



(11)

EP 1 645 647 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
12.06.2013 Patentblatt 2013/24

(51) Int Cl.:
C22C 21/04 ^(2006.01) **C22F 1/04** ^(2006.01)
C22F 1/043 ^(2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
05.12.2007 Patentblatt 2007/49

(21) Anmeldenummer: **05019300.2**

(22) Anmeldetag: **06.09.2005**

(54) **Kaltaushärtende Aluminiumgusslegierung und Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumussteils**

Cold age hardenable Al-alloy and process of the manufacture of a cast part

Alliage d'aluminium à vieillissement à froid et procédé de fabrication d'une pièce coulée

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **08.10.2004 DE 102004049074**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.04.2006 Patentblatt 2006/15

(73) Patentinhaber: **Trimet Aluminium AG
45356 Essen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Borchmann, Jana, Dipl.-Ing.
45470 Mülheim (DE)**
• **Carlson, Ursula, Dipl.-Ing.
45134 Essen (DE)**
• **Diederichs-Mittler, Ina, Dipl.-Ing.
45259 Essen (DE)**
• **Kleine, Andreas, Dr. Ing.
38889 Blankenburg (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-96/10099 DE-A1- 10 339 705
GB-A- 747 057 JP- - 54 -19 409
US-A- 3 466 170 US-A- 3 619 181
US-A- 4 648 918

- **SCHAEFER M ET AL: "EFFECT ON STRONTIUM MODIFICATION ON NEAR-THRESHOLD FATIGUE CRACK GROWTH IN AN AL-SI-CU DIE CAST ALLOY" METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A: PHYSICAL METALLURGY & MATERIALS SCIENCE, ASM INTERNATIONAL, MATERIALS PARK, OH, US, Bd. 27A, Nr. 5, 1. Mai 1996 (1996-05-01), Seiten 1293-1302, XP000593932 ISSN: 1073-5623**
- **SAMUEL F H: "INCIPIENT MELTING OF AI5MG8SI6CU2 AND AI2CU INTERMETALLICS IN UNMODIFIED AND STRONTIUM-MODIFIED AI-SI-CU-MG (319) ALLOYS DURING SOLUTION HEAT TREATMENT" JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, SPRINGER / BUSINESS MEDIA, DORDRECHT, NL, Bd. 33, Nr. 9, 1. Mai 1998 (1998-05-01), Seiten 2283-2297, XP000754486 ISSN: 0022-2461**
- **GOWRI S ET AL: "EFFECT OF ALLOYING ELEMENTS ON THE SOLIDIFICATION CHARACTERISTICS AND MICROSTRUCTURE OF AL-SI-CU-MG-FR 380 ALLOY" METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A: PHYSICAL METALLURGY & MATERIALS SCIENCE, ASM INTERNATIONAL, MATERIALS PARK, OH, US, Bd. 25A, Nr. 2, 1. Februar 1994 (1994-02-01), Seiten 437-448, XP000428627 ISSN: 1073-5623**
- **W. SCHNEIDER, W. VOGEL, H. BALDERING: 'Wärmebehandlung von Aluminium-Gusslegierungen für Druck- und Kokillenguss' SONDERDRUCK AUS GIESSEREI 77 Nr. 22, 1990, Seiten 693 - 699**
- **H. KOCH, U. HIELSCHER, H. STERNAU, A.J. FRANKE: 'Duktile Druckgusslegierung mit gerigem Eisengehalt Silafont-36 AISiMgMnSr' SONDERDRUCK AUS GIESSEREI 82 Nr. 15, 1995,**

EP 1 645 647 B2

- U. HIELSCHER, H. STERNAU, H. KOCH, R. KLOS: 'Neuentwickelte Druckgusslegierung mit ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften im Gusszustand Magsimal-59 AlMg5Si2Mn' SONDERDRUCK AUS GIESSEREI 85 Nr. 3, 1998,
- DR. D. ALTENPOHL: 'Aluminium und Aluminiumlegierungen', 1965, SPRINGER-VERLAG, BERLIN, GÖTTINGEN, HEIDELBERG, NEW YORK Seite 668
- W. HUFNAGEL: 'Aluminium Taschenbuch', 1983, ALUMINIUM-VERLAG, DÜSSELDORF Seiten 1003 - 1004
- DR. C. KAMMER: 'Aluminium Taschenbuch', 2002, ALUMINIUM-VERLAG, DÜSSELDORF Seiten 268-272 - 398-401
- PROF. DR.-ING. HABIL ET AL.: 'Aluminium-Taschenbuch', 1996, ALUMINIUM-VERLAG, DÜSSELDORF vol. 'AlSi-Gusslegierungen', Seite 145
- DR.-ING. J. DATTA ALUMINIUM-SCHLÜSSEL Nr. 6, 2003, Seiten 229 - 230

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine kaltaushärtende Aluminiumgusslegierung, die auf Basis von Hüttenaluminium Al 99,9 erschmolzen wurde und bei hoher Zugfestigkeit und Streckgrenze noch eine Dehnung von deutlich über 1 % aufweist, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumgussteils.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Werkstoff-Datenblatt ENAC-46200 ist als genormte Gusslegierung vom Typ G-AlSi8Cu3 die Legierung 226A (VDS Liste) bekannt. Die chemische Zusammensetzung dieser Legierung wird in Gewichtsprozent (Gw%) wie folgt angegeben: Silicium 7,5 - 9,5 Gw%, Eisen max 0,8 Gw%, Kupfer 2 - 3,5 Gw%, Mangan 0,15 - 0,65 Gw%, Magnesium 0,05 - 0,55 Gw%, Nickel max 0,35 Gw%, Zink max 1,2 Gw%, Titan max 0,25 Gw%, Blei max 0,25 Gw%, Chrom max 0,15 Gw%, Rest Aluminium sowie andere Beimengungen 0,05% (einzeln) und 0,25Gw% (insgesamt).

[0003] Aus M. Schaefer und R.A Fournelle, "Effekt of strontium modification on near-threshold fatigue crack growth in an Al-Si-Cu die cast alloy", Metallurgical and Materials Transactions 27A, 05/1996, 1295-1301, sind Al-Si-Cu-Fe-Zn-Mn-Legierungen mit Zusatz von Sr bekannt.

Aufgabenstellung

[0004] Ausgehend davon soll eine kaltaushärtende Aluminiumgusslegierung sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumgußteils mit hoher Zugfestigkeit und Streckgrenze bei gleichzeitig verbesserter Duktilität angegeben werden. Die Legierung soll gut vergießbar und zur Herstellung thermisch hoch beanspruchbarer Gussteile geeignet sein. Die Gussteile sollen auch mit herkömmlichen Mitteln gut schweißbar sein.

[0005] Zur Lösung des ersten Teils dieser Aufgabe wird eine neue AlSi9Cu3 mit zusätzlichen Gehalten an Mangan, Zink, Strontium und Indium und Obergrenzen für Magnesium, Eisen und Titan gemäß kennzeichnendem Teil von Patentanspruch 1 angegeben. Das neue Verfahren ist durch die im Patentanspruch 2 definierten Maßnahmen gekennzeichnet.

Beispiele

[0006] Im folgenden wird die Erfindung mit einer Standardlegierung verglichen. Dabei wurden die Werte von Zugfestigkeit, Dehngrenze und Dehnung an einem im Schwerkraftkokillenguss gegossenen Probestab gemessen, der auf folgende Abmessungen abgedreht wurde: Probendicke a= 3mm, Probenbreite b= 8mm, Kopfbreite B= 12mm, Kopfhöhe h= 15mm, Anfangslänge L0= 30mm, Versuchslänge Lc= 33mm und Gesamtlänge Lt= 80mm.

1. Beispiel nach dem Stand der Technik

[0007] Als Vergleichslegierung wird eine 226A-Gusslegierung mit folgender Zusammensetzung verwendet:

Si 8%, Fe 0,6%, Cu 3,0%, Mn 0,3%, Ni 0,2%, Zn 1,0%, Ti 0,2%, Pb 0,1%, Sn 0,1%, Mg 0,45 andere Beimengungen: einzeln 0,05, insgesamt 0,25%, Rest Aluminium.

[0008] Die Gusslegierung G-AlSi8Cu3 (Werkstoff Nr. 3.2162.05) weist im Gusszustand folgende Werkstoffeigenschaften auf:

Streckgrenze $R_{p0,2} = 100 \text{ MPa}$
Zugfestigkeit $R_m = 170 \text{ MPa}$
Dehnung $A_{50mm} = 1\%$

Vergleich der Verarbeitungseigenschaften

[0009] Der Vergleich zwischen der Legierung 226A nach dem Stand der Technik und der erfindungsgemäßen Legierung zeigt die überlegenen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Legierung, da die Werte für Streckgrenze $R_{p0,2} \geq 170 \text{ MPa}$ Zugfestigkeit $R_m \geq 230 \text{ MPa}$ bei gleichzeitig hoher Dehnung $A_{50mm} > 1.5\%$ gemessen wurden.

[0010] Außerdem wurden die Gefügestrukturen verglichen. Dabei zeigte sich, dass bei der erfindungsgemäßen Legierung nur geringe Gehalte an Mg_2Si -Phasen gebildet wurden. Die Rekristallisationstemperatur war bei der erfindungsgemäßen Legierung ebenfalls deutlich erhöht. Ferner war die Anzahl der Beta-Al-Fe-Si-Nadeln um ca. 80% verringert, was auf eine deutlich verbesserte Duktilität der erfindungsgemäßen Legierung schließen lässt.

Weitere Versuche zur Interpretation der Gehaltsgrenzen

[0011] Durch Variation der im Anspruch 1 angegebenen Gusslegierung hinsichtlich der Legierungsgrenzen wurden folgende Ergebnisse festgehalten:

1. Magnesium: bei Gehalten von über 0,55 % wird während des Vergießens der erfindungsgemäß zusammengesetzte Basislegierung die Oxidationsneigung gefördert. Außerdem konnte bei derartig hohen Mg-Gehalten keine weitere Festigkeitssteigerung festgestellt werden, da sich Mg_2Si -Phasen bildeten.
2. Eisen: bei Gehalten über 0,2 % wird bei allen nach Anspruch 8 vergossenen Legierungen die Dehnung deutlich herabgesetzt.
3. Titan: Oberhalb von 0,2 % wurde keine Verbesserung des Gefüges eines nach Anspruch 1 ausgebildeten Gussteils im Hinblick auf die Rekristallisationstemperatur festgestellt.
4. Indium und Cadmium verkürzen die Kaltauslage-

- rungszeit der erfindungsgemäßen Legierung.
5. Beryllium vermindert bei Magnesiumgehalten von über 0,4 bis 0,55 Gw% die Oxidationsneigung, die wiederum einen ungünstigen Einfluss auf die Dehnung hat.
 6. Cer erhöht in Aluminiumgusslegierungen der Zusammensetzung nach Anspruch 1 - 4 die Fließfähigkeit und mindert bis zu Gehalten von 0,4% die Klebneigung.
 7. Zink verbessert bis zu einem Gehalt von 3,5 % bei einer nach Anspruch 1 zusammengesetzten Legierung die Formstabilität des Gussteils, bei Gehalten von mehr als 3,5% wurde keine weitere Steigerung der Formstabilität bzw. eine Verringerung der Klebeneigung festgestellt.

[0012] Somit lässt sich die technische Überlegenheit der ausgewählten Parameter für die erfindungsgemäße Aluminiumgusslegierung als Ergebnis einer synergistischen Wirkung der jeweils beteiligten Legierungselemente begründen.

Patentansprüche

1. Kaltaushärtende Aluminiumgusslegierung, die auf Basis von Primärmetall/Hüttenaluminium der Reinheit Al 99,9 oder einer höheren Reinheitsstufe als Primärlegierung erschmolzen wurde und bei hoher Zugfestigkeit und Streckgrenze noch eine Dehnung von über 1 % aufweist, **gekennzeichnet durch** folgende Legierungsgehalte in Gewichts(Gw)%:

Silicium 6 - 11 Gw%
 Kupfer 2,0 - 4,0 Gw%
 Mangan 0,65 - 1,0 Gw%
 Zink 0,5 - 3,5 Gw%
 Strontium 0,01 - 0,04 Gw%
 Indium 0,01 - 0,20 Gw%
 Magnesium max 0,55 Gw%
 Eisen max 0,2 Gw%
 Titan max 0,2 Gw%

und wahlweise eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe

- Silber 0,01 - 0,80 Gw%
- Samarium 0,01 - 1,0 Gw%
- Nickel 0,01 - 0,40 Gw%,

und/oder wahlweise

- Cadmium 0,01 - 0,30 Gw%

und/oder wahlweise Beryllium bis zu 0,001 Gw%
 Rest Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

2. Verfahren zur Herstellung eines kaltaushärtenden Aluminium-Gussteils, das bei hoher Zugfestigkeit und Streckgrenze eine Dehnung von deutlich über 1 % aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine AlSiCu-Gusslegierung gemäß Anspruch 1 auf der Basis von Primärmetall/Hüttenmetall der Reinheit Al 99,9 oder reiner erschmolzen wird und sich dem Gießvorgang unmittelbar nachfolgend eine Kaltauslagerung von 7 - 9 Tagen anschließt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbesserung der Festigkeitswerte bei gleichbleibend hoher Dehnung von über 1,5 % nach der Kaltauslagerung eine Warmauslagerung bei 160 bis 240°C durchgeführt wird.

Claims

1. Cold age hardenable cast aluminium alloy which was molten on the basis of primary metal/primary aluminium of a purity of Al 99.9 or a higher degree of purity as a primary alloy and which, at a high tensile strength and yield strength, still comprises an elongation in excess of 1%, **characterised by** the following alloy contents in percentages by weight:

silicon 6 - 11 percent by weight
 copper 2.0 - 4.0 percent by weight
 manganese 0.65 - 1.0 percent by weight
 zinc 0.5 - 3.5 percent by weight
 strontium 0.01 - 0.04 percent by weight
 indium 0.01 - 0.20 percent by weight
 magnesium max. 0.55 percent by weight
 iron max. 0.2 percent by weight
 titanium max. 0.2 percent by weight

and, optionally, one or more elements of the following group:

- silver 0.01 - 0.80 percent by weight
- samarium 0.01 - 1.0 percent by weight
- nickel 0.01 - 0.40 percent by weight

and/or, optionally,

- cadmium 0.01 - 0.30 percent by weight

and/or, optionally, beryllium up to 0.001 percent by weight, the remainder being aluminium and production-related impurities.

2. A process of producing a cold age hardenable aluminium casting which, at a high tensile strength and yield strength, comprises an elongation clearly in excess of 1%, **characterised in that** an AlSiCu cast alloy according to claim 1 is molten on the basis of primary metal/primary aluminium of a purity of Al

99.9 or purer and that the casting process is followed immediately by a natural ageing treatment of 7 - 9 days.

3. A process according to claim 2, **characterised in that** for improving the strength values while maintaining a uniformly high elongation value in excess of 1.5%, the natural ageing treatment is followed by an artificial ageing treatment at 160 to 240°C.

5

10

Revendications

1. Un alliage d'aluminium fondu durcissant à froid qui a été élaboré sur la base d'un métal/aluminium de première fusion, ayant un degré de pureté de Al 99,9 ou mieux comme alliage primaire, et qui présente non seulement une haute résistance à la traction et une haute limite d'élasticité, mais encore une extension supérieure à 1%, **caractérisé par** les contenus d'alliage suivants définis en pourcentage pondéral, à savoir:

15

20

silicium 6 - 11% en poids

cuivre 2,0 - 4,0% en poids

25

manganèse 0,65 - 1,0% en poids

zinc 0,5 - 3,5% en poids

strontium 0,01 - 0,04% en poids

indium 0,1 - 0,20% en poids

magnésium 0,55% en poids max.

30

fer 0,2% en poids max.

titane 0,2% en poids max.

et facultativement un ou plusieurs éléments du groupe:

35

- argent 0,01 - 0,80% en poids

- samarium 0,01 - 1,0% en poids

- nickel 0,01 - 0,40% en poids

40

et/ou facultativement

- cadmium 0,01 - 0,30% en poids

et/ou facultativement jusqu'à 0,001% en poids de béryllium,
un reste d'aluminium et des impuretés dues à la fabrication.

45

2. Un procédé de fabrication d'une pièce moulée en fonte d'aluminium durcissant à froid qui présente une haute résistance à la traction et une haute limite d'élasticité, une extension nettement supérieure à 1%, **caractérisée par le fait qu'un** alliage de AlSiCu fondu, conformément à la revendication 1, a été élaboré sur la base d'un métal/aluminium de première fusion ayant un degré de pureté de Al 99,9 ou mieux et que la coulée soit suivie immédiatement d'un re-

50

55

froidissement durant 7 à 9 jours.

3. Un procédé de fabrication, conformément à la revendication 2, **caractérisé par le fait qu'un** réchauffement à une température de 160 à 240°C a été effectué après le refroidissement, afin d'améliorer les propriétés de résistance, tout en conservant le haut degré d'extension de supérieure à 1,5%.