



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial



CARTA PATENTE N.º PI 0518450-9

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0518450-9

(22) Data do Depósito : 14/11/2005

(43) Data da Publicação do Pedido : 01/06/2006

(51) Classificação Internacional : C22C 37/04

(30) Prioridade Unionista : 22/11/2004 DE 10 2004 056 331.4

(54) Título : Liga fundida esferoidal e processo para produção de uma peça fundida da uma liga fundida esferoidal e processo para produção de uma peça fundida simétrica em rotação

(73) Titular : GEORG FISCHER AUTOMOTIVE AG. Endereço: Muehlentalstrasse 65, CH-8201 Schaffhausen, Suíça (CH).

(72) Inventor : WERNER MENK. Endereço: Pilatusstrasse 33, CH-8200 Schaffhausen, Suíça. Cidadania: Suíça.; ANDREAS HECKER. Endereço: WUHRSTRASSE 7, 78267 AACH, Alemanha. Cidadania: Alemã.; TORSTEN RIECK. Endereço: KARL-THEODOR-STRASSE 4, 40878 RATINGEN, Alemanha. Cidadania: Alemã.; ROLF RIETZSCHER. Endereço: Brahmstrasse 13, 40822 Mettmann, Alemanha. Cidadania: Alemã.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 14/11/2005, observadas as condições legais.

Expedida em : 30 de Setembro de 2014.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"LIGA FUNDIDA ESFEROIDAL E PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA PEÇA FUNDIDA DA UMA LIGA FUNDIDA ESFEROIDAL E PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA PEÇA FUNDIDA SIMÉTRICA EM ROTAÇÃO"**.

5 A invenção refere-se a uma liga de fundição esferoidal para produtos de ferro fundido com uma alta resistência mecânica, uma elevada resistência a desgaste e simultaneamente uma elevada tenacidade, abrangendo como componentes não-ferrosos 2,5 a 3,8% em peso de C, 2,4 a 3,4% em peso de Si, 0,02 a 0,08% em peso de P, 0,02 a 0,06% em peso de
10 Mg, 0,01 a 0,05% em peso de Cr, 0,002 a 0,02% em peso de Al, 0,0005 a 0,015% em peso de S, 0,0002 a 0,002% em peso de B e as usuais impurezas.

Na indústria automobilística são empregadas ligas de ferro fundido para a produção de peças fundidas, que devem ter uma elevada resistência ao desgaste, por exemplo, discos de freio que, quando da operação de frenagem, devem converter a energia cinética do veículo em energia térmica. Os discos de freio podem então atingir temperaturas até cerca de 850 °C. Quando da operação de frenagem, não apenas as guarnições de freio, mas sim também os discos de freio são desgastados. Discos de freio apresentam um desgaste irregular e devem frequentemente ser substituídos ainda durante o período de garantia com altos custos para o fabricante de automóveis. Para que o desgaste na superfície do disco de freio se dê tão uniformemente quanto possível, altas exigências são feitas à estrutura cristalina e à homogeneidade da estrutura. Através de um processo de fundição apropriado pode ser melhorada a homogeneidade.

15
20
25

Da GB 832 666 é conhecida uma liga de ferro fundido com 1,0 a 2,5% de C, 1,5 a 3,2% em peso de Si, menos de 1,15% em peso de Mn, menos de 0,5% em peso de S e 0,001 a 0,05% em peso de B como componentes não-ferrosos. Depois da fundição, a fração de grafite se constitui na forma compacta. Porque a liga não contém Mg, não há grafite esférica ou grafite vermicular, mas sim preponderantemente uma formação de grafite, que se assemelha aos nós de carbono de têmpera de ferro fundido maleável.

30

vel. A liga contém 5 a 10% de carbureto em uma matriz preponderantemente perlítica, o que tem por consequência o fato de que o alongamento de ruptura é relativamente baixo. Para limitar a formação de grafite lamelar e, assim, melhorar o módulo de elasticidade, elementos de liga são adicionados telúrio e bismuto. Maiores valores de alongamento de ruptura são obtidos por um subsequente tratamento térmico.

Da US 2004/0112479-A1 é conhecida uma outra liga de ferro fundido, que contém de preferência 3,7% em peso de C, 2,5% em peso de Si, 1,85% em peso de Ni, 0,85% em peso de Cu e 0,05% em peso de Mo. Esse material se destaca por um alongamento de 20 a 16% com uma resistência à tração de 500 a 900 MPa e por uma dureza Brinell de 180 a 290 HB. Essas propriedades são obtidas após um tratamento térmico que toma muito tempo, o qual abrange as seguintes etapas sucessivas: 10 a 360 minutos de austenitização a temperaturas entre 750 e 790 °C, rápido resfriamento em um banho de sal a uma temperatura entre 300 e 400 °C, 1 a 3 horas de têmpera a temperaturas entre 300 e 400 °C e resfriamento para a temperatura ambiente. Depois desse tratamento, o material tem uma estrutura com uma microestrutura austenítica e ferrítica. O material se destaca por mais fácil processabilidade mecânica do que um ferro fundido, que foi submetido a uma têmpera de maneira usual.

Partindo desse estado atual da técnica, constitui objetivo da invenção indicar uma liga de ferro fundido, que seja produzida de elementos tão econômicos quanto possível, tendo as peças fundidas sem um tratamento térmico adicional uma resistência à temperatura e tenacidade tão elevadas quanto possível, especialmente resistência ao desgaste e simultaneamente uma ductilidade muito alta.

Esse objetivo é alcançado por uma liga fundida esferoidal para produtos de ferro fundido com uma alta resistência mecânica, uma elevada resistência a desgaste e simultaneamente uma elevada tenacidade, abrangendo como componentes não-ferrosos 2,5 a 3,8% em peso de C, 2,4 a 3,4% em peso de Si, 0,02 a 0,08% em peso de P, 0,02 a 0,06% em peso de Mg, 0,01 a 0,05% em peso de Cr, 0,002 a 0,02% em peso de Al, 0,0005 a

0,015% em peso de S, 0,0002 a 0,002% em peso de B e as usuais impurezas, sendo que a liga contém 3,0 a 3,7% em peso de C, 2,6 a 3,4% em peso de Si, 0,02 a 0,05% em peso de P, 0,025 a 0,045% em peso de Mg, 0,01 a 0,03% em peso de Cr, 0,003 a 0,017% em peso de Al, 0,0005 a 0,012% em peso de S e 0,0004 a 0,002% em peso de B.

Outras configurações preferidas da invenção se depreendem do relatório.

É vantajoso que a liga tenha um comportamento de alongamento-resistência tão bom quanto possível. Isso é obtido pelo fato de que a liga de fundição esferoidal contém 0,1 a 1,5% em peso de Cu, de preferência 0,5 a 0,8% em peso de Cu. Isso também é obtido pelo fato de que a liga contém 0,1 a 1,0% em peso de Mn, de preferência 0,15 a 0,2% em peso de Mn.

É ainda vantajoso que a liga tenha um comportamento de desgaste tão bom quanto possível. Isso é obtido pelo fato de que a liga contém 0,1 a 1,5% em peso de Cu, de preferência 0,5 a 0,8% em peso de Cu e 0,1 a 1,0% em peso de Mn, de preferência 0,15 a 0,2% em peso de Mn. Isso também é obtido pelo fato de que a liga contém 0,1 a 1,5% em peso de Mn, de preferência 0,5 a 1,0% em peso de Mn e 0,05 a 1,0% em peso de Cu, de preferência 0,05 a 0,2% em peso de Cu.

A ideia central da invenção é indicar uma liga de ferro fundido, que apresente uma dureza Brinell de mais de 220 e que, quando do emprego como disco de freio, seja desgastada tão uniformemente quanto possível. O grafite na liga de ferro fundido pode ser esferoidal (= em forma de esfera) ou vermicular (= em forma de vermiculo), mas não lamelar (= em forma de plaquetas). Discos de freio com grafite lamelar são de fato econômicos, mas apresentam menor resistência contra mudança de temperatura. Por isso, já após curto tempo de emprego, ocorrem assim chamadas fissuras de queima, que aumentar rapidamente e conduzem a irregularidades da superfície. Uma superfície irregular conduz, por sua vez, a carga de temperatura irregular, desgaste irregular e o assim chamado grunhido do freio.

Outras aplicações da liga de fundição esferoidal de acordo com a invenção são peças de eixo e de mecanismo de marcha para caminhões e

para automóveis de passageiros, como por exemplo, braços transversais, suportes de rodas e mancais pivotantes, que são expostos a elevadas cargas mecânicas e dinâmicas que devem se deformar plasticamente e não podem se romper no caso de um impacto do veículo.

5 **Exemplo 1**

Um disco de freio foi fabricado da liga fundida esferoidal de acordo com a invenção. A composição química era de 3,34% em peso de C, 2,92% em peso de Si, 0,62% em peso de Cu, 0,17% em peso de Mn, 0,038% em peso de Mg, 0,025% em peso de P, 0,021% em peso de Cr, 10 0,01% em peso de Al, 0,001% em peso de S e 0,0008% em peso de B, o restante Fe e as usuais impurezas. O disco de freio foi examinado quanto ao número de esferólitos, teor de grafite, forma de grafite e tamanho de grafite, teor de perlita e dureza Brinell. Amostras do disco de freio foram submetidas a um ensaio de tração e verificado o comportamento de alongamento- 15 resistência. O número de esferólitos foi de 384 ± 76 de esferólitos por mm^2 . O teor de grafite de $9,7 \pm 0,7\%$. A forma de grafite segundo DIN EM ISSO 945 foi de 97,9% da forma VI. A distribuição de tamanho segundo DIN EM ISSO 945 foi de 45% do tamanho 8, 42% do tamanho 7 e 13% do tamanho 6. O teor de perlita foi de $84 \pm 1\%$. A dureza Brinell importou em 248 ± 3 HB. 20 No ensaio de tração foram constatados os seguintes valores: limite de alongamento $R_p 0.2 = 474$ MPa, resistência à tração $R_m = 778$ MPa, alongamento de ruptura $A_5 = 11,4\%$ e módulo de elasticidade $E = 165$ a 170 kN/ mm^2 .

Em comparação com os materiais conhecidos para discos de 25 freio, pôde ser verificado um comportamento de oxidação essencialmente melhor (ver figura 1) e uma tendência acentuadamente reduzida à formação de fissura de queima (ver figuras 2 e 3). O comportamento de oxidação e, portanto, também o comportamento de desgaste são essencialmente melhorados pela adução de uma mistura de cobre e/ou manganês à liga de fundi- 30 ção esferoidal.

Na figura 1 está representado um aumento de peso em gramas por metro quadrado e dia por oxidação a 700°C ao ar. O material de acordo

com a invenção exibe um aumento de peso de cerca de $9 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ em comparação com um material de ferro fundido para discos de freio convencionais com um aumento de peso de cerca de $21 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$.

Os ensaios para teste da formação de fissura de queima foram realizados como segue: Uma amostra com as dimensões $40 \times 20 \times 7 \text{ mm}$ foi submetida ao menos a 100 ciclos consistindo em 7 segundos de aquecimento para 700°C e 6 segundo de resfriamento rápido em água. Em seguida, foram preparadas lâminas transversais e examinadas ao microscópio e fotografadas.

Na figura 2 está representada uma microfoto de um disco de freio usual no comércio com uma fissura de queima de $0,4 \text{ mm}$ de profundidade. Na figura 3 está representada uma outra microfoto do disco de freio de acordo com a invenção a igual ampliação com uma fissura de queima de $0,14 \text{ mm}$ de profundidade.

Exemplo 2

Um braço transversal para veículo de passageiros foi fabricado da liga fundida esferoidal de acordo com a invenção. A composição química foi de 3,5% em peso de C, 2,85% em peso de Si, 0,63% em peso de Cu, 0,18% em peso de Mn, 0,038% em peso de Mg, 0,026% em peso de P, 0,029% em peso de Cr, 0,004% em peso de Al, 0,001% em peso de S e 0,0007% em peso de B, o restante Fe e impurezas usuais. No ensaio de tração foram constatados os seguintes valores: limite de alongamento $R_p 0.2 = 465 \text{ MPa}$, resistência à tração $R_m = 757 \text{ Mpa}$, alongamento de ruptura $A5 = 11,1\%$ e módulo de elasticidade $E = 165 \text{ até } 170 \text{ kN/mm}^2$. A dureza Brinell importou em $258 \pm 3 \text{ HB}$.

Exemplo 3

Um suporte de roda para automóvel de passageiro foi fabricado da liga fundida esferoidal de acordo com a invenção. A composição química foi de 3,43% em peso de C, 3,38% em peso de Si, 0,71% em peso de Cu, 0,2% em peso de Mn, 0,037% em peso de Mg, 0,047% em peso de P, 0,043% em peso de Cr, 0,012% em peso de Al, 0,004% em peso de S e 0,0008% em peso de B, o restante de Fe e as impurezas usuais. No ensaio

de tração foram constatados os seguintes valores: limite de alongamento $R_p 0.2 = 558 \text{ MPa}$, resistência à tração $R_m = 862 \text{ MPa}$ e alongamento de ruptura $A_5 = 6,1\%$. A dureza Brinell importou em 288 HB. O número de esferólitos na microestrutura foi determinada em 455 esferólitos por mm^2 .

5 Na figura 4 está representado o alongamento de ruptura A_5 em função da resistência à tração R_m . A linha cheia indica os valores mínimos segundo a norma EN 1563 para ferro fundido com grafite esférico de tipos produzidos no estado fundido. As medições do material de acordo com a invenção estão registradas segundo os exemplos 1 a 3 acima especificados.

10 Na figura 5 está representado o alongamento de ruptura A_5 em função do limite de alongamento $R_p 0.2$. A linha cheia indica os valores mínimos segundo a norma EN 1563 para ferro fundido com grafite esférico de tipos produzidos no estado fundido. As medições do material de acordo com a invenção estão registradas segundo os exemplos 1 a 3 acima especificados.

15 dos.

 As propriedades de material da liga fundida esferoidal de acordo com a invenção estão, portanto bem acima da Norma Europeia EN 1563 para ferro fundido com grafite esférico e alcançam até mesmo os valores de ADI (= Austempered Ductile Iron), um material fundido de ferro produzido por

20 um tratamento térmico muito dispendioso, realizável em maiores espessuras de parede apenas por adição à liga dos elementos caros níquel e/ou molibdênio e, com isso, correspondentemente caro, que é normatizado na Europa sob EN 1564.

 A figura 6 mostra as faixas de resistência perante o alongamento

25 de ruptura dos materiais de ligas fundidas de alumínio, ferro fundido com grafite esférico, ADI e do material de acordo com a invenção com os exemplos 1 a 3 registrados.

 A uniformidade da estrutura é obtida também por um novo processo de fundição. O molde de fundição é dividido horizontalmente ao invés

30 de verticalmente, estando os discos de freio dispostos horizontalmente, e o enchimento do molde de injeção é realizado do meio para a borda do disco de freio. Isso tem por consequência o fato de que o molde de injeção é cheio

simetricamente em rotação e o disco de freio depois da fundição é resfriado uniformemente de dentro para fora. Resulta assim uma estrutura homogênea, uniforme por toda a periferia do disco de freio. Não mais é necessário um posterior tratamento térmico, que é dispendioso em tempo e acarreta

5 custos.

REIVINDICAÇÕES

1. Liga de fundição esferoidal para produtos de ferro fundido com uma alta resistência mecânica, uma elevada resistência a desgaste e simultaneamente uma elevada tenacidade, abrangendo como componentes
- 5 não-ferrosos,
- 2,5 a 3,8% em peso de C,
- 2,4 a 3,4% em peso de Si,
- 0,02 a 0,08% em peso de P,
- 0,02 a 0,06% em peso de Mg,
- 10 0,01 a 0,05% em peso de Cr,
- 0,002 a 0,02% em peso de Al,
- 0,0005 a 0,015% em peso de S,
- 0,0002 a 0,002% em peso de B e as usuais impurezas,
- caracterizada pelo fato de que a liga fundida esferoidal contém
- 15 3,0 a 3,7% em peso de C,
- 2,6 a 3,4% em peso de Si,
- 0,02 a 0,05% em peso de P,
- 0,025 a 0,045% em peso de Mg,
- 0,01 a 0,03% em peso de Cr,
- 20 0,003 a 0,017% em peso de Al,
- 0,0005 a 0,09% em peso de S e
- 0,0004 a 0,002% em peso de B e
- o resto sendo Fe e impurezas inevitáveis.
2. Liga fundida esferoidal de acordo com a reivindicação 1, ca-
- 25 racterizada pelo fato de que a liga contém 0,1 a 1,5% em peso de Cu, de preferência 0,5 a 0,8% em peso de Cu.
3. Liga fundida esferoidal de acordo com a reivindicação 1, ca-
- racterizada pelo fato de que a liga contém 0,1 a 1,0% em peso de Mn, de preferência 0,15 a 0,2% em peso de Mn.
- 30 4. Liga fundida esferoidal de acordo com a reivindicação 1, ca-
- racterizada pelo fato de que a liga contém 0,1 a 1,5% em peso de Cu, de preferência 0,5 a 0,8% em peso de Cu e 0,1 a 1,0% em peso de Mn, de pre-

ferência 0,15 a 0,2% em peso de Mn.

5 5. Liga fundida esferoidal de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a liga contém 0,1 a 1,5% em peso de Mn, de preferência 0,5 a 1,0% em peso de Mn e 0,05 a 1,0% em peso de Cu, de preferência 0,05 a 0,2% em peso de Cu.

6. Liga fundida esferoidal de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que a fração de grafite imediatamente após a fundição e resfriamento é constituída em mais de 90% do grafite presente em forma de esfera e/ou vermicular.

10 7. Liga fundida esferoidal de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que a estrutura cristalina da peça fundida imediatamente após a fundição e resfriamento é constituída em 70 a 90% de perlita.

15 8. Liga fundida esferoidal de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que a estrutura cristalina da peça fundida imediatamente após a fundição e resfriamento apresenta 200 a 700 esferólitos por mm².

20 9. Liga fundida esferoidal de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizada pelo fato de que a peça fundida apresenta uma dureza Brinell de mais de 220.

25 10. Liga fundida esferoidal de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, caracterizada pelo fato de que as partículas de grafite apresentam uma distribuição de tamanho de ao menos 30% do tamanho 8, 10% a 70% do tamanho 7 e no máximo 20% do tamanho 6 segundo DIN EN ISO 945.

11. Liga fundida esferoidal de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que a peça fundida apresenta um alongamento de ruptura A5 de 5 a 14% com uma resistência à tração Rm de 900 a 600 MPa.

30 12. Liga fundida esferoidal de acordo com uma das reivindicações 1 a 11, caracterizada pelo fato de que a peça fundida apresenta um alongamento de ruptura A5 de 5 a 14% com um limite de alongamento Rp

0,2 de 600 a 400 MPa.

5 13. Processo para produção de uma peça fundida de uma liga fundida esferoidal como definido em uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que depois da fundição e resfriamento ocorre uma estrutura uniforme e homogênea.

14. Processo para produção de uma peça fundida de uma liga fundida esferoidal como definido em uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato do molde de fundição ser dividido horizontalmente, sendo que a peça fundida fica disposta horizontalmente no molde de fundição.

10 15. Processo para produção de uma peça fundida simétrica em rotação de uma liga fundida esferoidal como definida em uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o molde de fundição é cheio simetricamente em rotação a partir do ponto central da peça fundida.

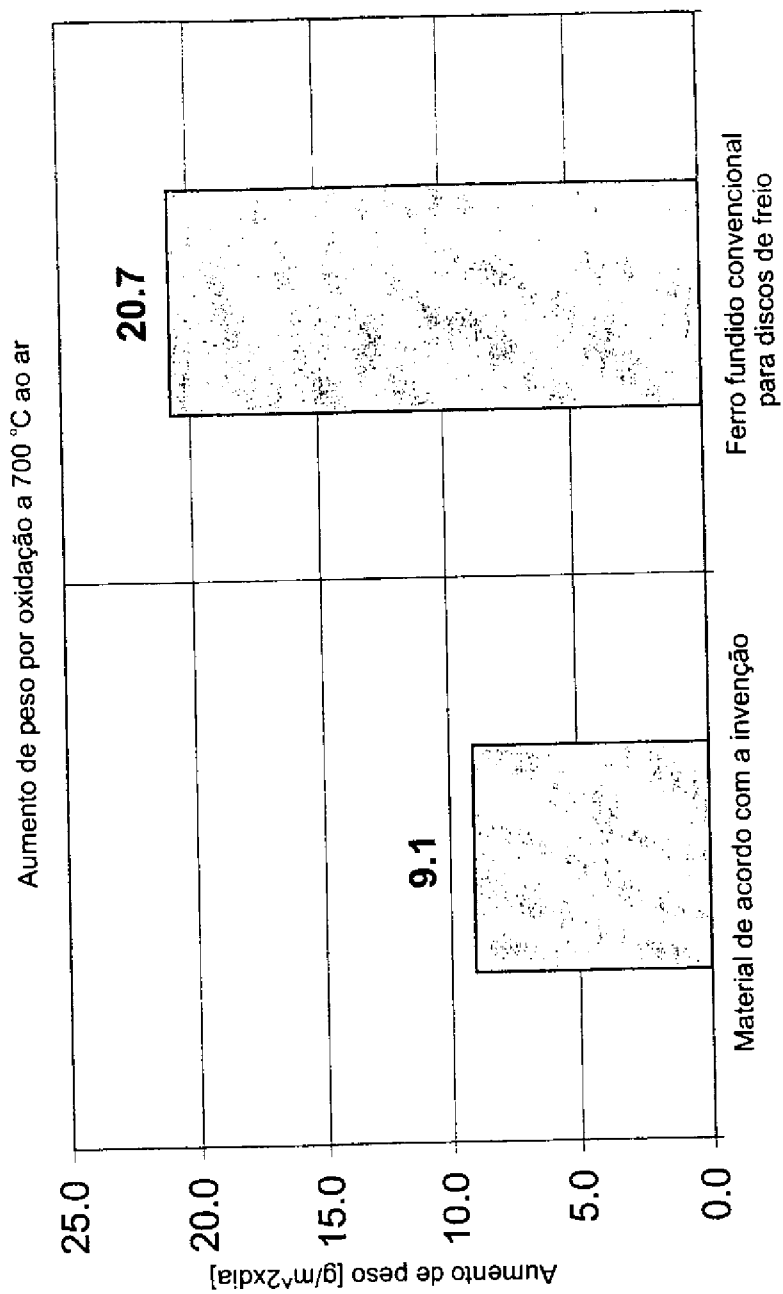


Fig. 1



Fig. 2

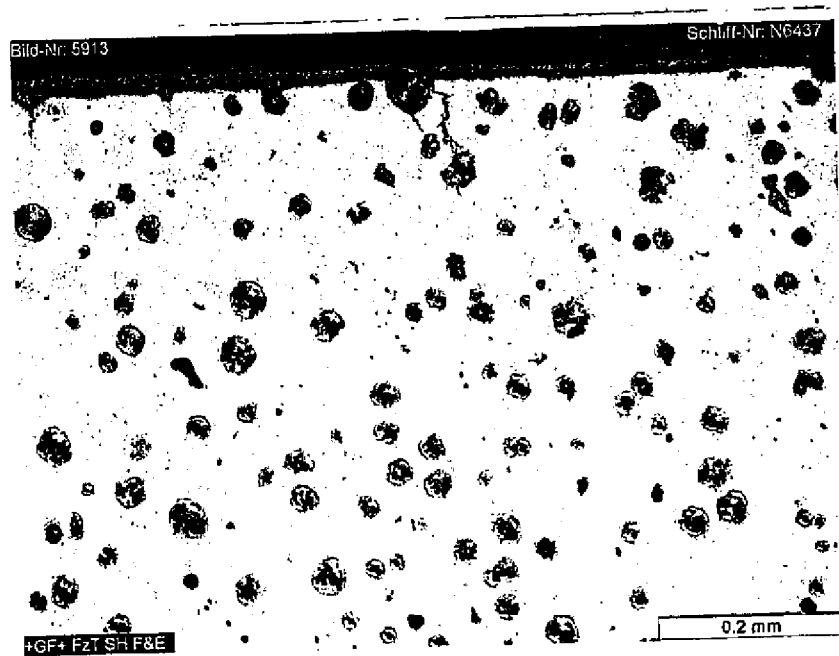


Fig. 3

Dilatação de ruptura em função da resistência à tração R_m de GJS

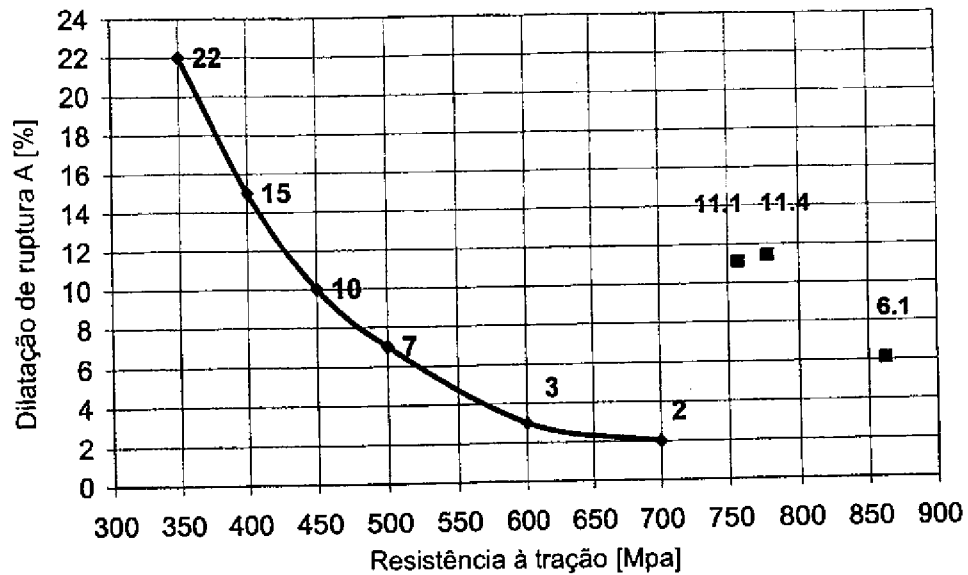


Fig. 4

Dilatação de ruptura em função do limite de dilatação 0.2% $R_{p0.2}$ de GJS

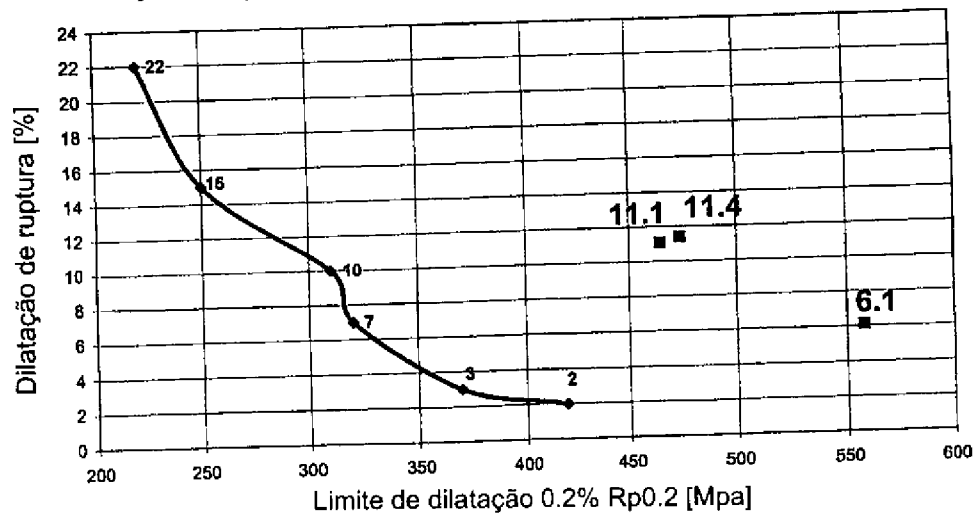


Fig. 5

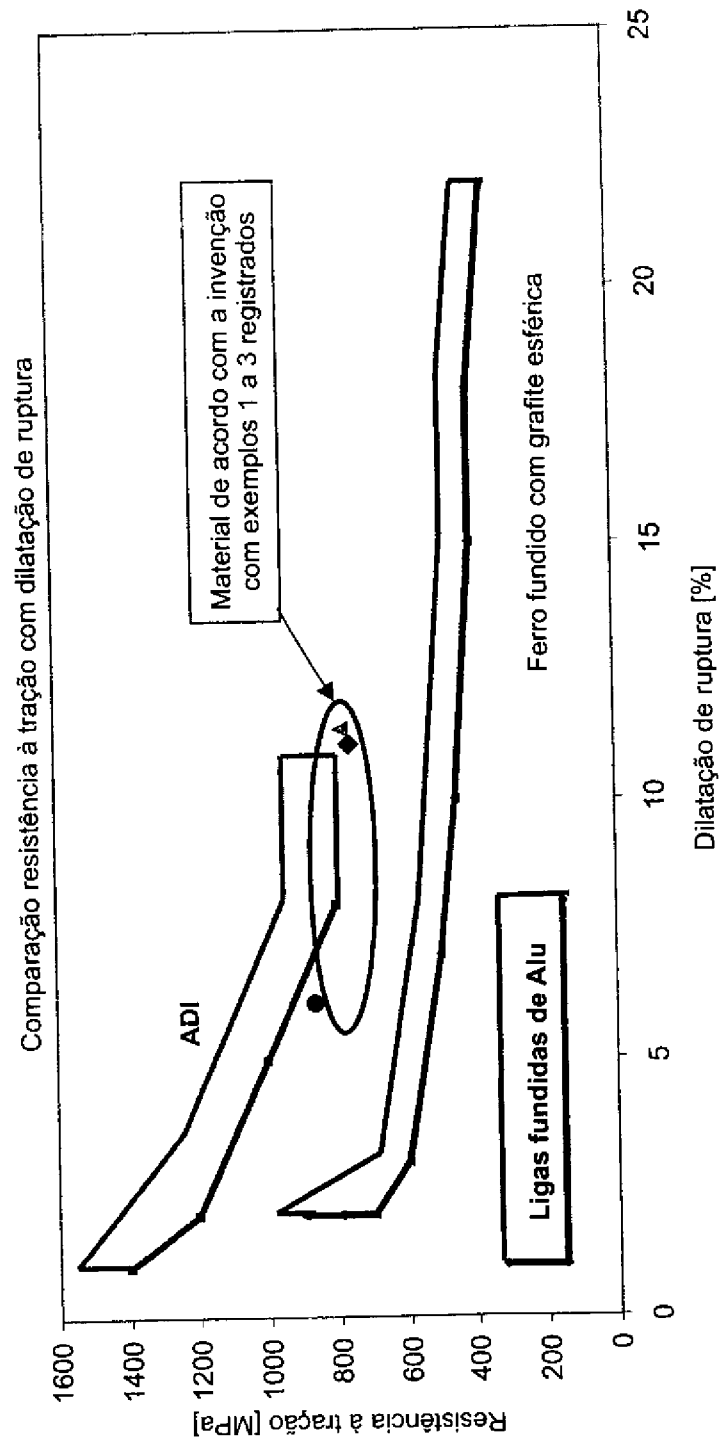


Fig. 6

RESUMO

Patente de Invenção: **"LIGA FUNDIDA ESFEROIDAL E PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA PEÇA FUNDIDA DA UMA LIGA FUNDIDA ESFEROIDAL E PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE UMA PEÇA FUNDIDA SIMÉTRICA EM ROTAÇÃO"**.

5 A invenção refere-se a uma liga de fundição esferoidal para produtos de ferro fundido com uma alta resistência mecânica, uma elevada resistência a desgaste e simultaneamente uma elevada tenacidade, abrangendo como componentes não-ferrosos 2,5 a 3,8% em peso de C, 2,4 a 10 3,4% em peso de Si, 0,02 a 0,08% em peso de P, 0,02 a 0,06% em peso de Mg, 0,01 a 0,05% em peso de Cr, 0,002 a 0,02% em peso de Al, 0,0005 a 0,015% em peso de S, 0,0002 a 0,002% em peso de B e as usuais impurezas, sendo que a liga contém 3,0 a 3,7% em peso de C, 2,6 a 3,4% em peso de Si, 0,02 a 0,05% em peso de P, 0,025 a 0,045% em peso de Mg, 0,01 a 15 0,03% em peso de Cr, 0,003 a 0,017% em peso de Al, 0,0005 a 0,012% em peso de S e 0,0004 a 0,002% em peso de B. A liga é empregada por exemplo para produção de peças de mecanismo de marcha ou discos de freio na indústria automobilística.