



(11)

EP 2 021 521 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.11.2016 Patentblatt 2016/46

(21) Anmeldenummer: **07718397.8**

(22) Anmeldetag: **19.04.2007**

(51) Int Cl.:
C22C 23/04 ^(2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2007/000181

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/134345 (29.11.2007 Gazette 2007/48)

(54) **MAGNESIUM-BASISLEGIERUNG**

MAGNESIUM-BASED ALLOY

ALLIAGE À BASE DE MAGNÉSIUM

(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 MT NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **19.05.2006 AT 8692006**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.02.2009 Patentblatt 2009/07

(73) Patentinhaber: **LKR**
Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH
5282 Ranshofen (AT)

(72) Erfinder:

- **UGGOWITZER, Peter, J.**
8913 Ottenbach (CH)
- **LÖFFLER, Jörg, F.**
5425 Schneisingen (CH)
- **RIEMELMOSER, Franz**
84359 Simbach (DE)
- **KÜHLEIN, Maria**
94166 Stubenberg (DE)
- **KETTNER, Michael**
5280 Braunau am Inn (AT)
- **KILIAN, Helmut**
5233 Pischelsdorf am Engelbach (AT)

(74) Vertreter: **Wirnsberger, Gernot**
Mühlgasse 3
8700 Leoben (AT)

(56) Entgegenhaltungen:

GB-A- 1 525 759 KR-A- 20030 055 753
KR-A- 20030 096 890

- **HYE-SUNG KIM ET AL:** "The effect of Ca addition on viscosity and electrochemical properties of Mg-alloys produced by casting" **INTELLIGENT PROCESSING AND MANUFACTURING OF MATERIALS, 1999. IPMM '99. PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON HONOLULU, HI, USA 10-15 JULY 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, Bd. 1, 10. Juli 1999 (1999-07-10), Seite 429, XP010351636 ISBN: 0-7803-5489-3 in der Anmeldung erwähnt**
- **YUAN GUANGYIN, LIU MANPING, DING WENJIANG, AKIHISA INOUE:** "Microstructure and mechanical properties of Mg-Zn-Si-based alloys" **MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A, Bd. 357, Nr. 1-2, 25. September 2003 (2003-09-25), Seiten 314-320, XP002452254 Lausanne, CH in der Anmeldung erwähnt**
- **BEN-HAMU ET AL:** "Microstructure and corrosion behavior of Mg-Zn-Ag alloys" **5. November 2006 (2006-11-05), MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS: PROPERTIES, MICROSTRUCTURE & PROCESSING, LAUSANNE, CH, PAGE(S) 579-587, XP005666779 ISSN: 0921-5093 das ganze Dokument**

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).

EP 2 021 521 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Magnesium-Basislegierung und ein daraus hergestelltes Halbzeug.

[0002] In Präzisierung bezieht sich die Erfindung auf eine Magnesium-Basislegierung mit gleichmäßig geringer Korngröße und einem hohen insbesondere Kaltumformvermögen des Werkstoffes.

[0003] Magnesium ist ein Erdalkalimetall, kristallisiert in hexagonal dichtester Kugelpackung der Atome, hat eine Dichte von 1,7 kg/dm³, ein Elastizitätsmodul von 44 kN/mm² und eine Zugfestigkeit von 150 bis 200 N/mm². Ein hexagonal dichtgepacktes Gitter besitzt lediglich eine beschränkte Schar von Gleitebenen, sodass Magnesium nur in geringem Ausmaß bei Raumtemperatur umformbar ist.

[0004] Erdalkalimetalle sind im Allgemeinen sehr reaktionsfreudig. Magnesium wird in Luft oder Wasser mit einer dünnen, festhaftenden, oxidischen/hydroxidischen Deckschicht überzogen und ist gegenüber insbesondere Wasser zumindest teilweise beständig. Allerdings bewirkt die hohe Reaktivität von Magnesium trotz schützender Oberflächenschicht gegebenenfalls Korrosion.

[0005] Zur Erhöhung der Festigkeit, Verminderung der Kerbempfindlichkeit und Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit kann Magnesium vorwiegend mit den Elementen Aluminium (Al), Zink (Zn), Mangan (Mn) legiert sein, wobei diese Legierungen im Allgemeinen bei Raumtemperatur mehrphasig in Form von Mischkristallen und intermetallischen Phasen vorliegen.

[0006] Durch ein Lösungsglühen mit nachfolgendem Abschrecken lassen sich die Zähigkeit bzw Duktilität und durch langsames Abkühlen oder Ausscheidungshärten die Festigkeit des aus diesen Legierungen bestehenden Werkstoffes beeinflussen.

[0007] Die wichtigsten, derzeit gebräuchlichen Magnesiumlegierungen weisen eine in Tab. 1 aufgelistete Bezeichnung und chemische Zusammensetzung auf.

[0008] Bekannte Magnesiumlegierungen haben jedoch die Nachteile einer inhomogenen Gefügeeinstellung im Bolzen beim Strangpressen bei erhöhter Temperatur sowie einer beschränkten Duktilität des Werkstoffes bei Raumtemperatur.

[0009] Einen wesentlichen Vorteil von Magnesium stellt insbesondere die niedrige Dichte des Metalls dar, sodass seit langem die Fachwelt mit dem Wunsch nach Knetlegierungen auf Magnesiumbasis konfrontiert worden ist.

[0010] Aus einer Veröffentlichung "The Effect of Ca Addition on Age Hardening Behaviors and Mechanical Properties in Mg-Zn Alloy" (Materials Science Forum Vols. 419-422 (2003) pp. 307-312) ist beispielsweise bekannt geworden, einer Legierung aus Magnesium und 6 Gew.-% Zink 0,1 bis 0,5 Gew.-% Calcium zuzusetzen, um die mechanischen Eigenschaften zu erhöhen und die Aushärtungsparameter zu verbessern.

[0011] Mit der gleichen Zielsetzung einer Festigungssteigerung und Verbesserung der Kriechbeständigkeit erfolgte gemäß dem Dokument "Microstructure and mechanical properties of Mg-Zn-Si-based alloys" (Materials Science and Engineering A357 (2003) 314-320) ein Zulegieren von 1 Gew.-% Si und gegebenenfalls 0,25 Gew.-% Ca einem Magnesium-Basiswerkstoff mit 6 Gew.-% Zn.

[0012] Um hochfeste und verformte Magnesium-Basislegierungen zu schaffen, wurde, wie im Dokument "Microstructure and Mechanical Properties of Mg-Zn-Ag Alloys" (Materials Science Forum Vols. 419-422 (2003) pp.159-164) offenbart, auch versucht, einer Legierung Z6 Silber (Ag) zuzusetzen, wobei mit einem Gehalt von 3 Gew.-% Ag eine bemerkenswerte Kornfeinung und eine Härtesteigerung erreicht werden konnte.

[0013] KR20030055753 offenbart eine Magnesium-Basislegierung enthaltend in Gew.-%: 3-10% Zn, 0,5-4,0% Ag, 0,1-4,0% Si, 0,1-2,0 % Ca, Magnesium und herstellungsbedingte Verunreinigungen als Rest.

[0014] Die Erfindung setzt sich nun zum Ziel eine Magnesium-Basislegierung zu schaffen, welche bei einem Warmpressen eines gegebenenfalls konditionierten Stranggussbolzens einen Feinkorn-Pressbolzen erbringt, wobei der Werkstoff desselben bei erhöhter Temperatur und bei Raumtemperatur hoch umformbar ist. Weiters ist es Ziel der Erfindung, die Korrosionsbeständigkeit des Werkstoffes zu verbessern oder zu beeinflussen.

[0015] Dieses Ziel wird bei einer Magnesium-Basislegierung bestehend aus Gew.%

Zink (Zn)	mehr als 0,8,	jedoch weniger als 6,2
Zirkon (Zr)	Spuren,	jedoch weniger als 1,0
Mangan (Mn)	mehr als 0,04,	jedoch weniger als 0,6
Calcium (Ca)	mehr als 0,04,	jedoch weniger als 2,0
Silizium (Si)	Spuren,	jedoch weniger als 1,0
Antimon (Sb)	Spuren,	jedoch weniger als 0,5
Aluminium (Al)	Spuren,	jedoch weniger als 0,5
Silber (Ag)	mehr als 0,1,	jedoch weniger als 2,0

Magnesium und herstellungsbedingte Verunreinigungen als Rest erreicht.

[0016] Die mit der erfindungsgemäß zusammengesetzten Magnesium-Basislegierung erreichten Vorteile liegen im Wesentlichen in einer streng ausgewogenen Elementkonzentration und einer Mikrolegierungstechnologie, in welcher die Wechselwirkung aller Legierungselemente und die Reaktionskinetik sowie die Kornwachstums-kriterien berücksichtigt sind, wobei die Vorteile insbesondere eine homogene Feinkornstruktur des Werkstoffes, eine hohe Kaltumformbarkeit und eine Verbesserung des Korrosionswiderstandes desselben darstellen.

[0017] Zink in Gehalten von mehr als 0,8 bis weniger als 6,2 Gew.-% in der Legierung beeinflusst das Erstarrungsintervall maßgebend und verhindert eine Bildung von sehr groben Stängelkristallen bei der Erstarrung. Geringere Konzentrationen als 0,8 Gew.-% Zn führen zu einer überproportional abnehmenden Wirkung, hingegen ergeben Gehalte von mehr als 6,2 Gew.-% eine nachteilig wirkende eutektische Erstarrung der Schmelze.

[0018] Zirkon wirkt durch Ausscheidungen aus der Schmelze und bei Anreicherung an der Kristallisationsfront kornfeinend. Gehalte von über 1,0 Gew.-% Zr vergrößern die Ausscheidungen in für die Rissinitiation des Werkstoffes bei Belastungen nachteiliger Weise.

[0019] Mangan in Gehalten von mehr als 0,04, jedoch weniger als 0,6 Gew.-% hat in der Legierung eine mehrfache Wirkung. Zum einen bindet Mn in der Schmelze Fe ab, welche Verbindung ausfällt, zum anderen bildet Mn mit Zirkon schon bei höherer Temperatur in der Schmelze Phasen, die kornfeinend wirken können.

[0020] Calcium mit Gehalten von mehr als 0,04, jedoch weniger als 2,0 Gew.-% im Metall erbringt eine Phasenbildung in der festen Legierung, welche Phasen als Korngrenzenstabilisator ein Kristallwachstum wirkungsvoll behindern. Diese $\text{Ca}_2\text{Mg}_6\text{Zn}_3$ -Phase, die Zn in den oben erwähnten Gehalten in der Legierung voraussetzt, entsteht im Bereich von 0,1 bis 1 Vol.-% besonders fein sowie homogen im Werkstoff verteilt, wodurch eine hervorragende Feinkornstruktur im Material erhalten bleibt.

[0021] Korngrenzen-stabilisierende Ausscheidungen sind in konventionellen Magnesiumlegierungen in der Regel elektrochemisch edler als die Magnesiummatrix, sodass die Korrosionsbeständigkeit durch galvanische Effekte beeinträchtigt wird. In der erfindungsgemäßen Legierung scheidet sich die unedle $\text{Ca}_2\text{Mg}_6\text{Zn}_3$ -Phase aus, sodass ein galvanischer Korrosionsmechanismus signifikant reduziert wird. Die Folge ist eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit.

[0022] Das Legierungselement Silizium ist in Magnesium lediglich in sehr geringem Maße bzw. in Spuren löslich und bildet die Phase Mg_2Si . Über 1,0 Gew.-% Si ist der Phasenanteil im Werkstoff der Legierung groß und verschlechtert dessen mechanischen Eigenschaften.

[0023] Antimon ist im Wesentlichen im Zusammenhang mit Silizium zu sehen, weil Antimon eine Modifikation der Mg_2Si -Phase erbringen kann, wobei eine erforderliche Sb-Konzentration im Legierungsmetall ca. die Hälfte jener des Si betragen sollte.

[0024] Obwohl Magnesium-Basislegierungen, welche Aluminium bis 8 Gew.-% und darüber enthalten können, auch im Hinblick auf eine erhöhte Materialfestigkeit und Kriechbeständigkeit durchaus ein Anwendungspotential besitzen, stellt im erfindungsgemäßen Werkstoff Aluminium ein unerwünschtes Element dar. Durch Gehalte von größer 0,5 Gew.-% können spröde Korngrenzenphasen vom Typ $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ entstehen, die in grober Ausbildung auch korrosionsfördernd wirken. Weiters bilden sich beim Fließpressen des Materials unter ca. 230 °C Risse, die zu einem brüchigen Pressling führen können, wobei dieser auch erhebliche Korngrößenunterschiede über den Querschnitt und die Längsrichtung aufweisen kann.

[0025] Silber weist als Kornwachstum hemmendes Element in der erfindungsgemäßen Legierung ein hohes Potential in den Gehalten von mehr als 0,1, jedoch weniger als 2,0 Gew.-% auf. Ag befindet sich in diesen Konzentrationen im warmen Zustand des legierten Werkstoffes in Lösung, wobei, wie gefunden wurde, bei Gehalten von über 0,1 Gew.-% Ag eine Konzentrationserhöhung an den Korngrenzen gebildet wird, welche höchst wirkungsvoll einem Kornwachstum entgegensteht. Weiters kann durch Ag ein Aushärteeffekt des Werkstoffes über die Phase Mg_4Ag erreicht werden. Höhere Ag-Gehalte als 2,0 Gew.-% haben insbesondere wirtschaftliche und korrosionschemische Nachteile.

[0026] In den Ansprüchen 2 und 3 sind bevorzugte chemische Zusammensetzungen der erfindungsgemäßen Magnesium-Basislegierungen angegeben.

[0027] Von besonderer Bedeutung für eine homogen feinkörnige Gefügestruktur und eine hohe Verformbarkeit eines Gegenstandes aus der erfindungsgemäßen Legierung im Bereich der Raumtemperatur ist, wie gefunden wurde, die Summenkonzentration der Mikrolegierungselemente Mn, Ca und Si von größer als 0,1, jedoch kleiner als 0,65 Gew.-% im Magnesium-Basiswerkstoff.

[0028] Ein Halbzeug aus einer Magnesium-Basislegierung nach der Erfindung, welches mit einem Querschnitts-Flächenverhältnis von größer als 1:16, insbesondere von größer 1:20 von einem Gussbolzen zu einem Pressling bei einer Temperatur von ca. 380 °C verformt wurde, besitzt eine Korngröße des Gefüges von kleiner 10 µm und zwar mit weitgehender Isotropie bezogen auf den Querschnitt und in Längsrichtung. Erfindungsgemäße Presslinge können bei Temperaturen unter 200 °C, insbesondere bei Raumtemperatur, weiterverformt oder verpresst werden, wobei eine fehlerfreie Oberfläche bzw. Glanzoberfläche erreichbar ist.

[0029] Die Erfindung soll im Folgenden mit einigen Versuchsergebnissen untermauert werden.

[0030] In Tab. 2 ist die chemische Zusammensetzung der untersuchten Werkstoffe angeführt.

[0031] Die Figuren zeigen:

	Fig. 1	Spannungs-Dehnungsverhalten von untersuchten Legierungen
	Fig. 2	Versuchslegierung <u>L1</u> , Guss-Gefüge
	Fig. 3x	Versuchslegierung <u>L1</u> , Guss-Gefüge
5	Fig. 3.1	Vergrößerungsmaßstab: 500 μm
	Fig. 3.2	Vergrößerungsmaßstab: 200 μm
	Fig. 3.3	Vergrößerungsmaßstab: 50 μm
	Fig. 3.4	Vergrößerungsmaßstab: 20 μm
	Fig.	4xVersuchslegierung <u>L1</u> , verformt
10	Fig. 4.1	Querschliff-Rand
	Fig. 4.2	Querschliff-Mitte
	Fig. 4.3	Längsschliff-Rand
	Fig. 4.4	Längsschliff-Mitte
	Fig. 5	Versuchslegierung <u>L2</u> , Guss-Gefüge
	Fig. 6x	Versuchslegierung <u>L2</u> , Guss-Gefüge
15	Fig. 6.1	Vergrößerungsmaßstab: 500 μm
	Fig. 6.2	Vergrößerungsmaßstab: 200 μm
	Fig. 6.3	Vergrößerungsmaßstab: 50 μm
	Fig. 6.4	Vergrößerungsmaßstab: 20 μm
	Fig. 7x	Versuchslegierung <u>L2</u>
20	Fig. 7.1	Querschliff-Rand
	Fig. 7.2	Querschliff-Mitte
	Fig. 7.3	Längsschliff-Rand
	Fig. 7.4	Längsschliff-Mitte
	Fig. 8	Vergleichslegierung AZ31, Gusszustand
25	Fig. 9	Vergleichslegierung ZK31, Gusszustand

[0032] Fig. 1 zeigt das Ergebnis der Dehnung in Abhängigkeit der Spannung im Zugversuch nach EN 10002-1:2001 von Magnesium-Basislegierungen.

[0033] Es wird im Folgenden auf die in der Tab. 2 angegebenen Legierungsbezeichnungen und Legierungszusammensetzungen Bezug genommen.

[0034] Die Probe mit einer Bezeichnung L1 aus einer erfindungsgemäßen Legierung mit einer Verformung mittels indirekten Pressverfahrens und mit einem Pressverhältnis von 1:25 erbrachte im Zugversuch (A50) bei Raumtemperatur eine Dehnung von über 25% bei einer maximalen Spannung von ca. 260 MPa.

[0035] An der Probe aus einer weiteren Versuchslegierung L2 nach der Erfindung wurde nach einer gleichen Pressverformung des Gussblockes bei 380 °C bei Raumtemperatur eine Dehngrenze von $R_{p0,2} = 330 \text{ MPa}$ des Werkstoffes ermittelt, wobei als Maß für die Duktilität ein Dehnwert von größer 15%, im gegebenen Fall von ca. 19%, vorlag.

[0036] Die Vergleichslegierungen ZK31, AZ31 und ZM21 wiesen, wie aus Fig. 1 hervorgeht, durchwegs geringere Bruchdehnungswerte A_c als die erfindungsgemäßen Werkstoffe auf. Aus Fig. 2 ist das dendritische Gussgefüge der Legierung L1 ersichtlich. Eine mittlere Korngröße von 140 μm wurde bei im Wesentlichen homogener Struktur über den gesamten Querschnitt des Blockes ermittelt.

[0037] In Fig. 3 ist das weitestgehend homogene Gefüge im Gusszustand des Blockes aus der Legierung L1 über den Querschnitt in mit verschiedenen Vergrößerungen bei einer Maßstabangabe 500 μm (Fig. 3.1), 200 μm (Fig. 3.2), 50 μm (Fig. 3.3) und 20 μm (Fig. 3.4) dargestellt und zeigt sphärische Körner mit einigen Korngrenzenphasen.

[0038] Fig. 4 zeigt ein mit einem Pressverhältnis von 1:25 bei 380 °C verformtes Material der erfindungsgemäßen Legierung L1 in Längs- und Querrichtung vom Rand- und Mittelbereich der Probe.

[0039] Fig. 4.1 und Fig. 4.2 sind Querschliffbilder vom Rand und der Mitte des Stabes, wobei Fig. 4.3 und Fig. 4.4 die entsprechenden Längsschliffbilder darstellen. Es wurde eine mittlere Korngröße von 9 μm bis 6 μm gemessen.

[0040] In Fig. 5 ist das globulitische Gussgefüge einer erfindungsgemäßen Legierung L2 dargestellt. Bei weitestgehend homogener Kornverteilung über den Gussblock betrug die mittlere Korngröße 40 μm .

[0041] Fig. 6 zeigt das Gussgefüge von Fig. 5 (L2) in seiner hochfeinen Ausbildungsform mit Maßstabangaben von 500 μm (Fig. 6.1), 200 μm (Fig. 6.2), 50 μm (Fig. 6.3) und 20 μm (Fig. 6.4). Es sind geringe feine Ausscheidungsphasen an den Korngrenzen festzustellen.

[0042] In Fig. 7 ist das Gefüge eines Presslings aus einer Legierung L2 eines bei einer Temperatur von 380 °C mit einem Pressverhältnis von 1:25 verpressten Gussblockes in Querrichtung am Rand (Fig. 7.1) und im Zentrumsbereich (Fig. 7.2) sowie in Längsrichtung am Rand (Fig. 7.3) und im Mittelbereich des Stabes (Fig. 7.4) wiedergegeben. Die mittlere Korngröße betrug etwa 2 μm .

[0043] Das Gussgefüge eines Blockes aus einer Vergleichslegierung AZ31 zeigt Fig. 8. Ein Ausmessen der Mikrostruktur ergab eine Korngröße von 360 μm bei im Wesentlichen homogener Verteilung über den Querschnitt.

[0044] Nach einem Strangpressen bei 380 °C war das Gefüge teilweise grob rekristallisiert und inhomogen, wodurch keine gesicherte Korngrößenbestimmung möglich war.

[0045] Wie in Fig. 9 dargestellt, war das Gussgefüge (Kokillenguss) im Block der Vergleichslegierung ZK31 globulitisch und wies eine Korngröße von 80 µm mit guter Homogenität über den Querschnitt auf.

[0046] Nach einem Warmpressen des Gussbolzens war das Strangpressprofil teilweise inhomogen rekristallisiert. Eine Kristallgrößenbestimmung mit einer gewissen Aussagekraft war am Pressprofil nicht möglich.

Tab. 1: Zusammensetzungen von Magnesiumlegierungen gemäß dem Stand der Technik (in Gew.-%)

Legierungs-Bezeichnung	Zn	Mn	Al	Si	Ca	Zr	Mg
Z6	6,0						Rest
ZM 21	2,0	1,0					Rest
ZK 31	3,0					0,6	Rest
AZ 91*	0,8	0,4	9,0	max. 0,5			Rest
AM 60*		0,25	6,0				Rest
AZ 31	1,0	bis 1,0	3,0				Rest
* im Wesentlichen Gusslegierungen							

Tab. 2: Zusammensetzungen untersuchter Werkstoffe (in Gew.-%)

Legierungs-Bezeichnung	Zn	Mn	Al	Si	Ca	Zr	Ag	Mg
L 1	2,9	0,2	-		0,2		0,5	Rest
L2	2,8	0,1	-		0,2	0,8	0,4	Rest
ZM 21**	1,8	0,7						Rest
ZK 31**	2,7					0,5		Rest
AZ 31	1,0	0,3	3,0					Rest
** keine Normlegierungen								

Patentansprüche

1. Feinkorn-Magnesium-Basislegierung bestehend aus in Gew.%

Zink (Zn)	mehr als 0,8,	jedoch weniger als 6,2
Zirkon (Zr)	Spuren,	jedoch weniger als 1,0
Mangan (Mn)	mehr als 0,04,	jedoch weniger als 0,6
Calcium (Ca)	mehr als 0,04,	jedoch weniger als 2,0
Silizium (Si)	Spuren,	jedoch weniger als 1,0
Antimon (Sb)	Spuren,	jedoch weniger als 0,5
Silber (Ag)	mehr als 0,1,	jedoch weniger als 2,0

Magnesium und herstellungsbedingte Verunreinigungen als Rest.

2. Magnesium-Basislegierung nach Anspruch 1, in welcher die Mikrolegierungselemente Mn, Ca, Si eine Summenkonzentration von größer als 0,1, jedoch kleiner als 0,65, vorzugsweise von größer als 0,15, jedoch kleiner als 0,5 aufweisen.

3. Magnesium-Basislegierung nach Anspruch 1 oder 2, in welcher die Konzentration in Gew.-% von einem oder mehreren Legierungselementen

Zn	mehr als 1,0, jedoch weniger als 5,9,	vorzugsweise mehr als 1,5, vorzugsweise weniger als 4,0
Zr	weniger als 0,8,	vorzugsweise weniger als 0,6
Mn	mehr als 0,06, jedoch weniger als 0,4,	vorzugsweise mehr als 0,09 vorzugsweise weniger als 0,2
Ca	mehr als 0,1, jedoch weniger als 1,0,	vorzugsweise mehr als 0,14 vorzugsweise weniger als 0,6
Si	weniger als 0,5,	vorzugsweise weniger als 0,2
Sb	weniger als 0,25,	vorzugsweise weniger als 0,1
Al	weniger als 0,1,	vorzugsweise weniger als 0,08
Ag	mehr als 0,2, jedoch weniger als 1,2,	vorzugsweise mehr als 0,38 vorzugsweise weniger als 0,9

beträgt.

4. Halbzeug aus einer Magnesium-Basislegierung mit einer chemischen Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, verformt mit einem Pressverhältnis von mindestens 1:20, welches Halbzeug eine Korngröße von kleiner 10 μm aufweist und weitgehende Isotropie besitzt.

Claims

1. A fine-grain magnesium-based alloy consisting of, as a % by weight,

zinc (Zn)	more than 0.8,	but less than 6.2
zirconium (Zr)	traces,	but less than 1.0
manganese (Mn)	more than 0.04,	but less than 0.6
calcium (Ca)	more than 0.04,	but less than 2.0
silicon (Si)	traces,	but less than 1.0
antimony (Sb)	traces,	but less than 0.5
silver (Ag)	more than 0.1,	but less than 2.0

the remainder being magnesium and production-related impurities.

2. The magnesium-based alloy as claimed in claim 1, in which the microalloying elements Mn, Ca and Si are present in a total concentration of greater than 0.1, but less than 0.65, preferably of greater than 0.15 but less than 0.5.
3. The magnesium-based alloy as claimed in claim 1 or claim 2, in which the concentration of one or more alloying elements, as a % by weight, is

Zn	more than 1.0, but less than 5.9,	preferably more than 1.5, preferably less than 4.0
Zr	less than 0.8,	preferably less than 0.6
Mn	more than 0.06, but less than 0.4,	preferably more than 0.09, preferably less than 0.2
Ca	more than 0.1, but less than 1.0,	preferably more than 0.14 preferably less than 0.6
Si	less than 0.5,	preferably less than 0.2
Sb	less than 0.25,	preferably less than 0.1
Al	less than 0.1,	preferably less than 0.08
Ag	more than 0.2, but less than 1.2,	preferably more than 0.38 preferably less than 0.9

4. A semi-finished product formed from a magnesium-based alloy with a chemical composition as claimed in one of claims 1 to 3, deformed with a press ratio of at least 1:20, which semi-finished product has a grain size of less than 10 μm and has extensive isotropy.

5

Revendications

1. Alliage à base de magnésium à petits grains, ayant les constituants suivant, en % en poids

10	zinc (Zn)	plus de 0,8,	mais moins de 6,2
	zirconium (Zr)	traces	mais moins de 1,0
	manganèse (Mn)	plus de 0,04,	mais moins de 0,6
	calcium (Ca)	plus de 0,04,	mais moins de 2,0
15	silicium (Si)	traces	mais moins de 1,0
	antimoine (Sb)	traces	mais moins de 0,5
	argent (Ag)	plus de 0,1,	mais moins de 2,0

le reste étant du magnésium et des impuretés issues du processus de fabrication.

20

2. Alliage à base de magnésium selon la revendication 1, dans lequel la concentration cumulée des éléments d'alliage mineurs Mn, Ca, Si est supérieure à 0,1 mais inférieure à 0,65, de préférence supérieure à 0,15 mais inférieure à 0,5.

25

3. Alliage à base de magnésium selon les revendications 1 ou 2, dans lequel la concentration en % en poids d'un ou de plusieurs éléments d'alliage correspond aux indications suivantes

30	Zn	plus de 1,0,	de préférence plus de 1,5,
		mais moins de 5,9,	de préférence moins de 4,0
	Zr	moins de 0,8,	de préférence moins de 0,6
	Mn	plus de 0,06,	de préférence plus de 0,09
		mais moins de 0,4,	de préférence moins de 0,2
35	Ca	plus de 0,1,	de préférence plus de 0,14
		mais moins de 1,0,	de préférence moins de 0,6
	Si	moins de 0,5,	de préférence moins de 0,2
	Sb	moins de 0,25,	de préférence moins de 0,1
	Al	moins de 0,1,	de préférence moins de 0,08
40	Ag	plus de 0,2,	de préférence plus de 0,38
		mais moins de 1,2,	de préférence moins de 0,9.

45

4. Produit semi-fini qui est réalisé à partir d'un alliage à base de magnésium ayant une composition chimique selon l'une des revendications 1 à 3 et qui est déformé en appliquant un rapport d'extrusion d'au moins 1:20, ledit produit semi-fini présentant une taille de grain inférieure à 10 μm et un caractère largement isotrope.

50

55

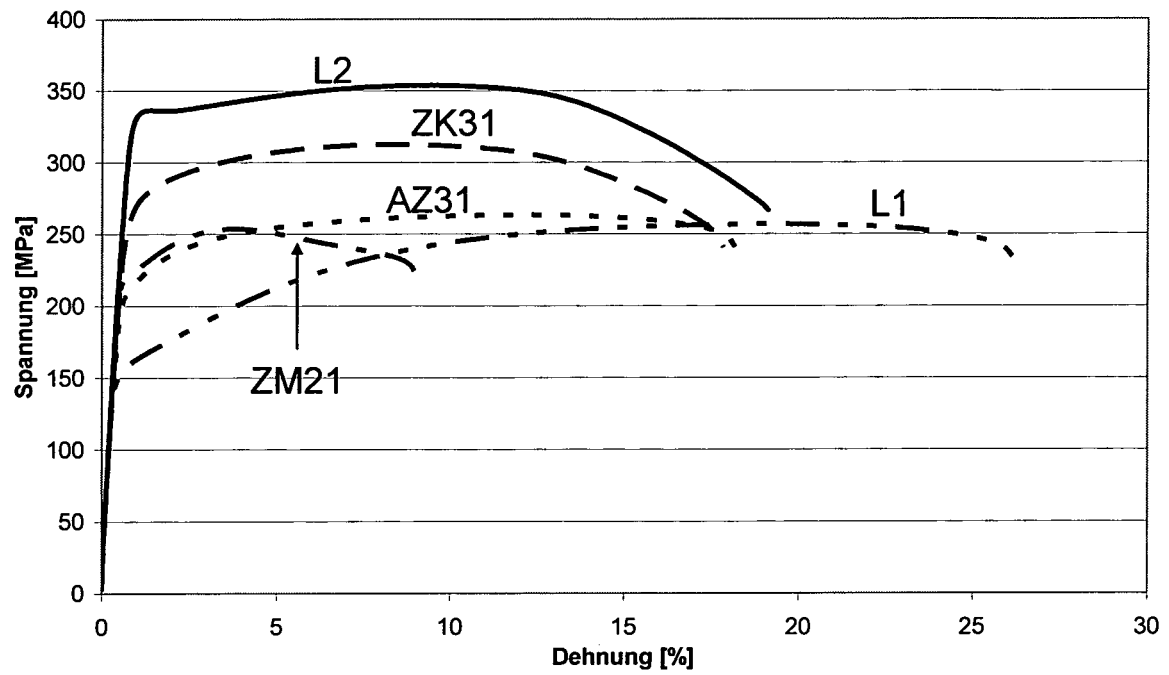


Fig. 1

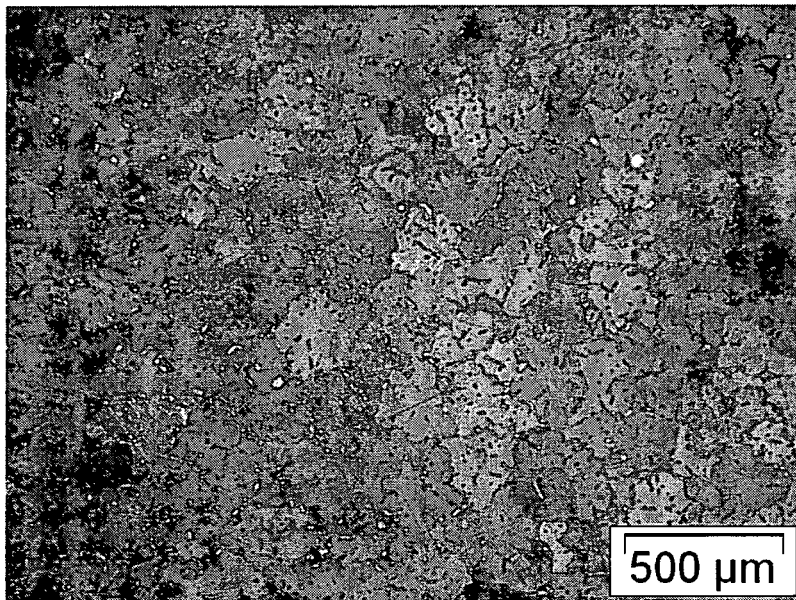


Fig. 2

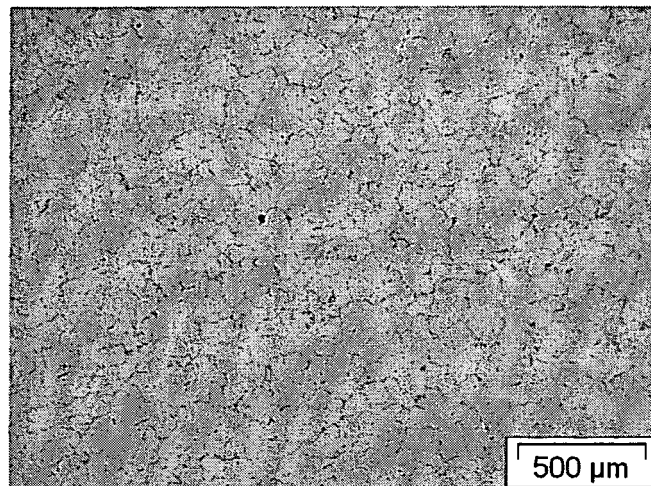


Fig. 3.1

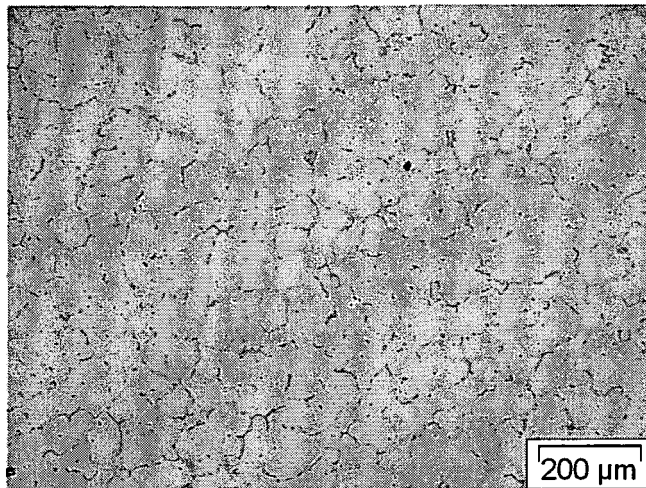


Fig. 3.2

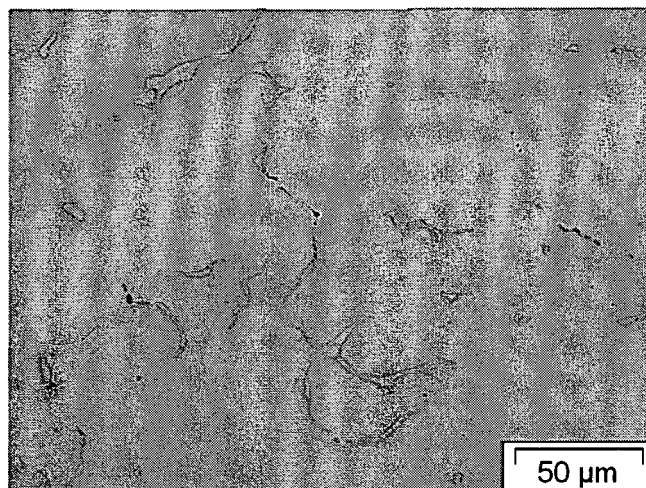


Fig. 3.3

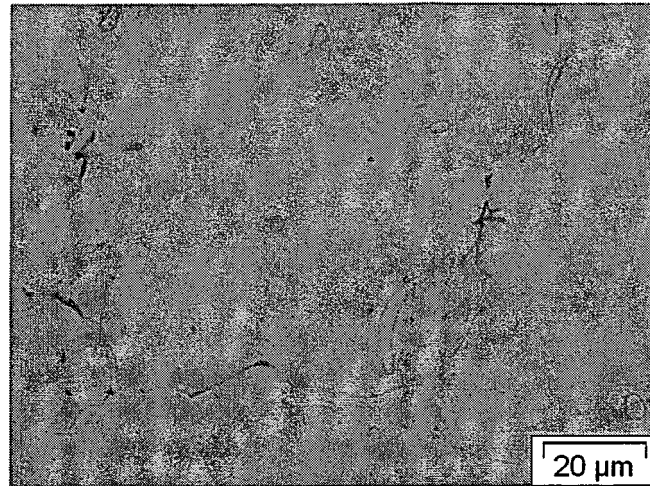


Fig. 3.4

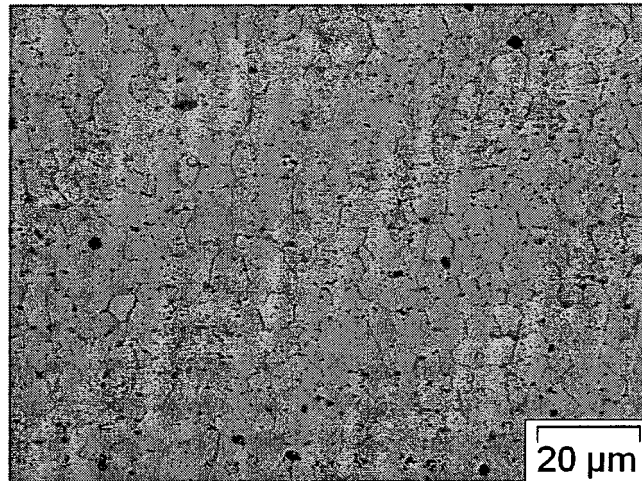


Fig. 4.1

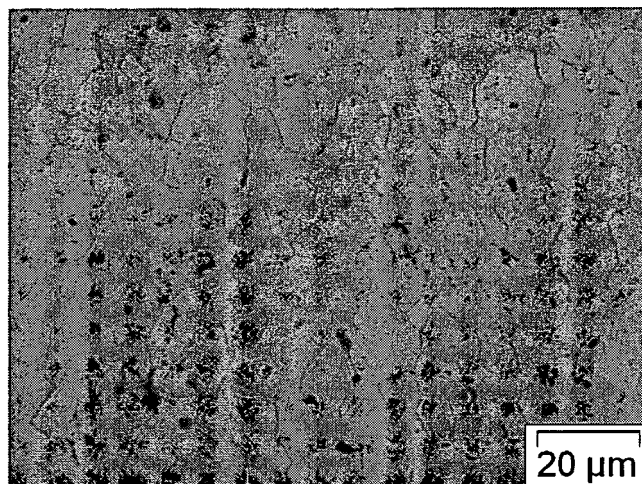


Fig. 4.2

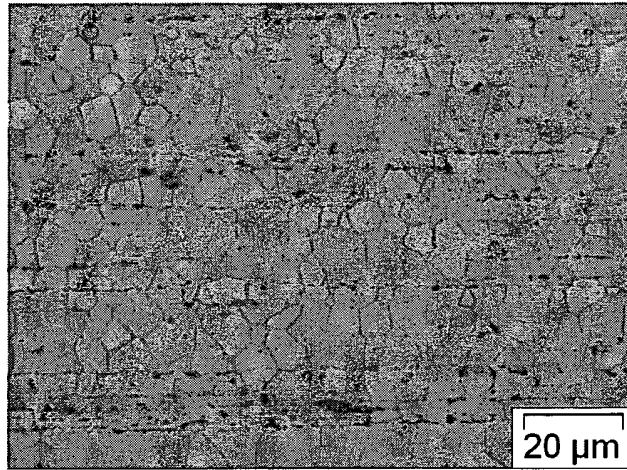


Fig. 4.3

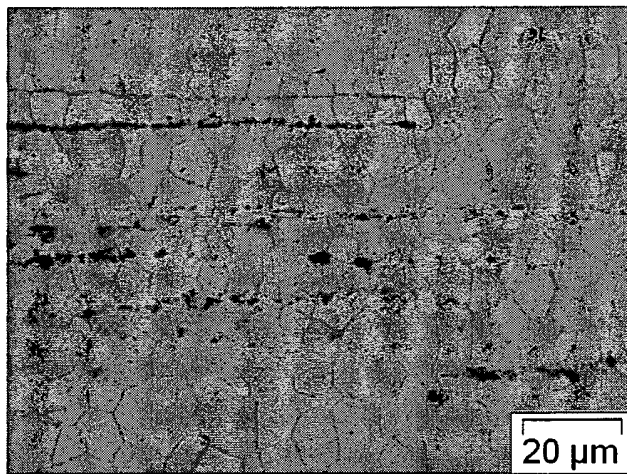


Fig. 4.4

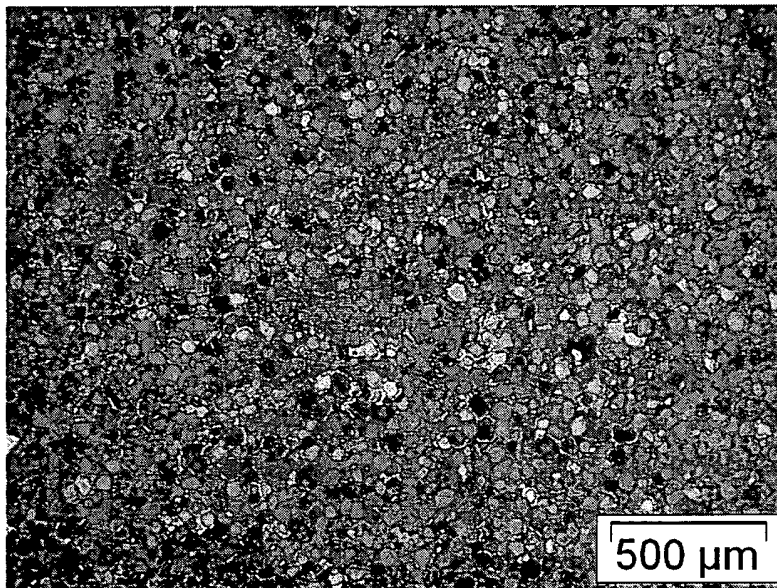


Fig. 5

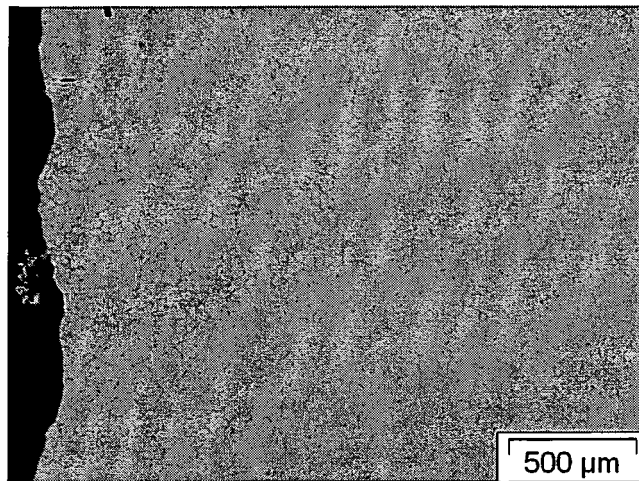


Fig. 6.1

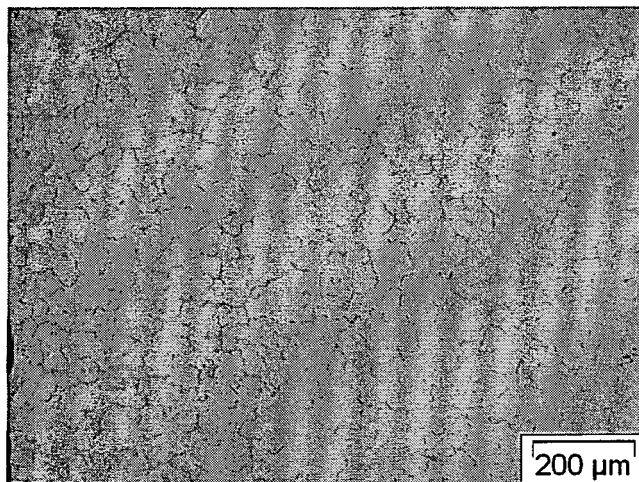


Fig. 6.2

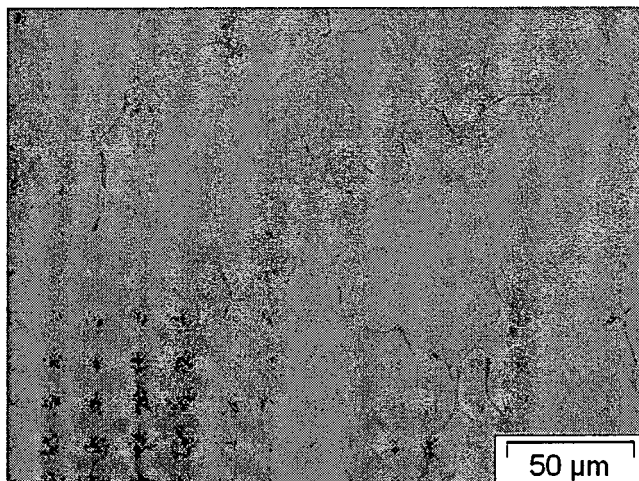


Fig. 6.3

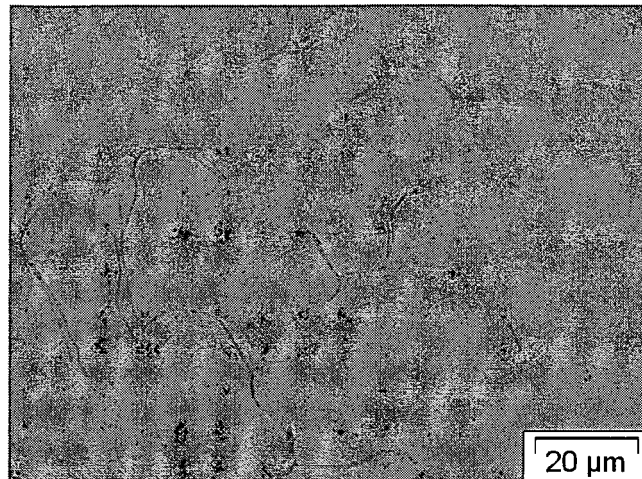


Fig. 6.4

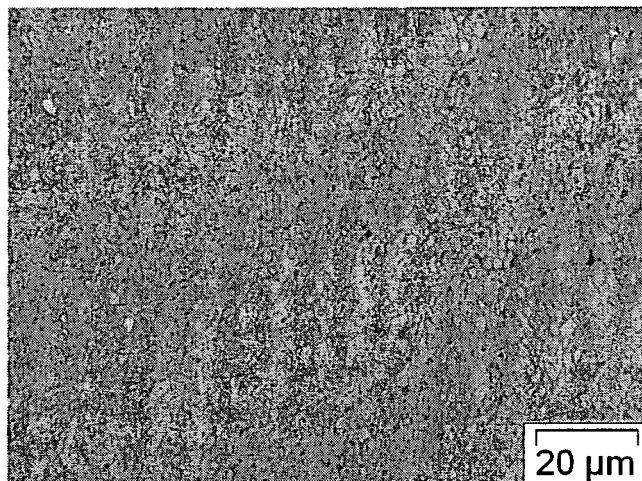


Fig. 7.1

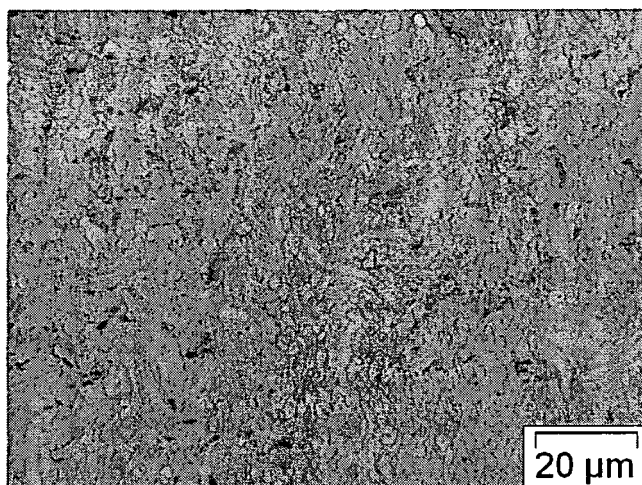


Fig. 7.2

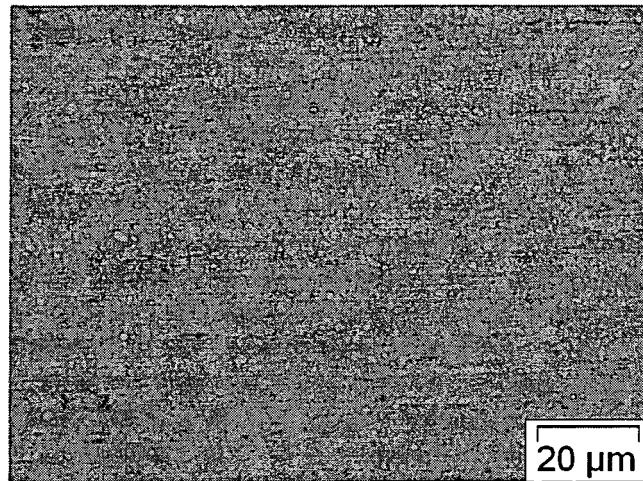


Fig. 7.3

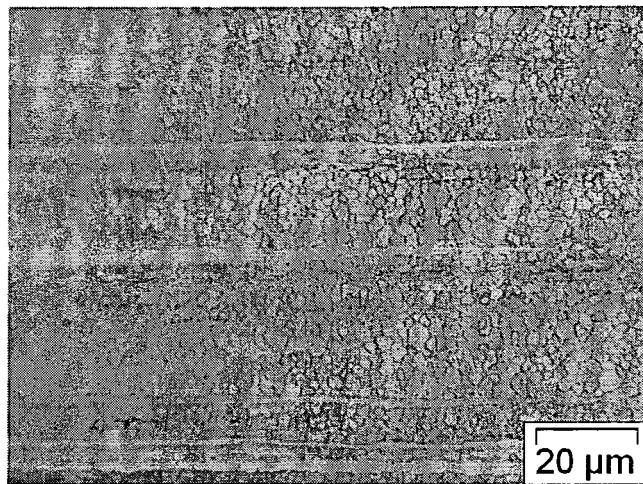


Fig. 7.4

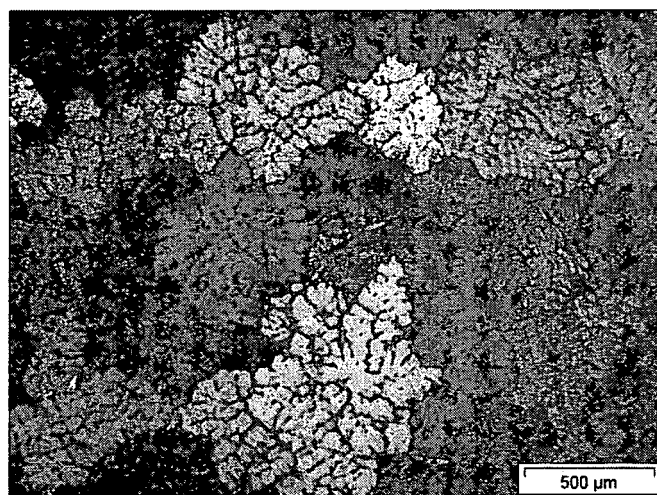


Fig. 8

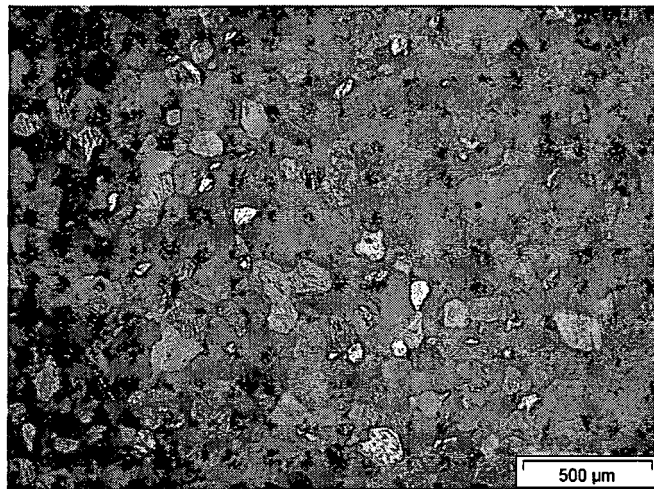


Fig. 9

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

- KR 20030055753 [0013]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- The Effect of Ca Addition on Age Hardening Behaviors and Mechanical Properties in Mg-Zn Alloy. *Materials Science Forum*, 2003, vol. 419-422, 307-312 [0010]
- Microstructure and mechanical properties of Mg-Zn-Si-based alloys. *Materials Science and Engineering*, 2003, vol. A357, 314-320 [0011]
- **MATERIALS SCIENCE FORUM**. *Microstructure and Mechanical Properties of Mg-Zn-Ag Alloys*, 2003, vol. 419-422, 159-164 [0012]