



(19) österreichisches
patentamt

(10) **AT 504 089 B1 2008-08-15**

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1472/2006 (51) Int. Cl.⁸: **C22C 21/10** (2006.01)
C21D 1/00 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2006-09-04
(43) Veröffentlicht am: 2008-08-15

(73) Patentanmelder:
ALUMINIUM LEND GMBH & CO KG
A-5651 LEND (AT)

(54) **ALUMINIUMLEGIERUNG UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung vom Typ AlZnMg, welche zur Herstellung von spannungsarmen und hochfesten Aluminiumvormaterialien geeignet ist sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger Aluminiumvormaterialien.

AT 504 089 B1 2008-08-15

Die Erfindung betrifft Aluminiumlegierungen, insbesondere solche Aluminiumlegierungen, welche zur Herstellung von spannungsarmem und hochfestem Aluminiumvormaterial geeignet sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung derartiger Aluminiumvormaterialien.

5

Zur Herstellung von komplexen Bauteilen aus Aluminiumplatten durch mechanische Bearbeitung z.B. von Werkzeugen für den Kunststoffspritzguss ist spannungsarmes und hochfestes Vormaterial erforderlich.

10

Die Ursache für Spannungen im Vormaterial sind die Eigenspannungen vom Stranggießprozess, bedingt durch Temperaturgradienten beim Gießen, sowie jene von der Wärmebehandlung, das sind Spannungen bedingt durch den Abschreckvorgang. Spannungen im Vormaterial führen bei der mechanischen Bearbeitung zu einer Beeinträchtigung der Formstabilität und damit zum Verzug des Bauteils. Üblicherweise ist ein Richten auf Grund enger Toleranzen nicht

15

möglich, die Werkstücke müssen ausgeschossen werden.

Für derartige Einsatzzwecke hat sich besonders die ausscheidungshärtbare Aluminiumknetlegierung EN AW-6082, eine Legierung vom Typ AlMgSi1Mn, etabliert. Zur Herstellung von Platten wird dieser Werkstoff im Stranggießverfahren zu Rechteckformaten vergossen und im Anschluss daran zur Einförmung der an den Korngrenzen ausgeschiedenen Legierungselementen sowie zum Ausgleich von Gussseigerungen (d.s. Konzentrationsunterschiede von Legierungselementen) einer ersten Wärmebehandlung (der sogenannten Homogenisierung) unterzogen. Danach erfolgt eine zweite Wärmebehandlung zur Einstellung der mechanischen Eigenschaften. Zwischen der ersten und der zweiten Wärmebehandlung kann ein Umformschritt (z.B. ein Walzen) erfolgen.

20

25

30

35

Stand der Technik ist hier die Durchführung einer Vollaushärtung, umfassend ein Lösungsglühen, ein anschließendes Abschrecken in kaltem Wasser sowie eine danach erfolgende Warmauslagerung. Beim Lösungsglühen wird der Härtebildner Magnesiumsilicid Mg_2Si durch Diffusion im Primärmischkristall bei Temperaturen um $550^{\circ}C$ in Abhängigkeit vom Format während 6 bis 10 Stunden aufgelöst. Mit dem Abschrecken in kaltem Wasser, welches ein Abkühlen auf unter $150^{\circ}C$ in weniger als 20 Sekunden bewirkt, kommt es zu einem Einfrieren des bei Lösungsglühtemperatur eingestellten Gleichgewichtszustandes, der einem Ungleichgewichtszustand bei Raumtemperatur entspricht. Die anschließende Warmauslagerung bei Temperaturen von 150 bis $200^{\circ}C$ während 8 bis 15 Stunden stellt eine gezielte Ausscheidung des Härtebildners zur Einstellung der Festigkeit dar.

40

Derart behandelte Aluminiumbarren besitzen sehr gute mechanische Eigenschaften, sind jedoch für die Verwendung zur mechanischen Bearbeitung auf Grund der durch das Abschrecken in kaltem Wasser vorhandenen Eigenspannungen ungeeignet. Daher werden die Aluminiumbarren einer Kaltumformung zum Abbau des größten Teiles der Eigenspannungen vom Abschreckprozess unterzogen. Dabei werden die Aluminiumbarren im Anschluss zur Wärmebehandlung mittels hydraulischer Anlagen um 1 bis 5% der ursprünglichen Länge gereckt.

45

Nach diesem umfangreichen Verfahren hergestellte Aluminiumplatten zeichnen sich durch gute mechanische Festigkeiten aus, liegen jedoch nur spannungsarm vor, ein Verzug bei der mechanischen Bearbeitung kann dennoch auftreten.

50

Die thermomechanische Belastung solcher Aluminiumplatten z.B. beim Kunststoffspritzgießen führt zu einem stetigen Verlust von Festigkeit und führt damit zu kontinuierlich steigendem Verschleiß des Werkzeuges.

55

Es besteht daher weiterhin ein Bedarf an Aluminiumlegierungen, aus welchen spannungsarmes und hochfestes Aluminiumvormaterial, beispielsweise ein Form Gussplatten, hergestellt werden kann, welches Vormaterial zur mechanischen Weiterbearbeitung zB zur Herstellung von Grund-

platten für Kunststoffspritzgusswerkzeuge geeignet ist.

Es ist daher ein Ziel der vorliegenden Erfindung, Aluminiumlegierungen bereitzustellen, aus welchen spannungsarmes und hochfestes Aluminiumvormaterial hergestellt werden kann. Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung eine Aluminiumlegierung herzustellen, welche bereits aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung spannungsarme und hochfeste Vormaterialien liefern kann. Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, eine Nachbehandlung für ein aus einer erfindungsgemäßen Legierung hergestelltes Vormaterial bereitzustellen, welche gegenüber der aus dem Stand der Technik bekannten Vollaushärtung Vorteile liefert, ua wesentlich wirtschaftlicher und umweltschonender ist, und eine weitere Verbesserung der Festigkeitswerte der erfindungsgemäßen Legierungen ermöglicht.

Diese Ziele werden erfindungsgemäß durch eine Legierung mit der nachstehenden Zusammensetzung erreicht:

5,0 - 5,8 Gew.-% Zink
1,1 - 1,2 Gew.-% Magnesium
0,2 - 0,3 Gew.-% Chrom
0,1 - 0,3 Gew.-% Mangan
0,1 - 0,4 Gew.-% Kupfer
0,05 - 0,15 Gew.-% Titan
0,005 - 0,05 Gew.-% Cer
0,005 - 0,05 Gew.-% Samarium
max. 0,2 Gew.-% Silizium
max. 0,3 Gew.-% Eisen
max. 0,005 Gew.-% Zirkonium
und als Rest Aluminium.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung 5,3 - 5,5 Gew.-% Zink, 0,2 - 0,25 Gew.-% Chrom, 0,2 - 0,3 Gew.-% Mangan und 0,3 - 0,4 Gew.-% Kupfer.

Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung eignet sich zur Herstellung von Aluminiumvormaterial zur nachfolgenden mechanischen Bearbeitung oder zum Einsatz für Kaltfließpressen. Bevorzugt handelt es sich bei dem Aluminiumvormaterial um eine Aluminiumgussplatte.

Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht in einer Nachbehandlung von aus einer erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung hergestelltem Aluminiumvormaterial mit dem Ziel, ein spannungsarmes und hochfestes Aluminiumvormaterial zu erhalten, welches für die nachfolgende mechanische Bearbeitung und den aus dem Vormaterial hergestellten Werkstücken, zB Grundplatten für Kunststoffspritzgusswerkzeuge, vorteilhafte mechanische Eigenschaften sicherstellt.

Diese erfindungsgemäße Nachbehandlung sieht eine erste Wärmebehandlung bei bis zu 480°C, eine Abkühlung auf Raumtemperatur und eine daran anschließende zweite Wärmebehandlung bei bis zu 200°C vor. In bevorzugter Weise erfolgt vor der zweiten Wärmebehandlung eine Kaltauslagerung bei etwa Raumtemperatur während 2 bis 5 Tagen.

Als für die Verbesserung der mechanischen Kennwerte weiters besonders vorteilhaft hat sich eine zweite Wärmebehandlung in zwei Stufen gezeigt. In der ersten Stufe wird dabei bevorzugt eine Temperatur von 80 bis 120° C während einer Dauer von 6 bis 12 Stunden vorgesehen, während in der zweiten Stufe eine Temperatur von 135 bis 150°C während 10 bis 16 Stunden vorgesehen wird.

Diese Ziele und weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung werden nachstehend anhand von Beispielen, welche die Erfindung näher erläutern, aber nicht einschränken, weiter veranschau-

licht.

In der Literatur ist der Effekt der Selbstaushärtung (Kaltaushärtung) von bestimmten Aluminiumlegierungen beschrieben. Besonders die Legierungsgruppe Aluminium-Zink-Magnesium neigt auf Grund der bei Raumtemperatur geringen Löslichkeit von Zink im Primärmischkristall zu diesem Effekt.

Es wurden daher in einer Versuchsserie AlZnMg-Legierungen unterschiedlicher Zusammensetzung im Stranggießverfahren zu Rechteckformaten von 1550 x 250 x 3000 mm vergossen und nach vollständiger Kaltaushärtung auf ihre mechanischen Eigenschaften geprüft. Dazu wurde ein Zugversuch nach EN 10002-5 durchgeführt; die angeführten Werte sind Mittelwerte aus je 20 Zugproben. Die AlZnMg-Legierungen wurden ferner mit der bekannten Referenzlegierung EN AW-6082, welche in der im Stand der Technik üblichen Weise behandelt wurde, verglichen.

Versuch A (nicht erfindungsgemäß)

Es wurde eine Referenzlegierung mit der Zusammensetzung EN 573-3, Werkstoff EN AW-6082, verwendet. Diese Legierung besitzt normgemäß die folgende Zusammensetzung:

0,7 bis 1,3 Gew.-% Silizium
 0,5 Gew.-% Eisen
 0,1 Gew.-% Kupfer
 0,4 bis 1,0 Gew.-% Mangan
 0,6 bis 1,2 Gew.-% Magnesium
 0,25 Chrom
 0,2 Gew.-% Zink
 0,1 Gew.-% Titan
 sonstige Legierungsbestandteile:
 einzeln 0,05 Gew.-%, gesamt 0,15 Gew.-%
 Rest: Aluminium

Die Legierung wurde im Zustand T651, dh lösungsgeglüht, abgeschreckt, 1-3% spannungsarm gereckt, warm ausgehärtet, der mechanischen Prüfung unterzogen. Die dabei erhaltenen mechanischen Kennwerte sind wie folgt:

Zugfestigkeit R_M [MPa]	0,2%-Dehngrenze $R_{P0,2}$ [MPa]	Bruchdehnung A_5 [%]	Brinellhärte HB 10
288	248	7,5	90

Versuch 1 (nicht erfindungsgemäß):

Aluminiumlegierung mit der Zusammensetzung von

4,86 Gew.-% Zink
 0,92 Gew.-% Magnesium
 0,18 Gew.-% Chrom
 0,22 Gew.-% Mangan
 0,09 Gew.-% Titan
 0,21 Gew.-% Silizium
 0,28 Gew.-% Eisen
 0,01 Gew.-% Kupfer
 Rest: Aluminium

Die mit dieser Legierung erreichbaren mechanischen Kennwerte sind wie folgt:

Zugfestigkeit R_M [MPa]	0,2%-Dehngrenze $R_{P0,2}$ [MPa]	Bruchdehnung A5 [%]	Brinellhärte HB 10
297	203	7,8	100

5

Versuch 2 (nicht erfindungsgemäß):

Aluminiumlegierung mit der Zusammensetzung von

- 10 5,18 Gew.-% Zink
 0,94 Gew.-% Magnesium
 0,17 Gew.-% Chrom
 0,21 Gew.-% Mangan
 0,12 Gew.-% Titan
 15 0,16 Gew.-% Silizium
 0,28 Gew.-% Eisen
 0,01 Gew.-% Kupfer
 Rest: Aluminium

20 Die mit dieser Legierung erreichbaren mechanischen Kennwerte sind wie folgt:

Zugfestigkeit R_M [MPa]	0,2%-Dehngrenze $R_{P0,2}$ [MPa]	Bruchdehnung A5 [%]	Brinellhärte HB 10
297	203	7,8	100

25

Versuch 3 (erfindungsgemäß):

Eine Aluminiumlegierung mit der Zusammensetzung von

- 30 5,61 Gew.-% Zink
 1,18 Gew.-% Magnesium
 0,24 Gew.-% Chrom
 0,24 Gew.-% Mangan
 35 0,29 Gew.-% Kupfer
 0,06 Gew.-% Titan
 0,02 Gew.-% Cer
 0,01 Gew.-% Samarium
 0,12 Gew.-% Silizium
 40 0,26 Gew.-% Eisen
 0,001 Gew.-% Zirkonium
 Rest: Aluminium

Die mit dieser Legierung erreichbaren mechanischen Kennwerte sind wie folgt:

45

Zugfestigkeit R_M [MPa]	0,2%-Dehngrenze $R_{P0,2}$ [MPa]	Bruchdehnung A5 [%]	Brinellhärte HB 10
338	255	6,5	115

50

Zur Einstellung der mechanischen Eigenschaften wurden die aus den Legierungen der Versuche 1 bis 3 hergestellten Probenplatten in einem ersten Wärmebehandlungsschritt bei 400 bis 450°C während 40 bis 80 min spannungsarm geglüht, nach einem Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von etwa 200°C/h wurde eine zweite Wärmebehandlung zur Verkürzung der Kaltaushärtung bei Temperaturen von 85 bis 120°C während 24 bis 26 Stunden

55

durchgeführt.

Während der ersten Wärmebehandlung (der Spannungsarmglühung) und der zweiten Wärmebehandlung zur Verkürzung der Kaltaushärtung wurde eine Kaltauslagerung bei etwa Raumtemperatur während 2 bis 5 Tagen durchgeführt, welche eine höhere 0,2%-Dehngrenze im Vormaterial zur Folge hat. Diese Verbesserung in der Dehngrenze wird auf eine vermehrte Ausscheidung der inkohärenten Phase $MgZn_2$ während der Kaltauslagerung zurückgeführt.

Die gegenüber dem üblichen Lösungsglühen wesentlich verkürzte erste Wärmebehandlung, sowie das nicht erforderliche Abschrecken in kaltem Wasser ermöglicht die Herstellung von sehr spannungsarmem Material. Restspannungen, welche bei einer mechanischen Bearbeitung zu Verzug führen würden, traten bei den Musterplatten nicht auf. Ein Recken ist daher nicht erforderlich.

Aus einem Vergleich der Versuche A und 1 bis 3 zeigt sich, dass die Legierungen der Versuche 1 bis 3 der derzeit üblicherweise verwendeten Legierung A hinsichtlich der mechanischen Kennwerte Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Brinellhärte überlegen sind. Dabei zeigt die erfindungsgemäße Legierung sowohl gegenüber der Referenzlegierung als auch gegenüber den Legierungen der Versuche 1 und 2 eine signifikant höhere Zugfestigkeit und zeichnet sich gegenüber der Referenzlegierung durch einen signifikant höheren Wert der Brinellhärte aus.

Versuch 4 (erfindungsgemäß)

Eine Aluminiumgussplatte aus einer Legierung mit der Zusammensetzung des Versuchs 3 wurde einer Nachbehandlung entsprechend Versuch 3 unterzogen, mit dem Unterschied, dass die zweite Wärmebehandlung in zwei Stufen ausgeführt wurde. Die erste Stufe umfasste dabei eine Wärmebehandlung bei etwa 90° C während 8 bis 10 Stunden; die zweite Stufe umfasste eine Wärmebehandlung bei etwa 145°C während 14 bis 16 Stunden.

Die mit dieser Legierung erreichbaren mechanischen Kennwerte sind wie folgt:

Zugfestigkeit R_M [MPa]	0,2%-Dehngrenze $R_{P0,2}$ [MPa]	Bruchdehnung A5 [%]	Brinellhärte HB 10
351	305	2,6	130

Aus Versuch 4 ist ersichtlich, dass bei der erfindungsgemäßen Legierung durch eine zweite Wärmebehandlung, welche in zwei Stufen erfolgt, eine weitere signifikante Verbesserung der im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung interessanten mechanischen Kennwerte erzielt werden kann.

Längere Behandlungszeiten führen zu keiner nennenswerten Verbesserung der mechanischen Kennwerte. Ein Anheben der Temperatur in der zweiten Stufe auf beispielsweise 160°C brachte ebenfalls keine Verbesserung und führte im Gegenteil zu einem Verlust an Festigkeit.

Die zur Erzielung der gewünschten mechanischen Kennwerte vorteilhaften Temperaturen der Wärmebehandlungen sowie die dazu erforderliche Dauer der jeweiligen Wärmebehandlungen können innerhalb der in den Patentansprüchen angeführten Bereiche in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der jeweiligen erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung variieren. Die für die jeweilige erfindungsgemäße Legierung optimalen Parameter können vom Fachmann durch in seinem Können liegende Versuche jedoch einfach ermittelt werden.

Die im Vergleich zur Referenzlegierung höhere Härte erhöht die Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischer Belastung im Einsatz, die Eigenschaft der Kaltaushärtung bei den erfindungsgemäßen Legierungen führt nach thermischer Belastung zu einem Ausheileffekt der

mechanischen Eigenschaften. Die Haltbarkeit von z.B. Werkzeugen für das Kunststoffspritzgießen wird dadurch wesentlich erhöht.

Die hohe Härte der erfindungsgemäßen Legierungen im kaltausgehärteten Zustand sowie deren gegenüber der Referenzlegierung signifikant verringerte Bruchdehnung bringen ferner bei der spanenden Bearbeitung sehr kurz brechende Späne, die erreichbare Oberflächenqualität, charakterisiert durch Rautiefe und den optischen Eindruck, ist daher im Vergleich zur Referenzlegierung verbessert.

Die erfindungsgemäßen Legierungen eignen sich ferner auf Grund der tiefen Gehalte von Silizium und Mangan hervorragend zur dekorativen anodischen Oxidation. Der Chromgehalt reduziert die Neigung der erfindungsgemäßen Legierung zur Spannungsrisskorrosion auf ein Minimum, hat jedoch aufgrund des Maximalgehalts von 0,3 Gew.-% keinen negativen Einfluss auf die anodische Oxidation.

Patentansprüche:

1. Aluminiumlegierung, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie
 - 5,0 - 5,8 Gew.-% Zink
 - 1,1 - 1,2 Gew.-% Magnesium
 - 0,2 - 0,3 Gew.-% Chrom
 - 0,1 - 0,3 Gew.-% Mangan
 - 0,1 - 0,4 Gew.-% Kupfer
 - 0,05 - 0,15 Gew.-% Titan
 - 0,005 - 0,05 Gew.-% Cer
 - 0,005 - 0,05 Gew.-% Samarium
 - max. 0,2 Gew.-% Silizium
 - max. 0,3 Gew.-% Eisen
 - max. 0,005 Gew.-% Zirkonium
 - und als Rest Aluminium umfasst.
2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie
 - 5,3 - 5,5 Gew.-% Zink
 - 0,2 - 0,25 Gew.-% Chrom
 - 0,2 - 0,3 Gew.-% Mangan
 - 0,3 - 0,4 Gew.-% Kupfer
 - umfasst.
3. Verfahren zur Herstellung von Aluminiumvormaterial aus einer Aluminiumlegierung nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Nachbehandlung eine erste Wärmebehandlung bei bis zu 480°C, eine Abkühlung auf Raumtemperatur und eine daran anschließende zweite Wärmebehandlung bei bis zu 200°C umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass vor der zweiten Wärmebehandlung eine Kaltauslagerung bei etwa Raumtemperatur während 2 bis 5 Tagen erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die zweite Wärmebehandlung in zwei Stufen erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass in der ersten Stufe eine Temperatur von 80 bis 120° C während einer Dauer von 6 bis 12 Stunden vorgesehen wird und in der zweiten Stufe eine Temperatur von 135 bis 150°C während 10 bis 16 Stunden vorgesehen wird.

Keine Zeichnung

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55