

(19)



(11)

EP 3 162 460 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.05.2017 Patentblatt 2017/18

(51) Int Cl.:
B22D 1/00 (2006.01) **B22D 18/02** (2006.01)
B22D 21/00 (2006.01) **C22C 21/04** (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01) **C22F 1/043** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15192538.5**

(22) Anmeldetag: **02.11.2015**

(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**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
 • **GARTNER, Josef**
4962 Mining (AT)
 • **HUBAUER, Werner**
4911 Tumeltsham (AT)

(74) Vertreter: **Neumann Müller Oberwalleney &
 Partner**
Patentanwälte
Overstolzenstraße 2a
50677 Köln (DE)

(71) Anmelder: **Mubea Performance Wheels GmbH**
5020 Salzburg (AT)

(54) **LEICHTMETALLGUSSBAUTEIL UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES
 LEICHTMETALLGUSSBAUTEILS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Leichtmetallgussbauteil für ein Kraftfahrzeug, das aus einer untereutektischen Aluminium-Gusslegierung hergestellt ist, wobei das Leichtmetallgussbauteil 3,5 bis 5,0 Gewichtsprozent Silizium und 0,2 bis 0,7 Gewichtsprozent Magnesium ent-

hält und wobei das Leichtmetallgussbauteil eine mittlere Korngröße von maximal 500 Mikrometern aufweist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Leichtmetallgussbauteils.

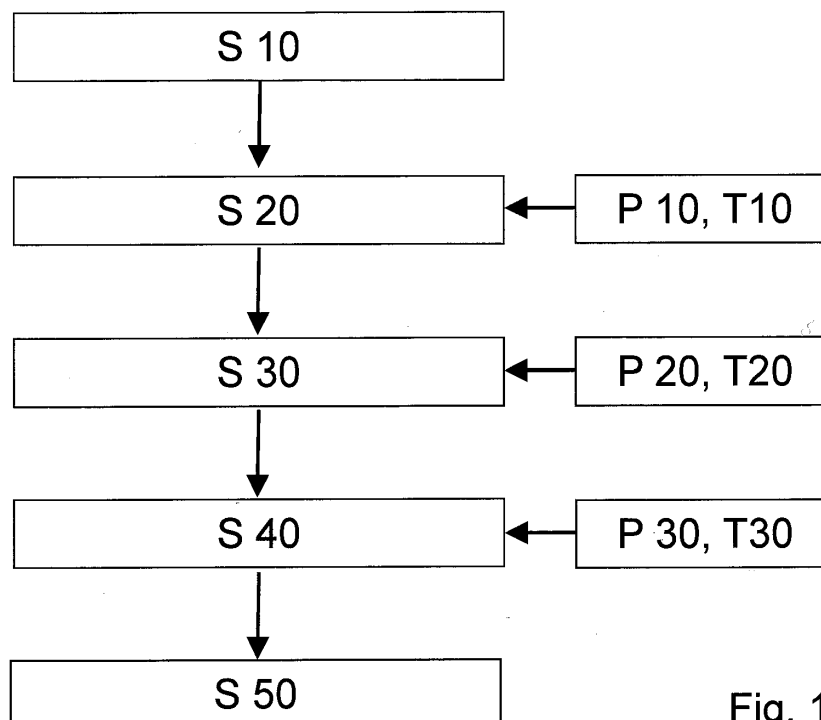


Fig. 1

EP 3 162 460 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Leichtmetallgussbauteil, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, das aus einer untereutektischen Aluminium-Gusslegierung hergestellt ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Leichtmetallgussbauteils.

[0002] Der vor allem in der Kraftfahrzeugindustrie vorliegende Trend in Richtung Leichtbau und Insassenschutz führt zur vermehrten Entwicklung von hochfesten und höchstfesten Bauteilen, die ein geringeres Gewicht als herkömmliche Bauteile bei zumindest gleichen Festigkeitseigenschaften aufweisen. Es ist bekannt, dass Leichtmetallräder für Kraftfahrzeuge mittels Gießen oder Schmieden hergestellt werden können. Die Anforderungen an die Gussformen und die verwendende Legierung unterscheiden sich beim Schmieden und beim Gießen.

[0003] Geschmiedete Leichtmetallräder haben eine außerordentliche Festigkeit, die eine schlankere und leichtere Bauweise als bei vergleichbaren Stahlfelgen erlaubt. Durch die hohen Festigkeiten lassen sich ferner verhältnismäßig dünne Wandungen und Speichen konstruieren, was zu einem geringen Gewicht führt. Die Herstellung erfolgt üblicherweise durch Kokillenguss aus einer Knetlegierung. Die Kokille ist in der Regel flach und entspricht lediglich im Durchmesser in etwa dem Endprodukt. Nach dem Gießen wird der Rohling bei ca. 500°C stufenweise mit bis zu Zweitausend Tonnen Druckkraft in eine Form gepresst. Damit ist die eigentliche Felgenschüssel fertig. Anschließend wird das Felgenbett durch Walzen hergestellt und es erfolgt eine spanabhebende Bearbeitung. Schmiederäder sind verglichen mit Gussrädern viel stärker mit festigkeitssteigernden Legierungselementen wie Magnesium, Silizium und Titan legiert.

[0004] Beim Gießen ist die Form der Kokille nah an der Endform des herzustellenden Bauteils gestaltet. Nach einer Möglichkeit kann das Gießen im Niederdruckguss mit etwa 1 bar von unten nach oben erfolgen. Alternativ hierzu kann auch ein Druckgussverfahren verwendet werden, bei dem die flüssige Schmelze unter hohem Druck von etwa 10 bis 200 MPa in eine vorgewärmte Kokille gepresst wird, wo sie dann erstarrt. Die Schmelze verdrängt die in der Kokille vorhandene Luft und wird während des Erstarrungsvorganges unter Druck gehalten. Nach dem Verlassen der Kokille wird das Bauteil spanend bearbeitet. Gussräder haben verglichen mit geschmiedeten Rädern meist nur einen sehr geringen Anteil von Fremdmetallen wie Titan.

[0005] Bei im Wege des Gießverfahrens hergestellten Bauteilen hängen die Gießeigenschaften von Metalllegierungen und die mechanischen Eigenschaften des fertigen Bauteils wesentlich von der Korngröße ab. Durch eine kornfeinende Schmelzebehandlung können die statischen und dynamischen Festigkeitswerte in Gussstücken und das Speisungsvermögen der Schmelze in der Form sowie ihr Fließvermögen verbessert werden. Die Erstarrung vieler metallischer Legierungen beginnt mit

der Bildung von Kristallen, die ausgehend von Keimstellen, nach allen Seiten wachsen, bis sie an das Nachbarkorn oder an die Formwand anstoßen.

[0006] Für eine hohe Festigkeit des herzustellenden Bauteils ist wünschenswert, die Größe der Körner möglichst gleichmäßig beziehungsweise möglichst fein einzustellen. Hierfür wird häufig eine sogenannte Kornfeinung durchgeführt, wobei der erstarrenden Schmelze möglichst viele Keimbildner (Fremdkeime) angeboten werden.

[0007] Aus der DE 10 2006 039 684 B4 ist ein Aluminium-Sicherheitsbauteil für den Automobilbau bekannt, das aus einer Aluminium-Silizium-Druckgusslegierung hergestellt ist. Die Druckgusslegierung weist 1,0 bis 5,0 Gewichtsprozent Silizium, 0,05 bis 1,2 Gewichtsprozent Chrom und als Rest Aluminium und unvermeidbare Verunreinigungen auf. Durch das Chrom soll eine verbesserte Gießbarkeit und Ausformbarkeit erreicht werden. Die Druckgusslegierung kann ferner Titan mit einem Gehalt von 0,01 bis 0,15 Gewichtsprozent aufweisen, wobei Titan als Kornfeiner wirkt, insbesondere wenn es zusammen mit Bor eingesetzt wird.

[0008] Aus der EP 0 601 972 A1 ist eine untereutektische Aluminium-Silizium-Gusslegierung bekannt, die eine Vorlegierung als Kornfeinungsmittel enthält. Die Gusslegierung beinhaltet einen Siliziumgehalt von 5 bis 13 Gewichtsprozent und kann ferner Magnesium mit einem Anteil von 0,05 bis 0,6 Gewichtsprozent beinhalten. Die Vorlegierung enthält 1,0 bis 2,0 Gewichtsprozent Titan und 1,0 bis 2,0 Gewichtsprozent Bor. Die Aluminium-Silizium-Gusslegierung wird zur Herstellung von Felgen für Kraftfahrzeuge durch Niederdruckkokillenguss verwendet. Der Zusatz der Vorlegierung erfolgt, in Bezug auf die Gesamtmenge der Schmelze, in einer Menge von 0,05 bis 0,5 Gewichtsprozent.

[0009] Aus der DE 692 33 286 T2 ist beispielsweise ein Verfahren zur Kornfeinung von Aluminium und Aluminium-Legierungen bekannt, bei dem eine feste Silizium-Bor-Legierung zu geschmolzenem Aluminium oder geschmolzener Aluminium-Legierung zugesetzt wird. Die resultierende Schmelze enthält etwa 9,6 Gewichtsprozent Silizium und wenigstens 50 ppm Bor. Das aus der Schmelze hergestellte Bauteil hat Korngrößen im Bereich von 300 Mikrometern.

[0010] Aus der EP 1 244 820 B1 ist ein Verfahren zur Kornfeinung von hochfesten Aluminiumgusslegierungen bekannt, um ein Gusserzeugnis mit einer Korngröße von weniger als 125 Mikrometern zu erreichen. Hierfür werden verschiedene Legierungen vorgeschlagen, beispielsweise eine Legierung mit mehr als 3,8 Gewichtsprozent Kupfer, maximal 0,1 Gewichtsprozent Silizium und 0,25 bis 0,55 Gewichtsprozent Magnesium, oder eine Legierung mit mehr als 4,5 und weniger als 6,5 Gewichtsprozent Zink, maximal 0,3 Gewichtsprozent Silizium und 0,2 bis 0,8 Gewichtsprozent Magnesium. Zur Kornfeinung wird der Schmelze gelöstes Titan mit einer Korngröße von weniger als 125 Mikrometer in einer Menge von 0,005 bis 0,1 Gewichtsprozent sowie Boride zu-

gefügt.

[0011] Aus der EP 2 848 333 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Bauteils mittels eines Gieß- und Formwerkzeugs bekannt, mit den Schritten: Gießen einer Schmelze in das Gieß- und Formwerkzeug bei einem ersten Druck, Druckbeaufschlagung der erstarrten Schmelze in dem Werkzeug mit einem größeren zweiten Druck, und Verdichten des aus der Schmelze erstarrten Bauteils in dem Werkzeug mit einem größeren dritten Druck.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Leichtmetallgussbauteil mit einem feinkörnigen Gefüge vorzuschlagen, das gute Festigkeitseigenschaften hat und einfach herstellbar ist. Die Aufgabe besteht ferner darin, ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung eines solchen Leichtmetallgussbauteils vorzuschlagen.

[0013] Eine Lösung besteht in einem Leichtmetallgussbauteil, das aus einer untereutektischen Aluminium-Gusslegierung hergestellt ist, wobei das Leichtmetallgussbauteil 3,5 bis 5,0 Gewichtsprozent Silizium und 0,2 bis 0,7 Gewichtsprozent Magnesium enthält, und wobei das Leichtmetallgussbauteil eine mittlere Korngröße von maximal 500 Mikrometern aufweist.

[0014] Ein Vorteil des Leichtmetallgussbauteils besteht darin, dass dieses aufgrund des verhältnismäßig geringen Silizium-Anteils im Wege des Niederdruckgießens herstellbar ist und aufgrund des feinkörnigen Gefüges gute mechanische Eigenschaften, insbesondere im Hinblick auf die Festigkeit, Duktilität, Bruchdehnung und Porosität aufweist.

[0015] Die Zugfestigkeit (R_m) des Leichtmetallgussbauteils beträgt vorzugsweise mindestens 270 N/mm² aufweist, insbesondere mindestens 300 N/mm², beziehungsweise mindestens 320 N/mm².

[0016] Durch den verhältnismäßig geringen Silizium-Anteil von weniger als 5 Gewichtsprozent ergibt sich eine untereutektische Aluminium-Silizium-Legierung. Das hieraus hergestellte Leichtmetallgussbauteil hat eine hohe Duktilität und Bruchdehnung. Die Bruchdehnung (A_5) des Leichtmetallgussbauteils beträgt mindestens 5 %, insbesondere mindestens 8 %. Die Bruchdehnung kann unterhalb der für ein Schmiedeteil üblichen Bruchdehnung liegen, insbesondere unterhalb 12 %.

[0017] Das Leichtmetallgussbauteil hat vorzugsweise eine Streckgrenze ($R_{p0,2}$) von mindestens 220 N/mm², insbesondere von mindestens 250 N/mm², beziehungsweise von mindestens 280 N/mm².

[0018] Vorzugsweise hat das Leichtmetallgussbauteil eine maximale Porosität von weniger als 0,5 %, insbesondere von weniger als 0,1 %. Die niedrige Porosität trägt ebenfalls zu guten Festigkeitseigenschaften und Zähigkeit bei. Das Leichtmetallgussbauteil kann eine Oberflächenrauigkeit von weniger als 50 Mikrometern aufweisen, insbesondere von weniger als 20 Mikrometern.

[0019] Die geringe Oberflächenrauigkeit von weniger als 50 Mikrometern trägt zu besonders guten mechani-

schenn Kennwerten der Oberflächenbeschaffenheit des Bauteils bei. Nach einer bevorzugten Ausgestaltung hat das Leichtmetallgussbauteil in einem Rohgussoberflächenbereich eine Streckgrenze ($R_{p0,2}$) von mindestens 280 N/mm², eine Bruchdehnung (A_5) von mindestens 8 % sowie eine Zugfestigkeit (R_m) von mindestens 320 N/mm². Dabei ist mit Rohgussoberflächenbereich ein Bereich des nach dem Gießen unbearbeiteten Rohgussbauteils mit einer Tiefe von bis zu 1,0 mm von der Bauteiloberfläche gemeint.

[0020] Hauptlegierungselemente der für die Herstellung des Leichtmetallgussbauteils verwendeten Gusslegierung sind Aluminium und Silizium. Insofern kann die Gusslegierung auch als Aluminium-Silizium-Gusslegierung bezeichnet werden.

[0021] Die Gusslegierung kann neben Aluminium, Silizium und Mangan noch weitere Legierungselemente beziehungsweise nicht vermeidbare Verunreinigungen beinhalten. Der Anteil an weiteren Legierungselementen und unvermeidbaren Verunreinigungen beträgt insbesondere weniger als 1,5 Gewichtsprozent bezogen auf das Gesamtgewicht des Leichtmetallgussbauteils, vorzugsweise weniger als 1,0 Gewichtsprozent. Demnach weist die Aluminium-Silizium-Gusslegierung insbesondere mindestens 93 Gewichtsprozent, vorzugsweise mindestens 95 Gewichtsprozent Aluminium auf.

[0022] Grundsätzlich ist es wünschenswert, dass das herzustellende Leichtmetallgussbauteil gute mechanische Eigenschaften, insbesondere eine hohe Festigkeit aufweist. Auf der anderen Seite können festigkeitssteigernde Legierungselemente zu einer erhöhten Korrosionsneigung führen, welche wiederum ungewünscht ist.

[0023] Es ist daher insbesondere vorgesehen, dass der Anteil an festigkeitssteigernden Legierungselementen möglichst niedrig ist, damit das Leichtmetallgussbauteil eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweist. Die Korrosionsbeständigkeit sollte derart hoch sein, dass die einschlägigen Korrosionstests für das jeweilige Leichtmetallgussbauteil erfüllt werden. Normierte Korrosionstests sind beispielsweise in EN ISO 9227 oder ASTM B117 beschrieben. Je nach Bauteil sollten auch Korrosionstests, die sich auf die Außenbeanspruchung von Kraftfahrzeugen beziehen, wie der CASS-Test (copper accelerated salt spray test = beschleunigter Kupfer-Salzsprühtest) beziehungsweise der Filiform-Test bei Fahrzeugrädern erfüllt werden. Der CASS-Test wird insbesondere bei beschichteten oder lackierten Bauteilen durchgeführt. Dabei werden die zu prüfenden Bauteile in einer trühenähnlichen Anlage werden permanent verschiedenen, hochkorrosiven Salznebeln ausgesetzt. Die Prüfung der Filiformkorrosion kann beispielsweise gemäß DIN EN 3665 oder einer vergleichbaren Norm erfolgen.

[0024] Die unterkritische Menge an festigkeitssteigernden Legierungselementen hängt von der jeweiligen Legierungszusammensetzung und dem verwendeten Korrosionstest ab, und kann daher nicht in absoluter beziehungsweise konkreter Weise angegeben werden.

Deswegen wird hier nur beispielhaft angegeben, dass der Mengenanteil an festigkeitssteigernden Legierungselementen wie Kupfer (Cu), Zink (Zn) und Titan (Ti) insgesamt geringer als ein Gewichtsprozent bezogen auf das Gesamtgewicht des Bauteils sein kann.

[0025] In einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Kupfer (Cu) mit einem Maximalgehalt von 550 ppm (Parts per Million) aufweisen. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Gusslegierung beziehungsweise das hieraus hergestellte Bauteil weniger als 250 ppm oder gar kein Kupfer enthält.

[0026] In einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Zink (Zn) mit einem Maximalgehalt von 550 ppm (Parts per Million) aufweisen. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Gusslegierung beziehungsweise das hieraus hergestellte Bauteil weniger als 250 ppm oder gar kein Zink enthält.

[0027] In einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Titan (Ti) mit einem Maximalgehalt von 0,12 Gewichtsprozent aufweisen. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein Anteil von 0,07 bis 0,12 Gewichtsprozent Titan in der Gusslegierung beziehungsweise im hieraus hergestellten Bauteil enthalten sind.

[0028] In einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Bor (B) mit einem Maximalgehalt von 0,12 Gewichtsprozent, insbesondere von maximal 0,06 Gewichtsprozent aufweisen. Sofern auch Titan vorhanden ist, kann der Anteil an Bor unter dem Anteil an Titan liegen. Das Titan und das Bor können nach einer Ausgestaltung auch in Form von Titanborid in der Aluminium-Gusslegierung beziehungsweise im hieraus hergestellten Bauteil vorgesehen sein. Insbesondere kann die Aluminium-Gusslegierung Titanborid (TiBor) mit einem Anteil von weniger als 30 ppm aufweisen.

[0029] Nach einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Strontium (Sr) mit einem Anteil von 100 ppm bis 150 ppm aufweisen.

[0030] Nach einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Zinn (Sn) mit einem Anteil von weniger als 250 ppm aufweisen.

[0031] Nach einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Nickel (Ni) mit einem Anteil von weniger als 550 ppm aufweisen.

[0032] Nach einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Mangan (Mn) mit einem Anteil von weniger als 0,5 Gewichtsprozent aufweisen.

[0033] Nach einer Ausgestaltung kann die Aluminium-Gusslegierung Chrom (Cr) mit einem Anteil von weniger als 500 ppm aufweisen, vorzugsweise weniger als 200 ppm aufweisen. Dies beinhaltet insbesondere auch die Möglichkeit, dass kein Chrom in der Aluminium-Gusslegierung beziehungsweise im hieraus hergestellten Bauteil enthalten ist. Dies gilt im Übrigen auch für die übrigen oben genannten Legierungselemente.

[0034] Es versteht sich, dass alle genannten Legierungselemente sowohl einzeln oder auch in Kombination mit einem oder mehreren anderen Elementen vorgesehen sein können. Der Rest der Aluminium-Gusslegie-

rung besteht aus Aluminium, Silizium, Magnesium und unvermeidbaren Verunreinigungen.

[0035] Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Leichtmetallgussbauteile ist, dass diese eine größere Designfreiheit als herkömmliche Leichtmetallgussbauteile und Schmiedeleichtmetallbauteile haben. So können kleinere Querschnitte der Bauteile realisiert werden, beziehungsweise eine aufwendige umformtechnische Nachbearbeitung kann entfallen. Nach einer Ausgestaltung kann das Leichtmetallgussbauteil in fertig hergestelltem Zustand Teilabschnitte aufweisen, die nach dem Gießen mechanisch unbearbeitet, insbesondere mechanisch unverfestigt sind. Die mechanisch unbearbeiteten Teilabschnitte können zumindest in Teilbereichen eine Wandstärke von weniger als 3,0 Millimeter haben.

[0036] Nach einer möglichen Ausgestaltung kann das Leichtmetallgussbauteil ein Sicherheits- oder Strukturbauteil, insbesondere ein Fahrzeugrad beziehungsweise eine Fahrzeugfelge für ein Kraftfahrzeug oder dergleichen sein. Dabei versteht es sich, dass das Leichtmetallgussbauteil auch in anderer Form oder für andere Anwendungen als Kraftfahrzeuge gestaltet sein kann, beispielsweise für die Bauindustrie. Vorzugsweise hat das Sicherheits- oder Strukturbauteil ein Gewicht von mindestens 500 Gramm, insbesondere von mindestens 3000 Gramm.

[0037] Die Lösung der oben genannten Aufgabe besteht weiter in einem Verfahren zum Herstellen eines Leichtmetallgussbauteils mit den Schritten: Bereitstellen einer Schmelze aus einer Aluminium-Gusslegierung, die neben Aluminium - zumindest Silizium mit 3,5 bis 5,0 Gewichtsprozent und Magnesium mit 0,2 bis 0,7 Gewichtsprozent sowie unvermeidbare Verunreinigungen enthält; Gießen der Schmelze in ein Gieß- und Formwerkzeug mit einem niedrigen ersten Druck (P1); nach dem vollständigen Befüllen des Gieß- und Formwerkzeugs, Druckbeaufschlagen der erstarrenden Schmelze in dem Gieß- und Formwerkzeug mit einem zweiten Druck (P2), der größer ist als der erste Druck (P1); und wenn die Schmelze zumindest größtenteils zum Bauteil erstarrt ist, Verdichten des aus der Schmelze zumindest größtenteils erstarrten Bauteils in dem Gieß- und Formwerkzeug bei einem dritten Druck (P3), der größer ist als der zweite Druck (P2).

[0038] Ein Vorteil des beschriebenen Gießverfahrens besteht darin, dass hiermit Bauteile mit besonders hoher Festigkeit und einem besonders feinen Gefüge in kurzer Zeit hergestellt werden können. Insbesondere lassen sich mit dem Verfahren Leichtmetallgussbauteile mit einer mittleren Korngröße von weniger als 500 Mikrometern, insbesondere von 200 bis 500 Mikrometern herstellen. Insofern greifen hier die Vorteile des Verfahrens und die Vorteile des gemäß dem Verfahren hergestellten Bauteils ineinander. In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass alle im Zusammenhang mit dem Erzeugnis genannten Merkmale und Vorteile auch für das Verfahren gelten, und umgekehrt.

[0039] Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist, dass die

hergestellten Bauteile durch das Verdichten eine endkonturnahe Form haben, was zu einer hervorragenden Werkstoffausnutzung führt. Weiter weisen die mit dem genannten Verfahren hergestellten Erzeugnisse eine hohe Maßgenauigkeit und Oberflächengüte auf. Die Werkzeugkosten sind gering, da mit einem Werkzeug verschiedene Prozessschritte durchgeführt werden. Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung von Radfelgen für Kraftfahrzeuge, wobei die Herstellung anderer Bauteile selbstverständlich nicht ausgeschlossen ist.

[0040] Nach einer bevorzugten Verfahrensführung erfolgt das Gießen der Schmelze bei einer Temperatur deutlich oberhalb der Liquidustemperatur, insbesondere bei einer mindestens 10 % oberhalb der Liquidustemperatur liegenden Gießtemperatur. Beispielsweise kann die aus Aluminium-Gusslegierung bestehende Schmelze bei einer Temperatur von 620°C bis 800°C, insbesondere bei einer Temperatur von 650°C bis 780°C gegossen werden. Das Gießwerkzeug, das auch als Gießform oder Kokille bezeichnet wird, kann eine demgegenüber niedrige Temperatur von beispielsweise unter 300°C aufweisen.

[0041] Der für das Gießen der Schmelze in das Gießwerkzeug erforderliche Druck hängt vom Gießverfahren ab, wobei beispielsweise Schwerkraftgießen oder Niederdruckgießen in Frage kommen. Bei Verwendung von Schwerkraftgießen kann der erste Druck beispielsweise der Umgebungsdruck sein, das heißt etwa 0,1 MPa (1 bar). Demgegenüber ist der erste Druck bei Verwendung von Niederdruckgießen entsprechend so hoch, dass die Schmelze durch das Steigrohr in den Formhohlraum des Gießwerkzeugs steigen kann. Beispielsweise kann der Druck beim Niederdruckgießen zwischen 0,3 MPa bis 0,8 MPa betragen (entsprechend 3 bis 8 bar). Der erste Druck ist maximal so groß, wie für ein Niederdruckgießen nötig und sollte vorzugsweise unter 1 MPa liegen.

[0042] Das nach dem Füllen des Gießwerkzeugs vorgesehene Druckbeaufschlagen wird bei einem höheren zweiten Druck durchgeführt, der beispielsweise größer als 5 MPa (50 bar), insbesondere mehr als 9 MPa (90 bar) betragen kann. Das Druckbeaufschlagen mit dem zweiten Druck beginnt nachdem die Gießform vollständig mit Schmelze gefüllt ist, insbesondere während die Schmelze anfänglich zum Bauteil erstarrt beziehungsweise wenn die Schmelze beginnend in den Semi-Solid-Zustand übergeht. Der vollständig befüllte Zustand der Gießform kann beim Niederdruckverfahren beispielsweise durch einen Druckstoß am Füllkolben sensiert werden.

[0043] Das Druckbeaufschlagen der erstarrenden Schmelze kann beispielsweise bei einer Bauteil-Randschalen-Temperatur unterhalb der Liquiduslinie und/oder oberhalb der Soliduslinie der Leichtmetalllegierung erfolgen. Es ist jedoch auch denkbar, dass der Prozess auch schon vor Erreichen der Liquiduslinie, beispielsweise bei 3% oberhalb der Liquiduslinie, einsetzt.

Unter Bauteil-Randschalen-Temperatur wird in diesem Zusammenhang eine Temperatur verstanden, die das Bauteil in einem Randschichtbereich aufweist, beziehungsweise einer aus der Schmelze erstarrenden oder erstarrten Randschale. Die Erstarrung erfolgt von außen nach innen, so dass die Temperatur des erstarrenden Bauteils im Inneren höher liegen, als in der Randsicht. Das Druckbeaufschlagen wird bei einem zweiten Druck durchgeführt, der größer ist als der erste Druck und beispielsweise durch das Eigengewicht des Oberteils auf die Schmelze ausgeübt werden kann.

[0044] Zum Verdichten wird ein nochmals höherer dritter Druck aufgebaut und auf das Werkstück ausgeübt, der vorzugsweise mehr als 15 MPa (150 bar) betragen kann. Das Verdichten erfolgt vorzugsweise bei einer Bauteil-Randschalen-Temperatur, die geringer ist als die zweite Temperatur der bereits teilweise beziehungsweise größtenteils erstarrten Leichtmetalllegierung. Eine untere Grenze der dritten Temperatur zur Durchführung des Verdichtens liegt vorzugsweise bei der Hälfte der Solidustemperatur der Metalllegierung. Teilbereiche des Bauteils können auch außerhalb der Temperatur liegen. Während des Verdichtens kann die Temperatur des Bauteils beziehungsweise des Werkzeugunterteils und/oder -oberteils mittels entsprechender Temperatursensoren überwacht werden. Das Ende des Umformprozesses kann durch Erreichen einer Endposition der Relativbewegung Oberteil zu Unterteil beziehungsweise Erreichen einer bestimmten Temperatur definiert werden.

[0045] Nach einer möglichen Verfahrensführung kann die Schmelze hergestellt werden aus einer Basissschmelze, die zumindest Aluminium enthält, und Kornfeinungsmitteln. Die Kornfeinungsmittel wirken beim Kristallisieren der Leichtmetallschmelze als Keimbildner. Diese Keimbildner haben einen höheren Schmelzpunkt als die abzugießende Leichtmetallschmelze und erstarrten daher zuerst bei der Abkühlung. An die Kornfeinungsmittel lagern sich die aus der Schmelze gebildeten Kristalle leicht an. Es entstehen möglichst viele Kristalle, die sich dann im Wachstum behindern, so dass insgesamt ein feines gleichmäßiges Gefüge entsteht. Die Kornfeinungsmittel können einen Kornfeiner aus einer Aluminium-Siliziumlegierung, die einen Anteil an Silizium von maximal 12,5 Gewichtsprozent enthält, und/oder einen Kornfeiner aus einer Aluminium-Titanlegierung, die als Legierungselemente zumindest Titan und Bor enthält, aufweisen. Es ist insbesondere vorgesehen, dass die beiden Kornfeiner aus unterschiedlichen Legerungen zusammengesetzt sind. Eine besonders gute Kornfeinungswirkung wird erreicht, wenn sowohl der erste Kornfeiner mit bis zu 12,5 Gewichtsprozent Silizium als auch der zweite Kornfeiner mit Titan und Bor verwendet werden. Dies führt zu einer deutlichen Verbesserung der Gießbarkeit und der Festigkeit des hieraus hergestellten Bauteils.

[0046] In Konkretisierung kann die Schmelze, bezogen auf das Gesamtgewicht der gießfertigen Schmelze beziehungsweise des hieraus hergestellten Bauteils, zu-

sammen genommen eine Menge von 0,1 bis 5,0 Gewichtsprozent des Kornfeiners aus der Aluminium-Siliziumlegierung und des Kornfeiners aus der Aluminium-Titanlegierung enthalten.

[0047] Soweit Legierungselemente wie Silizium, Titan, Bor oder andere genannt sind, soll dies im Rahmen der vorliegenden Offenbarung so zu verstehen sein, dass nicht nur die reinen Legierungselemente verwendet werden können, sondern auch Verbindungen mit umfasst sind, welche die jeweils genannten Legierungselemente beinhalten. Der angegebene Anteil an Silizium von maximal 12,5 Gewichtsprozent bezieht sich auf das Gesamtgewicht des ersten Kornfeiners.

[0048] Eine bevorzugte Verfahrensführung wird nachstehend anhand der Zeichnungsfiguren erläutert. Es zeigt:

Figur 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetallgussbauteils mittels eines Gieß- und Formwerkzeugs mit den Verfahrensschritten S10 bis S50;

Figur 2 ein Zustandsdiagramm (Phasendiagramm) für eine Metalllegierung zur Herstellung eines Bauteils gemäß dem Verfahren nach Figur 1.

[0049] Die Figuren 1 und 2 werden nachfolgend gemeinsam beschrieben. Figur 1 zeigt ein Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetallgussbauteils mittels eines Gieß- und Formwerkzeugs in mehreren Verfahrensschritten S10 bis S50.

[0050] Als Werkstoff wird eine Leichtmetallgusslegierung verwendet, die zumindest folgende Legierungsbestandteile enthält: 3,5 bis 5,0 Gewichtsprozent Silizium, 0,2 bis 0,7 Gewichtsprozent Magnesium, mindestens 93,0 Gewichtsprozent Aluminium sowie unvermeidbare Verunreinigungen. Die Legierung kann ferner in geringen Mengen Titan und Bor sowie Spuren von weiteren Elementen wie Kupfer, Mangan, Nickel, Zink, Zinn, und/oder Strontium enthalten.

[0051] Eine beispielhafte Legierung kann insbesondere 4,0 Gewichtsprozent Silizium, 0,4 Gewichtsprozent Magnesium, 0,08 Gewichtsprozent Titan, 0,06 Gewichtsprozent Bor, etwa 400 ppm Kupfer (Cu), etwa 400 ppm Zink (Zn), etwa 100 ppm Strontium (Sr), etwa 200 ppm Zinn (Sn), etwa 400 ppm Nickel (Ni), etwa 400 ppm Mangan (Mn), gegebenenfalls etwa 20 ppm Titanborid unvermeidbare Verunreinigungen sowie als Rest Aluminium (Al) aufweisen.

[0052] Im ersten Verfahrensschritt S10 wird die Schmelze zur Herstellung des Leichtmetallgussbauteils hergestellt. Hierfür wird eine Basislegierung hergestellt. In die Basislegierung kann zumindest ein Kornfeiner eingebracht werden, der beim Kristallisieren als Keimbildner wirkt. Konkret kann in einem Beispiel ein erster Kornfeiner aus einer Aluminium-Siliziumlegierung verwendet werden, die einen Anteil an Silizium von maximal 12,5 Gewichtsprozent bezogen auf

das Gesamtgewicht der ersten Kornfeinungslegierung enthält. Zusätzlich kann ein zweiter Kornfeiner aus einer Aluminium-Titanlegierung verwendet werden, die als Hauptbestandteil Aluminium und als zusätzliche Legierungselemente zumindest Titan und Bor enthält. Die Kornfeiner werden in die Schmelze der Basislegierung eingebracht, wobei die Kornfeiner aufgeschmolzen werden. Hinsichtlich der Mengenverhältnisse ist insbesondere vorgesehen, dass eine Menge von insgesamt 0,1 bis 5,0 Gewichtsprozent des ersten und zweiten Kornfeiners bezogen auf das Gesamtgewicht des herzustellenden Bauteils eingebracht werden.

[0053] Im zweiten Verfahrensschritt S20 wird die Schmelze aus der Leichtmetallgusslegierung in ein Gieß- und Formwerkzeug bei einem niedrigen ersten Druck (P1) eingegossen. Das Gießen kann durch Schwerkraftgießen oder Niederdruckgießen erfolgen, wobei der erste Druck (P1) vorzugsweise unter 1,0 MPa liegt. Die Schmelze wird mit einer Temperatur (T1) oberhalb der Liquidustemperatur gegossen, insbesondere bei einer Temperatur von 650°C bis 780°C. Das Gießwerkzeug, das auch als Gießform oder Kokille bezeichnet wird, kann eine demgegenüber niedrige Temperatur von beispielsweise unter 300°C aufweisen.

[0054] Im nachfolgenden Verfahrensschritt S30 erfolgt ein Druckbeaufschlagen der im Formhohlraum befindlichen Leichtmetalllegierung. Hierfür wird zwischen einem Unterteil und einem Oberteil des Gießwerkzeugs ein Druck P2 aufgebaut, der größer ist als 5 MPa (50 bar). Dieser Druck kann beispielsweise durch das Eigengewicht des Oberteils erzeugt werden. Vor dem Druckbeaufschlagen sind alle Öffnungen des Gieß- und Formwerkzeugs zu schließen, damit kein Material ungewünscht aus der Form gepresst wird. Das Druckbeaufschlagen der Schmelze kann in einem Bauteil-Randschalen-Temperaturbereich T2 von um die Liquiduslinie TL bis oberhalb der Soliduslinie TS der Metalllegierung erfolgen, das heißt $TS < T2 < TL$. Vor der Druckbeaufschlagung ist das Material noch flüssig. Bei Beendigung der Druckbeaufschlagung ist das Material zumindest teilweise erstarrt, das heißt es befindet sich in einem Semi-Solid-Zustand.

[0055] Nach dem Druckbeaufschlagen (S30) erfolgt im anschließenden Verfahrensschritt S40 ein Verdichten des aus der Schmelze zumindest größtenteils erstarrten Werkstücks. Das Verdichten wird durch relatives Bewegen des Unterteils zum Oberteil bei einem dritten Druck P3 durchgeführt, der größer als der zweite Druck P2 im Verfahrensschritt S30 ist. Das Verdichten kann durch Pressen des Unterteils in Richtung Oberteil mit hohen Kräften erfolgen. Das Verdichten beginnt vorzugsweise erst, wenn das die Metalllegierung zumindest größtenteils erstarrt ist beziehungsweise im Semi-Solid-Zustand ist. Das Verdichten kann bei einer Bauteil-Randschalen-Temperatur T3 erfolgen, die geringer ist als die Temperatur T2 der Metalllegierung beim Verfahrensschritt Druckbeaufschlagen S30. Als untere Grenze der Temperatur T3 wird die Hälfte der Solidustemperatur TS der

Metalllegierung angegeben, das heißt $T_2 > T_3 > 0,5T_S$. Das Ende des Umformprozesses wird durch das Erreichen einer Endposition der Relativbewegung Oberteil zu Unterteil und das Erreichen einer bestimmten Temperatur definiert. Beim Verdichten erfährt das Bauteil nur einen vergleichsweise geringen Umformgrad von weniger als 15 %, insbesondere von weniger als 10 %, respektive 5 %. Beim Verdichten werden Poren im Bauteil geschlossen, so dass die Gefügestruktur verbessert wird.

[0056] Nachdem das Bauteil vollständig erstarrt ist, wird es aus dem Gießwerkzeug entnommen. Anschließend wird das in diesem Zustand auch als Rohgussbauteil bezeichnete Werkstück im Verfahrensschritt S50 mechanisch nachbearbeitet. Das mechanische Nachbearbeiten kann beispielsweise eine spanende Bearbeitung, wie eine Dreh- oder Fräsbearbeitung, oder eine umformende Bearbeitung, wie Abstrecken sein.

[0057] Es können weitere übliche Verfahrensschritte wie Qualitätskontrolle, beispielsweise mittels Röntgen, sowie Lackieren folgen.

[0058] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich Gussrohlinge in mehreren Stufen in derselben Unterform herstellen, durch Gießen (S20), nachfolgendes Druckbeaufschlagen (S30) und nachfolgendes Verdichten/Umformen (S40). Das Druckbeaufschlagen findet oberhalb der Solidustemperatur (flüssig bis Semi-Solid-Zustand) der jeweils verwendeten Legierung statt.

[0059] Figur 2 zeigt ein Zustandsdiagramm (Phasendiagramm) für eine Leichtmetalllegierung zur Herstellung eines Bauteils gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren. Auf der X-Achse ist das Anteilsverhältnis einer Metalllegierung (W_L) angegeben, die X_A % eines Metalls A und X_B % eines Metalls B beinhaltet. Vorliegend ist das Metall A Aluminium und das Metall B Silizium. Durch die genannten Anteile an Aluminium und Silizium ist die heraus gebildete Leichtmetalllegierung untereutektisch, das heißt der Anteil an Silizium (Metall B) ist im Verhältnis zu Aluminium (Metall A) in der Leichtmetalllegierung (W_L) so gering, dass ein Gefüge links des Eutektikums (W_{Eu}) entsteht.

[0060] Auf der Y-Achse ist die Temperatur (T) angegeben. Das Gießen erfolgt mit einer Temperatur T1 deutlich oberhalb der Liquidustemperatur TL beziehungsweise der Liquiduslinie LL. Der Temperaturbereich T1 ist strichpunktiert dargestellt. Der Temperaturbereich T2 zum Druckbeaufschlagen, welcher vorzugsweise unterhalb der Liquidustemperatur (TL) und oberhalb der Solidustemperatur TS liegt ($TL > T_2 > TS$), ist in Figur 2 mit Schraffur von links unten nach rechts oben dargestellt. In Abhängigkeit der Prozesszeit beim Druckbeaufschlagen (S20) bleibt ein restlicher Umformgrad von weniger als 15% für ein anschließendes Verdichten. Das Verdichten (S30) findet insbesondere in einem Temperaturbereich T3 zwischen der Temperatur T2 und der halben Solidustemperatur $0,5T_S$ statt ($T_2 > T_3 > 0,5T_S$). Dieser Bereich ist in Figur 2 von links oben nach rechts unten schraffiert. Optional erfolgt ein mechanisches Nachbearbeiten (S40) bei einer Temperatur T4 unterhalb der

Solidustemperatur ($T_4 < TS$).

[0061] Das mit dem genannten Verfahren hergestellte Leichtmetallgussbauteil hat ein besonders feinkörniges Gefüge mit einer geringen Porosität sowie gute mechanische Eigenschaften, insbesondere im Hinblick auf die Festigkeit, Duktilität und Bruchdehnung. Das Leichtmetallgussbauteil hat eine maximale Porosität von weniger als 0,5 %, insbesondere von weniger als 0,1 %, und eine Oberflächenrauigkeit von weniger als 50 Mikrometern, insbesondere von weniger als 20 Mikrometern. Die Zugfestigkeit (R_m) des Leichtmetallgussbauteils beträgt mindestens 270 N/mm², insbesondere mindestens 320 N/mm². Die Bruchdehnung (A5) beträgt mindestens 5 %, insbesondere mindestens 8 %. Die Streckgrenze ($R_{p0,2}$) beträgt mindestens 220 N/mm², insbesondere mindestens 280 N/mm².

[0062] Das Leichtmetallgussbauteil kann in Form eines Sicherheits- oder Strukturbauteils für ein Kraftfahrzeug gestaltet werden, insbesondere als Fahrzeugrad beziehungsweise eine Fahrzeugfelge. Besonders eignet sich das Verfahren zur Herstellung von Sicherheits- oder Strukturbauteilen mit einem Gewicht von mindestens 500 Gramm, insbesondere von mindestens 3000 Gramm, ohne hierauf eingeschränkt zu sein.

[0063] Ein Vorteil des beschriebenen Verfahrens ist, dass ein mit diesem hergestelltes Bauteil ein besonders feinkörniges, lunkerarmes Gefüge hat. Dies führt insgesamt zu einer erhöhten Festigkeit des Bauteils. So haben Versuche gezeigt, dass die Zugfestigkeit (R_m) eines erfindungsgemäß hergestellten Bauteils gegenüber auf herkömmliche Weise hergestellten Bauteilen, um mehr als 20 % gesteigert werden konnte. Die Dehngrenze ($R_{p0,2}$) konnte sogar um über 40 % gesteigert werden. Insgesamt kann somit bei gleichem Materialeinsatz ein Bauteil mit wesentlich höherer Festigkeit erzeugt werden, oder es kann mit geringerem Materialeinsatz ein leichteres Bauteil hergestellt werden.

40 Patentansprüche

1. Leichtmetallgussbauteil, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, das aus einer untereutektischen Aluminium-Gusslegierung hergestellt ist, wobei das Leichtmetallgussbauteil 3,5 bis 5,0 Gewichtsprozent Silizium und 0,2 bis 0,7 Gewichtsprozent Magnesium enthält, und wobei das Leichtmetallgussbauteil eine mittlere Korngröße von maximal 500 Mikrometern aufweist.
2. Leichtmetallgussbauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Leichtmetallgussbauteil eine maximale Porosität von weniger als 0,5 % aufweist, insbesondere von weniger als 0,1 %.
3. Leichtmetallgussbauteil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,

- dass** das Leichtmetallgussbauteil eine Bruchdehnung (A_5) von mindestens 5 % aufweist, insbesondere mindestens 8 %.
4. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Leichtmetallgussbauteil eine Streckgrenze ($R_{p0,2}$) von mindestens 220 N/mm² aufweist, vorzugsweise von mindestens 250 N/mm², insbesondere von mindestens 280 N/mm².
5. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Leichtmetallgussbauteil eine Zugfestigkeit (R_m) von mindestens 270 N/mm² aufweist, vorzugsweise von mindestens 300 N/mm² insbesondere von mindestens 320 N/mm².
6. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Leichtmetallgussbauteil eine Oberflächenrauigkeit von weniger als 50 Mikrometern aufweist, insbesondere von weniger als 20 Mikrometern.
7. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Leichtmetallgussbauteil im Bereich einer Rohgussoberfläche eine Streckgrenze ($R_{p0,2}$) von mindestens 280 N/mm², eine Bruchdehnung (A_5) von mindestens 8 % sowie eine Zugfestigkeit (R_m) von mindestens 320 N/mm² aufweist.
8. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Leichtmetallgussbauteil in fertig hergestelltem Zustand Teilabschnitte aufweist, die nach dem Gießen mechanisch unbearbeitet, insbesondere mechanisch unverfestigt sind, wobei die mechanisch unbearbeiteten Teilabschnitte eine Wandstärke von weniger als 3,0 Millimeter aufweisen.
9. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Aluminium-Gusslegierung festigkeitssteigernde Legierungselemente in einer gemäß einem normierten Korrosionstest, beispielsweise nach EN ISO 9227, unterkritischen Menge enthält.
10. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Aluminium-Gusslegierung zumindest eines der Legierungselemente Strontium (Sr) mit 100 bis 150 ppm, Titan (Ti) mit 0,07 bis 0,12 Gewichtsprozent, Zinn (Sn) mit weniger als 250 ppm, Kupfer (Cu) mit weniger als 550 ppm, Nickel (Ni) mit weniger als 550 ppm, Titanborid (TiBor) mit weniger als 30 ppm, Zink (Zn) mit weniger als 550 ppm, Chrom (Cr) mit weniger als 500 ppm, aufweist.
11. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Leichtmetallgussbauteil ein Sicherheits- oder Strukturbauteil, insbesondere ein Fahrzeugrad eines Kraftfahrzeugs ist.
12. Leichtmetallgussbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Sicherheits- oder Strukturbauteil ein Gewicht von mindestens 500 Gramm, insbesondere von mindestens 3000 Gramm aufweist.
13. Verfahren zum Herstellen eines Leichtmetallgussbauteils mit den Schritten:
- Bereitstellen einer Schmelze aus einer Aluminium-Gusslegierung, die- neben Aluminium - zumindest Silizium mit 3,5 bis 5,0 Gewichtsprozent und Magnesium mit 0,2 bis 0,7 Gewichtsprozent sowie unvermeidbare Verunreinigungen enthält,
 - Gießen der Schmelze in ein Gieß- und Formwerkzeug im Niederdruck-Verfahren bei einem niedrigen ersten Druck (P1), insbesondere mittels Schwerkraftgießen oder Niederdruckgießen,
 - nach dem vollständigen Befüllen des Gieß- und Formwerkzeugs, Druckbeaufschlagung der erstarrenden Schmelze in dem Gieß- und Formwerkzeug mit einem zweiten Druck (P2), der größer ist als der erste Druck (P1), und
 - wenn die Schmelze zumindest größtenteils zum Bauteil erstarrt ist, Verdichten des aus der Schmelze zumindest größtenteils erstarrten Bauteils in dem Gieß- und Formwerkzeug bei einem dritten Druck (P3), der größer ist als der zweite Druck (P2).
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Gießen bei einer ersten Temperatur (T1) von 620°C bis 800°C, insbesondere bei einer ersten Temperatur von 650°C bis 780°C erfolgt.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Druckbeaufschlagen mit dem zweiten Druck (P2) bei einer zweiten Temperatur (T2) durchgeführt wird, die geringer ist als die erste Temperatur und unterhalb der Liquiduslinie liegt, wobei das Verdichten mit dem dritten Druck (P3) bei einer dritten Temperatur (T3) durchgeführt wird, die geringer ist als die zweite Temperatur (T2) und die mindestens die Hälfte der Solidustemperatur der Aluminium-Gusslegierung beträgt.

5

10

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schmelze hergestellt wird aus einer Basis-schmelze, die Aluminium enthält, und zumindest einem aus der Gruppe von einem Kornfeiner aus einer Aluminium-Siliziumlegierung, die einen Anteil an Silizium von maximal 12,5 Gewichtsprozent enthält, und einem Kornfeiner aus einer Aluminium-Titanlegierung, die als Legierungselemente zumindest Titan und Bor enthält, wobei die Schmelze, bezogen auf das Gesamtgewicht, in Summe insbesondere eine Menge von 0,1 bis 5,0 Gewichtsprozent des Kornfeiners aus der Aluminium-Siliziumlegierung und des Kornfeiners aus der Aluminium-Titanlegierung enthält.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

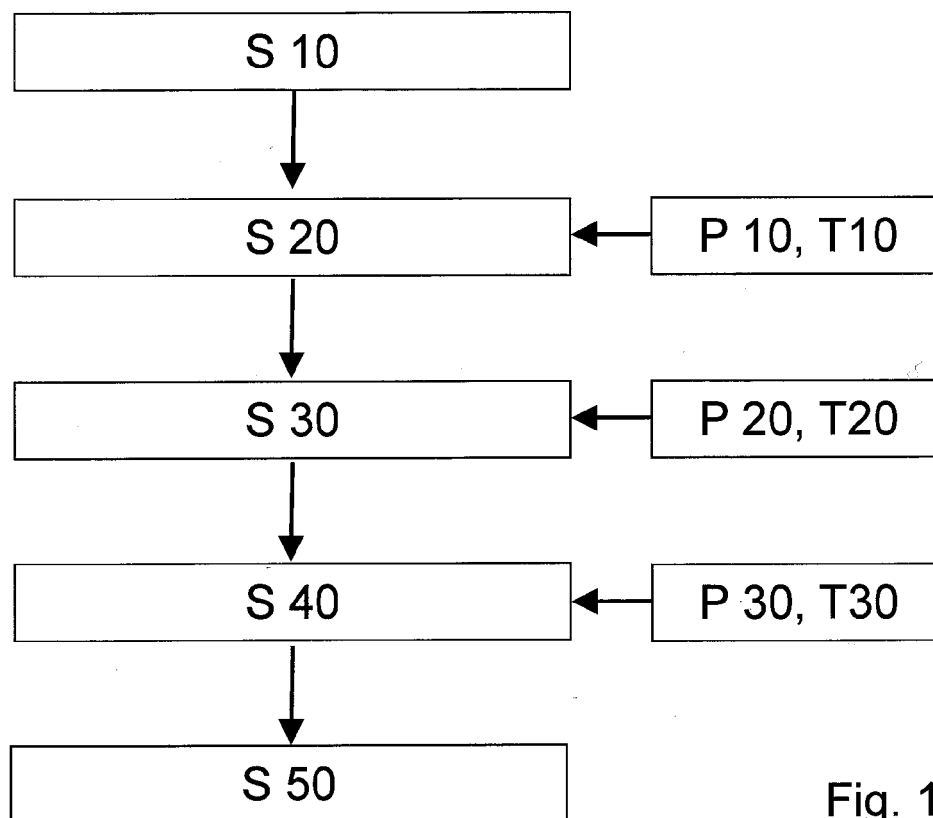


Fig. 1

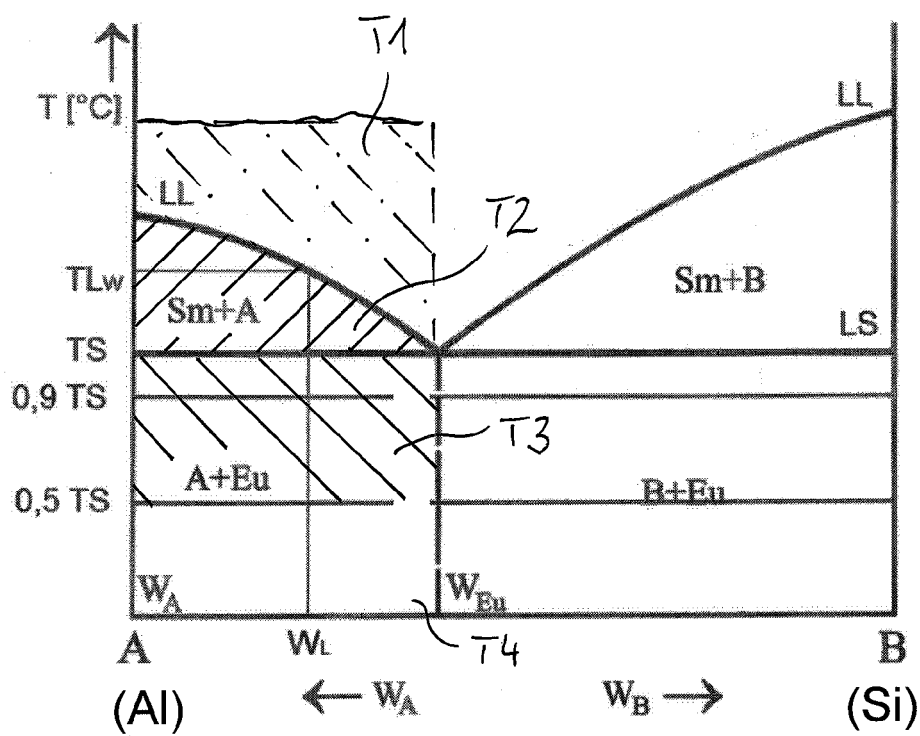


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 19 2538

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP H11 293430 A (HITACHI METALS LTD) 26. Oktober 1999 (1999-10-26)	1-6,8-12	INV. B22D1/00 B22D18/02 B22D21/00 C22C21/04 C22F1/04 C22F1/043
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 1-15 * -----	1-16	
X	JP H05 171327 A (UBE INDUSTRIES) 9. Juli 1993 (1993-07-09) * Zusammenfassung; Tabellen 1,2 *	1-3,6, 8-12	
X	JP 2001 288547 A (NISSAN MOTOR) 19. Oktober 2001 (2001-10-19) * Zusammenfassung; Tabellen 1-4 *	1,3-5, 10-12	
X	EP 0 488 670 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 3. Juni 1992 (1992-06-03) * Seite 2, Zeile 27 - Seite 10, Zeile 28 * * Abbildungen 1-10 *	1-3,5,6, 8-12	
Y,D	EP 2 848 333 A1 (MUBE CARBO TECH GMBH [AT]) 18. März 2015 (2015-03-18) * Abbildungen 1-9 * * Absatz [0006] - Absatz [0072] *	1-16	
A	"Kornfeinung" In: Rheinfelden Aluminium: "Hüttenaluminium-Gusslegierungen Rheinfelden Alloys", Januar 2010 (2010-01), Aluminium Rheinfelden, XP002756661, Seiten 90-92, * das ganze Dokument *	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	SPIEKERMANN P: "Alloys - a special problem of patent law", NONPUBLISHED ENGLISH TRANSLATION OF DOCUMENT, 1991, Seiten 1-20, XP002184689, * das ganze Dokument *	1-16	B22D C22C C22F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. April 2016	Prüfer Zimmermann, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 19 2538

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-04-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP H11293430 A	26-10-1999	KEINE	
JP H05171327 A	09-07-1993	KEINE	
JP 2001288547 A	19-10-2001	KEINE	
EP 0488670 A1	03-06-1992	DE 69110018 D1 DE 69110018 T2 EP 0488670 A1 US 5298094 A	29-06-1995 02-11-1995 03-06-1992 29-03-1994
EP 2848333 A1	18-03-2015	AU 2014218476 A1 BR 102014022376 A2 CA 2863313 A1 CN 104439158 A EP 2848333 A1 JP 2015057294 A KR 20150032196 A RU 2014137317 A US 2015074983 A1	02-04-2015 15-09-2015 16-03-2015 25-03-2015 18-03-2015 26-03-2015 25-03-2015 10-04-2016 19-03-2015

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 102006039684 B4 **[0007]**
- EP 0601972 A1 **[0008]**
- DE 69233286 T2 **[0009]**
- EP 1244820 B1 **[0010]**
- EP 2848333 A1 **[0011]**