



(11)

**EP 1 017 867 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**06.11.2013 Patentblatt 2013/45**

(51) Int Cl.:  
**C22F 1/04** <sup>(2006.01)</sup> **C22F 1/047** <sup>(2006.01)</sup>  
**C22C 21/00** <sup>(2006.01)</sup> **C22C 21/06** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **98952615.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP1998/006010**

(22) Anmeldetag: **21.09.1998**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 1999/015708 (01.04.1999 Gazette 1999/13)**

(54) **LEGIERUNG AUF ALUMINIUMBASIS UND VERFAHREN ZU IHRER WÄRMEBEHANDLUNG**

ALUMINIUM BASED ALLOY AND METHOD FOR SUBJECTING IT TO HEAT TREATMENT

ALLIAGE A BASE D'ALUMINIUM ET PROCEDE PERMETTANT DE LE SOUMETTRE A UN TRAITEMENT THERMIQUE

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

(30) Priorität: **22.09.1997 RU 97116302**  
**05.03.1998 RU 98104394**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**12.07.2000 Patentblatt 2000/28**

(73) Patentinhaber:  
• **EADS Deutschland GmbH**  
**81663 München (DE)**  
• **VIAM ALL Russian Institut of Aviation Materials**  
**107005 Moscou (RU)**

(72) Erfinder:  
• **PFANNENMÜLLER, Thomas**  
**D-85521 Ottobrunn (DE)**  
• **LOECHELT, Erwin**  
**D-28355 Bremen (DE)**  
• **WINKLER, Peter-Jürgen**  
**D-85521 Ottobrunn (DE)**

- **MOZHAROVSKIJ, Sergej Mikhajlovich**  
**Gebiet Sverdlov, 623422 (RU)**
- **GALKIN, Dmitrij Sergejevich**  
**Moskauer Gebiet, 140160 (RU)**
- **TOLCHENNIKOVA, Elena Glebovna**  
**Moskauer Gebiet, 140160 (RU)**
- **CHERTOVIKOV, Vladimir Mikhajlovich**  
**Moskau, 121309 (RU)**
- **DAVYDOV, Valentin Georgijevich**  
**Moskau, 121103 (RU)**
- **KABLOV, Evgenij Nikolajevich**  
**Moskau, 101000 (RU)**
- **KHOKHLATOVA, Larisa Bagratovna**  
**Moskau, 117607 (RU)**
- **KOLOBNEV, Nikolay Ivanovich**  
**Moskau, 109377 (RU)**
- **FRIDLANDER, Iosif Naumovich**  
**Moskau, 125080 (RU)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-91/14011 WO-A-95/32074**  
**WO-A-96/18752 US-A- 4 431 467**  
**US-A- 4 840 682 US-A- 5 076 859**

**EP 1 017 867 B1**

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).

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Legierung auf Aluminiumbasis, vorzugsweise des Systems Al-Li-Mg, welche Lithium, Magnesium, Zink, Zirkonium und Mangan enthält und liegt auf dem Gebiet der Metallurgie von Legierungen, welche als Werkstoff für Konstruktionen in der Luft- und Raumfahrttechnik, im Schiffbau und im Maschinenbau von erdgebundenen Transportmitteln, einschließlich Schweißkonstruktionen, verwendet werden.

**[0002]** Bekannt sind Legierungen des Systems Al-Li-Mg, welche eine verringerte Dichte und eine verhältnismäßig hohe Festigkeit aufweisen, jedoch eine geringe Verformbarkeit und verringerte Bruchzähigkeit haben. Die Legierung nach der US-Patentschrift Nr. 4,584,173 vom 22.04.86 hat beispielsweise folgende chemische Zusammensetzung, in Masseprozent:

Aluminium	Basis
Lithium	2,1 - 2,9
Magnesium	3,0 - 5,5
Kupfer	0,2 - 0,7

und eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe, die Zirkonium, Hafnium und Niob enthält:

Zirkonium	0,05 - 0,25
Hafnium	0,10 - 0,50
Niob	0,05 - 0,30
und	
Zink	0 - 2,0
Titan	0 - 0,5
Mangan	0 - 0,5
Nickel	0 - 0,5
Chrom	0 - 0,5
Germanium	0 - 0,2

Wenn diese Legierung bei einer Temperatur von 530°C abgeschreckt wird und danach einem Reckrichten mit einem Verformungsgrad von 2% und einem künstlichen Altern bei 190°C im Verlauf von 4 - 16 h unterzogen wird, tritt der Nachteil auf, daß die Legierung geringe Plastizität im wärmebehandelten Zustand (relative Dehnung 3,1 - 4,5 %) und geringe Korrosionsbeständigkeit aufweist.

**[0003]** Die Legierung nach der internationalen Patentanmeldung WO Nr. 92/03583 hat folgende chemische Zusammensetzung in Masseprozent:

Aluminium	Basis
Lithium	0,5 - 3,0
Magnesium	0,5 - 10,0
Zink	0,1 - 5,0
Silber	0,1 - 2,0

**[0004]** Bei einem Gesamtgehalt dieser Elemente von maximal 12% und, wenn ihr Gesamtgehalt 7,0 - 10,0 % beträgt, darf Lithium 2,5%, und Zink 2,0% nicht übersteigen; außerdem kann die Legierung bis zu 1,0% Zirkonium enthalten.

**[0005]** Diese Legierung weist eine Festigkeit von 476 - 497 MPa, eine Streckgrenze von 368 - 455 MPa, eine relative Dehnung von 7 - 9% und eine Dichte von 2,46 - 2,63 g/cm<sup>3</sup> auf. Die Legierung wird als Strukturwerkstoff für Erzeugnisse in Luft- und Raumfahrt empfohlen. Die Nachteile dieser Legierung bestehen in Folgendem:

**[0006]** Die hohe Festigkeit kann gewährleistet werden:

- durch einen hohen Lithiumgehalt, doch dabei verringert sich die Verformbarkeit und die Bruchzähigkeit der Legierung, ihre Bearbeitungsfähigkeit durch Kaltverformen, es entstehen Schwierigkeiten bei der Herstellung dünner Bleche, welche für Fluggeräte gebraucht werden;
- durch einen hohen Zinkgehalt; dadurch steigt die Dichte der Legierung auf Werte von 2,60 - 2,63 g/cm<sup>3</sup>, was den Gewichtseinsparungseffekt des Erzeugnisses wesentlich verringert;
- durch Recken des abgeschreckten Werkstoffes vor einer künstlichen Alterung mit einem Verformungsgrad von 5 -

## EP 1 017 867 B1

6%, was zu einer Minderung der Kennwerte für die Bruchzähigkeit führt.

**[0007]** Die Legierung ist mit Silber legiert, was die Produktkosten - von den Halbzeugen bis hin zu fertigen Erzeugnissen - erhöht.

**[0008]** Legierungen mit hohem Zinkgehalt und hinzugefügtem Kupfer weisen eine verminderte Korrosionsbeständigkeit auf, beim Schmelzschweißen zeigen sie eine erhöhte Neigung zur Bildung von Defekten und eine deutliche Entfestigung.

**[0009]** Eine vergleichbare Legierung für das gesamte Anwendungsgebiet ist aus der US-Patent Nr. 4,636,357 bekannt. Diese Legierung hat folgende chemische Zusammensetzung in Masseprozent:

Aluminium	Basis
Lithium	2,0 - 3,0
Magnesium	0,5 - 4,0
Zink	2,0 - 5,0
Kupfer	0 - 2,0
Zirkonium	0 - 0,2
Mangan	0 - 0,5
Nickel	0 - 0,5
Chrom	0 - 0,4

**[0010]** Die Legierungsverfestigung erfolgt durch eine Wärmebehandlung:

Abschrecken von einer Temperatur von 460°C, Recken mit einem Reckgrad von 0 - 3% und eine zweistufige Wärmebehandlung:

Die 1. Stufe bei 90°C, 16 h und die 2. Stufe bei 150°C, 24 h.

**[0011]** Diese Legierung weist ein ausreichend hohes Festigkeitsniveau 440 - 550 MPa und eine Streckgrenze von 350 - 410 MPa auf.

**[0012]** Die Nachteile dieser Legierung sind das niedrige Niveau der relativen Dehnung der Legierung (1,0 - 7,0%) und die geringe Bruchzähigkeit, unzureichende Korrosionsfestigkeit und die eingeschränkte Festigkeit von Schweißverbindungen im Vergleich zur Festigkeit des Grundmaterials.

**[0013]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, eine Erhöhung der Duktilität der Legierung im wärmebehandelten Zustand unter Beibehaltung einer hohen Festigkeit und Gewährleistung einer hohen Korrosionsbeständigkeit und guten Schweißbarkeit zu erzielen, wobei ausreichend hohe Kennwerte für die Bruchzähigkeit und die thermische Stabilität nach Erwärmung bei 85 °C im Laufe von 1000 h gewährleistet sein sollen.

**[0014]** Ein Verfahren zur Verbesserung der Bruchzähigkeit einer Aluminium-Lithium-Legierung ist aus US 4840682 und US 5076859 bekannt. WO 96/18752 A1 beschreibt ein Verfahren der Wärmebehandlung einer Aluminium-Lithium-Legierung.

**[0015]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst von einer Legierung des Systems Al-Li-Mg mit folgender chemischer Zusammensetzung in Masseprozent:

Lithium	1,5 - 1,9
Magnesium	4,1 - 6,0
Zink	0,1 - 1,5
Zirkonium	0,05 - 0,3
Mangan	0,01-0,8
Wasserstoff	$0,9 \times 10^{-5}$ - $4,5 \times 10^{-5}$

und zumindest einem aus der folgenden Gruppe ausgewählten Element:

Beryllium	0,001 - 0,2
Yttrium	0,01 - 0,5
Scandium	0,01 - 0,3
Aluminium	Rest

**[0016]** Durch den Wasserstoffgehalt wird unter Bildung von festen feinverteilten Teilchen aus Lithiumhydrid eine Verringerung der Längsschwindung bei der Erstarrung bewirkt und die Bildung von Porosität im Material vermieden.

**[0017]** Der Magnesiumgehalt gewährleistet das notwendige Niveau an Festigkeitseigenschaften und die Schweißbarkeit. Bei Verringerung des Magnesiumsgehalts unter 4,1 % wird sich die Festigkeit vermindern und die Neigung der Legierung zu Heißrissen sowohl beim Gießen als auch beim Schweißen wachsen. Bei Vergrößerung des Magnesiumgehalts der Legierung über 6,0 % vermindern sich die Bearbeitungsfähigkeit beim Gießen, Warm- und Kaltwalzen sowie die Plastizitätskennwerte von fertigen Halbzeugen und Erzeugnissen daraus.

**[0018]** Zur Gewährung der notwendigen Bearbeitbarkeit, insbesondere bei der Herstellung dünner Bleche, des notwendigen Niveaus von mechanischen sowie Korrosionseigenschaften und ausreichender Bruchzähigkeit sowie Schweißbarkeit ist die Einhaltung des Lithiumgehalts wesentlich. Bei Verringerung des Lithiumgehalts unter 1,5 % vergrößerte sich die Dichte der Legierung, verminderte sich das Niveau der Festigkeitseigenschaften und der Elastizitätsmodul, bei einem Lithiumgehalt über 1,9 % verschlechterte sich die Bearbeitbarkeit mittels Kaltverformung, die Schweißbarkeit, die Plastizitätskennwerte und die Bruchzähigkeit.

**[0019]** Zirkonium in der Menge von 0,05 - 0,3 % ist ein Modifikator beim Gießen von Barren und gewährleistet gemeinsam mit dem Mangan (in der Menge von 0,01 - 0,8 %) eine strukturelle Verfestigung in den Halbzeugen in Folge der Bildung eines polygonisierten oder feinkörnigen Gefüges.

**[0020]** Insbesondere durch das Hinzufügen eines oder mehrerer der Elemente Beryllium, Yttrium, Scandium wird die Ausbildung eines homogenen feinkörnigen Gefüges in Halbzeugen aus der erfindungsgemäßen Legierung eine Erhöhung der Verformbarkeit beim Kaltwalzen bewirkt.

**[0021]** Im weiteren bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Legierungen auf Aluminiumbasis, vorzugsweise des Systems Al-Li-Mg.

**[0022]** Aufgabe eines solchen Wärmebehandlungsverfahrens ist es, die Duktilität der Legierung unter Beibehaltung ihrer hohen Festigkeit anzuheben und gleichzeitig hohe Kennwerte für Korrosionsbeständigkeit und Bruchzähigkeit zu erreichen, insbesondere aber die Bewahrung dieser Eigenschaften bei Aussetzung des Materials einer erhöhten Temperatur über lange Zeitdauer.

**[0023]** Aus der US-Patentschrift Nr. 4,861,391 ist ein Verfahren zur Wärmebehandlung bekannt, welches ein Abschrecken mit schneller Abkühlung, Richten und zweistufiges Altern wie folgt aufweist:

Die 1. Stufe bei einer Temperatur nicht über 93°C, von einigen Stunden bis zu einigen Monaten; vorzugsweise, 66 - 85°C, mindestens 24 h.

Die 2. Stufe bei einer Temperatur von maximal 219 °C, von 30 Minuten bis zu einigen Stunden; vorzugsweise, 154 - 199°C, maximal 8 h.

**[0024]** Während die Festigkeitskennwerte und die Bruchzähigkeit erhöht werden, gewährleistet dieses Verfahren nicht die Stabilität der Eigenschaften von lithiumhaltigen Aluminiumlegierungen nach Niedrigtemperaturerwärmung bei 85 °C im Laufe von 1000 h, welche die Erwärmung durch die Sonne bei langdauerndem Betrieb von Fluggeräten simuliert. Nach Erwärmung auf 85°C über 1000 h verringern sich die relative Dehnung und die Bruchzähigkeit von nach dieser Methode behandelten lithiumhaltigen Legierungen um 25 - 30%.

**[0025]** Erfindungsgemäß umfaßt ein Verfahren zur Lösung der gestellten Aufgabe die Verfahrensschritte

- Erhitzen des Materials auf eine Temperatur von 400 bis 500 °C
- Abschrecken in Wasser oder Luft - Richten mit einem Verformungsgrad bis zu 2 % und
- künstliches Altern, wobei das künstliche Altern in 3 Stufen erfolgt, wovon die dritte Alterungsstufe bei 90 bis 110°C im Verlauf von 8 bis 14 h, stattfindet.

**[0026]** Alternativ zur Durchführung der dritten Alterungsstufe bei einer konstanten Temperatur kann diese erfindungsgemäß auch in der Weise durchgeführt werden, daß ein Abkühlen mit einer Abkühlrate von 2 bis 8°C pro Stunde für 10 bis 30 h erfolgt.

**[0027]** Es hat sich gezeigt, daß erfindungsgemäße Legierungen mit dem Merkmal des Patentanspruches 1 besonders vorteilhafte Eigenschaften im Sinne der Aufgabenstellung aufweisen, wenn sie nach dem vorgenannten Verfahren behandelt wurden.

**[0028]** Diese Verfahren zur Wärmebehandlung gewährleisten infolge der Anwendung einer dritten Alterungsstufe die thermische Stabilität der Legierungen nach langer Niedrigtemperatur-Auslagerung aufgrund der zusätzlichen Ausscheidung der dispersen Phase  $\delta'$ -(Al<sub>3</sub>Li), welche gleichmäßig im Matrixvolumen verteilt ist. Das große Volumen der feinverteilten  $\delta'$ -Phase reduziert die Li-Übersättigung des Mischkristalls und verhindert die  $\delta'$ -Ausscheidung während der Auslagerung bei 85°C, 1000 h.

**[0029]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3 erfolgt die erste Stufe der künstlichen Alterung bei einer Temperatur von 80 - 90°C im Verlauf von 3 - 12 h und eine zweite Stufe bei 110 -

185°C im Verlauf von 10 - 48 h.

**[0030]** Durch das Einhalten dieser Grenzen werden besonders günstige Voraussetzungen für die Durchführung des künstlichen Alterns geschaffen und die Ergebnisse im Sinne der Aufgabenstellung mit großer Sicherheit erhalten.

5 **[0031]** Schließlich kann alternativ eine zweite Stufe der künstlichen Alterung bei einer Temperatur von 110 bis 125°C und einer Dauer von 5 bis 12 h erfolgen, wobei diese Verfahrensparameter vorzugsweise anzuwenden sind, wenn die dritte Alterungsstufe entsprechend Patentanspruch 3 durchgeführt wird.

**Ausführungsbeispiele:**

10 **[0032]** Von den Legierungen, deren chemische Zusammensetzung in Tab. 1 aufgeführt wird, wurden Barren von 70 mm Durchmesser gegossen. Das Metall wurde im Widerstandsofen erschmolzen. Nach der Homogenisierung (500 °C, 10 h) wurden aus den Barren Streifen mit einem Querschnitt von 15 x 65 mm gepreßt. Die Barren wurden vor dem Pressen auf eine Temperatur von 380 - 450 °C erwärmt. Walzblöcke aus den Streifen wurden auf 360 - 420 °C erwärmt und zu 4 mm dicken Blechen warmgewalzt, die dann bis auf 2,2 mm Dicke kaltgewalzt worden sind. Die kaltgewalzten  
15 Bleche wurden von einer Temperatur von 400 - 500 °C in Wasser oder an der Luft abgeschreckt, mit einem Verformungsgrad bis zu 2 % gerichtet und den in Tab. 2 aufgeführten Wärmebehandlungen unterzogen. Die Eigenschaften des Grundmaterials und der Schweißverbindungen wurden an Proben bestimmt, die aus diesen Blechen herausgeschnitten worden sind. (vergl. Tabelle 3)

20 Tabelle

Chemische Zusammensetzungen der untersuchten Kompositionen												
Legierung Nr.	Li	Mg	Zn	Zr	Mn	Hx 10 <sup>5</sup>	Be	Y	Sc	Cr	Cu	Ni
25 1	2,2	1,2	5,0	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-
2	2,4	3,8	3,9	0,18	0,50	-	-	-	-	-	0,96	0,2
3	1,5	6,0	0,1	0,15	0,60	0,9	0,2	-	-	0,12	-	-
30 4	1,9	5,2	0,8	0,10	0,01	4,5	0,001	-	0,01	-	-	-
5	1,7	4,1	1,5	0,30	0,05	2,5	-	0,25	-	-	-	-
6	1,6	5,2	0,6	0,05	0,80	2,5	-	0,01	-	0,15	-	-
7	1,85	4,8	0,5	0,09	0,20	3,5	-	0,50	-	0,50	-	-
35 8	1,55	4,2	0,1	0,05	0,10	2,5	-	-	0,30	-	-	-
9	1,9	4,7	0,1	0,15	0,35	2,5	0,1	-	-	0,01	-	-
10	1,5	4,3	0,3	0,1	0,40	3,5	0,1	-	-	-	-	-
40 Anmerkung: Die Legierungen Nr. 1 und 2 sind Vergleichsmaterialien Die Legierungen Nr. 3 - 10 sind erfindungsgemäße Materialien												

45 Tabelle 2

Verfahren zur Wärmebehandlung der untersuchten Legierungen		
Legierung Nr.	Wärmebehandlung Nr.	Wärmebehandlungsverfahren
3, 5, 9	3	80°C, 4 h + 185°C, 10 h + 110°C, 8 h
8, 10	4	90°C, 3 h + 110°C, 48 h + 90°C, 14 h
4, 7	5	85°C, 5 h + 145°C, 25 h + 110°C, 10 h
6	6	85°C, 12 h + 120°C, 12 h + 90°C, 12 h

Tabelle 3

Eigenschaften der untersuchten Legierungen						
Legierung Nr	Wärmebehandlung Nr.	$\sigma_B$ , MPa	$\sigma_{0.2}$ , MPa	$\delta$ , %	$K_{CO}$ , MPa $\sqrt{m}$ ( $w_0 = 200$ mm)	
					Vor Auslagerung bei 85 ° C, 1000 h	Nach Auslagerung bei 85 ° C, 1000 h
1	1	460	345	3,5	59,5	46,0
2	2	470	355	2,5	58,7	44,8
3	3	475	358	9,0	69,5	67,0
4, 7	5	473	347	8,0	68,3	66,8
5	3	458	345	8,5	67,8	66,7
6	6	450	338	10,0	68,0	67,8
8, 10	4	452	340	9,5	66,8	65,9
9	3	460	345	9,0	65,5	63,3

Anmerkungen: Legierungen und Verfahren 1 und 2 sind Vergleichsmaterialien aus einem 2-stufigen Wärmebehandlungsverfahren.  
Legierungen und Verfahren Nr. 3 - 10 entsprechen der Erfindung.

### Patentansprüche

1. Legierung auf Aluminiumbasis, welche Lithium, Magnesium, Zink, Zirkonium und Mangan enthält, **gekennzeichnet dadurch, dass** die Legierung zusätzlich Wasserstoff und zumindest ein Element aus der Beryllium, Yttrium, Scandium einschließenden Gruppe enthält bei folgendem Verhältnis der Komponenten in Masseprozent:

Lithium	1,5 - 1,9
Magnesium	4,1 - 6,0
Zink	0,1 - 1,5
Zirkonium	0,05 - 0,3
Mangan	0,01 - 0,8
Wasserstoff	$0,9 \times 10^{-5} - 4,5 \times 10^{-5}$

zumindest ein aus der folgenden Gruppe ausgewähltes Element:

Beryllium	0,001 - 0,2
Yttrium	0,01 - 0,5
Scandium	0,01 - 0,3
Aluminium	Rest

2. Verfahren zur Wärmebehandlung von Legierungen auf Aluminiumbasis mit Lithiumbestandteilen gemäß Anspruch 1, mit den Verfahrensschritten

- Erhitzen des Materials auf eine Temperatur von 400 - 500 °C
- Abschrecken in Wasser oder Luft
- Richten mit einem Verformungsgrad bis zu 2 % und
- künstliches Altern,

**dadurch gekennzeichnet, dass** das künstliche Altern in drei Stufen erfolgt, wobei die zweite Stufe bei einer höheren

## EP 1 017 867 B1

Temperatur erfolgt als die erste Stufe, wovon die dritte Alterungsstufe bei 90 bis 110 °C im Verlauf von 8 bis 14 h stattfindet.

- 5 3. Verfahren zur Wärmebehandlung von Legierungen auf Aluminiumbasis gemäß Anspruch 1, mit den Verfahrensschritten:

- Erhitzen des Materials auf eine Temperatur von 400 bis 500 °C
- Abschrecken in Wasser oder Luft
- Richten mit einem Verformungsgrad bis zu 2 % und
- 10 - künstliches Altern,

**dadurch gekennzeichnet, dass** das künstliche Altern in drei Stufen erfolgt, wovon die dritte Alterungsstufe ein Abkühlen mit einer Abkühlrate von 2 bis 8 °C pro Stunde für 10 bis 30 h umfasst.

- 15 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Stufe der künstlichen Alterung bei einer Temperatur von 80 - 90 °C im Verlauf von 3 - 12 h und eine zweite Stufe bei 110 - 185 °C im Verlauf von 10 - 48 h erfolgt.

- 20 5. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Stufe der künstlichen Alterung bei einer Temperatur von 80 - 90 °C im Verlauf von 3 - 12 h und eine zweite Stufe bei 110 - 125 °C im Verlauf von 5 - 12 h erfolgt.

### Claims

- 25 1. Aluminium-based alloy which contains lithium, magnesium, zinc, zirconium and manganese, **characterized in that** the alloy additionally contains hydrogen and at least one element from the group consisting of beryllium, yttrium and scandium, with the following ratio of the components in per cent by mass:

30	Lithium	1.5-1.9
	Magnesium	4.1-6.0
	Zinc	0.1-1.5
	Zirconium	0.05-0.3
	Manganese	0.01-0.8
35	Hydrogen	$0.9 \times 10^{-5}$ - $4.5 \times 10^{-5}$

at least one element selected from the following group:

40	Beryllium	0.001-0.2
	Yttrium	0.01-0.5
	Scandium	0.01-0.3
45	Aluminium	balance.

- 50 2. Process for the heat treatment of aluminium-based alloys having lithium constituents according to Claim 1, which comprises the process steps

- heating of the material to a temperature of 400-500°C
- quenching in water or air
- straightening with a degree of deformation of up to 2% and
- artificial aging,

55 **characterized in that** the artificial aging is carried out in three stages, with the second stage being carried out at a higher temperature than the first stage and the third aging stage being carried out at from 90 to 110°C over a period of from 8 to 14 hours.

3. Process for the heat treatment of aluminium-based alloys according to Claim 1, which comprises the process steps:

- heating of the material to a temperature of from 400 to 500°C
- quenching in water or air
- straightening with a degree of deformation of up to 2% and
- artificial aging,

**characterized in that** the artificial aging is carried out in three stages of which the third aging stage comprises cooling at a cooling rate of from 2 to 8°C per hour for from 10 to 30 hours.

4. Process according to Claim 2 or Claim 3, **characterized in that** the first stage of the artificial aging is carried out at a temperature of 80-90°C over a period of 3-12 hours and a second stage is carried out at 110-185°C over a period of 10-48 hours.

5. Process according to Claim 2 or Claim 3, **characterized in that** the first stage of the artificial aging is carried out at a temperature of 80-90°C over a period of 3-12 hours and a second stage is carried out at 110-125°C over a period of 5-12 hours.

## Revendications

1. Alliage à base d'aluminium, qui contient du lithium, du magnésium, du zinc, du zirconium et du manganèse, **caractérisé en ce que** l'alliage contient en outre de l'hydrogène et au moins un élément du groupe comprenant le béryllium, l'yttrium et le scandium, avec les proportions suivantes des composants en pour cent en masse:

lithium	1,5 - 1,9
magnésium	4,1 - 6,0
zinc	0,1 - 1,5
zirconium	0,05 - 0,3
manganèse	0,01 - 0,8
hydrogène	$0,9 \times 10^{-5}$ - $4,5 \times 10^{-5}$

au moins un élément sélectionné dans le groupe suivant:

béryllium	0,001 - 0,2
yttrium	0,01 - 0,5
scandium	0,01 - 0,3
aluminium	reste.

2. Procédé de traitement thermique d'alliages à base d'aluminium avec des composants de lithium selon la revendication 1, présentant les étapes suivantes:

- chauffer le matériau à une température de 400-500°C
- tremper dans l'eau ou dans l'air
- dresser avec un taux de déformation jusqu'à 2 % et
- vieillir artificiellement,

**caractérisé en ce que** l'on effectue le vieillissement artificiel en trois étapes, dans lequel la deuxième étape est effectuée à une température plus élevée que la première étape, dont la troisième étape de vieillissement est effectuée à 90 à 110°C pendant une durée de 8 à 14 heures.

3. Procédé de traitement thermique d'alliages à base d'aluminium selon la revendication 1, présentant les étapes suivantes:

- chauffage du matériau à une température de 400 à 500°C

## EP 1 017 867 B1

- tremper dans l'eau ou dans l'air
- dresser avec un taux de déformation jusqu'à 2 %, et
- vieillir artificiellement,

5 **caractérisé en ce que** l'on effectue le vieillissement artificiel en trois étapes, dont la troisième étape de vieillissement comprend un refroidissement avec une vitesse de refroidissement de 2 à 8°C par heure pendant 10 à 30 heures.

10 4. Procédé selon la revendication 2 ou la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'on opère la première étape du vieillissement artificiel à une température de 80 - 90°C pendant une durée de 3 - 12 heures et une deuxième étape à 110 - 185°C pendant une durée de 10 - 48 heures.

15 5. Procédé selon la revendication 2 ou la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'on opère la première étape du vieillissement artificiel à une température de 80 - 90°C pendant une durée de 3 - 12 heures et une deuxième étape à 110 - 125°C pendant une durée de 5 - 12 heures.

20

25

30

35

40

45

50

55

**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**

- US 4584173 A [0002]
- WO 9203583 A [0003]
- US 4636357 A [0009]
- US 4840682 A [0014]
- US 5076859 A [0014]
- WO 9618752 A1 [0014]
- US 4861391 A [0023]