



(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2004 000 596.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2004/003997**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/090183**
(86) PCT-Anmelddatag: **09.04.2004**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **21.10.2004**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **09.03.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.03.2011**

(51) Int Cl.⁸: **C22C 21/00 (2006.01)**
C22F 1/053 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
03076049.0 10.04.2003 EP

(72) Erfinder:
Benedictus, Rinze, Delft, NL; Keidel, Christian Joachim, 56410 Montabaur, DE; Heinz, Alfred Ludwig, 56414 Niederahr, DE

(73) Patentinhaber:
Aleris Aluminum Koblenz GmbH, 56070 Koblenz, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseiten

(74) Vertreter:
Müller Schupfner & Partner, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Hochfeste Al-Zn-Legierung und Verfahren zum Herstellen eines solchen Legierungsprodukts**

(57) Hauptanspruch: Geschmiedetes hochfestes Al-Zn-Legierungsprodukt mit einer verbesserten Verbindung von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit, hergestellt durch die folgenden aufeinanderfolgenden Schritte:

a) Gießen eines Blocks mit der folgenden Zusammensetzung (in Gew.-%):

Zn 6,0 bis 9,5

Cu 1,3 bis 2,4

Mg 1,5 bis 2,6

Mn < 0,12

Zr < 0,20, vorzugsweise 0,05 bis 0,15

Cr < 0,10

Fe < 0,25

Si < 0,25

Ti < 0,10

Hf und/oder V < 0,25, wahlweise Ce und/oder Sc < 0,20, andere Elemente jeweils weniger als 0,05 und insgesamt weniger als 0,25, Rest Aluminium, wobei (in Gew.-%):

0,1 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2 [Cu] + 2,15,

b) Homogenisieren und/oder Vorwärmen des Blocks nach dem Gießen,

c) Warmumformen des Blocks und wahlweise Kaltumformen zu einem umgeformten Produkt,

d) Lösungsglühbehandlung und

e) Abschrecken des lösungsglühbehandelten Produkts,

f) Künstliches Altern des umgeformten...

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2004 000 596 B4** 2011.03.24

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2004 010700 A1
DE 10 392 80 5T5
US 63 15 842 B1
WO 02/0 75 010 A2
WO 02/0 52 053 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein geschmiedetes hochfestes Al-Zn-Legierungsprodukt mit einer verbesserten Verbindung von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit, hergestellt nach dem Verfahren nach Anspruch 1, und ein Plattenprodukt aus einem solchen Legierungsprodukt, das nach dem Verfahren hergestellt wird. Im Besonderen betrifft die vorliegende Erfindung eine geschmiedete hochfeste Al-Zn-Legierung nach der Bezeichnung durch die Serie 7000 der internationalen Nomenklatur der Aluminium Association für strukturelle Anwendungen in der Luftfahrt. Noch spezieller betrifft die vorliegende Erfindung ein neues Chemiefenster für eine Al-Zn-Legierung mit verbesserten Verbindungen von Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit, die keine spezifische Alterungs- oder Wärmebehandlungen benötigt.

[0002] Auf dem Gebiet ist bekannt, wärmebehandelbare Aluminiumlegierungen bei einer Reihe von Anwendungen zu verwenden, die relativ hohe Festigkeit, hohe Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit erfordern, wie Luftfahrzeigrümpfe, Fahrzeugelemente und andere Anwendungen. Die Aluminiumlegierungen AA7050 und AA7150 zeigen hohe Festigkeit bei Vergütungen vom Typ T6, siehe z. B. US-6.315.842. Außerdem zeigen ausscheidungsgehärtete Legierungsprodukte AA7×75 und AA7×55 hohe Festigkeitswerte in der T6-Vergütung. Die T6-Vergütung ist dafür bekannt, dass sie die Festigkeit der Legierung verbessert, wobei die vorgenannten Legierungsprodukte AA7×50, AA7×75 und AA7×55, die große Mengen an Zink, Kupfer und Magnesium enthalten, für ihre hohen Festigkeits-Masse-Verhältnisse bekannt sind und daher im Besonderen in der Luftfahrzeugindustrie Anwendung finden. Diese Anwendungen führen jedoch zur Einwirkung einer breiten Vielzahl von klimatischen Bedingungen, die eine sorgfältige Steuerung der Form- und Alterungsbedingungen erforderlich machen, um adäquate Festigkeit und Beständigkeit gegen Korrosion, was sowohl Spannungskorrosion als auch Schichtkorrosion beinhaltet, bereitzustellen.

[0003] Zum Verbessern der Beständigkeit gegenüber Spannungskorrosion und Schichtkorrosion sowie der Bruchzähigkeit ist bekannt, diese Legierungen der Serie AA7000 künstlich zu überaltern. Bei künstlicher Alterung zu einer Vergütung des Typs T79, T76, T74 oder T73 verbessert sich ihre Beständigkeit gegenüber Spannungskorrosion und Schichtkorrosion und die Bruchzähigkeit in der angegebenen Größenordnung (wobei T73 am besten ist und T79 nahe T6 ist), jedoch auf Kosten der Festigkeit im Vergleich zu dem T6-Vergütungszustand. Ein akzeptabler Vergütungszustand zum Erreichen eines akzeptablen Niveaus an Zugfestigkeit, Spannungskorrosionsbeständigkeit, Schichtkorrosionsbeständigkeit und Bruchzähigkeit ist die Vergütung vom Typ T74, die ein begrenzt überalterter Zustand zwischen T73 und T76 ist. Eine solche T74-Vergütung wird durchgeführt durch Überalterung des Aluminiumlegierungsprodukts bei Temperaturen von 121°C für 6 bis 24 Stunden und 171°C für ungefähr 14 Stunden.

[0004] Je nach den Konstruktionskriterien für einen bestimmten Flugzeugbestandteil führen selbst kleine Verbesserungen der Festigkeit, Zähigkeit oder Korrosionsbeständigkeit zu Gewichtseinsparungen, die sich auf den Kraftstoffverbrauch über die Lebensdauer eines Luftfahrzeugs niederschlagen. Um diese Forderungen zu erfüllen, wurden mehrere andere Legierungen der Serie 7000 entwickelt.

[0005] EP 0377779 offenbart einen verbesserten Prozess zum Herstellen einer 7055-Legierung für Blech- oder dünne Plattenanwendungen auf dem Gebiet der Luftfahrt, wie Oberflügelemente mit hoher Zähigkeit und guten Korrosionseigenschaften, der die Schritte des Formens eines Körpers mit einer Zusammensetzung umfasst, die aus Folgendem besteht (in Gew.-%):

Zn: 7,6	bis 8,4
Cu: 2,2	bis 2,6
Mg: 1,8	bis 2,1,

ein oder mehrere Elemente, ausgewählt aus:

Zr: 0,5 bis	0,2
Mn: 0,05 bis	0,4
V: 0,03 bis	0,2
Hf: 0,03 bis	0,5,

wobei die Elemente insgesamt 0,6 Gew.-% nicht überschreiten, Rest Aluminium plus unwesentliche Verunreinigungen, Lösungsglühbehandeln und Abschrecken des Produkts und künstliches Altern des Produkts entwe-

der durch dreimaliges Erwärmen hintereinander zu einer oder mehreren Temperaturen aus 79°C bis 163°C oder Erwärmen eines solchen Produkts zuerst auf eine oder mehrere Temperaturen aus 79°C bis 141°C für zwei Stunden oder mehr oder Erwärmen des Produkts auf eine oder mehrere Temperaturen aus 148°C bis 174°C. Diese Produkte zeigen eine verbesserte Schichtkorrosionsbeständigkeit von „EB“ oder besser mit ungefähr 15% höherer Dehngrenze als AA7×50-Gegenstücke ähnlicher Größe in dem T76-Vergütungszustand. Sie besitzen immer noch wenigstens 5% größere Festigkeit als ihr 7×50-T77-Gegenstück ähnlicher Größe (AA 7150-T77 wird hierin nachfolgend als Referenzlegierung verwendet).

[0006] US-5.312.498 offenbart ein anderes Verfahren zum Herstellen eines aluminiumbasierten Legierungsprodukts mit verbesserter Schichtkorrosionsbeständigkeit und Bruchzähigkeit mit ausgewogenen Zink-, Kupfer- und Magnesiumniveaus, so dass kein Überschuss an Kupfer und Magnesium besteht. Das Verfahren zum Herstellen des aluminiumbasierten Legierungsprodukts verwendet entweder einen ein- oder einen zweistufigen Alterungsprozess in Verbindung mit dem stöchiometrischen Ausgleichen von Kupfer, Magnesium und Zink. Es wird eine zweistufige Alterungssequenz offenbart, bei der die Legierung zunächst bei ungefähr 121°C für ungefähr 9 Stunden gealtert wird, gefolgt von einem zweiten Alterungsschritt bei ungefähr 157°C für ungefähr 10 bis 16 Stunden, gefolgt von Luftkühlung. Ein solches Alterungsverfahren bezieht sich auf dünne Platten- oder Blechprodukte, die für Unterflügel, Außenhautanwendungen oder Rumpfaußenhaut verwendet werden.

[0007] US-4.954.188 offenbart ein Verfahren zum Bereitstellen einer hochfesten Aluminiumlegierung, gekennzeichnet durch verbesserte Schichtkorrosionsbeständigkeit unter Verwenden einer Legierung, bestehend aus den folgenden Legierungselementen (in Gew.-%):

Zn:	5,9 bis 8,2
Cu:	1,5 bis 3,0
Mg:	1,5 bis 4,0
Cr:	< 0,4,

andere Elemente wie Zirkonium, Mangan, Eisen, Silizium und Titan insgesamt weniger als 0,5, Rest Aluminium, Umformen der Legierung zu einem Produkt mit einer vorgegebenen Form, Lösungsglühbehandeln des umgeformten Produkts, Abschrecken und Altern des wärmebehandelten und abgeschreckten Produkts auf eine Temperatur von 132°C bis 140°C für einen Zeitraum von 6 bis 30 Stunden. Die gewünschten Eigenschaften hohe Festigkeit, hohe Zähigkeit und hohe Korrosionsbeständigkeit wurden bei dieser Legierung erreicht, indem die Alterungstemperatur gesenkt wurde statt sie, wie zuvor z. B. durch US-3.881.966 oder US-3.794.531 gelehrt, zu erhöhen.

[0008] Es wurde berichtet, dass die bekannten ausscheidungsgehärteten Aluminiumlegierungen AA7075 und andere Legierungen der Serie AA7000 in dem T6-Vergütungszustand unter bestimmten Bedingungen keine ausreichende Korrosionsbeständigkeit ergaben. Die T7-Vergütungen, die die Beständigkeit der Legierungen gegenüber Spannungskorrosionsrissbildung verbessern, setzen jedoch die Festigkeit gegenüber dem T6-Zustand signifikant herab.

[0009] US-5.221.377 offenbart daher ein Legierungsprodukt, das im Wesentlichen aus ungefähr 7,6 bis 8,4 Gew.-% Zn, ungefähr 1,8 bis 2,2 Gew.-% Mg und ungefähr 2,0 bis 2,6 Gew.-% Cu besteht. Ein solches Legierungsprodukt zeigt eine Dehngrenze, die ungefähr 10% größer ist als bei seinem 7×50-T6-Gegenstück mit guter Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Zu der Dehngrenze wurde berichtet, dass sie bei einem Schichtkorrosionsbeständigkeitsniveau von „EC“ oder besser über 579 MPa liegt.

[0010] US-5.496.426 offenbart eine Legierung, wie in US-5.221.377 offenbart, und ein Verfahren, das Warmwalzen, Glühen und Kaltwalzen in einem bevorzugten Kaltreduktionsbereich von 20% bis 70% umfasst, dem wiederum vorzugsweise gesteuertes Glühen folgt, wodurch Charakteristiken gezeigt werden, die besser als AA 7075-T6-Charakteristiken sind. Während AA7075-T6 die Spannungskorrosionsbeständigkeitsprüfung (SRK-Beständigkeit, 40 Tage Wechseltauchversuch in 35% NaCl) mit 138 MPa nicht bestand, wies die offenbarte verarbeitete Legierung eine SRK-Beständigkeit von 241 MPa auf.

[0011] US-5.108.520 und US-4.477.292 offenbaren einen Alterungsprozess für lösungsglühbehandelte, ausscheidungsgehärtete Metalllegierung, der drei Alterungsschritte enthält, umfassend (1) Altern der Legierung bei einer oder mehreren Temperaturen im Wesentlichen über Raumtemperatur, jedoch unter 163°C auf im Wesentlichen unter die Dehngrenzspitze, (2) nachfolgendes Altern der Legierung bei einer oder mehreren Temperaturen bei ungefähr 190°C zum Erhöhen der Beständigkeit der Legierung gegenüber Korrosion und

danach (3) Altern der Legierung bei einer oder mehreren Temperaturen im Wesentlichen über Raumtemperatur, jedoch unter 163°C, zum Erhöhen der Dehngrenze. Das resultierende Produkt zeigte gute Festigkeitseigenschaften und ein gutes Korrosionsverhalten. Jedoch ist das dreistufige Alterungsverfahren mühsam und schwierig durchzuführen, so dass die Kosten für die Herstellung einer solchen Legierung steigen.

[0012] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Al-Zn-Legierung für Plattenprodukte mit hoher Festigkeit und einer verbesserten Ausgewogenheit von Zähigkeit und Korrosionsverhalten bereitzustellen. Im Besonderen ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Legierung, die für Oberflügelanwendungen in der Luftfahrt mit einer verbesserten Druckfestigkeit mit Eigenschaften, die besser als die Eigenschaften einer herkömmlichen AA7055-Legierung in der T77-Vergütung sind, bereitzustellen.

[0013] Eine andere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Aluminiumlegierung der Serie AA7000 zu erzielen, die Festigkeit in dem Bereich von T6-Vergütungen und Zähigkeits- und Korrosionsbeständigkeitseigenschaften in dem Bereich von T73-Vergütungen zeigt.

[0014] Des Weiteren ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Legierung bereitzustellen, die bei einem Alterskriech-Umformprozess verwendet werden kann und die eine Legierung ist, die keinen komplizierten oder mühsamen Alterungsprozess erfordert.

[0015] Die vorliegende Erfindung weist eine Reihe von bevorzugten Aufgaben auf.

[0016] Die vorgenannten Aufgaben der Erfindung werden erfüllt durch Verwendung der charakterisierenden Merkmale von Anspruch 1.

[0017] Weitere bevorzugte Ausführungen werden in den Unteransprüchen beschrieben und spezifiziert. Ein Plattenprodukt wird in Anspruch 14 und den entsprechenden Unteransprüchen beansprucht und beschrieben.

[0018] Wie hier nachfolgend festzustellen ist, beziehen sich, soweit nicht anders angegeben, Legierungsbezeichnungen und Vergütungsbezeichnungen auf die Bezeichnungen der Aluminium Association in den Aluminium Standards and Data (Aluminiumnormen und -daten) und den Registration Records (Registrierungsnachweisen), die sämtlich von der US Aluminium Association veröffentlicht wurden. Sämtliche Prozentangaben erfolgen, soweit nicht anders angegeben, in Gew.-%.

[0019] Die vorgenannten Aufgaben der Erfindung werden erfüllt durch ein hochfestes Al-Zn-Legierungsprodukt mit einer verbesserten Kombination von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit, hergestellt durch die folgenden aufeinanderfolgenden Schritte

a) Gießens eines Blocks mit der folgenden Zusammensetzung (in Gew.-%):

Zn ungefähr 6,0 bis 9,5

Cu ungefähr 1,3 bis 2,4

Mg ungefähr 1,5 bis 2,6

Mn < 0,12

Zr < 0,20, vorzugsweise 0,05 bis 0,15

Cr < 0,10

Fe < 0,25, und vorzugsweise < 0,12

Si < 0,25, und vorzugsweise < 0,12

Ti < 0,10

Hf und/oder V < 0,25, wahlweise Ce und/oder Sc < 0,20, besonders in einem Bereich von 0,05 bis 0,15, andere Elemente jeweils weniger als 0,05 und insgesamt weniger als 0,25, Rest Aluminium, und wobei (in Gew.-%):

0,1 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2 [Cu] + 2,15, und vorzugsweise

0,2 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,1 [Cu] + 2,15

b) Homogenisieren und/oder Vorwärmen des Blocks nach dem Gießen,

c) Warmumformen des Blocks und wahlweise Kaltumformen zu einem umgeformten Produkt,

d) Lösungsglühbehandlung und

e) Abschrecken des lösungsglühbehandelten Produkts,

f) Künstliches Altern des umgeformten und lösungsglühbehandelten Produkts, wobei der Alterungsschritt eine erste Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für 2 bis 20 Stunden, eine zweite Wärmebehandlung bei einer Temperatur über 135°C, jedoch unter 210°C, für 4 bis 12 Stunden, und eine dritte Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für mehr als 20 Stunden und weniger als 30 Stunden umfasst.

[0020] Ein solches Chemiefenster für eine Legierung der Serie AA7000 zeigt ausgezeichnete Eigenschaften, wenn es zu dünnen Plattenprodukten verarbeitet wird, die vorzugsweise für Oberflügelanwendungen in der Luftfahrt verwendet werden können.

[0021] Die vorgenannte Chemie besitzt Eigenschaften, die ohne Verwendung der oben beschriebenen mühsamen und komplizierten T77-Alterungszyklen mit bestehenden Legierungen der Serien AA7×50 oder AA7×55 in der T77-Vergütung vergleichbar oder besser als diese sind. Die Chemie führt zu einem Aluminiumprodukt, das nicht nur im Hinblick auf die Kostenfrage überlegen ist, sondern außerdem einfacher herzustellen ist, da weniger Verarbeitungsschritte erforderlich sind. Zusätzlich ermöglicht die Chemie neue Herstelltechniken wie Alterskriech-Umformen, das nicht machbar ist, wenn eine T77-Vergütungs-Legierung aufgebracht wird. Noch besser ist der Umstand, dass die oben definierte Chemie außerdem zu der T77-Vergütung gealtert werden kann, wobei sich die Korrosionsbeständigkeit im Vergleich zu dem zweistufigen Alterungsverfahren, das hierin nachfolgend beschrieben wird, weiter verbessert, wobei im Besonderen das Schichtkorrosionsverhalten verbessert wird.

[0022] Anhand dieser Erfindung wurde festgestellt, dass ein ausgewählter Bereich von Elementen, die eine größere Menge Zn und eine spezifische Verbindung eines bestimmten Bereichs von Mg und Cu verwenden, im Wesentlichen bessere Verbindungen von Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsverhalten, wie Schichtkorrosionsbeständigkeit und Spannungskorrosionsrissbildungsbeständigkeit, zeigen.

[0023] Während berichtet wurde, dass die Kupfergehalte höher, vorzugsweise über ungefähr 2,2 Gew.-%, gehalten werden sollten, um das Schichtkorrosions- und Spannungskorrosionsrissbildungsbereich zu verbessern, wurde berichtet, dass bessere Verbindungen von Festigkeit und Dichte mit relativ niedrigen Zinkgehalten erreichbar seien.

[0024] Bei dieser Erfindung wurde jedoch festgestellt, dass erhöhte Mengen von Zink zusammen mit einem optimierten Verhältnis von Magnesium zu Kupfer zu einer besseren Festigkeit führt, während ein gutes Korrosionsverhalten und eine Zähigkeit, die besser ist als bei herkömmlichen T77-Vergütungs-Legierungen, beibehalten werden. Es ist daher vorteilhaft, einen kombinierten Zink-, Magnesium- und Kupfergehalt in einem Bereich zwischen ungefähr 11,50 und 12,50 (in Gew.-%) ohne Mangan und unter 11,00 bei Anwesenheit von Mangan, das vorzugsweise zwischen 0,06 und 0,12 (in Gew.-%) beträgt, zu haben.

[0025] Eine bevorzugte Menge von Magnesium liegt in einem Bereich von $0,2 \text{ [Cu]} + 1,3 < \text{[Mg]} < 0,1 \text{ [Cu]} + 2,15$, wobei ein Bereich von $0,2 \text{ [Cu]} + 1,4 < \text{[Mg]} < 0,1 \text{ [Cu]} + 1,9$ am stärksten zu bevorzugen ist. Kupfer liegt in einem Bereich von ungefähr 1,5 bis 2,1, wobei ein Bereich von 1,5 bis weniger als 2,0 stärker zu bevorzugen ist. Die Ausgewogenheit von Magnesium und Kupfer ist für die erforderliche Chemie wichtig.

[0026] Kupfer und Magnesium sind wichtige Elemente, um der Legierung Festigkeit hinzuzufügen. Zu niedrige Mengen von Magnesium und Kupfer führen zu einer Abnahme der Festigkeit, während zu hohe Mengen von Magnesium und Kupfer zu einem niedrigeren Korrosionsverhalten und Problemen bei der Schweißbarkeit des Legierungsprodukts führen. Techniken nach dem Stand der Technik verwendeten spezielle Alterungsverfahren, um die Festigkeit zu verbessern, und niedrige Mengen von Magnesium und Kupfer werden verwendet, um ein gutes Korrosionsverhalten zu erreichen. Um einen Kompromiss bei Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsverhalten zu erreichen, wurde festgestellt, dass Kupfer- und Magnesiummengen (in Gew.-%) zwischen ungefähr 1,5 und 2,3 eine gute Ausgewogenheit für dicke Legierungsprodukte ergeben. Jedoch ist das Korrosionsverhalten der entscheidende Parameter für dünne Legierungsprodukte, so dass geringere Mengen von Kupfer und Magnesium verwendet werden müssen, was eine geringere Festigkeit zur Folge hat. Durch die beanspruchte Chemie der vorliegenden Erfindung ist es nun möglich, Festigkeitsniveaus in dem Bereich einer T6-Vergütungs-Legierung zu erreichen, während Korrosionsverhaltenscharakteristiken beibehalten werden, die denen von T74-Vergütungs-Legierungen ähnlich sind.

[0027] Abgesehen von den Magnesium- und Kupfermengen offenbart die Erfindung eine Ausgewogenheit von Magnesium- und Kupfermengen gegenüber Zink, im Besonderen die Ausgewogenheit von Magnesium gegenüber Zink, was der Legierung diese Verhaltenscharakteristiken verleiht. Die verbesserte Korrosionsbeständigkeit der Legierung nach der Erfindung besitzt Schichtkorrosionsbeständigkeitseigenschaften von EB oder besser, vorzugsweise EA oder besser.

[0028] Diese Schichtkorrosionseigenschaften werden nach den Normen für Beständigkeit gegenüber Spannungskorrosionsrissbildung (SKR) und Schichtkorrosionsbeständigkeit, die derzeit für AA7075-, AA7050- und AA7150-Produkte, die zu T73, T74 und T76 gealtert wurden, erforderlich sind, zusammen mit dem typischen

Verhalten von T6-Vergütungen gemessen. Um zu bestimmen, ob handelsübliche Legierungen die SRK-Normen erfüllen, wird ein vorgegebener Prüfkörper vordefinierten Prüfungsbedingungen unterzogen. Stangenförmige Prüfkörper werden 10 Minuten Immersionstakten in einer 3,5%igen wässrigen NaCl-Lösung unterzogen, gefolgt von 50 Minuten Lufttrocknung, während sie an beiden Enden unter einer konstanten Dehnung (Spannungsniveau) gezogen werden. Eine solche Prüfung wird normalerweise für mindestens 20 Tage durchgeführt (oder für einen kürzeren Zeitraum, wenn der Prüfkörper vor Ablauf von 20 Tagen die Prüfung nicht bestehen oder reißen sollte). Diese Prüfung ist die ASTM-Standard-G47-Prüfung (G47-98).

[0029] Eine andere bevorzugte SRK-Prüfung, die nach ASTM Standard G47 durchgeführt wird (G38-73), wird für extrudierte Legierungsprodukte verwendet, die dünne Plattenprodukte beinhalten. Diese Prüfung besteht aus dem Pressen der gegenüberliegenden Enden eines C-förmigen Rings unter Verwendung konstanter Dehnungsniveaus und wechselnder Immersionsbedingungen, die im Wesentlichen den oben beschriebenen ähnlich sind. Während AA7075-, AA7050- oder AA7150-T6-vergütete Legierung die SRK-Prüfung nach weniger als 20 Tagen nicht besteht und die Schichtkorrosionseigenschaften EC oder ED lauten, steigt das Korrosionsbeständigkeitsverhalten bei den Vergütungen T76-, T74-, T73. Die Schichtkorrosionseigenschaften von T73 erreichen EA oder besser. Spezifische Beispiele werden hierin nachfolgend beschrieben.

[0030] Die erfinderische Legierung besitzt eine Chemie mit einer bevorzugten Menge von Magnesium und Kupfer von ungefähr 1,93, wenn die Menge (in Gew.-%) von Zink ungefähr 8,1 beträgt. Jedoch liegt die Menge (in Gew.-%) von Zink in einem Bereich von 6,1 bis 8,3, wobei ein Bereich von 6,1 bis 7,0 stärker zu bevorzugen ist, wenn Mangan geringer als 0,05 ist und vorzugsweise geringer als 0,02 ist. Manche bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung werden in den hierin nachfolgenden Beispielen beschrieben.

[0031] Die Menge an Mangan (in Gew.-%) liegt vorzugsweise in einem Bereich von ungefähr 0,06 bis 0,12, wenn die Menge von Zink über 7,6 liegt. Bei Vorgängen, die eine Rekristallisation der Mikrostruktur der Legierung verursachen können, hilft Mangan bei der Korngrößensteuerung oder trägt zu dieser bei. Die bevorzugten Niveaus von Mangan sind niedriger als bei herkömmlichen Legierungen der Serie AA7000, können aber angehoben werden, wenn Zink angehoben wird.

[0032] Die Menge von zusätzlichen Legierungselementen Ce und/oder Sc ist kleiner als 0,20, vorzugsweise in einem Bereich von 0,05 bis 0,15, wobei 0,10 am stärksten zu bevorzugen ist.

[0033] Das Verfahren zum Herstellen des geschmiedeten hochfesten Al-Zn-Legierungsprodukts mit einer verbesserten Verbindung von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit umfasst die Schritte des

a) Gießens eines Blocks mit der folgenden Zusammensetzung (in Gew.-%):

Zn ungefähr 6,0 bis 9,5

Cu ungefähr 1,3 bis 2,4

Mg ungefähr 1,5 bis 2,6

Mn < 0,12

Zr < 0,20, vorzugsweise 0,05 bis 0,15

Cr < 0,10

Fe < 0,25

Si < 0,25

Ti < 0,10

Hf und/oder V < 0,25, wahlweise Ce und/oder Sc < 0,20,

andere Elemente jeweils weniger als 0,05 und insgesamt weniger als 0,25, Rest Aluminium, und wobei (in Gew.-%):

0,1 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2 [Cu] + 2,15,

b) Homogenisieren und/oder Vorwärmen des Blocks nach dem Gießen,

c) Warmumformen des Blocks und wahlweise Kaltumformen zu einem umgeformten Produkt,

d) Lösungsglühbehandeln bei einer Temperatur und Zeit, die ausreichen, um in einer festen Lösung im Wesentlichen alle löslichen Bestandteile in der Legierung zu platzieren, und

e) Abschrecken des lösungsglühbehandelten Produkts durch eines von Sprühabschrecken oder Immersionsabschrecken in Wasser oder anderen Abschreckmedien.

f) Künstliches Altern des umgeformten und lösungsglühbehandelten Produkts, wobei der Alterungsschritt eine erste Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C, vorzugsweise um 120°C, für 2 bis 20 Stunden, vorzugsweise um 8 Stunden, eine zweite Wärmebehandlung bei einer Temperatur über 135°C, jedoch unter 210°C, vorzugsweise um 155°C, für 4 bis 12 Stunden, vorzugsweise 8 bis 10 Stunden, und eine dritte Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für mehr als 20 Stunden und weniger als 30 Stunden umfasst.

[0034] Über eine solche zweistufige Alterungsbehandlung wird ein Korrosionsverhalten erzielt, das dem Korrosionsverhalten einer T76-Vergütungs-Legierung ähnlich ist. Jedoch wird das umgeformte und wärmebehandelte Produkt künstlich gealtert, wobei der Alterungsschritt eine dritte Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für mehr als 20 Stunden und weniger als 30 Stunden umfasst. Dieser T77-Vergütungs-Alterungsvorgang ist bekannt und erhöht sogar die Leistungscharakteristiken im Vergleich zu dem zweistufigen Alterungsvorgang. Der zweistufige Alterungsvorgang führt jedoch zu dünnen Aluminiumlegierungsprodukten, die teilweise mit T77-Vergütungs-Produkten vergleichbar sind und teilweise besser als diese sind.

[0035] Es ist des Weiteren möglich, das umgeformte und wärmebehandelte Produkt mit einem zweistufigen Alterungsverfahren künstlich auf eine T79- oder T76-Vergütung zu altern. Nach dem Homogenisieren und/oder Vorwärmten des Blocks nach dem Gießen, ist es vorzugsweise ratsam, den Block warmumzuformen und wahlweise die warmumgeformten Produkte zu einem umgeformten Produkt von 15 mm bis 45 mm kaltumzuformen, um dadurch eine dünne Platte zu erhalten.

[0036] Ein solches Plattenprodukt aus hochfester Al-Zn-Legierung kann erzielt werden durch eine Legierung, die eine Zusammensetzung wie oben beschrieben aufweist und nach dem Verfahren wie oben beschrieben hergestellt wird. Ein solches Plattenprodukt ist vorzugsweise als dünnes Luftfahrzeugelement verwendbar, wobei eine Verwendung als gestrecktes strukturelles Formelement stärker zu bevorzugen ist. Noch bevorzugter ist ein Plattenprodukt zur Verwendung als Oberflügelement, vorzugsweise ein dünnes Außenhautelement eines Oberflügels oder eines Holms von einem Luftfahrzeug.

[0037] Das Vorgenannte und andere Merkmale und Vorteile der Legierungen nach der Erfindung werden aus der folgenden ausführlichen Beschreibung bevorzugter Ausführungen gut ersichtlich.

Beispiel 1

[0038] Es wurden Prüfungen durchgeführt, um das Verhalten der Legierungen 2 und 4 nach der vorliegenden Erfindung mit AA7150-T77-Legierungen zu vergleichen. Es wurde festgestellt, dass die Beispiele der Legierungen 2 und 4 der vorliegenden Erfindung eine Verbesserung gegenüber herkömmlichen AA7150-T77-Vergütungs-Legierungen zeigen.

[0039] Auf industrieller Ebene wurden vier unterschiedliche Aluminiumlegierungen zu Blöcken gegossen, homogenisiert, mehr als 6 Stunden bei 410°C vorgewärmt und zu 30 mm-Platten warmgewalzt. Danach wurden die Platten bei 475°C lösungsgeglüht und mit Wasser abgeschreckt. Danach wurde das abgeschreckte Produkt mit einem zweistufigen T79-T76-Alterungsverfahren gealtert. Die chemischen Zusammensetzungen werden in Tabelle 1 dargelegt.

Tabelle 1

Die chemische Zusammensetzung von dünnen Plattenlegierungen, in Gew.-%, Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen, Legierungen 1 bis 4 mit $\leq 0,02$:

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
Legierung 1 (7050)	0,03	0,06	2,23	0,00	2,08	0,00	6,24	0,03	0,10
Legierung 2	0,05	0,08	2,05	0,01	2,04	0,01	6,18	0,04	0,11
Legierung 3	0,05	0,09	2,20	0,01	2,30	0,01	7,03	0,04	0,10
Legierung 4	0,04	0,07	1,91	0,02	2,13	0,00	6,94	0,03	0,11

[0040] Die gealterten Legierungen wurden danach nach den folgenden Prüfbedingungen geprüft: Die Fließgrenze im Zugversuch wurde nach EN 10.002 gemessen, die Schichtkorrosionsbeständigkeitseigenschaften (EXCO) wurden nach ASTM G-34-97 gemessen, Spannungskorrosionsrissbildung (SRK) wurde nach ASTM G-47-98 gemessen, alles in ST-Richtung, Kahn-Reißen (Zähigkeit) wurde nach ASTM E-399 gemessen und die Druckfestigkeit (CYS) wurde nach ASTM E-9 gemessen.

[0041] Die Ergebnisse der gealterten T79-T76-Plattenprodukte der vier in Tabelle 1 gezeigten Legierungen werden in Tabelle 2a im Vergleich zu herkömmlichen AA7150-T77-Vergütungs-Legierungen und in Tabelle 2b im Vergleich zu herkömmlichen AA7150-T76/T74/T6-Vergütungs-Legierungen gezeigt:

Tabelle 2a

Übersicht über die Festigkeit und Zähigkeit der Legierungen von Tabelle 1 (30 mm Platten) im Vergleich zu drei Referenzlegierungen (AA7150-T77); Legierungen 1 bis 4 auf T79-T76 gealtert:

	Rp-L (MPa)	CYS-LT (MPa)	EXCO	K _{1C} -LT (MPa·m)
Legierung 1	555	565	EC	35,1
Legierung 2	561	604	EA/B	34,5
Legierung 3	565	590	EB	29,1
Legierung 4	591	632	EB	28,9
AA7150-T77	586	-	EB	28,6
AA7150-T77	579	-	EB	29,2
AA7150-T77	537	-	EA	33,2

NF = kein Versagen nach 40 Tagen.

Tabelle 2b

Übersicht über das Korrosionsverhalten der Legierungen von Tabelle 1 (30 mm Platten) im Vergleich zu drei Referenzlegierungen (AA7150-T76, AA7150-T74, AA7150-T6); Legierungen 1 bis 4 auf T79-T76 gealtert:

	SRK-Schwelle
Legierung 1	KV bei 172 MPa
Legierung 2	KV bei 240 MPa
Legierung 3	KV bei 240 MPa
Legierung 4	KV bei 240 MPa
AA7150-T76	117 bis 172 MPa
AA7150-T74	240 MPa
AA7150-T6	< 48 MPa

KV = kein Versagen nach 40 Tagen.

[0042] Wie aus der Tabelle 2a, b ersichtlich ist, zeigen die Legierungen 1, 2 und 4 bessere Festigkeit-Zähigkeit-Verbindungen. Die Legierungen 2, 3 und 4 besitzen allesamt ein akzeptables Schichtkorrosionsverhalten (EXCO), während die Legierungen 2, 3 und 4 eine signifikant höhere Druckfestigkeit als Legierung Nr. 1 (AA 7050-Legierung) aufweisen. Die Legierungen 2 und 4 zeigen eine Eigenschaftsausgewogenheit, die sie für Oberflügelanwendungen in der Luftfahrt sehr geeignet macht, wobei sie eine Ausgewogenheit der Eigenschaften zeigen, die besser als die von herkömmlichen 7150-T77-Legierungen ist. Darüber hinaus wird eine T77-Vergütung für die erforderlichen Legierungen 2 und 4 verwendet, die in Tabelle 3 gezeigt ist.

Tabelle 3

Übersicht zu Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsverhalten der Legierungen 2 und 4, die nach den T77-Vergütungsbedingungen vergütet waren.

	R _p -L (MPa)	CYS-LT (MPa)	EXCO	K _{1C} -LT (MPa \sqrt{m})	SRK-Schwelle
Legierung 2	585	613	EA	32,2	KV bei 240 MPa
Legierung 4	607	641	EA	26,4	KV bei 240 MPa

[0043] An der vielversprechenden Legierung 4 wurde weiteres SRK-Prüfen durchgeführt, wobei Proben von Legierung 4 nach dem Verfahren, das in ASTM G-47-98 (Standardprüfverfahren zum Bestimmen der Anfälligkeit für Spannungskorrosionsrissbildung von Aluminiumlegierungsprodukten der Serie AA7000) beschrieben wird, präpariert und der korrosiven Atmosphäre nach ASTM G-44-94 (Wechseltauchen nach der Standardpraktik zum Bewerten von Spannungskorrosionsreißfestigkeit von Metallen und Legierungen durch Wechseltauchen in 3,5%iger NaCl-Lösung) ausgesetzt.

[0044] Es wurden vier unterschiedliche Spannungsniveaus für Proben von Legierung 4 gewählt, wie in Tabelle 4 gezeigt. Zu jedem Spannungsniveau wurden drei Proben der Prüfumgebung (ASTM G-44) ausgesetzt. Eine wurde nach einer Woche herausgenommen, während die anderen beiden 40 Tage ausgesetzt wurden. Wenn während der Einwirkung keine Rissbildung erfolgte, wurden die Zugspannungseigenschaften bestimmt, wie in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4

Übersicht zu Zugfestigkeitseigenschaften von Legierung 4, nachdem sie vier unterschiedlichen Spannungsniveaus ausgesetzt wurde, wobei die Vorspannung in LT-Richtung wirkte.

Legierung 4	Vorspannung [MPa]	Zugfestigkeit [MPa]	
		1 Woche	40 Tage
	300	524,3	428,0
	340	513,1	416,9
	380	503,1	424,5
	420	515,5	425,1

[0045] Wie aus der Tabelle 4 ersichtlich ist, wurde mit steigender Last keine Abnahme der Restfestigkeit gemessen, was bedeutet, dass nach 40 Tagen keine messbare Spannungskorrosion auftrat, soweit dies Zugfestigkeitseigenschaften betrifft.

Vergleichsbeispiel 2

[0046] Wenn höhere Festigkeitsniveaus erforderlich sind und Zähigkeitseigenschaften weniger wichtig sind, werden herkömmliche AA7055-T77-Legierungen statt AA7150-T77-Legierungen als Legierung für Oberflägenanwendungen bevorzugt. Die vorliegende Erfindung offenbart daher optimierte Kupfer- und Magnesiumfenster, die Eigenschaften zeigen, die herkömmlichen AA7055-T77-Legierungen entsprechen oder besser als diese sind.

[0047] 11 unterschiedliche Aluminiumlegierungen wurden zu Blöcken mit der folgenden chemischen Zusammensetzung nach der Darlegung in Tabelle 5 gegossen.

Tabelle 5

Chemische Zusammensetzung von 11 Legierungen, in Gew.-%, Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen, Zr = 0,08, Si = 0,05, Fe = 0,08.

Legierung	Cu	Mg	Zn	Mn
1	2,40	2,20	8,2	0,00
2	1,94	2,33	8,2	0,00
3	1,26	2,32	8,1	0,00
4	2,36	1,94	8,1	0,00
5	1,94	1,92	8,1	0,00
6	1,30	2,09	8,2	0,00
7	1,92	1,54	8,1	0,00
8	1,27	1,57	8,1	0,00
9	2,34	2,25	8,1	0,07
10	2,38	2,09	8,1	0,00
11	2,35	1,53	8,2	0,00

[0048] Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften wurden gemessen, nachdem die gegossenen Legierungen 6 Stunden bei 410°C vorgewärmt und die Legierungen dann zu einem Maß von 28 mm warmgewalzt worden waren. Danach wurde Lösungsglühbehandlung bei 475°C und Abschrecken mit Wasser angewendet. Das Altern erfolgte 8 Stunden bei 120°C und 8 bis 10 Stunden bei 155°C (T79-T76-Vergütung). Die Ergebnisse werden in Tabelle 6 gezeigt.

Tabelle 6

Übersicht zu Festigkeit und Zähigkeit von 11 Legierungen nach Tabelle 5 in den ausgewiesenen Richtungen.

Legierung	Rp		Rm		Kq
	L	LT	L	LT	
1	628	596	651	633	28,9
2	614	561	642	604	29,3
3	566	544	596	582	39,0
4	614	568	638	604	33,0
5	595	556	620	590	37,1
6	562	513	590	552	38,6
7	549	509	573	542	41,7
8	530	484	556	522	41,9
9	628	584	644	618	26,6
10	614	575	631	606	28,1
11	568	529	594	568	36,6

[0049] Während die Legierungen 3 bis 8 und 11 gute Zähigkeitseigenschaften zeigten, zeigten die Legierungen 1 bis 5 und 9 und 10 gute Festigkeitseigenschaften. Somit zeigen die Legierungen 3, 4 und 5 eine gute Ausgewogenheit von Festigkeit und Zähigkeit, so dass es klar ist, einen Kupfergehalt von über 1,3 und einen Magnesiumgehalt von über 1,6 (in Gew.-%) zu haben, wenn Zink in einer Menge von 8,1 anwesend ist. Solche Mengen sind untere Grenzen für die Kupfer- und Magnesiumfenster. Wie aus Tabelle 6 ersichtlich ist, fällt die Zähigkeit auf inakzeptabel niedrige Niveaus, wenn die Kupfer- und Magnesiumniveaus zu hoch sind (Legierungen 1, 2, 9 und 10).

Beispiel 3

[0050] Der Einfluss von Mangan auf die Eigenschaften der erfundenen Legierung wurde untersucht. Ein optimales Manganniveau wurde zwischen 0,05 und 0,12 bei Legierungen mit einer hohen Zinkmenge festgestellt. Die Ergebnisse werden in den Tabellen 7 und 8 gezeigt. Alle chemischen Eigenschaften und Verarbeitungsparameter, die nicht genannt werden, sind denen von Beispiel 2 ähnlich.

Tabelle 7

Chemische Zusammensetzung von drei Legierungen (Mn-0, Mn-1 und Mn-2), in Gew.-%, Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen, Zr = 0,08, Si = 0,05, Fe = 0,08.

Legierung	Cu	Mg	Zn	Mn
Mn-0	1,94	2,33	8,2	0,00
Mn-1	1,94	2,27	8,1	0,06
Mn-2	1,96	2,29	8,2	0,12

Tabelle 8

Übersicht zu Festigkeit und Zähigkeit von drei Legierungen nach Tabelle 7 in den ausgewiesenen Richtungen.

Legierung	Rp		Rm		Kq
	L	LT	L	LT	
Mn-0	614	561	642	604	29,3
Mn-1	612	562	635	602	31,9
Mn-2	612	560	639	596	29,9

[0051] Wie in Tabelle 8 gezeigt, nehmen die Zähigkeitseigenschaften ab, während die Festigkeitseigenschaften zunehmen. Bei Legierungen mit hohen Zinkmengen liegt ein optimiertes Manganniveau zwischen 0,05 und 0,12.

Beispiel 4

[0052] Wenn höhere Festigkeitsniveaus erforderlich sind und Zähigkeitseigenschaften weniger wichtig sind, werden herkömmliche AA7055-T77-Legierungen statt AA7150-T77-Legierungen als Legierung für Oberflächenanwendungen bevorzugt. Die vorliegende Erfindung offenbart daher optimierte Kupfer- und Magnesiumfenster, die Eigenschaften zeigen, die herkömmlichen AA7055-T77-Legierungen entsprechen oder besser als diese sind.

[0053] Zwei unterschiedliche Aluminiumlegierungen wurden zu Blöcken mit der folgenden chemischen Zusammensetzung nach der Darlegung in Tabelle 9 gegossen.

Tabelle 9

Chemische Zusammensetzung von drei Legierungen, in Gew.-%, Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen, Zr = 0,08, Si = 0,05, Fe = 0,08; (Ref = AA7055-Legierung).

Legierung	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
1	0,05	0,09	2,24	0,01	2,37	0,01	7,89	0,04	0,10
2	0,04	0,07	1,82	0,08	2,18	0,00	8,04	0,03	0,10
Ref.			2,1–2,6		1,8 – 2,2		7,6 – 8,4		

[0054] Die Legierungen 1 und 2 wurden in Bezug auf ihre Festigkeitseigenschaften geprüft. Diese Eigenschaften werden in Tabelle 10 gezeigt. Legierung 2 wurde nach den beiden Vergütungsbedingungen (T79-T76 und T77) vergütet. Die Referenzlegierung AA7055 wurde nach T77-Vergütung gemessen (M-Ref), während die technischen Daten einer AA7055-Referenzlegierung bei einer T77-Vergütung ebenfalls angegeben werden (wie durch Ref. gekennzeichnet).

Tabelle 10

Übersicht zu Festigkeit der beiden erfinderischen Legierungen von Tabelle 9, Legierung Nr. 2 in zwei Vergütungszuständen, Referenzlegierung (AA7055) gemessen (M-Ref) und technisches Blech (Ref).

Legierung	Vergütung	Rp-L	Rp-LT	Rp-ST	Rm-L	Rm-LT	Rm-ST
1	T79-T76	604	593	559	634	631	613
2	T79-T76	612	598	571	645	634	618
2	T77	619	606	569	640	631	610
Ref.	T77	614	614	-	634	641	-
N-Ref.	T77	621	611	537	638	634	599

[0055] Die Zähigkeitseigenschaften in der LT- und TL-Richtung sowie die Druckfestigkeitseigenschaften in der L- und LT-Richtung sowie die Korrosionsverhaltenscharakteristiken werden in Tabelle 11 gezeigt.

Tabelle 11

Zähigkeits- und Druckfestigkeits(CYS)-eigenschaften der beiden erfinderischen Legierungen von Tabelle 9 in unterschiedlichen Vergütungszuständen und unterschiedlichen Prüfrichtungen, KV = kein Versagen nach 40 Tagen unter den bezeichneten Spannungsniveaus, ansonsten Angabe der Tage nachdem der Prüfkörper versagte.

Legierung	Vergütung	K _{IC} (L-T)	K _{IC} (T-L)	CYS-L	CYS-LT	EXCO	SKR
1	T79-T76	21,0	-	596	621	EC	2, 3, 8
2	T79-T76	28,9	27,1	630	660	EB	KV bei 172 MPa
2	T77	28,8	26,5	628	656	EA	KV bei 210 MPa
Ref.	T77	28,6	26,4	621	648	EB	KV bei 103 MPa
M-Ref.	T77	-	-	-	-	EB	KV bei 103 MPa

[0056] Die erfinderische Legierung besitzt ähnliche Zugfestigkeitseigenschaften wie eine herkömmliche AA 7055-T77-Legierung. Die Eigenschaften in der ST-Richtung sind jedoch besser als die der herkömmlichen AA 7055-T77-Legierung. Auch das Spannungskorrosionsverhalten ist besser als das der AA7055-T77-Legierung. Die erfinderische Legierung kann daher als kostengünstiger Ersatz für AR7055-T77-Vergütungs-Legierungen, der außerdem für Alterskriech-Umformen verwendbar ist, verwendet werden, wodurch eine überlegene Druckfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit gezeigt wird.

[0057] Nachdem die Erfindung nun vollständig beschrieben wurde, ist es für eine Person mit gewöhnlicher Erfahrung auf dem Gebiet offensichtlich, dass viele Änderungen und Modifizierungen vorgenommen werden können, ohne von dem Geist oder dem Umfang der Erfindung, wie sie hierin beschrieben wird, abzuweichen. Die vorliegende Erfindung wird durch die hieran angehängten Patentansprüche definiert.

Patentansprüche

1. Geschmiedetes hochfestes Al-Zn-Legierungsprodukt mit einer verbesserten Verbindung von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit, hergestellt durch die folgenden aufeinanderfolgenden Schritte:

a) Gießen eines Blocks mit der folgenden Zusammensetzung (in Gew.-%):

Zn 6,0 bis 9,5

Cu 1,3 bis 2,4

Mg 1,5 bis 2,6

Mn < 0,12

Zr < 0,20, vorzugsweise 0,05 bis 0,15

Cr < 0,10

Fe < 0,25

Si < 0,25

Ti < 0,10

Hf und/oder V < 0,25, wahlweise Ce und/oder Sc < 0,20,

andere Elemente jeweils weniger als 0,05 und insgesamt weniger als 0,25, Rest Aluminium, wobei (in Gew.-%):

0,1 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2 [Cu] + 2,15,

b) Homogenisieren und/oder Vorwärmung des Blocks nach dem Gießen,

c) Warmumformen des Blocks und wahlweise Kaltumformen zu einem umgeformten Produkt,

d) Lösungsglühbehandlung und

e) Abschrecken des lösungsglühbehandelten Produkts,

f) Künstliches Altern des umgeformten und lösungsglühbehandelten Produkts, wobei der Alterungsschritt eine erste Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für 2 bis 20 Stunden, eine zweite Wärmebehandlung bei einer Temperatur über 135°C, jedoch unter 210°C, für 4 bis 12 Stunden, und eine dritte Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für mehr als 20 Stunden und weniger als 30 Stunden umfasst.

2. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Mg in einem Bereich von 0,2 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,1 [Cu] + 2,15 liegt.

3. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Mg in einem Bereich von 0,2 [Cu] + 1,4 < [Mg] < 0,1 [Cu] + 1,9 liegt.

4. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Cu in einem Bereich von 1,5 bis 2,1 liegt.

5. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Cu in einem Bereich von 1,5 bis 2,0 liegt.

6. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Zr in einem Bereich von 0,05 bis 0,15 liegt.

7. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Mg und Cu ungefähr 1,93 beträgt, wenn die Menge (in Gew.-%) von Zn ungefähr 8,1 beträgt.

8. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Zn in einem Bereich von 6,1 bis 8,3 liegt, wenn Mn geringer als 0,05 ist.

9. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Zn in einem Bereich von 6,1 bis 7,0 liegt, wenn Mn geringer als 0,02 ist.

10. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Mn in einem Bereich von 0,06 bis 0,12 liegt, wenn die Menge von Zn über 7,6 liegt.

11. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Fe weniger als 0,12 beträgt.

12. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Menge (in Gew.-%) von Si weniger als 0,12 beträgt.

13. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei die Legierung in dem ersten und dem zweiten Alterungsschritt künstlich zu einer T79- oder T76-Vergütung gealtert wurde.

14. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei das Produkt ein dünnes Plattenprodukt ist.

15. Legierungsprodukt nach Anspruch 1, wobei das Produkt ein Plattenprodukt mit einer Dicke in einem Bereich von 15 bis 45 mm ist.

16. Verwendung des Legierungsprodukts nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Herstellung eines dünnen Luftfahrzeugelements.

17. Verwendung des Legierungsprodukts nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Herstellung eines gestreckten strukturellen Formelements eines Luftfahrzeugs.

18. Verwendung des Legierungsprodukts nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Herstellung eines Oberflügelelements eines Luftfahrzeugs.

19. Verwendung des Legierungsprodukts nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Herstellung eines dünnen Außenhautelements von einem Oberflügel eines Luftfahrzeugs.

20. Verwendung des Legierungsprodukts nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Herstellung eines Holms eines Luftfahrzeugs.

21. Verwendung des Legierungsprodukts nach einem der Ansprüche 1 bis 15 zur Herstellung eines Holms von einem Oberflügel eines Luftfahrzeugs.

22. Verfahren zum Herstellen eines geschmiedeten hochfesten Al-Zn-Legierungsprodukts nach Anspruch 1 mit einer verbesserten Verbindung von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit, folgende Schritte umfassend:

a) Gießen eines Blocks mit der folgenden Zusammensetzung (in Gew.-%):

Zn 6,0 bis 9,5

Cu 1,3 bis 2,4

Mg 1,5 bis 2,6

Mn < 0,12

Zr < 0,20, vorzugsweise 0,05 bis 0,15

Cr < 0,10

Fe < 0,25

Si < 0,25

Ti < 0,10

Hf und/oder V < 0,25, wahlweise Ce und/oder Sc < 0,20,

andere Elemente jeweils weniger als 0,05 und insgesamt weniger als 0,25, Rest Aluminium, wobei (in Gew.-%):
0,1 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2 [Cu] + 2,15,

b) Homogenisieren und/oder Vorwärmung des Blocks nach dem Gießen,

c) Warmumformen des Blocks und wahlweise Kaltumformen zu einem umgeformten Produkt,

d) Lösungsglühbehandlung und

e) Abschrecken des lösungsglühbehandelten Produkts,

f) Künstliches Altern des umgeformten und lösungsglühbehandelten Produkts, wobei der Alterungsschritt eine erste Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für 2 bis 20 Stunden, eine zweite Wärmebehandlung bei einer Temperatur über 135°C, jedoch unter 210°C, für 4 bis 12 Stunden, und eine dritte Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Bereich von 105°C bis 135°C für mehr als 20 Stunden und weniger als 30 Stunden umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei nach Homogenisieren und/oder Vorwärmung des Blocks nach dem Gießen Warmumformen und wahlweise Kaltumformen zu einem umgeformten Produkt mit einer Dicke in dem Bereich von 15 mm bis 45 mm erfolgt.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen