



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 239 054 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.09.2002 Patentblatt 2002/37

(51) Int Cl.7: **C22F 1/043, C22C 21/02**

(21) Anmeldenummer: **02002600.1**

(22) Anmeldetag: **05.02.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke
Aktiengesellschaft
80809 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Wolf, Johann
85521 Ottobrunn (DE)**
• **Klinkenberg, Franz-Josef, Dr.
84030 Ergolding (DE)**

(30) Priorität: **07.03.2001 DE 10110756**

(54) **Wärmebehandlung von übereutektischen Al-Si-Legierungen**

(57) Ein Gussteil aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung wird in einem lokalen Bereich hoher mecha-

nischer Betriebsspannungskonzentration kurzzeitig bis in den schmelzflüssigen Bereich der primären Si-Kristalle erwärmt und dann abgeschreckt.

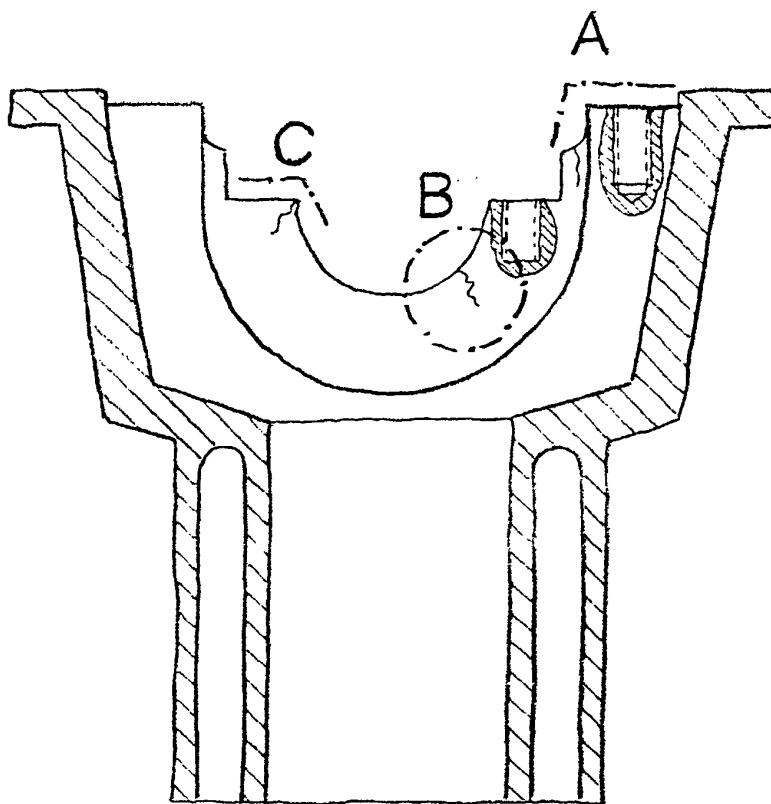


Fig.1

EP 1 239 054 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines Gussteils aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung sowie ein entsprechend hergestelltes Gussteil.

[0002] Bei Gussteilen aus eutektischen oder untereutektischen Aluminium-Legierungen ist es seit langem bekannt, dass diese durch geeignete Wärmebehandlung ausgehärtet werden können. Das Aushärten beruht dabei auf Entmischungs- oder Ausscheidungsvorgängen übersättigter Mischkristalle und besteht im wesentlichen aus einem Lösungsglühen, Abschrecken und Auslagern des Gussteils. Hierdurch werden die höchsten, für Leichtmetall möglichen Festigkeitswerte erzielt. In diesem Zusammenhang sind auch kurzzeitige, lokale Glühbehandlungen bekannt (EP 1020540 A1), bei denen insbesondere großflächige, verwickelt ausgebildete Aluminium-Gussteile 10 bis 100 sec lang bei einer Temperatur von 450 bis 550 °C zur Erzielung hoher lokaler Härte und Festigkeit behandelt werden.

[0003] Für die Herstellung von Gussteilen mit speziellen Gleitflächen, z.B. von Kurbelgehäusen mit Zylinderlaufflächen kommen jedoch zunehmend übereutektische Legierungen wie z.B. Al-Si17Cu4Mg oder Al-Si18CuNiMg zum Einsatz, bei denen vor allem die Entstehung relativ großer primärer Siliziumkristalle gewünscht wird. Ein komplett aus einem derartigen übereutektischen Gusswerkstoff hergestelltes Kurbelgehäuse bietet den Vorteil, dass nach einem Hon- und Ätzprozess die Zylinderlauffläche direkt aus dem Gusswerkstoff herausgearbeitet werden kann. Dabei treten die primären Siliziumkristalle aus der Grundmatrix des Gusswerkstoffes hervor und bilden so eine ideale Gleitfläche mit einer Vielzahl von Mikrotaschen für das Schmiermittel. Andererseits hat es sich gezeigt, dass es gerade an den spröden, groben und scharfkantigen Gefügebestandteilen, also an den primären Siliziumkristallen und intermetallischen Phasen derartiger Gusslegierungen insbesondere an den Stellen dynamischer Lastkonzentration leicht zu einer Rissbildung kommen kann, die schnell zum Ausfall des Gussteils, also etwa des Kurbelgehäuses führen würde. Mit den für eutektische Legierungen bekannten Härtungsmethoden lässt sich die Rissbildungsgefahr an diesen Stellen nicht beseitigen.

[0004] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines Gussteils aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung sowie ein entsprechendes Gussteil zu schaffen, welches sowohl die Ausbildung von Gleitflächen in der oben beschriebenen Weise, als auch eine deutlich verminderte Rissbildung insbesondere unter der Wirkung dynamischer Belastungen ermöglicht.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1 sowie durch ein Gussteil nach Patentanspruch 9 gelöst.

[0006] Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zunut-

ze, dass eine Risseinleitung in den kritischen Bereichen des Gussteils, wie etwa dem Stegbereich oder dem Lagerstuhlbereich eines Kurbelgehäuses, also Bereichen, die keine Gleitflächen aufweisen, durch eine nur auf diese Bereiche beschränkte Gefügeverfeinerung vermieden werden kann, bei welcher die groben, spröden Gefügebestandteile des Gussteils in den oberflächennahen Randzonen in kleine, fein dispers verteilte Phasen umgewandelt werden. Diese thermische Gefügeveränderung basiert auf einem kurzzeitigen Aufschmelzen der Gussteiloberfläche in Verbindung mit einer raschen Erstarrung dieser Bereiche. Die Dauer der Aufschmelzung sollte einerseits eine gewisse Durchmischung der Legierungsbestandteile durch Diffusion ermöglichen, andererseits aber nicht zu wesentlichen Formänderungen der ursprünglichen Oberfläche führen. In Versuchen hat sich für die meisten übereutektischen Al-Si-Legierungen und Gussformen eine Aufschmelzdauer von maximal 3 sec oberhalb der Liquidustemperatur, also etwa 650°C, als günstig erwiesen. Die rasche Erstarrung des aufgeschmolzenen Bereiches wird durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Aluminiumgusswerkstoffes unterstützt und kann durch eine zusätzliche Kühlung noch gesteigert werden. Es hat sich dabei als besonders günstig erwiesen, die Abkühlgeschwindigkeit so zu wählen, dass die Größe der entstehenden Gefügebestandteile, insbesondere der primären Si-Kristalle einen Wert von 5 µ nicht überschreitet. Weiterhin hat sich für die Wärmebehandlung ein Gleichstromschweißverfahren, also zum Beispiel die Verwendung einer Aluminium-WIG-Gleichstrom-Schutzgas-Schweißanlage ohne Zusatzwerkstoff als vorteilhaft erwiesen. Hiermit lassen sich relativ kleinflächige Bereiche des Gussteils in kurzer Zeit mit einem ausreichend hohen Energieeintrag erwärmen, so dass lediglich eine oberflächennahe Schicht aufgeschmolzen und bei der Abschreckung in die oben beschriebene, fein dispers verteilte Phase umgewandelt wird. Außerdem bietet dieses Schweißverfahren durch den lokal hohen Energieeintrag und die hohe Abkühlgeschwindigkeit eine geringe Neigung zu Poren, Warm- und Kaltrissen sowie eine kleine Wärmeeinflusszone, so dass die positiven Eigenschaften der Oberfläche nicht durch entfestigende Mechanismen wieder reduziert werden. Der Energieeintrag sollte dabei so bemessen sein, dass eine Erwärmung des Gussteils in den schmelzflüssigen Bereich der primären Si-Kristalle von dessen Oberfläche bis in eine Tiefe von maximal einem Millimeter erfolgt; dies reicht für eine Unterdrückung der Rissbildung im allgemeinen aus und verändert die Grundeigenschaften des übrigen Gussteils nur wenig.

[0007] Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch ein Kurbelgehäuse aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung;

Fig. 2 ein Schliffbild eines Gussteils gemäß Fig. 1 im Bereich einer lokalen Wärmebehandlung; und

Fig. 3a bis d Schliffbilder des Gussteils in unterschiedlichen Tiefen des in Fig. 2 dargestellten Bereiches.

[0008] Bei dem in Fig. 1 dargestellten Querschnitt durch ein Kurbelgehäuse aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung sind einige kritische Stellen A, B, C im Lagerstuhlbereich markiert, an denen es bei dynamischen Belastungen vermehrt zu einer Rissbildung kommen kann. Diese Stellen werden nun erfindungsgemäß mit einem Aluminium-WIG-Gleichstrom-Schutzgas-Schweißverfahren behandelt, wobei die Oberfläche an den kritischen Bereichen kurzzeitig bis in den schmelzflüssigen Bereich der primären Si-Kristalle erwärmt und dann abgeschreckt wird. Die sich dadurch ergebende Gefügeveränderung ist in einem Schliffbild in Fig. 2 dargestellt. Man sieht schon hier, dass in einem oberflächennahen Bereich F, der im dargestellten Labormuster tiefer als in den meisten Fällen notwendig ist, das grobe Gefüge der Grundmatrix G verschwunden und nur noch eine fein dispers verteilte Phase zu erkennen ist.

[0009] In den Fig. 3a bis d sind nun an den in Fig. 2 markierten Stellen vergrößerte Ausschnitte aus dem erfindungsgemäß behandelten Bereich zu sehen. In Fig. 3a erkennt man die Oberfläche des erfindungsgemäß behandelten Gussteils sowie das darunter liegende, fein dispers verteilte Gefüge einer übereutektischen Al-Si-Legierung. Die einzelnen Gefügebestandteile, insbesondere auch die primären Si-Kristalle sind extrem klein (im allgemeinen kleiner als $5\ \mu$), wobei die Feinheit unmittelbar an der Oberfläche sogar höher ist als in zunehmender Tiefe. In der tiefer liegenden Schicht, die in Fig. 3b dargestellt ist, ist das Gefüge immer noch sehr fein dispers verteilt. Erst in der wiederum tiefer liegenden, in Fig. 3c dargestellten Schicht erkennt man den Übergang des erfindungsgemäß behandelten Bereichs in den ursprünglichen, unbehandelten Bereich des Gussteils. Diese Grenze sollte in der Regel eine Tiefe von maximal einem Millimeter nicht überschreiten. Unterhalb dieser Grenze ist das Gefüge in seinem ursprünglichen, groben Zustand geblieben, was in Figur 3d gezeigt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung eines Gussteils aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil in einem lokalen Bereich hoher mechanischer Betriebsspannungskonzentration kurzzeitig bis in den schmelzflüssigen Bereich der primären Si-Kristalle erwärmt und dann abgeschreckt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung des Gussteils in den schmelzflüssigen Bereich der primären Si-Kristalle an dessen Oberfläche bis in eine Tiefe von maximal 1 mm erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der schmelzflüssige Bereich für eine Dauer von maximal 3 sec aufrechterhalten wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung unter Schutzgas erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeabfuhr zur Abschreckung des lokal wärmebehandelten Gussteilbereiches über das diesen Bereich umgebende Gussteilmaterial erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlgeschwindigkeit des lokal erwärmten Bereiches derart eingestellt wird, dass die Größe der aus der Schmelze entstehenden Gefügebestandteile, insbesondere der primären Si-Kristalle einen Wert von $5\ \mu$ nicht überschreitet.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur lokalen Erwärmung des Gussteils ein Kaltschweißverfahren zur Anwendung kommt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil zumindest in dem lokal zu erwärmenden Bereich aus einer Al-Si17Cu4Mg- oder Al-Si18CuNiMg-Legierungen hergestellt wird.

9. Gussteil aus einer übereutektischen Al-Si-Legierung, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe der Gefügebestandteile, insbesondere der primären Si-Kristalle zumindest an der Oberfläche eines lokalen Bereiches hoher mechanischer Betriebsspannungskonzentration wesentlich geringer als in den übrigen Bereichen des Gussteils ist.

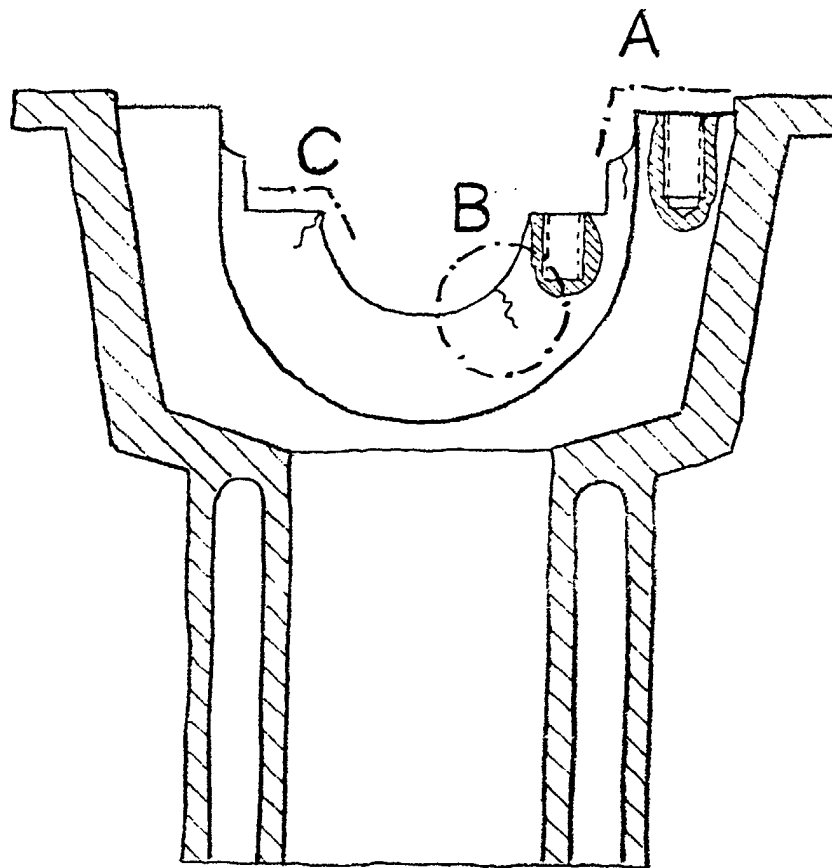


Fig.1

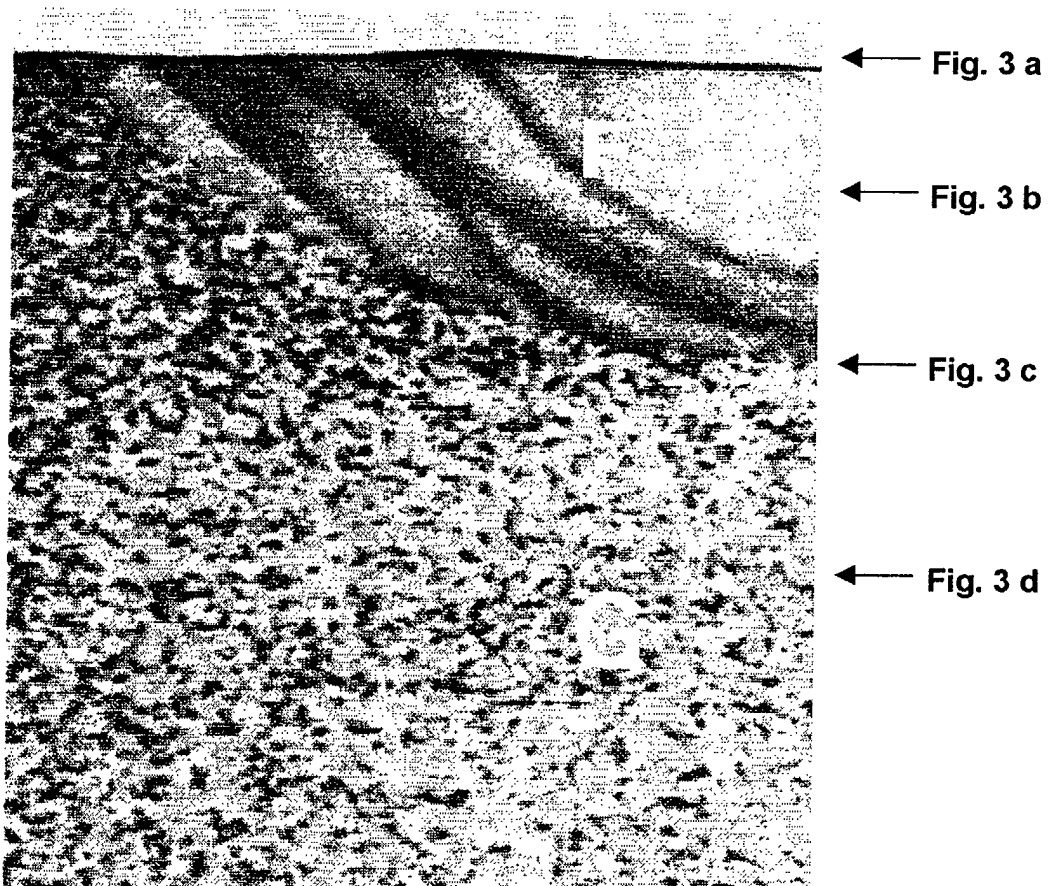


Fig. 2

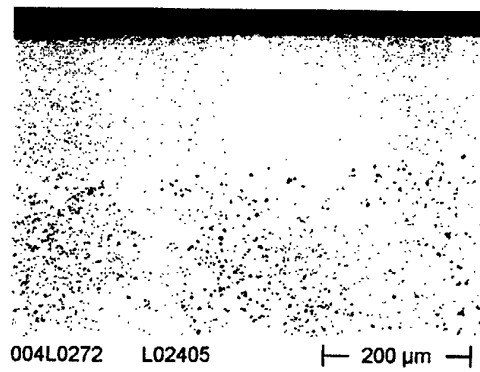


Fig. 3 a

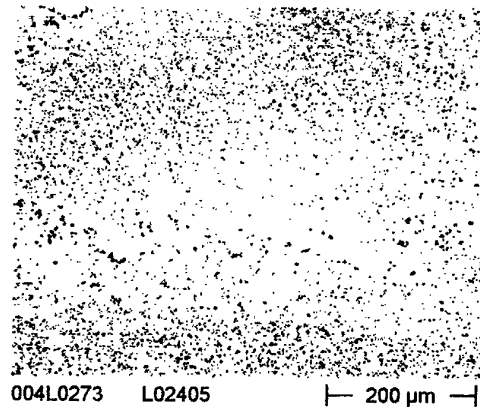


Fig. 3 b

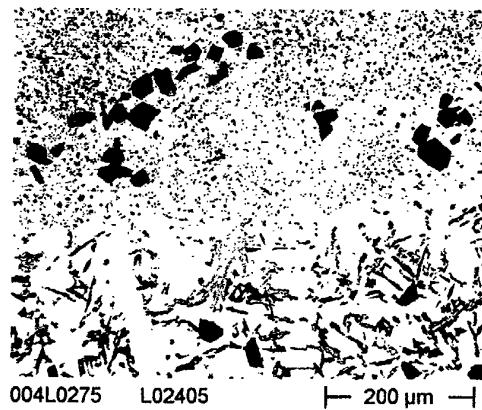


Fig. 3 c

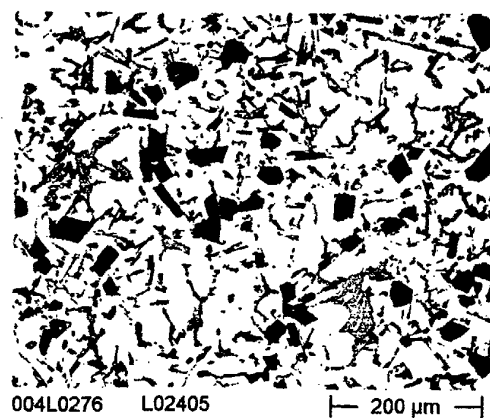


Fig. 3 d



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 00 2600

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 4 711 823 A (SHIINA HARUO) 8. Dezember 1987 (1987-12-08) * Spalte 1, Zeile 46 - Spalte 2, Zeile 19 * * Spalte 6, Zeile 14 - Zeile 27; Beispiele A-B; Tabelle 2 *	1-5,7-9	C22F1/043 C22C21/02
X	US 4 483 286 A (HERRMANN RUEDIGER ET AL) 20. November 1984 (1984-11-20) * das ganze Dokument *	1-9	
X	DATABASE CA 'Online! CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE, COLUMBUS, OHIO, US; MOIR, S. A. ET AL: "The effect of temperature gradient and growth rate on spacing between primary silicon particles in rapidly solidified hypereutectic aluminum-silicon alloys" retrieved from STN Database accession no. 115:164286 XP002198446 * Zusammenfassung * & J. CRYST. GROWTH (1991), 113(1-2), 77-82 ,	1-5,7-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			C22F C22C
A	EP 0 645 465 A (KOBE STEEL LTD) 29. März 1995 (1995-03-29) * das ganze Dokument *	1-9	
A	US 5 749 980 A (IZUCHI SHUHEI ET AL) 12. Mai 1998 (1998-05-12) * das ganze Dokument *	1-9	
	--- -/-- ---		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 8. Mai 2002	Prüfer Patton, G
KATEGORIE DER GENANTEN 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 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 00 2600

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 332 (C-0861), 23. August 1991 (1991-08-23) -& JP 03 126850 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 30. Mai 1991 (1991-05-30) * Zusammenfassung *	1-9	
A	US 5 851 320 A (AURAN LARS ET AL) 22. Dezember 1998 (1998-12-22) * das ganze Dokument *	1-9	
A	US 5 143 557 A (PIERANTONI MICHEL ET AL) 1. September 1992 (1992-09-01) * das ganze Dokument *	1-9	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 187 (C-240), 28. August 1984 (1984-08-28) -& JP 59 080712 A (HINO JIDOSHA KOGYO KK), 10. Mai 1984 (1984-05-10) * Zusammenfassung *	1-9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 8. Mai 2002	Prüfer Patton, G
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 (P4/C03)

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

EP 02 00 2600

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.

08-05-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4711823	A	08-12-1987	JP 1860667 C	27-07-1994
			JP 5061321 B	06-09-1993
			JP 61117204 A	04-06-1986
US 4483286	A	20-11-1984	DE 3114124 A1	28-10-1982
			BR 8201954 A	08-03-1983
			DE 3278639 D1	14-07-1988
			EP 0062173 A1	13-10-1982
			JP 1484373 C	27-02-1989
			JP 57179353 A	04-11-1982
			JP 63034311 B	08-07-1988
EP 0645465	A	29-03-1995	DE 69410906 D1	16-07-1998
			DE 69410906 T2	17-12-1998
			EP 0645465 A1	29-03-1995
			JP 7118783 A	09-05-1995
			US 5576112 A	19-11-1996
			US 5749980 A	12-05-1998
US 5749980	A	12-05-1998	DE 69410906 D1	16-07-1998
			DE 69410906 T2	17-12-1998
			EP 0645465 A1	29-03-1995
			JP 7118783 A	09-05-1995
			US 5576112 A	19-11-1996
JP 03126850	A	30-05-1991	KEINE	
US 5851320	A	22-12-1998	AU 1541297 A	01-08-1997
			WO 9725449 A1	17-07-1997
US 5143557	A	01-09-1992	CH 675260 A5	14-09-1990
			AT 91729 T	15-08-1993
			DE 58904949 D1	26-08-1993
			EP 0352220 A1	24-01-1990
			ES 2042060 T3	01-12-1993
			JP 2047279 A	16-02-1990
JP 59080712	A	10-05-1984	KEINE	

EPO FORM P0461

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