



(19) österreichisches  
patentamt

(10) AT 502 294 B1 2010-02-15

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 9110/2004  
(86) PCT-Anmeldenummer PCT/EP2004/003997  
(22) Anmeldetag: 09.04.2004  
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2010

(51) Int. Cl. 8 : C22C 21/10 (2006.01)  
C22F 1/04 (2006.01)  
C22F 1/053 (2006.01)

(30) Priorität:  
10.04.2003 EP 03076049 beansprucht.  
(56) Entgegenhaltungen:  
EP 0829552A1 EP 0587274A1  
US 5221377A US 4305763A

(73) Patentinhaber:  
CORUS ALUMINIUM WALZPRODUKTE  
GMBH  
D-56070 KOBLENZ (DE)

(72) Erfinder:  
RINZE BENEDICTUS  
DELFT (NL)  
KEIDEL CHRISTIAN JOACHIM  
MONTABAUR (DE)  
HEINZ ALFRED LUDWIG  
NIEDERAHR (DE)

### (54) AL-ZN-KNETLEGIERUNG UND VERWENDUNG EINER SOLCHEN LEGIERUNG

(57) Al-Zn-Knetlegierung für die Herstellung eines hochfesten Produktes mit einer verbesserten Kombination von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung im Wesentlichen (in Gew.%) enthält: Zn 7,6 bis 9,5, Cu 1,3 bis 2,0, Mg 1,5 bis 2,6, Mn 0,06 bis 0,12, Zr < 0,20, Cr < 0,10, Fe < 0,25, Si < 0,25, Ti < 0,10, Hf und/oder V < 0,25 und optional Ce und/oder Sc < 0,20, andere Elemente jeweils geringer als 0,05 und geringer als 0,25 insgesamt, Rest Aluminium und worin (in Gew.%): 0,1[Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2 [Cu] + 2,15, wobei die Legierung eine Härte von T79 oder T76 aufweist.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Al-Zn-Knetlegierung für die Herstellung eines hochfesten Produkts mit einer verbesserten Kombination von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit gemäß Anspruch 1 und deren Verwendung. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine hochfeste Al-Zn-Knetlegierung, die durch die 7000-Serie der internationalen Nomenklatur der Aluminium Association für Anwendungen im Fluggerätebau bestimmt ist. Ganz besonders bezieht sich die vorliegende Erfindung auf einen neuen chemischen Bereich für eine Al-Zn-Legierung mit verbesserten Kombinationen von Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit, die keine speziellen Vergütungs- oder Härtungsbehandlungen benötigt.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, wärmebehandelbare Aluminiumlegierungen in einer Reihe von Anwendungen zu verwenden, die mit relativ hohe Festigkeit, hohe Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit verbunden sind, wie Flugzeugräumen, Fahrzeugteile und andere Anwendungen. Die Aluminium Legierungen AA7050 und AA7150 zeigen hohe Festigkeit bei Härtung vom Typ T6, siehe z.B. US 6 315 842. Auch präzipitationsgehärtete AA7x75, AA7x55 Legierungsprodukte zeigen in der T6-Härte hohe Festigkeitswerte. Die T6-Härte ist bekannt für die Verbesserung der Festigkeit der Legierung, wobei die zuvor genannten AA7x50, AA7x75 und AA7x55 Legierungsprodukte, die große Mengen Zink, Kupfer und Magnesium enthalten, für ihr hohes Festigkeit/Gewicht-Verhältnis bekannt sind und daher insbesondere in der Flugzeugindustrie Anwendung finden. Diese Anwendung führen aber zu einem Aussetzen gegenüber einer breiten Vielfalt an klimatischen Bedingungen, was eine sorgfältige Kontrolle der Verarbeitungs- und Vergütungsbedingungen notwendig macht um eine angemessene Festigkeit und Beständigkeit gegen Korrosion, einschließlich sowohl Spannungskorrosion als auch Schichtkorrosion, zu schaffen.

**[0003]** Um die Beständigkeit gegen Spannungskorrosion und Schichtkorrosion sowie die Bruchzähigkeit zu verbessern, ist es bekannt diese Legierungen der AA7000-Serien künstlich zu überaltern. Wenn sie künstlich auf eine Härte des Typs T79, T76, T74, oder T73 gealtert wurden, verbessert sich ihre Beständigkeit gegen Spannungskorrosion, Schichtkorrosion und ihre Bruchzähigkeit in der angegebenen Reihenfolge (T73 ist am besten, T79 ist am nahe zu T6) aber auf Kosten der Festigkeit verglichen mit dem T6 Härtezustand. Ein annehmbarer Härtezustand ist die Härte des Typs T74, der ein begrenzt überalterter Zustand zwischen T73 und T76 ist, um ein annehmbares Niveau an Zugfestigkeit, Spannungskorrosionsbeständigkeit, Schichtkorrosionsbeständigkeit und Bruchzähigkeit zu erzielen. Eine solche T74-Härtung wird durch überaltern des Aluminiumlegierungsproduktes bei Temperaturen von 121° C für 6 bis 24 Stunden und 171° C für etwa 14 Stunden durchgeführt.

**[0004]** Abhängig von den Entwurfskriterien für eine bestimmte Flugzeugkomponente resultieren selbst kleine Verbesserungen in der Festigkeit, Zähigkeit oder Korrosionsbeständigkeit in Gewichtsgewinnen, was sich auf die Treibstoffökonomie über die Lebenszeit des Flugzeugs überträgt. Um diese Anforderungen zu erfüllen wurden verschiedene andere 7000-Serien-Legierungen entwickelt:

**[0005]** Die EP-0377779 und die parallele US 5 221 377 offenbaren ein verbessertes Verfahren zur Herstellung einer 7055-Legierung für Blech- oder Dünnpflattenanwendungen im Gebiet der Raumfahrt, wie Oberflügelemente, mit hoher Zähigkeit und guten Korrosionseigenschaften, welches die Schritte Herstellung eines Körpers mit einer Zusammensetzung bestehend aus, in Gew%:

**[0006]** Zn: 7,6 - 8,4

**[0007]** Cu: 2,2 - 2,6

**[0008]** Mg: 1,8-2,1,

**[0009]** einem oder mehreren Elementen ausgewählt aus

[0010] Zr: 0,5 - 0,2

[0011] Mn: 0,05 - 0,4

[0012] V: 0,03 - 0,2

[0013] Hf: 0,03 - 0,5

[0014] wobei die Summe dieser Elemente 0,6 Gew% nicht übersteigt, der Rest Aluminium mit unbeabsichtigten Unreinheiten, Lösungsglügen und Abschrecken dieses Produkts und künstliches Altern des Produkts durch entweder dreimaliges aufeinanderfolgendes Erwärmern des Produkts auf eine oder mehrere Temperaturen von 79° C bis 163° C oder Erwärmern des Produkts zuerst auf eine oder mehrere Temperaturen von 79° C bis 141° C für zwei Stunden oder mehr oder Erwärmern des Produkts auf eine oder mehrere Temperaturen von 148° C bis 174° C. Diese Produkte zeigen eine verbesserte Schichtkorrosionsbeständigkeit von "EB" oder besser mit etwa 15 % höherer Streckgrenze als entsprechend dimensionierte AA7x50 Gegenstücke im T76-Härtezustand. Sie haben immer noch zumindest etwa 5% größere Festigkeit als ihr entsprechend dimensioniertes 7x50-T77-Gegenstück (AA7150-T77 wird hier unten als eine Referenzlegierung verwendet werden).

[0015] Die US 5 312 498 offenbart ein anderes Verfahren für die Herstellung eines Legierungsproduktes auf der Basis von Aluminium, das eine verbesserte Schichtkorrosionsbeständigkeit und Bruchzähigkeit mit ausgewogenen Zink-, Kupfer- und Magnesiumniveaus hat, so dass kein Überschuss an Kupfer und Magnesium vorhanden ist. Das Verfahren zur Herstellung des Legierungsproduktes auf Aluminiumbasis verwendet entweder ein einstufiges oder zweistufiges Vergütungsverfahren in Verbindung mit dem stöchiometrischen Abgleichen von Kupfer, Magnesium und Zink. Eine zweistufige Vergütungssequenz ist offenbart, worin die Legierung zuerst bei ungefähr 121° C für etwa 9 Stunden gealtert wird, gefolgt von einem zweiten Vergütungsschritt bei etwa 157° C für etwa 10 bis 16 Stunden, gefolgt von Luftkühlung. Ein solches Vergütungsverfahren ist auf Dünnpfatten- oder Blechprodukte gerichtet, die für Unterflügelschalenanwendungen oder für Rumpfschalen verwendet wird.

[0016] Die US 4 954 188 offenbart ein Verfahren für die Schaffung einer hochfesten Aluminiumlegierung, die durch verbesserte Beständigkeit gegen Schichtkorrosion gekennzeichnet ist, durch Verwendung einer Legierung, die aus den folgenden Legierungselementen, in Gew.%, besteht:

[0017] Zn: 5, 9 - 8, 2

[0018] Cu: 1, 5 - 3, 0

[0019] Mg: 1, 5 - 4, 0

[0020] Cr: <0,04

[0021] andere Elemente, wie Zirkonium, Mangan, Eisen, Silizium und Titan in Summe weniger als 0,5, der Rest Aluminium, Verarbeiten der Legierung zu einem Produkt mit vorbestimmter Form, Lösungsglügen des geformten Produktes, Abschrecken und Vergüten des wärmebehandelten und abgeschreckten Produktes bei einer Temperatur von 132° C bis 140° C für eine Zeitspanne von 6 bis 30 Stunden. Die gewünschten Eigenschaften, eine hohe Festigkeit, hohe Zähigkeit und hohe Korrosionsbeständigkeit zu haben, werden in dieser Legierung dadurch erreicht, dass die Vergütungstemperatur verringert wird, anstelle die Temperatur zu erhöhen, wie es von z.B. der US 3 881 966 oder der US 3 794 531 zuvor gelehrt wurde.

[0022] Es wurde berichtet, dass die bekannten, präzipitationsgehärteten Aluminiumlegierungen AA7075 und andere AA7000-Serienlegierungen im T6-Härtezustand nicht genügend Beständigkeit gegen Korrosion unter bestimmten Bedingungen hatten. Die Härtung des Typs T7, die die Beständigkeit der Legierungen gegen Spannungskorrosionsrisse verbessert, verringert jedoch die Festigkeit gegenüber dem T6-Zustand wesentlich.

[0023] Die US 5 221 377 offenbart daher ein Legierungsprodukt, das im wesentlichen aus etwa

7,6 bis 8,4 Gew.% Zn, etwa 1,8 bis 2,2 Gew.% Mg und etwa 2,0 bis 2,6 Gew.% Cu besteht. Ein solches Legierungsprodukt zeigt eine Streckgrenze, die etwa 10% höher ist als ihr 7x50-T6-Gegenstück mit guter Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Die Streckgrenze wurde mit über 579 MPa mit einem Schichtkorrosionsbeständigkeitsniveau (EXCO) von "EC" oder besser angegeben.

[0024] Die US 5 496 426 offenbart eine Legierung, wie in der US 5 221 377 offenbart, und ein Verfahren mit Warmwalzen, Glühen und Kaltwalzen mit einem bevorzugten Kaltreduktionsbereich von 20% bis 70%, was dann vorzugsweise durch kontrolliertes Glühen gefolgt wird, wobei Eigenschaften gezeigt werden, die besser sind als AA7075-T6-Eigenschaften. Während AA7075-T6 im Spannungskorrosionsbeständigkeits-test (SCC-Beständigkeit 40 Tage im 3,5%-NaCl-Wechseltauchtest) bei 138 MPa versagte, hatte die wie offenbart verarbeitete Legierung eine SCC-Beständigkeit von 241 MPa.

[0025] Die US 5 108 520 und die US 4 477 292 offenbaren ein Vergütungsverfahren für eine lösungsgeglühte, präzipitationsgehärtete Metalllegierung, das drei Vergütungsschritte enthält mit

[0026] (1) Vergüten der Legierung bei einer oder mehreren Temperaturen im wesentlichen über Raumtemperatur, aber unter 163° C, auf im wesentlichen unter der Spitzstreckgrenze,

[0027] (2) danach Vergüten der Legierung bei einer oder mehreren Temperaturen bei etwa 190° C, um die Beständigkeit der Legierung gegen Korrosion zu erhöhen und danach

[0028] (3) Vergüten der Legierung bei einer oder mehreren Temperaturen im wesentlichen über Raumtemperatur aber unter etwa 163° C, um die Streckgrenze zu erhöhen.

[0029] Das resultierende Produkt zeigte gute Festigkeitseigenschaften und ein gutes Korrosionsverhalten. Das Dreistufenvergütungsverfahren ist jedoch beschwerlich und schwierig durchzuführen, so dass die Kosten für die Herstellung einer solchen Legierung steigen.

[0030] Die EP 829 552 A1 offenbart eine Aluminiumlegierung der 7xxx-Serie mit 5,2 bis 6,8% Zn, sowie Kupfer, Magnesium und Zirkonium, mit Eisen und Silizium als Unreinheiten, jedoch keiner Zugabe von Mangan.

[0031] Die EP 587 274 A1 offenbart eine Aluminiumlegierung der 7xxx-Serie mit 5,5 bis 10 % Zn, mit einem bevorzugten Bereich von 5,8 bis 7,1 %, und noch mehr bevorzugt 6,6 bis 6,8 %. Dieser niedrigere Bereich an Zinkgehalt ist erforderlich, da der Zink-, Kupfer- und Magnesiumgehalt stoichiometrisch ausgeglichen sein soll. Die Zugabe von Mangan ist bei dieser Legierung ebenfalls nicht vorgesehen.

[0032] Schließlich ist in der US 4 305 763 eine Aluminiumlegierung aus der 7xxx-Serie mit 5,9 bis 6,9 % Zn und ebenfalls ohne die Zugabe von Mangan geoffenbart.

[0033] Es ist daher Ziel der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Al-Zn-Legierung, vorzugsweise für Plattenprodukte mit hoher Festigkeit und einem verbesserten Gleichgewicht von Zähigkeit und Korrosionsverhalten, zu schaffen. Insbesondere ist es Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Legierung zu schaffen, die für Oberflügelanwendungen in der Raumfahrt verwendet werden kann mit einer verbesserten Stauchgrenze und mit Eigenschaften, die besser sind als die Eigenschaften einer herkömmlichen AA7055-Legierung in der T77-Härte.

[0034] Es ist ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung, eine AA7000-Serienaluminiumlegierung zu erhalten, die eine Festigkeit in dem Bereich der Härtung des Typs T6 und Zähigkeits- und Korrosionsbeständigkeiteigenschaften in dem Bereich von Härtung des Typs T73 zeigt.

[0035] Es ist ferner ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Legierung zu schaffen, die in einem Vergütungs-Kriechformverfahren verwendet werden kann, was eine Legierung ist, die keinen komplizierten oder beschwerlichen Vergütungsprozess benötigt.

[0036] Die vorliegende Erfindung hat eine Anzahl bevorzugter Ziele.

[0037] Die obigen Ziele der Erfindung werden erzielt durch Verwendung der kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1. Weitere bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben und ausgeführt. Bevorzugte Verwendungen sind in den Ansprüchen 11 bis 18 beansprucht.

[0038] Wie man hier unten erkennen wird, beziehen sich, außer anders angegeben, die Legierungsbezeichnungen und Härtebezeichnungen auf die Aluminium Association-Bezeichnungen in "Aluminium Standards and Data" und den "Registration Records", publiziert von der US Aluminium Association. Alle Prozentsätze sind Gewichtsprozentsätze, außer anders angegeben.

[0039] Die obengenannten Ziele der Erfindung werden durch Verwendung einer hochfesten Al-Zn-Legierung mit einer verbesserten Kombination von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit erreicht, wobei die Legierung im wesentlichen (in Gew.%) enthält:

[0040] Zn 7,6 bis 9,5

[0041] Cu etwa 1,3 bis 2,0

[0042] Mg etwa 1,5 bis 2,6

[0043] Mn 0,06 bis 0,12

[0044] Zr < 0,20, und vorzugsweise 0,05 bis 0,15

[0045] Cr < 0,10

[0046] Fe < 0,25, und vorzugsweise < 0,12

[0047] Si < 0,25, und vorzugsweise < 0,12

[0048] Ti < 0,10

[0049] Hf und/oder V < 0,25 und

[0050] optional Ce und/oder Sc < 0,20, insbesondere in einem Bereich von 0,05 bis 0,15

[0051] andere Elemente jeweils geringer als 0,05 und geringer als 0,25 in Summe, Rest Aluminium, worin (in Gew.%):

[0052] 0,1 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2[Cu] + 2,15

[0053] und vorzugsweise 0,2[Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,1 [Cu] + 2,15

[0054] wobei die Legierung eine Härte von T79 oder T76 aufweist.

[0055] Ein solcher chemischer Bereich für eine AA7000-Serienlegierung zeigt ausgezeichnete Eigenschaften bei der Herstellung in Form von dünnen Plattenprodukten, vorzugsweise für die Verwendung für Raumfahrtsoberflägenanwendungen.

[0056] Die oben angegebene chemische Zusammensetzung hat Eigenschaften, die vergleichbar oder besser sind als die bestehenden Legierungen der AA7x50- oder AA7x55-Serien in der T77-Härte, ohne Verwendung der oben beschriebenen beschwerlichen und komplizierten T77-Vergütungszyklen. Die chemische Zusammensetzung führt zu einem Aluminiumprodukt, das nicht nur in Hinblick auf die Kostenfrage überlegen ist, sondern auch einfacher herzustellen ist, da weniger Verfahrensschritte notwendig sind. Zusätzlich erlaubt die chemische Zusammensetzung neue Herstellungstechniken, wie Vergütungskriechformen, die nicht durchführbar sind, wenn eine T77-Härtelegierung angewandt wird. Besser noch kann die chemische Zusammensetzung, wie sie oben definiert ist, auch auf die T77-Härte vergütet werden, wobei die Korrosionsbeständigkeit weiter verbessert wird im Vergleich zu dem Zweischrittvergütungsverfahren, das hier unten beschrieben ist, bei dem insbesondere das Schichtkorrosionsverhalten verbessert wird.

[0057] Durch diese Erfindung wurde herausgefunden, dass ein ausgewählter Bereich von Elementen unter Verwendung einer größeren Menge von Zn und einer speziellen Kombination

eines bestimmten Bereiches von Mg und Cu wesentlich bessere Kombinationen von Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsverhalten, wie Schichtkorrosionsbeständigkeit und Spannungsrißkorrosionsbeständigkeit zeigen.

**[0058]** Während berichtet wurde, dass die Kupfergehalte höher gehalten werden sollten, vorzugsweise über etwa 2,2 Gew.%, um das Schicht- und Spannungsrißkorrosionsverhalten zu verbessern, wurden bessere Kombinationen von Festigkeit und Dichte als mit relativ geringen Zinkgehalten erzielbar beschrieben.

**[0059]** In dieser Erfindung jedoch wurde herausgefunden, dass erhöhte Mengen an Zink zusammen mit einem optimierten Verhältnis von Magnesium zu Kupfer zu besserer Festigkeit führen, während ein gutes Korrosionsverhalten und eine Zähigkeit erhalten bleiben, die besser sind als bei herkömmlichen T77-Härtelegierungen. Es ist daher vorteilhaft, einen kombinierten Zink-, Magnesium- und Kupfergehalt unter 11,00 in Anwesenheit von Mangan, das zwischen 0,06 und 0,12 (in Gew.%) liegt, zu haben.

**[0060]** Eine bevorzugte Menge an Magnesium ist in einem Bereich von  $0,2[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,1[\text{Cu}] + 2,15$ , insbesondere bevorzugt in einem Bereich von  $0,2[\text{Cu}] + 1,4 < [\text{Mg}] < 0,1[\text{Cu}] + 1,9$ . Kupfer liegt in einem Bereich von etwa 1,5 bis 2,0. Das Gleichgewicht von Magnesium und Kupfer ist bedeutend für die erfindungsgemäße chemische Zusammensetzung.

**[0061]** Kupfer und Magnesium sind wichtige Elemente, um der Legierung Festigkeit hinzuzufügen. Zu geringe Mengen von Magnesium und Kupfer resultieren in einer Abnahme der Festigkeit, wohingegen zu hohe Mengen an Magnesium und Kupfer zu einem schlechteren Korrosionsverhalten und Problemen mit der Schweißbarkeit des Legierungsproduktes führen. Techniken des Standes der Technik verwendeten spezielle Vergütungsverfahren, um die Festigkeit zu verbessern, und geringe Mengen an Magnesium und Kupfer wurden verwendet, um ein gutes Korrosionsverhalten zu erzielen. Um einen Kompromiss in Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsverhalten zu erzielen, wurde herausgefunden, dass Kupfer- und Magnesiummengen (in Gew.%) von zwischen etwa 1,5 und 2,3 ein gutes Gleichgewicht für dicke Legierungsprodukte ergeben. Jedoch ist das Korrosionsverhalten der wesentliche Parameter für dünne Legierungsprodukte, so dass geringere Mengen an Kupfer und Magnesium verwendet werden müssen, was zu einer geringeren Festigkeit führt. Durch die beanspruchte chemische Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung ist es nunmehr möglich, Festigkeitsniveaus im Bereich einer T6-Härtelegierung zu erzielen, während Korrosionsverhaltensmerkmale ähnlich jenen von T74-Härtelegierungen erhalten bleiben können.

**[0062]** Abgesehen von den Mengen an Magnesium und Kupfer offenbart die Erfindung ein Gleichgewicht von Magnesium- und Kupfermengen zu Zink, insbesondere das Gleichgewicht von Magnesium zu Zink, das der Legierung diese Verhaltensmerkmale gibt. Die verbesserte Korrosionsbeständigkeit der Legierung gemäß der Erfindung hat Schichtkorrosionsbeständigkeiteigenschaften ("EXCO") von EB oder besser, vorzugsweise EA oder besser.

**[0063]** Diese Schichtkorrosionseigenschaften werden in Übereinstimmung mit den Standards für Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion ("SCC") und Schichtkorrosionsbeständigkeit ("EXCO") gemessen, die derzeit für AA7075-, AA7050- und AA7150-Produkte erforderlich sind, die auf T73-, T74- und T76-, gemeinsam mit typischem Verhalten von T6-Härtungen vergütet wurden. Um zu bestimmen, ob herkömmliche Legierungen den SCC-Standards genügen, wird eine gegebene Testprobe vorbestimmten Testbedingungen unterworfen. Stangenförmige Proben werden Zyklen mit Eintauchen in eine 3,5%ige wässrige NaCl-Lösung für 10 Minuten, gefolgt durch 50 Minuten Luftprocknung, unterworfen, während sie von beiden Enden mit einem konstanten Zug (Spannungsniveau) gezogen werden. Ein solcher Test wird üblicherweise für mindestens 20 Tage (oder für weniger Zeit, falls die Probe versagt oder reißt, bevor die 20 Tage vergangen sind) durchgeführt. Dieser Test ist der ASTM-Standard-G47(G47-98)-Test.

**[0064]** Ein anderer bevorzugter SCC-Test, der in Übereinstimmung mit ASTM-Standard G47 durchgeführt wird (G38-73), wird für extrudierte Legierungsprodukte verwendet, welche Dünnplattenprodukte umfassen. Dieser Test besteht aus Zusammendrücken der gegenüberliegen-

den Enden eines C-förmigen Ringes unter Verwendung konstanter Spannungsniveaus und Wechseltauchbedingungen, im Wesentlichen gleich jenen, wie sie oben beschrieben sind. Während eine AA7075-, AA7050- oder AA7150-T6 gehärtete Legierung in weniger als 20 Tagen beim SCC-Test versagt und während die Schichtkorrosionseigenschaften EC oder ED sind, verbessert sich das Korrosionsbeständigkeitsverhalten mit T76-, T74-, T73-Härten. Die Schichtkorrosionseigenschaften von T73 sind EA oder besser. Spezielle Beispiele sind hier unten beschrieben.

**[0065]** Die erfindungsgemäße Legierung hat eine chemische Zusammensetzung mit einer bevorzugten Menge an Magnesium und Kupfer von jeweils etwa 1,93, wenn die Menge (in Gew.%) an Zink etwa 8,1 ist. Einige bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den Beispielen hier unten beschrieben.

**[0066]** Die Menge an Mangan (in Gew.%) ist erfindungsgemäß in einem Bereich von etwa 0,06 bis 0,12, wenn die Menge an Zink über 7,6 ist. Mangan trägt während Arbeitsvorgängen, die eine Rekristallisation der Legierungsmikrostruktur verursachen können, zur Korngrößenkontrolle bei, oder hilft dabei. Die bevorzugten Niveaus an Mangan sind geringer als in herkömmlichen AA7000-Serienlegierungen, können aber erhöht werden, wenn Zink erhöht wird.

**[0067]** Die Menge der zusätzlichen Legierungselemente Ce und/oder Sc ist kleiner als 0,20, vorzugsweise in einem Bereich von 0,05 bis 0,15, am meisten bevorzugt um 0,10.

**[0068]** Ein bevorzugtes Verfahren für die Herstellung eines Produktes aus einer hochfesten Al-Zn-Knetlegierung mit einer verbesserten Kombination von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit umfasst die Schritte

**[0069]** a) Gießen eines Barrens mit der folgenden Zusammensetzung (in Gew.%):

**[0070]** Zn etwa 6,0 bis 9,5

**[0071]** Cu etwa 1,3 bis 2,4

**[0072]** Mg etwa 1,5 bis 2,6

**[0073]** Mn <0,12

**[0074]** Zr < 0,20, vorzugsweise 0,05 bis 0,15

**[0075]** Cr <0,10

**[0076]** Fe <0,25

**[0077]** Si < 0,25

**[0078]** Ti < 0,10

**[0079]** Hf und/oder V < 0,25, optional Ce und/oder Sc < 0,20,

**[0080]** andere Elemente jeweils geringer als 0,05 und geringer als 0,25 in Summe, Rest Aluminium, und worin (in Gew.%):

**[0081]** 0,1 [Cu] + 1,3 < [Mg] < 0,2[Cu] + 2,15

**[0082]** b) Homogenisieren und/oder Vorwärmen des Barrens nach dem Gießen,

**[0083]** c) Warmarbeiten des Barrens und optional Kaltarbeiten in ein bearbeitetes Produkt,

**[0084]** d) Lösungsglühen bei einer Temperatur und für eine Zeit, die ausreicht, im wesentlichen alle löslichen Bestandteile in der Legierung in eine feste Lösung zu bringen, und

**[0085]** e) Abschrecken des lösungsgeglühten Produktes durch Sprühabschrecken oder Tauchabschrecken in Wasser oder andere Abschreckmedien.

**[0086]** Die Eigenschaften der Erfindung können ferner durch ein bevorzugtes Verfahren erzielt werden, welches künstliches Altern des bearbeiteten und lösungsgeglühten Produktes enthält, wobei der Vergütungsschritt eine erste Wärmebehandlung bei einer Temperatur in einem Be-

reich von 105° C bis 135° C, vorzugsweise um 120° C für 2 bis 20 Stunden, vorzugsweise um 8 Stunden, und eine zweite Wärmebehandlung bei einer höheren Temperatur als 135° C aber unter 210° C, vorzugsweise um 155° C für 4 bis 12 Stunden, vorzugsweise 8 bis 10 Stunden, enthält.

**[0087]** Durch eine solche zweistufige Vergütungsbehandlung wird ein Korrosionsverhalten erzielt, das ähnlich ist dem Korrosionsverhalten einer T76-Härtelegierung. Es ist jedoch auch möglich, das bearbeitete und wärmebehandelte Produkt künstlich zu altern, indem der Vergütungsschritt 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 enthält. Dieses T77-Härtevergütungsverfahren ist bekannt und verbessert die Verhaltensmerkmale verglichen mit dem Zweischrittvergütungsverfahren noch mehr. Das Zweischrittvergütungsverfahren führt zu dünnen Aluminiumlegierungsprodukten, die teilweise vergleichbar und teilweise besser als T77-Härteprodukte sind.

**[0088]** Es ist ferner möglich, das bearbeitete und wärmebehandelte Produkt mit einem Zweischrittvergütungsverfahren auf eine T79- oder T76-Härte künstlich zu altern. Nach dem Homogenisieren und/oder Vorwärmen des Barrens nach dem Gießen ist es vorzugsweise ratsam, den Barren warmzubearbeiten und optional die warmbearbeiteten Produkte kaltzubearbeiten in ein bearbeitetes Produkt von 15 mm bis 45 mm, wobei man eine dünne Platte erhält.

**[0089]** Ein solches Plattenprodukt aus einer hochfesten Al-Zn-Legierung kann von einer Legierung erhalten werden, die die oben beschriebene Zusammensetzung hat, oder gemäß einem oben beschriebenen Verfahren erzeugt wurde. Ein solches Plattenprodukt ist vorzugsweise als dünnes Flugzeugelement verwendbar, und insbesondere als längliches Strukturformelement. Insbesondere bevorzugt ist ein Plattenprodukt für die Verwendung als Oberflügelement, vorzugsweise ein dünnes Schalenelement für einen Oberflügel oder einen Stützbalken eines Flugzeuges.

**[0090]** Das Vorangegangene und andere Merkmale und Vorteile der Legierungen gemäß der Erfindung werden offensichtlicher aus der folgenden detaillierten Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen.

#### BEISPIEL 1

**[0091]** Tests wurden durchgeführt zum Vergleich des Verhaltens der Legierung gemäß der Erfindung und AA7150-T77-Legierungen. Es wurde herausgefunden, dass die Proben der Legierung der vorliegenden Erfindung eine Verbesserung gegenüber herkömmlichen AA7150-T77-Härte-Legierungen zeigen.

**[0092]** Vier verschiedene Aluminiumlegierungen wurden in industriellem Maßstab in Barren gegossen, homogenisiert, bei 410°C für mehr als 6 Stunden vorwärmte und zu 30 mm Platten warmgewalzt. Danach wurden die Platten bei 475°C lösungsgeglüht und mit Wasser abgeschreckt. Danach wurde das abgeschreckte Produkt durch einen Zweischritt T79-T76-Vergütungsprozess gealtert. Die chemische Zusammensetzungen sind in Tabelle 1 angeführt.

## TABELLE 1

**[0093]** Chemische Zusammensetzung von Dünnpfattenlegierungen, in Gew.%, Rest Aluminium und unvermeidbare Unreinheiten, Legierungen 1 bis 4 mit Mn ≤ 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

**[0094]** Die vergüteten Legierungen wurden danach unter den folgenden Testbedingungen getestet:

**[0095]** Die Dehngrenze wurde gemäß EN 10.002 gemessen, Schichtkorrosionsbeständigkeiteigenschaften ("EXCO") wurden gemäß ASTM G-34-97 gemessen, Spannungsrißkorrosion ("SCC") wurde gemäß ASTM G-47-98 gemessen, alle in ST-Richtung, Kahn-Tear(Zähigkeit) wurde gemäß ASTM E-399 gemessen und die Stauchgrenze ("CYS") wurde gemäß ASTM E-9 gemessen.

**[0096]** Die Ergebnisse der T79-T76-vergüteten Plattenprodukte für die vier Legierungen, wie in Tabelle 1 gezeigt, sind in Tabelle 2a gezeigt im Vergleich mit herkömmlichen AA7150-T77-gehärteten Legierungen und in Tabelle 2b im Vergleich mit herkömmlichen AA7150-T76/T74/T6-gehärteten Legierungen:

## TABELLE 2A

**[0097]** Überblick der Festigkeit und Zähigkeit der Legierungen aus Tabelle 1 (30 mm Platten) verglichen mit drei Referenzlegierungen (AA7150-T77); Legierungen 1 bis 4 vergütet auf T79-T76:

	Rp-L (MPa)	CYS-LT (MPa)	EXCO	K <sub>IC</sub> -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

**[0098]** Überblick zum Korrosionsverhalten der Legierungen aus Tabelle 1 (30 mm Platten) verglichen mit drei Referenzlegierungen (AA7150-T76, AA7150-T74, AA7150-T6); Legierungen 1 bis 4 vergütet auf T79-T76:

	SCC-Schwelle
Legierung 1	NF bei 172 MPa
Legierung 2	NF bei 240 MPa
Legierung 3	NF bei 240 MPa
Legierung 4	NF bei 240 MPa
AA7150-T76	117-172 MPa
AA7150-T74	240 MPa
AA7150-T6	<48 MPa

NF = kein Versagen nach 40 Tagen

**[0099]** Wie man aus den Tabellen 2a, 2b sehen kann, zeigen die Legierungen 1, 2 und 4 bessere Festigkeit/Zähigkeitskombinationen. Legierungen 2, 3 und 4 haben alle eine annehmbare EXCO-Leistung, wobei die Legierungen 2, 3 und 4 eine wesentlich höhere Stauchgrenze als Legierung Nr. 1 (AA7050-Legierung) haben. Legierungen 2 und 4 zeigen ein Eigenschaftsgleichgewicht, das sie sehr geeignet für Oberflügelanwendungen in der Raumfahrt macht, wobei sie ein Gleichgewicht an Eigenschaften zeigen, das besser ist als jenes von herkömmlichen 7150-T77-Legierungen. Jedoch ist es nach wie vor möglich, eine T77-Härte für die erfindungsgemäßen Legierungen zu verwenden, wie in Tabelle 3 gezeigt.

## TABELLE 3

**[00100]** Legierungen 2 und 4 gehärtet nach T77-Härtungsbedingungen, Überblick über Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsverhalten.

	R <sub>p</sub> -L (MPa)	CYS-LT (MPa)	EXCO	K <sub>1C</sub> -LT (MPa $\sqrt{m}$ )	SCC-Schwelle
Legierung 2	585	613	EA	32,2	NF bei 240 MPa
Legierung 4	607	641	EA	26,4	NF bei 240 MPa

**[00101]** Weitere SCC-Tests wurden an der vielversprechenden Legierung Nr.4 durchgeführt, wobei entsprechend dem Verfahren, das in ASTM G-47-98 (Standardtestverfahren zur Bestimmung der Anfälligkeit von AA7000-Serienaluminiumlegierungsprodukten für Spannungsrißkorrosion) beschrieben wurde, Legierung-4-Proben hergestellt wurden und der korrosiven Atmosphäre entsprechend ASTM G-44-94 (Wechseltauchen gemäß der Standardpraxis zur Evaluierung der Spannungsrißkorrosionsbeständigkeit von Metallen und Legierungen durch Wechseltauchen in 3,5%ige NaCl-Lösung) ausgesetzt wurden.

**[00102]** Vier verschiedene Spannungsniveaus wurden für die Proben der Legierung 4 gewählt, wie in Tabelle 4 gezeigt. Für jedes Spannungsniveau wurden drei Proben der Testumgebung ausgesetzt (ASTM G-44). Eine wurde nach einer Woche herausgenommen, während die anderen beiden für 40 Tage ausgesetzt waren. Wenn während des Aussetzens kein Reiß stattfand, wurden die Zugeigenschaften, wie in Tabelle 4 gezeigt, bestimmt.

## TABELLE 4

**[00103]** Überblick der Zugfestigkeitseigenschaften von Legierung 4 nach Aussetzen in vier verschiedenen Spannungsniveaus, Vorspannung wurde in LT-Richtung ausgeübt.

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

**[00104]** Wie man aus Tabelle 4 ersehen kann, wurde mit zunehmender Belastung keine Abnahme in der Restfestigkeit gemessen, was heißt, dass keine messbare Spannungskorrosion nach 40 Tagen auftrat, soweit es die Zugfestigkeitseigenschaften betraf.

## BEISPIEL 2

**[00105]** Wenn höhere Festigkeitsniveaus erforderlich sind und Zähigkeitseigenschaften weniger bedeutend sind, werden herkömmliche AA7055-T77-Legierungen anstelle von AA7150-T77-Legierungen als Legierung für Oberflügelanwendungen bevorzugt. Die vorliegende Erfindung offenbart daher optimierte Kupfer- und Magnesiumbereiche, die Eigenschaften zeigen, die gleich oder besser als herkömmliche AA7055-T77-Legierungen sind.

**[00106]** 11 verschiedene Aluminiumlegierungen wurden in Barren gegossen, wobei sie die folgende chemische Zusammensetzung, wie in Tabelle 5 angegeben, hatten.

## TABELLE 5

**[00107]** Chemische Zusammensetzung von 11 Legierungen, in Gew.%, Rest Aluminium und unvermeidliche Unreinheiten, 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

**[00108]** Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften wurden nach Vorwärmung der gegossenen Legierungen für 6 Stunden bei 410° C und dann Warmwalzen der Legierungen auf ein Maß von 28 mm gemessen. Danach wurde Lösungsglühen bei 475°C und Wasserabschrecken ange-

wandt. Vergütung wurde für 8 Stunden bei 120°C und 8 bis 10 Stunden bei 155°C (T79-T76-Härte) durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 gezeigt.

#### TABELLE 6

**[00109]** Überblick über Festigkeit und Zähigkeit von 11 Legierungen gemäß Tabelle 5 in den angegebenen 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

**[00110]** Während die Legierungen 3 bis 8 und 11 gute Zähigkeitseigenschaften zeigten, zeigten die Legierungen 1 bis 5 und 9 und 10 gute Festigkeitseigenschaften. Folglich zeigten die Legierungen 3, 4 und 5 ein gutes Gleichgewicht an Festigkeit und Zähigkeit, so dass es klar ist, einen Kupfergehalt über 1,3 und einen Magnesiumgehalt über 1,6 (in Gew.%) zu haben, wenn Zink in einer Menge von 8,1 vorhanden ist. Solche Mengen sind untere Grenzen für die Kupfer- und Magnesiumbereiche. Man kann aus Tabelle 6 sehen, dass die Zähigkeit auf nichtakzeptable, geringe Niveaus fällt, wenn die Kupfer- und Magnesiumniveaus zu hoch sind (Legierungen 1, 2, 9 und 10).

#### BEISPIEL 3

**[00111]** Der Einfluss von Mangan auf die Eigenschaften der erfindungsgemäßen Legierung wurde untersucht. Ein optimales Manganniveau wurde zwischen 0,05 und 0,12 in Legierungen mit einer großen Menge an Zink gefunden. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 7 und 8 gezeigt. Alle nicht erwähnten chemischen Eigenschaften und Verfahrensparameter sind gleich mit jenen aus Beispiel 2.

TABELLE 7

**[00112]** Chemische Zusammensetzung von drei Legierungen (Mn-0, Mn-1 und Mn2), in Gew.%, Rest Aluminium und unvermeidbare Unreinheiten, 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

**[00113]** Überblick über Festigkeit und Zähigkeit von drei Legierungen gemäß Tabelle 7 in den angegebenen Richtungen.

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

**[00114]** Wie in Tabelle 8 gezeigt, verringern sich die Zähigkeitseigenschaften, während sich die Festigkeitseigenschaften erhöhen. Für Legierungen mit hohen Mengen an Zink ist ein optimiertes Manganniveau zwischen 0,05 und 0,12.

#### BEISPIEL 4

**[00115]** Wenn höhere Festigkeitsniveaus erforderlich sind und Zähigkeitseigenschaften weniger wichtig sind, werden herkömmliche AA7055-T77-Legierungen anstelle von AA7150-T77-Legierungen als eine Legierung für Oberflügelanwendungen bevorzugt. Die vorliegende Erfindung offenbart daher optimierte Kupfer- und Magnesiumbereiche, die Eigenschaften zeigen, welche gleich oder besser als herkömmliche AA7055-T77-Legierungen sind.

**[00116]** Zwei verschiedene Aluminiumlegierungen wurden in Barren mit der folgenden chemischen Zusammensetzung gegossen, wie sie in Tabelle 9 angegeben ist.

TABELLE 9

**[00117]** Chemische Zusammensetzung von drei Legierungen, in Gew.%, Rest Aluminium und unvermeidbare Unreinheiten, 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		

**[00118]** Die Legierungen 1 und 2 wurden in Bezug auf ihre Festigkeitseigenschaften getestet. Diese Eigenschaften sind in Tabelle 10 gezeigt. Die Legierung 2 wurde unter zwei Härtungsbedingungen (T79-T76 und T77) gehärtet. Die Referenzlegierung AA7055 wurde in T77-Härte (M-Ref) gemessen, wobei die technischen Daten einer AA7055-Referenzlegierung in einer T77-Härte ebenso angegeben sind (wie durch Ref bezeichnet).

TABELLE 10

**[00119]** Überblick über Festigkeit der zwei erfindungsgemäßen Legierungen aus Tabelle 9, Legierung Nr.2 in zwei Härtungsbedingungen, Referenzlegierung (AA7055) gemessen (M-Ref) und technisches Blatt (Ref).

Legierung	Härte	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	-
M-Ref	T77	621	611	537	638	634	599

**[00120]** Die Zähigkeitseigenschaften in LT- und TL-Richtung sowie die Stauchgrenzeneigenschaften in L und LT-Richtung sowie die Korrosionsverhaltenseigenschaften sind in Tabelle 11 gezeigt.

TABELLE 11

**[00121]** Zähigkeits- und CYS-Eigenschaften der beiden erfindungsgemäßen Legierungen aus Tabelle 9 in verschiedenen Härtungszuständen und verschiedenen Testrichtungen, NF = kein Versagen nach 40 Tagen bei angegebenen Stressniveaus, sonst sind die Tage angegeben, nach denen die Probe versagte.

Legierung	Härte	K <sub>1C</sub> (L-T)	K <sub>1C</sub> (T-L)	CYS-L	CYS-LT	EXCO	SCC
1	T79-T76	21,0		596	621	EC	2,3,8
2	T79-T76	28,9	27,1	630	660	EB	NF bei 172MPa
2	T77	28,8	26,5	628	656	EA	NF bei 210MPa
Ref	T77	28,6	26,4	621	648	EB	NF bei 103MPa
M-Ref	T77	-	-	-	-	EB	NF bei 103MPa

**[00122]** Die erfindungsgemäße Legierung hat ähnliche Zugfestigkeitseigenschaften wie eine herkömmliche AA7055-T77-Legierung. Jedoch sind die Eigenschaften in der ST-Richtung besser als jene der herkömmlichen AA7055-T77-Legierung. Auch das Spannungskorrosionsverhalten ist besser als von einer AA7055-T77-Legierung. Die erfindungsgemäße Legierung kann daher als ein kostengünstiger Ersatz für AA7055-T77-gehärtete Legierungen verwendet werden, die auch für Vergütungskriechformen verwendbar ist und dabei eine überlegene Stauchgrenze und Korrosionsbeständigkeit zeigt.

**[00123]** Nachdem nun die Erfindung vollständig beschrieben wurde, ist es für den Durchschnittsfachmann offensichtlich, dass viele Änderungen und Modifikationen gemacht werden können, ohne vom Geist und Umfang der Erfindung, wie sie hier beschrieben ist, abzuweichen. Die vorliegende Erfindung ist durch die hieran angeschlossenen Ansprüche definiert.

## Patentansprüche

1. Al-Zn-Knetlegierung für die Herstellung eines hochfesten Produktes mit einer verbesserten Kombination von Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Legierung im Wesentlichen (in Gew.%) enthält:

Zn 7,6 bis 9,5  
Cu 1,3 bis 2,0  
Mg 1,5 bis 2,6  
Mn 0,06 bis 0,12  
Zr <0,20  
Cr <0,10  
Fe <0,25  
Si <0,25  
Ti <0,10  
Hf und/oder V < 0,25 und  
optional Ce und/oder Sc < 0,20

andere Elemente jeweils geringer als 0,05 und geringer als 0,25 insgesamt,  
Rest Aluminium und worin (in Gew.%):

$$0,1 [\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,2 [\text{Cu}] + 2,15,$$

wobei die Legierung eine Härte von T79 oder T76 aufweist.

2. Legierung nach Anspruch 1, worin die Menge (in Gew.%) von Mg in einem Bereich von  $0,2[\text{Cu}] + 1,3 < [\text{Mg}] < 0,1[\text{Cu}] + 2,15$  ist.
3. Legierung nach Anspruch 1, worin die Menge (in Gew.%) von Mg in einem Bereich von  $0,2[\text{Cu}] + 1,4 < [\text{Mg}] < 0,1 [\text{Cu}] + 1,9$  ist.
4. Legierung nach Anspruch 1, worin das Legierungsprodukt eine Schichtkorrosionsbeständigkeit ("EXCO") von EB oder besser hat.
5. Legierung nach Anspruch 1, worin das Legierungsprodukt eine Schichtkorrosionsbeständigkeit ("EXCO") von EA oder besser hat.
6. Legierung nach Anspruch 1, worin die Menge (in Gew.%) von Cu in einem Bereich von 1,5 bis 2,0 liegt.
7. Legierung nach Anspruch 1, worin die Menge (in Gew.%) von Zr in einem Bereich von 0,05 bis 0,15 liegt.
8. Legierung nach Anspruch 1, worin die Menge (in Gew.%) von Mg und Cu jeweils etwa 1,93 ist, wenn die Menge (in Gew.%) von Zn etwa 8,1 ist.
9. Legierung nach Anspruch 1, worin die Menge (in Gew.%) von Fe geringer ist als 0,12.
10. Legierung nach Anspruch 1, worin die Menge (in Gew.%) von Si geringer ist als 0,12.
11. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung eines Plattenprodukts.
12. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung eines Plattenprodukts mit einer Dicke im Bereich von 15 bis 45 mm.
13. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung eines Flugzeugelements.
14. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung eines länglichen Strukturformelements eines Flugzeuges.

15. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung eines Oberflügelelements eines Flugzeuges.
16. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung eines Schalenelements eines Oberflügels eines Flugzeuges.
17. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung einer Längsversteifung eines Flugzeuges.
18. Verwendung der Legierung nach Anspruch 1, für die Herstellung einer Längsversteifung eines Oberflügels eines Flugzeuges.

**Hierzu keine Zeichnungen**