

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

(21) **PI 1004391-8 A2**

(22) Data de Depósito: 18/06/2010
(43) Data da Publicação: 13/03/2012
(RPI 2149)



(51) *Int.Cl.:*
C21C 7/064

(54) Título: DESENVOLVIMENTO DE ESCÓRIA SINTÉTICA SINTERIZADA PARA O CONTROLE DO TEOR DE ENXOFRE DE AÇOS E LIGAS METÁLICAS

(73) Titular(es): Vamtec s/a

(72) Inventor(es): Pedro José Nolasco Sobrinho

(57) Resumo: DESENVOLVIMENTO DE ESCÓRIA SINTÉTICA SINTERIZADA PARA O CONTROLE DO TEOR DE ENXOFRE DE AÇOS E LIGAS METÁLICAS. A escória sintética sinterizada para o controle do teor de enxofre de aços e ligas que precisam manter na liga um determinado teor de enxofre sob controle proporciona melhor controle do teor de enxofre do aço ou liga no processo de fabricação destes materiais. Outros benéficos com a utilização do presente invento foram observados. Com a utilização do produto escória sintética sinterizada, objeto do pedido de patente: - eliminou-se adição de escória no processo através de ponte-rolante, passando a ser adotada a adição via silo devido à estabilidade da cal e demais componentes; - eliminou-se a adição da escória sintética não sinterizada anterior que continha enxofre na sua constituição, uma prática utilizada para minimizar o efeito da dessulfuração do aço durante o refino - não ocorreu a dessulfuração do metal (retirada de enxofre) devido à cal estar quimicamente combinada com outros componentes como o SiO_2 e o Fe_2O_3 , possibilitando melhor, mais fácil controle e estreitamento da faixa do enxofre do aço e economia na adição de ligas à base de enxofre para ajuste fino deste elemento durante a fabricação do aço. Com isso, o tempo para o processamento do aço diminuiu; - reduziu-se em 100% o risco de sucateamento de corridas teor de enxofre fora de faixa durante a fabricação de aço ou liga, devido à estabilidade alcançada para o enxofre durante a produção do aço ou liga. - atingiu-se menor perda de temperatura e menor consumo de gases inertes utilizados na fabricação do aço ou liga, pois quando a escória sintética sinterizada é adicionada junto com a liga, passa-se gás na panela uma única vez e não duas vezes como anteriormente; - os teores de alumínio final no aço GO foram reduzidos devido maior pureza do presente invento, garantindo maior qualidade do aço e liga; - melhor a ajuste da composição química da escória global do processo, permitindo melhor controle da basicidade; - melhor controle do teor de MgO , permitindo menor desgaste do revestimento refratário da panela; - reduziu-se o consumo de ligas a base de enxofre como Fe-S para acerto do teor final de enxofre do aço ou liga; - conseguiu-se o estreitamento da faixa especificada para o elemento enxofre do aço ou liga devido a facilidade e controle proporcionados com a utilização do presente invento. A dita escória sintética sinterizada possui a seguinte especificação química e física: Elemento/Componente - Composição química(% em massa) CaO 20-65 MgO 25(máximo) SiO_2 10 a 50; Al_2O_3 3,5 (máximo); Fe_2O_3 15(máximo) FeO 10(máximo) Enxofre(S) 1(máximo) Carbono(C) 1 (máximo) Especificação física 5 a 100mm - tolerância: 5,0% menor que 5mm e 5,0% maior que 100mm.

DESENVOLVIMENTO DE ESCÓRIA SINTÉTICA SINTERIZADA PARA O CONTROLE DO TEOR DE ENXOFRE DE AÇOS E LIGAS METÁLICAS.

Refere-se a presente patente a uma escória sintética sinterizada, que tem como função estabilizar o teor do elemento enxofre presente no aço ou liga em fabricação evitando assim o descontrole deste elemento durante a fabricação do aço ou liga e proporcionando maior controle do teor de enxofre do aço ou liga, redução das perdas de produção devido a teor de enxofre fora de faixa no aço ou liga, redução no tempo de fabricação do aço ou liga e redução de custos no processo.

Até a utilização do presente invento era realizada a tentativa de se controlar o teor de enxofre no aço ou ligas que requeriam um maior teor de enxofre, como os aços elétricos ao silício de grão orientado com uma escória sintética não sinterizada onde, adicionava-se propositalmente, enxofre à mesma para saturá-la neste elemento e assim tentar evitar que o enxofre do aço ou liga fosse retirado pela escória do processo, levando ao descontrole do enxofre no aço e à necessidade de adicionar uma maior quantidade de ligas à base de enxofre para restabelecimento do teor de enxofre do aço ou liga, que algumas vezes não ocorria, levando ao sucateamento do aço em processamento, devido ao enxofre do aço ou liga estar fora do valor especificado.

Na tentativa de se conseguir deixar o enxofre do aço na faixa especificada gastava-se um maior tempo no processamento do aço ou liga e aumentava-se o custo devido à maior adição de insumos, como as ligas à base de enxofre. Podia também ocorrer perdas da corrida devido ao enxofre estar acima do limite superior especificado, devido à adição de enxofre para acerto, porque, como não se tinha o controle da variação do enxofre e, muitas vezes, era aumentada a quantidade de enxofre do aço para valores acima do limite superior, pois acreditava-se que este teor cairia, devido ao descontrole do processo, o que, muitas vezes, não ocorria e a corrida era sucutada.

Existem vários produtos para proporcionar a retirada do enxofre da liga, uma prática chamada dessulfuração, onde se procura extrair da liga ou aço o máximo de enxofre possível, mas produtos para proporcionar o equilíbrio do

teor de enxofre do aço ou liga, para valores considerados elevados de enxofre, até 1000 ppm(partes por milhão) como o presente invento, não se tem. A literatura também cita produtos para equilíbrio de outros elementos como o alumínio contido no aço e liga.

- 5 O principal problema que existe durante a fabricação de aço sem utilização da presente invenção é a grande dificuldade de manter sob controle o teor de enxofre do aço em processamento porque ocorre a sua dessulfuração(retirada de enxofre). A seguir são relatados outros problemas apresentados sem a utilização do presente invento no processo de fabricação
- 10 de aço ou liga com teor de enxofre acima de 100ppm e que precisa manter estabilizado o enxofre em valores elevados:

- alto índice de corridas sucataadas por enxofre fora da faixa devido à dificuldade para estabilizar este elemento no aço durante o refino e produção do aço silício de grão orientado.

- 15 A dessulfuração ocorria com utilização da escória sintética anterior que possuía CaO livre e tornava muito difícil o controle do teor de enxofre do aço;

- perda de tempo no processo (espera da ponte rolante para apanhar o produto). A escória sintética anterior por possuir cal livre precisava estar acondicionada em big bag, havendo a necessidade de utilização de ponte

20 rolante para adição do big bag na panela de aço. Além disso, havia necessidade de adicionar enxofre ao produto para minimizar as perdas de enxofre do aço na dessulfuração com a escória sintética. O produto não poderia ser enviado para o silo devido à possibilidade de hidratação da cal e heterogeneidade da mistura;

- perda de temperatura na panela (devido demora na adição da escória sintética e a necessidade de muita agitação para homogeneizar o banho). A escória sintética utilizada anteriormente através de big bag por não ser sinterizada, necessitava de maior agitação para sua reação na panela. Devido

25 à forma de adição deste material através de ponte rolante havia maior perda de temperatura da panela(que ficava aguardando muito tempo) e maior tempo

30 para agitação do banho o que elevava também o consumo de gases e a queda de temperatura do banho;

- elevado consumo de gases inertes para agitação do banho, devido ao problema anterior;

- maior teor de alumínio no aço;

5 - maior consumo de ligas Fe-S e fontes de enxofre para acerto do enxofre do aço;

- maior tempo para o processamento e fabricação do aço silício de grão orientado devido à demora para acerto de enxofre do aço;

- maior dificuldade na fabricação do aço para acerto do teor de enxofre;

10 - necessidade de reaquecimento de corridas no forno panela que tiveram perda excessiva de temperatura, implicando em maior consumo de energia elétrica no processo;

- necessidade de colocar a escória sintética não sinterizada em embalagens fechadas e protegidas contra a umidade para evitar o contato do produto com o ar e sua hidratação.

15 Com a utilização do produto escória sintética sinterizada, objeto do pedido de patente:

- eliminou-se adição de escória no processo através de ponte-rolante, passando a ser adotada a adição via silo devido à estabilidade da cal e demais componentes;

20 - eliminou-se a adição da escória sintética não sinterizada anterior que continha enxofre na sua constituição, uma prática utilizada para minimizar o efeito da dessulfuração do aço durante o refino;

- não ocorreu a dessulfuração do metal (retirada de enxofre) devido à cal estar quimicamente combinada com outros componentes como o SiO_2 .

25

e o Fe_2O_3 , possibilitando melhor, mais fácil controle e estreitamento da faixa do enxofre do aço e economia na adição de ligas à base de enxofre para ajuste fino deste elemento durante a fabricação do aço. Com isso, o tempo para o processamento do aço diminui;

- reduziu-se em 100% o risco de sucateamento de corridas teor de enxofre fora de faixa durante a fabricação de aço ou liga, devido à estabilidade alcançada para o enxofre durante a produção do aço ou liga.

5 - atingiu-se menor perda de temperatura e menor consumo de gases inertes utilizados na fabricação do aço ou liga, pois quando a escória sintética sinterizada é adicionada junto com a liga, passa-se gás na panela uma única vez e não duas vezes como anteriormente;

- os teores de alumínio final no aço GO foram reduzidos devido maior pureza do presente invento, garantindo maior qualidade do aço e liga;

10 - melhor a ajuste da composição química da escória global do processo, permitindo melhor controle da basicidade;

- melhor controle do teor de MgO, permitindo menor desgaste do revestimento refratário da panela;

15 - reduziu-se o consumo de ligas a base de enxofre como Fe-S para acerto do teor final de enxofre do aço ou liga;

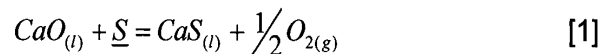
- conseguiu-se o estreitamento da faixa especificada para o elemento enxofre do aço ou liga devido a facilidade e controle proporcionados com a utilização do presente invento;

Sabe-se da teoria básica de dessulfuração que o principal agente
20 dessulfurante é a cal, fornecedora do íon cálcio, Ca^{2+} ao processo para combinar com o enxofre(S) dissolvido no metal(aço, gusa, ligas ferrosas e não-ferrosas) e formar o componente CaS, que é absorvido pela escória do processo. A dessulfuração é realizada na panela ou outro equipamento metalúrgico durante o refino primário e/ou secundário do metal. As principais
25 fontes de CaO são a cal calcítica(CaO), a cal dolomítica(Ca,Mg.(CO₃)₂), o calcário calcítico ou dolomítico, o carbonato de cálcio e magnésio, o carbureto de cálcio(CaC₂), a cal hidratada ou os resíduos destas fontes. Outros materiais utilizados como dessulfurantes são as fontes de magnésio, a fluorita, a barrilha ou carbonato de sódio, a sodalita e ligas fontes de cálcio como o CaSi, que
30 podem ser utilizados juntos ou separados, inclusive com as primeiras fontes de cálcio citadas anteriormente. Para que a dessulfuração ocorra deve-se promover o deslocamento do equilíbrio da reação para a formação do

componente CaS, atuando no sistema(temperatura, pressão, composição química do meio, dentre outros).

Sabe-se também que a dessulfuração é favorecida pelo ambiente redutor, aumento de temperatura do banho, baixo potencial de oxigênio do banho, elevada atividade do CaO ou cálcio, elevada atividade do enxofre no metal, baixa atividade de S na escória.

Através da avaliação termodinâmica do processo de dessulfuração, pode-se verificar e comprovar as condições mais favoráveis para a remoção de enxofre do metal. A equação 1 representa a remoção de enxofre do metal a partir da sua combinação com CaO



No equilíbrio, tem-se:

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln \frac{a_{CaS} \cdot p_{O_2}^{1/2}}{a_{CaO} \cdot h_S} \quad [2]$$

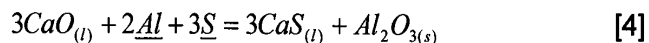
Após tratamento matemático a equação [2] transforma-se:

$$\ln \%S = \frac{\Delta G^{\circ}}{RT} + \ln a_{CaS} - \ln a_{CaO} + \frac{\mu_{O_2}}{2RT} - \ln f_S \quad [3]$$

Pela equação 3, confirma-se que para favorecimento da dessulfuração, deve-se ter:

- menor potencial de oxigênio (μ_{O_2}), ambiente redutor;
- menor atividade do CaS;
- maior atividade do CaO;
- maior temperatura.

A adição de alumínio na escória global do processo proporciona a desoxidação do banho e favorece o processo de dessulfuração do metal. Além disso, a alumina formada no processo fluidiza a escória e melhora suas propriedades. A dessulfuração na panela é um processo muito bem conhecido. A dessulfuração depende da capacidade de sulfeto da escória sintética, da atividade do oxigênio e da quantidade de escória sintética utilizada no tratamento. A reação básica é a seguinte, considerando a participação do alumínio:



Como visto anteriormente, a dessulfuração é favorecida com o aumento da atividade do CaO e, neste caso, equação [4], pelo aumento da atividade do Al também, que desoxida o banho.

As reações apresentadas são caracterizadas pela reação do enxofre com o cálcio produzindo o sulfeto de cálcio. A ocorrência das reações acima pode ser comprovada no processo de dessulfuração com as análises químicas do metal e da escória gerada. Para o caso da utilização do agente dessulfurante sem alumínio, o oxigênio geralmente é consumido pelo carbono do processo gerando o gás, CO (monóxido de carbono) que se oxida ("queima-se") na superfície do banho. Com a utilização do alumínio, haverá a formação de Al_2O_3 (alumina) que será preferencialmente incorporada na escória global do processo.

A cinética do processo de dessulfuração é favorecida pela agitação do banho. A dessulfuração é controlada pela transferência de massa da fase líquida.

A viscosidade e a temperatura *liquidus* da escória podem ser levantadas, com certa aproximação, através de diagramas ternários. A temperatura *liquidus* da escória deve ser ligeiramente inferior à temperatura de tratamento do aço líquido para que as reações envolvendo escória-metal iniciem-se mais rapidamente.

Para minimizar o desgaste do refratário da panela durante refino com escória sintética adiciona-se MgO na escória sintética para saturá-la e preservar o refratário da panela, geralmente composto de MgO na linha de escória. A presente invenção pode utilizar até 25% de MgO na composição do produto.

A presente invenção tem por finalidade básica estabilizar o enxofre do aço ou liga metálica. Como observado acima, para dessulfurar o elemento cálcio precisa estar livre e ativo, por isso, buscou-se na presente invenção uma forma de diminuir ao máximo o seu poder dessulfurante combinando o CaO

presente, quimicamente, com outros óxidos para a formação de compostos estáveis na temperatura de tratamento do aço de forma a impedir a dessulfuração do aço e a favorecer a estabilidade do enxofre no aço. Escolheu-se o processo de sinterização devido à necessidade de temperatura para que

5 as reações químicas entre o CaO e os óxidos de ferro, Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO , sílica, SiO_2 , alumina Al_2O_3 e/ou MgO ocorressem e por ser o processo com utilização de temperatura não tão caro como os processos que utilizam outros tipos de fornos.

A combinação química entre o CaO e óxidos como SiO_2 e Fe_2O_3 pode

10 ser realizada em vários tipos de fornos, mas o custo do produto final poderá ser inviável se o processo não for bem escolhido. Combinando-se quimicamente o CaO do produto com outros óxidos e mantidas as demais condições do processo sob controle como temperatura e pressão, tem-se a garantia da não dessulfuração do aço ou metal por este novo produto, escória sintética

15 sinterizada, que se solicita a patente.

O ajuste da composição química da escória sintética sinterizada objeto da presente patente, através da combinação entre CaO com óxidos para formação dos compostos (Ca_2SiO_4), ($\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$), dentre outros foi realizado com sucesso após a realização de 60 testes preliminares em um sinterizador-

20 piloto, 120 testes sistemáticos em sinterizador industrial e mais 32 testes sistemáticos na aciaria da empresa AMIB no período de janeiro a novembro de 2009, antes da aprovação da escória sintética sinterizada e comprovação de sua eficácia, atestada pela compra e utilização do produto desde a sua concepção.

Não há relatos na literatura de escórias sintéticas sinterizadas não dessulfurantes à base de CaO como é o presente invento, ou seja, o presente produto(escória sintética sinterizada) objeto deste pedido de patente, utilizado para manter sob controle o teor de enxofre do metal, por não dessulfurá-lo, devido às ligações químicas entre o CaO e outros óxidos como o SiO_2 e o

25

30 Fe_2O_3 é inédito e de eficácia comprovada na aciaria industrial.

Com o objetivo de solucionar tais inconvenientes, desenvolveu-se a presente invenção, através da qual o equilíbrio do teor de enxofre de aços e

ligas é conseguido durante a fabricação do aço ou liga com elevados de enxofre, substituindo algumas adições realizadas no processo atual pela presente invenção(escória sintética sinterizada), onde combinou-se quimicamente o CaO contido e necessário no processo com outros óxidos como óxidos de silício e ferro para dificultar a combinação do cálcio com o enxofre, combinação esta responsável pelo descontrole do enxofre da liga, proporcionando, assim, na fabricação do aço ou liga um excelente controle do teor de enxofre, maior acurácia do teor de enxofre no aço ou liga no processo de fabricação, eliminação do risco de sucateamento do aço devido a enxofre fora de faixa nos dois limites superior e inferior, redução do tempo de fabricação da liga e redução do consumo de ligas à base de enxofre.

O presente invento é uma escória sintética sinterizada de elevada resistência mecânica, que não necessita de embalagem para ser enviada ou armazenada na empresa e poderá ser enviada para silos subterrâneo ou aéreos das empresas, não ocupando áreas em almoxarifados. É um produto de composição química e física homogênea e não absorve umidade. Por isso também possui maior durabilidade e prazo de validade. Estas propriedades resultam no total controle de enxofre do aço e liga e proporcionam os benefícios supra-citados.

A fabricação da escória sintética objeto da presente patente, inicia-se com a separação das matérias-primas para o preparo da mistura a ser sinterizada. As matérias-primas para a fabricação do produto podem ser quaisquer fonte de CaO, como a cal calcítica, a cal dolomítica, o calcário, os finos destes materiais e resíduos gerados nestes processos(finos); qualquer fonte de SiO₂ como a sílica, a areia ou o quartzo e seus finos e resíduos; qualquer fonte de Al₂O₃ como a bauxita, as aluminas calcinadas, as aluminas eletrofundidas ou tijolos refratários aluminosos e seus finos e resíduos; qualquer fonte de MgO como a cal dolomítica, o carbonato de magnésio, a magnesita, o sinter de MgO, seus finos e resíduos; fonte de ferro como carepa, minério de ferro, limalhas, seus finos e resíduos; combustível sólido-fonte de carbono fixo como o carvão vegetal ou mineral, o coque metalúrgico, o coque de petróleo, o coque breeze, o coque de breu, e/ou os finos e resíduos destes

combustíveis. Os resíduos dos materiais podem ser utilizados desde que não contêm contaminantes que afetem a especificação do produto final, como fósforo, zinco e titânio. A pureza das matérias-primas e resíduos utilizados para o preparo do presente produto que se solicita a patente pode variar, desde que a especificação do produto final esteja dentro do projetado e especificado. Esta confirmação deve ser realizada através de análises químicas das matérias-primas e do produto. A granulometria das matérias-primas pode variar de 0 a 30mm. As matérias-primas podem estar na forma de pós ou grânulos ou mistura de ambos.

10 Após a separação das matérias-primas em suas quantidades pré-estabelecidas em função da composição do produto a ser sinterizado, determinada com o cálculo da composição química dos materiais que compõem a mistura na fabricação do produto a mistura é homogeneizada em misturadores ou homogenizadores, preferencialmente, com paletas, podendo
15 ser tipo betoneira, duplo sigma, orbital, planetário, giratório, horizontal, vertical, tubular ou cilíndrico. Objetiva-se nesta etapa a homogenização dos vários componentes da mistura a ser sinterizada. Se houver necessidade de formar micro pelotas com as partículas da mistura, água deverá ser adicionada na mistura dos componentes no sistema de mistura em quantidades de até 25%
20 em massa da mistura seca. Combustível sólido também é adicionado na mistura até a quantidade de até 20% em massa. O processo de mistura/homogenização tem duração de 3 a 5 minutos.

Decorrido este tempo a mistura é enviada para o processo de sinterização contínuo ou em batelada onde o produto será fabricado.
25 Considerando o processo em batelada, no forno de sinterização é dada ignição à mistura, que, então, é submetida a temperatura de até 1500° C, pressão na mistura de até 1500mm coluna d'água, durante um tempo de até 2h. Ao final obtém-se o produto sinterizado, que se pede a patente. A escória sintética sinterizada na forma bruta é enviada para a adequação da sua granulometria ,
30 que varia de 0 a 100mm. O ajuste de granulometria é realizado em britadores de mandíbulas ou fragmentadores de síter ou outro processo mecânico, que possa cominuir o produto bruto. A classificação é realizada em sistemas de

peneiras vibratórias ou não. O processo de britagem, moagem e classificação pode ser realizado a seco ou a úmido. Depois de adequada a granulometria do produto o mesmo é enviado para baías ou silos armazenadores de produto e estará disponível para envio ao cliente para utilização na fabricação de aços ou

5 ligas que necessitem do controle do teor de enxofre em patamares de 100 a 1000ppm. Refere-se a presente invenção a um produto sinterizado fabricado em forno de sinterização que opera em processo contínuo ou batelada, onde a mistura de materiais colocada no interior do forno juntamente com combustível é submetida a temperaturas superiores a 500° C, durante um período de

10 tempo. A grande vantagem do produto objeto do pedido de patente é que ele não dessulfura a liga metálica que esteja sendo produzida e proporciona maior e melhor controle do teor de enxofre do aço ou liga. Com isso, os ganhos na produção de aços e ligas são vários, principalmente na economia e na qualidade do aço final produzido com utilizada da presente invenção. O referido

15 produto foi testado na fabricação de aço silício de grão orientado na aciaria da empresa ArcelorMittal Inox Brasil(AMIB) com excelente resultados. Antes da utilização de presente produto o controle do enxofre do aço era muito difícil de ser realizado e, às vezes, a falta de controle deste elemento no aço chegava a ponto de proporcionar a perda de corridas. A nova escória sintética sinterizada

20 não somente eliminou a chance de se perder corridas como proporcionou várias melhorias no processo. O diferencial do novo produto é o fato dele não dessulfurar. Para isso a combinação química do componente CaO, presente na escória sintética, fez-se necessária com outros componentes da mistura como SiO₂, Fe₂O₃ para formar novos compostos estáveis e dificultar a liberação do

25 cálcio para a dessulfuração. No entanto, esta combinação química do CaO é realizada em processo que submeta os materiais a temperatura acima de 500°, como o processo de sinterização. A sinterização do produto pode ser contínua, tipo *Dwight-Lloyd* ou em bateladas, tipo *Greenwalt*, mas em qualquer processo de sinterização o produto pode ser fabricado. Na maioria destes processos as

30 grelhas situadas na parte interior são conectadas a um sistema que faz com que ar passe através da mistura que se pretende sinterizar após a ignição da carga(parte superior, geralmente). O calor do sistema é fornecido pela reação

do combustível adicionado à mistura e o oxigênio presente no sistema, principalmente proveniente do ar que passa pela mistura. Caso a temperatura no forno de sinterização se eleve muito, principalmente do meio da carga para o fundo poderá haver a formação de produto pré-fundido ou fundido. Por isso, a

5 escória sintética, objeto desta patente poderá ser também ser fabricada em fornos que proporcionam à mistura de materiais temperaturas superiores a 1000°C como os fornos de indução, os fornos a plasma ou outros fornos ou processos de sinterização. Preferencialmente o produto deverá ser fabricado na forma sinterizada em sistema contínuo ou bateladas, podendo ser fabricado

10 em processo artesanais ou sofisticados de sinterização, bastando que a mistura atinja as temperaturas mínimas para sinterizar, pré-fundir ou fundir as partículas de materiais que compõem a mistura, pois a sinterização é o processo mais econômico que os outros processos que utilizam temperaturas acima de 1000° C na fabricação de produtos.

15 O processo de produção da escória sintética sinterizada, que se solicita a patente, inicia-se com o cálculo das quantidades das matérias-primas a serem utilizadas na mistura para a sinterização, com base na composição química estabelecida para a escória sintética sinterizada. Das matérias-primas que se

20 encontram em silos ou big bags são retiradas as massas para a composição da massa a ser homogenizada no sistema de mistura, com ou sem dosagem de água. Depois de homogenizadas a mistura a sinterizar é enviada para a unidade de sinterização industrial onde alimenta o forno. Após ignição inicia-se a sinterização da mistura. Decorrido o tempo necessário para sinterização e

25 resfriamento inicial do sinter, este é descarregado e enviado para baias de resfriamento, permanecendo tempo suficiente para que o produto tenha condições de ser manipulado sem riscos de queima para as pessoas e equipamentos. Então o síter bruto é enviado para a unidade de britagem primária e secundária, se necessária para adequação do tamanho do síter. Na

30 seqüência o síter britado é enviado para a unidade de classificação para separação das frações abaixo de 5mm e acima de 60mm. A fração abaixo de 5 mm é enviada para o setor de matérias-primas para ser acondicionada e

retornar para a mistura de sinter inicial. A fração acima de 60mm retorna ao britador primário para diminuição da granulometria e a fração intermediária de 5 a 60mm é embalada na saída do sistema de classificação e enviada ao setor de produto acabado para aguardar expedição. A seguir detalhamento de etapas importantes para fabricação do invento que se solicita a patente. Um diagrama esquemático do processo produtivo da nova escória sintética sinterizada é mostrado no diagrama anexo.

1 – Cálculo dos teores de CaO , SiO_2 , MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , C e S e seleção de matérias-primas.

Estas quantidades são calculadas com base nas informações do processo de fabricação do aço. Após definição da formulação as matérias-primas fontes são separadas para fabricação da mistura. A granulometria das matérias-primas utilizadas variou de 0 a 20mm.

2 – Homogenização das matérias-primas

Os materiais são misturados em misturadores/homogenizadores, preferencialmente com paletas tipo Eirich, duplo sigma, orbital, planetário, ou giratório, podendo ser também horizontal ou vertical ou tubular, ou betoneira. Tempo de mistura: 2 minutos. Objetiva-se a homogenização dos componentes e formação de micro pelotas com as partículas da mistura e para isso, água pode ser adicionada durante a mistura dos componentes em quantidades até 25% em massa da mistura seca. Combustível sólido é adicionado na mistura até a quantidade de 20% em massa. O término do processo de mistura é definido pelo operador com base na sua experiência para conseguir melhor homogenização e maior formação de micropelotas da mistura. O processo de mistura tem duração de 5 minutos.

3 – Sinterização da mistura homogeneizada

A mistura homogeneizada alimenta o sistema de sinterização onde será transformada em sinter após ser submetida a temperaturas de até 1500°C durante o tempo de até 2h. Dependendo da permeabilidade da mistura, teor de combustível, vazão de gases e depressão do sistema o produto pode ser transformado em uma escória sintética pré-fundida ou até fundida devido maior temperatura na mistura. Por isso é que se pode fabricar a escória sintética objeto desta patente em outros processos que submetam a mistura de materiais a temperatura elevada, com ou sem combustível para a formação de fases entre o CaO e outros óxidos como o SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, ou MgO. Gases são liberados durante este processo. Geralmente são CO, CO₂, H₂O e O₂ devido às reações do carbono com oxigênio e aquecimento da mistura a sinterizar que possui água superficial e de cristalização e voláteis. O forno piloto de sinterização utilizado para o desenvolvimento deste invento é equipado com termopares para controle de temperatura, vacuômetros para medida da pressão do sistema e medidor de vazão para cálculo da quantidade de ar que passa através da carga durante a fabricação do produto. O equipamento possui aberturas para controle de entrada de ar falso no sistema para simulação de diferentes vazões e controle da frente de reação da mistura. Um ciclone foi colocado no sistema para retenção de partículas de granulometria fina. O sistema de sinterização utilizado para o desenvolvimento do presente invento encontra-se no Centro de Pesquisa da Vamtec S/A.

4- Adequação da granulometria da escória sintética sinterizada

Após a produção da escória sintética sinterizada ela necessita de adequação da sua granulometria para se transformar em produto e ser utilizada no processo de fabricação de aço na aciaria. Tamanho de sinter fora da especificação significa perda de material e/ou aumento do tempo de processamento do aço. O sinter que sai do forno pode conter material com até 500mm de espessura. Na transferência do sinterizado para as baias de resfriamento o tamanho é reduzido para no máximo 300mm. No sistema de britagem o material é reduzido para 100mm e enviado ao peneiramento onde o sinter é classificado para atender a faixa granulométrica de 5 a 60mm. O que estiver abaixo de 5mm é enviado para armazenamento e será utilizado na nova

mistura, evitando a geração de resíduo no processo e a fração de síter superior a 60mm retorna ao britador para nova britagem. A classificação é realizada em sistemas de peneiras vibratórias ou não. O processo de britagem, moagem e classificação pode ser realizado a seco ou a úmido. Depois de

5 adequada a granulometria do produto o mesmo é enviado para baias ou silos armazenadores de produto ou mesmo ser embalado para envio ao cliente. Devido às suas excelentes propriedades físicas a escória sintética sinterizada, que se solicita a patente poderá ser armazenada em silos, podendo também

10 absorver umidade. A figura 1 descreve em linhas gerais as etapas do processo de fabricação da escória sintética sinterizada objeto do presente pedido de patente. A tabela 2 apresenta a especificação química da escória sintética sinterizada(invento).

15

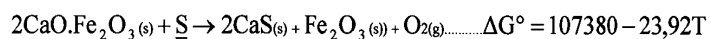
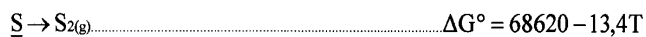
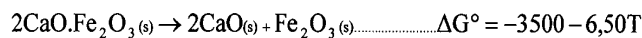
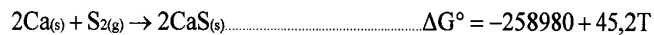
Tabela 2 – Composição química da escória sintética sinterizada Vamflux RGO-SI.

Elemento/Componente	Composição química(% em massa)
CaO	20 a 65
MgO	25 máximo
SiO ₂	10 a 50
Al ₂ O ₃	3,5 máximo
Fe ₂ O ₃	15 máximo
FeO	10 máximo
Enxofre - S	1 máximo
Carbono - C	1 máximo

20

A especificação física da escória sintética sinterizada é:

5 a 100mm – tolerância: 5,0% menor que 5mm e 5,0% maior que 100mm.



Análise termodinâmica do processo utilizando a escoria sintética sinterizada

5

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

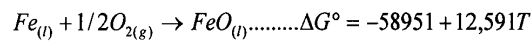
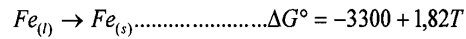
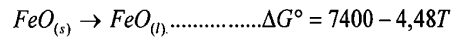
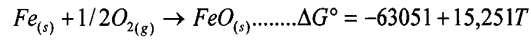
$$\Delta G = 107380 - 23,92T + RT \ln \left(\frac{a(\text{CaS})^2 \times a\text{Fe}_2\text{O}_3 \times P_{\text{O}_2}}{h_s \times a(2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)} \right)$$

Fonte: Dados termodinâmicos para metalurgistas (Carvalho-1977)

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

$$\Delta G = 123480 - 16,50T + RT \ln \left(\frac{a.(\text{CaS})^2 \times a.\text{Fe}_2\text{O}_3 \times P_{\text{O}_2}}{hS \times a.(2\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3)} \right)$$

Cálculo do P_{O_2} (equilíbrio Fe/FeO)



$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

$$\Delta G = 0 \text{ Equilíbrio, então } \Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K$$

$$0 = \Delta G^\circ + RT \ln \left(\frac{a_{\text{FeO}}}{a_{\text{Fe}} \times P_{\text{O}_2}^{1/2}} \right)$$

onde :

$$a_{\text{FeO}} = 0,3 \text{ (Fonte : Slag atlas - 1995)}$$

$$a_{\text{Fe}} = 1$$

$$0 = -58951 + 12,591T + 1,9872 \times 1873 \times \ln \left(\frac{0,3}{1 \times P_{\text{O}_2}^{1/2}} \right)$$

$$P_{\text{O}_2} = 4,99 \times 10^{-3} \text{ atm.}$$

Considerando então:

$$a_{\text{CaS}} = 1$$

$$a_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,3 \text{ (Fonte Slag Atlas - 1995)}$$

$$a(2\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1$$

$$P_{\text{O}_2} = 4,99 \times 10^{-3} \text{ atm.}$$

5

$$hS = fS \times \%S$$

$$\log fS = e_s^s \times \%S$$

$$\log fS = -0,014$$

$$fS = 0,96827$$

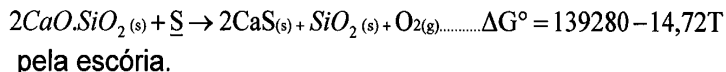
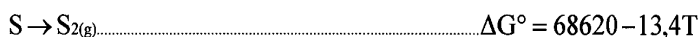
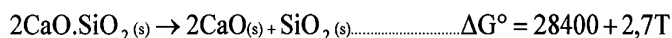
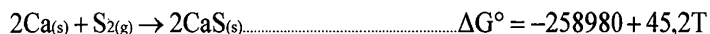
$$hS = fS \times \%S$$

$$hS = 0,048$$

$$\Delta G = 107380 - 23,92 \times 1873 + 1,9872 \times 1873 \times \ln\left(\frac{0,3 \times 4,99 \times 10^{-3}}{0,048}\right)$$

$$\Delta G = 49670,83 \text{ cal/mol.}$$

Como $\Delta G > 0$, a reação nas condições acima estabelecidas não ocorre no sentido indicado, determinando assim que não ocorrerá dessulfuração do aço



5

Fonte: Dados termodinâmicos para metalurgistas (Carvalho-1977) e
Physical Chemistry of High Temperature Technology TURKDOGAN (1980).

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

$$\Delta G = 139280 - 13,4 + RT \ln \left(\frac{a(\text{CaS})^2 \times a\text{SiO}_2 \times P_{\text{O}_2}}{h\text{S} \times a(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)} \right)$$

Onde :

$a\text{SiO}_2$ = atividade raoultiana do SiO_2

$a\text{CaS}$ = atividade raoultiana do CaS

10 $a2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ = atividade raoultiana do $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

P_{O_2} = Pressão parcial do O_2 no equilíbrio

$h\text{S}$ = atividade henriana do S

Considerando então:

$$a\text{CaS} = 1$$

$$a\text{SiO}_2 = 0,0011 \text{ (Fonte Dados Termodinamicos)}$$

$$a(2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) = 1$$

$$P_{\text{O}_2} = 4,99 \times 10^{-3}$$

$$h\text{S} = 0,048$$

$$\Delta G = 139280 - 13,4 \times 1873 + 1,9872 \times 1873 \times \ln\left(\frac{0,0011 \times 4,99 \times 10^{-3}}{0,048}\right)$$

$$\Delta G = 80399,91 \text{ cal/mol.}$$

A estabilidade da escória desenvolvida pode ser explicada pela análise do sinal de ΔG (energia livre de Gibbs) na análise termodinâmica acima onde o sinal positivo indica que a reação não é espontânea no sentido indicado. Como $\Delta G > 0$, a reação nas condições acima estabelecidas não ocorre no sentido indicado, ou seja, não ocorrerá a dessulfuração do aço com utilização da escória sintética sinterizada.

Para a escória sintética comum onde o componente CaO está livre o valor de ΔG é negativo, indicando que a dessulfuração do aço é favorecida, o que dificultava o controle do teor de enxofre do aço. Por isso, no presente invento foi necessário trabalhar com a utilização da maior temperatura na formação de fases quimicamente combinadas com CaO. Esta combinação proporciona também maior resistência mecânica do produto e maior resistência à absorção de umidade permitindo que a escória sintética sinterizada pudesse ser enviada para silo, dispensando a utilização de embalagens especiais como os big bags e plásticos.

Para que não ocorresse desgaste do refratário da panela (a base de MgO) na linha de escória durante a produção de aço na aciaria, o MgO foi adicionado à escória sintética sinterizada até 25%, conforme pode ser observada na tabela 1. Para comprovação que esta adição foi capaz de evitar o desgaste do refratário da panela foram realizadas diversas análises no processo industrial na aciaria da empresa AMIB durante produção e refino de aço silício de grão orientado GO. A tabela 1 mostra os resultados.

Como forma de medir o desgaste do tijolo refratário das panelas foi adotado o cálculo do teor de MgO adicionado na panela comparado com os teores de MgO nas escórias retiradas no forno panela antes do lingotamento contínuo. Como pode ser observado na tabela 1, não houve aumento significativo do teor de MgO na escória de panela, caracterizando assim que a nova escória sintética sinterizada não provocou desgaste da panela.

5 Tabela 1 - Resultado de análise de MgO da escória gerada no processo de fabricação de aço GO com utilização da escória sintética sinterizada.

Composição química do MgO(% em massa)			
Inicial	Final		
	Valor mínimo	Valor médio	Valor máximo
17,5	16,7	17,1	17,6
18,0	17,3	17,5	17,6
18,8	17,7	18,5	19,5
18,8	16,2	17,9	19,2

10 A escória sintética sinterizada, a qual se solicita patente, foi testada industrialmente na aciaria da empresa ArcelorMittal Inox Brasil-AMIB na produção do aço silício de grão orientado GO em 33 corridas, representando a utilização de cerca de 28.000 kg(28 toneladas) da escória sintética sinterizada para produção de cerca de 2.640.000 kg(2.640 toneladas) de aço silício de grão orientado na aciaria da AMIB com excelentes resultados no processo.

15 Após os 33 testes oficiais e devido aos excelentes resultados alcançados o invento passou a ser consumido regularmente pela siderúrgica AMIB. Do final dos teste até a presente data(março/10) cerca de 250t de escória sintética sinterizada(invento) foram utilizadas na produção de aproximadamente 25.000 toneladas de aço silício de grão orientado melhorando a qualidade deste tipo de aço.

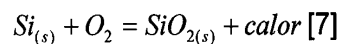
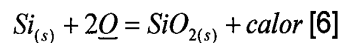
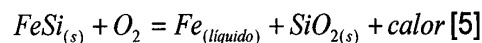
O fluxo da escória sintética sinterizada(invento) na ArcelorMittal Inox Brasil é o seguinte:

1 – a escória sintética sinterizada produzida na empresa Vamtec chega no almoxarifado onde é armazenada ou pode ser diretamente descarregada no sistema de recebimento de ligas para envio para o silo de abastecimento.

2 – quando solicitada na quantidade definida para refino do aço silício de grão orientado GO é transferida do silo para um vaso de espera onde fica junto com liga à base de silício também na quantidade pré-estabelecida para aquela corrida.

3 – esta mistura entre a escória sinterizada e fonte de silício é adicionada na panela de aço desta forma para que o calor gerado na oxidação do silício adicionado facilite a fusão da escória sintética sinterizada, reduzindo o tempo de tratamento, o consumo dos gases e as perdas térmicas da panela.

As equações a seguir representam as reações que ocorrem no banho quando se adiciona liga ferro-silício(equações 4 e 5) ou silício metálico(equações 6 e 7) em aço, ferro-ligas, gusa ou ligas metálicas, onde parte do silício oxida-se e produz calor para o sistema. O fato de haver na reação liberação de calor para o processo e conseqüente aumento de temperatura do banho na adição de fontes de silício durante o refino de aços e ligas motivou a adição conjunta da escória sintética sinterizada com ligas à base de silício.



30 Foram realizadas análises químicas do aço silício GO(grão orientado) produzido na AMIB nos experimentos preliminares e sistemáticos com o

presente invento para comparação com os resultados obtidos com a escória sintética anterior.

Foram adotadas faixas otimizadas para os elementos analisados.

- 5 Para o enxofre, a escória sintética sinterizada, trouxe uma maior estabilidade ao processo e permitiu o estreitamento da faixa deste elemento. Desta forma o novo invento cumpre a principal função para a qual foi desenvolvido, estabilizar o enxofre do aço, permitir estreitamento da faixa e acabar com sucateamento de corridas devido teor de enxofre fora da faixa, o que pode ser observado nas
- 10 figura1. A combinação química entre o CaO e outros óxidos na escória sintética sinterizada(Fe_2O_3 , SiO_2) permitiu eliminar a adição de enxofre na escória sintética, devido à característica não dessulfurantes dos novos compostos($2\text{CaO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$ e $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$) à base de CaO presentes na escória sinterizada.

15

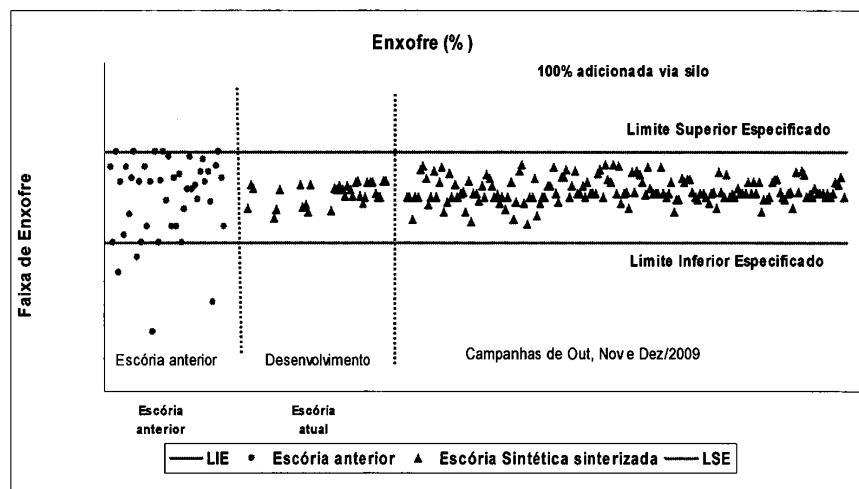
Quando comparadas as duas escórias sintéticas, figura 1, é possível verificar a dificuldade encontrada pela escória anterior para garantir o atendimento à especificação do teor de enxofre final no aço. Ela possui cal livre na sua constituição que proporcionava a desulfuração e, por isso, maiores dificuldades

20 para manter o equilíbrio do enxofre do aço.

Pode-se verificar na figura 1, a ocorrência de quatro corridas abaixo da faixa mínima especificada, o que levou ao sucateamento(perda) destas corridas, que representaram cerca de 320t de aço. Outras quatro corridas estavam com o enxofre na faixa mínima.

25

30

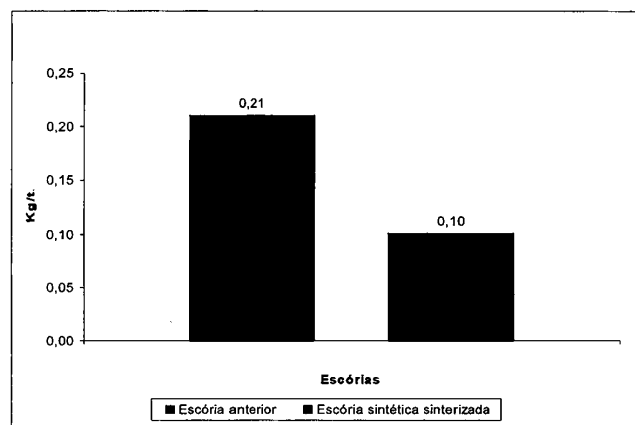


5

10 Figura 1 – Comparação entre o teor de enxofre do aço utilizando a escória anterior e a escória sintética sinterizada(invento).

Como consequência de um melhor controle da faixa de enxofre, houve uma redução em cerca de 50% do consumo de enxofre usado para ajuste da
15 composição química final do aço no Forno Panela, como pode ser verificado na figura 2.

20



25

30 Figura 2 - Consumo de liga Fe-S no Forno Panela antes e após a utilização da nova escória sintética sinterizada.

Para o alumínio, os resultados foram melhorando a partir do ajuste da escória (ver figura 3). Experiências durante a produção do aço GO na ArcelorMittal Inox Brasil na fase forno panela, tem revelado que a redução do teor de Al no aço esta diretamente ligada à redução do teor de Al_2O_3 na escória. Assim, foi ajustado o teor de Al_2O_3 na escória através da substituição das matérias primas comuns, por matérias primas mais nobres. O teor de Al_2O_3 da escória foi reduzido para 100% entre 0 e 1,8%, sendo 90% inferior a 1,0%. Quando comparamos os resultados de corridas produzidas com a escória anterior é possível perceber uma melhora no resultado, ver figura 3.

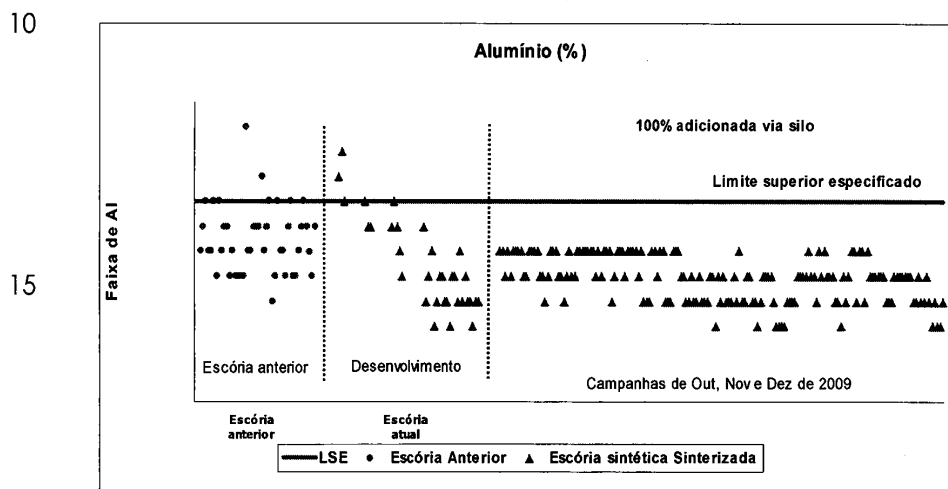


Figura 3 – Teor de alumínio final no aço com utilização da escória anterior e a atual, mostrando os benefícios da utilização da nova escória sintética sinterizada.

Com esta soma de resultados positivos a qualidade final do aço silício grão orientado produzido na AMIB foi melhorada com a utilização do presente invento e conseguiu-se produzir uma maior quantidade deste aço com maior pureza na sua classificação interna.

REIVINDICAÇÕES

1. ESCÓRIA SINTÉTICA PARA REFINO DE AÇOS E LIGAS METÁLICAS PARA ESTABILIDADE DO ENXOFRE DO METAL E PRODUÇÃO DE AÇOS, METAIS E LIGAS METÁLICAS DE MAIOR PUREZA.

- 5 Escória sintética fabricada por qualquer método cujo CaO contido esteja quimicamente combinado com óxidos de ferro (FeO , Fe_3O_4 e/ou Fe_2O_3), óxido de silício (SiO_2) e/ou MgO , fabricado com utilização de aquecimento das matérias-primas para proporcionar as reações químicas necessárias para a combinação entre os óxidos e formando fases como os compostos
- 10 ($\text{Ca}_2\text{SiO}_4 = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) e ($\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5 = 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), podendo haver outros secundários, utilizada na produção de aços como aço silício de grão orientado, aço silício de grão hiper-orientado, aços forjados, aços ferramenta, aços alta liga, ferro ligas de todos os tipos e ligas, além do ferro gusa para controle do teor de enxofre, redução do teor de hidrogênio do metal, formação rápida de
- 15 escória, redução do tempo de refino do metal, ajuste da basicidade da escória do processo e/ou redução dos teores dos elementos alumínio e titânio no metal.

- A escória sintética foi desenvolvida com a finalidade de manter o enxofre do
- 20 metal que esteja sendo produzido sob controle, permitindo melhor ajuste na composição do metal, para melhorar as propriedades da escória global do processo e facilitar a operação de refino. O presente invento foi obtido através do processo de sinterização e caracteriza-se por reagir rapidamente quando adicionado no aço ou liga, gerando uma escória líquida e homogênea,
- 25 reduzindo as perdas térmicas e elétricas, a quantidade de gases injetados na panela, a quantidade de ligas à base de enxofre e o tempo de processamento e refino do aço ou liga durante seu refino. A sua capacidade de promover um melhor controle do enxofre do metal líquido deve-se ao fato do componente CaO presente no produto sinterizado estar quimicamente combinado com os
- 30 componentes SiO_2 e Fe_2O_3 nas formas, (Ca_2SiO_4) e ($\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$), o que reduz drasticamente a capacidade de dessulfuração do produto, facilitando o controle do teor de enxofre do aço, mesmo com basicidade considerada favorável à

dessulfuração. Por estar na forma sinterizada, o produto contém um grau de porosidade que aumenta a superfície de contato do produto e acelera as reações com o metal líquido, reduzindo o tempo de fusão da escória na panela e de processamento do metal. O produto sinterizado, também chamado de

5 escória sintética sinterizada foi projetado para uma temperatura *liquidus* inferior a 1400 C. Possui baixíssima capacidade para reter ou absorver umidade, baixos teores de água livre e combinada, o que permite afirmar que a presente invenção também contribui para a redução do teor de hidrogênio do metal. Sua resistência mecânica é suficiente para não gerar finos no seu manuseio,

10 transporte e utilização através de silo e não necessita de embalagem especial, podendo ser armazenado ou colocado diretamente em silos ou baias. Devido a homogeneidade de composição química do produto sinterizado o controle do teor de enxofre do aço ou da liga metálica fundida e do processo de refino é facilitado para o atendimento da especificação final do aço ou liga que esteja

15 sendo fabricada na aciaria ou na fundição. O produto sinterizado possui a seguinte composição química e física:

Elemento/Componente	Composição química(% em massa)
CaO	20 a 65
MgO	25(máximo)
SiO ₂	10 a 50
Al ₂ O ₃	3,5 (máximo)
Fe ₂ O ₃	15 (máximo)
FeO	10 (máximo)
Enxofre - S	1 (máximo)
Carbono - C	1 (máximo)

Especificação física

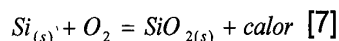
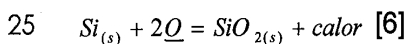
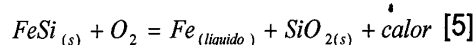
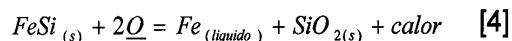
20 5 a 100mm – tolerância: 5,0% menor que 5mm e 5,0% maior que 100mm.

2. FORMA DE UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA SINTÉTICA SINTERIZADA DURANTE A PRODUÇÃO E REFINO DE AÇOS COMO O AÇO SILÍCIO DE GRÃO ORIENTADO(GO), METAIS E LIGAS METÁLICAS EM ACIARIAS, FUNDIÇÕES E FÁBRICAS DE FABRICAÇÃO DE GUSA E FERRO-LIGAS

- 5 Reinvidica-se a forma de utilização do invento(escória sintética sinterizada) no processo de fabricação do aço, metais ou ligas, citada na reinvidicação 1, para potencializar os benefícios do produto, que deve ser em conjunto com ligas ou metais, que em contato com o banho proporcionem aumento de temperatura do mesmo devido à ocorrência das reações exotérmicas(aquelas que liberam
- 10 calor para o sistema) como a liga ferro-silício e o silício metálico. Com esta ação, ou seja, adicionar a escória sintética juntamente com ligas ou metais que na adição geram calor ao banho, antes das demais adições na panela a fusão da escória sintética será mais rápida e proporcionará a redução do tempo de processamento do aço, a redução do tempo e da quantidade de gases inertes
- 15 injetados no sistema para homogenização.

As equações a seguir representam as reações que ocorrem no banho quando se adiciona liga ferro-silício(equações 4 e 5) ou silício metálico(equações 6 e 7) em aço, ferro-ligas, gusa ou ligas metálicas, onde parte do silício oxida-se e produz calor para o sistema. O fato de haver na reação liberação de calor para

20 o processo e conseqüente aumento de temperatura do banho na adição de fontes de silício durante o refino de aços e ligas motivou a adição conjunta da escória sintética sinterizada com ligas à base de silício.



3. ESCÓRIA SINTÉTICA SINTERIZADA À BASE DE CaO e SiO₂ PARA REFINO DE AÇOS ELÉTRICOS DE GRÃO ORIENTADO(GO) PARA ESTABILIDADE DO TEOR DE ENXOFRE DO AÇO.

- 30 Reinvidica-se o produto escória sintética fabricada no processo de sinterização, à base de CaO e SiO₂ para utilização no processo de fabricação de aços,

especialmente, aços elétricos de grão orientado. A escória sintética sinterizada poderá conter MgO, Fe₂O₃, FeO, Fe₃O₄ ou Al₂O₃ na sua composição, dentro da composição química, a seguir:

	Elemento/Componente	Composição química(% em massa)
5	CaO	20-65
	MgO	25(máximo)
	SiO ₂	10 a 50
	Al ₂ O ₃	3,5(máximo)
	Fe ₂ O ₃	15(máximo)
10	FeO	10(máximo)
	Enxofre(S)	1(máximo)
	Carbono(C)	1(máximo)

Especificação física

5 a 100mm – tolerância: 5,0% menor que 5mm e 5,0% maior que 100mm.

- 15 A escória sintética sinterizada é utilizada para refino do aço, sendo adicionada diretamente no aço em processamento.

RESUMO

DESENVOLVIMENTO DE ESCÓRIA SINTÉTICA SINTERIZADA PARA O CONTROLE DO TEOR DE ENXOFRE DE AÇOS E LIGAS METÁLICAS.

5 A escória sintética sinterizada para o controle do teor de enxofre de aços e ligas que precisam manter na liga um determinado teor de enxofre sob controle proporciona melhor controle do teor de enxofre do aço ou liga no processo de fabricação destes materiais. Outros benéficos com a utilização do presente invento foram observados.

10 Com a utilização do produto escória sintética sinterizada, objeto do pedido de patente:

- eliminou-se adição de escória no processo através de ponte-rolante, passando a ser adotada a adição via silo devido à estabilidade da cal e demais componentes;

15 - eliminou-se a adição da escória sintética não sinterizada anterior que continha enxofre na sua constituição, uma prática utilizada para minimizar o efeito da dessulfuração do aço durante o refino;

- não ocorreu a dessulfuração do metal (retirada de enxofre) devido à cal estar quimicamente combinada com outros componentes como o SiO_2 e o Fe_2O_3 , possibilitando melhor, mais fácil controle e estreitamento da faixa do enxofre do aço e economia na adição de ligas à base de enxofre para ajuste fino deste elemento durante a fabricação do aço. Com isso, o tempo para o processamento do aço diminui;

20 - reduziu-se em 100% o risco de sucateamento de corridas teor de enxofre fora de faixa durante a fabricação de aço ou liga, devido à estabilidade alcançada para o enxofre durante a produção do aço ou liga.

- atingiu-se menor perda de temperatura e menor consumo de gases inertes utilizados na fabricação do aço ou liga, pois quando a escória sintética sinterizada é adicionada junto com a liga, passa-se gás na panela uma única vez e não duas vezes como anteriormente;

30 - os teores de alumínio final no aço GO foram reduzidos devido maior pureza do presente invento, garantindo maior qualidade do aço e liga;

- melhor a ajuste da composição química da escória global do processo, permitindo melhor controle da basicidade;

- melhor controle do teor de MgO, permitindo menor desgaste do revestimento refratário da panela;

5 - reduziu-se o consumo de ligas a base de enxofre como Fe-S para acerto do teor final de enxofre do aço ou liga;

- conseguiu-se o estreitamento da faixa especificada para o elemento enxofre do aço ou liga devido a facilidade e controle proporcionados com a utilização do presente invento.

10 A dita escória sintética sinterizada possui a seguinte especificação química e física:

Elemento/Componente	Composição química(% em massa)
CaO	20-65
MgO	25(máximo)
15 SiO ₂	10 a 50
Al ₂ O ₃	3,5(máximo)
Fe ₂ O ₃	15(máximo)
FeO	10(máximo)
Enxofre(S)	1(máximo)
20 CarbonoC	1(máximo)

Especificação física

5 a 100mm – tolerância: 5,0% menor que 5mm e 5,0% maior que 100mm.