



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1002808-0 B1



(22) Data do Depósito: 11/01/2010

(45) Data de Concessão: 22/12/2020

(54) Título: LIGA DE FERRO FUNDIDO COM GRAFITE LAMELAR E CABEÇOTE DE CILINDRO

(51) Int.Cl.: B22D 19/00; F02F 1/24.

(30) Prioridade Unionista: 09/01/2009 DE 10 2009 004 189.3.

(73) Titular(es): MAN TRUCK & BUS AG.

(72) Inventor(es): HANS MÜLLER; ULF SCHMIDTGEN; FALK SCHÖNFELD.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010000089 de 11/01/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/079146 de 15/07/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 17/02/2011

(57) Resumo: LIGA DE FERRO FUNDIDO COM GRAFITE LAMELAR E CABEÇOTE DE CILINDRO Uma liga de ferro fundido com grafite lamelar é descrita, a qual apresenta como aditivos 2,80% em peso - 3,60% em peso de carbono (C), 1,00% em peso - 1,70% em peso de silício (Si), O, 10% em peso - 1,20% em peso de manganês (Mn), 0,03% em peso - 0,15% em peso de enxofre (S), 0,05% em peso - 0,30% em peso de cromo (Cr), 0,05% em peso - 0,30% em peso de molibdênio (Mo), 0,05% em peso - 0,20% em peso de zinco (Sn), e as impurezas comuns, assim como um cabeçote de cilindro produzido a partir dela.

"LIGA DE FERRO FUNDIDO COM GRAFITE LAMELAR E CABEÇOTE DE CILINDRO"

Campo da invenção

[0001] A invenção refere-se a uma liga de ferro fundido com grafite lamelar, assim como a um cabeçote de cilindro feito da mesma.

Antecedentes da invenção

[0002] Este tipo de ligas de ferro fundido e de cabeçotes são conhecidos. Um cabeçote de cilindro para um motor de combustão interna é conhecido, por exemplo, de DE-A-100 12 918. Este documento descreve um cabeçote de cilindro para um motor de combustão interna, o qual é fundido a partir de liga de ferro fundido com grafite lamelar e que contém como aditivos 3,30% em peso até 3,60% em peso de carbono, 1,73% em peso até 1,92% em peso de silício, 0,60% em peso até 0,90% em peso de manganês, máximo 0,055% em peso de fósforo, máximo 0,10% em peso enxofre, 0,20% em peso até 0,32% em peso de cromo, 0,40% em peso até 0,90% em peso de cobre, 0,08% em peso até 0,10% em peso de zinco, 0,035% em peso até 0,55% em peso de molibdênio e 0,01% em peso até 0,014% em peso de titânio. Também são conhecidos os cabeçotes de cilindro de ferro fundido cinzento, por exemplo, de MAN Werknorm M 3422, abril de 2000, os quais contém como aditivos 3,30% em peso até 3,55% em peso de carbono, 1,80% em peso até 2,30% em peso de silício, 0,55% em peso até 0,80% em peso de manganês, máximo 0,20% em peso de fósforo, máximo 0,13% em peso de enxofre, 0,10% em peso até 0,15% em peso de cromo, 0,10% em peso até 0,20% em peso de molibdênio, 0,08% em peso até 0,12 de zinco e máximo 0,15% em peso de cobre.

[0003] Para melhoria continua da combustão em motores, as

pressões de ignição são continuamente elevadas. A região mais fraca aqui é a haste de válvula do cabeçote de cilindro que fecha a câmara de combustão. Particularmente, são conhecidos diferentes métodos para o ajuste das propriedades desejadas através da liga de determinados elementos de liga. Entretanto, até hoje não tem sido possível, preparar ligas de ferro fundido e cabeçotes de cilindro que satisfaçam os elevados requerimentos tanto em relação às propriedades mecânicas quanto também em relação à condutividade térmica, particularmente em relação à durabilidade e tempo de vida útil. Ademais, tem-se que as ligas conhecidas requerem a liga de elementos de liga caros.

Sumário da invenção

[0004] A invenção tem então a tarefa de melhorar as ligas e os cabeçotes de cilindro descritos no início, de forma a eliminar as desvantagens descritas. Para isso deve ser possível, particularmente, fornecer uma liga e um cabeçote de cilindro que apresentem propriedades mecânicas melhoradas e uma melhor condutividade térmica, preferivelmente para baixas temperaturas, ou seja, em temperaturas de aproximadamente 10 até aproximadamente 400. Deseja-se também abaixar os custos das ligas e cabeçotes de cilindro conhecidos.

[0005] A tarefa anterior é solucionada através de uma liga de ferro fundido com grafite lamelar, que se caracteriza por apresentar como aditivos 2,80% em peso até 3,60% em peso de carbono (C), 1,00% em peso até 1,70% em peso de silício (Si), 0,10% em peso até 1,20% em peso de manganês (Mn), 0,03% em peso até 0,15% em peso de enxofre (S), 0,05% em peso até 0,30% em peso de cromo (Cr), 0,05% em peso até 0,30% em peso de molibdênio (Mo), 0,05% em peso até 0,20% em peso de

estanho (Sn) e as impurezas usuais.

[0006] Concretizações vantajosas desta liga de ferro fundido, particularmente de seu uso como cabeçote de cilindro, partem das reivindicações 2 até 9 explicadas com mais detalhes a seguir.

[0007] A liga de acordo com a invenção e o cabeçote de cilindro de acordo com a invenção possuem, em comparação com estado da técnica, uma condutividade térmica melhorada e uma resistência elástica melhorada, particularmente a resistência na haste de válvula. Através da combinação de alta condutividade térmica e alta resistência é reduzida a ocorrência de trincas por fadiga e o seu aumento é detido ou até impedido. Particularmente, são conseguidos avanços na faixa de temperaturas baixas, particularmente para temperaturas de aproximadamente 100 até aproximadamente 400°C. A utilização da liga de acordo com a invenção leva a que fraturas que aparecem na faixa de altas temperaturas não possam continuar se espalhando, ou seja, elas ficam estáveis. Com isso, é elevado o tempo de vida da liga de acordo com a invenção e do cabeçote de cilindro de acordo com a invenção. Além disso, a liga de acordo com a invenção e o cabeçote de cilindro segundo a invenção tem um custo-benefício melhor que as ligas e cabeçotes de cilindro segundo a técnica anterior.

[0008] Preferivelmente, a matriz da estrutura da liga de ferro fundido de acordo com a invenção e do cabeçote de cilindro de acordo com a invenção é formada de perlita com máximo aproximadamente 5%, particularmente máximo aproximadamente 3% de ferrita. Ferrita é denominada aqui como estrutura, e não como fase como na perlita. As indicações em% referem-se aqui, assim como em todas as indicações de

microestrutura aqui mencionadas, à quantidade em% em corte plano. No núcleo apresenta-se o grafite lamelar na forma I, com mais de 80%, preferivelmente mais de 90% no arranjo A, e no tamanho 3 ou mais fino (EN ISO 945:1994-09). A estrutura especial tem a vantagem de que as propriedades desejadas, ou seja, a retenção das propriedades mecânicas assim como o aumento da condutibilidade térmica são melhoradas ainda mais. Grafite lamelar na forma I, em distribuição A e tamanho 2 apresenta-se, devido à carência de inoculação, somente em regiões de distribuição B, C, D e/ou E. No núcleo, o grafite lamelar pode-se apresentar também em pequenas porções de distribuição B, C, D e/ou E. Em regiões marginais até uma profundidade de 3 mm é permissível, devido à influencia de material moldado, a distribuição D + E até 100%.

[0009] As propriedades de estrutura preferidas são importantes particularmente nas regiões de forte carga termomecânica com mudança de temperatura e carga térmica contínua de 20 - 480° e permanente de 300 - 450°C, da liga de ferro fundido de acordo com a invenção e do cabeçote de cilindro de acordo com a invenção. Em relação com os cabeçotes de cilindro, essas propriedades ótimas referem-se a quando a estrutura anteriormente especificada se apresenta nas hastes entre as aberturas de válvula de entrada e válvula de saída e para multi-válvulas entre as hastes.

[0010] Um tratamento térmico através de um esfriamento até um ponto ou um recozimento é possível, como opção para a redução de tensão interna, porém não influencia a formação da estrutura metalográfica.

[0011] As propriedades desejadas são ajustadas particularmente através da combinação dos aditivos dados e de

suas quantidades, ou seja, estes atuam juntos de forma sinérgica.

[0012] O carbono é utilizado em uma quantidade de 2,80% em peso até 3,60% em peso, preferivelmente 3,20% em peso até 3,50% em peso. Um conteúdo de carbono muito baixo leva a formação de micro-cavidades, enquanto que um conteúdo de carbono muito alto apresenta a desvantagem de que a liga apresenta uma resistência muito baixa.

[0013] O silício é utilizado em uma quantidade de 1,00% em peso até 1,70% em peso, preferivelmente em um quantidade de 1,20% em peso até 1,60% em peso e particularmente preferível em uma quantidade de 1,30% em peso até 1,50% em peso. Um conteúdo de silício muito baixo leva à radiação branca, enquanto um conteúdo de silício muito alto possui a desvantagem de que a condutibilidade térmica baixa fortemente.

[0014] O manganês é utilizado em uma quantidade de 0,10% em peso até 1,20% em peso, preferivelmente em uma quantidade de 0,30% em peso até 0,80% em peso e particularmente preferível é em uma quantidade de 0,50% em peso até 0,60% em peso. O manganês é necessário para ligar o enxofre, pois na liga de acordo com a invenção não deve haver nenhum enxofre puro, mas somente sulfeto de manganês. Um conteúdo de manganês muito alto leva à radiação branca.

[0015] O enxofre é utilizado em uma quantidade de 0,03% em peso até 0,15% em peso, preferivelmente em uma quantidade de 0,05% em peso até 0,14% em peso e particularmente preferível em uma quantidade de 0,08% em peso até 0,12% em peso. O enxofre no composto de MnS é necessário para garantir uma boa usinabilidade. Muito pouco enxofre leva a que a liga de

acordo com a invenção seja difícil de usar. Um conteúdo muito alto de enxofre leva a erros de microestrutura.

[0016] O cromo é utilizado em uma quantidade de 0,05% em peso até 0,30% em peso e preferivelmente em uma quantidade de 0,08% em peso até 0,20% em peso e particularmente preferível em uma quantidade de 0,08% em peso até 0,15% em peso. O cromo tem a tarefa de estabilizar o Perlite em temperaturas > 550°C. Um conteúdo muito alto de cromo leva à radiação branca.

[0017] O molibdênio é utilizado em uma quantidade de 0,05% em peso até 0,30% em peso, preferivelmente em uma quantidade de 0,10% em peso até 0,25% em peso e particularmente preferível em uma quantidade de 0,10% em peso até 0,20% em peso. O molibdênio garante a resistência térmica, na utilização do cabeçote de cilindro preferivelmente na faixa de 300°C até 400°C. Um conteúdo muito alto de molibdênio eleva os custos da liga e provoca uma tendência a cavidades.

[0018] O zinco é utilizado em uma quantidade de 0,05% em peso até 0,20% em peso, preferivelmente em uma quantidade de 0,05% em peso até 0,15% em peso e particularmente preferível em uma quantidade de 0,08% em peso até 0,12% em peso. O zinco serve para suprimir a formação de ferrite. Um conteúdo muito alto de zinco leva à degradação. Muito particularmente preferível apresenta-se o zinco em uma quantidade de 0,08 - 0,12% em peso.

[0019] A liga de ferro fundido de acordo com a invenção e o cabeçote de cilindro de acordo com a invenção pode conter as usuais impurezas. Como impurezas consideram-se, por exemplo, níquel, cobre, titânio, vanádio, nióbio, nitrogênio e fósforo. O conceito impureza considera também meio

inoculante, a menos que um ou vários dos elementos do meio inoculante sejam necessários para as propriedades da liga.

[0020] Preferivelmente, a quantidade de níquel é de até 1% em peso, particularmente preferível até de 0,30% em peso. Muito particularmente preferível < 0,30% em peso. Uma quantidade de cobre muito alta leva a problemas de separação e é caro. Em uma forma de concretização preferida, o uso de cobre não é nada necessário e a liga de acordo com a invenção contém somente o cobre proveniente da sucata.

[0021] O titânio apresenta-se preferivelmente em uma quantidade de no máximo 0,010% em peso. Um conteúdo de titânio muito alto piora a usinabilidade da liga de ferro fundido.

[0022] O vanádio apresenta-se preferivelmente em uma quantidade de até 0,2% em peso, particularmente preferível de até 0,1% em peso. Muito particularmente preferível < 0,10% em peso. Se o conteúdo de vanádio é muito alto, então a tenacidade e a condutibilidade térmica diminuem.

[0023] O nióbio apresenta-se preferivelmente em uma quantidade de até 0,2% em peso, particularmente preferível até 0,1% em peso. Muito particularmente preferível < 0,10% em peso. Uma quantidade de nióbio muito alta eleva os custos quando ligado conscientemente e leva a uma piora da condutibilidade térmica.

[0024] O nitrogênio apresenta-se em uma quantidade de até 0,03% em peso, particularmente preferível até 0,0080% em peso. Um conteúdo de nitrogênio livre muito alto tem a desvantagem de que possam se apresentar porosidades na peça fundida.

[0025] O fósforo apresenta-se preferivelmente em uma

quantidade de até 0,15% em peso, particularmente preferível em uma quantidade de até 0,06% em peso. Um conteúdo de fósforo muito alto leva a uma diminuição da tenacidade.

[0026] A inoculação da liga ocorre preferivelmente concretização bário, zircônio ou metais de terras raras. Estes são utilizados em quantidades de 0,0005% em peso até 0,0500% em peso, preferivelmente em quantidades de 0,0010% em peso até 0,00125% em peso. Particularmente preferível é o bário, já que este produz uma solidificação cinza como nucleação de grafite. O bário é particularmente apropriado também devido a que ele compensa a baixa quantidade de silício como promotor da solidificação estável. O bário é utilizado nas quantidades anteriormente mencionadas.

[0027] Como especialmente vantajoso produziram-se as seguintes combinações exatas com as quantidades definidas exatamente e os elementos de liga:

	Combinação 1 (% em peso)	Combinação 2 (% em peso)
Carbono	3,43	3,44
Silício	1,42	1,40
Manganês	0,56	0,49
Enxofre	0,10	0,11
Cromo	0,12	0,15
Molibdênio	0,22	0,14
Zinco	0,071	0,076
Níquel	0,079	0,065
Cobre	0,16	0,12
Titânio	0,005	0,006
Vanádio	0,0011	0,015
Nióbio	0,005	0,004
Nitrogênio	0,0055	0,005
Fósforo	0,029	0,012
Alumínio	0,003	0,001
Magnésio	0,002	0,001
Arsênio	0,005	0,005
Boro	< 0,0001	< 0,0001
Chumbo	< 0,003	< 0,003
Cobalto	0,016	0,025
Antimônio	0,003	0,001
Tungstênio	0,002	< 0,001
Zinco	< 0,001	< 0,001
Bismuto	0,0014	0,0010
Cálcio	0,0008	0,0008
Telúrio	0,0003	0,0003
Cério	0,0010	0,008
Bário	0,0008	0,0009

[0028] O grafite apresenta-se nas combinações especiais anteriormente mencionadas no núcleo em forma I, arranjo A e tamanho 3 e mais fino.

[0029] A liga de ferro fundido de acordo com a invenção e o cabeçote de cilindro de acordo com a invenção satisfazem as propriedades mecânicas requeridas, como por exemplo, tenacidade e dureza. Além disso, medições de condutibilidade térmica mostraram que a liga de ferro fundido de acordo com a invenção e o cabeçote de cilindro de acordo com a invenção possuem, exatamente na faixa de temperatura de aproximadamente 100 até 400°C, valores inesperados de condutibilidade térmica. Particularmente, a liga de ferro

fundido de acordo com a invenção e o cabeçote de cilindro de acordo com a invenção apresentam uma condutibilidade térmica de 47 W/mk na faixa de 200°C e corresponde em faixas de temperaturas maiores que 400°C a ligas de ferro fundido e cabeçotes de cilindro em algo conhecidos. A resistência a tração é, em comparação, com ligas conhecidas eventualmente melhorada ou pelo menos a mesma.

[0030] Como já mencionado em várias ocasiões, a invenção refere-se também a um cabeçote de cilindro. Particularmente, trata-se de um cabeçote de cilindro de um motor de combustão interna. Particularmente, o cabeçote de cilindro é formado como cabeçote de cilindro em série para um motor de combustão interna, particularmente com auto-ignição, de um ou mais cilindros em série ou com uma construção em V.

[0031] A otimização da condutividade térmica com a retenção de todas as outras propriedades mecânicas requeridas ocorre para elementos construtivos de esfriamento com água, já que aqui tem-se, na zona de contato com a corrente de água, temperaturas de aproximadamente 100°C até aproximadamente 350°C, particularmente até aproximadamente 250°C, e nessa faixa uma condutividade térmica elevada diminui muito mais fortemente a temperatura dos elementos construtivos.

[0032] A continuação a invenção será descrita com ajuda de exemplos. Os exemplos, entretanto, de forma alguma limitam ou restringem o escopo da presente invenção.

Exemplos 1 até 4:

[0033] As seguintes ligas de ferro fundido foram produzidas, de forma usual, de ferro fundido ligado com grafite lamelar sob a utilização de bário como inoculante

(exemplos 1 e 2) e sem inoculante (exemplos de comparação 3 e com inoculante referência não conhecido 4):

	Exemplo 1 (% em peso)	Exemplo 2 (% em peso)	Exemplo comparativo 3 (% em peso)	Exemplo comparativo 4 (% em peso)
Carbono	3,43	3,44	3,56	3,56
Silício	1,42	1,40	2,22	1,96
Manganês	0,56	0,49	0,73	0,58
Enxofre	0,10	0,11	0,08	0,095
Cromo	0,12	0,15	0,10	0,32
Molibdênio	0,22	0,14	0,098	0,023
Zinco	0,071	0,076	0,076	0,020
Níquel	0,079	0,065	0,066	0,078
Cobre	0,16	0,12	0,16	0,43
Titânio	0,005	0,006	0,006	0,01
Vanádio	0,011	0,015	0,009	0,015
Nióbio	0,005	0,004	0,006	0,005
Nitrogênio	0,0055	0,005	-	0,0064
Fósforo	0,029	0,012	0,26	0,063
Alumínio	0,003	0,001	0,002	0,002
Magnésio	0,002	0,001	0,003	< 0,001
Arsênico	0,005	0,005	0,011	0,015
Boro	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,001
Chumbo	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Cobalto	0,016	0,025	0,021	0,012
Antimônio	0,003	0,001	0,004	0,004
Tungstênio	0,002	< 0,001	0,002	0,002
Zinco	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Bismuto	0,0014	0,0010	-	< 0,001
Cálcio	0,0008	0,0008	-	-
Telúrio	0,0003	0,0003	-	-
Cério	0,0010	0,008	-	-
Bário	0,0008	0,0009	-	-

(-) = não determinado

[0034] A matriz da microestrutura consiste, nos exemplo 1 e 2, de perlite com aproximadamente 5% ferrita. O grafite lamelar apresenta-se nos exemplos 1 e 2 na forma I, arranjo A e tamanho 3 e mais fino. Nos exemplos comparativos 3 e 4, o grafite lamelar apresenta-se na forma I, arranjo A e tamanho 3-5.

[0035] As propriedades mecânicas assim como a condutibilidade térmica das ligas de ferro fundido do exemplo 1, assim como dos exemplos comparativos 3 e 4 foram

determinadas de forma usual.

[0036] Os resultados são apresentados na tabela 1, assim como na figura 1.

Tabela 1

[0037] Medições de condutibilidade térmica (sobre condutibilidade de temperatura segundo o método de flash laser) e valores de resistência a tração (Rm segundo a DIN EN 10002-1).

	Exemplo 1	Exemplo comparativo 3	Exemplo comparativo 4
20°C	55,17	55,14	47,95
100°C	51,22	45,86	45,4
200°C	47,89	39,96	43,58
400°C	42,28	39,01	40,23
500°C	40,06	38,24	39,02
550°C	38,83	37,66	38,03
600°C	37,86	37,27	36,82
Rm [MPa]	292 - 328	217 - 257	270 - 310

[0038] Os valores para a resistência à tração (segundo a norma DIN EN 10 002) com amostra de tração segundo a norma DIN EN 1561, a dureza Brinell (segundo a norma DIN EN ISO 6506) do exemplo 1 se correspondem com os valores dos exemplos comparativos 3 e 4.

[0039] Observa-se que a liga de ferro fundido, segundo a invenção, do exemplo 1 se corresponde, em relação à resistência à tração e à dureza, com exemplos comparativos 3 e 4, sendo que a liga de ferro fundido de acordo com a invenção é superior aos exemplos comparativos 3 e 4, em relação à condutibilidade térmica.

REIVINDICAÇÕES

1. Liga de ferro fundido com grafite lamelar, caracterizada pelo fato de referida liga de ferro fundido apresentar como aditivos:

2,80% em peso a 3,60% em peso de carbono (C),
1,00% em peso a 1,50% em peso de silício (Si),
0,10% em peso a 1,20% em peso de manganês (Mn),
0,03% em peso a 0,15% em peso de enxofre (S),
0,05% em peso a 0,30% em peso de cromo (Cr),
0,05% em peso a 0,30% em peso de molibdênio (Mo),
0,05% em peso a 0,20% em peso de estanho (Sn),

e o ferro restante (Fe) assim como as impurezas comuns, das quais o níquel (Ni) compõe até 1% em peso, cobre (Cu) até 1% em peso, titânio (Ti) até 0,2% em peso, vanádio (V) até 0,2% em peso, nióbio (Nb) até 0,2% em peso, nitrogênio (N) até 0,03% em peso, e fósforo (P) até 0,15% em peso, a matriz da estrutura da liga de ferro fundido sendo formada a partir de perlita com no máximo 5% de ferrita, sendo referida liga de ferro fundido obtida pela inoculação com 0,0005% em peso até 0,0500% em peso de bário.

2. Liga de ferro, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de referida liga de ferro fundido apresentar como aditivos:

3,20% em peso a 3,50% em peso de carbono (C),
1,30% em peso a 1,50% em peso de silício (Si),
0,50% em peso a 0,60% em peso de manganês (Mn),
0,08% em peso a 0,12% em peso de enxofre (S),
0,10% em peso a 0,15% em peso de cromo (Cr),
0,20% em peso a 0,25% em peso de molibdênio (Mo),
0,05% em peso a 0,10% em peso de estanho (Sn).

3. Liga de ferro fundido, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores 1 ou 2, caracterizada pelo fato de a matriz da estrutura da liga de ferro fundido ser formada a partir de perlita com no máximo 3% de ferrita.

4. Liga de ferro fundido, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de o grafite lamelar se apresentar no núcleo na forma I, em mais de 80%, preferivelmente em mais de 90%, no arranjo A e no tamanho 3 ou mais fino (EN ISO 945:1994-09).

5. Liga de ferro fundido, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de ser obtida pela inoculação com 0,0010% em peso até 0,00125% em peso de bário.

6. Cabeçote de cilindro, caracterizado pelo fato de ser constituído da liga de ferro fundido conforme definida em qualquer uma das reivindicações de 1 a 5.

7. Cabeçote de cilindro, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de se tratar de um cabeçote de cilindro de um motor de combustão interna.

8. Cabeçote de cilindro, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelo fato de o cabeçote de cilindro ser configurado como uma cabeçote de cilindro em série para um multi-cilindro, em particular um motor de combustão interna com auto-ignição.

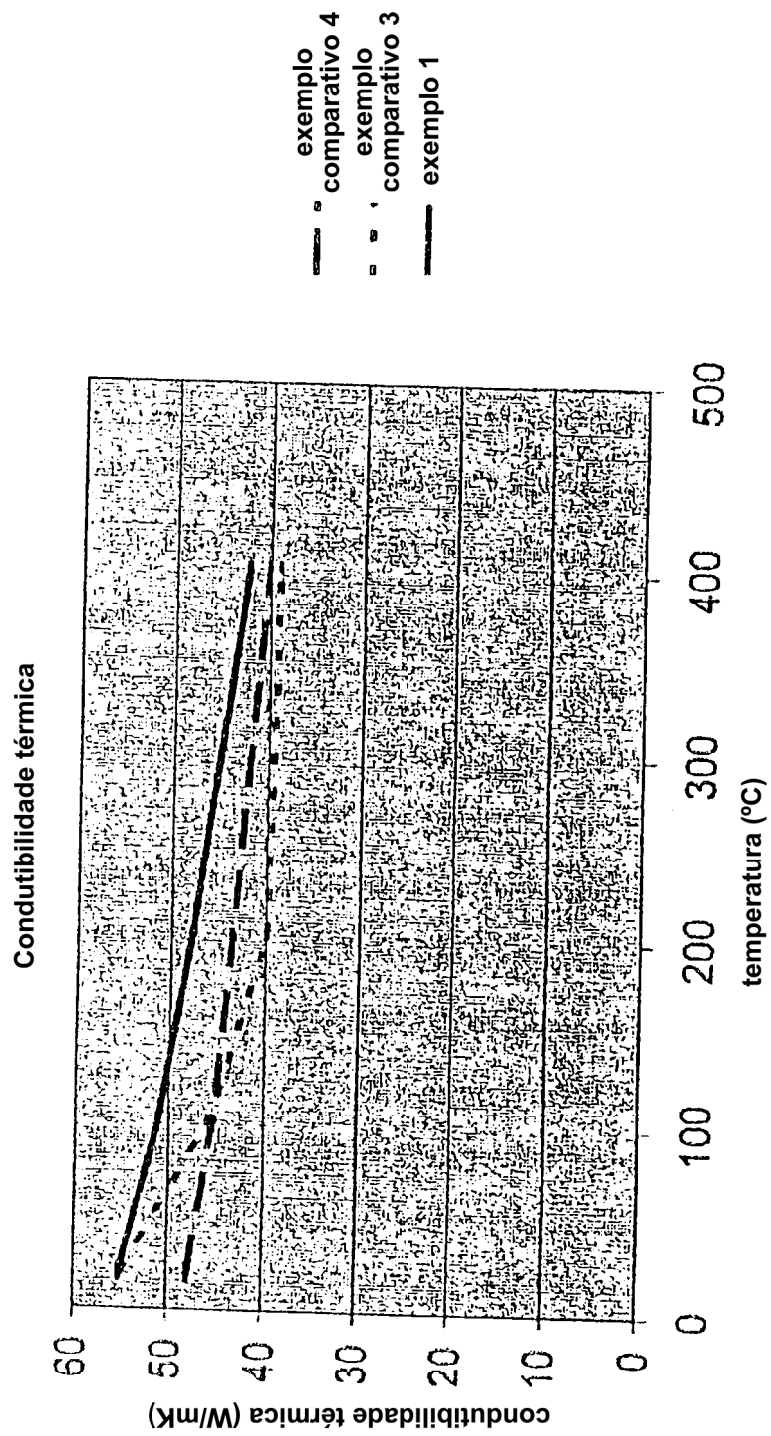


FIG.1