



(11) **EP 1 834 005 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**18.08.2010 Patentblatt 2010/33**

(51) Int Cl.:  
**C22C 37/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **05803315.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/012160**

(22) Anmeldetag: **14.11.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/056334 (01.06.2006 Gazette 2006/22)**

(54) **SPHÄROGUSSLEGIERUNG UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON GUSSTEILEN AUS DER SPHÄROGUSSLEGIERUNG**

SPHEROIDAL CAST ALLOY AND METHOD FOR PRODUCING CAST PARTS FROM SAID SPHEROIDAL CAST ALLOY

ALLIAGE COULE NODULAIRE ET PROCEDE POUR PRODUIRE DES PIECES COULEES A PARTIR DE CET ALLIAGE COULE NODULAIRE

(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**

- **RIETZSCHER, Rolf**  
**40822 Mettmann (DE)**
- **HECKER, Andreas**  
**78267 Aach (DE)**
- **RIECK, Torsten**  
**40878 Ratingen (DE)**

(30) Priorität: **22.11.2004 DE 102004056331**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.09.2007 Patentblatt 2007/38**

(74) Vertreter: **Weiss, Wolfgang**  
**Georg Fischer AG**  
**Patentabteilung**  
**Amsler-Laffon-Strasse 9**  
**8201 Schaffhausen (CH)**

(73) Patentinhaber: **Georg Fischer Automotive AG**  
**8200 Schaffhausen (CH)**

(72) Erfinder:  
• **MENK, Werner**  
**CH-8200 Schaffhausen (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 525 540 EP-A- 1 225 239**  
**JP-A- 9 111 394 JP-A- 54 041 216**  
**US-A1- 2002 195 180**

**EP 1 834 005 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Sphärogusslegierung für Gusseisenprodukte mit einer hohen mechanischen Festigkeit, einer hohen Verschleissfestigkeit und gleichzeitig einer hohen Zähigkeit, umfassend als Nicht-Eisenbestandteile C, Si, P, Mg, Cr, Al, S, B, Cu, Mn und den üblichen Verunreinigungen.

**[0002]** Im Kraftfahrzeugbau werden Gusseisenlegierungen verwendet für die Herstellung von Gussteilen, die eine hohe Verschleissfestigkeit haben müssen, beispielsweise Bremssscheiben, die beim Bremsvorgang die kinetische Energie des Fahrzeuges in thermische Energie umwandeln müssen. Die Bremssscheiben können dabei Temperaturen bis ca. 850 °C erreichen. Beim Bremsvorgang werden nicht nur die Bremsbeläge, sondern auch die Bremssscheiben abgenutzt. Bremssscheiben weisen einen unregelmässigen Verschleiss auf und müssen oft noch während der Garantieperiode mit hohen Kosten für den Automobilhersteller ersetzt werden. Damit die Abnutzung an der Oberfläche der Bremssscheibe möglichst gleichmässig stattfindet, werden hohe Ansprüche an das Kristallgefüge und an die Homogenität des Gefüges gestellt. Durch ein geeignetes Giessverfahren kann die Homogenität verbessert werden.

**[0003]** Aus der GB 832 666 ist eine Gusseisenlegierung mit als Nicht-Eisenbestandteilen 1,0 bis 2,5 Gew. % C, 1,5 bis 3,2 Gew. % Si, weniger als 1,15 Gew. % Mn, weniger als 0,5 Gew. % S und 0,001 bis 0,05 Gew. % B bekannt. Nach dem Giessen bildet sich der Graphitanteil in der kompakten Form aus. Es liegt, weil die Legierung kein Mg enthält, kein Kugelgraphit oder Vermiculargraphit, sondern überwiegend eine Graphitausbildung vor, die ähnlich aussieht wie die Temperkohleknoten von Temperguss. Die Legierung enthält 5 bis 10 % Karbide in einer überwiegend perlitischen Matrix, was zur Folge hat, dass die Bruchdehnung relativ niedrig wird. Um die Bildung von Lamellengraphit zu begrenzen und somit den Elastizitätsmodulus zu verbessern, werden als Legierungselemente Tellur und Wismuth beigemischt. Höhere Bruchdehnungswerte werden durch eine anschließende Wärmebehandlung erreicht.

**[0004]** Aus der US 2004/0112479-A1 ist eine weitere Gusseisenlegierung bekannt, die vorzugsweise 3,7 Gew. % C, 2,5 Gew. % Si, 1,85 Gew. % Ni, 0,85 Gew. % Cu und 0,05 Gew. % Mo enthält. Dieser Werkstoff zeichnet sich aus durch eine Dehnung von 20 bis 16 % bei einer Zugfestigkeit von 500 bis 900 MPa und durch eine Brinell-Härte von 180 bis 290 HB. Diese Eigenschaften werden erreicht nach einer zeitaufwendigen Wärmebehandlung, die nacheinander folgende Schritte umfasst: 10 bis 360 Minuten Austenitisieren bei Temperaturen zwischen 750 und 790 °C, rasches Abkühlen in einem Salzbad auf einer Temperatur zwischen 300 und 400 °C, 1 bis 3 Stunden Austempnen bei Temperaturen zwischen 300 und 400 °C und Abkühlen auf Raumtemperatur. Nach dieser Behandlung hat der Werkstoff ein Gefüge mit einer austenitischen und ferritischen Mikrostruktur.

Der Werkstoff zeichnet sich aus durch eine leichtere maschinelle Bearbeitbarkeit als ein Gusseisen, das auf übliche Art einer Austempering unterworfen wurde.

**[0005]** Aus der DE 101 29 382 A1 ist eine Sphärogusslegierung für Gusseisenprodukte mit einer plastischen Verformbarkeit bekannt, wobei die Sphärogusslegierung als Nicht-Eisenbestandteile zumindest die Elemente C, Si, Mn, Cu, Mg, S und als Beimengungen eines oder mehrere Elemente aus der Gruppe IIIb des Periodensystems enthält, wobei die Legierung als Beimengung zumindest das Element Bor enthält und wobei der Si-Gehalt mehr als 2,4 % beträgt.

**[0006]** Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Gusseisenlegierung anzugeben, die aus möglichst kostengünstigen Elementen hergestellt wird, wobei die Gussteile ohne eine zusätzliche Wärmebehandlung eine möglichst hohe Temperaturbeständigkeit und Festigkeit, insbesondere Verschleissfestigkeit und gleichzeitig eine sehr hohe Zähigkeit haben.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch eine Sphärogusslegierung für Gusseisenprodukte mit einer hohen mechanischen Festigkeit, einer hohen Verschleissfestigkeit und gleichzeitig einer hohen Zähigkeit, umfassend als Nicht-Eisenbestandteile C, Si, P, Mg, Cr, Al, S, B, Cu, Mn und den üblichen Verunreinigungen gemäß Anspruch 1 gelöst, wobei die Legierung 3,0 bis 3,7 Gew. % C, 2,6 bis 3,4 Gew. % Si, 0,02 bis 0,05 Gew. % P, 0,025 bis 0,045 Gew. % Mg, 0,01 bis 0,03 Gew. % Cr, 0,003 bis 0,017 Gew. % Al, 0,0005 bis 0,012 Gew. % S und 0,0004 bis 0,002 Gew. % B, 0,1 bis 1,5 Gew. % Cu, vorzugsweise 0,5 bis 0,8 Gew. % Cu und 0,1 bis 1,0 Gew. % Mn, vorzugsweise 0,15 bis 0,2 Gew. % Mn, Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen enthält.

**[0008]** Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen 2-17.

**[0009]** Es ist von Vorteil, dass die Legierung ein möglichst gutes Festigkeits-Dehnungsverhalten hat. Dies wird dadurch erreicht, dass die Sphärogusslegierung 0,1 bis 1,5 Gew. % Cu, vorzugsweise 0,5 bis 0,8 Gew. % Cu enthält. Dies wird auch dadurch erreicht, dass die Legierung 0,1 bis 1,0 Gew. % Mn, vorzugsweise 0,15 bis 0,2 Gew. % Mn enthält.

**[0010]** Es ist weiterhin auch von Vorteil dass die Legierung ein möglichst gutes Verschleissverhalten hat. Dies wird dadurch erreicht, dass die Legierung 0,1 bis 1,5 Gew. % Cu, vorzugsweise 0,5 bis 0,8 Gew. % Cu und 0,1 bis 1,0 Gew. % Mn, vorzugsweise 0,15 bis 0,2 Gew. % Mn enthält. Dies wird auch dadurch erreicht, dass die Legierung 0,1 bis 1,5 Gew. % Mn, vorzugsweise 0,5 bis 1,0 Gew. % Mn und 0,05 bis 1,0 Gew. % Cu, vorzugsweise 0,05 bis 0,2 Gew. % Cu enthält.

**[0011]** Der Kerngedanke der Erfindung ist es eine Gusseisenlegierung anzugeben, die eine Brinellhärte von mehr als 220 aufweist und die bei dem Einsatz als Brems-scheibe möglichst gleichmässig abgenutzt wird. Der Graphit in der Gusseisenlegierung kann sphäroidal (=kugelförmig) oder vermicular

[0012] (=würmchenförmig), jedoch nicht lamellar (=plättchenförmig) ausgebildet sein. Bremsscheiben mit Lamellargraphit sind zwar preisgünstig, weisen aber eine geringere Beständigkeit gegen Temperaturwechsel auf. Dadurch kann es schon nach kurzer Einsatzzeit zu so genannten Brandrissen kommen, die schnell weiter wachsen und zu Unebenheiten der Oberfläche führen. Eine unebene Oberfläche führt wiederum zu ungleichmässiger Temperaturbelastung, unregelmässigem Verschleiss und zum so genannten Bremsrubbeln.

[0013] Weitere Anwendungen der erfindungsgemässen Sphärogusslegierung sind Achs- und Fahrwerksteile für Lastkraftwagen und für Personenkraftwagen, wie beispielsweise Querlenker, Radträger und Schwenklager, welche hohen mechanischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt sind und welche sich im Falle eines Zusammenstosses des Kraftwagens plastisch verformen müssen und nicht brechen dürfen.

### **Beispiel 1**

[0014] Eine Bremsscheibe wurde aus der erfindungsgemässen Sphärogusslegierung gefertigt. Die chemische Zusammensetzung betrug 3,34 Gew.% C, 2,92 Gew.% Si, 0,62 Gew.% Cu, 0,17 Gew.% Mn, 0,038 Gew.% Mg, 0,025 Gew.% P, 0,021 Gew.% Cr, 0,01 Gew.% Al, 0,001 Gew.% S und 0,0008 Gew.% B, Rest Fe und den üblichen Verunreinigungen. Die Bremsscheibe wurde untersucht auf Sphärolithenzahl, Graphitgehalt, Graphitform und Graphitgrösse, Perlitgehalt und Brinellhärte. Proben aus der Bremsscheibe wurden einem Zugversuch unterworfen um das Festigkeits-Dehnungsverhalten festzustellen. Die Spärolithenzahl beträgt 384 +/- 76 Sphärolithen pro mm<sup>2</sup>. Der Graphitgehalt 9,7 +/- 0,7 %. Die Graphitform nach DIN EN ISO 945 ist zu 97,9 % von der Form VI. Die Grössenverteilung nach DIN EN ISO 945 ist 45 % der Grösse 8, 42 % der Grösse 7 und 13 % der Grösse 6. Der Perlitgehalt beträgt 84 +/- 1 %. Die Brinellhärte beträgt 248 +/- 3 HB. Beim Zugversuch wurden folgende Werte festgestellt: Dehngrenze R<sub>p</sub> 0,2 = 474 MPa, Zugfestigkeit R<sub>m</sub> = 778 MPa, Bruchdehnung A5 = 11,4 % und Elastizitätsmodulus E = 165 bis 170 kN/mm<sup>2</sup>.

[0015] Im Vergleich mit den bekannten Werkstoffen für Bremsscheiben konnte ein wesentlich besseres Oxidationsverhalten (siehe Figur 1) und eine stark reduzierte Neigung zu Brandrissbildung (siehe Figuren 2 und 3) festgestellt werden. Das Oxidationsverhalten und somit auch das Verschleissverhalten wird wesentlich verbessert durch die Zugabe einer Mischung von Kupfer und/oder Mangan zur Sphärogusslegierung.

[0016] In Figur 1 ist die Gewichtszunahme in Gramm pro Quadratmeter und Tag durch Oxidation bei 700°C an Luft dargestellt. Der erfindungsgemässe Werkstoff zeigt eine Gewichtszunahme von ca. 9 g/m<sup>2</sup>.d im Vergleich zu einem Gusseisenwerkstoff für konventionelle Bremsscheiben mit einer Gewichtszunahme von ca. 21 g/m<sup>2</sup>.d.

[0017] Die Versuche zur Prüfung auf Brandrissbildung wurden wie folgt durchgeführt: Eine Probe mit den Abmessungen 40 x 20 x 7 mm wird mindestens 100 Zyklen bestehend aus 7 Sekunden Aufheizen auf 700°C und 6 Sekunden Abschrecken in Wasser unterworfen. Anschliessend werden Querschliffe hergestellt und unter dem Mikroskop untersucht und fotografiert.

[0018] In Figur 2 ist ein Mikrofoto einer handelsüblichen Bremsscheibe mit einem Brandriss von 0,4 mm Tiefe dargestellt. In Figur 3 ist ein weiteres Mikrofoto der erfindungsgemässen Bremsscheibe bei gleicher Vergrösserung mit einem Brandriss von 0,14 mm Tiefe dargestellt.

### **Beispiel 2**

[0019] Ein Querlenker für Personenkraftwagen wurde aus der erfindungsgemässen Sphärogusslegierung gefertigt. Die chemische Zusammensetzung betrug 3,5 Gew.% C, 2,85 Gew.% Si, 0,63 Gew.% Cu, 0,18 Gew.% Mn, 0,038 Gew.% Mg, 0,026 Gew.% P, 0,029 Gew.% Cr, 0,004 Gew.% Al, 0,001 Gew.% S und 0,0007 Gew.% B, Rest Fe und den üblichen Verunreinigungen. Beim Zugversuch wurden folgende Werte festgestellt: Dehngrenze R<sub>p</sub> 0,2 = 465 MPa, Zugfestigkeit R<sub>m</sub> = 757 MPa, Bruchdehnung A5 = 11,1 % und Elastizitätsmodulus E = 165 bis 170 kN/mm<sup>2</sup>. Die Brinellhärte beträgt 258 +/- 3 HB.

### **Beispiel 3**

[0020] Ein Radträger für Personenkraftwagen wurde aus der erfindungsgemässen Sphärogusslegierung gefertigt. Die chemische Zusammensetzung betrug 3,43 Gew.% C, 3,38 Gew.% Si, 0,71 Gew.% Cu, 0,2 Gew.% Mn, 0,037 Gew.% Mg, 0,047 Gew.% P, 0,043 Gew.% Cr, 0,012 Gew.% Al, 0,004 Gew.% S und 0,0008 Gew.% B, Rest Fe und den üblichen Verunreinigungen. Beim Zugversuch wurden folgende Werte festgestellt: Dehngrenze R<sub>p</sub> 0,2 = 558 MPa, Zugfestigkeit R<sub>m</sub> = 862 MPa und Bruchdehnung A5 = 6,1 %. Die Brinellhärte beträgt 288 HB. Die Sphärolithenzahl im Mikrogefüge wurde zu 455 Sphärolithen pro mm<sup>2</sup> ermittelt.

[0021] In Figur 4 ist die Bruchdehnung A5 in Funktion der Zugfestigkeit R<sub>m</sub> dargestellt. Die durchgezogene Linie gibt die Mindestwerte gemäss der Norm EN 1563 für Gusseisen mit Kugelgraphit von im Gusszustand hergestellten Sorten an. Die Messungen des erfindungsgemässen Werkstoffes sind gemäss der oben aufgeführten Beispiele 1 bis 3 mit eingetragen.

[0022] In Figur 5 ist die Bruchdehnung A5 in Funktion der Dehngrenze R<sub>p</sub> 0,2 dargestellt. Die durchgezogene Linie gibt die Mindestwerte gemäss der Norm EN 1563 für Gusseisen mit Kugelgraphit an von im Gusszustand hergestellten Sorten an. Die Messungen des erfindungsgemässen Werkstoffes sind gemäss der oben aufgeführten Beispiele 1 bis 3 mit eingetragen.

[0023] Die Werkstoffeigenschaften der erfindungsge-

müssen Sphärogusslegierung liegen damit weit über der Europäischen Norm EN 1563 für Gusseisen mit Kugelgraphit und erreichen sogar die Werte von ADI (= Austempered Ductile Iron), einem durch eine sehr aufwendige Wärmebehandlung erzeugten, in grösseren Wanddicken nur durch Zulegieren der teuren Elemente Nickel und/oder Molybdän realisierbaren und damit entsprechend teuren Eisengusswerkstoff, der in Europa unter EN 1564 genormt ist.

**[0024]** Figur 6 zeigt die Festigkeitsbereiche gegenüber der Bruchdehnung der Werkstoffe Aluminiumgusslegierungen, Gusseisen mit Kugelgraphit, ADI und des erfindungsgemässen Werkstoffs mit den eingetragenen Beispielen 1 bis 3.

**[0025]** Die Gleichmässigkeit des Gefüges wird auch durch ein neues Giessverfahren erreicht. Die Giessform wird waagrecht statt senkrecht geteilt, wobei die Bremscheiben waagrecht angeordnet sind und die Befüllung der Giessform von der Mitte aus zum Rand der Bremscheibe durchgeführt wird. Dies hat zur Folge, dass die Giessform rotationssymmetrisch gefüllt wird und dass die Bremscheibe nach dem Giessen von Innen nach Aussen gleichmässig abkühlt. Dadurch entsteht über den gesamten Umfang der Bremscheibe ein gleichmässiges, homogenes Gefüge. Eine nachträgliche Wärmebehandlung, die zeitaufwendig ist und Kosten verursacht, ist nicht mehr erforderlich.

#### Patentansprüche

1. Sphärogusslegierung für Gusseisenprodukte mit einer hohen mechanischen Festigkeit, einer hohen Verschleissfestigkeit und gleichzeitig einer hohen Zähigkeit, umfassend als Nicht-Eisenbestandteile C, Si, P, Mg, Cr, Al, S, B, Cu, Mn und den üblichen Verunreinigungen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sphärogusslegierung 3,0 bis 3,7 Gew.% C, 2,6 bis 3,4 Gew.% Si, 0,02 bis 0,05 Gew.% P, 0,025 bis 0,045 Gew.% Mg, 0,01 bis 0,03 Gew.% Cr, 0,003 bis 0,017 Gew.% Al, 0,0005 bis 0,009 Gew.% S, 0,0004 bis 0,002 Gew.% B, 0,1 bis 1,5 Gew.% Cu, vorzugsweise 0,5 bis 0,8 Gew.% Cu und 0,1 bis 1,0 Gew.% Mn, vorzugsweise 0,15 bis 0,2 Gew.% Mn, Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen enthält.
2. Sphärogusslegierung nach dem Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,1 bis 1,5 Gew.% Mn, vorzugsweise 0,5 bis 1,0 Gew.% Mn und 0,05 bis 1,0 Gew.% Cu, vorzugsweise 0,05 bis 0,2 Gew.% Cu enthält.
3. Sphärogusslegierung nach dem Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Graphitanteil unmittelbar nach dem Giessen und Abkühlen zu mehr als 90 % des vorhandenen Graphits kugelförmig und/oder würmchenförmig ausgebildet ist.
4. Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kristallgefüge des Gussteiles unmittelbar nach dem Giessen und Abkühlen zu 70 bis 90 % perlitisch ausgebildet ist.
5. Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kristallgefüge des Gussteiles unmittelbar nach dem Giessen und Abkühlen 200 bis 700 Sphärolithen pro mm<sup>2</sup> aufweist.
6. Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil eine Brinellhärte von mehr als 220 aufweist.
7. Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Graphitteilchen eine Grössenverteilung von mindestens 30% der Grösse 8, 10% bis 70% der Grösse 7 und höchstens 20% der Grösse 6 gemäss DIN EN ISO 945 aufweisen.
8. Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil eine Bruchdehnung A<sub>5</sub> von 5 bis 14 % bei einer Zugfestigkeit R<sub>m</sub> von 900 bis 600 MPa aufweist.
9. Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil eine Bruchdehnung A<sub>5</sub> von 5 bis 14 % bei einer Dehngrenze R<sub>p0.2</sub> von 600 bis 400 MPa aufweist.
10. Verwendung einer Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9 zur Herstellung von Fahrwerksteilen in Kraftfahrzeugen.
11. Verwendung einer Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, zur Herstellung von Querlenkern in Kraftfahrzeugen.
12. Verwendung einer Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, zur Herstellung von Radträgern in Kraftfahrzeugen.
13. Verwendung einer Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, zur Herstellung von für Schwenklagern in Kraftfahrzeugen.
14. Verwendung einer Sphärogusslegierung nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, zur Herstellung von für Bremscheiben in Kraftfahrzeugen.
15. Verfahren zur Herstellung eines Gussteiles aus einer Sphärogusslegierung nach einem der Ansprüche

che 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Giessen und Abkühlen des Gussteiles keine Wärmebehandlung des Gussteiles erfolgt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil eine Bremsscheibe ist, die Giessform waagrecht geteilt ist und die Bremsscheibe waagrecht in der Giessform angeordnet ist.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Giessform vom Mittelpunkt der Bremsscheibe rotationssymmetrisch befüllt wird.

## Claims

1. Spheroidal cast alloy for cast iron products with great mechanical strength, high wear resistance and at the same time a high degree of ductility, comprising as non-iron constituents C, Si, P, Mg, Cr, Al, S, B, Cu, Mn and the conventional impurities, **characterized in that** the spheroidal cast alloy contains 3.0 to 3.7% by weight C, 2.6 to 3.4% by weight Si, 0.02 to 0.05% by weight P, 0.025 to 0.045% by weight Mg, 0.01 to 0.03% by weight Cr, 0.003 to 0.017% by weight Al, 0.0005 to 0.009% by weight S, 0.0004 to 0.002% by weight B, 0.1 to 1.5% by weight Cu, preferably 0.5 to 0.8% by weight Cu and 0.1 to 1.0% by weight Mn, preferably 0.15 to 0.2% by weight Mn, the remainder being Fe and unavoidable impurities.
2. Spheroidal cast alloy according to Claim 1, **characterized in that** the alloy contains 0.1 to 1.5% by weight Mn, preferably 0.5 to 1.0% by weight Mn, and 0.05 to 1.0% by weight Cu, preferably 0.05 to 0.2% by weight Cu.
3. Spheroidal cast alloy according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, immediately after casting and cooling, the graphite component is of a spheroidal and/or vermicular form in respect of over 90% of the graphite present.
4. Spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 3, **characterized in that**, immediately after casting and cooling, the crystalline structure of the cast part is of a pearlitic form in respect of 70 to 90%.
5. Spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 4, **characterized in that**, immediately after casting and cooling, the crystalline structure of the cast part has 200 to 700 spherulites per mm<sup>2</sup>.
6. Spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the cast part has a Brinell hardness of over 220.

7. Spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the graphite particles have a size distribution of at least 30% of size 8, 10% to 70% of size 7 and at most 20% of size 6 in accordance with DIN EN ISO 945.
8. Spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the cast part has an elongation at rupture A5 of 5 to 14% with a tensile strength R<sub>m</sub> of 900 to 600 MPa.
9. Spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the cast part has an elongation at rupture A5 of 5 to 14% with a yield strength R<sub>p0.2</sub> of 600 to 400 MPa.
10. Use of a spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 9, for producing chassis parts in motor vehicles.
11. Use of a spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 9, for producing wishbones in motor vehicles.
12. Use of a spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 9, for producing wheel carriers in motor vehicles.
13. Use of a spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 9, for producing pivot bearings in motor vehicles.
14. Use of a spheroidal cast alloy according to at least one of Claims 1 to 9, for producing brake disks in motor vehicles.
15. Method for producing a cast part from a spheroidal cast alloy according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that**, after the casting and cooling of the cast part, no heat treatment of the cast part is performed.
16. Method according to Claim 15, **characterized in that** the cast part is a brake disc, the casting mold is divided horizontally and the brake disc is arranged horizontally in the casting mold.
17. Method according to Claim 16, **characterized in that** the casting mold is filled rotationally symmetrically from the middle point of the brake disc.

## Revendications

1. Alliage coulé nodulaire pour produits de fonte présentant une haute résistance mécanique, une haute résistance à l'usure et en même temps une ténacité élevée, contenant, comme composants non ferreux,

- C, Si, P, Mg, Cr, Al, S, B, Cu, Mn et les impuretés habituelles, **caractérisé en ce que** l'alliage coulé nodulaire contient 3,0 à 3,7 % en poids C, 2,6 à 3,4 % en poids Si, 0,02 à 0,05 % en poids P, 0,025 à 0,045 % en poids Mg, 0,01 à 0,03 % en poids Cr, 0,003 à 0,017 % en poids Al, 0,0005 à 0,009 % en poids S, 0,0004 à 0,002 % en poids B, 0,1 à 1,5 % en poids Cu, de préférence 0,5 à 0,8 % en poids Cu et 0,1 à 1,0 % en poids Mn, de préférence 0,15 à 0,2 % en poids Mn, le reste étant du fer et des impuretés inévitables.
2. Alliage coulé nodulaire selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'alliage contient 0,1 à 1,5 % en poids Mn, de préférence 0,5 à 1,0 % en poids Mn et 0,05 à 1,0 % en poids Cu, de préférence 0,05 à 0,2 % en poids Cu.
  3. Alliage coulé nodulaire selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la part de graphite est mise sous forme de sphères et/ou de petits vers, à raison de plus de 90 % du graphite présent, immédiatement après la coulée et le refroidissement.
  4. Alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la structure cristalline de la pièce coulée est rendue perlitique à raison de 70 à 90 % immédiatement après la coulée et le refroidissement.
  5. Alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la structure cristalline de la pièce coulée présente 200 à 700 sphérolithes par mm<sup>2</sup> immédiatement après la coulée et le refroidissement.
  6. Alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la pièce coulée présente une dureté Brinell de plus de 220.
  7. Alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les particules de graphite présentent une répartition de taille d'au moins 30 % de la taille 8, 10 % à 70 % de la taille 7 et au maximum 20 % de la taille 6 selon la norme DIN EN ISO 945.
  8. Alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la pièce coulée présente un allongement à la rupture A5 de 5 à 14 % pour une résistance à la traction R<sub>m</sub> de 900 à 600 MPa.
  9. Alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la pièce coulée présente un allongement à la rupture A5 de 5 à 14 % pour une limite élastique R<sub>p</sub> 0,2 de 600 à 400 MPa.
  10. Utilisation d'un alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 9 pour la fabrication de pièces du train de roulement dans des véhicules automobiles.
  11. Utilisation d'un alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 9 pour la fabrication de bras oscillants transversaux dans des véhicules automobiles.
  12. Utilisation d'un alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 9 pour la fabrication de supports de roue dans des véhicules automobiles.
  13. Utilisation d'un alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 9 pour la fabrication de paliers pivotants dans des véhicules automobiles.
  14. Utilisation d'un alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 9 pour la fabrication de disques de frein dans des véhicules automobiles.
  15. Procédé pour la fabrication d'une pièce coulée en un alliage coulé nodulaire selon au moins une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'on n'effectue aucun traitement thermique de la pièce coulée après la coulée et le refroidissement de la pièce coulée.
  16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** la pièce coulée est un disque de frein, le moule de coulée est divisé horizontalement et le disque de frein est agencé horizontalement dans le moule de coulée.
  17. Procédé selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** le moule de coulée est rempli avec la symétrie de rotation à partir du point central du disque de frein.

Gewichtszunahme durch Oxidation bei 700 °C an Luft

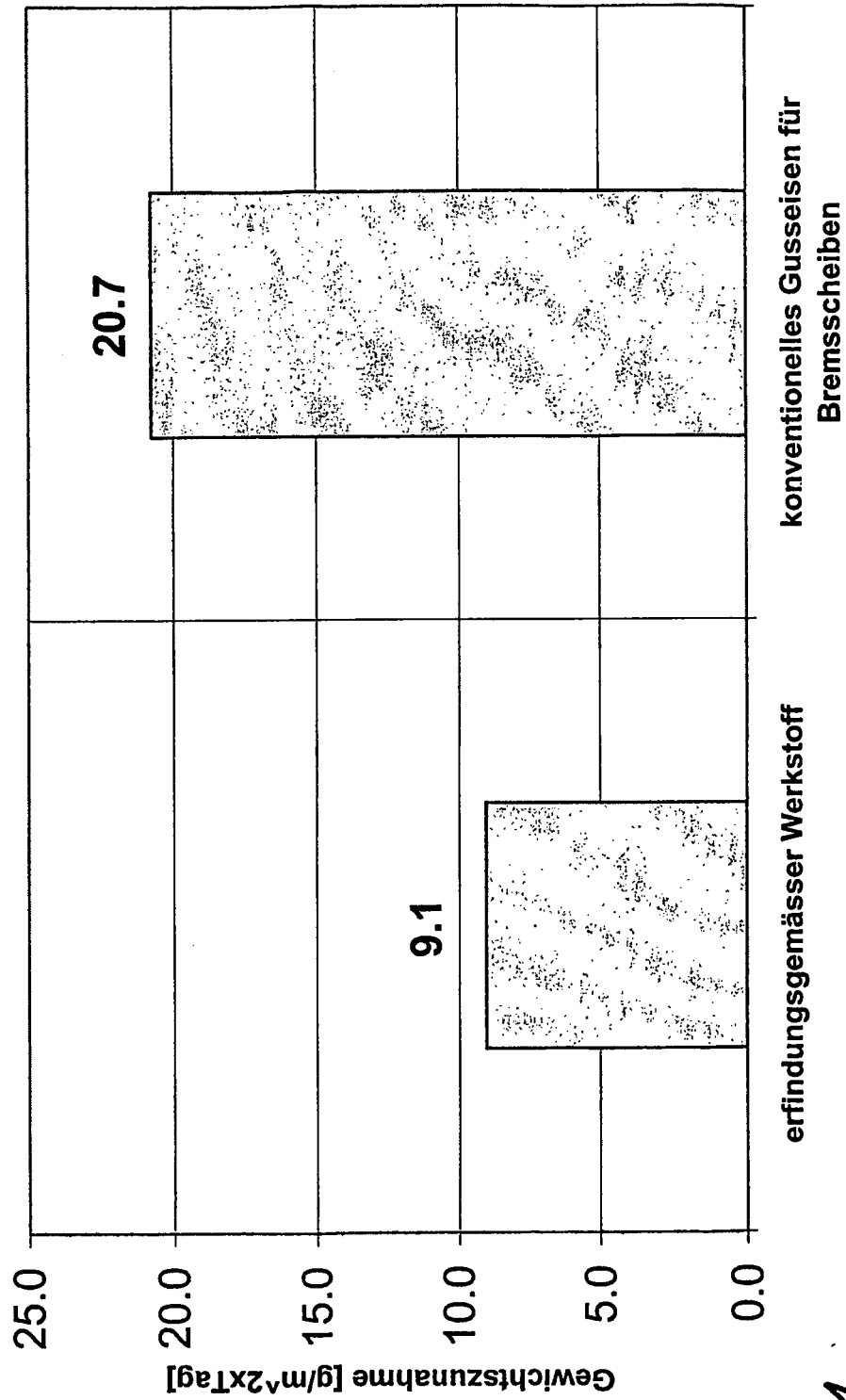
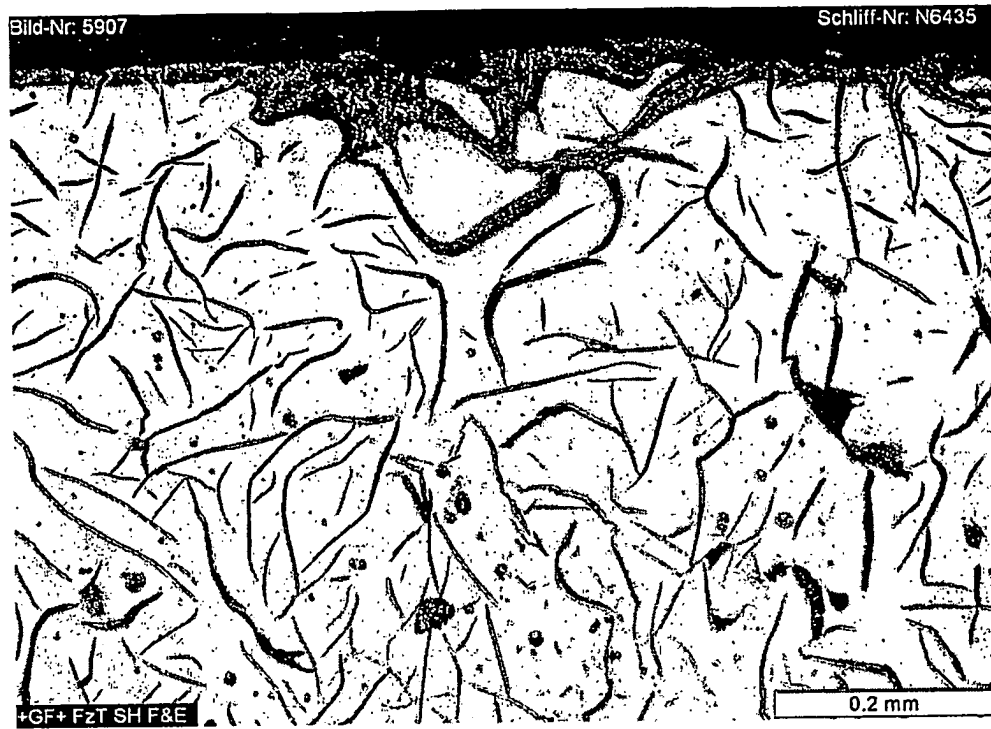
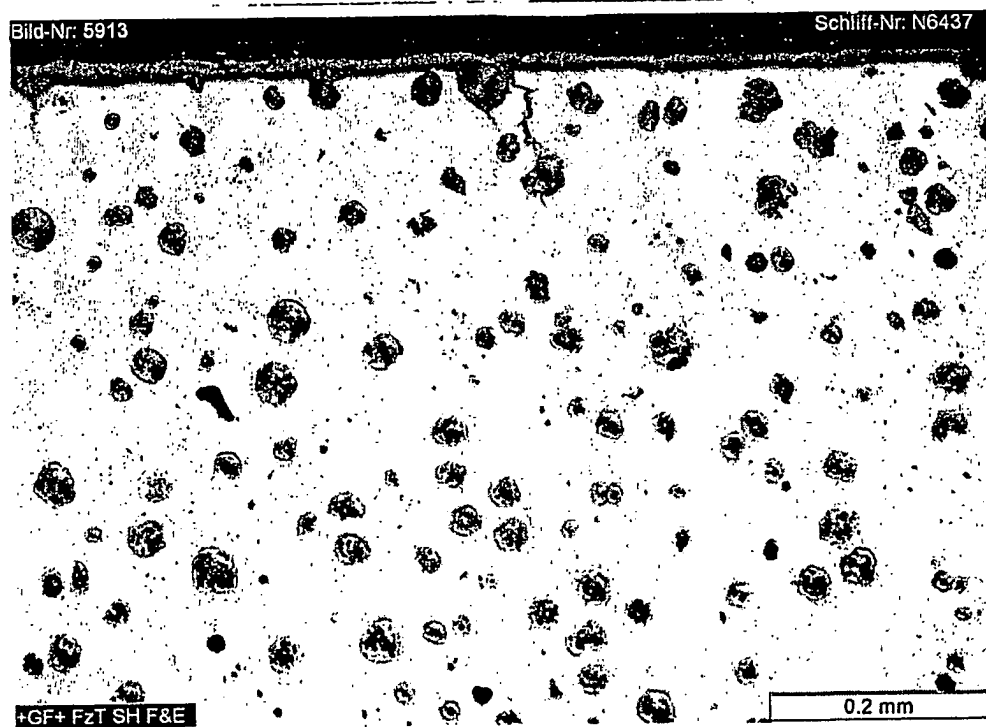


Fig. 1



*Fig. 2*



*Fig. 3*



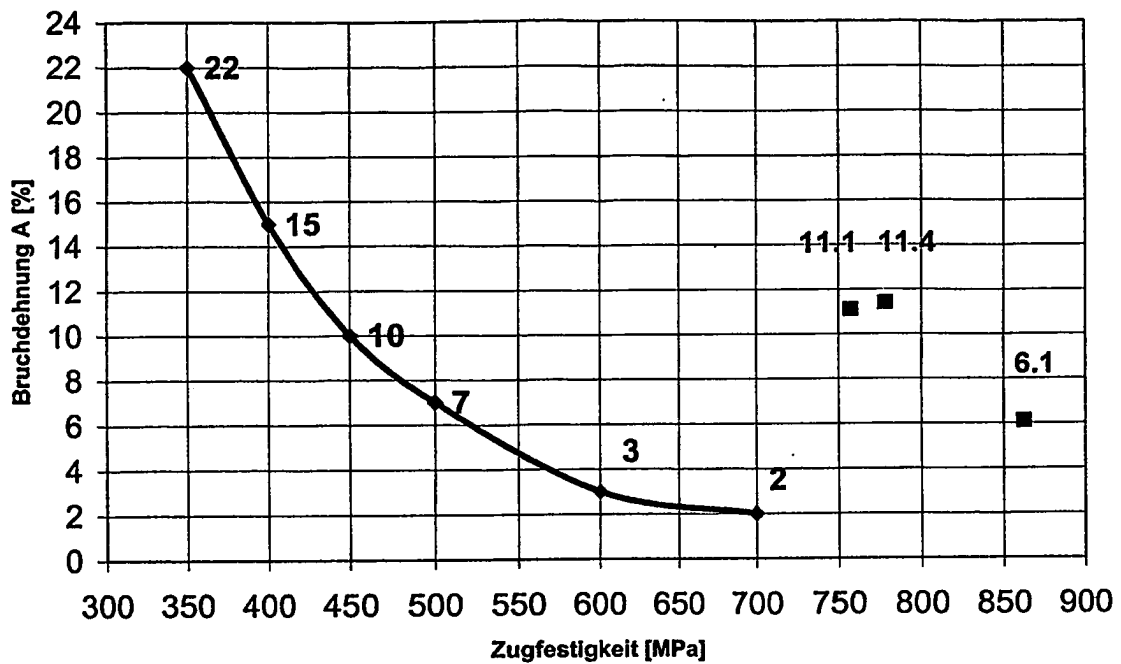
Bruchdehnung in Funktion der Zugfestigkeit  $R_m$  von GJS

Fig. 4

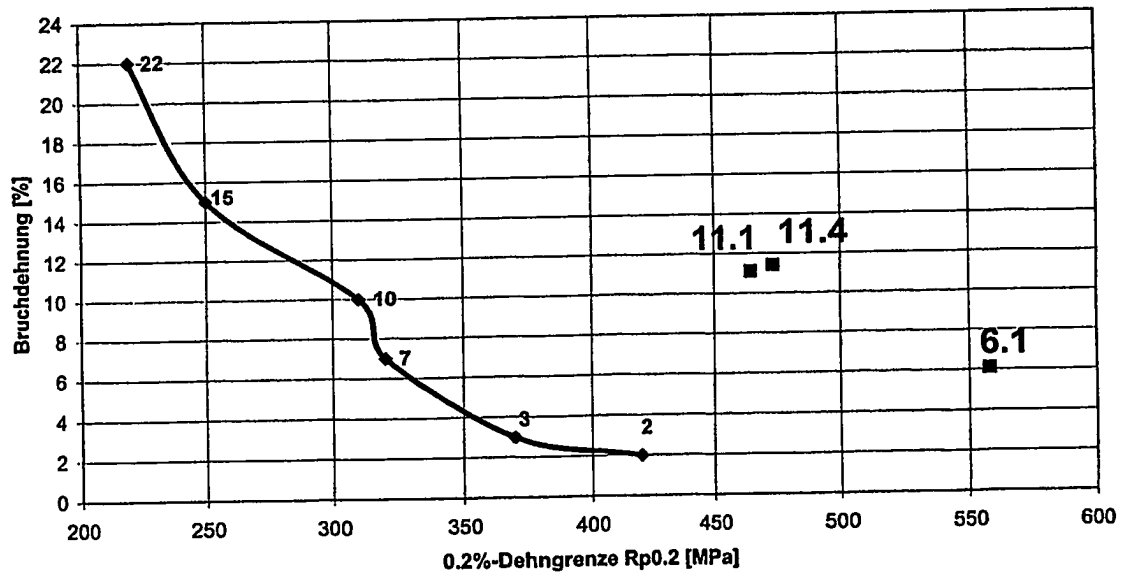
Bruchdehnung in Funktion der 0.2%-Dehngrenze  $R_{p0.2}$  von GJS

Fig. 5

Vergleich Zugfestigkeit mit Bruchdehnung

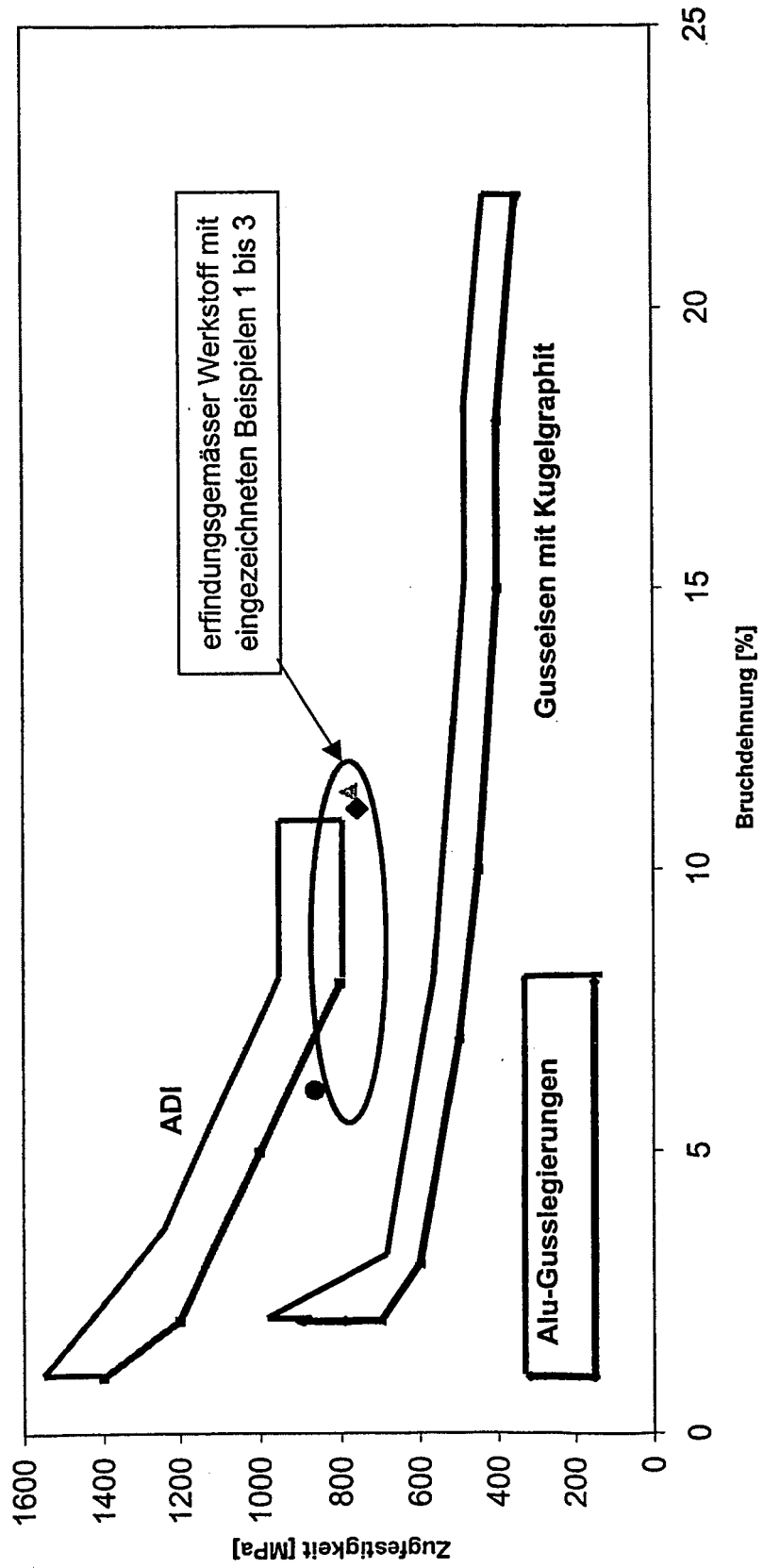


Fig. 6

**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**

- GB 832666 A [0003]
- US 20040112479 A1 [0004]
- DE 10129382 A1 [0005]