



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102012019949-1

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, 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: BR 102012019949-1

(22) Data do Depósito: 09/08/2012

(43) Data da Publicação do Pedido: 10/03/2015

(51) Classificação Internacional: C22B 1/24.

(54) Título: PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE NA FABRICAÇÃO DE PELOTAS SIDERÚRGICAS

(73) Titular: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO - IFES. CGC/CPF: 10838653000106. Endereço: Av. Rio Branco, nº 50, Santa Lúcia, Vitória, ES, BRASIL(BR), 29056-255

(72) Inventor: JOSÉ ROBERTO DE OLIVEIRA; ESTEFANO APARECIDO VIEIRA; RAMIRO DA CONCEIÇÃO DO NASCIMENTO JÚNIOR.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 09/08/2012, observadas as condições legais

Expedida em: 21/05/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



RELATÓRIO DESCRITIVO DA PATENTE DE INVENÇÃO.***“PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE NA FABRICAÇÃO DE PELOTAS SIDERÚRGICAS”.***

5

CAMPO DA INVENÇÃO

O presente pedido de patente refere-se ao processo de utilização de resíduos de mármore gerados no processo de desdobramento dos blocos nos teares, também chamado de serragem ou corte dos blocos, na fabricação de pelotas a serem usadas na fabricação de ferro-gusa em altos-fornos. Mais precisamente trata-se da utilização do resíduo em substituição preferencialmente ao calcário dolomítico, mas podendo também substituir o calcário calcítico, na fabricação de pelotas para serem usadas no alto-forno, na fabricação de ferro-gusa.

15 O resíduo será adicionado normalmente ao processo de fabricação de pelotas em substituição total ou parcial do calcário dolomítico ou calcítico. Os resíduos de mármore utilizados são preferencialmente os gerados no desdobramento dos blocos de mármore nos teares, podendo também serem utilizados os resíduos gerados na extração dos blocos, produção de seixos, ou qualquer outro resíduo de mármore gerado, preferencialmente cuja granulometria seja menor que 0,15 mm, que é a granulometria ideal para o processo de pelotização.

25 Resíduos com granulometria superior a 15 mm também poderão ser usados, porém necessitam de passarem anteriormente por uma etapa de moagem para que sua granulometria seja reduzida para 100% abaixo de 0,15 mm. Depois de calculada a proporção de resíduo a ser adicionada na mistura a ser pelotizada, o processo será realizado da maneira como é feito com a utilização das matérias primas convencionais, não necessitando de nenhuma alteração em função da substituição do calcário dolomítico ou calcítico pelo mármore. Esta substituição pode ser feita parcialmente, ou até em 100%. A mistura seguirá então as etapas normais do processo de pelotização e poderá ser usada então nos altos-fornos para a produção de ferro-gusa.

30

ESTADO DA TÉCNICA

É conhecido que a utilização de pelotas em altos-fornos melhora a produtividade dos mesmos. A pelletização é um processo de aglomeração que através do processamento térmico converte a fração ultrafina gerada no beneficiamento de minério de ferro (abaixo de 0,149 mm) em esferas de tamanhos na faixa de 8 a 18 mm, com características apropriadas para alimentação das unidades de Essas esferas, denominadas pelotas, são obtidas pelo rolamento (em tambores, cones ou discos) de óxidos de ferro ricos, finamente moídos e umedecidos e depois submetidos à queima, a temperaturas entre 1250-1320o C.

Para comercialização das pelotas é necessário dotá-las de propriedades físicas e metalúrgicas. Destacam-se aqui as propriedades de resistência à quedas, à compressão e à abrasão, basicidade binária (CaO/SiO₂) e redutibilidade. Para tanto, são utilizadas na pelletização matérias-primas que auxiliam o processo de aglomeração (aglomerantes) e modificam a composição química das pelotas, principalmente seus constituintes formados (aditivos). Além dos aglomerantes e aditivos, o carvão (antracito) é utilizado no processo como fonte alternativa de energia. Os principais aditivos utilizados atualmente nos processos de pelletização convencional e detalhados em sequência são bentonita, calcário calcítico, calcário dolomítico, cal hidratada e o antracito já mencionado.

A adição da bentonita (e demais aglomerantes) tem como objetivo principal auxiliar o processo de formação das pelotas, dotando-as da resistência física necessária. É o único aditivo que exerce apenas o papel de aglomerante e apresenta capacidade de aglomeração 5 a 6 vezes maior que a cal.

A principal utilização do calcário na pelletização, é como fundente, através do fornecimento de CaO e MgO a carga, conforme as reações de calcinação descritas em sequência:

- Calcário Calcítico, $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$
- Calcário Dolomítico, $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CaO} + \text{CO}_2$.

Nesses processos, os óxidos básicos dos fundentes reagem com as impurezas contidas no minério de ferro (principalmente SiO₂ e Al₂O₃) formando compostos de

baixo ponto de fusão, como silicatos (CaO.SiO_2 e MgO.SiO_2) e aluminatos ($\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$ e $\text{MgO.Al}_2\text{O}_3$).

5 O calcário calcítico é utilizado principalmente na produção de pelotas para alto forno e o dolomítico na produção para alto forno com alta sílica e para redução direta, pois neste último caso se faz necessário maior teor de MgO.

A cal hidratada, é obtida a partir da hidratação do óxido de cálcio (CaO), que é proveniente da calcinação do calcário em temperaturas na faixa de 900 a 1300 $^{\circ}\text{C}$. A cal é utilizada nos processos de pelotização na forma hidratada, pois a reação de hidratação $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ apresenta aumento substancial de volume, devendo ser evitada sua ocorrência durante a formação das pelotas. A cal hidratada é uma das 10 matérias-primas que no processo de pelotização pode exercer simultaneamente os papéis de aglomerante e aditivo. Como aditivo, a cal possui na fase de queima a função de neutralizar quimicamente a ganga ácida existente no minério (SiO_2 e Al_2O_3 principalmente), vindo a compor a escória no processo de fabricação do ferro gusa no 15 alto forno.

A combinação do CaO com os óxidos de silício e alumínio resulta em silicatos (CaO.SiO_2) e aluminatos ($\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$), que têm um ponto de fusão muito mais baixo que seus óxidos de origem, da ordem de 1200 -1400 $^{\circ}\text{C}$. A cal, como aglomerante, apresenta a vantagem em relação à bentonita de menor custo.

20 A utilização de antracito no processo de pelotização tem o objetivo de gerar energia necessária as reações que ocorrem no processo. Devido ao fato de ser um combustível sólido contido no interior das pelotas, o mesmo gera uma queima interna com grandes resultados qualitativos, possibilitando assim, um incremento significativo na capacidade de produção dos fornos de pelotização. O carvão é usualmente 25 adicionado na fase de homogeneização.

O processo de politização consiste em série de etapas físicas e químicas que podem ser sintetizadas como mostrado a seguir:

- Moagem;
- espessamento;
- 30 • homogeneização;
- filtragem,
- prensagem;

- adição de aglomerantes e fundentes;
- pelotamento e queima.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

5

A adição do resíduo de mármore será feito na mesma etapa que é adicionado o calcário dolomítico ou calcítico, que é na etapa da adição de aglomerantes e fundentes.

Entretanto na fabricação destas pelotas além do minério de ferro, que é a matéria prima principal, são usados principalmente; calcário, que é formado por CaCO_3 , e
10 MgCO_3 (como fonte de CaO e MgO) e cal hidratada em diferentes proporções dependendo do tipo de pelota a ser fabricada. Estas matérias primas são extraídas da natureza e submetidas a tratamentos como moagem e hidratação no caso da cal, antes de serem usadas no processo.

É interessante ressaltar que o estado do Espírito Santo é o maior produtor do
15 mundo de pelotas tendo em seu território duas das principais produtoras de pelotas do mundo, VALE e SAMARCO, que produziram respectivamente 50 milhões e 1,94 milhões de toneladas /ano de pelotas de minério de ferro em 2010. Isto corresponde a 750 mil toneladas de calcário, uma vez que este insumo é usado em média na quantidade de 1,25% da massa total das matéria primas usadas na fabricação de pelotas

20

VANTAGENS DA INVENÇÃO

Portanto, a presente invenção apresenta uma alternativa para substituição do calcário dolomítico pelo resíduo de mármore na produção de pelotas de interesse siderúrgico, objetivando a diminuição da extração de calcário, no estado do Espírito
25 Santo, e, conseqüentemente, a preservação do meio ambiente.

Considerando a produção brasileira de rochas ornamentais de 2010, que foi de 7,8 milhões de toneladas, e que os mármore correspondem a 20% dessa produção, tivemos um total de 1,56 milhões de toneladas de mármore produzidos no Brasil (ABIROCHAS, 2009). Considerando ainda que a taxa de geração de resíduos nas
30 instalações de mármore é de cerca de 30%, chega-se a uma quantidade de 468 mil toneladas de resíduos de mármore gerados em 2010. Este total de resíduo poderia então

ser aproveitado na fabricação de pelotas, uma vez que o consumo de calcário dolomítico pelas empresas produtoras é de 750 mil toneladas de calcário

Mármore são rochas cristalinas carbonatadas, subdivididas em dois tipos: calcíticas – formadas por CaCO_3 – e dolomíticas, constituídas por CaCO_3 e MgCO_3 , que se diferem da dolomita por possuírem estrutura cristalina, quando a última é amorfa(8,9). Possui uma ampla faixa de composição química que varia de acordo com a região de ocorrência e até mesmo do lugar em uma mesma jazida. A tabela 1 mostra a faixa de composição dos mármore.

10 **Tabela 1 . Faixa de composição química dos mármore.**

Composição	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Perda ao Fogo
Peso(%)	49,8-38,0	3,6-13,6	0,2	0,06	0,01	44,6

Considerando a produção brasileira de rochas ornamentais de 2010, que foi de 7,8 milhões de toneladas, e que os mármore correspondem a 20% dessa produção, tivemos um total de 1,56 milhões de toneladas de mármore produzidos no Brasil (ABIROCHAS, 2009). Considerando ainda que a taxa de geração de resíduos nas instalações de mármore é de cerca de 30%, chega-se a uma quantidade de 468 mil toneladas de resíduos de mármore gerados em 2010.

A presente invenção está baseada em testes realizados pelos seus autores, que realizaram a caracterização química, física e das propriedades das pelotas fabricadas de acordo com as normas e padrões pertinentes, com resíduo de mármore em substituição do calcário dolomítico. Os resultados destes testes são apresentados a seguir.

Foi feita uma análise granulométrica do resíduo seguindo a norma NBR 7217/87. A tabela 2 mostra o resultado desta análise.

Peneiras (mm)	Peso (gramas)	% em peso
>1,2	0,000	0,000
1,2	0,5052	0,05052
0,6	1,1241	0,1124
0,3	4,827	0,48273
0.15	4,594	0,4594

0,075	3,5	0,35
0,045	969,35	96,9

Tabela 2: Análise Granulométrica do resíduo de mármore cortado com fio adiamantado.

O valor da granulometria do resíduo de mármore apresentou valor melhor que o esperado para aplicação na pelotização, pois 96,9% apresentou-se na granulometria <0,045 mm o que é ideal para formação da pelota.

A composição química do resíduo de mármore foi determinada por fluorescência de Raios X em dois laboratórios é apresentada na tabela 3 .

Composto	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO
%	3,2	8,6	56	25	0,41

Tabela 3: Análise química do resíduo de mármore proveniente do corte com fio adiamantado.

Pela tabela 3, nota-se que o resíduo de mármore cortado com fio adiamantado apresentou 56% de CaO e 25% de MgO. Portanto, pode-se dizer que o resíduo de mármore proveniente do corte com fio diamantado possui potencial para ser utilizado na indústria de pelotização.

As pelotas feitas foram submetidas a ensaios de resistência à compressão, seguindo a norma NBR 4700. Este resultados são mostrados na tabela 4.

Parâmetro	Valor
Numero de pelotas utilizadas no ensaio	100
Média das resistências encontradas	290 kgf
Desvio padrão	50 kgf
Resistência máxima encontrada	350 kgf
Resistência mínima encontrada	35 kgf
% de Pelotas com resistência menor ou igual a 250Kgf	0,4
% de Pelotas com resistência menor ou igual a 100Kgf	0,28
% de Pelotas com resistência menor ou igual a 78Kgf	0,015

Tabela 4: Resultado do ensaio de resistência à compressão das pelotas queimadas.

O teste de compressão médio das pelotas foi satisfatório, pois estas tiveram uma resistência à compressão por volta de 290 kgf. Este resultado mostra a viabilidade

técnica da utilização do resíduo, já que para as pelotas serem utilizadas em alto forno tem que apresentar um limite inferior de resistência à compressão que é de 290 kgf.

Pelos testes pode-se concluir que o resíduo proveniente do corte de mármore pode ser utilizado na fabricação das pelotas de minério de ferro como fonte de CaO e MgO em substituição ao calcário, preferencialmente o dolomítico, cuja composição química apresenta maior semelhança com a do resíduo quando comparado ao calcário calcítico, principalmente em relação aos teores de MgO encontrados.

O objetivo da presente invenção é a utilização de resíduos de mármore gerados no processo de desdobramento dos blocos nos teares, também chamado de serragem ou corte dos blocos, na fabricação de pelotas a serem usadas na fabricação de ferro-gusa em altos-fornos. Mais precisamente trata-se da utilização do resíduo em substituição preferencialmente ao calcário dolomítico, mas podendo também substituir o calcário calcítico, na fabricação de pelotas para serem usadas no alto-forno, na fabricação de ferro-gusa.

Resultado tão relevante quanto à importância financeira, é a importância ambiental que estará contribuindo para que os resíduos deixem de ser descartado no meio ambiente, e que calcário deixe de ser retirado da natureza.

Tais problemas serão solucionados de acordo com a presente invenção com a substituição do calcário dolomítico usado no processo de fabricação de pelotas siderúrgica pelo resíduo de mármore. O resíduo será adicionado da mesma forma e na mesma etapa que o calcário dolomítico.

Para melhor compreensão do processo de utilização de resíduos de mármore gerados no processo de desdobramento dos blocos nos teares, também chamado de serragem ou corte dos blocos, na fabricação de pelotas a serem usadas na fabricação de ferro-gusa em altos-fornos de acordo com a requerida patente, fazem-se referências à seguinte figura anexa:

FIGURA 1: Fluxograma de todo processo de fabricação de pelotas, seguindo uma linha contínua de produção, desde a saída dos resíduos do local de armazenamento, até o depósito final das pelotas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O fluxo operacional do processo de utilização de resíduos de mármore gerados no processo de desdobramento dos blocos nos teares, também chamado de serragem ou corte dos blocos, na fabricação de pelotas a serem usadas na fabricação de ferro-gusa em altos-fornos, de acordo com a FIGURA 1, é compreendido por: moagem do minério de ferro (1); espessamento da polpa de minério de ferro (2); homogeneização da polpa de minério (3) juntamente com a adição de carvão moído (4); filtragem da polpa de minério de ferro (5); prensagem da polpa de minério de ferro (6); adição do resíduo (7) e aditivos (8) no misturador (9); fabricação das pelotas no disco pelletizador (10); queima das pelotas (11); peneiramento das pelotas (12).

O processo proposto na presente invenção segue a seguinte sequência: primeiramente, o minério de ferro é moído em moinhos de bolas a úmido (1) e então encaminhado para o seu espessamento para diminuição do teor de água em hidrociclones e espessadores de tanque (2). Este material vai então para os tanques de homogeneização (3); onde ocorre a adição de carvão moído (4), e segue então para filtros de disco para diminuir a umidade para no máximo 9% (5). A seguir o material segue para prensas de rolos para acertar a granulometria em 100% abaixo de 0,15 mm (6). Após esta etapa o resíduo de mármore é adicionado (7) juntamente com os aditivos (8) no misturador horizontal de paletas (9). Depois então a mistura de minério de ferro, aditivos e resíduo de mármore é encaminhada para o disco pelletizador para a confecção das pelotas (10); e depois para sua queima em fornos de grelha móvel preferencialmente (11), mas podendo também ser usado forno rotativo, e finalmente peneirada (12). Após este processo, as pelotas são armazenadas na pilha de pelotas, e encaminhadas para serem utilizadas nos altos-fornos para fabricação de ferro-gusa.

REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE NA FABRICAÇÃO DE PELOTAS SIDERÚRGICAS, **caracterizado pela** substituição total ou parcial, preferencialmente do calcário dolomítico pelo resíduo de mármore gerado no processo de desdobramento dos blocos nos teares com fio diamantado; pelo processo produtivo **compreender** as seguintes etapas: moagem do minério de ferro (1); espessamento da polpa de minério de ferro (2); homogeneização da polpa de minério (3); juntamente com a adição de carvão moído (4); filtragem da polpa de minério de ferro (5); prensagem da polpa de minério de ferro (6), até a obtenção de umidade máxima de 9% em peso; adição do resíduo de mármore (7), na proporção de 1,1% em peso dada a condição do uso de cal hidratada, a referida cal hidratada pode ser substituída em até 100% pelo resíduo de mármore, chegando o resíduo de mármore até a proporção de 3,9% em peso e granulometria máxima de 0,15 mm, sendo necessária a moagem do resíduo de mármore com granulometria superior a 0,15 mm até que chegue a este valor de referência; e aditivos (8); no misturador horizontal de paletas (9); fabricação das pelotas no disco pelletizador (10); queima das pelotas (11); peneiramento das pelotas (12).

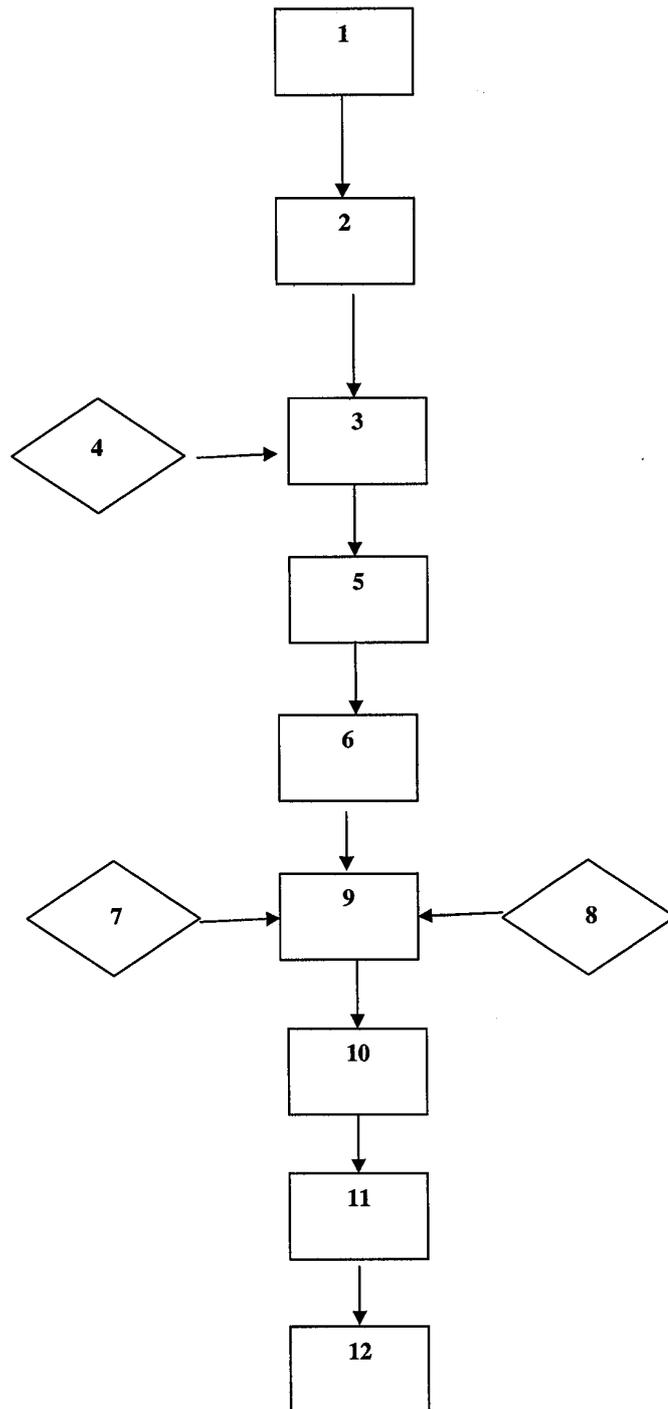


Figura 1