

(19)



(11)

**EP 3 365 472 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.06.2019 Patentblatt 2019/25**

(51) Int Cl.:  
**C22C 21/02** <sup>(2006.01)</sup>      **C22C 21/06** <sup>(2006.01)</sup>  
**C22F 1/043** <sup>(2006.01)</sup>      **C22F 1/047** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **16781290.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2016/001701**

(22) Anmeldetag: **13.10.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2017/067647 (27.04.2017 Gazette 2017/17)**

(54) **ALUMINIUMLEGIERUNG**

ALUMINIUM ALLOY

ALLIAGE D'ALUMINIUM

(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**

- **BEYER, Tobias**  
**45359 Essen (DE)**
- **KOCH, Hubert**  
**46282 Dorsten (DE)**
- **ROSEFORT, Marcel**  
**47051 Duisburg (DE)**

(30) Priorität: **19.10.2015 DE 102015013540**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.08.2018 Patentblatt 2018/35**

(74) Vertreter: **Flaccus, Rolf-Dieter**  
**Flaccus · Müller-Wolff**  
**Patentanwälte**  
**Bussardweg 10**  
**50389 Wesseling (DE)**

(73) Patentinhaber: **TRIMET Aluminium SE**  
**45356 Essen (DE)**

(72) Erfinder:  
 • **MATTHIES, Christiane**  
**46240 Bottrop (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2015/077880 JP-A- H04 325 643**

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).

**EP 3 365 472 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlegierung für Bauteile mit erhöhter Wärmestabilität. Die aus der Legierung hergestellten Bauteile zeichnen sich durch eine hohe Festigkeit und Härte nach hoher Wärmebeaufschlagung aus. Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung ist insbesondere zur Herstellung von Bauteilen der genannten Art mittels Strangpressen, Schmieden oder Gießen in Dauerformen, sowie zur Weiterverarbeitung der so hergestellten Bauteile mittels thermischer Fügeverfahren geeignet. Die Erfindung bezieht sich ferner auf Bauteile, welche mittels der genannten Legierung hergestellt werden, und auf die Verwendung dieser Aluminiumlegierung zur Herstellung von Bauteilen, insbesondere von Bauteilen für die Automobilindustrie.

**[0002]** Strangpressen und Formgießen sind zwei der wirtschaftlichsten Formgebungsverfahren für Aluminiumlegierungen.

**[0003]** Beim Strangpressen werden die Gestaltungsmöglichkeiten vor allem durch die Art der Legierung, die verfügbaren Prozesskräfte und die Pressrichtung beeinflusst und begrenzt. Ein weiterer wichtiger Parameter bei der Formgebung mittels Strangpressen ist die Presstemperatur, deren Höhe durch die jeweilige Legierungszusammensetzung begrenzt wird, insbesondere durch deren Widerstandsfähigkeit gegen Wärmebeaufschlagung. Da es bei der Umformung zu einer lokalen Erwärmung der Legierung kommen kann, können vor allem im Bereich der Werkzeugeinlaufkanten Anschmelzungen entstehen, wodurch die mechanischen Eigenschaften des Strangpresserzeugnisses beeinträchtigt werden. Die veröffentlichte Anmeldung WO 2015/077880 offenbart eine Legierung mit erhöhter Wärmestabilität, die mittels Strangpressen hergestellt ist.

**[0004]** Beim Druckgießen werden die Gestaltungsgrenzen vor allem durch die anzustrebende möglichst einfache Bauteilgeometrie beeinflusst, da das Verfahren ohne einlegbare Kerne auskommen muss.

**[0005]** Die Qualität des Strangpressteils hängt außer von der Maschineneinstellung und der Werkzeuggestaltung (Matrizengeometrie) maßgeblich vom gewählten Legierungssystem ab. Für Strangpressprodukte finden insbesondere AlMn(Cu) und AlMgSi-Legierungssysteme eine breite Anwendung (F. OSTERMANN: "Anwendungstechnologie Aluminium", 3. Aufl., S. 456-457; Berlin 2014). Die chemische Zusammensetzung und Gefügestruktur besitzen auch bei den Dauerformverfahren, insbesondere beim Druckgießen, eine entscheidende Rolle im Hinblick auf die späteren anwendungstechnologisch relevanten Bauteileigenschaften.

**[0006]** Bei der Formgebung durch Schmieden kann es - insbesondere bei zu hohen Umformungsgeschwindigkeiten - infolge der Umformarbeit ebenfalls zu einer Temperaturzunahme kommen. Dabei können im Werkstück lokale Überhitzungen auftreten, welche die Gefügestruktur und die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigen. Auch bei diesem Formgebungsverfahren ist der Einfluss der Legierungszusammensetzung von wesentlicher Bedeutung. Auch beim Gestalten von Schmiedeteilen sind prozessbedingte Gestaltungsregeln zu beachten, welche die Formgebungsmöglichkeiten einschränken.

**[0007]** Wie vorstehend beschrieben, sind der Gestaltungsfreiheit bei den erwähnten Formgebungsverfahren (Strangpressen, Formgießen, Schmieden) Grenzen gesetzt, welche technisch oder ökonomisch bedingt sein können. Jedoch kommen, insbesondere im Bereich der Automobilindustrie, immer komplexer werdende Bauteile und Bauteilgruppen zur Anwendung, welche durch Formgebungsverfahren wie Strangpressen oder Formgießen nicht oder nicht wirtschaftlich hergestellt werden können.

**[0008]** Durch die Weiterentwicklung geeigneter Fügeverfahren, insbesondere Schweißen oder Löten, haben sich die Anwendungsbereiche für Komponenten aus Aluminiumlegierungen stark erweitert, da sich auf diese Weise auch komplexer aufgebaute Bauteile und Bauteilgruppen herstellen lassen.

**[0009]** Da hierbei in der Regel thermische Fügeverfahren wie Schweißen oder Löten zum Einsatz kommen, sind die Zuverlässigkeit des Werkstoffs und seine Stabilität bei der dabei auftretenden thermischen Beanspruchung wesentliche Voraussetzungen. Die Widerstandsfähigkeit des Werkstoffs gegenüber kurzzeitiger Temperaturbeanspruchung hat sowohl Bedeutung bei einer unbeabsichtigten wie auch bei einer beabsichtigten Erwärmung einer Konstruktion, beispielsweise beim Löten oder Schweißen.

**[0010]** Allgemein wurde bereits in der Vergangenheit der Entwicklung von Aluminiumlegierungen mit ausgeprägter Warmfestigkeit bei hohen Verarbeitungs- und Betriebstemperaturen für anspruchsvolle Bauteile vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt. Vor allem in der Automobilindustrie besteht die Forderung nach Werkstoffstabilität, insbesondere im Hinblick auf Festigkeit und Härte, nach Verarbeitung mittels Verfahren mit möglichst hoher Temperaturbeaufschlagung.

**[0011]** In diesem Zusammenhang werden auch zunehmend Aluminiumlegierungen gefordert, die für Bauteile geeignet sind, welche nach Durchlauf des Produktionsprozesses keiner weiteren Wärmebehandlung bedürfen, um die gewünschten mechanischen Eigenschaften zu erzielen.

**[0012]** Eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen thermische Beanspruchung ist auch aufgrund der immer höher werdenden Betriebstemperaturen, z. B. bei Motorkomponenten wie Kolben, von größter Bedeutung. Auch auf diesem Anwendungsgebiet werden günstige Festigkeitseigenschaften bei erhöhten Temperaturen gefordert, zusätzlich zu weiteren geforderten Eigenschaften wie hohe Verschleißfestigkeit, geringe Dichte, geringe Temperaturexpansion und gute Gießbarkeit. Diese Forderungen können bisher nur mit Gusslegierungen mit relativ hohen Si-Gehalten und Bei-

mengungen von Cu erfüllt werden. Allerdings sind derartige Legierungen aufgrund der Neigung zur Bildung von Luft-einschlüssen für Druckgießverfahren wenig geeignet.

**[0013]** Unter Warmfestigkeit wird allgemein die Festigkeit des Werkstoffs bei erhöhten Temperaturen verstanden. Höchste Warmfestigkeitswerte zeigen u. a. die Legierungen des 2xxx-Typs (AlCu). Die Warmfestigkeit wird u. a. durch erhöhte Anteile von Si, Cu, Ni oder Fe erreicht, wodurch allerdings eine Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften (z. B. Bruchzähigkeit) bewirkt wird (F. OSTERMANN, a.a.O., S. 300-303).

**[0014]** Bei höheren Temperaturen kann es nicht nur zu einer irreversiblen Veränderung der Gefügestruktur und damit zu einer irreversiblen Verminderung der Festigkeit kommen, sondern auch zu Kriechvorgängen, wobei sich der Werkstoff bzw. das Bauteil langsam plastisch verformt. Aluminiumwerkstoffe mit günstigen Kriecheigenschaften finden sich unter den Legierungen der 3xxx-, 5xxx- und 6xxx-Legierungssysteme (F. OSTERMANN: "Anwendungstechnologie Aluminium", 3. Aufl., S. 300-304; Berlin 2014). Für Verbindungstechniken wie Schweißen oder Löten kommen in der Regel Aluminiumlegierungen des Typs 4xxx zur Anwendung.

**[0015]** Üblicherweise werden die geforderten mechanischen Eigenschaften, insbesondere eine hohe Härte, dadurch erreicht, dass den Legierungen Kupfer oder Zink zugesetzt wird. Außerdem werden diese Legierungen einer Wärmebehandlung unterzogen, um durch die Aushärtungseffekte eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften zu erzielen. Hierbei werden metastabile Phasen gebildet, um Versetzungsbewegungen bei Kraftbeaufschlagung entgegenzuwirken. Alternativ werden auch Al-Mn-Legierungen eingesetzt.

**[0016]** Voraussetzung für die Lötbarkeit einer Legierung ist, dass die Solidustemperatur des Werkstoffs oberhalb der Liquidustemperatur des Lotes liegt. Beim Hartlöten liegt die Arbeitstemperatur im Allgemeinen bei 440 bis 600 °C; beim Weichlöten liegt die Arbeitstemperatur unterhalb von 440 °C.

**[0017]** Das Temperaturprofil des Hartlötprozesses beeinflusst die mechanischen Eigenschaften erheblich. Wenn Temperaturen nahe des Soliduspunktes verwendet werden, führt dies zu einer Erweichung des Werkstoffs. Ein Festigkeitsgewinn kann nur durch nachträgliche Kalt- oder Warmaushärtung bei schneller Abkühlung der Konstruktion erreicht werden.

**[0018]** Die Zahl der hartlötbaren Aluminiumlegierungen ist sehr begrenzt. Dies resultiert aus der oben erwähnten Bedingung, wonach die Solidustemperatur des Werkstoffs oberhalb der Liquidustemperatur des Hartlotes liegen muss. Gängige Al-Mn-Legierungen sind zwar weniger anfällig in Bezug auf Wärmeeinwirkungen, zeigen jedoch bei Verarbeitungstemperaturen nahe dem Soliduspunkt ebenfalls Defizite bei der Härtestabilität.

**[0019]** Ferner sind Aluminiumlegierungen für Hochtemperaturanwendungen bekannt, welche Zusätze von Legierungselementen aus der Gruppe der Seltenerdmetalle enthalten (z. B. Sc, Er). Diese bilden in der Aluminiummatrix Dispersoide (z. B. vom Typ Al<sub>3</sub>Er), wodurch eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften bei erhöhten Betriebstemperaturen erreicht werden soll. Aus EP 2 110 452 A1 ist eine derartige Legierung bekannt, die einen hohen Cu-Gehalt aufweist (1,0 bis 8,0 Gew.-%), jedoch kein Zn enthält.

**[0020]** Im Hinblick auf die vorstehend beschriebenen Anforderungen lag der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Aluminiumlegierung bereitzustellen, die zum Strangpressen, Schmieden und zum Gießen in Dauerformen (insbesondere Druckgießen) geeignet ist, und welche gut gießbar ist und im Gußzustand sowie bei kurzzeitiger, starker Wärmebeaufschlagung eine hohe Härte aufweist. Darüber hinaus soll die Legierung gute Fügeigenschaften, insbesondere gute Hartlötbarekeit, und eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Außerdem soll die Legierung zur Herstellung von Bauteilen für die Automobilindustrie, insbesondere von Bauteilen mit erhöhter Warmfestigkeit geeignet sein.

**[0021]** Diese Aufgaben werden mit einer Aluminiumlegierung gemäß Hauptanspruch sowie durch die in den abhängigen Ansprüchen angegebenen Ausführungsformen gelöst, sowie durch die Bauteile, die unter Verwendung der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierung hergestellt werden, und die wahlweise mittels Fügeverfahren, insbesondere thermischer Fügeverfahren, weiterverarbeitet werden.

**[0022]** Mit der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung lässt sich bei Strangpressprofilen, aber auch bei Schmiede- und Druckgussteilen, im Herstellungs- bzw. Gusszustand bei guten Werten für die Härte eine hohe Wärmestabilität erzielen. Die Legierung ist deshalb vor allem zur Herstellung von temperaturbelasteten Bauteilen für die Automobilindustrie und/oder zur Weiterverarbeitung mittels Fügeverfahren, insbesondere thermischer Fügeverfahren wie Hartlöten oder Schweißen, geeignet. (Aufgrund der erhöhten Wärmestabilität der Legierung können Strangpressverfahren oder andere Umformverfahren mit höherer Prozessgeschwindigkeit oder höheren Drücken durchgeführt werden, ohne dass lokale Überhitzungen im Werkstück auftreten.)

**[0023]** Die erfindungsgemäße Legierung weist folgende Zusammensetzung auf:

0,2 bis 1,8 Gew.-% Si  
 0,2 bis 1,8 Gew.-% Mg  
 0,8 bis 2,5 Gew.-% Mn  
 0,2 bis 1,5 Gew.-% Fe  
 0,05 bis 0,75 Gew.-% Zr  
 0,03 bis 0,18 Gew.-% Ti.

## EP 3 365 472 B1

**[0024]** Zusätzlich kann die Legierung wahlweise noch eines oder mehrere der nachfolgenden Elemente in den nachfolgend angegebenen Anteilen enthalten:

5 max. 0,1 Gew.-% Cr  
max. 0,05 Gew.-% Cu  
0,2 bis 1,8 Gew.-% Zn  
0,02 bis 0,5 Gew.-% Er.

**[0025]** Ferner kann die Legierung wahlweise ein Ti und B enthaltendes Kornfeinungsmittel in einem Anteil von 0,01 bis 0,2 Gew.-% enthalten. Die angegebene Zusammensetzung der Legierung bleibt hiervon unberührt. Bevorzugt wird das Kornfeinungsmittel bei der Herstellung der Legierung in Form einer Aluminium-Vorlegierung, welche die genannten Komponenten enthält, zugegeben.

**[0026]** Der Rest besteht aus Aluminium und unvermeidbaren Verunreinigungen. Vorzugsweise beträgt der Anteil solcher Verunreinigungen max. 0,05 Gew.-% (einzeln) bzw. max. 0,15 Gew.-% (insgesamt).

**[0027]** Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die Beschränkung des Cu-Gehalts auf maximal 0,05 Gew.-% bewirkt, dass der Soliduspunkt der Legierung nicht unter 610 °C fällt. Vorzugsweise wird der Cu-Gehalt auf maximal 0,03 Gew.-% beschränkt. Des Weiteren wurde gefunden, dass durch die Einstellung des Mn-Gehalts im Bereich von 0,8 bis 1,5 Gew.-% Mn, bevorzugt 1,2 bis 1,5 Gew.-%, eine hohe Gestaltfestigkeit bei erhöhter Temperatur sichergestellt werden kann, so dass beim Entformen mit sehr geringem bis gar keinem Verzug zu rechnen ist. Bei den erfindungsgemäß verwendeten Mn-Gehalten wird außerdem bei Herstellung mittels Gießverfahren, insbesondere beim Druckgießen, das Kleben in der Form verhindert und die Entformbarkeit gewährleistet.

**[0028]** Ferner hat sich überraschenderweise gezeigt, dass durch die Einstellung des Eisen/Mangan-Verhältnisses (bezogen auf die Gewichtsanteile) im Bereich von 0,5 bis 0,7, insbesondere im Bereich von 0,6 bis 0,7, eine Verbesserung der Gießbarkeit der Legierung bewirkt wird. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Fe/Mn-Verhältnis 2:3 beträgt (= 0,67).

**[0029]** Der bevorzugte Silizium-Gehalt beträgt 0,6 bis 0,8 Gew.-%, insbesondere 0,7 Gew.-%. Bezüglich des Si-Gehalts hat sich außerdem gezeigt, dass sich eine Einstellung des Si/Mg-Verhältnisses im Bereich von 0,9 bis 1,1 günstig auf die Härte der Legierung und auf die Gießbarkeit auswirkt. Für optimale Härte und Gießbarkeit sollte vorzugsweise ein Si/Mg-Verhältnis von 1:1 eingehalten werden.

**[0030]** Der bevorzugte Zirkongehalt beträgt 0,08 bis 0,35 Gew.-%, insbesondere 0,1 bis 0,3 Gew.-%. Bezüglich des Zr-Gehalts wurde außerdem gefunden, dass die Wärmestabilität und Gießbarkeit der Legierung noch weiter gesteigert werden können, wenn das Ti/Zr-Verhältnis im Bereich von 0,15 bis 1 liegt, vorzugsweise 1:4 beträgt (= 0,25).

**[0031]** Der Fe-Gehalt liegt bei 0,2 bis 1,5 Gew.-%, vorzugsweise bei 0,2 bis 1,0 Gew.-%, insbesondere 0,2 bis 0,8 Gew.-%. Bevorzugt wird der Fe-Gehalt in Abhängigkeit vom Fe-Gehalt eingestellt, wie oben erläutert (Fe/Mn-Verhältnis).

**[0032]** Der Mg-Gehalt liegt im Bereich von 0,2 bis 1,8 Gew.-% Mg, vorzugsweise bei 0,2 bis 1,2 Gew.-%, insbesondere 0,2 bis 0,9 Gew.-%, und beträgt besonders bevorzugt 0,7 Gew.-%. Bevorzugt wird der Mg-Gehalt in Abhängigkeit vom Si-Gehalt eingestellt, wie oben erläutert (Si/Mg-Verhältnis).

**[0033]** Der Ti-Gehalt liegt im Bereich von 0,03 bis 0,18 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,05 bis 0,1 Gew.-%. Bevorzugt wird der Ti-Gehalt in Abhängigkeit vom Zr-Gehalt eingestellt, wie oben erläutert (Ti/Zr-Verhältnis).

**[0034]** Ferner hat sich überraschenderweise gezeigt, dass durch Zugabe von Erbium (Er) die Wärmestabilität der Legierung zusätzlich gesteigert werden kann. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält die erfindungsgemäße Legierung deshalb Erbium als weiteres Legierungselement. Die erwünschte Wirkung wird durch Zugabe von 0,02 bis 0,5 Gew.-% Er erreicht. Bevorzugt liegt dieser Anteil im Bereich von 0,02 bis 0,3 Gew.-% Er.

**[0035]** Des Weiteren hat sich überraschenderweise gezeigt, dass durch Zugabe von Zink (Zn) die Wärmestabilität der Legierung weiter gesteigert werden kann. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält die erfindungsgemäße Legierung deshalb Zink als weiteres Legierungselement. Der optionale Zn-Gehalt liegt im Bereich von 0,2 bis 1,8 Gew.-% Zn; er beträgt vorzugsweise 0,4 bis 0,8 Gew.-%, insbesondere 0,5 bis 0,7 Gew.-%. Gemäß weiteren Ausführungsformen liegt der Zn-Gehalt im Bereich von 0,4 bis 1,2 Gew.-%, vorzugsweise von 0,6 bis 1,2 Gew.-%, insbesondere bei 1 Gew.-%.

**[0036]** Des Weiteren wurde überraschenderweise gefunden, dass die Legierungselemente Zn und Er, wenn sie kombiniert eingesetzt werden, eine weitere Steigerung der Wärmestabilität ermöglichen. Insbesondere bei kombinierter Zugabe von 0,02 Gew.-% bis 0,5 Gew.-% Er und 0,2 bis 1,8 Gew.-% Zn, vorzugsweise 0,4 bis 0,8 Gew.-% Zn, lässt sich eine solche Steigerung erzielen.

**[0037]** Bevorzugt wird bei der erfindungsgemäßen Legierung eine Kornfeinung durchgeführt, wobei ein Ti und B enthaltendes Kornfeinungsmittel verwendet wird. Der Anteil des Kornfeinungsmittels in der erfindungsgemäßen Legierung beträgt vorzugsweise 0,5 bis 2 kg/t, besonders bevorzugt 1,5 kg/t.

**[0038]** Vorzugsweise wird als Kornfeinungsmittel eine Aluminium-Vorlegierung verwendet, welche Ti und B enthält (Rest: Aluminium), und welche bei der Herstellung der Legierung in einem Anteil von vorzugsweise 0,5 bis 2 kg/t, besonders bevorzugt 1,5 kg/t, zugesetzt wird. In einer solchen Al-Vorlegierung sind Ti und B im wesentlichen in kristalliner

## EP 3 365 472 B1

oder partikulärer Form enthalten, die als Kristallisationskeime dienen können (z. B. TiB<sub>2</sub>, Al<sub>3</sub>Ti, AlTi<sub>5</sub>B<sub>1</sub>, AlTi<sub>6</sub>).

**[0039]** Vorzugsweise enthält die Vorlegierung 2,7 bis 3,2 Gew.-% Ti, insbesondere 2,9 bis 3,1 Gew.-% Ti, sowie 0,6 bis 1,1 Gew.-% B, insbesondere 0,8 bis 0,9 Gew.-% B; der Rest ist jeweils Aluminium.

**[0040]** Des Weiteren wird bevorzugt, dass das Gewichtsverhältnis Ti/B in der Vorlegierung 2,5 bis 3,5, insbesondere 3:1 (= 3,0) beträgt.

**[0041]** Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung und die daraus hergestellten Bauteile zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine Brinell-Härte von mindestens 55 HBW<sub>5/250</sub>, vorzugsweise mindestens 65 HBW<sub>5/250</sub>, besonders bevorzugt von mindestens 80 HBW<sub>5/250</sub> aufweisen.

**[0042]** Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung und die daraus hergestellten Bauteile zeichnen sich ferner durch eine Solidustemperatur von  $\geq 610$  °C aus, insbesondere  $\geq 630$  °C.

**[0043]** Je nach Einsatzbereich oder Anforderungsprofil kann die erfindungsgemäße Legierung wahlweise einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Diese wird vorzugsweise während einer Zeitdauer von 2 bis 42 h, insbesondere 6 bis 24 h, bei einer Temperatur im Bereich von 325 bis 425 °C, insbesondere 350 bis 400 °C durchgeführt. Anschließend erfolgt eine Luftabkühlung, oder die wärmebehandelte Legierung wird in einem geeigneten gasförmigen (z. B. Luft oder Inertgas) oder flüssigem Medium (z. B. Wasser oder Öl) abgeschreckt. Die bevorzugte Wärmebehandlung erfolgt bei 6-24 h und 350-400 °C mit anschließender Luftabkühlung.

**[0044]** Die erfindungsgemäße Legierung kann zur Herstellung von Bauteilen für die verschiedensten Anwendungsbereiche verwendet werden, vorzugsweise für Einsatzzwecke in der Automobilindustrie. Die erfindungsgemäße Legierung, insbesondere die wärmebehandelte Legierung (s. o.), eignet sich zur Herstellung von Bauteilen, die hohen Betriebstemperaturen - z. B. bis 250 °C oder bis 300 °C - ausgesetzt sind (z. B. Motor- oder Getriebekomponenten, wie Kolben, Zylinderköpfe, Motorblöcke, Getriebegehäuse, Wärmetauscher).

**[0045]** Des Weiteren eignet sich die erfindungsgemäße Legierung vor allem für Bauteile, die mittels thermischer Fügeverfahren, wie Löten (insbesondere Hartlöten) oder Schweißen, weiterverarbeitet werden. Die erfindungsgemäße Legierung eignet sich zum Löten von Aluminiumbauteilen mit Flussmittel, beispielsweise in der Automobilindustrie und Klimatechnik, sowie für Prozesse in Lotöfen; insbesondere für die Herstellung von Wärmetauschern.

**[0046]** Die Erfindung erstreckt sich somit auf Bauteile, die aus einer Legierung - wie oben näher definiert - hergestellt werden. Bevorzugt erfolgt die Herstellung durch Gießen in Dauerformen, insbesondere durch Druckgießen, oder durch Strangpressen, oder durch Schmieden. Falls erforderlich, können die Bauteile mittels weiterer Verfahren, insbesondere thermischer Fügeverfahren (z. B. Löten, Schweißen) oder durch Schmieden, weiterverarbeitet werden, um komplexere Baugruppen oder Bauteile mit komplexen Geometrien zu erhalten.

**[0047]** Allgemein kann die Wärmebeständigkeit der aus der erfindungsgemäßen Legierung hergestellten Bauteile, falls erwünscht, noch weiter gesteigert werden, indem diese einer Warmauslagerung unterzogen werden. Darüber hinaus kann durch eine derartige Wärmebehandlung eine Steigerung der Brinell-Härte erreicht werden.

**[0048]** Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass die bei den mit der erfindungsgemäßen Legierung hergestellten Bauteilen bereits im Herstellungszustand vorhandene hohe Härte (typischerweise im Bereich von 50 bis 70 HBW<sub>5/250</sub>) noch weiter gesteigert werden kann, indem eine Wärmebehandlung bei 150 bis 240 °C, vorzugsweise 180 bis 220 °C, besonders bevorzugt bei 200 °C, während einer Zeitdauer von 4 h bis 72 h, vorzugsweise 8 bis 24 h, besonders bevorzugt 8 bis 12 h, durchgeführt wird. Nach einer derartigen Wärmebehandlung weisen die Bauteile einen erhöhten Brinell-Wert (HBW<sub>5/250</sub>) auf, der typischerweise dem 1,1- bis 1,5 fachen des anfänglichen Wertes (vor der Wärmebehandlung) entspricht. Auch eine noch stärkere Steigerung der Härte ist möglich.

**[0049]** Mit einer Wärmebehandlung, wie vorstehend beschrieben, können Bauteile erhalten werden, die eine Brinell-Härte (HBW<sub>5/250</sub>) von mindestens 70, vorzugsweise von mindestens 80 aufweisen. Bevorzugt weisen die so hergestellten Bauteile eine Brinell-Härte im Bereich von 70 bis 120, insbesondere im Bereich von 75 bis 95, auf.

**[0050]** Die erfindungsgemäßen Legierungen und die daraus hergestellten Bauteile zeichnen sich durch eine hohe Wärmestabilität bei hoher Wärmebeaufschlagung, auch über längere Zeiträume, aus. Infolgedessen sind die mechanischen Eigenschaften, vor allem die Härte, weitgehend stabil gegen solche Temperatureinflüsse.

**[0051]** Unter dem Einfluss erhöhter Temperaturen zeigen die aus der erfindungsgemäßen Legierung hergestellten Bauteile im Allgemeinen das nachfolgend beschriebene Verhalten hinsichtlich der temperaturabhängigen Veränderung der Härte (Brinell-Härte):

- durch eine Wärmebeaufschlagung der Bauteile bei 150 bis 240 °C, vorzugsweise 180 bis 220 °C, besonders bevorzugt bei 200 °C, während einer Zeitdauer von 4 h bis 72 h, vorzugsweise 8 bis 24 h, besonders bevorzugt 8 bis 12 h, wird allgemein eine Zunahme der Härte bewirkt. Aufgrund der Zunahme weisen die Bauteile einen Brinell-Wert auf, der zumindest dem 1,1- bis 1,5fachen des anfänglichen Brinell-Wertes (HBW<sub>5/250</sub>) entspricht. Auch eine länger andauernde Wärmebehandlung (z. B. mehr als 3 d, bis zu 30 d oder noch länger), wie sie beispielsweise während der Verwendung oder im Betriebszustand der Bauteile vorkommen kann, hat keine nachteiligen Auswirkungen auf die Härte oder die sonstigen mechanischen Eigenschaften der Bauteile.

## EP 3 365 472 B1

- wird die Wärmebeaufschlagung bei den vorstehend angegebenen Temperaturen über einen längeren Zeitraum (> 3 d, insbesondere 4 d, oder auch länger, z. B. 30 d) durchgeführt, so weisen die Bauteile danach eine Brinell-Härte auf, die zumindest dem 1- bis 1,3fachen des anfänglichen Brinell-Wertes (HBW5/250) entspricht. Vorzugsweise tritt auch bei länger andauernder Wärmebeaufschlagung (3 d oder länger, insbesondere 4 d oder länger, z. B. 30 d) bei den oben angegebenen Temperaturen keine Verschlechterung der Härte auf. Zumindest werden die anfänglich vorhandenen Härteeigenschaften im Wesentlichen beibehalten, sofern nicht - wie beschrieben - eine Steigerung der Härte bewirkt wird.
- durch eine Wärmebeaufschlagung der Bauteile bei 260 bis 350 °C, vorzugsweise 280 bis 320 °C, besonders bevorzugt bei 300 °C, während einer Zeitdauer von 4 h bis 72 h, vorzugsweise 8 bis 24 h, besonders bevorzugt 8 bis 12 h, wird lediglich eine leichte Abnahme der Härte bewirkt. Im Allgemeinen beträgt die Brinell-Härte nach einer solchen Wärmebehandlung noch 80-95% des anfänglichen Wertes (d. h. bezogen auf den Herstellungszustand). Vorzugsweise tritt auch bei länger andauernder Wärmebeaufschlagung (3 d oder länger, insbesondere 4 d oder länger, z. B. bis zu 30 d) bei den vorstehend angegebenen Temperaturen keine weitere Veränderung der Brinell-Härte auf (d. h. sie bleibt im wesentlichen konstant bei ca. 80-95% des anfänglichen Wertes).

**[0052]** Eine weitere wichtige und vorteilhafte Eigenschaft der erfindungsgemäßen Legierung besteht darin, dass die damit hergestellten Bauteile vorübergehend einer Temperatur ausgesetzt werden können, die nahe am Soliduspunkt liegt, ohne dass dadurch eine wesentliche Beeinträchtigung der Härte oder der sonstigen mechanischen Eigenschaften verursacht wird. Diese Wärmestabilität ist von praktischer Bedeutung, da Bauteile einer derartigen Temperaturbelastung ausgesetzt werden, wenn sie beispielsweise mittels thermischer Fügeverfahren (insbesondere Hartlöten oder Schweißen) weiterverarbeitet werden.

**[0053]** Die mit der erfindungsgemäßen Legierung hergestellten Bauteile können kurzzeitig ( $\leq 30$  min, vorzugsweise  $\leq 20$  min, insbesondere  $\leq 15$  min) mit einer Temperatur von 400 bis 650 °C, bevorzugt 400 bis 620 °C, insbesondere 400 bis 610 °C, beaufschlagt werden, ohne dass dadurch eine relevante Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften, insbesondere der Härte, verursacht wird. Nach einer Temperaturbeaufschlagung, wie vorstehend angegeben, wird lediglich eine leichte Abnahme der Härte beobachtet. Im Allgemeinen beträgt die Brinell-Härte nach einer solchen kurzzeitigen Wärmebeaufschlagung noch 70-95% des anfänglichen Wertes (Herstellungszustand).

**[0054]** Die erfindungsgemäße Legierung und die daraus hergestellten Bauteile erfüllen somit die eingangs erwähnten Anforderungen, insbesondere in Bezug auf Wärmestabilität bei hoher Wärmebeaufschlagung.

**[0055]** Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung eignet sich vor allem zur Herstellung von Bauteilen für die Automobilindustrie durch Druckgießen, Schmieden oder Strangpressen, wobei die Bauteile wahlweise mittels Fügeprozessen weiterverarbeitet werden können, insbesondere mittels thermischer Fügeprozesse.

**[0056]** Die erfindungsgemäße Aluminiumlegierung kann vorzugsweise zur Herstellung solcher Bauteile verwendet werden, die während ihrer Herstellung, ihrer weiteren Verarbeitung oder bei der späteren Verwendung erhöhten Temperaturanforderungen ausgesetzt sind, beispielsweise Motor- oder Getriebekomponenten (z. B. Kolben, Zylinderköpfe, Motorblöcke, Getriebegehäuse etc.), Wärmetauscher, aber auch Fahrwerksbauteile und Karosseriebauteile.

**[0057]** Die Herstellung der erfindungsgemäßen Legierung kann mittels dem Fachmann bekannter Verfahren erfolgen, üblicherweise durch Herstellung einer Schmelze, welche eine Zusammensetzung aufweist, die der oben angegebenen erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung entspricht. Die Legierungselemente Ti und B werden bevorzugt in Form einer Vorlegierung bei der Herstellung der Legierung zugesetzt, wie oben erläutert.

**[0058]** Die erfindungsgemäße Legierung wird bevorzugt mit dem Vertikal-Strangguss-Verfahren hergestellt. Durch eine vorherige Gasbehandlung der Schmelze mit inerten Gasen wird eine ausreichende Schmelzqualität sichergestellt und ein wasserstoffarmes Gussprodukt erzeugt; dies ist auch eine wichtige Voraussetzung für die Erzielung einer hohen Härtestabilität bei Wärmebeaufschlagung. Methoden zur Behandlung von Metallschmelzen mit Inertgasen sind dem Fachmann bekannt.

**[0059]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die Legierung nach ihrer Herstellung einer optionalen Wärmebehandlung unterworfen. Diese wird vorzugsweise während einer Zeitdauer von 2 bis 42 h, insbesondere 6 bis 24 h, bei einer Temperatur im Bereich von 325 bis 425 °C, insbesondere 350 bis 400 °C durchgeführt. Anschließend erfolgt eine Luftabkühlung, oder die wärmebehandelte Legierung wird in einem geeigneten gasförmigen (z. B. Luft oder Inertgas) oder flüssigem Medium (z. B. Wasser oder Öl) abgeschreckt. Die bevorzugte Wärmebehandlung erfolgt bei 6-24 h und 350-400 °C mit anschließender Luftabkühlung.

**[0060]** Die Herstellung von Bauteilen unter Verwendung der erfindungsgemäßen Legierung kann ebenfalls mittels bekannter Verfahren erfolgen, vorzugsweise mittels Strangpressen, Gießen in Dauerformen (insbesondere Druckgießen) oder/und Schmieden. Wahlweise kann eine Weiterverarbeitung der Bauteile mittels Fügeverfahren (insbesondere Hartlöten oder Schweißen) oder mittels Umformverfahren erfolgen.

**[0061]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die aus einer erfindungsgemäßen Legierung hergestellten Bauteile zwecks Steigerung der Härte einer optionalen Wärmebehandlung (Warmauslagerung) unterzogen. Diese Wär-

## EP 3 365 472 B1

mebehandlung wird bei 150 bis 240 °C, vorzugsweise 180 bis 220 °C, besonders bevorzugt bei 200 °C, durchgeführt, und zwar während einer Zeitdauer von 4 h bis 72 h, vorzugsweise 8 bis 24 h, besonders bevorzugt 8 bis 12 h.

### Beispiele

5

**[0062]** Als Ausgangspunkt bzw. Vergleichslegierung diene eine Al-Mn-Legierung in Anlehnung an EN AW-3103, welche unter dem Handelsnamen "Aluman-16" bekannt ist (AlMn<sub>1,6</sub>; Hersteller: Aluminium Rheinfelden GmbH). Diese Legierung ist wegen ihres hohen Erstarrungspunktes hartlötbar, und sie eignet sich für das Druckgussverfahren. Die Legierung kommt beim Kühlerbau und in der Nahrungsmittelindustrie zum Einsatz.

10 **[0063]** Die Zusammensetzung dieser Legierung ist in Tabelle 1 (unten) angegeben (erste Zeile, "V").

**[0064]** Aufgrund der relativ hohen Mn- und Fe-Gehalte zeichnet sich diese Legierung durch gute Temperaturbeständigkeit bei erhöhten Temperaturen aus. Bei den weiter oben beschriebenen neuen Anwendungsgebieten (insbesondere für Anwendungen in der Automobilindustrie) stößt diese Legierung jedoch an ihre Grenzen. Insbesondere die Härte reicht nicht mehr aus, um die geforderten Bauteileigenschaften zu erfüllen. Hier konnte mit der in dieser Anmeldung beschriebenen Legierung eine deutliche Verbesserung erreicht werden, wie durch die Versuchsergebnisse in den weiter unten aufgeführten Tabellen 2, 3 und 4 verdeutlicht wird.

15

Tabelle 1: Legierungszusammensetzungen

20

	Si	Mg	Mn	Fe	Zn	Zr	Ti	Cr	Cu	Er	Solidus [°C]
V	0,15	0,05	1,5	0,9	0,1	-	0,15	-	0,03	-	650
L1	0,7	0,7	1,5	0,8	-	0,1	0,1	0,06	-	-	635
L2	0,7	0,7	1,2	0,8	-	0,2	0,05	0,06	-	-	630
L3	0,7	0,7	1,2	0,8	-	0,3	0,05	0,06	-	-	630
25 L5	0,7	0,7	1,2	0,8	-	0,3	0,05	0,06	-	0,05	630
L6	0,7	0,7	1,2	0,8	0,8	0,3	0,05	0,06	-	-	620
L7	0,7	0,7	1,2	0,8	0,8	0,3	0,05	0,06	0,03	-	615
L4	0,7	0,7	1,2	0,8	0,6	0,3	0,08	0,06	-	0,1	625
30 L8*	0,7	0,7	1,2	0,8	0,6	0,3	0,08	0,06	-	0,1	625

\*Wärmebehandelt gemäß Anspruch 15

35

**[0065]** Alle Angaben in Gew.-%; Rest: Al und unvermeidbare Beimengungen. Die mit L1, L2, L3, L4, L5, L6 und L7 bezeichneten Tabellenzeilen beziehen sich auf Legierungsvarianten gemäß vorliegender Erfindung. L8 entspricht L7 mit zusätzlicher Wärmebehandlung gemäß Anspruch 18, und stellt ebenfalls eine erfindungsgemäße Legierung dar.

40

**[0066]** Es wurden sieben erfindungsgemäße Legierungen L1, L2, L3, L4, L5, L6 und L7 erschmolzen, deren Zusammensetzung in Tab. 1 angegeben ist. L8 entspricht L7 mit zusätzlicher Wärmebehandlung gemäß Anspruch 18. Als Referenz wurde eine Vergleichslegierung V erschmolzen ("Aluman-16", s. o.), deren Zusammensetzung ebenfalls in Tab. 1 angegeben ist. Aus allen acht Legierungen wurden zylinderförmige Probenkörper gegossen (Ø 40 mm; Höhe 30 mm).

45

**[0067]** Um den Einfluss der Temperatur auf die Veränderung der Härte zu überprüfen, wurden die aus den acht Legierungen gegossenen Probenkörper unterschiedlichen Wärmebeaufschlagungen unterzogen.

Getestet wurde bei drei Temperaturen während unterschiedlich langer Zeiträume. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen 2, 3 und 4 angegeben.

Es wurden Langzeitversuche bei 200 °C (Tab. 2) und 300 °C (Tab. 3) jeweils über eine Zeitdauer von 10 h und 100 h durchgeführt.

Des Weiteren wurde ein Kurzzeitversuch bei 600 °C und 900 s (15 min) Dauer durchgeführt (Tab. 4), um die thermische Belastung und das Verhalten der Legierungen bei thermischen Fügeprozessen zu simulieren.

50

**[0068]** Die unter den angegebenen Temperaturbedingungen behandelten Probenkörper wurden nach erfolgter Wärmebehandlung an Luft auf Raumtemperatur (ca. 25 °C) abgekühlt und anschließend einer Härteprüfung nach Brinell unterzogen (HBW5/250; Wolframkarbidhartmetall-Prüfkugel; Kugeldurchmesser 5 mm). Das arithmetische Mittel der gemessenen Härtewerte ist in den Tabellen 2, 3 und 4 aufgeführt.

55

**[0069]** Die Ergebnisse zeigen, dass alle erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen (L1 bis L8) unabhängig von der Dauer der Wärmeeinwirkung eine höhere Härte aufweisen als die Vergleichslegierung V.

**[0070]** Schon im Gusszustand (d. h. vor Prüfbeginn) zeigt sich eine deutlich höhere Härte bei den erfindungsgemäßen Legierungsvarianten (L1 bis L8) gegenüber der Vergleichslegierung V. Bei der Wärmebehandlung mit 200 °C (10 h) konnte die Härte sogar noch gesteigert werden (siehe Tab. 2).

## EP 3 365 472 B1

**[0071]** Alle anderen Versuche zeigen, dass die erfindungsgemäßen Legierungsvarianten (L1 bis L8) der Vergleichslegierung in Bezug auf die Härtewerte überlegen sind. Bei höheren Temperaturen bzw. bei längerer Versuchsdauer ist zwar im Vergleich zum Gusszustand ein Rückgang der Härte festzustellen (siehe Tab. 3 und 4), die dabei erreichten Härtewerte liegen aber weiterhin oberhalb der Härtewerte der Vergleichslegierung.

**[0072]** Auch der durchgeführte Kurzzeittest bei 600 °C zeigt ein eindeutiges Ergebnis. Die gemessenen Härtewerte der erfindungsgemäßen Aluminiumlegierungen L1 bis L8 liegen mehr als 10 Brinell-Härteeinheiten über dem Härtewert der Vergleichslegierung V.

Tabelle 2: Härtevergleich (HBW5/250) bei 200 °C

	vor Prüfbeginn	10h	100h
V	42	43	45
L1	72	85	74
L2	69	80	72
L3	57	83	73
L5	62	83	74
L6	65	85	72
L7	65	83	72
L4	69	81	74
L8	72	81	75

Tabelle 3: Härtevergleich (HBW5/250) bei 300 °C

	vor Prüfbeginn	10h	100h
V	42	43	43
L1	72	58	58
L2	69	60	55
L3	57	55	57
L5	62	58	58
L6	65	56	55
L7	65	56	55
L4	69	60	58
L8	72	62	60

Tabelle 4: Härtevergleich (HBW5/250) bei 600 °C

	vor Prüfbeginn	900s
V	42	40
L1	72	52
L2	69	54
L3	57	55
L5	62	56
L6	65	54
L7	65	51
L4	69	57
L8	72	60

### Patentansprüche

1. Aluminiumlegierung für Bauteile mit erhöhter Wärmestabilität, insbesondere zur Herstellung solcher Bauteile mittels Strangpressen, Schmieden oder Gießen in Dauerformen, wobei die Legierung folgende Zusammensetzung auf-

## EP 3 365 472 B1

weist:

0,2 bis 1,8 Gew.-% Si  
0,2 bis 1,8 Gew.-% Mg  
0,8 bis 2,5 Gew.-% Mn  
0,2 bis 1,5 Gew.-% Fe  
0,05 bis 0,75 Gew.-% Zr  
0,03 bis 0,18 Gew.-% Ti,

wahlweise eines oder mehrere der nachfolgenden Elemente:

max. 0,1 Gew.-% Cr,  
max. 0,05 Gew.-% Cu,  
0,2 bis 1,8 Gew.-% Zn  
0,02 bis 0,5 Gew.-% Er;  
sowie wahlweise 0,01 bis 0,2 Gew.-% eines Ti und B enthaltenden Kornfeinungsmittels;

und als Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen.

2. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mn-Gehalt 0,8 bis 1,5 Gew.-%, vorzugsweise 1,2 bis 1,5 Gew.-%, beträgt.
3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis Fe/Mn im Bereich von 0,5 bis 0,7 liegt, vorzugsweise 2:3 beträgt.
4. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Si-Gehalt 0,6 bis 0,8 Gew.-%, vorzugsweise 0,7 Gew.-%, beträgt.
5. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis Mg/Si im Bereich von 0,9 bis 1,1 liegt, vorzugsweise 1:1 beträgt.
6. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zr-Gehalt 0,08 bis 0,35 Gew.-%, vorzugsweise 0,1 bis 0,3 Gew.-%, beträgt, oder/und dass das Verhältnis Ti/Zr im Bereich von 0,15 bis 1 liegt, vorzugsweise 1:4 beträgt.
7. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie Cu in einem Anteil von maximal 0,05 Gew.-% enthält, vorzugsweise nicht mehr als 0,03 Gew.-%.
8. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie Cr in einem Anteil von maximal 0,1 Gew.-%, vorzugsweise nicht mehr als 0,08 Gew.-% enthält, oder/und 0,02 bis 0,5 Gew.-% Er enthält, vorzugsweise 0,02 bis 0,3 Gew.-% Er.
9. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zn-Gehalt 0,4 bis 0,8 Gew.-% beträgt, vorzugsweise 0,5 bis 0,7 Gew.-%.
10. Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zn-Gehalt 0,4 bis 1,2 Gew.-% beträgt, vorzugsweise 0,6 bis 1,2 Gew.-%, insbesondere 1 Gew.-%.
11. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine Brinell-Härte (HBW5/250) von mindestens 55, vorzugsweise mindestens 65, besonders bevorzugt von mindestens 80 aufweist, oder/und dass ihre Solidustemperatur  $\geq 610$  °C ist.
12. Aluminiumlegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie 2 bis 42 h, vorzugsweise 6 bis 24 h, bei 325 bis 425 °C, bevorzugt bei 350 bis 400 °C, wärmebehandelt wurde, mit anschließender Abkühlung in einem gasförmigen oder flüssigen Medium.
13. Bauteil, insbesondere für die Automobilindustrie, hergestellt aus einer Legierung nach einem der vorangehenden Ansprüche, vorzugsweise ein durch Gießen in Dauerformen, insbesondere durch Druckgießen, oder durch Schmie-

den, oder durch Strangpressen hergestelltes Bauteil; wobei das Bauteil wahlweise mittels eines oder mehrerer thermischer Fügeverfahren weiterverarbeitet worden ist, vorzugsweise mittels Löten oder Schweißen.

- 5 14. Bauteil nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** es 4 h bis 72 h, vorzugsweise 8 bis 24 h, einer Wärmebehandlung bei 150 bis 250, vorzugsweise 180 bis 220 °C, unterzogen wird, wobei das Bauteil vorzugsweise eine Brinell-Härte (HBW5/250) im Bereich von 70 bis 120, insbesondere im Bereich von 75 bis 95, aufweist.
- 10 15. Verwendung einer Aluminiumlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Herstellung von Bauteilen für die Automobilindustrie durch Druckgießen, Schmieden oder Strangpressen, wobei die Bauteile wahlweise mittels Fügeprozessen weiterverarbeitet werden, insbesondere mittels thermischer Fügeprozesse.

**Claims**

- 15 1. An aluminum alloy for components having increased heat stability, particularly for the production of such components by means of extrusion, forging or casting in permanent molds, the alloy having the following composition:

20 0.2 to 1.8 wt% of Si  
 0.2 to 1.8 wt% of Mg  
 0.8 to 2.5 wt% of Mn  
 0.2 to 1.5 wt% of Fe  
 0.05 to 0.75 wt% of Zr  
 0.03 to 0.18 wt% of Ti,

25 optionally one or more of the following elements:

30 max. 0.1 wt% of Cr,  
 max. 0.05 wt% of Cu,  
 0.2 to 1.8 wt% of Zn  
 0.02 to 0.5 wt% of Er;  
 and optionally 0.01 to 0.2 wt% of a grain refiner containing Ti and B;

the balance being aluminum and inevitable impurities.

- 35 2. The aluminum alloy according to claim 1, **characterized in that** the Mn content is 0.8 to 1.5 wt%, preferably 1.2 to 1.5 wt%.
- 40 3. The aluminum alloy according to claim 1 or 2, **characterized in that** the ratio Fe/Mn is in the range of 0.5 to 0.7, preferably 2:3.
4. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the Si content is 0.6 to 0.8 wt%, preferably 0.7 wt%.
- 45 5. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the ratio Mg/Si is in the range of 0.9 to 1.1, preferably 1:1.
6. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the Zr content is from 0.08 to 0.35 wt%, preferably 0.1 to 0.3 wt%, and/or that the ratio Ti/Zr is in the range of 0.15 to 1, preferably 1:4.
- 50 7. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises Cu in an amount not exceeding 0.05 wt%, preferably not exceeding 0.03 wt%.
8. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it contains Cr in an amount not exceeding 0.1 wt%, preferably not exceeding 0.08 wt%, and/or 0.02 to 0.5 wt% Er, preferably 0.02 to 0.3 wt% Er.
- 55 9. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the Zn content is 0.4 to 0.8 wt%, preferably 0.5 to 0.7 wt%.

10. The aluminum alloy according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** the Zn-content is 0.4 to 1.2 wt%, preferably 0.6 to 1.2 wt%, particularly 1 wt%.
- 5 11. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it has a Brinell hardness (HBW5/250) of at least 55, preferably at least 65, more preferably at least 80, and/or that its solidus temperature is  $\geq 610$  °C.
- 10 12. The aluminum alloy according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it was heat-treated for 2 to 42 h, preferably 6 to 24 h, at 325 to 425 °C, preferably at 350 to 400 °C, followed by cooling in a gaseous or liquid medium.
- 15 13. A component, in particular for the automotive industry, made of an alloy according to any one of the preceding claims, preferably a component produced by casting in permanent molds, in particular by pressure die casting, or by forging, or by extrusion, wherein said component has optionally been further processed by means of one or more thermal joining processes, preferably by means of soldering/brazing or welding.
- 20 14. The component according to claim 13, **characterized in that** it is subjected to a heat treatment for 4 h to 72 h, preferably for 8 to 24 h, at 150 to 250 °C, preferably at 180 to 220 °C, wherein said component preferably has a Brinell hardness (HBW5/250) in the range of 70 to 120, in particular in the range of 75 to 95.
- 25 15. Use of an aluminum alloy according to any one of claims 1 to 12 for the manufacture of components for the automotive industry by pressure die casting, forging or extrusion, wherein the components are optionally further processed by joining processes, in particular by means of thermal joining processes.

## Revendications

- 30 1. Alliage à base d'aluminium pour des composants possédant une résistance supérieure à la chaleur, en particulier pour la fabrication de composants de ce type au moyen d'une extrusion, d'un forgeage ou d'une coulée dans des moules permanents ; dans lequel l'alliage présente la composition suivante :
- 35 de 0,2 à 1,8 % en poids de Si ;  
de 0,2 à 1,8 % en poids de Mg ;  
de 0,8 à 2,5 % en poids de Mn ;  
de 0,2 à 1,5 % en poids de Fe ;  
de 0,05 à 0,75 % en poids de Zr ;  
de 0,03 à 0,18 % en poids de Ti ;
- 40 le cas échéant un ou plusieurs des éléments suivants :
- 45 au maximum 0,1 % en poids de Cr ;  
au maximum 0,05 % en poids de Cu ;  
de 0,2 à 1,8 % en poids de Zn ;  
de 0,02 à 0,5 % en poids de Er ;  
également, le cas échéant, de 0,01 à 0,2 % en poids d'un agent d'affinage du grain contenant du Ti et du B ;  
et, à titre de reste, de l'aluminium et des impuretés inévitables.
- 50 2. Alliage à base d'aluminium selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la teneur en Mn s'élève de 0,8 à 1,5 % en poids, de préférence de 1,2 à 1,5 % en poids.
- 55 3. Alliage à base d'aluminium selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le rapport Fe/Mn se situe dans la plage de 0,5 à 0,7, de préférence s'élève à 2:3.
4. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en Si s'élève de 0,6 à 0,8 % en poids, de préférence à 0,7 % en poids.
5. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rapport Mg/Si se situe dans la plage de 0,9 à 1,1, de préférence s'élève à 1:1.

## EP 3 365 472 B1

6. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en Zr s'élève de 0,08 à 0,35 % en poids, de préférence de 0,1 à 0,3 % en poids, et/ou **en ce que** le rapport Ti/Zr se situe dans la plage de 0,15 à 1, de préférence s'élève à 1:4.
- 5 7. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** contient du Cu en une fraction maximale de 0,05 % en poids, de préférence pas plus de 0,03 % en poids.
8. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** contient du Cr en une fraction maximale de 0,1 % en poids, de préférence pas plus de 0,08 % en poids, et/ou contient de 0,02 à 0,5 % poids de Er, de préférence de 0,02 à 0,3 % poids de Er.
- 10 9. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en Zn s'élève de 0,4 à 0,8 % en poids, de préférence de 0,5 à 0,7 % en poids.
- 15 10. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la teneur en Zn s'élève de 0,4 à 1,2 % en poids, de préférence de 0,6 à 1,2 % en poids, en particulier à 1 % en poids.
11. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** présente une dureté brinell (HBW5/250) d'au moins 55, de préférence d'au moins 65, de manière particulièrement préférée d'au moins 80 et/ou **en ce que** sa température dite « Solidus » est  $\geq 610$  °C.
- 20 12. Alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce en ce qu'il a fait l'objet d'un traitement thermique pendant un laps de temps de 2 à 42 heures, de préférence de 6 à 24 heures, à une température de 325 à 425 °C, de préférence de 350 à 400 °C, suivi d'un refroidissement dans un milieu gazeux ou liquide.
- 25 13. Composant, en particulier pour l'industrie automobile, fabriqué à partir d'un alliage selon l'une quelconque des revendications précédentes, de préférence un composant fabriqué par coulée dans des moules permanents, en particulier par coulée sous pression, ou par forgeage, ou par extrusion ; dans lequel le composant a été soumis de manière facultative à un traitement supplémentaire au moyen d'un ou de plusieurs procédés d'assemblage thermique, de préférence par brasage ou par soudure.
- 30 14. Composant selon la revendication 13, **caractérisé en ce qu'il** est soumis à un traitement thermique pendant un laps de temps de 4 heures à 72 heures, de préférence de 8 à 24 heures, à une température de 150 à 250, de préférence de 180 à 220 °C ; dans lequel le composant présente de préférence une dureté brinell (HBW5/250) dans la plage de 70 à 120, en particulier dans la plage de 75 à 95.
- 35 15. Utilisation d'un alliage à base d'aluminium selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 pour la fabrication de composants destinés à l'industrie automobile par coulée sous pression, forgeage ou extrusion ; dans laquelle les composants sont soumis de manière facultative à un traitement supplémentaire au moyen de processus d'assemblage, en particulier au moyen de processus d'assemblage de type thermique.
- 40
- 45
- 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**

- WO 2015077880 A [0003]
- EP 2110452 A1 [0019]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **F. OSTERMANN.** Anwendungstechnologie Aluminium. 2014, 456-457 [0005]
- **F. OSTERMANN.** Anwendungstechnologie Aluminium. 2014, 300-304 [0014]