



(11)

EP 2 703 508 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.03.2016 Patentblatt 2016/13

(51) Int Cl.:
C22C 21/06 (2006.01) C22F 1/047 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12182038.5**

(22) Anmeldetag: **28.08.2012**

(54) **Gegen interkristalline Korrosion beständige Aluminiumlegierung**

Aluminium alloy resistant to intercrystalline corrosion

Alliages d'aluminium résistant à la corrosion intercristalline

(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:
05.03.2014 Patentblatt 2014/10

(73) Patentinhaber: **Hydro Aluminium Rolled Products
GmbH
41515 Grevenbroich (DE)**

(72) Erfinder:
• **Dr. Engler, Olaf
53229 Bonn (DE)**

- **Dr. Brinkman, Henk-Jan
53175 Bonn (DE)**
- **Dr. Hentschel, Thomas
53121 Bonn (DE)**
- **Brünger, Eike
79211 Denzlingen (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-B1- 1 078 109 JP-A- 2000 273 593
JP-A- 2001 064 744 US-A1- 2007 187 009**

EP 2 703 508 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung, die Verwendung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs.

[0002] Aluminiummagnesium(AlMg-)Legierungen vom Typ 5xxx werden in Form von Blechen oder Platten bzw. Bändern für die Konstruktion von geschweißten oder gefügten Strukturen, im Schiffs-, Automobil- und Flugzeugbau verwendet. Sie zeichnen sich durch eine besonders hohe Festigkeit aus, wobei mit zunehmendem Magnesiumgehalt die Festigkeiten der AlMg-Legierungen steigen. Typische Vertreter für die Aluminiumlegierungen vom Typ 5xxx sind beispielsweise die Aluminiumlegierungen vom Typ AA 5049, AA 5454 oder AA 5918. Bei den Legierungen handelt es sich um AlMg₂Mn (5049)-AlMg₃Mn (5454)- bzw. AlMg_{3,5}Mn (5918)- Aluminiumlegierungen. Das ständige Bedürfnis nach zusätzlicher Gewichtsreduzierung erfordert Aluminiumlegierungen mit höheren Festigkeiten und damit mit entsprechend höheren Magnesium(Mg)-gehalten, um die gewünschten Festigkeiten zur Verfügung zu stellen. Problematisch bei AlMgMn-Aluminiumlegierungen mit Mg-Gehalten von mehr als 2,4 Gew.-% ist, dass diese zunehmend zur interkristallinen Korrosion neigen, wenn sie für längere Zeiten erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind. Man hat festgestellt, dass in AlMgMn-Aluminiumlegierungen mit mehr als 2,4 Gew.-% Magnesium bei Temperaturen von 70 bis 200°C β -Al₅Mg₃-Phasen entlang der Korngrenzen ausscheiden. Wenn die Korngrenzen durchgehend mit β -Partikeln belegt sind, kann bei Anwesenheit eines korrosiven Mediums die Auflösung dieser β -Phasen zu einem selektiven Korrosionsangriff entlang der Korngrenzen führen. Im Ergebnis führt dies dazu, dass Aluminiumlegierungen mit erhöhten Mg-Gehalten entweder nicht in wärmebelasteten Bereichen einsetzbar sind oder aufgrund der Wärmeentwicklung verringerte Mg-Gehalte aufweisen müssen, so dass die Ausscheidung von β -Al₅Mg₃-Partikeln minimiert wird, und eine durchgehende Korngrenzenbelegung mit β -Al₅Mg₃-Partikeln ausbleibt. Zu dieser Problematik gibt es im Stand der Technik bereits Lösungsvorschläge. Beispielsweise schlägt die deutsche Offenlegungsschrift DE 102 31 437 A1 vor, durch eine spezifische Aluminiumlegierungszusammensetzung die Anfälligkeit gegenüber interkristalliner Korrosion selbst nach einer Sensibilisierung durch Wärme deutlich zu reduzieren. Sie schlägt hierzu die folgende Aluminiumlegierungszusammensetzung vor:

3,1 % < Mg < 4,5 %,

0,4% < Mn < 0,85%,

0,4 % < Zn < 0,8%,

0,06 % < Cu < 0,35 %,

Cr < 0,25 %,

Fe < 0,35 %,

Si < 0,2 %,

Zr < 0,25 %,

Ti < 0,3 %,

[0003] Verunreinigungen jeweils $\leq 0,05$ % und in Summe max. 0,15 %, Rest Al.

[0004] Die amerikanische Offenlegungsschrift US 2007/187009 A1 zeigt spezifische Aluminiumlegierungsverbindungen und entsprechende Massenverlustmessungen nach ASTM G67. Für die gemessenen Proben C, D, E, F und J (nach 100 Std. bei 100°C) wird ein Massenverlust zwischen 6-22 mg/cm² aufgezeigt.

[0005] Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Ergebnisse in Bezug auf die Anfälligkeit für interkristalline Korrosion, welche nach dem Standard ASTM G67 gemessen und bewertet wird, verbesserungsfähig sind. Darüber hinaus erlaubt die Aluminiumlegierung einen Gehalt an bis zum 0,25 Gew.-% Zirkonium, welches in Bezug auf das Recycling der Aluminiumlegierung als kritisch angesehen wird. Aus der internationalen Patentanmeldung WO 99/42627 ist darüber hinaus eine zirkoniumhaltige Aluminiumlegierung bekannt, welche zwar im ASTM G67 Test sehr gute Ergebnisse erzielte, allerdings aufgrund des zwingend vorhandenen Zirkoniumgehaltes im Einsatz problematisch ist.

[0006] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Aluminiumlegierung zur Verfügung zu stellen, welche nur eine geringe Neigung zur interkristallinen Korrosion aufweist, d.h. im ASTM G67 Test einem Massenverlustwert <15 mg/cm², gleichzeitig hohe Festigkeiten und eine gute Umformbarkeit bereitstellt und Standardlegierungskomponenten enthält, so dass das Recycling der Aluminiumlegierung vereinfacht ist. Darüber hinaus soll eine Verwendung der Aluminiumlegierung sowie ein Verfahren zur Herstellung von Produkten aus der Aluminium-

Legierung vorgeschlagen werden.

[0007] Gemäß einer ersten Lehre der vorliegenden Erfindung wird die oben aufgezeigte Aufgabe für eine Aluminiumlegierung dadurch gelöst, dass diese Legierungskomponenten umfasst, welche die folgende Zusammensetzung in Gew.-% aufweisen:

$$2,91 \% \leq \text{Mg} \leq 4,5 \%,$$

$$0,5\% \leq \text{Mn} \leq 0,8 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Cu} \leq 0,30 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Cr} \leq 0,30 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Zn} \leq 0,9 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0,40 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0,25 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0,20 \%,$$

[0008] Rest Al und Verunreinigungen einzeln kleiner als 0,05 % in Summe max. 0,15 %, und wobei für die Legierungskomponenten Zn, Cr, Cu und Mn gilt:

$$(2,3 * \% \text{Zn} + 1,25 * \% \text{Cr} + 0,65 * \% \text{Cu} + 0,05 * \% \text{Mn}) + 2,4 \geq \% \text{Mg}.$$

[0009] "%Zn", "%Cr", "%Cu", "%Mn" und "%Mg" entsprechen den Gehalten der Legierungskomponente jeweils in Gewichtsprozent. Die Erfindungsgemäße Zusammensetzung beruht auf der Erkenntnis, dass die Legierungskomponenten Zn, Cr, Cu und Mn bei Magnesiumgehalten von mindestens 2,91 Gew.-% die Ausscheidung von $\beta\text{-Al}_5\text{Mg}_3$ -Partikeln unterdrückt, indem die Anwesenheit dieser Legierungselemente die Bildung von τ -Phasen unterstützt. Diese τ -Phasen vom Typ AlCuMgZn unterdrücken die β -Phasenbildung zu einem erheblichen Teil, so dass auch bei höheren Mg-Gehalten nur eine ganz geringe Neigung zur Ausbildung von β -Phasen bzw. $\beta\text{-Al}_5\text{Mg}_3$ -Partikeln an den Korngrenzen besteht. Darüber hinaus können sich in Gegenwart der Legierungselemente Cr und Mn auch ε -Phasen vom Typ AlCrMgMn bilden, welche ebenfalls die β -Phasenbildung unterdrücken. Im Ergebnis ist die entsprechende Aluminiumlegierung nicht so anfällig für interkristalline Korrosion. Zusätzlich hat man herausgefunden, dass die Kompensierungseffizienz der einzelnen Legierungskomponenten

[0010] Zn, Cr, Cu und Mn unterschiedlich hoch ist. Die Legierungskomponente Zink kann beispielsweise zur Kompensierung der 2,3-fachen Magnesiummenge oberhalb von 2,91 Gew.-% Mg dienen, so dass die resultierende Aluminiumlegierung nur eine sehr geringe Neigung zur interkristallinen Korrosion zeigt. Die Effizienz zur Unterdrückung der interkristallinen Korrosion bzw. der Ausscheidung von β -Phasen sinkt bei den Legierungskomponenten Chrom, Kupfer und Mangan ab. Im Ergebnis können jedenfalls Aluminiumlegierungen zur Verfügung gestellt werden, welche relativ hohe Magnesiumgehalte aufweisen und insofern höhere Festigkeiten zeigen, ohne dass diese nach Temperatureinwirkung zur interkristallinen Korrosion neigen. Höhere Festigkeiten bei vergleichbarer Korrosionsbeständigkeit wird bei einem Mg-Gehalt von mindestens 3,0 Gew.-% erreicht.

[0011] Um die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung wirtschaftlich herstellen zu können und darüber hinaus keine negativen Effekte bezüglich der Umformbarkeit sowie keine oder nur geringe Änderungen der physikalischen Eigenschaften der Aluminiumlegierung beispielsweise beim Gießen und Walzen in Kauf nehmen zu müssen, ist es gemäß einer ersten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung vorteilhaft, dass für die Legierungskomponenten Zn, Cr, Cu und Mn folgendes gilt:

$$(2,3 * \% \text{Zn} + 1,25 * \% \text{Cr} + 0,65 * \% \text{Cu} + 0,05 * \% \text{Mn}) + 1,4 \leq \% \text{Mg}.$$

[0012] Hiermit wird für eine Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung eine Obergrenze der Zugabe der Legierungskomponenten Zn, Cr, Cu und Mn angegeben, um eine möglichst wirtschaftliche Herstellung der Aluminiumlegierung zu erzielen. Zugaben über diese Obergrenze hinaus zeigen keinen zusätzlichen positiven Effekt auf die Beständigkeit gegenüber interkristalliner Korrosion. Daneben können auch unerwünschte Nebeneffekte aufgrund hoher Gehalte der Legierungskomponenten bei dieser Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung ausgeschlossen werden.

[0013] Vorzugsweise weist gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung die Legierungskomponente Cu den folgenden Gehalt in Gew.-% auf:

$$0,05 \% \leq \text{Cu} \leq 0,20 \%,$$

um die Aluminiumlegierung allgemein korrosionsbeständiger auszugestalten.

[0014] Gemäß einer nächsten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung kann die Umformbarkeit dadurch maximiert werden, dass die Legierungskomponente Cr den folgenden Gehalt in Gew.-% aufweist:

$$0,05 \% \leq \text{Cr} \leq 0,20 \, \%.$$

[0015] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung wird eine im Hinblick auf die Zugabe von Legierungskomponenten weiter optimierte, gegen interkristalline Korrosion beständige Aluminiumlegierung dadurch bereitgestellt, dass die Legierungskomponenten Mg und Zn folgende Gehalte in Gew.-% aufweisen:

$$2,91 \% \leq \text{Mg} \leq 3,6 \, \%$$

$$0,05 \% \leq \text{Zn} \leq 0,75 \, \%.$$

[0016] Die Verringerung der Obergrenze des Magnesiumanteils ermöglicht eine weitere Verringerung der maximalen Zinkkonzentration, so dass eine kostenoptimierte Aluminiumlegierung mit sehr hoher Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion zur Verfügung gestellt werden kann. Vorzugsweise beträgt der Mg-Gehalt dieser Ausgestaltung 3,0 Gew.-% bis 3,6 Gew.-%, insbesondere 3,4 Gew.-% bis 3,6 Gew.-%.

[0017] In einer weiteren Ausgestaltung kann die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung in Bezug auf ihre Festigkeit dadurch weiter optimiert werden, dass der Gehalt der Legierungskomponente Mg mindestens 3,6 Gew.-% und maximal 4,5 Gew.-% beträgt. Die erhöhten Magnesium-Gehalte verursachen eine deutliche Steigerung der Festigkeiten der Aluminiumlegierung bei gleichzeitig guter Umformbarkeit. Aufgrund der spezifischen Zusammensetzung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung zeigt auch diese Aluminiumlegierung trotz der hohen Mg-Gehalte nur geringe Massenverluste $<15\text{mg/cm}^2$ und ist somit nach ASTM G67 frei von interkristalliner Korrosion. Bevorzugt ist der Mg-Gehalt auf maximal 4,0 Gew.-% beschränkt, um das Korrosionsverhalten zu verbessern.

[0018] Wie bereits zuvor ausgeführt, zeichnen sich die erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen dadurch aus, dass sie neben einer sehr guten Festigkeit und Umformbarkeit auch eine sehr gute Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion aufweisen. Insofern wird die oben aufgezeigte Aufgabe gemäß einer weiteren Lehre der Erfindung durch die Verwendung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung zur Herstellung von Fahrwerk- und Strukturbauteilen im Fahrzeug-, flugzeug- oder Schiffbau gelöst.

[0019] Fahrwerk- und Strukturbauteile von Fahrzeugen, Kraftfahrzeugen oder Flugzeugen sind häufig Wärmequellen, beispielsweise den Abgasen des Verbrennungsmotors oder anderen Wärmequellen ausgesetzt, so dass Aluminiumlegierungen, welche nach einer Wärmebehandlung zur interkristallinen Korrosion neigen, hier üblicher Weise nicht eingesetzt werden können. Die Verwendung eines erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs zur Herstellung von Fahrwerk- und Strukturbauteilen ermöglicht indes aufgrund der sehr guten Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion den Einsatz von höherfesten Aluminiummagnesiumlegierungen mit Magnesiumgehalten von mindestens 2,91 Gew.-% auch in diesen Anwendungsgebieten. Die höherfesten Aluminiumbänder oder -bleche ermöglichen die Reduzierung von Wandstärken aufgrund der erhöhten Festigkeiten. Insofern tragen sie zur weiteren Gewichtsreduzierung von Fahrzeugen, Schiffen oder auch Flugzeugen bei.

[0020] Bevorzugt wird ein Aluminiumlegierungsband oder -blech bestehend aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung zur Herstellung eines Fahrwerk- und Strukturteils verwendet, welches im Bereich des Motors, der Abgasanlage oder anderer Wärmequellen eines Kraftfahrzeugs angeordnet ist. Ein typisches Beispiel hierfür ist ein Feder- oder Querlenker eines Kraftfahrzeugs. Bereiche dieser Bauteile, insbesondere wenn sie motornah angeordnet sind, sind dauerhaft einem erhöhten Wärmeeintrag ausgesetzt. Gerade im Kraftfahrzeugbau, aber auch im Bau von Zügen, Flugzeugen und Schiffen eröffnen sich durch die Verwendung von Bändern und Blechen aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung neue Anwendungsbereiche, welche durch einen erhöhten Wärmeeintrag gekennzeichnet sind.

[0021] Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs bestehend aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung, dann wenn die Fahrwerk- oder Strukturbauteile mindestens eine Schweißnaht aufweisen. Schweißnähte sind generell Bereiche, in welchen ein Wärmeeintrag in das Metall erfolgt ist. Dieser Wärmeeintrag kann zu interkristalliner Korrosion führen, sofern die Aluminiumlegierung hierzu neigt. Bei den erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen hingegen, wird die für die interkristalline Korrosion verantwortliche β -Phasenausscheidung weitestgehend unterdrückt, so dass das Bauteil ohne weiteres verschweißt werden kann und es dennoch nicht zur interkristallinen Korrosion neigt.

[0022] Schließlich ist die Verwendung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung besonders vorteilhaft, wenn die Wanddicke des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs 0,5 mm bis 8 mm, optional 1,5 bis 5 mm beträgt. Diese Wanddicken sind sehr gut geeignet, um die für ein Fahrwerk- oder Strukturteil notwendigen Festigkeit bereitstellen zu können.

[0023] Gemäß einer weiteren Lehre der vorliegenden Erfindung soll nun ein wirtschaftliches Herstellverfahren für ein Aluminiumlegierungsband oder -blech angegeben werden, welches aus der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung besteht. Dieses Verfahren umfasst folgende Schritte:

- Gießen eines Walzbarrens
- Homogenisieren des Walzbarrens bei 500 bis 550 °C für mindestens 2 Stunden,
- Warmwalzen des Walzbarrens zu einem Warmband bei Warmwalztemperaturen von 280 °C bis 500 °C,
- Kaltwalzen des Warmbandes mit oder ohne Zwischenglühung auf Enddicke und
- Weichglühen des Kaltbandes bei 300 bis 400 °C in einem Batchofen.

[0024] Entgegen den bisherigen Erfahrungen bedarf es bei der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung keines spezifischen Wärmebehandlungsschrittes, beispielsweise eines Lösungsglühsschrittes am Ende des Herstellungsprozesses, sondern die Aluminiumlegierung kann mit konventionellem Equipment, beispielsweise Batchöfen, hoch wirtschaftlich hergestellt werden. Denkbar ist auch, an Stelle des Gießens eines Walzbarrens ein direktes Gießen des Bandes vorzusehen, welches dann anschließend warm- und/oder kaltgewalzt wird.

[0025] Die Erfindung soll nun anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Tabelle 1

Legierung	ST5049	ST5454	ST5918	V1	V2	V3	V4
	konv.	konv.	konv.	erf.	erf.	erf.	erf.
Legierungskomponenten							
Mg	2,05	2,90	3,45	2,91	3,42	3,75	3,77
Mn	0,95	0,80	0,55	0,56	0,6	0,66	0,66
Si	0,15	0,15	0,15	0,13	0,12	0,12	0,12
Fe	0,4	0,30	0,30	0,24	0,24	0,24	0,25
Cu	0,06	0,03	0,02	0,15	0,2	0,25	0,13
Cr	0,01	0,07	0,16	0,065	0,11	0,16	0,16
Ti	0,01	0,01	0,01	0,013	0,014	0,014	0,016
Zn	0	0,00	0,00	0,4	0,5	0,6	0,61
minimale Kompensierung		2,9	3,45	2,91	3,42	3,75	3,77
Mg-Kompensierung		2,547	2,6405	3,5155	3,8475	4,1755	4,1205

[0026] Zunächst zeigt die Tabelle 1 die chemischen Analysen der Standardlegierungen ST 5049, ST 5454 und ST 5918 sowie der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen V1, V2, V3 und V4. Zusätzlich ist in der Tabelle 1 der Wert für die durch die Legierungskomponenten kompensierte Menge an Magnesium angegeben, welche als "Mg-Kompensierung" bezeichnet ist und über die folgende Formel berechnet wurde:

$$(2,3 \cdot \%Zn + 1,25 \cdot \%Cr + 0,65 \cdot \%Cu + 0,05 \cdot \%Mn) + 2,4.$$

[0027] Als minimale Kompensierung ist der Wert des "kompensierten" Mg-Gehaltes angegeben, welcher mindestens durch die Legierungsbestandteile Zn, Cr, Cu und Mn kompensiert werden muss. Der in Tabelle 1 angegebene Wert entspricht daher dem Mg-Gehalt der jeweiligen Aluminiumlegierungen.

[0028] Da der Mg-Kompensierungswert lediglich für Aluminiumlegierungen mit Magnesiumgehalten von mindestens als 2,91 Gew.-% relevant ist, ist dieser Wert für die Standardlegierung ST 5049 nicht eingetragen. Die übrigen Standardlegierungen ST 5454 sowie ST 5918 weisen einen Mg-Kompensierungswert auf, welcher unterhalb des Magnesiumgehaltes der Legierung liegt. Wie bekannt ist, neigen diese Legierung unter bestimmten Bedingungen zur interkristallinen Korrosion. Der Grund wird darin gesehen, dass der Mg-Gehalt dieser Aluminiumlegierungen nicht ausreichend

kompensiert ist. Anders verhält es sich bei den erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen V1, V2, V3 und V4, deren Mg-Kompensierungswert deutlich über dem Mg-Gehalt der jeweiligen Aluminiumlegierung in Gew.-% liegt.

Tabelle 2

Messgröße		R _{p0,2}	R _m	A _g	A _{50mm}
Legierung		MPa	MPa	%	%
ST5049	konv	99	215	16,4	21,9
ST5454	konv	118	246	17,4	21,8
ST5918	konv	129	264	18,1	19,8
V1	erf	115	246	16,2	20,7
V2	erf	125	271	18,5	21,3
V3	erf	132	288	15,8	20,6
V4	erf	133	289	18,7	22,0

[0029] Aus allen sieben Aluminiumlegierungen wurden Walzbarren gegossen und die Walzbarren bei Temperaturen von 500 bis 550 °C für mindestens zwei Stunden homogenisiert. Die so hergestellten Walzbarren wurden zu einem Warmband bei Warmwalztemperaturen von 280 °C bis 500 °C warmgewalzt und anschließend auf Enddicke kaltgewalzt, wobei eine Zwischenglühung stattfand und das abschließende Weichglühen des Kaltbandes bei Temperaturen zwischen 300 und 400 °C in einem Batchofen stattfand. Die Banddicke betrug 1,5 mm.

[0030] Aus den hergestellten Bändern wurden Bleche entnommen und deren mechanische Kennwerte im Zugversuch nach DIN EN 10002-1 senkrecht zur Walzrichtung ermittelt. Die Messwerte sind in Tabelle 2 dargestellt. Sie zeigen, dass das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel V1 beispielsweise über eine deutlich höhere Zugfestigkeit und Streckgrenze als die Standardlegierung ST 5049 verfügt. Die Dehnungswerte A_g für die Gleichmaßdehnung und A_{50mm} der erfindungsgemäßen Legierungsbänder und der Standardlegierungen unterscheiden sich nicht signifikant, so dass davon auszugehen ist, dass die erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen eine identische Umformbarkeit wie die Standardlegierungen aufweisen.

[0031] Die Legierungsvariante V2 stellt im Vergleich zur Standardlegierung ST 5454 ebenfalls eine höhere Zugfestigkeit und eine höhere Streckgrenze zur Verfügung. Für die Gleichmaßdehnung A_g sowie die Dehnung A_{50mm} ergeben sich auch für die erfindungsgemäße Variante V2 nahezu identische Werte zur Standardlegierung ST 5454. Gleiches gilt auch für die Varianten V3 und V4, welche im Vergleich zur konventionellen Aluminiumlegierungsvariante ST 5918 verbesserte Zugfestigkeitswerte und Streckgrenzen zeigen. Im Ergebnis haben die erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen sehr gute mechanische Kennwerte und können identisch zu den vergleichbaren Standardlegierungen verarbeitet werden.

[0032] Die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele sowie die konventionellen Ausführungsbeispiele wurden nun einem Korrosionstest gemäß ASTM G67 unterworfen, mit welchem durch die Messung des Massenverlusts die Anfälligkeit einer Aluminiumlegierung zur interkristallinen Korrosion gemessen werden kann. Bei diesem Test werden Teststreifen, die 50 mm lang und 60 mm breit sind, aus dem Blech oder Band ausgeschnitten und mit oder ohne thermische Vorbehandlung in konzentrierter Salpetersäure bei 30 °C für 24 Stunden gelagert. Salpetersäure löst bevorzugt β-Phasen aus den Korngrenzen heraus und verursacht dadurch bei der späteren Gewichtsmessung einen deutlichen Massenverlust, sofern in der Probe entlang der Korngrenzen ausgeschiedene β-Phasen vorhanden sind.

[0033] Um die Anfälligkeit gegenüber interkristalliner Korrosion auch in wärmebelasteten Anwendungsbereichen zu ermitteln, wurden die Proben vor einer Massenverlustmessung nach ASTM G67 einer Vorbehandlung in Form einer Lagerung bei erhöhten Temperaturen unterzogen. Hierzu wurden die Proben für 17, 100 und 500 Stunden bei 130 °C gelagert und anschließend dem Massenverlusttest unterzogen. Darüber hinaus wurde aber auch eine Lagerung für 100 Stunden bei 100 °C durchgeführt, um die Vergleichbarkeit der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen mit denen aus dem Stand der Technik bekannten Aluminiumlegierungen zu erreichen.

Tabelle 3

	Legierung						
Auslagerung	ST5049	ST5454	ST5918	V1	V2	V3	V4
Ohne	1,1	1,1	1,3	1,3	1,6	2,0	1,8

(fortgesetzt)

Auslagerung	Legierung						
	ST5049	ST5454	ST5918	V1	V2	V3	V4
17h 130°C	1,0	1,4	2,3	1,4	1,8	2,4	1,9
100h 130°C	1,0	5,6	11,3	1,5	2,4	3,5	2,9
500h 130°C	1,1	16,2	30,9	1,9	6,7	8,3	8,9
100h 100°C	1,0	2,1	5,2	1,4	2,1	2,6	2,1

[0034] In Tabelle 3 sind die jeweiligen Versuchsbedingungen der Auslagerung und der gemessene Massenverlust nach einem Test gemäß ASTM G67 in mg/cm² dargestellt. Gemäß ASTM G67 erreichen gegen interkristalline Korrosion beständige Aluminiumlegierungen 1 bis 15 mg/cm² Massenverlust, wohingegen nicht beständige 25 bis 75 mg/cm² Massenverlust aufweisen.

[0035] Deutlich zu erkennen ist, dass die Standardlegierung ST 5049, welche einen relativ geringen Magnesiumgehalt von 2,05 Gew.-% aufweist, die höchste Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion besitzt. Selbst bei Lagerungen von 500 Stunden bei 130 °C ändert diese Aluminiumlegierung ihr Korrosionsverhalten im Test nicht. Sie besitzt dagegen aber auch die geringsten mechanischen Festigkeitswerte.

[0036] Anders verhalten sich dagegen die Standardlegierung ST 5454 und die Standardlegierung ST 5918. Die ST 5454 hat bei 500 Stunden Vorsensibilisierung bei 130 °C einen Massenverlust von 16,2 mg/cm². Der Massenverlust der ST 5918 zeigt bei Lagerung der Proben für 100 Stunden oder für 500 Stunden bei 130 °C ebenfalls einen sehr deutlichen Anstieg des Massenverlusts nach einer Lagerung in konzentrierter Salpetersäure auf maximal 30,9 mg/cm². Vergleicht man hierzu die erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen bei Lagerung für 500 Stunden bei 130 °C, so sind diese deutlicher stabiler gegenüber interkristalliner Korrosion trotz ähnlich hoher Magnesiumgehalte.

[0037] Der maximale Massenverlust der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung V4 betrug bei 500 Stunden bei 130 °C 8,9 mg/cm² und damit um mehr als den Faktor drei niedriger als die Standardlegierung ST 5918. Gemäß ASTM G67 gilt sie als stabil gegenüber interkristalliner Korrosion, denn ihr Massenverlust ist geringer als 15 mg/cm². Trotz im Vergleich zu den jeweiligen Standardlegierungen ST5454 oder ST5918 höheren Magnesiumgehalten und höheren Festigkeitswerte zeichnet sich die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung durch eine hervorragende Beständigkeit gegenüber interkristalliner Korrosion aus.

[0038] Insbesondere zeigen die Vergleiche mit den aus dem Stand der Technik bekannten Ergebnissen für hochmagnesiumhaltige Aluminiumlegierungen, dass in dem ausgewählten Aluminiumlegierungsbereich eine deutliche Steigerung der Beständigkeit der Aluminiumlegierungen gegenüber interkristalliner Korrosion erreichbar ist, ohne Probleme im Hinblick auf Recycling oder hohe Herstellkosten in Kauf nehmen zu müssen.

[0039] Schließlich konnte auch gezeigt werden, dass auch die Verwendung von höchst wirtschaftlichen Batchöfen zur Durchführung von Weichglühungen genutzt werden können, um hochmagnesiumhaltige und gegen interkristalline Korrosion beständige Aluminiumlegierungen und Legierungsprodukte zur Verfügung zu stellen. Bisher war man davon ausgegangen, dass ein Lösungsglühen in einer kontinuierlichen Prozesslinie notwendig war, um eine Beständigkeit gegenüber interkristalliner Korrosion zu erreichen.

Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung umfassend Legierungskomponenten, welche die folgende Zusammensetzung in Gew.-% aufweisen:

$$2,91 \% \leq \text{Mg} \leq 4,5 \%,$$

$$0,5 \% \leq \text{Mn} \leq 0,8 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Cu} \leq 0,30 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Cr} \leq 0,30 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Zn} \leq 0,9 \%,$$

EP 2 703 508 B1

$\text{Fe} \leq 0,40 \text{ \%,}$

$\text{Si} \leq 0,25 \text{ \%,}$

5 $\text{Ti} \leq 0,20 \text{ \%,}$

Rest Al und Verunreinigungen einzeln kleiner als 0,05 % in Summe max. 0,15 %, und wobei für die Legierungskomponenten Zn, Cr, Cu und Mn gilt:

10 $(2,3* \text{ \%Zn} + 1,25* \text{ \%Cr} + 0,65* \text{ \%Cu} + 0,05* \text{ \%Mn}) + 2,4 \geq \text{ \%Mg.}$

2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass für die Legierungskomponenten Zn, Cr, Cu und Mn zusätzlich gilt:

15 $(2,3* \text{ \%Zn} + 1,25* \text{ \%Cr} + 0,65* \text{ \%Cu} + 0,05* \text{ \%Mn}) + 1,4 \leq \text{ \%Mg.}$

3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Legierungskomponente Cu den folgenden Gehalt in Gew.-% aufweist:

20 $0,05 \leq \text{Cu} \leq 0,20 \text{ \%.}$

4. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass die Legierungskomponente Cr den folgenden Gehalt in Gew.-% aufweist:

25 $0,05 \text{ \%} \leq \text{Cr} \leq 0,20 \text{ \%.}$

5. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass die Legierungskomponenten Mg und Zn folgende Gehalte in Gew.-% aufweisen:

30 $2,91 \text{ \%} \leq \text{Mg} \leq 3,6 \text{ \%$

$0,05 \text{ \%} \leq \text{Zn} \leq 0,75 \text{ \%.}$

- 35 6. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass der Gehalt der Legierungskomponente Mg mindestens 3,6 Gew.-% und maximal 4,5 Gew.-% beträgt.

7. Verwendung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs aus einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Herstellung von Fahrwerk- und Strukturbauteilen im Fahrzeug-, Flugzeug- oder Schiffsbau.

- 40 8. Verwendung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass das Aluminiumlegierungsband oder -blech zur Herstellung eines Fahrwerk- oder Strukturteils verwendet wird, welches im Bereich des Motors, der Abgasanlage oder anderer Wärmequellen eines Kraftfahrzeugs angeordnet ist.

- 45 9. Verwendung nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrwerk- und Strukturbauteile mindestens eine Schweißnaht aufweisen.

- 50 10. Verwendung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass die Wanddicke des Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs 0,5 mm bis 8 mm, optional 1,5 bis 5 mm beiträgt.

- 55 11. Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumlegierungsbandes oder -blechs aus einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit folgenden Schritten:

- Gießen eines Walzbarrens
- Homogenisieren des Walzbarrens bei 500 bis 550 °C für mindestens 2h
- Warmwalzen des Walzbarrens zu einem Warmband bei Warmwalztemperaturen von 280 °C bis 500 °C,

- Kaltwalzen des Warmbandes mit oder ohne Zwischenglühung auf Enddicke und
- Weichglühen des Kaltbandes bei 300 bis 400 °C in einem Batchofen.

5 **Claims**

1. Aluminium alloy comprising alloy components, which have the following composition in % by weight:

$$2.91 \% \leq \text{Mg} \leq 4.5 \%,$$

$$0.5\% \leq \text{Mn} \leq 0.8 \%,$$

$$0.05 \leq \text{Cu} \leq 0.30 \%,$$

$$0.05 \% \leq \text{Cr} \leq 0.30 \%,$$

$$0.05 \% \leq \text{Zn} \leq 0.9 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0.40 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0.25 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0.20 \%,$$

the balance Al and impurities individually less than 0.05 % and in total a maximum of 0.15 % and wherein the following applies to the alloy components Zn, Cr, Cu and Mn:

$$(2.3 * \% \text{Zn} + 1.25 * \% \text{Cr} + 0.65 * \% \text{Cu} + 0.05 * \% \text{Mn}) + 2.4 \geq \% \text{Mg}.$$

2. Aluminium alloy according to Claim 1, **characterised in that** the following further applies to the alloy components Zn, Cr, Cu and Mn:

$$(2.3 * \% \text{Zn} + 1.25 * \% \text{Cr} + 0.65 * \% \text{Cu} + 0.05 * \% \text{Mn}) + 1.4 \leq \% \text{Mg}.$$

3. Aluminium alloy according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the alloy component Cu has the following content in % by weight:

$$0.05 \% \leq \text{Cu} \leq 0.20 \, \%.$$

4. Aluminium alloy according to any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the alloy component Cr has the following content in % by weight:

$$0.05 \% \leq \text{Cr} \leq 0.20 \, \%.$$

5. Aluminium alloy according to any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the alloy components Mg and Zn have the following contents in % by weight:

$$2.91 \% \leq \text{Mg} \leq 3.6 \%,$$

$$0.05 \% \leq \text{Zn} \leq 0.75 \, \%.$$

6. Aluminium alloy according to any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the content of the alloy component Mg is at least 3.6 % by weight and a maximum of 4.5 % by weight.

7. Use of an aluminium alloy strip or sheet of an aluminium alloy according to any one of Claims 1 to 6 for producing chassis and structural components in vehicle, aircraft or ship construction.

8. Use according to Claim 7, **characterised in that** the aluminium alloy strip or sheet is used for producing a chassis

or structural component which is arranged in the region of the engine, the exhaust gas system or other heat sources of a motor vehicle.

9. Use according to Claim 7 or 8, **characterised in that** the chassis or structural components have at least one weld seam.

10. Use according to any one of Claims 7 to 9, **characterised in that** the wall thickness of the aluminium alloy strip or sheet is from 0.5 mm to 8 mm, optionally from 1.5 to 5 mm.

11. Method for producing an aluminium alloy strip or sheet from an aluminium alloy according to any one of Claims 1 to 6 having the following steps:

- casting a rolling ingot,
- homogenising the rolling ingot at from 500 to 550 °C for at least 2 hours,
- hot-rolling the rolling ingot to form a thermal strip at hot rolling temperatures of from 280 °C to 500 °C,
- cold-rolling the hot strip with or without intermediate annealing to a final thickness, and
- soft-annealing the cold strip at from 300 °C to 400 °C in a batch furnace.

Revendications

1. Alliage d'aluminium comprenant des composants d'alliage qui présentent la composition suivante en % en poids :

$$2,91 \% \leq \text{Mg} \leq 4,5 \%,$$

$$0,5 \% \leq \text{Mn} \leq 0,8 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Cu} \leq 0,30 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Cr} \leq 0,30 \%,$$

$$0,05 \% \leq \text{Zn} < 0,9 \%$$

$$\text{Fe} \leq 0,40 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0,25 \%$$

$$\text{Ti} \leq 0,20 \%$$

le reste étant Al et des impuretés, individuellement inférieures à 0,05 %, au total un maximum de 0,15 % et pour les composants d'alliage Zn, Cr, Cu et Mn étant appliqué :

$$(2,3* \% \text{Zn} + 1,25* \% \text{Cr} + 0,65* \% \text{Cu} + 0,05* \% \text{Mn}) + 2,4 \geq \% \text{Mg}.$$

2. Alliage d'aluminium selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** pour les composants d'alliage Zn, Cr, Cu et Mn il est appliqué en sus :

$$(2,3* \% \text{Zn} + 1,25* \% \text{Cr} + 0,65* \% \text{Cu} + 0,05* \% \text{Mn}) + 1,4 \leq \% \text{Mg}.$$

3. Alliage d'aluminium selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le composant d'alliage Cu présente la teneur suivante en en poids :

$$0,05 \% \leq \text{Cu} \leq 0,20 \%.$$

4. Alliage d'aluminium selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**

EP 2 703 508 B1

le composant d'alliage Cr présente la teneur suivante en % en poids :

$$0,05 \% \leq \text{Cr} \leq 0,20 \%$$

- 5 5. Alliage d'aluminium selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce que
les composants d'alliage Mg et Zn présentent les teneurs suivantes en % en poids :

10 $2,91 \% \leq \text{Mg} \leq 3,6 \%$

$0,05 \% \leq \text{Zn} \leq 0,75 \%$.

- 15 6. Alliage d'aluminium selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce que
la teneur du composant d'alliage Mg est d'un minimum de 3,6 % en poids et d'un maximum de 4,5 % en poids.

- 20 7. Utilisation d'une bande ou tôle en alliage d'aluminium en un alliage d'aluminium selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 pour la fabrication d'éléments de châssis et d'éléments de structure dans la construction automobile, la construction aéronautique et la construction navale.

- 25 8. Utilisation selon la revendication 7,
caractérisée en ce qu'
on utilise la bande ou tôle en alliage d'aluminium pour la fabrication d'un élément de châssis ou d'un élément de structure qui est placé dans la région du moteur, du système d'échappement ou d'autres sources de chaleur d'un véhicule automobile.

- 30 9. Utilisation selon la revendication 7 ou 8,
caractérisée en ce que
les éléments de train de roulement ou de structure comportent au moins un cordon de soudure.

- 35 10. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 7 à 9,
caractérisée en ce que
l'épaisseur de paroi de la bande ou tôle en alliage d'aluminium est de 0,5 mm à 8 mm, en option de 1,5 à 5 mm.

- 40 11. Procédé destiné à la fabrication d'une bande ou tôle en alliage d'aluminium en un alliage d'aluminium selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comportant les étapes suivantes :

- 45 - coulée d'un lingot de laminage,
 - homogénéisation du lingot de laminage à de 500 à 550 °C pendant au moins 2 h,
50 - laminage à chaud du lingot de laminage en un feuillard laminé à chaud, à des températures de laminage à chaud de 280 °C à 500 °C,
 - laminage à froid du feuillard laminé à chaud avec ou sans recuit intermédiaire à l'épaisseur finale et
 - recuit d'adoucissement du feuillard laminé à froid à de 300 à 400 °C dans un four discontinu.

55

50

55

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10231437 A1 [0002]
- US 2007187009 A1 [0004]
- WO 9942627 A [0005]