



(11)

EP 3 072 984 B2

(12)

## NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**06.05.2020 Patentblatt 2020/19**

(51) Int Cl.:  
**C22C 21/16 (2006.01)**

**C22F 1/057 (2006.01)**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**05.07.2017 Patentblatt 2017/27**

(21) Anmeldenummer: **15161219.9**

(22) Anmeldetag: **27.03.2015**

### (54) AL-CU-MG-LI-LEGIERUNG SOWIE DARAUS HERGESTELLTES LEGIERUNGSPRODUKT

AL-CU-MG-LI ALLOY AND ALLOY PRODUCT PRODUCED FROM SAME

ALLIAGE D'AL-CU-MG-LI ET PRODUIT ALLIÉ AINSI PRODUIT

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.09.2016 Patentblatt 2016/39**

(73) Patentinhaber: **Otto Fuchs KG  
58540 Meinerzhagen (DE)**

(72) Erfinder:

- Schlingmann, Tina  
51789 Lindlar (DE)
- Becker, Joachim  
58540 Meinerzhagen (DE)
- Witulski, Thomas  
58540 Meinerzhagen (DE)
- Dehbozorgi, Abi D.  
Paramount/CA 90723-5315 (US)
- Timko, Mark  
Paramount/CA 90723-5315 (US)

(74) Vertreter: **Haverkamp, Jens  
Gartenstrasse 61  
58636 Iserlohn (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2009/036953 US-A1- 2009 142 222  
US-A1- 2009 180 890 US-A1- 2011 030 856  
US-A1- 2011 247 730**

- VIEJO F ET AL: "Relationship between microstructure and corrosion performance of AA2050-T8 aluminium alloy after excimer laser surface melting", CORROSION SCIENCE, OXFORD, GB, Bd. 52, Nr. 6, 1. Juni 2010 (2010-06-01), Seiten 2179-2187, XP026994225, ISSN: 0010-938X [gefunden am 2010-03-06]
- TSIVOULAS D ET AL: "The effect of Mn and Zr dispersoid-forming additions on recrystallization resistance in Al-Cu-Li AA21", ACTA MATERIALIA, Bd. 77, 24. Juni 2014 (2014-06-24), Seiten 1-16, XP029038688, ISSN: 1359-6454, DOI: 10.1016/J.ACTAMAT.2014.05.028
- TEAL SHEETS: "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys", Aluminum Association, 2015,

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Al-Cu-Mg-Li-Legierung sowie ein daraus hergestelltes Legierungsprodukt.

[0002] Bauteile aus Hochleistungsaluminiumlegierungen sind in vielen Fällen unverzichtbarer Bestandteil bei der Konstruktion von Flugzeugen. Bauteile aus derartigen Hochleistungsaluminiumlegierungen werden unter anderem im Rumpf und im Flügel als Strukturauteile eingesetzt. Bei diesen Teilen handelt es sich um geschmiedete, stranggepresste Teile. Diese müssen der notwendigen Kombination aus statischer und dynamischer Festigkeit genügen und bestimmte Anforderungen in Bezug auf Zugfestigkeit, Dehngrenze, Bruchdehnung und Risszähigkeit ( $K_{1C}$  und Spannungsrißkorrosion) aufweisen. Zudem spielt das Gewicht bei Bauteilen, die für die Luft- und Raumfahrtindustrie eingesetzt werden, eine nicht unbedeutende Rolle. Somit ist auch das spezifische Gewicht (die Dichte) der verwendeten Hochleistungslegierung von Relevanz.

[0003] Eine am Markt eingeführte Al-Cu-Mg-Li-Legierung, die diesen Anforderungen genügt, ist die Aluminium-Legierung AA 2195. Diese Legierung hat eine Zusammensetzung von 3,7 - 4,3 Gew.-% Cu, 0,25 - 0,8 Gew.-% Mg, 0,8 - 1,2 Gew.% Li, 0,25 - 0,6 Gew.% Ag, max. 0,25 Gew.-% Zn, max. 0,25 Gew.-% Mn, max. 0,12 Gew.-% Si, max. 0,15 Gew.-% Fe, max. 0,1 Gew.-% Ti und 0,08 - 0,16 Gew.% Zr. Die aus dieser Legierung hergestellten Bauteile haben eine Dichte von etwa 2,7 g/cm<sup>3</sup>.

[0004] Mit zunehmender Größe der Flugzeuge geht das Bestreben einher, in Ergänzung zu einer hohen Festigkeit die Bauteile mit einem besseren damage tolerant Verhalten zu versehen. Entwickelt worden sind, um dieser Anforderung zu genügen, ausgehend von der Legierung AA 2195, Al-Cu-Mg-Li-Legierungen mit verbesserter Zähigkeit und Schwingfestigkeit. Die Aluminiumlegierung AA 2050 ist ein Beispiel für eine solche Hochleistungslegierung, die die Legierung 2195, aus der zuvor oftmals Bauteile gefertigt wurden, im Luftfahrtbereich zwischenzeitlich ersetzt. Die Legierung AA 2050 weist einen Cu-Anteil von 3,2 - 3,9 Gew.-%, einen Li-Gehalt von 0,7 - 1,3 Gew.-%, einen Mn-Gehalt von 0,2 - 0,8 Gew.-% und einen Mg-Gehalt von 0,1 - 0,5 Gew.-% auf. Zn ist üblicherweise am Aufbau der Legierung mit bis zu 0,25 Gew.-% beteiligt. Um die notwendigen Festigkeitseigenschaften zu erzielen, wird bei dieser Legierung Silber zulegiert, und zwar in Gehalten von 0,2 - 0,7 Gew.-%. Durch diese Maßnahme wird der herrschenden Meinung Rechenschaft getragen, dass Silber, gerade bei Lithium-haltigen Al-Cu-Legierungen zum Erzielen hoher Festigkeiten daraus hergestellter Bauteile notwendiger Legierungsbestandteil ist.

[0005] Eine der Legierung AA 2050 ähnliche Legierung mit einem noch höheren Li-Anteil ist die Legierung AA 2196 mit einem Li-Anteil von 1,4 - 2,1 Gew.-%. Der Cu-Anteil dieser Legierung ist gegenüber dem Cu-Anteil in der Legierung 2050 geringfügig reduziert. Aus dieser Legierung können jedoch nur Bauteile mit einer geringeren Festigkeit hergestellt werden, verglichen mit Bauteilen, die aus der Legierung AA 2050 hergestellt werden können.

[0006] Vorbekannte Ag-haltige Hochleistungsaluminiumlegierungen wie die Legierung AA 2050 beinhalten als notwendiges Legierungselement Mn. Bei der Legierung AA 2050 ist ein Mn-Gehalt von 0,2 - 0,5 Gew.-% erforderlich. Mn in ein Rekristallisationshemmer. Vor allem aufgrund letzterer Eigenschaft ist Mn ein für die Erzielung der gewünschten Festigkeitseigenschaften notwendiges Element. Dieses entspricht auch der herrschenden Meinung, dass bei Ag-haltigen Al-Cu-Mg-Li-Legierungen zumindest 0,2 Gew.-% Mn, wenn nicht deutlich mehr am Aufbau der Legierung beteiligt sein muss. Allerdings ist darauf zu achten, dass der Mn-Gehalt nicht so hoch ist, damit sich keine groben Primärerstarrungen im Mikrogefüge ausbilden, die insbesondere das Ermüdungsverhalten negativ beeinflussen. Insofern darf ein gewisses Maximum nicht überschritten werden. Auf der anderen Seite muss eine solche Hochleistungsaluminiumlegierung genügend Mn enthalten, um die gewünschte Eigenschaft als Rekristallisationshemmer erfüllen zu können. Diesen Anforderungen genügen die vorbekannten Legierungen mit Mn-Gehalten, wie beispielsweise bei der AA 2050 zwischen 0,2 und 0,5 Gew.-%.

[0007] Die zu den vorbekannten Hochleistungsaluminiumlegierungen, die Ag und Li enthalten, gemachten Angaben zu dem Mn-Gehalt weisen eine relativ große Spanne auf. Es hängt maßgeblich von der Beteiligung der anderen Legierungselemente Cu, Li, Mg, Mn, Ti, Zr, Si, Fe und Ag ab, ob mit einem ausgewählten Mn-Gehalt aus dem angegebenen Bereich tatsächlich eine Legierung erschmolzen werden kann, aus der Bauteile hergestellt werden können, die den gestellten Festigkeitsanforderungen sowie der Ermüdung und Zähigkeit genügen.

[0008] Der Erfindung liegt ausgehend von dem vorstehend gewürdigten Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, eine Ag- und Li-haltige Al-Cu-Legierung vorzuschlagen, die nicht nur hinsichtlich ihres Aufbaus im Vergleich zu vorbekannten Legierungen vereinfacht ist, sondern bei der auch gewährleistet ist, dass innerhalb des angegebenen Spektrums der Legierungselemente daraus hergestellte Bauteile nach entsprechender Wärmebehandlung der gewünschten Kombination mechanischer Eigenschaften genügen.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Al-Cu-Mg-Li-Legierung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0010] Bei allen Legierungszusammensetzungen, die im Rahmen dieser Ausführung beschrieben sind, können unvermeidbare Verunreinigungen je Element von 0,05 Gew.-% enthalten sein, wobei die Gesamtmenge an Verunreinigungen 0,15 Gew.-% nicht überschreiten sollte. Es ist jedoch bevorzugt, die Verunreinigung möglichst gering zu halten und einen Anteil von 0,03 Gew.-% je Element bei einer Gesamtmenge von 0,08 Gew.-% nicht zu überschreiten.

[0011] Diese Ag- und Li-haltige Hochleistungsaluminiumlegierung weist eine besonders enge Bandbreite seiner Le-

gierungselemente auf. Dieses gilt in besonderem Maße für das Legierungselement Mn, welches nicht nur in einem sehr engen Spektrum, sondern auch mit erstaunlich geringen Anteilen am Aufbau der Legierung beteiligt ist und den diesem Element zugeschriebenen Funktionen erfüllt. Herauszustellen ist in diesem Zusammenhang, dass diese Legierung Zn-frei ist. Es war überraschend festzustellen, dass bei dieser Legierung mit einem Mn-Gehalt, der sogar nur halb so groß sein

5 kann wie der in der Legierung AA 2050 benötigte, ausreicht, um eine Rekristallisation wirksam zu verhindern. Zudem ist innerhalb der angegebenen Spanne von 0,01 Gew.-% bis < 0,2 Gew.-% Mn Sorge dafür getragen, dass keine oder nur in einem nicht nennenswerten Maße Primärphasen entstehen, die die Ermüdung und Zähigkeit verschlechtern würden. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich bei dieser besonderen Legierungszusammensetzung ungewollte, plattenförmige  $\text{Al}_6\text{Mn}$ -Phasen nicht oder allenfalls nur sehr untergeordnet bilden. In aller Regel ist Fe als Begleitelement 10 nicht auszuschließen. Die sich mit Fe bildenden Phasen  $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$  beeinträchtigen aufgrund ihrer kompakten Morphologie die mechanischen Eigenschaften eines aus dieser Legierung hergestellten Bauteils hingegen deutlich weniger. Insofern war es überraschend festzustellen, dass bei einer Al-Cu-Mg-Li-Legierung mit der vorbeschriebenen Zusammensetzung und ihrem besonders geringen Mn-Gehalt davon auszugehen ist, dass Bauteile mit der gewünschten Kombination aus 15 Eigenschaften, die nicht nur hochfest, sondern auch zäh und ermüdungsbeständig sind, hergestellt werden konnten, die sogar höchstfesten Anforderungen genügen. Zur Definition hochfest und höchstfest: Ein Bauteil weist höchstfeste Eigenschaften auf, wenn die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  zumindest 600 MPa beträgt. Einem Bauteil werden hochfeste Eigenschaften zugesprochen, wenn die Dehngrenze  $R_{p0,2}$  zumindest 500 MPa beträgt.

15 [0012] Liegt der Cu-Anteil unter 3,7 Gew.-% stellt sich in Kombination mit den anderen Legierungselementen nicht die notwendige Festigkeit ein. Kupfergehalte über 3,9 Gew.-% in der Legierung vermögen die Festigkeit eines aus der Legierung hergestellten Bauteils nicht weiter zu erhöhen. Vielmehr ist damit zu rechnen, dass sich bei höheren Cu-Gehalten eigenschaftsschädigende Phasen bilden.

20 [0013] Lithium ist zur Reduzierung der Dichte (des spezifischen Gewichtes) in der Legierung enthalten. Der Lithium-Gehalt ist an die Cu- und Mg-Gehalte der Legierung angepasst, und zwar dergestalt, dass zwar möglichst viel Lithium in die Legierung eingebaut wird, jedoch nur so viel, dass dieses in Lösung gebracht werden kann und keine unerwünschten 25 Li-haltigen Phasen entstehen. Daher ist der Li-Gehalt der Legierung auf den engen Bereich zwischen 0,9 und 1,3 Gew.-% begrenzt.

25 [0014] Magnesium trägt zu den gewünschten Eigenschaften eines aus der Legierung hergestellten Bauteils bei, ist jedoch nur mit einem Anteil zugelassen, damit sich keine unerwünschten Phasen (wie z.B. eine S-Phase  $\text{Al}_2\text{CuMg}$ ) ausbilden. Unter Berücksichtigung der weiteren Legierungselemente soll der Mg-Anteil 0,45 Gew.-% nicht überschreiten.

30 [0015] Titan wirkt als Kornfeiner im Gussgefüge und Zirkon als Dispersoidbildner und trägt somit zur Hemmung der Rekristallisation bei.

35 [0016] Überraschend hat sich gezeigt, dass unter Berücksichtigung der anderen Legierungselemente und deren Gehalte ein Mn-Gehalt zwischen 0,10 und 0,18 Gew.-% ausreicht, um wirksam eine Rekristallisation zu verhindern. Zugeschrieben wird dieses der speziellen und gezielten Auswahl des Anteils und der Bandbreite von Mn als auch der sehr eng begrenzte Mn-Gehalt. Dies gewährleistet, dass sich innerhalb dieser Grenzen durchweg die gewünschten Kombination an mechanischen Eigenschaften bei einem aus der Legierung hergestellten Bauteil einstellen lassen. Überschreitet der Mn-Gehalt 0,18 Gew.-% kann dieses unter Berücksichtigung der anderen Legierungselemente bereits zu größeren 40 Primärerstarrungen im Mikrogefüge führen, was wiederum der herrschenden Meinung entsprechend nicht zu erwarten war. Schließlich wird in der Legierung AA 2050 ein Mn-Gehalt von 0,2 - 0,8 Gew.-% vorgeschlagen. Daher ist der Mn-Gehalt der beanspruchten Legierung auf einen Maximalanteil von 0,18 Gew.-% begrenzt. Sollen keinerlei Primärerstarrungen im Mikrogefüge in Kauf genommen werden, wird der Mn-Gehalt auf eine Spanne von 0,10 - 0,15 Gew.-% nach oben hin begrenzt. Besonders gute Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn der Mn-Gehalt zwischen 0,10 und 0,12 Gew.-% liegt.

45 [0017] Ag ist zur Erhöhung der Festigkeit in dieser Legierung enthalten. In Abhängigkeit von der in dem Bauteil einzustellenden gewünschten Festigkeit wird der Ag-Gehalt etwas geringer oder etwas mehr innerhalb der beanspruchten Grenze zwischen 0,2 und 0,45 Gew.-% gewählt. Zur Erzielung eines Bauteiles, welches den Anforderungen an ein höchstfestes Bauteil genügen soll, sollte der Ag-Gehalt mehr als 0,35 Gew.-% betragen. Eine bevorzugte Beteiligung des Ag-Anteils am Aufbau der Legierung erstreckt sich von 0,38 - 0,43 Gew.-%.

50 [0018] Bemerkenswert ist auch, dass die Legierung vorzugsweise Fe-frei ist.

[0019] Erfindungsgemäß weist die Legierung die dispersionsbildenden Elemente  $\text{Mn}+\text{Fe}+\text{Si} < 0,3$  Gew.-% auf.

55 [0020] Es hat sich gezeigt, dass ein Cu/Mg-Verhältnis zwischen 8,22 und 12 besonders zweckmäßig ist, um die gewünschten Legierungseigenschaften zu erhalten.

[0021] Für Untersuchungen der Legierungszusammensetzung und der sich einstellenden Kombination der gewünschten Eigenschaften von daraus hergestellten Bauteilen wurden erfindungsgemäß Legierungen sowie solche gemäß AA 2050 als Vergleichslegierung erschmolzen im Labormaßstab durch Kokillenguss zu Versuchsbarren gegossen.

55 [0022] Die erschmolzenen Legierungen haben folgende Zusammensetzung, wobei die Legierung XL33 die erfindungsgemäß Legierung ist, während die Legierung AA 2050 als Vergleichslegierung erschmolzen worden ist:

Legierung	Cu	Li	Mg	Mn	Ti	Zr	Si	Fe	Ag
XL33	3,78	0,90	0,35	0,11	0,052	0,112	0,02	0,02	0,404
AA 2050	3,72	0,94	0,31	0,38	0,40	0,092	0,04	0,063	0,491

[0023] Die gegossenen Barren wurden homogenisiert, stranggepresst und als Profile lösungsgeglüht und anschließend in Längsrichtung gereckt, und zwar um etwa 2 - 4 %. Die Warmauslagerung wurde für 48 Stunden bei 153 °C durchgeführt. Nachfolgend sind Untersuchungen durchgeführt worden, um die Dehngrenze  $R_{p0,2}$ , die Zugfestigkeit  $R_m$ , die Bruchdehnung  $A_5$  sowie die Risszähigkeit zu ermitteln. Die Untersuchungen sind an den Probenstücken an jeweils gleichen Stellen vorgenommen worden. Die Untersuchungen ergaben folgende Ergebnisse:

Probe		Dichte [g/cm³]	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_5$ [%]	$K_1C$ [MPa√m]		
XL33	L	2,7	653	668	9,8	L-T	37,3	
						T-L	25,9	
AA 2050	L	2,7	615	638	11,2	L-T	42,1	
						T-L	31,6	

[0024] Parallel zu den vorbeschriebenen Probenstücken wurden solche hergestellt, deren Warmauslagerung für 48 Stunden bei etwa 160 °C durchgeführt worden ist. Die Ergebnisse sind insofern von Interesse, da diese die Unempfindlichkeit der erfundungsgemäßen Legierung und somit die Wirksamkeit des speziellen Mn-Gehaltes belegen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen entsprechen bei der erfundungsgemäßen Legierung den Festigkeitswerten, die auch zu der Probe ermittelt worden sind, deren Warmauslagerung bei 153 °C stattgefunden hat. Die Festigkeitswerte der Proben mit einer Warmauslagerung über 48 Stunden bei 160 °C sind nachfolgend wiedergegeben:

Probe		Dichte [g/cm³]	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_5$ [%]	$K_1C$ [MPa√m]		
XL33	L	2,7	642	663	9,7	L-T	36,9	
						T-L	25,2	
AA 2050	L	2,7	597	629	9,5	L-T	41,1	
						T-L	30,5	

[0025] Die vorstehenden Untersuchungsergebnisse machen deutlich, dass Bauteile, die aus der erfundungsgemäßen Legierung hergestellt sind, sogar höchstfesten Ansprüchen genügen, die auch besser sind als die Festigkeitswerte, die an der Vergleichsprobe aus der Legierung AA 2050 ermittelt wurden. Zugeschrieben wird diese Steigerung in den Festigkeitswerten dem speziellen, gegenüber vorbekannten Legierungen sehr geringen Mn-Anteil. Die Festigkeitswerte zeigen zudem, dass auch bei derart niedrigen Mn-Gehalten in der speziellen Zusammensetzung der beanspruchten Legierung in Bezug auf die übrigen Legierungselemente Rekristallisationen wirksam gehemmt sind.

[0026] Die vorstehenden mechanischen Eigenschaften konnten anhand etlicher Paralleluntersuchungen mit Variationen in der erfundungsgemäßen Legierungszusammensetzung im Rahmen der durch den Anspruch 1 gesetzten Grenzen bestätigt werden.

Figur 1 zeigt ein Gefügebild einer Probe aus der erfundungsgemäßen Legierung mit einem Cu-Gehalt von 3,3 Gew.-% und einem Mn-Gehalt von 0,11 Gew.-%. Bei den in Figur 1 erkennbaren Phasen handelt es sich ausschließlich um  $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$ -Phasen.

Figur 2 zeigt ein Gefügebild einer Vergleichsprobe mit einer Legierungszusammensetzung entsprechend AA 2050 (s. Figur 2). Diese Legierung weist einen Cu-Gehalt von 3,7 Gew.-% und einen Mn-Gehalt von 0,37 Gew.-% auf. Das Gefügebild zeigt deutlich, dass in dieser Legierung neben den  $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$ -Phasen die aufgrund ihrer Morphologie unerwünschten  $\text{Al}_6\text{Mn}$ -Phasen vorhanden sind. Diese sind, wie in Figur 2 erkennbar, als lagig in der untersuchten Probe angeordnet, welche lagige Anordnung sich in der  $\text{Al}_6\text{Mn}$ -Partikel-Zeile zeigt.

[0027] Ein aus dieser Legierung hergestelltes Bauteil eignet sich aufgrund der vorbeschriebenen Eigenschaften als

Bauteil zur Verwendung in der Luft- und Raumfahrtindustrie, vor allem für Strukturauteile. Gleichwohl können Bauteile aus dieser Legierung auch für andere Anwendungen hergestellt und eingesetzt werden, vor allem dann, wenn auch eine geringe Dichte eine Rolle spielen sollte.

5

## Patentansprüche

### 1. Al-Cu-Mg-Li-Legierung mit

3,7 - 3,9 Gew.-% Cu,  
 0,9 - 1,3 Gew.-% Li,  
 0,30 - 0,45 Gew.-% Mg,  
 0,10 - < 0,2 Gew.-% Mn,  
 0,2 - 0,45 Gew.-% Ag,  
 0,09 - 0,13 Gew.-% Zr,  
 Ti ist in der Legierung vorhanden bis max. 0,07 Gew.-%, wobei das  
 Ti als  $TiB_2$  oder  $TiC$  vorliegt,  
 Rest Al nebst unvermeidbaren Verunreinigungen,  
 wobei die Summe der dispersionsbildenden Elemente  $Mn+Fe+Si < 0,3$  Gew.-% beträgt.

20

### 2. Al-Cu-Mg-Li-Legierung nach Anspruch 1 mit

3,7 - 3,9 Gew.-% Cu,  
 0,95 - 1,2 Gew.-% Li,  
 0,35 - 0,45 Gew.-% Mg,  
 0,10 - 0,18 Gew.-% Mn,  
 0,38 - 0,43 Gew.-% Ag,  
 0,09 - 0,13 Gew.-% Zr,  
 max. 0,07 Gew.-% Ti, wobei das Ti als  $TiB_2$  oder  $TiC$  vorliegt,  
 Rest Al nebst unvermeidbaren Verunreinigungen.

30

### 3. Al-Cu-Mg-Li-Legierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Mn-Gehalt zwischen 0,10 und 0,15 Gew.-% beträgt.

### 35 4. Al-Cu-Mg-Li-Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Cu/Mg-Verhältnis zwischen 8,22 und 12 beträgt.

### 40 5. Al-Cu-Mg-Li-Legierungsprodukt mit einer Legierungszusammensetzung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt dergestalt warmausgelagert worden ist, dass das Legierungsprodukt parallel zur Faser eine 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ von mehr als 620 MPa und eine Zugfestigkeit $R_m$ von mehr als 630 MPa aufweist.

### 45 6. Al-Cu-Mg-Li-Legierungsprodukt nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass dieses parallel zur Faser eine Bruchdehnung $\Delta\epsilon$ von mindesten 9% aufweist.

### 7. Al-Cu-Mg-Li-Legierungsprodukt nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung der Legierung so gewählt ist, dass das daraus hergestellte Produkt eine Dichte von etwa 2,70 g/cm<sup>3</sup> aufweist.

### 50 8. Al-Cu-Mg-Li-Legierungsprodukt nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Legierungsprodukt um ein Strukturauteil für eine luft- und/oder raumfahrttechnische Anwendung handelt.

## Claims

### 55 1. Al-Cu-Mg-Li alloy with

3.7 - 3.9 % by weight Cu,  
 0.9 - 1.3 % by weight Li,

0.30 - 0.45 % by weight Mg,  
 0.10 - < 0.2 by weight Mn,  
 0.2 - 0.45 % by weight Ag,  
 0.09 - 0.13 % by weight Zr

5 Ti is existent in the alloy up to max. 0.07 % by weight Ti, wherein the Ti is present as  $TiB_2$  or  $TiC$ , remainder Al, together with unavoidable impurities, whereas sum of the dispersion-forming elements Mn+Fe+Si < 0.3 % by weight.

10 2. Al-Cu-Mg-Li alloy according to claim 1, with

3.7 - 3.9 % by weight Cu,  
 0.95 - 1.2 % by weight Li,  
 0.35 - 0.45 % by weight Mg,  
 0.10 - 0.18 by weight Mn,

15 0.38 - 0.43 % by weight Ag,  
 0.09 - 0.13 % by weight Zr  
 max. 0.07 % by weight Ti, wherein the Ti is present as  $TiB_2$  or  $TiC$ , remainder Al, together with unavoidable impurities.

20 3. Al-Cu-Mg-Li alloy according to claim 1 or 2, **characterised in that** the Mn content is between 0.10 and 0.15 % by weight.

4. Al-Cu-Mg-Li alloy according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the Cu/Mg ratio is between 8.22 and 12.

25 5. Al-Cu-Mg-Li alloy product with an alloy composition according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the product has been hardened in such a way that the alloy product exhibits parallel to the fibre a 0.2% elongation limit  $R_{p0.2}$  of more than 620 MPa and a tensile strength  $R_m$  of more than 630 MPa.

30 6. Al-Cu-Mg-Li alloy product according to claim 5, **characterised in that** this exhibits parallel to the fibre an elongation after fracture As of at least 9% parallel to the fibre.

7. Al-Cu-Mg-Li alloy product according to claim 5 or 6, **characterised in that** the composition of the alloy is selected in such a way that the product resulting from it exhibits a density of some 2.70 g/cm<sup>3</sup>.

35 8. Al-Cu-Mg-Li alloy product according to any one of claims 5 to 7, **characterised in that** the alloy product is a structural component for an aeronautical and/or aerospace application.

40 Revendications

1. Alliage Al-Cu-Mg-Li comportant

3,7 à 3,9 % de poids de Cu,  
 0,9 à 1,3 % de poids de Li,  
 45 0,30 à 0,45 % de poids de Mg,  
 0,10 à < 0,2 % de poids de Mn,  
 0,2 à 0,45 % de poids d'Ag,  
 0,09 à 0,13 % de poids de Zr,

Ti est existant dans l'alliage allant jusqu'au max. 0,07 % de poids de Ti, le Ti étant présent sous forme de  $TiB_2$  ou de  $TiC$ ,

50 le reste, de l'Al ainsi que les inévitables impuretés,

le total des éléments à l'origine de la dispersion Mn+Fe+Si représente < 0,3 % de poids.

2. Alliage Al-Cu-Mg-Li selon la revendication 1 comportant

3,7 à 3,9 % de poids de Cu,  
 0,95 à 1,2 % de poids de Li,  
 55 0,35 à 0,45 % de poids de Mg,

0,10 à 0,18 % de poids de Mn,  
0,38 à 0,43 % de poids d'Ag,  
0,09 à 0,13 % de poids de Zr,  
au max. 0,07 % de poids de Ti, le Ti étant présent sous forme de  $TiB_2$  ou de  $TiC$ ,  
le reste, de l'Al ainsi que les inévitables impuretés.

- 5
3. Alliage Al-Cu-Mg-Li selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la teneur en Mn est située entre 0,10 et 0,15 % de poids.
  - 10 4. Alliage Al-Cu-Mg-Li selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le rapport entre Cu/Mg est situé entre 8,22 et 12.
  - 15 5. Produit d'alliage Al-Cu-Mg-Li constitué d'une composition d'alliage selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le produit a subi un vieillissement à chaud de telle manière que le produit d'alliage présente parallèlement à la fibre, une limite d'élasticité  $R_{p0,2}$  de 0,2 % de plus de 620 MPa et une résistance en rupture à la traction  $R_m$  de plus de 630 MPa.
  - 20 6. Produit d'alliage Al-Cu-Mg-Li selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** celui-ci présente, parallèlement à la fibre, un allongement à la rupture As d'au moins 9 %.
  - 25 7. Produit d'alliage Al-Cu-Mg-Li selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** la composition de l'alliage est sélectionnée de telle sorte que le produit fabriqué à partir de ce dernier présente une densité d'environ 2,70 g/cm<sup>3</sup>.
  8. Produit d'alliage Al-Cu-Mg-Li selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** le produit d'alliage est une pièce structurelle destiné à une application technique aéronautique et/ou aérospatiale.

30

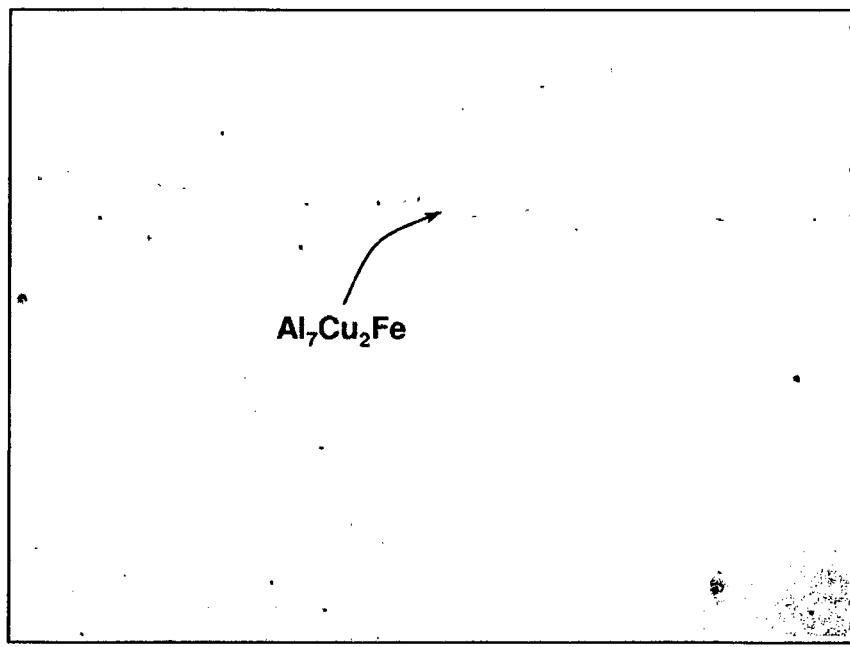
35

40

45

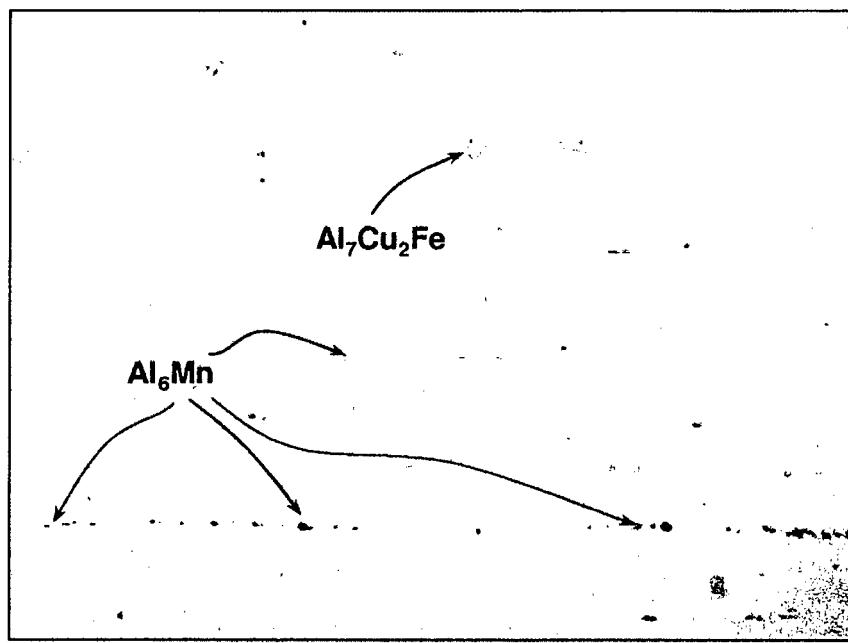
50

55



*Fig. 1*

20  $\mu\text{m}$



*Fig. 2*

20  $\mu\text{m}$