



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.10.2010 Patentblatt 2010/40

(51) Int Cl.:
C22C 21/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10003560.9**

(22) Anmeldetag: **31.03.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA ME RS

(30) Priorität: **03.04.2009 DE 102009016111**

(71) Anmelder: **Technische Universität Clausthal**
38678 Clausthal-Zellerfeld (DE)

(72) Erfinder:
• **Tonn, Babette**
38678 Clausthal-Zellerfeld (DE)
• **Zak, Hennadiy**
38678 Clausthal-Zellerfeld (DE)
• **Zak, Olga**
38678 Clausthal-Zellerfeld (DE)

(74) Vertreter: **Lins, Martina et al**
Gramm, Lins & Partner GbR
Freundallee 13a
30173 Hannover (DE)

(54) **Druckgusskörper aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Gusslegierung und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Ein Druckgusskörper aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Gusslegierung mit mehr als 15 bis zu 25 Gew.-% Silizium, 0,005 bis 0,3 Gew.-% Zirkonium und mit insgesamt 0 bis 10 Gew.-% an weiteren Nebelegierungsbestandteilen sowie ad 100 Gew.-% Aluminium wird mit einem Druckgussverfahren so hergestellt, dass die Ausscheidung des Primärsiliziums erst in

der Gießform erfolgt. Dies wird durch einen Gehalt in der Legierung an Calcium und/oder Strontium von je Element oder in Summe ab 0,001 bis kleiner 0,05 Gew.-% erreicht, wobei der Gehalt an Phosphor kleiner als 0,002 Gew.-% und der Gehalt an Kohlenstoff kleiner als 0,0007 Gew.-% eingestellt wird. Die Erfindung vermindert den Formenverschleiß.

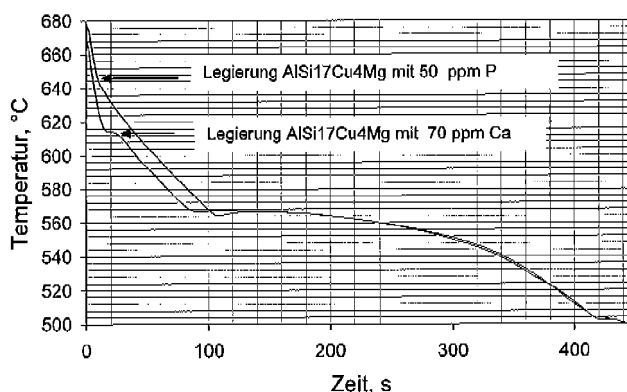


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Druckgusskörper aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Gusslegierung mit mehr als 15 bis zu 25 Gew.-% Silizium und mit insgesamt 0 bis 10 Gew.-% an Nebenlegierungsbestandteilen sowie ad 100 Gew.-% Aluminium, ein Verfahren zur Herstellung eines Druckgusskörpers aus dieser Legierung, die Calcium und/oder Strontium enthält. Das Herstellungsverfahren ermöglicht die prozesssichere und kosteneffektive Herstellung von verschleißbeanspruchten Aluminiumussteilen im Druckguss.

[0002] In letzter Zeit hat der Einsatz von übereutektischen Aluminium-Silizium-Legierungen für verschleißbeanspruchte Bauteile, wie Zylinderkurbelgehäuse, Kolben, Pumpen, Kompressorgehäuse, Propeller erheblich zugenommen. Die gute Verschleißbeständigkeit von diesen Legierungen beruht auf der Anwesenheit von Primärsiliziumausscheidungen im Gefüge, die in einer vorteilhaften und möglichst homogenen Größenverteilung und geometrischen Form vorliegen sollen. Um dies zu erreichen, hat sich eine Feinung des Primärsiliziums mit Phosphor bewährt, welches in der Schmelze Keime erzeugt, an denen dann die primären Siliziumkristalle entstehen (Gießerei 78, 1991, Nr. 23, S. 848-852).

[0003] Aus der EP 1 683 881 A1 ist eine verbesserte Al-Si-Legierung mit 6 bis 22 Gew.-% Si bekannt, die für die Druckgießverfahren entwickelt wurde. Zur Reduzierung der Klebeneigung liegt der Strontiumgehalt in dieser Legierung im Bereich von 0,05 bis 0,2 Gew.-% vor. Nachteilig wirkt sich jedoch aus, dass die im Patent EP 1 683 881 A1 angegebenen Strontiumgehalte eine ungewünschte Änderung der Morphologie des Primärsiliziums von polyedrisch auf sternförmig hervorrufen. Die weiteren Folgen sind eine merkbare Vergrößerung der Primärsiliziumkristalle und eine deutliche Abnahme des Volumenanteils dieser harten Phase im Gefüge.

[0004] Aus der EP 1 978 120 A1 ist eine Aluminium-Silizium-Gusslegierung mit einem gezielt eingestellten, geringen Kohlenstoffgehalt von 0,0007 bis 0,1 Gew.-% bekannt. Diese Legierung besitzt eine gute Duktilität bei gleichzeitig geringer Korrosionsanfälligkeit.

[0005] Die derzeit erforderliche hohe Gießtemperatur für übereutektische Al-Si-Legierungen von 760 °C bis 800 °C führt zu merklicher Abnahme der Viskosität der Schmelze und steigert erheblich die Gefahr des Herausspritzens aus der Form. Dies wird zusätzlich durch die hohe freiwerdende Kristallisationswärme bei der Ausscheidung von Primärsiliziumkristallen begünstigt. Die durch höhere Temperaturen geförderte Oxidation und Wasserstoffaufnahme führen darüber hinaus zur verstärkten Bildung von Oxideinschlüssen und Porositäten. Die relativ hohe Kristallisationstemperatur des Primärsiliziums in bekannten Aluminium-Silizium-Gusslegierungen für den Druckguss verstärkt die abrasive Wirkung der Primärsiliziumteilchen auf die Gießwerkzeuge und vermindert damit erheblich ihre Standzeit. All diese Faktoren setzen die Grenzen für die Verarbeitung der übereutektischen Al-Si-Legierungen mit dem Druckgießverfahren herab.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Legierung und ein Verfahren bereitzustellen, das eine prozesssichere und kosteneffektive Herstellung von verschleißbeanspruchten Aluminiumussteilen im Druckguss ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, nämlich durch gezielte Einstellung von Calcium und/oder Strontium in den übereutektischen Al-Si-Legierungen in wirksamen Mengen von ab 0,001 ($\geq 0,001$) Gew.-% bis kleiner 0,05 ($< 0,05$) Gew.-%, vorzugsweise bis $< 0,04$ Gew.-%, weiter vorzugsweise bis $< 0,03$ Gew.-%.

[0008] Der erfindungsgemäße Druckgusskörper ist eine solche mit den Hauptlegierungsbestandteilen Aluminium und Silizium, genauer mit Siliziumgehalten von > 15 Gew.-% bis ≤ 25 Gew.-%, sowie Zirkonium als Nebenlegierungsbestandteil in einer Menge von 0,005 bis 0,3 Gew.-%. Es handelt sich um eine übereutektische Legierung. Die Summe der Nebenlegierungsbestandteile soll dabei 18 Gew.-% und vorzugsweise 10 Gew.-% nicht überschreiten.

[0009] Besonders vorteilhafte Druckgusslegierungen erhält man, wenn der Siliziumgehalt über 16 Gew.-% und weiter vorzugsweise über 18 Gew.-% ist.

[0010] Für die Erfindung ist wesentlich, dass der Phosphorgehalt in der Legierung auf wenige ppm begrenzt ist. Es wurde gefunden, dass gerade die Vermeidung von Phosphor und der Einsatz von Calcium oder auch Strontium oder einer Kombination der Elemente Ca und Sr die gewünschten Effekte erbringt. Phosphorzusätze erhöhen die Kristallisationstemperatur des Primärsiliziums, was zu zwangsläufig höheren Gießtemperaturen und höheren Ausscheidungstemperaturen der abrasiven primären Siliziumteilchen führt. Der hohe Formverschleiß mit konventionellen übereutektischen Al-Si-Druckgusslegierungen kann daher auf den Zusatz von Phosphor zurückgeführt werden. Erfindungsgemäß wird daher der Gehalt an Phosphor kleiner als 0,002 Gew.-% (20 ppm) gehalten. Vorzugsweise übersteigt der Phosphorgehalt nicht 10 ppm und weiter vorzugsweise nicht 9 ppm, besonders bevorzugt nicht 7 ppm.

[0011] Ferner wurde gefunden, dass es wesentlich ist, dass der Kohlenstoffgehalt möglichst gering ist. Durch nicht vollständig reine Ausgangsmaterialien eingeschleppter Kohlenstoff verschlechtert die Gießergebnisse. Der Kohlenstoffgehalt soll daher in der erfindungsgemäßen Legierung kleiner als 0,0007 Gew.-% sein.

[0012] Die Ergebnisse der Erfinder zeigen, dass die Feinung und Ausbildungsform des Primärsiliziums in erfindungsgemäßen Druckguss-Legierungen durch Zirkoniumzusätze von 0,005 bis 0,3 Gew.-% deutlich verbessert wird, ohne die Ausscheidungstemperatur der primären Siliziumkristalle zu erhöhen. Dies liegt daran, dass die nach Zr-Zugabe in der Schmelze gebildeten Si_2Zr -Teilchen weniger patent sind als AIP-Keime und eine merkliche Unterkühlung benötigen,

um keimwirksam zu werden.

[0013] Die erfindungsgemäß vorgesehene Behandlung der übereutektischen Aluminium-Silizium-Schmelze durch Zusätze von Calcium oder Strontium in effektiven Zugabemengen bewirkt eine erhebliche Abnahme der Ausscheidungs-
temperatur des Primärsiliziums und macht es möglich, die Gießtemperaturen von übereutektischen Al-Si-Legierungen
im Vergleich zum Stand der Technik deutlich zu reduzieren. Niedrige Gießtemperaturen und dementsprechend höhere
Viskosität der Schmelze gewährleisten eine risikoarme Abwicklung des Druckgießverfahrens ohne Gefahr des Heraus-
spritzens. Zusätzliche Vorteile sind die geringere thermische Belastung der Gießwerkzeuge und erhebliche Steigerung
ihrer Standzeit. Der Formverschleiß wird deutlich herabgesetzt. Weiterhin sorgt die Verschiebung der Ausscheidungs-
temperatur des Primärsiliziums zum späteren Zeitpunkt dafür, dass diese harte Phase erst in der Druckgießform entsteht,
so dass die längst bekannte abrasive Wirkung der harten Primärsiliziumkristalle auf die Gießwerkzeuge im neuen Ver-
fahren entfällt.

Das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielte kleinere Erstarrungsintervall der übereutektischen Al-Si-Legierungen
trägt darüber hinaus zur deutlichen Verbesserung ihres Warmrissverhaltens bei, was besonders bei der Herstellung
von monolithischen Motorblöcken im Druckguss wegen ihrer aufwändigen Verrippung von großem Vorteil ist.

[0014] Es hat sich gezeigt, dass die erfindungsgemäße Calcium- bzw. Strontiumzugabe eine ausgezeichnete Gefü-
gemodifizierung mit sich bringt. Die wesentlichen Merkmale der Gefügemodifizierung sind eine erhebliche Feinung und
homogene Verteilung der Primärsiliziumteilchen und gleichzeitig eine gute Veredelung des Al-Si-Eutektikums. Dabei
liegen die Primärsiliziumkristalle im Gefüge in der gewünschten polyedrischen Form vor. Die seit langem angestrebte
kombinierte Feinung des Primärsiliziums und Veredelung des Al-Si-Eutektikums gewährleisten bekanntlich die beste
Verschleißfestigkeit und führen zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften.

[0015] Grundsätzlich sind dem Fachmann geeignete Nebenlegierungselemente für Aluminium-Silizium-Legierungen,
die im Druckguss zu technischen Komponenten weiterverarbeitet werden sollen, bekannt. Die Nebenlegierungskompo-
nenten verleihen der Legierung spezielle Eigenschaften, die für die Gebrauchseignung wesentlich sind. In Weiterbildung
der Erfindung sind als mögliche Nebenlegierungsbestandteile vorgesehen:

- 0 bis 6 Gew.-% Kupfer (Cu),
- 0 bis 1 Gew.-% Magnesium (Mg),
- 0 bis 2 Gew.-% Eisen (Fe),
- 0 bis 3 Gew.-% Nickel (Ni),
- 0 bis 0,3 Gew.-% Chrom (Cr),
- 0 bis 1 Gew.-% Mangan (Mn),
- 0 bis 3 Gew.-% Zink (Zn),
- 0 bis 0,5 Gew.-% Cobalt (Co),
- 0 bis 0,3 Gew.-% Titan (Ti),
- 0 bis 0,1 Gew.-% Bor (B),
- 0 bis 0,1 Gew.-% Vanadium (V).

[0016] Von diesen Bestandteilen können einzelne oder mehrere zugefügt werden.

[0017] An Verunreinigungselementen sollten insgesamt nicht mehr als 0,6 Gew.-% in der Legierung vorhanden sein,
um unkontrollierbare Effekte auf die Eigenschaften der Legierung ausschließen zu können. Verunreinigungselemente
sind hier insbesondere Sn, Pb, Bi und Sb. Besonders ist darauf zu achten, dass der Antimongehalt unter 0,01 Gew.-%
liegt, da höhere Gehalte die Wirkung von Ca und Sr beeinträchtigen.

[0018] Vorzugsweise sind in dem Gefüge der erfindungsgemäßen Druckgusskörper Primärsiliziumkristalle in vorwie-
gend polyedrischer Form vorhanden. Sternförmige Primärsiliziumkristalle sollten nicht oder nur in geringer Menge vor-
handen sein.

[0019] Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Primärsiliziumkristalle im Gefüge einen mittleren Durchmesser (= (maximale
Ausdehnung des Teilchens + minimale Ausdehnung des Teilchens)/2) von 50 µm, vorzugsweise 20 µm, weiter vor-
zugsweise 10 µm und besonders bevorzugt 7 µm nicht überschreiten, bzw. im Mittel nicht überschreiten.

[0020] Die Erfindung umfasst weiterhin ein Verfahren zur Herstellung einer im Druckguss verarbeitbaren übereutek-
tischen Aluminium-Silizium-Legierung mit Calcium- und/oder Strontium-Zugabe.

[0021] Die Aufgabe der Erfindung wird daher auch gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Druckgusskörpers,
bei welchem eine übereutektische Al-Si-Legierung mit einem Gehalt an Calcium und/oder Strontium von je Element
oder in Summe ab 0,001 bis kleiner 0,05 Gew.-% (?0,001 bis < 0,05 Gew.-%), einem Gehalt an Phosphor kleiner als
0,002 Gew.-% und einem Gehalt an Kohlenstoff kleiner als 0,0007 Gew.-% mit Formfüllzeiten von 10 bis 300 Millise-
kunden im Druckguss verarbeitet wird, wobei die Ausscheidung des Primärsiliziums erst in der Gießform erfolgt.

[0022] Je nach Siliziumgehalt kann die Temperatur der Schmelze in der Gießkammer ca. zwischen 670 °C und 700
°C liegen.

[0023] Die übereutektischen Al-Si-Legierungen mit Siliziumgehalten von über 15 bzw. 16 oder 18 Gew.-% zeichnen

sich durch breite Erstarrungsintervalle aus. Daher benötigen sie kurze Formfüllzeiten und raschen Druckaufbau bei Formfüllende, um vorzeitige Erstarrung zu vermeiden und maximale Porenverdichtung zu erzielen.

[0024] Die genaue Zusammensetzung der übereutektischen Al-Si-Legierung ist dabei bevorzugt wie oben beschrieben.

[0025] In Weiterbildung der Erfindung kann das Calcium in Form einer Calcium-Vorlegierung und/oder das Strontium in Form einer Strontium-Vorlegierung zugefügt wird, wofür insbesondere AlCa10, AlSr90 und AlSr10 verwendet werden.

[0026] Obwohl bereits im Gusszustand gute mechanische Werte vorhanden sind, können aus der erfindungsgemäßen Legierung hergestellte Gussteile allen Wärmebehandlungen unterzogen werden. In Weiterbildung der Erfindung ist daher vorgesehen, dass das Druckgussteil nach dem Gießen einer Wärmebehandlung, einer mechanischen Bearbeitung, einer Honoperation oder einer Kombination mehrerer Behandlungen unterzogen wird.

[0027] Die Gusschaut der erfindungsgemäßen Legierung kann durch rasche Erstarrung beim Druckgießverfahren an Primärsilizium verarmt sein. Daher kann die an Primärsilizium verarmte Randzone entfernt werden. Dies kann z. B. durch mechanische Bearbeitung oder auch durch Honoperation erfolgen.

[0028] Die Aufgabe der Erfindung wird schließlich auch gelöst durch die Verwendung eines verschleißfesten Erzeugnisses nämlich eines mit dem erfindungsgemäßen Druckguss-Verfahren hergestellten Druckgussteils für ein technisches Bauteil, insbesondere einen Kolben, ein Zylinderkurbelgehäuse, eine Laufbuchse, einen Propeller, ein Propellerblatt, eine Pumpe, ein Pumpengehäuse, ein Kompressorgehäuse, einen Motorblock, bzw. allgemein ein Maschinen- oder Geräteteil.

[0029] Unter Bezugnahme auf die Abbildungen soll die Erfindung anhand eines Beispiels noch näher erläutert werden, ohne dass die Erfindung auf dieses Beispiel beschränkt wäre.

Fig. 1 zeigt einen im Druckgießverfahren abgegossenen Probekörper;

Fig. 2 zeigt die Abkühlungskurven einer Legierung AlSi17Cu4Mg mit 50 ppm Phosphor und einer erfindungsgemäßen Legierung AlSi17Cu4Mg mit 70 ppm Calcium;

Fig. 3 zeigt das Mikrogefüge einer erfindungsgemäßen Legierung AlSi17Cu4Mg unter Zugabe von 70 ppm Calcium, x 500.

Beispiel

[0030] Stellvertretend für die große Gruppe der übereutektischen Al-Si-Gusslegierungen wurden die Legierungen der Gruppe AlSi17Cu4Mg ausgewählt. Die Versuchslegierungen mit Calcium und mit Phosphor wurden in einem elektrisch beheizten Tiegelofen hergestellt. Die Zugabe von Calcium erfolge mit Hilfe der handelsüblichen Vorlegierung AlCa10. Die Zugabe von Phosphor zur Vergleichslegierung erfolgte mit Draht-Vorlegierung AlCu20P1,4. Die Gießversuche wurden an der Druckgießmaschine GDK 750 (Fa. Müller Weingarten (Deutschland)) mit einer Gießgeschwindigkeit von 50 m/s durchgeführt. Die Gießtemperatur betrug 700 °C und die Kokillentemperatur lag bei 180 °C. Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einwandfrei abgegossene Probekörper ist in Fig. 1 gezeigt.

[0031] Die Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung der untersuchten Legierungen.

Tabelle 1. Zusammensetzung der Al-Si-Gusslegierungen, Gew.-%

	Si	Ca	P	Cu	Ni	Mg	Fe	Mn	Cr	Ti	Zr
Erf.Leg	16,5	0,007	0,0009	3,7	0,02	0,6	0,18	0,14	0,03	0,07	0,005
Leg. Gem. Stand der Technik	16,5	0,0009	0,005	3,9	0,03	0,6	0,16	0,16	0,04	0,05	-

[0032] Fig. 2 stellt die gießtechnologischen Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik überzeugend dar. Die Absenkung der Ausscheidungstemperatur des Primärsiliziums um 27 °C durch Behandlung der Schmelze mit 70 ppm Calcium ist deutlich zu sehen.

[0033] Im Mikrogefüge der mit dem neuen Verfahren abgegossenen Legierung wurde gleichzeitig eine gute Veredelung und eine gute Feinung des Primärsiliziums (7 µm) erreicht, Fig. 3.

Patentansprüche

1. Druckgusskörper aus einer übereutektischen Aluminium-Silizium-Gusslegierung mit mehr als 15 bis zu 25 Gew.-%

EP 2 236 637 A2

Silizium, 0,005 bis 0,3 Gew.-% Zirkonium und mit insgesamt 0 bis 10 Gew.-% an weiteren Nebenlegierungsbestandteilen sowie ad 100 Gew.-% Aluminium, **gekennzeichnet durch** einen Gehalt in der Legierung an Calcium und/oder Strontium von je Element oder in Summe ab 0,001 bis kleiner 0,05 Gew.%, wobei der Gehalt an Phosphor kleiner als 0,002 Gew.-% und der Gehalt an Kohlenstoff kleiner als 0,0007 Gew.-% ist.

- 5
2. Druckgusskörper nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Nebenlegierungsbestandteil wenigstens eines der folgenden Elemente in der Legierung vorhanden ist:

10 0 bis 6 Gew.-% Kupfer (Cu),
0 bis 1 Gew.-% Magnesium (Mg),
0 bis 2 Gew.-% Eisen (Fe),
0 bis 3 Gew.-% Nickel (Ni),
0 bis 0,3 Gew.-% Chrom (Cr),
15 0 bis 1 Gew.-% Mangan (Mn),
0 bis 3 Gew.-% Zink (Zn),
0 bis 0,5 Gew.-% Cobalt (Co),
0 bis 0,3 Gew.-% Titan (Ti),
0 bis 0,1 Gew.-% Bor (B),
20 0 bis 0,1 Gew.-% Vanadium (V).

3. Druckgusskörper nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** Verunreinigungselemente insgesamt in einem Gehalt von nicht mehr als 0,6 Gew.-% in der Legierung vorhanden sind.

- 25 4. Druckgusskörper nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärsiliziumkristalle im Gefüge einen mittleren Durchmesser von 50 µm nicht überschreiten.

5. Druckgusskörper nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Gefüge Primärsiliziumkristalle in polyedrischer Form vorhanden sind.

- 30 6. Verfahren zur Herstellung eines Druckgusskörpers nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die übereutektische AlSi-Legierung mit Formfüllzeiten von 10 bis 300 Millisekunden im Druckguss verarbeitet wird, wobei die Ausscheidung des Primärsiliziums erst in der Gießform erfolgt.

- 35 7. Verfahren nach Anspruch 6 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Calcium in Form einer Calcium-Vorlegierung und/oder das Strontium in Form einer Strontium-Vorlegierung zugefügt wird, wofür insbesondere AlCa10, AlSr90 und AlSr10 verwendet werden.

- 40 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Druckgussteil nach dem Gießen einer Wärmebehandlung, einer mechanischen Bearbeitung oder einer Honoperation unterzogen wird.

- 45 9. Verwendung des mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8 erhältlichen Druckgusskörpers für, technische Bauteile, insbesondere Kolben, Zylinderkurbelgehäuse, Laufbuchsen, Propeller, Propellerblätter, Pumpe, Pumpengehäuse, Kompressorgehäuse, Motorblock, ein Maschinen- oder Geräteteile.

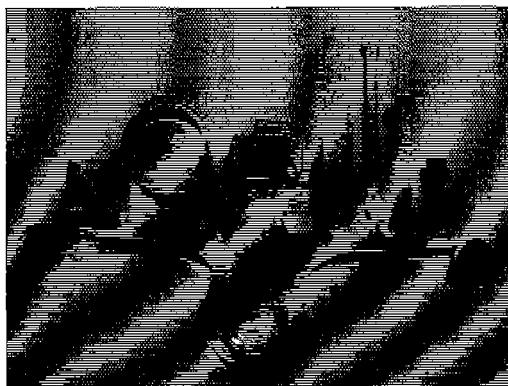


Fig. 1

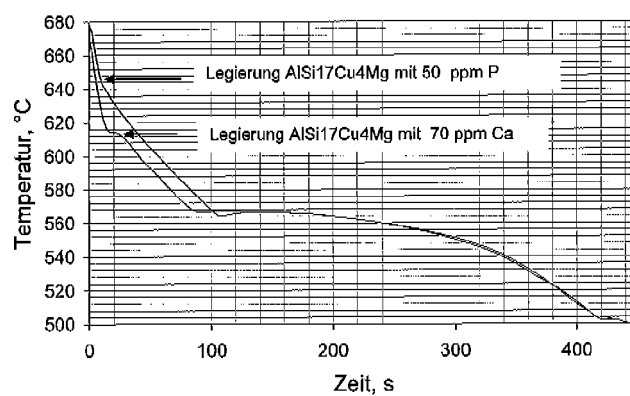


Fig. 2

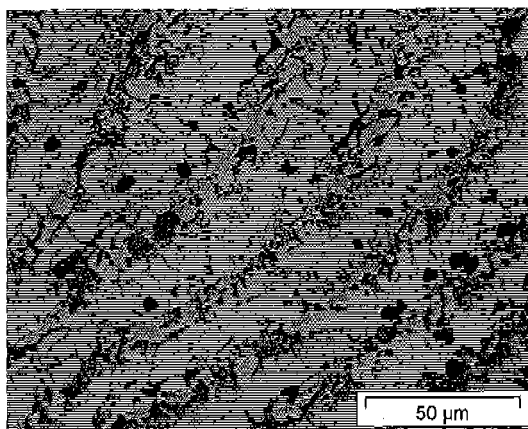


Fig. 3

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

- EP 1683881 A1 [0003]
- EP 1978120 A1 [0004]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *Gießerei*, 1991, vol. 78 (23), 848-852 [0002]