



(11)

EP 1 676 929 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
01.08.2012 Patentblatt 2012/31

(51) Int Cl.:
C21C 1/10 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
15.10.2008 Patentblatt 2008/42

(21) Anmeldenummer: **05017261.8**

(22) Anmeldetag: **09.08.2005**

(54) **Verfahren zum Herstellen von Kompaktgraphit aufweisendem Gusseisen**

Process of manufacturing compacted graphite cast iron

Procédé de production de fonte de fer à graphite compactée

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE

(30) Priorität: **12.11.2004 DE 102004054858**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.07.2006 Patentblatt 2006/27

(73) Patentinhaber: **Fritz Winter Eisengiesserei GmbH
& Co. KG**
35260 Stadtallendorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Meurer, Horst, Dr.-Ing.**
35274 Kirchhain (DE)
• **Dinser, Carl**
35321 Laubach (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- und Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US- - 4 874 576 US-A- 4 227 924
US-A- 4 806 157

- **KNOTHE, W. ET AL:** "Vermicular Graphite Cast Iron Piston Rings." **GIessereITECHNIK**, Bd. 26, Nr. 10, 1980, XP009066949 Deutschland
- **DAVIS J R:** "ASM Speciality Handbook - Cast Irons" **AKADEMIA GORNICZO-HUTNICZA IM. STANISLAWA STASZICA. METALLURGY AND FOUNDRY ENGINEERING**, WYDAWNICTWO, KRAKOW, PL, Bd. 19, Nr. 1, 1993, Seiten 71-79, XP009041802 ISSN: 1230-2325
- **DAVIS J R:** "Foundry practice for cast irons" **ASM SPECIALTY HANDBOOK. CAST IRONS**, 1996, Seiten 137-138,146, XP002311227
- **Warrick, R. J. et al.,** "Development and Application of Enhanced Compacted Graphite Iron for the Bedplate of the New Chrysler 4.7 Liter V-8 Engine" **SAE Paper 1999-01-0325**, pages 1 -9

EP 1 676 929 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Kompaktgraphit aufweisendem Gusseisen mit Festigkeiten im Bereich von 350 bis 500 MPa aus einer Gusseisenschmelze.

[0002] Bei der Einteilung der verschiedenen Arten von Gusseisen nach ihren Festigkeitseigenschaften liegt Gusseisen mit Kompaktgraphit, das üblicherweise mit der Kurzbezeichnung "GJV" bezeichnet wird, mit Festigkeiten im Bereich von 350 bis 500 MPa zwischen Gusseisen mit Lamellengraphit, das üblicherweise als "GJL" bezeichnet wird und Festigkeiten im Bereich von 150 bis 350 MPa besitzt, und Gusseisen mit Kugelgraphit, das üblicherweise unter der Bezeichnung "GJS" geführt wird und Festigkeiten von 350 bis 1000 MPa aufweist. Der besondere Vorteil von Gusseisen mit Kompaktgraphit besteht dabei in einer günstigen Kombination von hoher Festigkeit und guter Wärmeleitfähigkeit sowie gutem Dämpfungsverhalten.

[0003] Eine beispielsweise im Artikel "Kolbenringe aus Gußeisen mit Vermiculargraphit" von Wolfgang Knothe und Otto Liesenberg, in Gießereitechnik, 26. Jahrgang, Heft 10/1980, Seiten 297 - 298 beschriebene, verfahrenstechnisch einfach zu beherrschende Möglichkeit der Herstellung von Gusseisen mit Kompaktgraphit besteht darin, der zu vergießenden Eisenschmelze ein Seltenerdmetall, beispielsweise Cer in einer Menge zuzugeben, die in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt eingestellt wird. Eine Überdosierung muss dabei jedoch vermieden werden, um die Bildung unerwünschten Gefüges und die so genannte "Weißerstarrung" zu vermeiden (Gießerei-Lexikon Ausgabe 2001, 18. Aufl., Seite 573).

[0004] Wie im Einzelnen aus der Europäischen Patentschrift EP 1 068 365 B1 hervorgeht, wird des Weiteren neben der Behandlung mit Cer oder anderen Seltenerdmetallen üblicherweise eine Magnesiumbehandlung der zu vergießenden Eisengusschmelze durchgeführt, um Magnesiumsilikate im Gusseisen zu erzeugen. Diese Magnesiumsilikate haben sich als besonders wirkungsvolle Keimbildner herausgestellt. Allerdings wird durch die Zugabe von Magnesium zu der Eisenschmelze die Schmelze auch desoxidiert. Da die Wirksamkeit der Magnesiumsilikate als Keimbildner jedoch abhängig ist vom in der Schmelze vorhandenen Sauerstoff, ist demzufolge eine genaue Kontrolle des Sauerstoffgehaltes der Schmelze von besonderer Bedeutung.

[0005] Die zur treffsicheren Bestimmung des Sauerstoffgehaltes einer Eisengusschmelze erforderlichen Informationen lassen sich beispielsweise aus Thermoanalysen, EMK-Messungen oder anderen Analyseverfahren gewinnen, die im Zusammenhang mit Keimbildungs- und Keimwachstumsvorgängen stehen. So ist in der EP 1 068 365 B1 vorgeschlagen worden, zur Einstellung eines optimalen Sauerstoffgehaltes in einer für die Erzeugung von Kompaktgraphitguss bestimmten Schmelze zunächst eine Ausgangsschmelze mit einem niedrigen Schwefelgehalt herzustellen, wie es herkömmliche Pra-

xis bei der Herstellung von nodularen Gusseisen ist. Der Siliziumgehalt wird dabei niedriger als ein gewünschter Endwert eingestellt, so dass die auf Basis der C-Gehalte gesättigtem SiO_2 führt, in der Nähe von beispielsweise 1.400 °C liegt. Die tatsächliche Schmelztemperatur "TM" wird nachfolgend auf einen Wert etwas unterhalb von der Temperatur "TB" eingestellt, bei der sich Bläschen aufgrund des Austritts von CO-Gas aus der Schmelze bilden. Nach einer gewissen Zeit bei einer spezifischen Temperatur, während der die Schmelze Sauerstoff aus der Umgebung aufnimmt, wird der nun erhaltene Sauerstoffgehalt der Schmelze mit einem thermischen Standardanalyseverfahren gemessen. Dieses muss neben dem Sauerstoffgehalt auch Informationen bezüglich der Arten des Kristallisationsverhaltens der Schmelze und deren Oxideinschlüsse liefern. Wenn der Gehalt an Sauerstoff einen Wert von 50 - 100 ppm erreicht hat, wird Silizium zugegeben, bis die jeweils berechnete Temperatur "TE" nun nur noch ca. 20 °C unter der tatsächlichen Temperatur "TM" der Schmelze liegt.

[0006] Neben dem voranstehend erläuterten Stand der Technik ist es aus der Veröffentlichung "Development and Application of Enhanced Compacted Graphite Iron for the Bedplate of the New Chrysler 4.7 Liter V-8 Engine", SAE Paper 1999-01-0325, bekannt, dass durch die kombinierte Zugabe von Magnesium und Seltenen Erden, wie beispielsweise Cer, die Bildung von Kompaktgraphit bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kugelgraphit gesteuert werden kann.

[0007] In der praktischen Umsetzung erweisen sich die bekannten Wege der Bestimmung der Mengen an Sauerstoff und Mischoxiden als schwierig handhabbar, die einer Eisenschmelze zugegeben sind, um die gewünschte Graphitbildung zu erzielen. Darüber hinaus setzen sie einen hohen apparativen Aufwand voraus, der nicht nur kostenaufwändig ist, sondern unter den in der Praxis bestehenden harten Betriebsbedingungen auch störungsanfällig ist.

[0008] Ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik bestand daher die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren zu schaffen, das bei hoher Betriebssicherheit und geringem Aufwand die sichere Erzeugung von Eisenguss mit Kompaktgraphit ermöglicht.

[0009] Diese Aufgabe ist durch ein Verfahren zum Herstellen von Kompaktgraphit aufweisendem Gusseisen mit Festigkeiten im Bereich von 350 bis 500 MPa aus einer Gusseisenschmelze, mit den in Anspruch 1 angegebenen Arbeitsschritten gelöst werden.

[0010] Die Erfindung sieht vor, dem Gusseisen entsprechend der an sich bereits bekannten Vorgehensweise ein Seltenerdmetall zuzusetzen, mit dem gezielt die Entstehung von Kompaktgraphit im Gusseisen unterstützt wird. Bei dem Seltenerdmetall handelt es sich bevorzugt um das für diesen Zweck bereits erfolgreich eingesetzte Cer.

[0011] Anders als bisher im Stand der Technik vorgesehen bemisst sich die zugegebene Menge an Seltenerdmetall erfindungsgemäß auf Grundlage des Schwe-

felgehalt der Eisengusschmelze, der nach deren Erschmelzung vorhanden ist. Dieser Schwefelgehalt ist abhängig vom Schwefelgehalt der Materialien, aus denen die zu vergießende Eisenschmelze erschmolzen wird, und wird standardmäßig im Zuge der Erschmelzung erfasst.

[0012] Es hat sich herausgestellt, dass der auf einfache Weise routinemäßig erfassbare Schwefelgehalt der Schmelze in einem direkten linearen Zusammenhang mit der Menge an Seltenerdmetall steht, die für die Vorkonditionierung der Schmelze zur Entstehung des Kompaktgraphits im Gusseisen erforderlich ist. Anders als von der Fachwelt bisher angenommen, bedarf es bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise somit keiner aufwändigen Mess- und Regelvorgänge, um die jeweils erforderliche Menge an Mghaltiger Vorlegierung zu bestimmen, die der Schmelze zugegeben werden muss, um den gewünschten Graphit im Eisenguss zu bilden.

[0013] Gemäß der Erfindung wird zunächst eine Basisschmelze erschmolzen, die beispielsweise (in Gew.-%) 3,50 - 3,90 % C, 1,10 - 2,20 % Si, 0,30 - 0,50 % Mn, 0,05 - 0,07 % Cr, 0,005 - 0,025 % S, 0,40 - 0,90 % Cu, 0,09 - 0,10 % Sn, bis zu 0,01 % Ti und als Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen enthalten kann. Grundsätzlich kann dabei die Erschmelzung in einem Kupolofen mit nachgelagerter Entschwefelung durchgeführt werden. Bevorzugt wird die Gusseisenschmelze jedoch im Elektroofen erzeugt, um möglichst geringe Schwefelgehalte der Eisenschmelze zu erzielen. Diese liegen vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 0,020 Gew.-%, wobei sich optimierte Eigenschaften des erhaltenen Gusseisens einstellen, wenn der S-Gehalt der Eisenschmelze 0,007 bis 0,020 Gew.-% beträgt. Der typische C-Gehalt von Gusseisen mit Kompaktgraphit vergossenen Eisenschmelzen liegt im Bereich von 3,65 - 3,80 Gew.-%. Der Si-Gehalt solcher Eisenschmelzen beträgt typischerweise 1,10 bis 2,00 Gew.-%.

[0014] Unmittelbar vor dem Behandeln mit Magnesium wird der Eisengusschmelze dann die in erfindungsgemäßer Weise ermittelte Menge an Seltenerdmetall zugegeben. Zu diesem Zweck können die in der Praxis bereits bewährten handelsüblichen Behandlungsmittel eingesetzt werden. Solche Behandlungsmittel weisen typischerweise (in Gew.-%) 47 - 55 % Ce, 24 - 35 % La, 8 - 15 % Nd und 3 - 8 % Pr auf. Die Zugabe des Behandlungsmittels erfolgt bevorzugt unmittelbar vor der Magnesiumbehandlung.

[0015] Wird Cer in erfindungsgemäßer Weise als Seltenerdmetall zur Vorkonditionierung der Eisenschmelze eingesetzt, so sind die Freien Bildungsenthalpien zwischen Cer, Sauerstoff und Schwefel größer als die Freien Gibbschen Enthalpien zwischen Silizium und Sauerstoff. Daher kann davon ausgegangen werden, dass es zu einer vollständigen Umsetzung des Cers zu Cerxisulfiden, Cersulfiden und Ceroxiden kommt. Diese Partikel begünstigen die homogene Keimbildungskatalyse, so dass im Ergebnis ein Gusseisen mit einer für das angestrebte Eigenschaftsspektrum optimalen Ausprägung

des Graphits erhalten wird.

[0016] Praktische Versuche haben ergeben, dass sich optimierte Eigenschaften des Gusseisens einstellen, wenn die erfindungsgemäße Zugabe an Seltenerdmetall derart vorgenommen wird, dass der im erhaltenen Gusseisen vorliegende Graphit nur zu 5 bis 30 % in Kugelform vorliegt.

[0017] Die erfindungsgemäß vorgenommene Zugabe von Seltenerdmetall zu der jeweiligen Eisenschmelze führt überraschenderweise zur Entstehung von möglichst kleinen und in der Schmelze gut verteilten Seltenerdpartikeln. Praktische Versuche haben dabei gezeigt, dass sich bei Verwendung von Cerhaltigem Behandlungsmittel ein Gusseisen mit optimierten Eigenschaften erzeugen lässt, indem die Cer-Zugabe so vorgenommen wird, dass das erhaltene Gusseisen 10^{-2} bis 10^{-3} Atom-% Cerxisulfide enthält.

[0018] Abhängig von der konkreten Zusammensetzung des jeweiligen Behandlungsmittels und der in Kombination mit dem jeweiligen Seltenerdmetall zugegebenen anderen der Keimbildung oder Oxidation wirksamen Elementen kann der zur Bestimmung der zugegebenen Menge M_{REM} angewendete Faktor k zwischen 2,5 und 3,5 variiert werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der Erfolg der Erfindung bei Verwendung von Cer-haltigen Behandlungsmitteln besonders sicher einstellt, wenn der Faktor k im Bereich von 3,0 bis 3,3 liegt, insbesondere gleich 3,2 ist.

[0019] An die in erfindungsgemäßer Weise vorgenommene Vorkonditionierung kann sich in an sich bekannter Weise eine Magnesiumbehandlung anschließen, bei der ein Mg-haltiges Impfmittel zugegeben wird, um im erhaltenen Gussstück einen Mg-Gehalt einzustellen, der 0,008 Gew.-% bis 0,014 Gew.-% beträgt. Aufgrund der höheren Abkühlgeschwindigkeit dünnwandigerer Gussstücke sollte sich der Mg-Gehalt solcher Teile im unteren Abschnitt dieses Bereichs bewegen, während dickwandigere Gussstücke Mg-Gehalte aufweisen sollten, die bis zur Obergrenze des genannten Bereichs gehen.

[0020] Die Erfindung ermöglicht eine denkbar einfache Vorgehensweise bei der Vorkonditionierung einer Gusseisenschmelze. So benötigt der Gießer, der mit dem Behandeln der Schmelze befasst ist, lediglich eine Angabe über die in der jeweils vergossenen Menge an Eisengusschmelze enthaltene Schwefelmenge M_S . Basierend auf dieser Mengenangabe kann er dann beispielsweise anhand eines einfachen Diagramms die jeweils benötigte Menge an Seltenerdmetall bestimmen. Ein Beispiel für ein solches Diagramm ist beigefügt.

[0021] In diesem Diagramm ist der erfindungsgemäß auf Basis der Formel

$$M_{REM} = k \times M_S$$

hergestellte Zusammenhang beispielhaft für ein Cer-haltiges Behandlungsmittel dargestellt, wobei der Faktor k gleich 3,2 gesetzt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Kompaktgraphit aufweisendem Gusseisen mit Festigkeiten im Bereich von 350 bis 500 MPa aus einer Gusseisenschmelze, bei dem der Gusseisenschmelze beim Vergießen ein Seltenerdmetall-haltiges Vorkonditionierungsmittel und ein Mg-haltiges Impfmittel zugegeben werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** unmittelbar vor dem Behandeln mit Magnesium der Eisengusschmelze eine Menge M_{REM} an Seltenerdmetall zugegeben wird und dass die zugegebene Menge M_{REM} an Seltenerdmetall in Abhängigkeit von der Menge M_S des in der jeweils vergossenen Menge an Gusseisenschmelze enthaltenen Schwefels nach folgender Maßgabe bemessen wird:

$$M_{REM} = k \times M_S;$$

mit $k = 2,8 - 3,5$;

M_{REM} , M_S angegeben in kg pro Tonne Eisenschmelze.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der im erhaltenen Gusseisen vorliegende Graphit zu 5 bis 30 % in Kugelgestalt vorliegt.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Gusseisenschmelze mit folgender Zusammensetzung vergossen wird (in Ges.-%):

C:	3,50 - 3,90 %
Si:	1,10 - 2,20 %
Mn:	0,30 - 0,50 %
Cr:	0,05 - 0,07 %
S:	0,005 - 0,025 %
Cu:	0,40 - 0,90 %
Sn:	0,09 - 0,10 %
Ti:	≤ 0,01 %

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der C-Gehalt der Eisenschmelze 3,65 - 3,80 Gew.-% beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Si-Gehalt der Ei-

senschmelze 1,10 bis 2,00 Gew.-% beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der S-Gehalt der Eisenschmelze 0,005 bis 0,020 Gew.-% beträgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der S-Gehalt der Eisenschmelze 0,007 bis 0,020 Gew.-% beträgt.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zur Bestimmung der zugegebenen Menge M_{REM} angewendete Faktor k zwischen 3,0 und 3,3 liegt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zur Bestimmung der zugegebenen Menge M_{REM} angewendete Faktor k gleich 3,2 ist.
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Eisengusschmelze nach der Vorkonditionierung ein Mg-haltiges Impfmittel zugegeben wird, um im erhaltenen Gussstück einen Mg-Gehalt einzustellen, der 0,008 bis 0,014 Gew.-% beträgt.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Seltenerdmetall Cer ist.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erhaltene Gusseisen 10^{-2} bis 10^{-3} Atom-% Cerdisulfide enthält.

Claims

1. Method for manufacturing cast iron comprising compact graphite, with strength values in the range from 350 to 500 MPa, from a cast iron melt, wherein during casting a pre-conditioning agent containing rare earth metal and an inoculant containing Mg are added to the cast iron melt, **characterised in that** directly before the treatment of the iron cast melt with magnesium a quantity M_{REM} of rare earth metal is added and that the quantity added M_{REM} of rare earth metal, as a function of the quantity M_S of the sulphur contained in the quantity of cast iron melt cast in each case, is measured in accordance with the following scale:

$$M_{REM} = k \times M_S;$$

where $k = 2.8 - 3.5$;

M_{REM} , M_S given in kg per tonne of iron melt.

2. Method according to Claim 1, **characterised in that** the graphite in the cast iron obtained is present in spheroidal formation in the amount of 5 to 30 %.

3. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a cast iron melt is cast with the following composition (as % by weight):

C: 3.50 - 3.90 %

Si: 1.10 - 2.20 %

Mn: 0.30 - 0.50 %

Cr: 0.05 - 0.07 %

S: 0.005 - 0.025 %

Cu: 0.40 - 0.90 %

Sn: 0.09 - 0.10 %

Ti: ≤ 0.01 %

the remainder being iron and unavoidable impurities.

4. Method according to Claim 3, **characterised in that** the C-content of the iron melt amounts to 3.65 - 3.80 % by weight.

5. Method according to either of Claims 3 and 4, **characterised in that** the Si content of the iron melt amounts to 1.10 to 2.00 % by weight.

6. Method according to any one of Claims 3 to 5, **characterised in that** the S content of the iron melt amounts to 0.005 to 0.020 % by weight.

7. Method according to Claim 6, **characterised in that** the S content of the iron melt amounts to 0.007 to 0.020 % by weight.

8. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the factor k used to determine the quantity M_{REM} added lies between 3.0 and 3.3.

9. Method according to Claim 8, **characterised in that** the factor k used to determine the quantity M_{REM} is equal to 3.2.

10. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** an inoculant containing Mg is added to the iron cast melt after pre-conditioning in order to adjust an Mg content in the cast item obtained, which amounts to 0.008 to 0.014 % by weight.

11. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the rare earth metal is Cer.

12. Method according to Claim 11, **characterised in that** the cast iron obtained contains 10^{-2} to 10^{-3} at-om-% cerosisulphides.

Revendications

1. Procédé de production de fonte de fer à graphite compact, avec une ténacité dans le domaine de 350 à 500 MPa, à partir d'un bain de fusion de fonte de fer, dans lequel on ajoute au bain de fusion de fonte de fer, à la coulée, un agent de préconditionnement contenant un métal de terre rare et un agent inoculant au Mg, **caractérisé en ce que** l'on ajoute directement avant le traitement avec du magnésium une quantité M_{REM} de métal de terre rare au bain de fusion de fonte de fer et que la quantité ajoutée M_{REM} de métal de terre rare est mesurée en fonction de la quantité M_S de soufre contenue dans le bain de fusion de fonte de fer, dans le quantité déjà coulée, selon les proportions qui suivent:

$$M_{REM} = k \times M_S$$

où k = 2, 8 - 3,5

M_{REM} , M_S donnés en kg par tonne de bain de fusion.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le graphite présent dans la fonte de fer obtenue est présent à 5 à 30 % sous la forme sphérique.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on coule un bain de fusion de fonte de fer de la composition suivante (en pourcentage massique)

C: 3,50 - 3,90 %

Si: 1,10 - 2,20 %

Mn: 0,30 - 0,50 %

Cr: 0,05 - 0,07 %

S: 0,005 - 0,025 %

Cu: 0,40 - 0,90 %

Sn: 0,09 - 0,10 %

Ti: $\leq 0,01$ %

Solde fer et impuretés inévitables.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la teneur en C du bain de fusion de fer est de 3,65 - 3,80 % massique.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4 **caractérisé en ce que** la teneur en Si du bain de fusion de fer est de 1,10 à 2,00 % massique.

6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5 **caractérisé en ce que** la teneur en S du bain de fusion de fer est de 0,005 à 0,020 % massique.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en**

ce que la teneur en S du bain de fusion de fer est de 0,007 à 0,020 % massique.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pour déterminer la quantité M_{REM} ajoutée, le facteur k utilisé se situe entre 3,0 et 3,3. 5
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que**, pour déterminer la quantité M_{REM} ajoutée, le facteur k utilisé vaut 3,2. 10
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on ajoute au bain de fusion de fonte de fer, après le préconditionnement, un agent inoculant au Mg, pour ajuster dans la pièce de fonte obtenue une teneur en Mg de 0,008 à 0,014 % massiques. 15
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le métal de terre rare est Cer. 20
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la fonte de fer obtenue contient 10^{-2} à 10^{-3} % atomique d'oxysulfure de cérium. 25

30

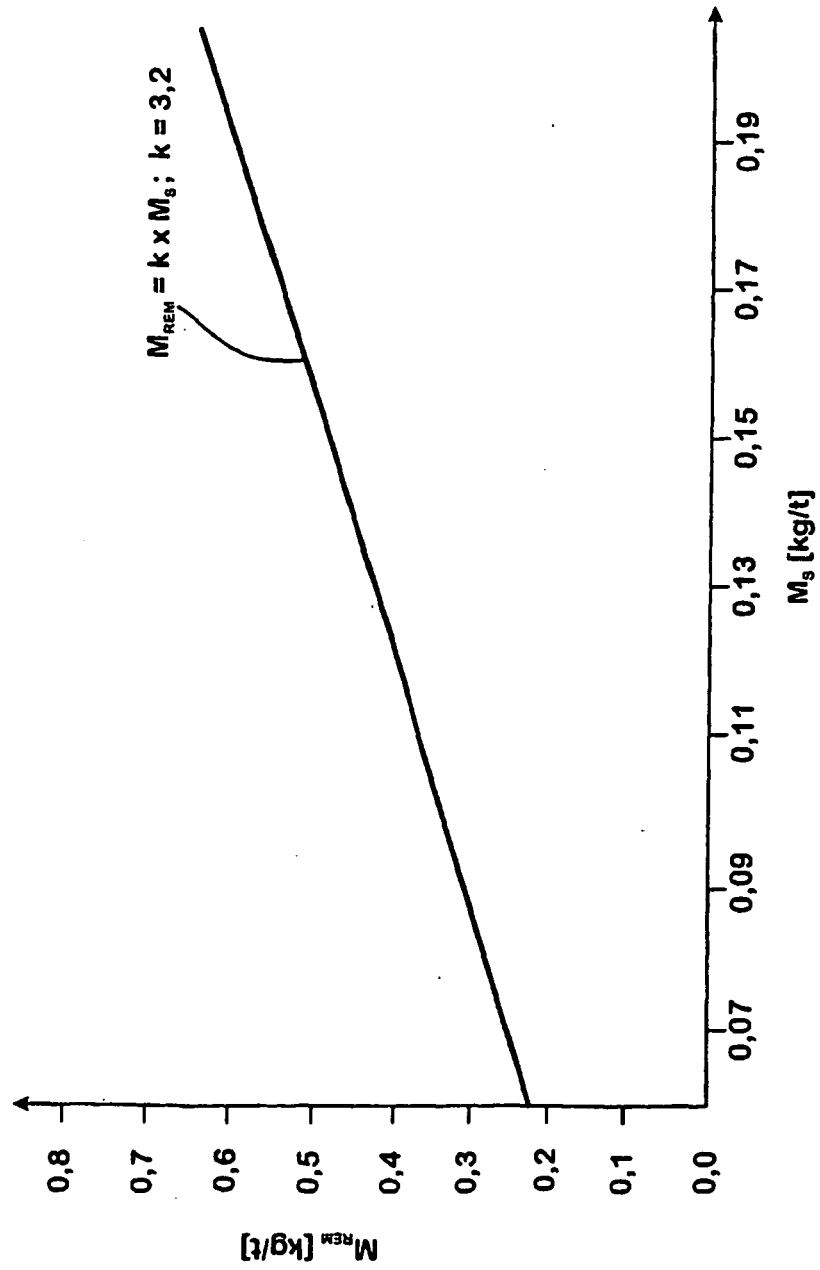
35

40

45

50

55



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 1068365 B1 [0004] [0005]