(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 645 647 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.04.2006 Patentblatt 2006/15

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

(21) Anmeldenummer: **05019300.2**

(22) Anmeldetag: **06.09.2005**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

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

(71) Anmelder: **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**
Patentanwalt,
Postfach 19 02 17
53037 Bonn (DE)

(54) Kaltaushärtende Aluminiumgusslegierung und Verfahren zur Herstellung eines Aluminiumgussteils

(57) Die Erfindung betrifft eine 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 - 0,03 Gw%
Magnesium max 0,55 Gw%
Eisen max 0,2 Gw%
Titan max 0,2 Gw% .

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer kaltaushärtenden Aluminiumgusslegierung, bei der wahlweise mindestens eines der Elemente Silber 0,01-0,08, Samarium 0,01-1,0, Nickel 0,01-0,40, Cadmium 0,01-0,30, Indium 0,01-0,20 und Beryllium bis zu 0,001 Gw.% enthalten sind, wobei sich dem Gießvorgang unmittelbar nachfolgend eine Kaltauslagerung von 7-9 Tagen anschließt.

EP 1 645 647 A1

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).

Aufgabenstellung

[0003] Ausgehend von dieser Legierung 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.

[0004] Zur Lösung des ersten Teils dieser Aufgabe wird eine neue AlSi9Cu3 mit zusätzlichen Gehalten an Mangan, Zink, Strontium und Obergrenzen für Magnesium, Eisen und Titan gemäß kennzeichnendem Teil von Patentanspruch 1 angegeben. Das neue Verfahren ist durch die im Patentanspruch 8 definierten Maßnahmen gekennzeichnet.

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines kaltaushärtenden Aluminiumgussteils besteht bevorzugt in dem Erschmelzen der Legierung
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%
Magnesium max 0,55 Gw%
Eisen max 0,2 Gw%
Titan max 0,2 Gw% .
auf Basis von Primärmetall/Hüttenmetall der Reinheit Al 99,9 unter Zugabe mindestens eines der folgenden Elemente Silber, Samarium, Nickel, Cadmium, Beryllium sowie einer dem Gießprozess unmittelbar nachfolgenden Kaltauslagerung von 7 - 9 Tagen.

Beispiele

[0006] Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. 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 (Erfindungsbeispiel)

[0007] Eine Gusslegierung wird in Übereinstimmung mit Patentanspruch 8 als Primärlegierung auf der Basis von Hüttenaluminium Al 99,9 mit folgender Zusammensetzung erschmolzen: Silizium 9%, Kupfer 2,7%, Mangan 1%, Zink 2%, Strontium 0,02%, Magnesium 0,5%, Eisen 0,1%, Titan 0,1%, Silber 0,1 %, Nickel 0,45%, Indium 0,1%, Beryllium 0,0005%, Rest-Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen. Nach einer Kaltauslagerung von 8 Tagen wurden an dieser Legierung im Gusszustand folgende Werte gemessen:

Streckgrenze $R_{p0,2}$ = 190MPa
Zugfestigkeit Rm = 270MPa
Dehnung A_{50mm} = 1,5%

2. Beispiel nach dem Stand der Technik

[0008] 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.

[0009] Die Gusslegierung G-AlSi8Cu3 (Werkstoff Nr. 3.2162.05) weist im Gusszustand folgende Werkstoffeigenschaften auf:

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

Vergleich der Verarbeitungseigenschaften

[0010] Der Vergleich zwischen der Legierung 226A nach dem Stand der Technik und der erfindungsgemäßen Legierung gemäß Beispiel 1 zeigt die überlegenen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Legierung, da die Werte für
Streckgrenze $R_{p0,2}$ = 190MPa
Zugfestigkeit Rm = 270Mpa bei gleichzeitig hoher
Dehnung A_{50mm}= 1,5% gemessen wurden.

[0011] Außerdem wurden die Gefügestrukturen vergli-

chen. Dabei zeigte sich, dass bei der erfindungsgemäßen Legierung nur geringe Gehalte an Mg_2Si-Phasen gebildet wurden, jedoch eine sehr ausgeprägte thermisch stabile Al-Sc-Zr-Aushärtungsphase vorhanden war. 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

[0012] Durch Variation der im Beispiel Nr. 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 Kaltauslagerungszeit 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. Scandium erhöht die Warmfestigkeit und bildet in Verbindung mit Zirkon eine thermisch stabile Al-Sc-Zr -Aushärtungsphase.
8. Zirkon erhöht bei der erfindungsgemäßen Gusslegierung bis zu einem Gehalt von max 0,3 % die Rekristallisationstemperatur.
9. 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.

[0013] 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 - 0,03 Gw%
   Magnesium max 0,55 Gw%
   Eisen max 0,2 Gw%
   Titan max 0,2 Gw%.

2. Aluminiumgusslegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbesserung der Dehnung auf Werte von über 1,5% bei gleichzeitig hohen Werten an Zugfestigkeit $R_m \geq 230MPa$ und Streckgrenze $R_{p02} \geq 170MPa$ folgende Elemente einzeln oder in Kombination in die Aluminiumgusslegierung zugesetzt werden:

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

3. Aluminiumgusslegierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Zugabe von Zirkon die Rekristallisationstemperatur erhöht wird.

4. Aluminiumgusslegierung nach Anspruch 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Zugabe von Scandium eine thermische stabile Al-Sc-Zr-Phase gebildet wird.

5. Aluminiumgusslegierung nach Anspruch 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Zugabe von Cer die Fließfähigkeit erhöht und die Klebneigung verringert wird.

6. Aluminiumgusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verkürzung der Kaltauslagerungszeit folgende Legierungselemente einzeln oder zusammen in der Al-Gußlegierung enthalten sind:

   Cadmium 0,01 - 0,30 Gw%
   Indium 0,01 - 0,20 Gw%.

7. Aluminiumgusslegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verminderung der Oxidation bei erhöhten Magnesiumgehalten in der Al-Gusslegierung zu-

sätzlich Beryllium bis zu 0,001 Gw% enthalten ist.

8. 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 auf der Basis von Primärmetall/Hüttenmetall der Reinheit Al 99,9 oder reiner erschmolzen wird enthaltend folgende Legierungselemente in Gewichts-(Gw)- %:

Silizium 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%
Magnesium max 0,55 Gw%
Eisen max 0,2 Gw%
Titan max 0,2 Gw%

wahlweise mindestens eines der Elemente Silber 0,01-0,08, Samarium 0,01-1,0 , Nickel 0,01-0,40 , Cadmium 0,01-0,30 , Indium 0,01-0,20 und Beryllium bis zu 0,001 Gw.% , wobei sich dem Gießvorgang unmittelbar nachfolgend eine Kaltauslagerung von 7 - 9 Tagen anschließt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der AlSiCu-Gusslegierung weitere Elemente aus der Gruppe Zirkon, Scandium oder Cer zugesetzt werden, wobei als herstellungsbedingte Verunreinigungen bis zu 0,05 Gw% (einzeln) und insgesamt max 0,2 Gw% im Rest Aluminium vorliegen.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **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.

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 9300

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	WO 96/10099 A (ASHURST TECHNOLOGY CORPORATION LIMITED) 4. April 1996 (1996-04-04) * Seite 13, Zeile 10 - Seite 14, Zeile 19 * -----		C22C21/04 C22F1/04 C22F1/043
A	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 * Seite 1295; Tabelle 1 * * Seite 1297; Tabelle 3 * -----		
A	US 3 466 170 A (ECKHARD DUNKEL ET AL) 9. September 1969 (1969-09-09) * Spalte 2, Zeile 68 - Spalte 3, Zeile 2 * * Spalte 5 - Spalte 6; Beispiel 6 * -----		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C22C C22F
A	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 * Seite 2284; Tabelle 1 * * Seite 2286; Tabelle 5 * -----		
	-/--		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	9. November 2005	Zimmermann, F

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 : nichtschriftliche 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

8

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 9300

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 3 619 181 A (LOWELL A. WILLEY) 9. November 1971 (1971-11-09) * das ganze Dokument * -----		
A	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 * das ganze Dokument * -----		
A	US 4 648 918 A (ASANO ET AL) 10. März 1987 (1987-03-10) * das ganze Dokument * -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	9. November 2005	Zimmermann, F

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 : nichtschriftliche 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

8

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 05 01 9300

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.

09-11-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9610099 A	04-04-1996	AU 3813795 A	19-04-1996
US 3466170 A	09-09-1969	BE 692488 A	16-06-1967
		DE 1255928 B	07-12-1967
		FR 1507664 A	29-12-1967
		GB 1169104 A	29-10-1969
		LU 52759 A1	06-03-1967
		NL 6618414 A	14-07-1967
US 3619181 A	09-11-1971	KEINE	
US 4648918 A	10-03-1987	KEINE	

EPO FORM P0461

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