkanteils keine α - β -Mischphase, sondern eine dominante β -Phase entsteht.

[0057] Durch das an den Guss anschließende Strangpressen wird ein Strangpresszustand erzielt, der als lichtmikroskopische Aufnahmen mit 100-fach und 500-fach Vergrößerungen von Querschliffen in der **Fig. 1** bis **Fig. 2** gezeigt ist. Das gegenüber dem Guss wesentlich verfeinerte Gefüge weist eine Matrix mit einer einheitlichen β -Phase auf, in die intermetallische Phasen, die sich in zwei mittlere Größen aufteilen, eingelagert sind. Die größeren intermetallischen Phasen liegen sowohl an den Korngrenzen als auch im Innern der Körner vor, während die kleineren intermetallischen Phasen ausschließlich an den Korngrenzen zu finden sind. Aus im Einzelnen nicht dargestellten Längsschliffen konnte ermittelt werden, dass sowohl die Messingmatrix als auch die intermetallischen Phasen nur eine relativ schwache Ausrichtung in Strangpressrichtung aufweisen.

[0058] Die Legierung gemäß der ersten Ausführung wurde im Strangpresszustand durch rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen und EDX-Analysen charakterisiert. **Fig. 5** und **Fig. 6** zeigen exemplarisch rasterelektronenmikroskopische Bilder mit Sekundärelektronenkontrast bei 6000-facher Vergrößerung, wobei die dunkelkontrastierten Bereich flächige intermetallische Phasen mit zwei unterschiedlichen mittleren Größen nachweisen. Die EDX-Messungen haben für die chemische Zusammensetzung der intermetallischen Phasen (Fe, Mn, Ni)-Mischsilizide und überwiegend Mangan-Mischsiliziden Mn_5Si_3 , Mn_5Si_2 , Mn_6Si oder $\text{Mn}_{44,1}\text{Si}_{8,9}$ ergeben.

[0059] Das Strangpressprodukt der Sondermessinglegierung gemäß der ersten Ausführung kann zur Einstellung der mechanischen Eigenschaften einer Wärmebehandlung in Form eines Weichglühens bei einer Temperatur von 450°C unterzogen werden, wobei ein maximaler α -Phasenanteil von 14 % erzielbar ist. Niedrigere und höhere Glühtemperaturen zeigen eine verringerte Löslichkeit der α -Phase. Des Weiteren wurde gefunden, dass die sich beim Weichglühen 450°C bildende α -Phase vorwiegend an den Korngrenzen vorliegt.

[0060] Bezüglich der mechanischen Eigenschaften weist Sondermessing gemäß der ersten Ausführung im Strangpresszustand eine 0,2%-Dehngrenze von 760–810 MPa, eine Zugfestigkeit R_m von 780–920 MPa und eine Bruchdehnung von 1,5–3% auf. In Abhängigkeit der gewählten Temperaturführung beim Glühen und einem optionalen Endglühen, kann eine Anpassung an die geforderten mechanischen Eigenschaften eines Sondermessingprodukts vorgenommen werden. Dabei erreicht die Sondermessinglegierung gemäß der ersten Ausführung im Legierungsendzustand, der ohne eine an die Wärmebehandlung anschließende Kaltumformung eingestellt wird, eine hohe mechanische Festigkeit.

[0061] Für eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sondermessings mit einer Legierungszusammensetzung gemäß Anspruch 5 treten im Gusszustand intermetallische Phasen (IMP) auf. Im Strangpresszustand, der in den lichtmikroskopischen Aufnahmen von **Fig. 7** und **Fig. 8** dargestellt ist, ergibt sich eine überwiegende α -Phase mit einem inselartig verteilten β -Phasenanteil. Die intermetallische Phase findet sich in den α - und β -Anteilen der Matrix, wobei eine weitreichende Größenverteilung der Hartphasen mit einer rundlichen Form festgestellt wurde. Konkret weist die Sondermessinglegierung dieser untersuchten Probe folgende Zusammensetzung auf (Angaben in Gew.-%):

Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Mn	Ni	Al	Si	As	Sb	P	Cr
64,0	Rest	0,1	0,1	0,3	2,0	5,0	2,0	2,2	-	-	-	0,03

[0062] Aus im Einzelnen nicht dargestellten Längsschliffen hat sich ergeben, dass die Messingmatrix nur eine relativ schwache Ausrichtung und die intermetallischen Phasen keine Ausrichtung in Strangpressrichtung aufweisen.

[0063] Das Strangpressprodukt der Sondermessinglegierung gemäß der zweiten Ausführung wird in einem nachfolgenden Prozessschritt durch ein Weichglühen behandelt, wobei der Weichglühzustand durch die in **Fig. 9** und **Fig. 10** gezeigten lichtmikroskopischen Aufnahmen von Querschliffen illustriert wird. Das Gefüge nach dem Weichglühen bei einer Glühtemperatur von 450°C–550°C wird durch die α -Phase dominiert und weist inselartige β -Phasenanteile auf.

[0064] Auf das Weichglühen folgt eine Kaltumformung, wobei der Umformungsgrad typischerweise im Bereich von 5–15% Querschnittminderung gewählt wird. Abschließend wird ein Endglühen ausgeführt, wobei für eine Glühtemperatur von 450°C–550°C ein überwiegender α -Phasenanteil mit einem gegenüber dem Weichglühzustand angestiegenen β -Phasenanteil resultiert.

[0065] Die Legierung gemäß der zweiten Ausführung wurde im Legierungsendzustand durch rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen und EDX-Analysen charakterisiert. **Fig. 11** und **Fig. 12** zeigen exemplarisch rasterelektronenmikroskopische Bilder der α -/ β -Mischmatrix und der intermetallischen Phasen. Die EDX-Messungen haben für die chemische Zusammensetzung der intermetallischen Phasen(Fe, Mn, Ni)-Mischsilizide und überwiegend Mangan-Mischsiliziden Mn_5Si_3 , Mn_5Si_2 , Mn_6Si oder $Mn_{44,1}Si_{8,9}$ ergeben.

[0066] Bezüglich der mechanischen Eigenschaften weist Sondermessing gemäß der zweiten Ausführung im Strangpresszustand eine 0,2%-Dehngrenze von 280–300 MPa, eine Zugfestigkeit R_m von 590–630 MPa und eine Bruchdehnung von 9–14 % auf. Im Endlegierungszustand liegen eine 0,2%-Dehngrenze von 450–650 MPa, eine Zugfestigkeit R_m von 570–770 MPa und eine Bruchdehnung von 4–9,4 % vor.

[0067] Für die dritte Ausführung der erfindungsgemäßen Sondermessinglegierung wird die bevorzugte Legierungszusammensetzung gemäß Anspruch 7 gewählt. Im Gusszustand liegen intermetallische Phasen vor, die im Strangpresszustand als rundliche und längliche, im Korninnern vorliegende Hartphasen bestimmt wurden. Die Legierungsmatrix im Strangpresszustand wird durch eine β -Phase gebildet. Konkret weist die dritte Ausführungsform der Sondermessinglegierung dieser untersuchten Probe folgende Zusammensetzung auf (Angaben in Gew.-%):

Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Mn	Ni	Al	Si	As	Sb	P	Cr
61,0	Rest	0,05	0,005	0,05	2,3	0,4	3,0	0,6	-	-	0,02	0,013

[0068] Aus im Einzelnen nicht dargestellten Längsschliffen ist ersichtlich, dass die Messingmatrix nur eine relativ schwache Ausrichtung in Strangpressrichtung aufweist. Im Gegensatz hierzu ist eine deutliche Ausrichtung intermetallischen Phasen parallel zur Strangpressrichtung gegeben.

[0069] Die intermetallischen Phasen im Korninnern stellen sich einphasig dar, wobei eine mittlere Länge von ≤ 10 nm gemessen wurde. Aus EDX-Messungen konnte die chemische Zusammensetzung der intermetallischen Phasen ermittelt werden, wobei Mischsilizide und vor allem Mangansiliziden in Form von Mn_5Si_3 und Mn_5Si_2 nachgewiesen wurden.

[0070] Ausgehend vom Strangpresszustand wird die Sondermessinglegierung gemäß der dritten Ausführung in einem nachfolgenden Prozessschritt durch ein Weichglühen behandelt, wobei der Weichglühzustand durch die in **Fig. 9** und **Fig. 10** gezeigten lichtmikroskopischen Aufnahmen von Querschliffen illustriert wird. Für eine Weichglühtemperatur von 450°C resultiert eine überwiegende β -Phase, wobei im Bereich der Korngrenzen und innerhalb der Körner α -Phasenanteile mit einer regellosen Verteilung vorliegen. Wird die Weichglühtemperatur auf 550°C erhöht, resultiert eine einheitliche β -Phase.

[0071] Auf das Weichglühen folgt eine Kaltumformung, wobei der Umformungsgrad typischerweise im Bereich von 5–15% Querschnittminderung gewählt wurde. Abschließend wird ein Endglühen ausgeführt, wobei für eine Glühtemperatur von 450°C ein weiterhin überwiegender β -Phasenanteil und ein gegenüber dem Weichglühzustand deutlich angestiegener α -Phasenanteile vorliegen. Im Vergleich hierzu tritt bei einer Endglühtemperatur von 550°C keine wesentliche Veränderung des Legierungsgefüges im Vergleich zum weichgeglühten Zustand ein.

[0072] Bezüglich der mechanischen Eigenschaften weist Sondermessing gemäß der dritten Ausführung im Strangpresszustand eine 0,2%-Dehngrenze von 480–550 MPa, eine Zugfestigkeit R_m von 720–770 MPa und eine Bruchdehnung von 9,3–29 % auf. Im Endlegierungszustand liegen eine 0,2%-Dehngrenze von 570–770 MPa, eine Zugfestigkeit R_m von 750–800 MPa und eine Bruchdehnung von 7,5–12 % vor.

[0073] Der vierten bevorzugten Ausführung der erfindungsgemäßen Sondermessinglegierung liegt die durch Anspruch 9 festgelegte Legierungszusammensetzung zugrunde. Für diese vierte Ausführungsform bilden sich im Gusszustand intermetallische Phasen, die im Strangpresszustand als rundliche im Korninnern einer α -Phase vorliegende Hartphasen bestimmt wurden. Im Strangpresszustand wurde eine überwiegende α -Phase gefunden, wobei an den Korngrenzen der α -Phase zusätzliche β -Phasenanteile vorliegen. Aus im Einzelnen nicht dargestellten Längsschliffen ergibt sich für die Messingmatrix eine deutliche Ausrichtung in Strangpressrichtung während die intermetallischen Phasen nur schwach orientiert sind. Konkret weist die vierte Ausführungsform der Sondermessinglegierung dieser untersuchten Probe folgende Zusammensetzung auf (Angaben in Gew.-%):

Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Mn	Ni	Al	Si	As	Sb	P	Cr
61,0	Rest	0,02	0,05	0,5	1,8	2,0	0,3	0,8	-	-	-	-

[0074] Das Strangpressprodukt der Sondermessinglegierung gemäß der vierten Ausführung wird in einem nachfolgenden Prozessschritt durch ein Weichglühen behandelt, wobei der Weichglühzustand durch die in **Fig. 21** und **Fig. 22** gezeigten lichtmikroskopischen Aufnahmen von Querschliffen illustriert wird. Für eine Weichglühtemperatur von 450°C resultiert eine dominante α -Phase mit inselartigen β -Phasenanteilen. Für eine angehobene Weichglühtemperatur im Bereich von 550°C folgt eine einheitliche α -Phase, wobei die inselartigen β -Phasenanteile gegenüber der niedrigeren Weichglühtemperatur abnehmen.

[0075] Auf das Weichglühen folgt eine Kaltumformung, wobei der Umformungsgrad typischerweise im Bereich von 5–15% Querschnittminderung gewählt wurde. Abschließend wird ein Endglühen ausgeführt, wobei das Legierungsgefüge keinen wesentlichen Unterschied zum weichgeglühten Zustand aufweist.

[0076] Für den Legierungsendzustand weisen die intermetallischen Phasen im Innern der Körner der Grundmatrix einphasige Strukturen mit einer mittleren Länge von ≤ 7 nm auf, wobei ein polykristalliner Aufbau nachgewiesen wurde. Aus den EDX-Messungen konnte zur chemischen Zusammensetzung der intermetallischen Phasen abgeleitet werden, dass neben (Fe, Mn, Ni)-Mischsiliziden insbesondere Eisensilizide der Form $\text{Fe}_5\text{Ni}_3\text{Si}_2$ und Fe_3Si vorliegen. An den Korngrenzen und in der β -Phase zeigen sich zusätzlich Hartphasenausscheidungen mit einer mittleren Größe $\leq 0,2$ nm.

[0077] Bezüglich der mechanischen Eigenschaften weist Sondermessing gemäß der vierten Ausführung im Strangpresszustand eine 0,2%-Dehngrenze von 480–550 MPa, eine Zugfestigkeit R_m von 430–470 MPa und eine Bruchdehnung von 22–42 % auf. Im Endlegierungszustand liegen eine 0,2%-Dehngrenze von 350–590 MPa, eine Zugfestigkeit R_m von 400–650 MPa und eine Bruchdehnung von 3–19 % vor.

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

- CH 223580 A [0007]
- EP 0407596 B1 [0007]
- DE 1558467 A [0007]
- DE 1558817 B2 [0007]
- DE 10159949 C1 [0007]

Patentansprüche

1. Sondermessinglegierung mit

58–66 Gew.-% Cu;
1,6–7 Gew.-% Mn;
0,2–6 Gew.-% Ni;
0,2–5,1 Gew.-% Al;
0,1–3 Gew.-% Si;
 $\leq 1,5$ Gew.-% Fe;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Pb;
und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

2. Sondermessinglegierung nach Anspruch 1 mit

58–64 Gew.-% Cu;
5–7 Gew.-% Mn;
3–5 Gew.-% Ni;
4–6 Gew.-% Al;
0,5–2,5 Gew.-% Si;
0,1–1,5 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,3$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Pb;
und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

3. Sondermessinglegierung nach Anspruch 2 mit

60–62 Gew.-% Cu;
5,8–6,2 Gew.-% Mn;
4,3–4,7 Gew.-% Ni;
4,9–5,1 Gew.-% Al;
1,3–1,7 Gew.-% Si;
0,9–1,1 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Pb;
und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

4. Sondermessinglegierung nach Anspruch 1 mit

60–66 Gew.-% Cu;
1–2,5 Gew.-% Mn;
4–6 Gew.-% Ni;
1–2,5 Gew.-% Al;
1–3 Gew.-% Si;
0,1–1 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Pb;
und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

5. Sondermessinglegierung nach Anspruch 4 mit

63–65 Gew.-% Cu;
1,8–2,2 Gew.-% Mn;
4,8–5,2 Gew.-% Ni;
1,9–2,1 Gew.-% Al;
2,0–2,5 Gew.-% Si;
0,2–0,4 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Pb;
und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

6. Sondermessinglegierung nach Anspruch 1 mit

58–64 Gew.-% Cu;
1,5–3,5 Gew.-% Mn;

0,1–1 Gew.-% Ni;
 2–4 Gew.-% Al;
 0,1–1 Gew.-% Si;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Fe;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

7. Sondermessinglegierung nach Anspruch 6 mit
 60–62 Gew.-% Cu;
 2,1–2,5 Gew.-% Mn;
 0,2–0,6 Gew.-% Ni;
 2,9–3,1 Gew.-% Al;
 0,35–0,65 Gew.-% Si;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Fe;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

8. Sondermessinglegierung nach Anspruch 1 mit
 58–64 Gew.-% Cu;
 1–3 Gew.-% Mn;
 1–3 Gew.-% Ni;
 0,1–1 Gew.-% Al;
 0,2–1,5 Gew.-% Si;
 0,1–1,5 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,5$ Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

9. Sondermessinglegierung nach Anspruch 8 mit
 60–62 Gew.-% Cu;
 1,6–2,0 Gew.-% Mn;
 1,8–2,2 Gew.-% Ni;
 0,2–0,4 Gew.-% Al;
 0,65–0,95 Gew.-% Si;
 0,9–1,1 Gew.-% Fe;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Sn;
 $\leq 0,1$ Gew.-% Pb;
 und Rest Zn nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

10. Sondermessinglegierungsprodukt mit einer Legierungszusammensetzung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sondermessinglegierungsprodukt durch Warmumformung und Glühen so eingestellt wird, dass die 0,2%-Dehngrenze $R_{P0,2}$ im Bereich von 760–810 MPa, die Zugfestigkeit R_m im Bereich von 780–920 MPa und die Bruchdehnung A_5 im Bereich von 1–8 % vorzugsweise im Bereich von 1,5–3% liegen.

11. Sondermessinglegierungsprodukt mit einer Legierungszusammensetzung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sondermessinglegierungsprodukt durch Warmumformung, Glühen und Kaltziehen so eingestellt wird, dass die 0,2 %-Dehngrenze $R_{P0,2}$ im Bereich von 450–650 MPa, die Zugfestigkeit R_m im Bereich von 570–770 MPa und die Bruchdehnung A_5 im Bereich von 4–9,4 % liegen.

12. Sondermessinglegierungsprodukt mit einer Legierungszusammensetzung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sondermessinglegierungsprodukt durch Warmumformung, Glühen und Kaltziehen so eingestellt wird, dass die 0,2 %-Dehngrenze $R_{P0,2}$ im Bereich von 570–770 MPa, die Zugfestigkeit R_m im Bereich von 750–800 MPa und die Bruchdehnung A_5 im Bereich von 7,5–12 % liegen.

13. Sondermessinglegierungsprodukt mit einer Legierungszusammensetzung einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sondermessinglegierungsprodukt durch Warmumformung, Glühen

und Kaltziehen so eingestellt wird, dass die 0,2 %-Dehngrenze $R_{p0,2}$ im Bereich von 350–590 MPa, die Zugfestigkeit R_m im Bereich von 400–650 MPa und die Bruchdehnung A_5 im Bereich von 3–19 % liegen.

14. Sondermessinglegierungsprodukt nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sondermessinglegierungsprodukt ein auf eine zeitlich variable Reibbelastung ausgelegtes Bauteil ist, insbesondere eine Lagerbuchse, ein Gleitschuh, ein Schneckenrad oder ein Axiallager für einen Turbolader.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

