



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 217 085 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.10.2003 Patentblatt 2003/40

(51) Int Cl.7: **C22C 21/06**

(21) Anmeldenummer: **00128050.2**

(22) Anmeldetag: **21.12.2000**

(54) **Nichtaushärtbare Aluminiumlegierung als Halbzeug für Strukturen**

Non hardenable aluminium alloy as semi-product for structures

Alliage d'aluminium non durcissable comme demi-produit pour structures

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.06.2002 Patentblatt 2002/26

(73) Patentinhaber: **EADS Deutschland GmbH
85521 Ottobrunn (DE)**

(72) Erfinder:
• **Davydov, Valentin G. Prof.
121103 Moskau (RU)**

- **Filatov, Yuri Dr.
123007 Moskau (RU)**
- **Lenczowski, Blanka Dr.
85579 Neubiberg (DE)**
- **Yelagin, Viktor Prof.
121360 Moskau (RU)**
- **Zakarov, Valeri Prof.
121170 Moskau (RU)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 19 838 018 FR-A- 2 717 827
RU-C- 2 038 405 RU-C- 2 085 607

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 217 085 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Zusammensetzung von Legierungen, insbesondere von naturharten Halbzeug-Legierungen, die in dieser Form als Material für Strukturen verwendet werden sollen.

[0002] Naturharte Aluminiumlegierungen als Halbzeug für Strukturen (siehe GOST Standard 4784-74) finden in der Metallurgie Verwendung, vor allem jedoch als AMg6-Legierung, die folgendes enthält (Gew.-%):

Magnesium	5,8 - 6,8
Mangan	0,5 - 0,8
Titan	0,02 - 0,1
Beryllium	0,0002 - 0,005
Aluminium	Rest

[0003] Eine derartige Legierung weist jedoch nicht ausreichende Festigkeitseigenschaften auf, insbesondere eine geringe 0,2%-Dehngrenze bei kalt- und warmgeformten Halbzeugen.

[0004] Das Dokument DE-A-198 38 018 offenbart eine schweißbare, korrosionsbeständige hochmagnesiumhaltige Aluminium-Magnesium-Legierung bestehend aus 5-6 Gew.-% Magnesium (Mg), 0,05-0,15 Gew.-% Zirkonium (Zr), 0,05-0,12 Gew.-% Mangan (Mn), 0,01-0,2 Gew.-% Titan (Ti), maximal 0,1 Gew.-% Silizium (Si), 0,05-0,5 Gew.-% eines oder mehrerer Elemente aus der Scandiumgruppe und/oder Terbium (Tb), wobei zumindest Scandium (Sc) enthalten ist, 0,1-0,2 Gew.-%, Kupfer (Cu) und/oder 0,1-0,4 Gew.-% Zink (Zn) sowie Aluminium (Al) und unvermeidbare Verunreinigungen als Rest.

[0005] Eine naturharte Aluminiumlegierung, die als Halbzeug für Strukturen verwendet wird (siehe Patent RU Nr. 2085607, IPC-Klasse C22 C 21/06) gehört als Prototyp folgender chemischen Zusammensetzung ebenfalls zum Stand der Technik (Gew.-%):

Magnesium	3,9 - 4,9
Titan	0,01 - 0,1
Beryllium	0,0001 - 0,005
Zirkon	0,05 - 0,15
Scandium	0,20 - 0,50
Cer	0,001 - 0,004
Aluminium	Rest

[0006] Diese bekannte Legierung zeigt nicht ausreichende statische und dynamische Festigkeit bei hoher Verarbeitbarkeit während des Herstellungsprozesses, hohe Korrosionsbeständigkeit, gute Schweißbarkeit und hohe Betriebsfähigkeit unter Tieftemperaturbedingungen.

[0007] Gegenstand der Erfindung ist eine neue naturharte Aluminiumlegierung für Halbzeuge, die neben Magnesium, Titan, Beryllium, Zirkon, Scandium und Cer zusätzlich aus Mangan, Kupfer, Zink sowie Eisen und Silizium in folgender Zusammensetzung der Komponenten besteht (Gew.-%), wobei das Verhältnis zwischen Eisen und Silizium im Bereich von 1 bis 5 liegt:

Magnesium	5,0 - 5,6
Titan	0,01 - 0,05
Beryllium	0,0001 - 0,005
Zirkon	0,05 - 0,15
Scandium	0,18 - 0,30
Cer	0,001 - 0,004
Mangan	0,05 - 0,18
Kupfer	0,05 - 0,15
Zink	0,05 - 0,15
Eisen und Silizium	0,04 - 0,24
Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen	Rest

[0008] Die technische Wirkung besteht in einer Verbesserung der statischen und dynamischen Festigkeitseigenschaften der Legierung, wodurch sich die Lebensdauer und Betriebssicherheit sowie der Gewichtswert der statischen

und dynamischen Belastungen ausgesetzten Strukturen, besonders der Strukturen verschiedener Luft- und Raumfahrzeuge - einschließlich solcher die kryogener Treibstoff verbrennen, verbessern.

[0009] Aufgrund des erfindungsgemäßen Verhältnisses zwischen dem chemischen Gehalt und den chemischen Bestandteilen liegt bei der Legierung eher eine duktile Matrix vor, die aus einem Mischkristall von gelöstem Magnesium, Mangan, Kupfer und Zink in Aluminium besteht.

[0010] Die besonders gute Betriebsfähigkeit der Legierung unter dynamischer Wechselbeanspruchung ist der hohen Duktilität der Matrix zu verdanken. Sekundäre Ausscheidungen aus feinst verteilten intermetallischen Teilchen, die Aluminium, Scandium, Zirkon, Titan und andere in der Legierung vorkommende Übergangsmetalle enthalten, sorgen sowohl für die hohe statische Festigkeit der Legierung als auch für einen guten Widerstand gegenüber der Rissausbreitung bei Wechselbeanspruchung. Der Sollwert des Verhältnisses zwischen Eisen und Silizium optimiert die Morphologie der aus der Erstarrung stammenden primären intermetallischen Verbindungen, die vornehmlich aus Aluminium, Eisen und Silizium bestehen und für eine Verbesserung der statischen Festigkeit der Legierung sorgen, während ihre dynamische Festigkeit und Plastizität aufrechterhalten werden.

Beispiel

[0011] Unter Verwendung von Aluminium A85, Magnesium MG90, Kupfer MO, Zink TsO, binärer Vorlegierungen wie Aluminium-Titan, Aluminium-Beryllium, Aluminium-Zirkon, Aluminium-Scandium, Aluminium-Cer, Aluminium-Mangan, Aluminium-Eisen und Silumin als Zusatzstoff wurde die Schmelze in einem elektrischen Ofen vorbereitet, worauf 165 x 550 mm große und flache Gussblöcke der erfindungsgemäßen Legierung mit minimalem (Zusammensetzung 1), optimalem (Zusammensetzung 2) und maximalem (Zusammensetzung 3) Verhältnis der Bestandteile - einschließlich der über die gegenwärtigen Einschränkungen hinausgehender Verhältnisse der Bestandteile (Zusammensetzungen 4 und 5) sowie der herkömmlichen Legierung (Zusammensetzung 6) - mit Hilfe halbkontinuierlicher Gießtechniken gegossen wurden (Tabelle 1).

[0012] Wird die Legierung unter metallurgischen Produktionsbedingungen vorbereitet, kann Schrott aus Aluminium-Magnesium-Legierungen als Zusatzstoff verwendet werden.

[0013] Die Gussblöcke wurden homogenisiert und maschinell bearbeitet, bis auf eine Stärke von 140 mm. Anschließend wurden sie bei einer Temperatur von 400°C auf eine Stärke von 7 mm warmgewalzt und dann auf eine Stärke von 4 mm kaltgewalzt. Die kaltgewalzten Bleche wurden in einem elektrischen Ofen wärmebehandelt. Die wärmebehandelten Bleche dienten als Untersuchungsmaterial.

[0014] Aus den Blechen herausgearbeitete standardmäßige Querproben wurden zur Bestimmung der statischen Zugfestigkeit (R_m , $R_{p0,2}$, A) und der dynamischen Festigkeit verwendet:

- Bruchlastspielzahl (N) bei Bestimmung der Kurzzeitfestigkeit (LCF), wofür Proben mit einem Kerbfaktor von $K_t = 2,5$ und einer maximalen Spannung σ_{max} 160 MPa verwendet werden;
- Rissausbreitungsgeschwindigkeit da/dN in einem Bereich des Spannungsintensitätsfaktors $\Delta K = 31,2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$;
- kritischer Spannungsintensitätsfaktor K_{IC} im ebenen Spannungszustand, wobei die Breite (B) der Probe 160 mm beträgt.

[0015] Alle Tests wurden bei Raumtemperatur durchgeführt.

[0016] Die Testergebnisse sind in Tabelle 2 aufgelistet.

[0017] Tabelle 2 belegt, dass die erfindungsgemäße Legierung gegenüber der herkömmlichen eine höhere statische und dynamische Festigkeit aufweist. Dies ermöglicht einem, das Gewicht der Strukturen aus der erfindungsgemäßen Legierung um 10 bis 15% zu reduzieren, um Betriebskosten zu senken, was insbesondere für die Flugzeugindustrie wichtig ist. Die hohe Betriebsfähigkeit der erfindungsgemäßen Legierung unter statischen und dynamischen Bedingungen sowie die Tatsache, dass die erfindungsgemäßen Legierung eine naturharte ist, die eine hohe Korrosionsbeständigkeit und eine gute Schweißbarkeit aufweist, ermöglicht einem sie für die Konstruktion ganz neuer Luft- und Raumfahrzeuge, Hochseeschiffe, bodengebundene Fahrzeuge und anderer Fahrzeuge, deren Strukturelemente durch Schweißen verbunden werden, zu verwenden. Die erfindungsgemäße Legierung kann als Grundmaterial in geschweißten Strukturen und als Scheißzusatzwerkstoff für Schweißverbindungen genutzt werden.

TABELLE 1

Legierung	Zusammen- setzung	Chemische Zusammensetzung, Gew.-%												
		Magne- sium	Titan	Beryllium	Zirkon	Scan- dium	Cer	Mangan	Kupfer	Zink	Eisen	Silizium	Eisen/ Silizium*)	Alu- minium
Erfindungs- gemäße Legierung	1	5,0	0,01	0,0001	0,05	0,18	0,001	0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	1	Rest
	2	5,3	0,03	0,003	0,1	0,24	0,002	0,12	0,1	0,1	0,10	0,03	3,33	Rest
	3	5,6	0,05	0,005	0,15	0,30	0,004	0,18	0,15	0,15	0,2	0,04	5	Rest
Ausgedehnter Gehalt der Elemente														
	4	4,5	0,005	0,00005	0,01	0,12	0,0005	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,5	Rest
	5	6,0	0,1	0,01	0,2	0,36	0,008	0,25	0,25	0,25	0,5	0,08	6,25	Rest
Bekannte Legierung														
	6	4,4	0,05	0,003	0,1	0,3	0,002	-	-	-	-	-	-	Rest

*) Verhältnis Eisengehalt/Siliziumgehalt

TABELLE 2

Legierung	Zusammen- setzung	Eigenschaften der wärmebehandelten Bleche					
		R _m [MPa]	R _{0,2} [MPa]	A [%]	LCF [cycles] (K=2,5; σ _{max} =160 MPa)	da/dN, [mm/cycle] (ΔK=31,2 MPa √m)	K _c [MPa √m] (B=160 mm)
Erfindungs- gemäße Legierung	1	390	275	17	150·10 ³	2,3·10 ⁻³	62
	2	400	280	16	140·10 ³	2,5·10 ⁻³	63
	3	410	290	15	140·10 ³	3,3·10 ⁻³	62
Ausgedehnter Gehalt der Elemente	4	370	260	18	130·10 ³	3,8·10 ⁻³	62
	5	420	315	13	110·10 ³	4,0·10 ⁻³	60
Bekannte Legierung	6	380	275	15	130·10 ³	3,8·10 ⁻³	62

Patentansprüche

1. Naturharte Aluminiumlegierung als Halbzeug für Strukturen, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie neben Magnesium, Titan, Beryllium, Zirkon, Scandium und Cer zusätzlich aus Mangan, Kupfer, Zink sowie Eisen und Silizium in folgender Zusammensetzung der Komponenten besteht (Gew.-%), wobei das Verhältnis zwischen Eisen und Silizium im Bereich von 1 bis 5 liegt:

Magnesium	5,0 - 5,6
Titan	0,01 - 0,05
Beryllium	0,0001 - 0,005
Zirkon	0,05 - 0,15
Scandium	0,18 - 0,30
Cer	0,001 - 0,004
Mangan	0,05 - 0,18
Kupfer	0,05 - 0,15
Zink	0,05 - 0,15
Eisen und Silizium	0,04 - 0,24
Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen	Rest

Claims

1. Naturally hard aluminium alloy as a semi-finished product for structures, **characterised in that**, in addition to magnesium, titanium, beryllium, zirconium, scandium and cerium, it additionally consists of manganese, copper and zinc, as well as iron and silicon, in the following composition of the components (% w/w), the ratio between iron and silicon being in the range of 1 to 5:

Magnesium	5.0 - 5.6
Titanium	0.01 - 0.05
Beryllium	0.0001 - 0.005
Zirconium	0.05 - 0.15
Scandium	0.18 - 0.30
Cerium	0.001 - 0.004
Manganese	0.05 - 0.18
Copper	0.05 - 0.15
Zinc	0.05 - 0.15
Iron and silicon	0.04 - 0.24
Aluminium and unavoidable impurities	remainder

Revendications

1. Alliage d'aluminium autotrempant comme demi-produit pour structures, **caractérisé en ce qu'** en plus du magnésium, titane, béryllium, zirconium, scandium et cérium. il consiste en outre en manganèse, cuivre, zinc, ainsi qu'en fer et silicium, avec la composition suivante des composants (% en poids), le rapport entre le fer et le silicium étant dans le domaine de 1 à 5 :

magnésium	5,0 à 5,6
titane	0,01 à 0,05
béryllium	0,0001 à 0,005
zirconium	0,05 à 0,15
scandium	0,18 à 0,30

EP 1 217 085 B1

(suite)

cérium	0,001 à 0,004
manganèse	0,05 à 0,18
cuivre	0,05 à 0,15
zinc	0,05 à 0,15
fer et silicium	0,04 à 0,24
aluminium et impuretés inévitables	le reste

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55