



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



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

## CARTA PATENTE N.º PI 0716636-2

*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 0716636-2

(22) Data do Depósito : 12/06/2007

(43) Data da Publicação do Pedido : 13/03/2008

(51) Classificação Internacional : C22C 37/08

(30) Prioridade Unionista : 08/09/2006 DK PA200601155

(54) Título : LIGA DE FERRO FUNDIDO ESTÁVEL À TEMPERATURA

(73) Titular : FLSMIDTH A/S. Endereço: Vigerslev Allé 77, DK 2500 Valby, Dinamarca (DK).

(72) Inventor : KARLSSON, ASGER, Inventor(a). Endereço: Strandskolevej 263, DK-2660 Brøndby Strand, Dinamarca. Cidadania: Dinamarquesa.; KIRKEGAARD STAGE, RASMUS, Inventor(a). Endereço: Skovstjernen 27, DK-7550 Holstebro, Dinamarca. Cidadania: Dinamarquesa.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 12/06/2007, observadas as condições legais.

Expedida em : 29 de Outubro de 2014.

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

15 de Novembro  
REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
de 1889

**"LIGA DE FERRO FUNDIDO ESTÁVEL À TEMPERATURA"**

A presente invenção se refere a uma liga de ferro fundido que é estável à temperatura, tendo uma alta  
5 resistêcia ao desgaste sob temperaturas variando entre 500 e 900°C.

Muitas das indústrias usam máquinas contendo peças de máquina que sofrem de significativo desgaste, sob temperaturas relativamente altas, por exemplo, acima de  
10 500°C. Por exemplo, na indústria de fabricação de cimento, um dispositivo chamado de resfriador de clínquer é usado para resfriamento do clínquer de cimento, o qual é introduzido no dito dispositivo, proveniente de um forno anterior, sob uma temperatura variando entre 1300 e 1450°C.  
15 O clínquer de cimento é dirigido para o dispositivo resfriador de clínquer mediante meios apropriados de transporte, os quais, tipicamente, são feitos de alguma forma de elementos que se alternam na direção do movimento do clínquer, dessa forma, sendo expostos a significativo  
20 desgaste sob temperaturas variando entre 500 e 900°C.

Do documento de patente WO 2004/104253 é conhecida uma liga de ferro fundido resistente ao desgaste, tendo a seguinte composição expressa em percentagem por peso:

- 25 - cromo: 12-25%;
- carbono: 1,5-6%;
- manganês: 2-7%;
- silício: até 1,5%;

- molibdênio: até 2%;
- níquel: até 4%;
- elementos de microliga selecionados do grupo que consiste de titânio, zircônio, nióbio, boro, vanádio e tungstênio: até 2% de cada um ou mais desses elementos; e
- balanço: ferro

De acordo com essa publicação, a liga é submetida a tratamento térmico, a fim de proporcionar à mesma uma matriz martensítica. Esse tipo de matriz é bastante dura e frágil e os elementos de máquinas fabricados de tal material são propensos a trincamento, caso submetidos a impactos ou golpes. Além disso, esse tipo de matriz não apresenta estabilidade térmica devido ao seu amolecimento sob temperaturas superiores a 400°C.

O Requerente do presente Pedido de Patente também possui experiência com relação a uma liga de ferro fundido de acordo com a norma europeia 10295 (2002), material G-X40 CrNiSi25-12, nº 1.4837, o qual apresenta a seguinte composição expressa em percentagem por peso:

- cromo: 24-27%;
- carbono: 0,3-0,5%;
- manganês: até 2%;
- silício: 1,0-2,5%;
- molibdênio: até 0,5%;
- níquel: 11,0-14,0%;
- fósforo: até 0,040%; e
- enxofre: até 0,030%;

e uma versão modificada tendo a seguinte composição expressa em percentagem por peso:

- cromo: 24-26%;
- carbono: 0,7-0,9%;
- 5 - manganês: 0,6-1,0%;
- silício: 1,5-2,0%; e
- níquel: 2,5-3,5%.

A experiência com esses dois materiais mostrou que depois de prolongado aquecimento em temperaturas entre  
10 500 e 900°C, ambos os materiais tendem a formar uma fase sigma, que é uma fase inter-metálica frágil, consistindo de partes iguais de ferro e cromo, e devido essa fase ser frágil, tais materiais não são resistentes ao desgaste.

Constitui um objetivo da presente invenção,  
15 proporcionar uma liga de ferro fundido tendo uma alta resistência ao desgaste e uma reduzida tendência de formar uma fase sigma sob temperaturas entre 500 e 900°C, quando comparado com as ligas de ferro fundido atualmente disponíveis.

20 De acordo com a invenção, tal objetivo é alcançado mediante uma liga de ferro fundido que apresenta a seguinte composição expressa em percentagem por peso:

- cromo: 15,0-20,0%;
- carbono: 1,0-2,0%;
- 25 - manganês: 1,5-2,0%;
- silício: 0,8-1,2%;
- níquel: 8,0-10,0%;
- molibdênio: 0,8-1,2%;
- balanço: ferro;

e contendo inevitáveis contaminantes metálicos e não-metálicos, onde os contaminantes não-metálicos compreendem nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre.

Dessa forma, é obtida uma liga de ferro fundido  
5 tendo uma alta resistência ao desgaste, e uma reduzida  
tendência a formar a indesejada fase sigma se aquecida a  
temperaturas entre 500 e 900°C, quando comparado com as  
ligas conhecidas anteriormente mencionadas.

Experimentos de laboratório realizados pelo  
10 Requerente do presente Pedido de Patente indicaram que a  
liga de acordo com a invenção apresenta características  
significativamente aperfeiçoadas de resistência ao  
desgaste, se comparado com a liga de acordo com o padrão  
Europeu 10295 e a versão modificada da mesma, conforme  
15 definido acima. Os resultados de testes mostram que a liga  
de acordo com a invenção apresenta uma resistência ao  
desgaste que é de aproximadamente quatro vezes maior que  
aquela da liga de acordo com o padrão Europeu 10295 e duas  
vezes mais alta quanto aquela da versão modificada. A  
20 aperfeiçoada resistência ao desgaste pode principalmente  
ser atribuída à otimização da proporção de carbono-cromo, o  
que resulta na ótima formação de carbetos de cromo que  
constituem o componente da liga resistente ao desgaste.

Além disso, foram realizados experimentos de  
25 laboratório em um período de 8 semanas, durante os quais a  
liga de acordo com a invenção foi submetida a tratamento  
térmico sob uma temperatura de 500°C, com subsequente exame  
de microscopia, tendo a liga mostrado significativa

estabilidade térmica, devido a ausência de sinais de formação de fase sigma.

A fim de evitar uma significativa deterioração das características mecânicas da liga de ferro, os  
5 contaminantes não-metálicos compreendendo nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre não devem exceder aos limites máximos especificados abaixo:

- nitrogênio: máximo de 0,020;
- oxigênio: máximo de 10 ppm;
- 10 - fósforo: máximo de 0,040; e
- enxofre: máximo de 0,030.

A liga de ferro fundido de acordo com a invenção, preferivelmente, compreende de 16,5-19,5% em peso de cromo, mais preferivelmente, mais preferivelmente, 17,0-19,0% em  
15 peso de cromo.

Além disso, a liga de ferro fundido de acordo com a invenção compreende, preferivelmente, 1,25-1,85% em peso de carbono, mais preferivelmente, 1,5-1,7% em peso de carbono.

20 A liga de ferro fundido de acordo com a invenção, preferivelmente, apresenta uma matriz austenítica.

A liga de ferro fundido pode ser fabricada e fundida dentro de moldes, usando técnicas geralmente conhecidas.

25 A liga de ferro fundido descrita é particularmente adequada para uso em conexão com peças de máquinas em resfriadores de clínquer, para resfriamento de clínquer de cimento.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Liga de ferro fundido estável a altas temperaturas, apresentando uma alta resistência ao desgaste  
5 em temperaturas entre 500 e 900°C, **caracterizada** pelo fato de apresentar a seguinte composição expressa em percentagem por peso:

- cromo: 15,0-20,0%;
- carbono: 1,0-2,0%;
- 10 - manganês: 1,5-2,0%;
- silício: 0,8-1,2%;
- níquel: 8,0-10,0%;
- molibdênio: 0,8-1,2%;
- balanço: ferro;

15 e contendo inevitáveis contaminantes metálicos e não-metálicos, onde os contaminantes não-metálicos compreendem nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre em concentrações que não excedem aos seguintes limites máximos:

- nitrogênio: máximo de 0,020% em peso;
- 20 - oxigênio: máximo de 10 ppm em peso;
- fósforo: máximo de 0,040% em peso; e
- enxofre: máximo de 0,030% em peso.

2. Liga de ferro fundido estável à temperatura,  
25 de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de compreender 16,5-19,5 % em peso de cromo.

3. Liga de ferro fundido estável à temperatura, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada** pelo fato de compreender 17,0-19,0 % em peso de cromo.

5                   4. Liga de ferro fundido estável à temperatura, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de compreender 1,25-1,85% em peso de carbono.

10                   5. Liga de ferro fundido estável à temperatura, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizada** pelo fato de compreender 1,5-1,7 % em peso de carbono.

15                   6. Liga de ferro fundido estável à temperatura, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** pelo fato de apresentar uma matriz austenítica.

**RESUMO****"LIGA DE FERRO FUNDIDO ESTÁVEL À TEMPERATURA"**

5           A presente invenção se refere a uma liga de ferro fundido que é estável à temperatura e apresenta uma alta resistência ao desgaste em temperaturas entre 500 e 900°C. A liga é caracterizada pelo fato de apresentar a seguinte composição expressa em percentagem por peso: cromo: 15,0-  
10 20,0%; carbono: 1,0-2,0%; manganês: 1,5-2,0%; silício: 0,8-1,2%; níquel: 8,0-10,0%; molibdênio: 0,8-1,2%; balanço: ferro; e contendo inevitáveis contaminantes metálicos e não-metálicos, onde os contaminantes não-metálicos compreendem nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre. Assim,  
15 é obtida uma liga de ferro fundido que apresenta uma superior resistência ao desgaste e uma reduzida tendência de formar a indesejável fase sigma, quando aquecida em temperaturas entre 500 e 900°C, ao se comparar com ligas já conhecidas.