



(11) **EP 2 175 042 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.04.2010 Patentblatt 2010/15

(51) Int Cl.:
C22C 21/08 (2006.01) C22F 1/047 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09011984.3**

(22) Anmeldetag: **21.09.2009**

(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 RS

(30) Priorität: **22.09.2008 DE 102008048374**

(71) Anmelder:
• **Trimet Aluminium AG**
45356 Essen (DE)
• **Honsel AG**
59494 Soest (DE)

(72) Erfinder:
• **Koch, Hubert, Dr.**
46282 Dorsten (DE)

- **Ehrke, Jana, Dipl.-Ing.**
58239 Schwerte (DE)
- **Rosefort, Marcel, Dr.**
47051 Duisburg (DE)
- **Bramhoff, Dieter, Dr.**
46147 Oberhausen (DE)
- **Gers, Horst**
59872 Meschede (DE)
- **Schnapp, Dirk**
59929 Brilon (DE)
- **Köhler, Thomas, Dipl.-Ing.**
45357 Essen (DE)

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

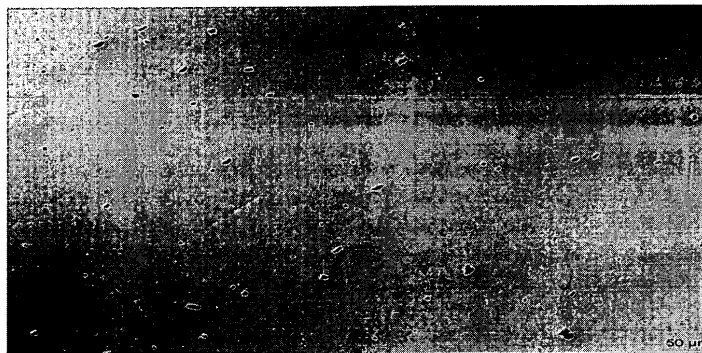
(54) **Korrosionsbeständiges Aluminiumstrangpressprofil und Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils**

(57) Die Erfindung betrifft ein korrosionsbeständiges Aluminiumstrangpressprofil aus einer ALSiMg-Legierung, vorzugsweise ein Mehrkammerhohlprofil und Ver-

fahren zur Herstellung eines Strangpressprofils durch Stranggießen, Homogenisierung und eine dem Strangpressen unmittelbar anschließenden Wärmebehandlung.

Bild 1:

Gefügebildaufnahme, lichtoptisch mit DIC (Differential Interference Contrast) aufgenommen. Schliff entnommen aus einem Hohlprofil (Typ Nr. III) mit Mg-Überschuss gemäß Leg. V1, man erkennt die eingeformten intermetallischen Verbindungen <math>< 1\mu</math>, die aufgrund ihrer Morphologie ein gutes Verformungsverhalten andeuten.



EP 2 175 042 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein korrosionsbeständiges Aluminiumstrangpressprofil aus einer AlSiMg-Legierung, vorzugsweise ein Mehrkammerhohlprofil und Verfahren zur

5 **[0002]** Herstellung eines Strangpressprofils.

Stand der Technik:

10 **[0003]** Die Festigkeit bei Aluminium-Knetlegierungen vom Typ AlMgSi (6xxx-Legierungen) wird im Wesentlichen durch die Legierungsverfestigung eingestellt (D. Altenpohl: "Aluminium von innen betrachtet", Aluminium-Verlag). Dabei wirken Fremdatome oder Ausscheidungen wie Störstellen im Gitter des Al-Gefüges. Bei dem Legierungstyp AlMgSi ist es die intermetallische Verbindung Mg₂Si, die festigkeitssteigernd wirkt.

15 **[0004]** Viele der derzeit in Europa etablierten Al-Mg-Si-Knetlegierungen orientieren sich daher an der Mg₂Si-Gleichgewichtsphase, besitzen aber zusätzlich einen Si-Überschuss. Das frei verfügbare Si bewirkt durch die Mischkristallbildung eine weitere Festigkeitssteigerung. Diese ist mit einem Si-Überschuss effektiver als bei einem gleichgroßen Mg-Überschuss (F. Ostermann: "Anwendungstechnologie Aluminium", Springer-Verlag).

20 **[0005]** Ein Si-Überschuss erhöht jedoch die Abschreckempfindlichkeit der Legierung. Weiterhin neigen diese Legierungen zur Bildung von Korngrenzenausscheidungen, die die Duktilität negativ beeinflussen (F. Ostermann: "Anwendungstechnologie Aluminium", Springer-Verlag). Das Si/Mg-Verhältnis besitzt ferner einen Einfluss auf das Verformungsverhalten (J. Roysted et. al.: "AlMgSi-alloys with improved Crush Properties", Extrusion Technologie 2008, Orlando). Mit steigendem Si/Mg-Verhältnis bis 1,1 verbessert sich auch das Verformungsverhalten. Zugaben von Cu als Legierungselement erhöhen ebenfalls die Festigkeit, allerdings auf Kosten der

25 **[0006]** Duktilität (J. Roysted et. al.: "AlMgSi-alloys with improved Crush Properties", Extrusion Technologie 2008, Orlando).

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, ein Strangpressprofil zu erzeugen, mit dem zumindest die bisher bekannten Verformungs- und Korrosionseigenschaften erreicht werden, jedoch bei höheren Festigkeitseigenschaften und zwar $R_p 0,2 > 280$

[0008] MPa, $R_m \geq 300$ MPa und $A \geq 10\%$.

30 **[0009]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Strangpressprofil aus der Aluminiumlegierung:

Si 0,3 - 0,6%

Mg 0,8-1,2%

Mn 0,03-0,1%

Fe 0,1-0,3%

35 Cu 0,1-0,3%

[0010] Rest Reinaluminium mit den üblichen Verunreinigungen, dem wahlweise ein Gehalt an

Ti 0,01-0,12%

40 Cr 0,01-0,12%

[0011] zugesetzt werden kann.

[0012] Vorzugsweise beträgt der H₂-Gehalt der Schmelze $\leq 0,15$ ccm/100gr. Al. Der H₂-Gehalt der Schmelze wird in üblicher Weise durch Chlorieren, durch Stickstoff- oder Argon-Spülbehandlung eingestellt.

45 **[0013]** Die Legierung zeichnet sich durch einen Mg-Überschuss aus, wobei das bevorzugte Gew-Verhältnis von Magnesium zu Silizium in der Legierungszusammensetzung im Bereich von 1 bis 2 bei einem Legierungsgehalt von Si 0,30 - 0,60% liegt.

50 **[0014]** Neuere Untersuchungen zeigen, dass mit einem Mg/Si-Verhältnis von nahezu 1 gute Festigkeitsergebnisse erzielt werden können, wobei eine Steigerung der Produktivität dieser Legierungen z.B. durch höhere Pressgeschwindigkeit, niedrigerem Anpressdruck und besserer Oberflächenqualität besonders herausgestellt wird (Comalco Aluminium Ltd.: "6xxx series aluminium alloys", EP 1 840 234 A1).

[0015] Allerdings lassen sich die Verformungseigenschaften und die Duktilität wesentlich verbessern, wenn die Gehalte an Mn, Fe, Cu sowie ggf. Ti und Cr deutlich eingeschränkt werden (siehe Anspruch 1).

55 **[0016]** Es wurde beobachtet, dass Zusätze von Mn und Cr während der Homogenisierung Dispersoide bilden, die eine Rekristallisation des Gefüges verhindern können. Diese Dispersoide verringern die lokalen Spannungen im Gefüge und erhöhen dabei die Duktilität. Der optimale Gehalt für Mn liegt dabei zwischen 0,05 und 0,10 und bei Cr zwischen 0,01 und 0,12 %.

[0017] Titan erhöht auch die Duktilität, wobei der Gehalt zwischen 0,01 - 0,12 % liegt.

EP 2 175 042 A1

[0018] Die Legierung wird im Stranggussverfahren vergossen und anschließend homogenisiert im Temperaturbereich zwischen 450 und 600°C in 1-10h. Das Strangpressprofil wird einer sofortigen Wärmebehandlung im Temperaturbereich 160-250°C für 20-1800min unterzogen.

[0019] Im Folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert.

5 **[0020]** Es zeigen:

Tabelle 1: Wärmebehandlung und technologische Eigenschaften bei vier Legierungstypen nach der Erfindung und zwei Vergleichslegierungen

10 Tabelle 2: Legierungszusammensetzung der erfindungsgemäßen Legierungen und der Vergleichslegierungen in Gew. %

Bild 1: Gefügebild eines erfindungsgemäß hergestellten Strukturbauteils

Bild 2: Gefügebild eines Strukturbauteils nach dem Stand der Technik

Bild 3: Profilschnitt des untersuchten Strukturbauteils

15 **[0021]** Es wurden sechs verschiedene Hohlprofile (Versuchsnummer I bis VI) mit den in Tabelle 1 angegebenen Homogenisierungsbedingungen durch Strangpressen hergestellt und anschließend wärmebehandelt.

[0022] Die technologischen Eigenschaften wurden an Probenstäben gemessen und in Tabelle 1 aufgelistet.

20 **[0023]** Die erfindungsgemäßen Hohlprofile (Versuchsnummern III, IV, V und VI) zeigten gute Verformungs- und Korrosionseigenschaften bei erhöhter Festigkeit und akzeptablen Dehnungswerten.

[0024] Die besonderen Eigenschaften beruhen darauf, dass während der Wärmebehandlung die intermetallischen Phasen des Typs Mg_2Si , Al_3Fe , Al_2Cu eingeformt wurden, so dass globulitisch geformte Partikel $\leq 1\mu$ in gleichmäßiger Verteilung vorlagen. Dies zeigt die Gefügebildaufnahme Bild 1 für ein erfindungsgemäß hergestelltes Hohlprofil der Legierung V1 gemäß Tabelle 2.

25 **[0025]** Im Vergleich dazu wurde ein Hohlprofil nach dem Stand der Technik hergestellt, wobei die Legierung B1 einen Mg-Unterschuss aufwies. Die genaue Zusammensetzung der Legierungsbeispiele ist Tabelle 2 zu entnehmen.

30 **[0026]** Das nach dem Stand der Technik durch Wärmebehandlung auf den Zustand T6 hergestellte Hohlprofil mit Mg-Unterschuss nach Versuchsnummer I zeigt ein deutlich schlechteres Verformungsverhalten. Die Ursache hierfür liegt in den nadelförmigen bis plattenförmigen Strukturen der intermetallischen Verbindungen, wie die Gefügebildaufnahme Bild 2 erkennen lässt.

35 **[0027]** Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass nur durch die Kombination der erfindungsgemäßen Legierungsvarianten V1 - V4 mit den Verfahrensmaßnahmen gemäß Patentanspruch 4, die Lösung der vorliegenden Aufgabenstellung möglich ist. Wie die Versuchsauswertung zeigt, ist es gelungen, die Zugfestigkeiten oberhalb von 300 MPa einzustellen. Dies ist in erster Linie durch entsprechende Gehalte an den Legierungselementen Si, Mg und Cu zu erklären. Mit steigendem Si- und Mg-Gehalt verschlechtert sich das Verformungsverhalten. Durch die Zugabe von Cu und der Temperaturführung während des Fertigungsprozesses konnte gutes Stauchverhalten des Materials beibehalten werden.

40

45

50

55

Tabelle 1: Wärmebehandlung und technologische Eigenschaften

Hohlprofil Versuchs Nr.	Legierung	HO	Wärme- behandlung	Rm* [MPa]	Rp0,2 [MPa]	A [%]	Stauchverhalten**	Korrosions- verhalten***
I	B1	****	****	260	220	11	10	i.O.
II	C1	580°C/3h	190°C/340min	280	270	14	10	i.O.
III	Leg. V1	580°C/3h	160°C/1700min	318	286	14	6	i.O.
IV	Leg. V2	560°C/10h	160°C/1700min	322	290	16	6	i.O.
V	Leg. V3	580°C/3h	240°C/190min	320	290	12	9	i.O.
VI	Leg. V4	560°C/10h	240°C/190min	310	305	10	9	i.O.

* Technologische Eigenschaften gemessen an Probenstäben entnommen aus Mehrkammerhohlprofilen gemäß Bild 4.
 ** Bewertung 1 bis 10 des Stauchverhaltens nach J. Roysted et. al.: "AlMgSi-alloys with improved Crush Properties", Extrusion Technologie 2008, Orlando.
 1 : starke Rissbildung, Abfallen einzelner Profilteile 10: keine Risse, keine Orangenhaut
 *** Korrosionstest analog zu DIN 50 905 (Prüfvorschrift nach Fa.Honsel)
 **** wärmebehandelt auf den Zustand T6

EP 2 175 042 A1

Tabelle 2: Legierungszusammensetzung in Gew.%

	Si	Mg	Mn	Fe	Cu	Ti	Cr
B1	0,57	0,39	0,15	0,20	-	0,01	-
C1	0,48	0,47	0,03	0,19	0,20	0,013	-
Leg. V1	0,41	0,86	0,07	0,22	0,16	0,016	0,015
Leg. V2	0,48	0,81	0,06	0,27	0,22	0,015	-
Leg. V3	0,51	0,85	0,09	0,12	0,18	0,014	-
Leg. V4	0,45	0,84	0,07	0,21	0,24	0,06	-

[0028] Überraschender Weise zeigten die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Strukturbauteile eine Verbesserung der Kerbschlagzähigkeit. Dies wurde insbesondere an den Legierungen der Versuchs-Nr. V und VI festgestellt, deren Ergebnisse bei den Kerbschlagversuchen um mehr als 10% über den Vergleichswerten der Versuche III. und IV. und um mehr als 20% über den Werten der Versuche I. und II. lagen.

Patentansprüche

1. Korrosionsbeständiges Strangpressprofil aus einer AlSiMg-Legierung, vorzugsweise Mehrkammerhohlprofil, **gekennzeichnet durch** folgende Legierungszusammensetzung in Gew.%

Si	0,3 - 0,6%
Mg	0,8 - 1,2%
Mn	0,03 - 0,1%
Fe	0,1 - 0,3%
Cu	0,1 - 0,3%

sowie wahlweise

Ti	0,01 - 0,12%
Cr	0,01 - 0,12%

Rest Reinaluminium mit den herstellungsbedingten Verunreinigungen.

2. Strangpressprofil nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch**

Si	0,40 - 0,60%
Mg	0,82 - 0,90%
Cu	0,15 - 0,25%

3. Strangpressprofil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Gefügestruktur mit eingeformten intermetallischen Phasen des Typs alpha-AlFeSi, beta-AlFeSi, Al₁₅FeMn₃Si₂, Mg₂Si, theta-AlCu, wobei die Partikel aus intermetallischen Phasen globulistisch geformt sind und einen Durchmesser ≤ 1µm aufweisen.

4. Strangpressprofil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gew.-Verhältnis von Magnesium zu Silizium in der Legierungszusammensetzung im Bereich von 1 bis 2 liegt.

5. Verfahren zur Herstellung eines Strangpressprofils gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durch Stranggießen, Homogenisierung und einer dem Strangpressen unmittelbar anschließenden Wärmebehandlung, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Homogenisierung zwischen 450°C und 600°C für 1 bis 10 Stunden durchgeführt wird und dann nach dem Strangpressen eine Wärmebehandlung im Bereich von 160°C bis 260°C für 20 bis 1800 Minuten

EP 2 175 042 A1

erfolgt.

6. Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung nach dem Strangpressen bei einer Temperatur von 180°C bis 250°C für 100 bis 1000 Minuten erfolgt.
7. Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Stranggießen die Schmelze einen H₂-Gehalt < 0,15 ccm/100gr. Al aufweist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Bild 1:

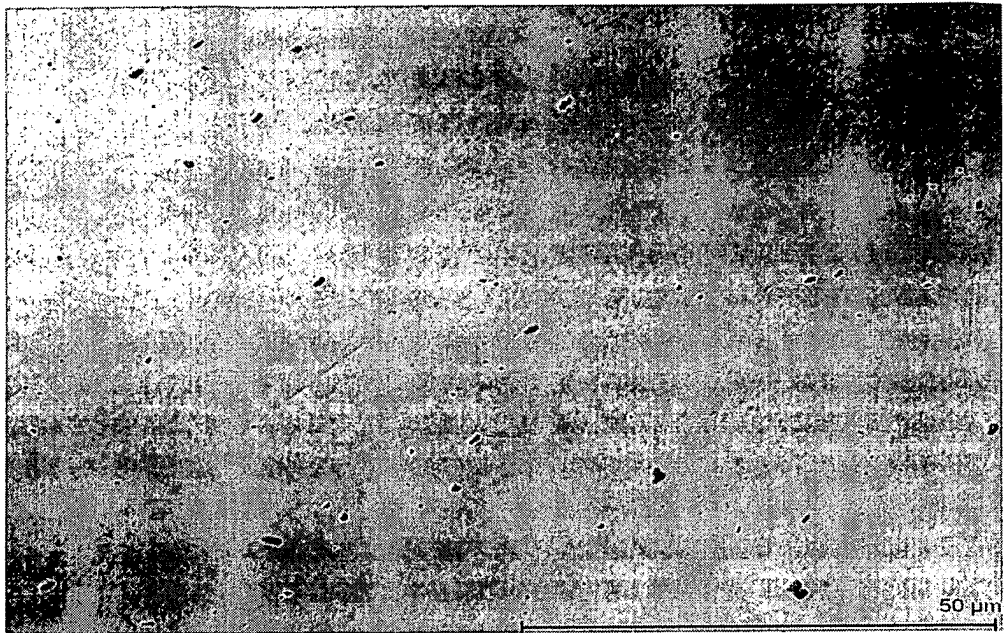


Bild 2:

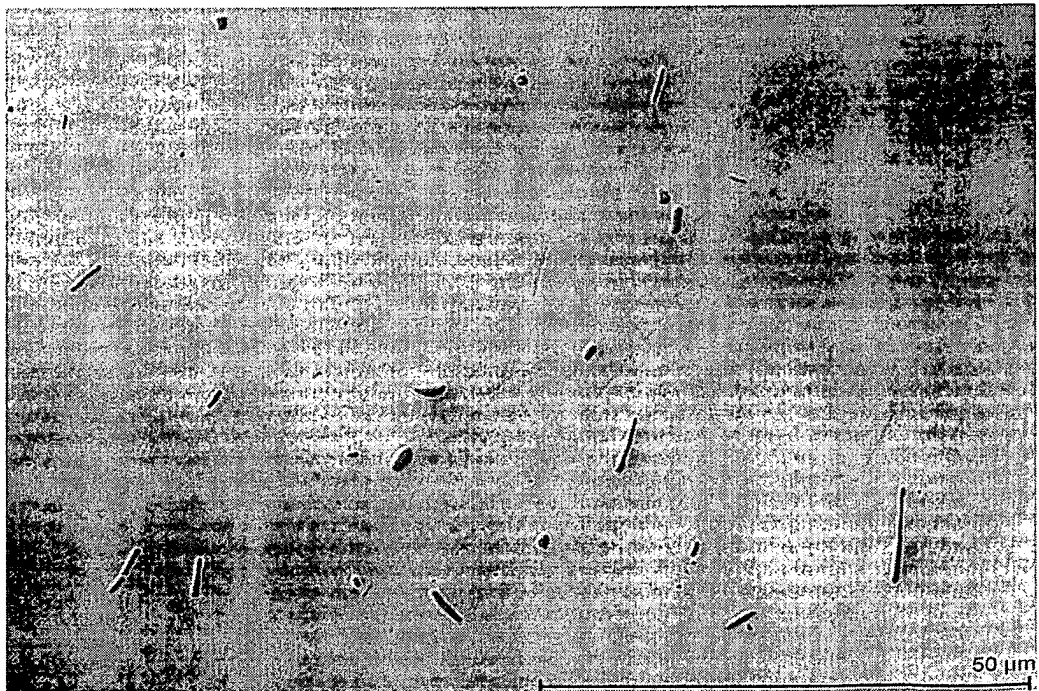
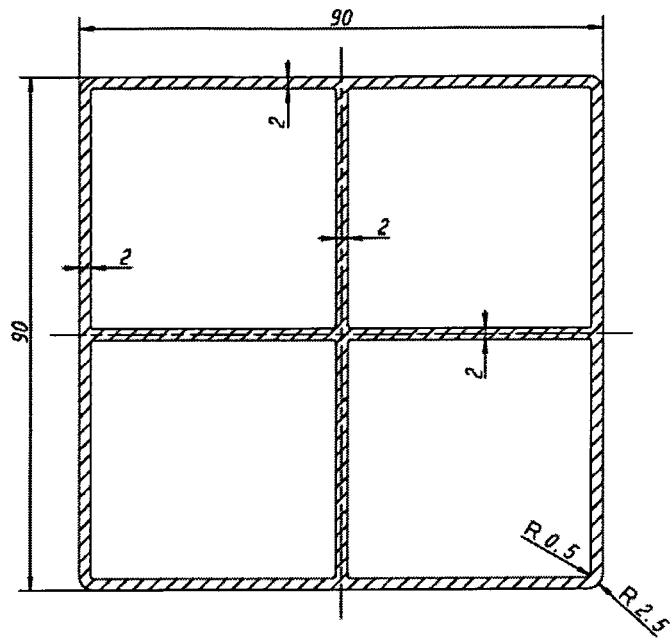


Bild 3:





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 01 1984

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CA 2 266 193 C (ALCAN INT LTD [CA]) 15. Februar 2005 (2005-02-15) * das ganze Dokument *	1-7	INV. C22C21/08 C22F1/047
X	COUPER, M. J. ET AL: "Effect of homogenization temperature and time on billet microstructure and extruded properties of alloy 6061" ALUMINIUM CAST HOUSE TECHNOLOGY, AUSTRALIAN ASIAN PACIFIC CONFERENCE, 7TH, HOBART, AUSTRALIA, SEPT. 23-26, 2001, 287-296. EDITOR(S): WHITELEY, PETER R. PUBLISHER: MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY, WARRENDALE, PA. CODEN: 69BVQJ, 2001, XP009128629 * das ganze Dokument *	1-7	
X	PARSON, N. C. ET AL: "The effect of heat treatment on the microstructure and properties of 6000 series alloy extrusion ingots" LIGHT METALS (WARRENDALE, PA, UNITED STATES) 713-24 CODEN: LMPDMF; ISSN: 0147-0809, 1989, XP009128616 * das ganze Dokument *	1-7	
X	JP 11 181539 A (SUMITOMO LIGHT METAL IND) 6. Juli 1999 (1999-07-06) * Zusammenfassung * * Seite 3; Beispiel 2; Tabelle 1 * * Seite 5; Beispiel 12; Tabelle 4 *	1-4	
X	JP 2000 282162 A (NIPPON STEEL CORP) 10. Oktober 2000 (2000-10-10) * Zusammenfassung * * Seite 4; Tabelle 1 *	1-4	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC) C22C C22F
5	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 15. Februar 2010	Prüfer Patton, Guy
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	

EPO FORM 1503_03_82 (P/04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 01 1984

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 1 808 240 A1 (SHOWA DENKO KK [JP]) 18. Juli 2007 (2007-07-18) * das ganze Dokument *	1-7	
A	CHOU C Y ET AL: "Effects of heat treatments on AA6061 aluminum alloy deformed by cross-channel extrusion" JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, ELSEVIER, NL, Bd. 202, Nr. 1-3, 20. Juni 2008 (2008-06-20), Seiten 1-6, XP022639866 ISSN: 0924-0136 [gefunden am 2007-11-23] * das ganze Dokument *	1-7	
A	US 5 223 050 A (BRYANT ANTHONY J [GB] ET AL) 29. Juni 1993 (1993-06-29) * das ganze Dokument *	1-7	
A	WO 02/38821 A1 (NORSK HYDRO AS [NO]; TUNDAL ULF [NO]; REISO ODDVIN [NO]) 16. Mai 2002 (2002-05-16) * das ganze Dokument *	1-7	
A	US 3 104 189 A (ALFON WAGNER NICHOLAS) 17. September 1963 (1963-09-17) * das ganze Dokument *	1-7	
A	US 6 565 984 B1 (WU SHUN [US] ET AL) 20. Mai 2003 (2003-05-20) * das ganze Dokument *	1-7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
5	Recherchenort München	Abschlussdatum der Recherche 15. Februar 2010	Prüfer Patton, Guy
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P/04C03)

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

EP 09 01 1984

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.

15-02-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CA 2266193 C	15-02-2005	AU 746249 B2 AU 2126799 A CA 2266193 A1	18-04-2002 30-09-1999 20-09-1999
JP 11181539 A	06-07-1999	JP 3306363 B2	24-07-2002
JP 2000282162 A	10-10-2000	KEINE	
EP 1808240 A1	18-07-2007	CN 101048245 A JP 2009190088 A JP 2009160662 A KR 20070052362 A	03-10-2007 27-08-2009 23-07-2009 21-05-2007
US 5223050 A	29-06-1993	KEINE	
WO 0238821 A1	16-05-2002	AU 1857002 A NO 20005634 A	21-05-2002 10-05-2002
US 3104189 A	17-09-1963	KEINE	
US 6565984 B1	20-05-2003	CN 1461817 A US 2003224188 A1	17-12-2003 04-12-2003

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

- EP 1840234 A1 [0014]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **F. Ostermann.** Anwendungstechnologie Aluminium. Springer-Verlag [0005]
- **J. Roysted.** AlMgSi-alloys with improved Crush Properties. *Extrusion Technologie 2008*, 2008 [0005] [0006]