



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 22 C / 292 293 2

(22) 09.07.86

(44) 28.10.87

(71) VEB Dieselmotorenwerk Rostock, Rostock 6, 2500, DD

(72) Eberlein, Jürgen, Dipl.-Ing.; Kaps, Reinhard, Dipl.-Ing.; Noack, Heinz; Ruddeck, Peter, Dr.-Ing., DD

(54) **Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze und Verfahren zur Erzeugung hochverschleißfester Gußteile aus dieser Legierung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für hochverschleißfeste Werkzeuge und Konstruktionsteile der Umform-, Spritz- und Lagertechnik, insbesondere für Preßformen und Düsen der metall- und plastverarbeitenden Industrie, Kokillen, Kolben, Lager, Lagerschalen, -steine, -schrauben, -käfige, Gleit- und Kugellager, Schnecken- und Zahnräder, allgemeine Werkzeuge, wie z. B. Schraubenschlüssel. Das Ziel der Erfindung ist es, eine Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für den genannten Verwendungszweck zu entwickeln, um das giftige Sparstoffelement Beryllium sowie die teuren Elemente Zr, Co, Cr, Ti einzusparen, den Cu-Anteil wesentlich zu reduzieren und einen Ausscheidungseffekt zu erzielen. Gleichzeitig ist eine Qualitätserhöhung der Legierung anzustreben. Diese soll die Zähigkeit, das Verschleißverhalten, die Gießbarkeit und die Bearbeitbarkeit verbessern. Die gefundene Legierung, die diese Bedingungen erfüllt hat die chemische Zusammensetzung von Mn 10,0 bis 14,0 %, Zn 4,6 bis 9,0 %, Fe 0,65 bis 6,0 %, Ni 0,5 bis 3,0 %, Al 6,5 bis 9,0 %, C 0,04 bis 0,3 % und Rest Cu. Die Legierungselemente Mn, Zn, Al, Ni und Fe werden in einem ganz bestimmten Verhältnis zueinander gattiert und einer definierten Wärmebehandlung unterzogen, mit der ein definiertes Gefüge bei gleichzeitiger weiterer Erhöhung der mechanischen Eigenschaften und der Verschleißfestigkeit gegenüber dem Gußzustand erzielt wird. Die mit dieser Legierung erreichten mechanischen Eigenschaften betragen Bruchfestigkeit 800 bis 950 MPa, Härte 230 bis 320 HB, Bruchdehnung 2,0 %, Wärmeleitfähigkeit 0,2 cal/grd sec m. Die vorgeschlagene Legierung ist für die o. g. Verwendungszwecke ohne Einschränkung benutzbar.



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 250 952 A1

4(51) C 22 C 9/05

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 22 C / 292 293 2

(22) 09.07.86

(44) 28.10.87

(71) VEB Dieselmotorenwerk Rostock, Rostock 6, 2500, DD

(72) Eberlein, Jürgen, Dipl.-Ing.; Kaps, Reinhard, Dipl.-Ing.; Noack, Heinz; Ruddeck, Peter, Dr.-Ing., DD

(54) Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze und Verfahren zur Erzeugung hochverschleißfester Gußteile aus dieser Legierung

(57) Die Erfindung betrifft eine Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für hochverschleißfeste Werkzeuge und Konstruktionsteile der Umform-, Spritz- und Lagertechnik, insbesondere für Preßformen und Düsen der metall- und plastverarbeitenden Industrie, Kokillen, Kolben, Lager, Lagerschalen, -steine, -schrauben, -käfige, Gleit- und Kugellager, Schnecken- und Zahnräder, allgemeine Werkzeuge, wie z. B. Schraubenschlüssel. Das Ziel der Erfindung ist es, eine Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für den genannten Verwendungszweck zu entwickeln, um das giftige Sparstoffelement Beryllium sowie die teuren Elemente Zr, Co, Cr, Ti einzusparen, den Cu-Anteil wesentlich zu reduzieren und einen Ausscheidungseffekt zu erzielen. Gleichzeitig ist eine Qualitätserhöhung der Legierung anzustreben. Diese soll die Zähigkeit, das Verschleißverhalten, die Gießbarkeit und die Bearbeitbarkeit verbessern. Die gefundene Legierung, die diese Bedingungen erfüllt hat die chemische Zusammensetzung von Mn 10,0 bis 14,0%, Zn 4,6 bis 9,0%, Fe 0,65 bis 6,0%, Ni 0,5 bis 3,0%, Al 6,5 bis 9,0%, C 0,04 bis 0,3% und Rest Cu. Die Legierungselemente Mn, Zn, Al, Ni und Fe werden in einem ganz bestimmten Verhältnis zueinander gattiert und einer definierten Wärmebehandlung unterzogen, mit der ein definiertes Gefüge bei gleichzeitiger weiterer Erhöhung der mechanischen Eigenschaften und der Verschleißfestigkeit gegenüber dem Gußzustand erzielt wird. Die mit dieser Legierung erreichten mechanischen Eigenschaften betragen Bruchfestigkeit 800 bis 950 MPa, Härte 230 bis 320 HB, Bruchdehnung 2,0%, Wärmeleitfähigkeit 0,2 cal/grd sec m. Die vorgeschlagene Legierung ist für die o. g. Verwendungszwecke ohne Einschränkung benutzbar.

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Zur PS Nr. ...250.952...

ist eine Zeitschrift erschienen.

(Teilweise bestätigt gem. § 18 Abs.1 d.Änd.Ges.z.Pat.Ges.)

Erfindungsanspruch:

1. Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für hochverschleißbeanspruchte Werkzeuge und Konstruktionsteile der Umform-, Spritz- und Lagertechnik, insbesondere für Preßformen und Düsen der metall- und plastverarbeitenden Industrie, Kokillen, Kolben, Lager, Lagerschalen, -steine, -schrauben und -käfige, Gleit- und Kugellager, Schnecken- und Zahnräder, allgemeine Werkzeuge, z. B. Schraubenschlüssel, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Legierung eine chemische Zusammensetzung besitzt von

10,0 bis 14,0% Mn
4,6 bis 9,0% Zn
0,65 bis 6,0% Fe
0,50 bis 3,0% Ni
6,5 bis 9,0% Al
0,04 bis 0,3% C
Rest % Cu

wobei die Legierung nachfolgende Mengenverhältnisse besitzen soll:

Al:Mn = 1,0:1,2 bis 1,8
Al:Zn = 1,0:0,6 bis 1,3
Zn:Mn = 1,0:1,3
Ni:Fe = 1,0:1,3
Al + Mn + Zn = 24,0 % bis 28,0 %
Fe + Mn = 12,0 %

2. Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein dreiphasiges Gefüge, bestehend aus mindestens 80% Beta-Phase, mindestens 5% Kappa-Phase (Korndurchmesser $< 10 \mu\text{m}$) und mindestens 10% Alpha-Phase, wobei Alpha- und Beta-Phase fein verteilt im Gefüge vorliegen und die Beta-Korngrenzen mit bandartigen Alpha-Ausscheidungen (Breite $2\text{--}10 \mu\text{m}$) besetzt sind.
3. Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze gemäß Anspruch 1 und 2 mit erhöhten mechanischen Eigenschaften und Verschleißfestigkeit, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Legierung mit den definierten Fe-Gehalten gemäß der in Anspruch 1 genannten Mengenverhältnisse einer Wärmebehandlung, d. h. angelassen oder geglüht und angelassen wird.
4. Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze gemäß Anspruch 1 bis 3 mit erhöhter Verschleißfestigkeit, insbesondere mit einer Bruchfestigkeit von 820–930 MPa, einer Härte von 240–290 HB bei einer Bruchdehnung von 6,2–2,2%, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Legierung nach dem Abguß zwischen 360°C und 450°C über eine Zeit von 1,0–10,0 Stunden — in Abhängigkeit der Wanddicke, allgemein 1 Stunde je 20 mm Wanddicke, mindestens jedoch 1 Stunde angelassen wird.
5. Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze gemäß Anspruch 1 bis 3 und in Erweiterung des Merkmales gemäß Anspruch 4 zur Erhöhung der mechanischen Eigenschaften und Verschleißfestigkeit, insbesondere mit einer Bruchfestigkeit bis 955 MPa, einer Härte bis 310 HB bei einer Bruchdehnung bis 8,2%, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Legierung nach dem Abguß zwischen 780°C und 850°C über 1,0–10,0 Stunden — in Abhängigkeit der Wanddicke, allgemein 1 Stunde je 20 mm Wanddicke, mindestens jedoch 1 Stunde, geglüht und anschließend einer schnellen Abkühlung (Luft) unterzogen und danach analog der Merkmale gemäß Anspruch 4 angelassen wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze sowie ein Verfahren zur Veredlung des Gußzustandes dieser Legierung zur Erhöhung der mechanischen Eigenschaften der gegossenen Teile mittels Wärmebehandlung zur Anwendung für hochverschleißbeanspruchte Werkzeuge und Konstruktionsteile der Umform-, Spritz- und Lagertechnik, insbesondere für Preßformen und Düsen der metall- und plastverarbeitenden Industrie, Kokillen, Kolben, Lager, Lagerschalen, -steine, -schrauben, -käfige, Gleit- und Kugellager, Schnecken- und Zahnräder, allgemeine Werkzeuge, z. B. Schraubenschlüssel.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für das gesamte Anwendungsgebiet haben sich seit Jahren Legierungen aus Kupfer und Beryllium bewährt. Vielfach werden die Teile aus Halbzeugen gefertigt (K. Eichhorn, Niedriglegierte Kupferlegierungen, Deutsches Kupferinstitut 1966, S. 108–142, 282–292) oder auch im Gießverfahren hergestellt (E. Brunhuber, Schmelz- und Legierungstechnik von Kupferwerkstoffen, Fachbuchverlag Schiele & Schön GmbH, Berlin 1968, S. 217–221). Kupfer-Beryllium-Legierungen zeichnen sich durch einen ausgeprägten Aushärtungseffekt aus, auf dessen Basis es möglich ist, die mechanischen Eigenschaften in weiten Grenzen zu variieren und insbesondere eine hohe Verschleißfestigkeit zu erreichen. Zur Gewährleistung hoher Härte und Verschleißfestigkeit werden Knetlegierungen nach hohem Grad der Verformung (Kaltverfestigung) lösungsgeglüht und ausscheidungsgehärtet.

Bei Gußlegierungen werden hohe Festigkeiten durch erhöhte Berylliumgehalte und Zugabe weiterer Legierungselemente erzielt. Nach dem Gießen sind diese Legierungen auf Grund ihrer Härte nicht mehr formbar.

Zunehmend finden zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit Legierungselemente wie Co (bis 2,7%) und/oder Ni Anwendung in Cu-Be-Legierungen.

Besonders in der amerikanischen (DE-OS 2129101, 2129102) und japanischen Wirtschaft (DE-OS 1903711, 1903712) wurden erstmalig Legierungen auf der Basis CuAl für hohe Verschleißbeanspruchungen vorgeschlagen. Diesen Legierungen wurden ebenfalls Be, Co zulegiert und/oder zur weiteren Verbesserung Si, Sn, Zr, Ce, Mn, Fe, Ni, Ti beigegeben. In den genannten Offenlegungsschriften wird auf die Bedeutung der Gefügeausbildung eingegangen. Teilweise werden die hohen mechanischen Eigenschaften von etwa 1000 MPa Bruchfestigkeit und 400 Hb Härte allerdings nur erreicht, wenn das Material kalt oder warm verformt wurde. Dabei sank jedoch die Dehnung zum Teil bis 0% ab. Auf Grund dieser Bedingungen kann dieses Material überwiegend nur für einfach gestaltete Teile eingesetzt werden.

Eine hochverschleißfeste Legierung (DD-WP 155701) mit einer Bruchfestigkeit bis 850 MPa wurde in der DDR für Umformwerkzeuge entwickelt. Sie hat bereits erhebliche Vorteile gegenüber den bisherigen Legierungen. Sie ist aber für Spezialanwendungsfälle (z. B. Düsenlagerkäfige) noch nicht verschleißfest genug. Eine Erhöhung der Verschleißfestigkeit durch Wärmebehandlung ist bei den hochfesten Gußlegierungen ungebräuchlich, da keine nennenswerte Festigkeits- und Härtesteigerung erreicht wird. Wärmebehandlungen werden in erster Linie an kalt- oder warmverfestigten Teilen im Sinne eines Weichglühens oder als Vergüten bei mittelfesten Legierungen (bis ca. 700 MPa) vorgenommen.

Die bisher verwendeten Werkstoffe und Verfahren haben eine Reihe von Nachteilen:

- hoher Cu-Anteil,
- hoher Anteil der Spezialelemente Be, Co, Ce, Cr, Ti, Zr, Sn, Ni, Si,
- Verwendung des giftigen Elementes Be,
- sehr hohe Härte,
- schwere Bearbeitbarkeit nach der Wärmebehandlung,
- Verzug der fertigbearbeiteten Teile durch Wärmebehandlung,
- geringe Zähigkeit und damit anfällig gegen dynamische und Stoßbelastungen,
- zu geringe Verschleißfestigkeit der Legierung auf der Basis CuAl,
- hoher Arbeitsaufwand (insbesondere Zerspanungsarbeit) beim Einsatz von Halbzeugen,
- Die Werkstoffe sind fast ausschließlich nur im wärmebehandelten Zustand einsetzbar.
- schwierige Beherrschung der Behandlungsverfahren (Wärmebehandlung, Umformungen) zur Erzeugung der gewünschten Eigenschaften,
- durch hohe Temperaturen energieaufwendige Wärmebehandlungsverfahren erforderlich,
- teure Materialzusammensetzung und Herstellung.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die vorstehend genannten Mängel und Nachteile der bekannten Legierungen und Verfahren durch den Einsatz eines geeigneten Werkstoffes und Herstellungsverfahrens auszuschalten, d. h., vor allem den Einsatz des sehr giftigen und teuren Berylliums und der teuren Speziallegierungselemente wie Co, Ce, Cr, Ti u. a. gleichwertiger Elemente zu vermeiden und darüber hinaus den hohen Cu-Anteil von über 90% abzusenken.

Überwiegend soll der Werkstoff bereits im Gußzustand gute mechanische Eigenschaften und eine hohe Verschleißfestigkeit erhalten. Eine weitere gezielte Verbesserung der Eigenschaften soll mit relativ wenig Aufwand an Energie und Kosten mit hoher Sicherheit und unkompliziert erfolgen können, was durch eine gute Anlaßfähigkeit der Legierung zu gewährleisten ist. Der Werkstoff soll weiterhin prinzipiell in gegossenem Zustand einsetzbar sein und nur für spezielle Anwendungsfälle wärmebehandelt werden, und zwar, wenn die Festigkeit über 920 MPa und eine Härte > 290 HB betragen soll.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Legierung und ein Veredlungsverfahren des Gußzustandes dieser Legierung für hochverschleißfeste Werkzeuge und Konstruktionsteile der Spritz- und Lagertechnik auf der Basis einer Mn-Al-Mehrstoffbronze zu entwickeln, die eine Mindestbruchfestigkeit von 800 MPa, eine Mindestdehnung von 2,0% und eine Härte von mindestens 200 HB aufweist. Dabei sollen folgende Nachteile ausgeschlossen werden:

- die Verwendung des giftigen und teuren Be,
- großen Cu-Anteil in der Zusammensetzung (über 90%),
- Einsatz der teuren Speziallegierungselemente Co, Ce, Cr, Ti, Zr, Sn, Ni,
- geringe Zähigkeit (unter 2,0%) und damit die Stoßempfindlichkeit,

- hoher Zerspanungsaufwand durch Herausarbeiten der Formteile aus Halbzeugen und durch Bearbeitung bei sehr hohen Härten nach der Wärmebehandlung,
 - Kalt- oder Warmumformungen,
 - komplizierte und teure Gieß- und Veredlungsverfahren.
- Insbesondere soll damit erreicht werden:
- gute Verarbeitungseigenschaften,
 - Ausschließen des Einsatzes von giftigen und teuren Elementen,
 - hohe Verschleißfestigkeit,
 - große Standzeiten der Teile.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Legierung eine Zusammensetzung von

10,0 bis 14,0% Mn
 4,6 bis 9,0% Zn
 0,65 bis 6,0% Fe
 0,50 bis 3,0% Ni
 6,5 bis 9,0% Al
 0,04 bis 0,3% C
 — Rest % Cu

aufweist und daß bei dieser Legierung in besonderem Maße die Legierungselemente ein solches Mengenverhältnis zueinander haben, was die Voraussetzung für eine definierte Gefügeausbildung ist. Insbesondere sollen die Hauptlegierungselemente Al, Mn und Zn in der Summe 24,0 bis 28,0% betragen und die Mengenverhältnisse sollen sein:

Al:Mn = 1,0:1,2–1,8
 Al:Zn = 1,0:0,6–1,3
 Zn:Mn = 1,0:1,3
 Al + Mn + Zn = 24,0–28,0%
 Ni:Fe = 1,0:1,3
 Fe + Mn = 12,0%

Diese chemische Zusammensetzung unter Einhaltung der Mengenverhältnisse der Elemente zueinander ergibt eine Legierung mit folgenden mechanischen Grundeigenschaften:

Bruchfestigkeit R_m = 800–950 MPa
 Bruchdehnung A_5 = 6,0–2,2%
 Härte HB = 230–300

Gußlegierungen der erfindungsgemäßen chemischen Zusammensetzung weisen bereits eine gute Verschleißfestigkeit auf. Weitere Verbesserungen werden erreicht durch Anlassen des Gußzustandes bei 360°C bis 450°C oder Lösungsglühen bei 780°C bis 850°C, Luftabkühlung und nachfolgender Ausscheidungshärtung bei ebenfalls 360°C bis 450°C. Die notwendige Glühdauer ist in erster Linie von der Wanddicke abhängig und sollte 1 Stunde je 20 mm Wanddicke, jedoch immer mindestens 1 Stunde betragen.

Im Ergebnis dieser verfahrensgemäßen Behandlung der Legierung steigt die Bruchdehnung an und die Bruchfestigkeit erreicht Werte bis 950 MPa sowie eine Härte von ca. 320 HB.

Die Ursache dieses positiven Verhaltens der Legierung liegt im erreichten genauen definierten Gefüge begründet.

Im Grundgefüge, der Matrix aus Beta-Primärkörnern befinden sich feine nadlige Gefügebestandteile der Alpha-Phase und Modifikationen der eisen-mangan-reichen Kappa-Phase geringer Korngröße. Die Anwesenheit der Kappa-Teilchen bewirkt die Herausbildung einer insgesamt feinkörnigen Gefügestruktur, wodurch die Festigkeit der Legierung steigt. Infolge der Anlaßbehandlung koagulieren die feinen Alpha-Teilchen zu größeren Körnern bei Ausscheidung weiterer Alpha-Phase im Innern und den Grenzen der Beta-Primärkörner, so daß sich hier eine bandartige Korngrenzenbelegung mit zäher Alpha-Phase herausbildet. Damit erhöht sich die Korngrenzenduktilität, es verbessern sich die Zähigkeitseigenschaften der Legierung. Während des Anlassens bilden sich feindisperse Fe-Ausscheidungen, die die Aushärtungseffekte der Legierung hervorrufen. Durch den Glühvorgang wird ein vollständiger Ablauf der Gefügeumwandlungsvorgänge erreicht. Durch die Wärmebehandlung wird der Anteil der Alpha-Phase über 10% erhöht, während der Anteil der harten Beta-Phase unter 85% sinkt. Insgesamt steigt durch die Glühung mit anschließender Anlaßbehandlung die Härte und Bruchfestigkeit an. Infolge der günstigen Alpha-Verteilung erhöht sich außerdem die Dehnung, wodurch im Komplex der verbesserten mechanischen Eigenschaften das Verschleißverhalten verbessert wird.

Ausführungsbeispiel

Nachfolgend soll die erfindungsgemäße Lösung an mehreren Ausführungsvarianten verdeutlicht werden.

Legierungselement in Ma.-%	I	II	Varianten III	IV	V
Mn	12,00	11,87	14,10	12,10	10,15
Zn	8,05	8,60	5,50	6,60	5,07
Fe	2,62	2,61	5,85	4,01	0,65
Ni	1,85	1,72	2,73	1,93	0,50
Al	7,44	7,25	7,85	7,10	8,45
C	0,29	0,17	0,08	0,11	0,04
Cu			Rest		

Var. I bis III vorzugsweise für Düsen und Werkzeuge
Var. IV und V vorzugsweise für Lager

Daraus resultieren folgende mechanische Eigenschaften im Gußzustand:

Mechanische Eigen- schaften	I	II	Varianten III	IV	V
Bruchfestigkeit Rm/MPa/	937	919	923	825	880
Bruchdehnung A ₅ /%/	2,5	3,3	2,2	6,2	2,2
Härte-HB	296	291	277	242	247

Die Var. II und IV wurden zusätzlich wärmebehandelt
und ergaben folgende Werte:

Mechanische Eigenschaften	Variante II 1 h bei 780 °C geglüht, Luftabkühlung u. 1,5 h bei 410 °C angelassen	Variante IV 2 h bei 360 °C angelassen
Bruchfestigkeit Rm/MPa/	955	860
Bruchdehnung A ₅ /%/	5,80	8,20
Härte-HB	317	274