



(12) Ausschließungspatent

(11) **DD 250 952 B3**

Teilweise bestätigt gemäß § 18
Absatz 1 Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983

5(51) C 22 C 9/05

in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

DEUTSCHES PATENTAMT

(21) DD C 22 C / 292 293 2

(22) 09. 07. 86

(45) 29. 04. 93

(44) 28. 10. 87

(72) Eberlein, Jürgen, Dipl.-Ing., O - 2060 Waren/Müritz, DE; Kaps, Reinhard, Dipl.-Ing., O - 2080 Neustrelitz, DE;
Noack, Heinz, O - 8612 Großdubrau, DE; Ruddeck, Peter, Dr.-Ing., O - 2060 Waren/Müritz, DE

(73) Dieselmotorenwerk Rostock GmbH, O - 2500 Rostock 6, DE

(74) Kappner, Kurt, Patentassessor, Dieselmotorenwerk Rostock GmbH, Erich-Schlesinger-Str. 50,
O - 2500 Rostock 6

(54) **Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für hochverschleißbeanspruchte Konstruktionsteile**

Patentanspruch:

Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für hochverschleißbeanspruchte Konstruktionsteile der Umform-, Spritz- und Lagertechnik auf der Basis einer Legierung der chemischen Zusammensetzung von

10,00 bis 14,0% Mn
 4,60 bis 9,0% Zn
 0,65 bis 6,0% Fe
 0,50 bis 3,0% Ni
 6,50 bis 9,0% Al
 0,04 bis 0,3% C
 Rest % Cu

und folgender Mengenverhältnisse von

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

sowie eines dreiphasigen Gefüges, **dadurch gekennzeichnet**, daß das dreiphasige Gefüge aus mindestens 80% Beta-Phase, mindestens 5% Kappa-Phase (Korndurchmesser $< 10 \mu\text{m}$) sowie mindestens 10% Alpha-Phase besteht, wobei Alpha- und Beta-Phase fein im Gefüge verteilt und die Beta-Korngrenzen mit bandartigen Alpha-Ausscheidungen (Breite $2\text{--}10 \mu\text{m}$) besetzt sind.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Mangan-Aluminium-Mehrstoffbronze für hochverschleißbeanspruchte Konstruktionsteile der Umform-, Spritz- und Lagertechnik, insbesondere für Preißformen 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 Eigenschaftne 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 aufgrund 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. In 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. Aufgrund 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 hochfesten Gußlegierungen ungebräuchlich, da keine nennenswerten Festigkeits- und Härtesteigerungen erreicht werden. Wärmebehandlungen werden in erster Linie an kalt- oder warmverfestigten Teilen im Sinne eines Weichglühens oder als Vergütung 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 Speziallegierungselemente Be, Co, Ce, Cr, Ti, Zr, Sn, Ni, Si,

- Verwendung des giftigen Legierungselementes Beryllium,
- sehr hohe Härte,
- schwere Bearbeitbarkeit nach der Wärmebehandlung,
- Verzug der fertiggearbeiteten 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, Umformung) 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 auszuschalten, d. h., vor allem den Einsatz des sehr giftigen und teuren Legierungselementes Beryllium und der teuren Speziallegierungselemente, wie Co, Ce, Cr, Ti u. a. gleichwertig 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. Der Werkstoff soll weiterhin prinzipiell in gegossenem Zustand einsetzbar sein und über eine gute Zerspanbarkeit verfügen.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Legierung für hochverschleißfeste Konstruktionsteile der Umform-, Spritz- und Lagertechnik auf der Basis einer Ma-Al-Mehrstoffbronze zu entwickeln, die eine Minderbruchfestigkeit 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 Legierungselementes Beryllium,
- großer Anteil in der Zusammensetzung (über 90%),
- Einsatz der teuren Speziallegierungselemente Cu, Ce, Cr, Ci, Zr, Sn, Ni,
- geringe Zähigkeit (unter 2,0%) und damit die Stoßempfindlichkeit,
- hoher Zerspannungsaufwand 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 sollen damit erreicht werden:

- gute Verarbeitungseigenschaften,
- Ausschließen des Einsatzes von giftigen und teuren Legierungselementen,
- hohe Verschleißfestigkeit,
- große Standzeiten der Teile.

Die erfindungsgemäße Lösung besteht darin, daß auf der Basis einer Legierung mit der chemischen Zusammensetzung von

10,00 bis 14,0% Mn

4,60 bis 9,0% Zn

0,65 bis 6,0% Fe

0,50 bis 3,0% Ni

6,50 bis 9,0% Al

0,04 bis 0,3% C

Rest % Cu

und folgender Mengenverhältnisse von

Al:Mn = 1,0:1,2-1,8

Al:Zn = 1,0:0,6-1,3

Zn:Mn \cong 1,0:1,3

Al + Mn + Zn = 24,0-28,0%

Ni:Fe \cong 1,0:1,3

Fe + Mn \cong 12,0%

ein dreiphasiges Gefüge vorhanden ist, das mindestens 80% Beta-Phase, mindestens 5% Kappa-Phase (Korndurchmesser < 10 µm) sowie mindestens 10% Alpha-Phase aufweist, wobei Alpha- und Beta-Phase fein im Gefüge verteilt vorliegen und die Beta-Korngrenzen mit bandartigen Alpha-Ausscheidungen (Breite 2-10 µm) besetzt sind.

Eine Legierung mit der genannten chemischen Zusammensetzung und Mischungsverhältnisse besitzt bei Einhaltung der vorgeschlagenen Gefügestruktur folgende mechanische Grundeigenschaften:

Bruchfestigkeit RM = 800-950 MPa

Bruchdehnung A₅ = 6,0-2,2%

Härte HB = 230-300.

Diese Gußlegierung verfügt über eine hohe Verschleißfestigkeit, und sie ist gleichermaßen im Gußzustand gut verarbeit- und zerspanbar.

Die Ursache dieses positiven Verhaltes 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 Modifikation der eisen-manganreichen Kappa-Phase geringer Korngröße. Die Anwesenheit der Kappa-Teilchen bewirkt gleichzeitig die Herausbildung einer insgesamt feinkörnigen Gefügestruktur, wodurch die Festigkeit der Legierung steigt. Die an den Beta-Korngrenzen vorhandenen bandartigen zähen Alpha-Ausscheidungen rufen eine Korngrenzendoktilität hervor, die sich positiv auf die Zähigkeit der Legierung auswirkt.

Ausführungsbeispiel

Nachfolgend soll die erfindungsgemäße Lösung an mehreren Ausführungsvarianten in tabellarischer Aufstellung verdeutlicht werden.

Legierungselemente in Ma.-%	I	II	III
Mn	12,00	11,87	12,10
Zn	8,05	8,60	6,60
Fe	2,62	2,61	4,01
Ni	1,85	1,72	1,93
Al	7,44	7,25	7,10
C	0,29	0,17	0,11
Cu	Rest	Rest	Rest

Daraus resultieren folgende mechanische Eigenschaften im Gußzustand:

Mechanische Eigenschaften	I	II	III
Bruchfestigkeit Rm (MPa)	937	919	925
Bruchdehnung A ₅ (%)	2,5	3,3	6,2
Härte HB	296	291	242

Variante I und II vorzugsweise für Düsen und Werkzeuge, Variante III vorzugsweise für Lager.