



INPI
INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0708359-9

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: PI 0708359-9

(22) Data do Depósito: 26/02/2007

(43) Data da Publicação do Pedido: 07/09/2007

(51) Classificação Internacional: C21C 1/02; C21C 5/36

(30) Prioridade Unionista: JP 2006-052362 de 28/02/2006

(54) Título: MÉTODO PARA DESFOSFORAÇÃO DE METAL QUENTE

(73) Titular: JFE STEEL CORPORATION. Endereço: 2-3, Uchisaiwaicho 2-chome Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, JAPÃO(JP)

(72) Inventor: AKIHIKO INOUE; YUICHI UCHIDA; SHOTARO FUJIKI; YASUO KISHIMOTO

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 02/10/2018, observadas as condições legais

Expedida em: 02/10/2018

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA DESFOSFORAÇÃO DE METAL QUENTE"**.

Campo Técnico

[001] A presente invenção refere-se a um método para desfosforação de um metal quente, a desfosforação servindo como pré-tratamento do metal quente.

Antecedentes da Técnica

[002] Um processo de pré-tratamento de metal quente incluindo a execução da desfosforação no estágio de metal quente tem sido amplamente empregado em lugar de um processo conversor conhecido. Isto é porque uma menor temperatura de refino promove termodinamicamente uma reação de desfosforação (naturalmente, há o limite inferior da temperatura na qual a desfosforação pode ser executada), de forma que a desfosforação possa ser executada com uma menor quantidade de agente de refino.

[003] O pré-tratamento do metal quente inclui a adição de uma fonte de oxigênio sólido tal como óxido de ferro ao metal quente, executando a dessiliconização, removendo a escória produzida durante a dessiliconização, adicionando-se um agente de refino (um agente de desfosforação e um fundente), e executando-se a desfosforação. Como agente de refino para a desfosforação, um agente de refino à base de CaO tal como cal é geralmente usado. Como fonte de oxigênio, uma fonte de oxigênio sólido (por exemplo, óxido de ferro) ou oxigênio gasoso é geralmente usado. Em relação aos recipientes para o tratamento, são usados um carro torpedo, uma panela (panela de carga), e um recipiente tipo conversor.

[004] Em uma desfosforação de metal quente conhecida, para facilitar a fusão do agente de refino à base de CaO, a adição de CaF₂ (fluorita) foi amplamente executada. Em anos recentes, entretanto, o nível de controle da quantidade de F extraído da escória tendeu a ser

reforçada pelo ponto de vista de proteção ambiental. Isto requer uma redução na quantidade de CaF_2 usada ou uma operação na qual o CaF_2 não é usado (operação isenta de F).

[005] É importante que a operação isenta de F facilite a fusão do CaO para manter a eficiência da desfosforação. Para executar suficientemente a fusão do CaO, é comum executar-se a operação a uma basicidade da escória relativamente baixa (baixa operação C/S) (por exemplo, a Publicação do Pedido de Patente da Patente japonesa não-examinada Nº 9-143529). A desfosforação a uma temperatura mais baixa é termodinamicamente vantajosa. Assim, a operação incluindo a desfosforação a uma temperatura relativamente baixa foi conduzida para aumentar a eficiência da desfosforação (por exemplo, Publicação do Pedido de Patente da Patente japonesa não-examinada Nºs 2000-8112 e 2002-309312).

Descrição da Invenção

(Problemas a serem resolvidos pela Invenção)

[006] A baixa operação C/S (ou baixa operação C/S a baixa temperatura de desfosforação), entretanto, tem uma limitação de um aumento na taxa de desfosforação dentro de um período de desfosforação limitado. Mesmo se a taxa de desfosforação for aumentada até certo ponto, a baixa operação C/S tem o problema de uma diminuição no rendimento de Mn da etapa de desfosforação devido a um aumento no teor de MnO da escória. Em qualquer caso, portanto, a operação conhecida isenta de F tem incompatibilidades entre:

- (a) fornecer uma alta taxa de desfosforação ao facilitar a fusão de CaO e
- (b) alcançar um alto rendimento de Mn.

[007] A compatibilidade entre (a) e (b), entretanto, não afeta apenas a desfosforação do metal quente, mas é muito importante para o alcance de um alto rendimento total de Mn incluindo a etapa de des-

carbonetação. Em outras palavras, no caso onde um aço fundido tendo um teor de Mn relativamente alto é produzido através das etapas de desfosforação e descarbonetação, o minério de Mn é carregado na etapa de descarbonetação, e o minério de Mn é reduzido para aumentar o teor de Mn do aço fundido. O alcance do item (a) precedente resulta em uma redução na carga de desfosforação na etapa de descarbonetação, de forma que o sopro para descarbonetação possa ser executado com uma pequena quantidade de escória, facilitando assim um aumento no teor de Mn do aço fundido devido à redução do minério de Mn. Além disso, o alcance do item (b) resulta em um aumento no teor de Mn do aço fundido para um nível predeterminado na etapa de descarbonetação com uma pequena quantidade de minério de Mn adicionado. Assim, é possível aumentar efetivamente o rendimento total do Mn de toda a operação de refino.

[008] Na Publicação do Pedido de Patente da Patente japonesa não-examinada nº 9-143529, apesar da baixa operação C/S, quando um pó é fornecido por sopro por baixo, um rendimento de Mn relativamente satisfatório é obtido. Embora tentativas de quantificar a energia mista do sopro de pó não tenham um sucesso completo, por exemplo, a energia mista do sopro de pó é conhecida empiricamente como sendo muito maior que aquela do sopro de apenas um gás. Assim, é especulado que o efeito descrito no documento de patente é atribuído à forte energia mista do pó injetado pelo sopro por baixo. No documento de patente, o rendimento de Mn é muito baixo (Tabela 1 no documento de patente).

[009] Para fornecer o pó por sopro por baixo, entretanto, são necessários equipamentos especiais. Além disso, o sopro do pó provoca um desgaste significativo da ventaneira. A substituição da ventaneira requer o desligamento do conversor. Quando o conversor é frequentemente desligado, a operação é muito antieconômica.

[0010] Conseqüentemente, é um objetivo da presente invenção fornecer um método para desfosforação eficiente de um metal quente pela promoção de uma reação de desfosforação a baixo custo de equipamento enquanto se alcança um alto rendimento de Mn, em particular, fornecer um método para desfosforação de um metal quente com uma quantidade minimizada de uma fonte de F adicionada ou sem a adição de uma fonte de F.

[Meios para Solucionar os Problemas]

[0011] Os inventores conduziram estudos das condições ótimas de desfosforação que superaram os problemas precedentes e descobriram que quando a desfosforação é executada sob as condições nas quais a basicidade da escória tendo um valor relativamente alto está em uma faixa específica após a desfosforação, a temperatura do metal quente está a um nível predeterminado ou mais no final da desfosforação, e o teor de Fe na escória é adequadamente alto após a desfosforação, a reação de desfosforação é promovida enquanto um alto rendimento de Mn é obtido, resultando em uma eficiente desfosforação do metal quente. Em relação às condições da desfosforação do metal quente, acredita-se geralmente que

- (i) um aumento na basicidade da escória provoca problemas de aumento no custo devido ao aumento na quantidade de agente de refino (CaO) adicionado e de fusão insuficiente do agente de refino.
- (ii) um aumento na temperatura durante a desfosforação provoca problemas de uma diminuição na eficiência da desfosforação e de desgaste dos refratários do forno, e
- (iii) um aumento no teor de ferro da escória provoca problemas de uma diminuição no rendimento do ferro e similares.

[0012] Os inventores descobriram as seguintes vantagens imprevisíveis por combinações intencionais dessas condições operacionalmente indesejáveis.

[0013] Essas descobertas resultaram no término da presente invenção. A essência da presente invenção está descrita abaixo.

- (1) Um método para desfosforação de um metal quente inclui a adição de uma fonte de oxigênio e de um agente de refino composto principalmente de uma fonte de CaO a um metal quente e a execução da desfosforação enquanto a escória está sendo formada, na qual pelo menos no final da desfosforação a basicidade ($\%CaO/\%SiO_2$) da escória é maior que 2,2 e 3,5 ou menos, o teor de Fe da escória está na faixa de 10 a 30 por cento em massa, e na qual a temperatura do metal quente é 1.320°C ou maior no final da desfosforação.
- (2) No método para desfosforação de um metal quente descrito no item (1), pelo menos no final da desfosforação a basicidade da escória ($\%CaO/\%SiO_2$) é de mais de 2,2 e 3,0 ou menos.
- (3) No método para desfosforação de um metal quente descrito no item (1) ou (2), a temperatura do metal quente está na faixa de 1.320°C a 1.400°C no final da desfosforação.
- (4) No método para desfosforação de um metal quente descrito em qualquer um dos itens (1) a (3), o teor de Fe da escória está na faixa de 15 a 25 por cento em massa pelo menos no final da desfosforação.
- (5) No método para desfosforação de um metal quente descrito em qualquer um dos itens (1) a (4), pelo me-

nos um material selecionado entre fontes de óxido de titânio e fontes de Al_2O_3 é usado como parte do agente de refino.

- (6) No método para desfosforação de um metal quente descrito no item (5), o (pelo menos um) material selecionado entre fontes de óxido de titânio e fontes de Al_2O_3 é adicionado de tal forma que o teor total de óxido de titânio (em termos de TiO_2) e Al_2O_3 na escória desfosforada está na faixa de 3 a 15% em massa.
- (7) No método para desfosforação de um metal quente descrito em qualquer um dos itens (1) a (6), o teor de F da escória é de 0,2 por cento em massa ou menos.
- (8) No método para desfosforação de um metal quente descrito em qualquer um dos itens (1) a (7), o metal quente é submetido à desfosforação de forma a ter um teor de P igual a ou menor que um valor necessário para o aço bruto (valor de especificação para componentes do aço).

Breve Descrição dos Desenhos

[0014] A figura 1 é um gráfico mostrando a relação entre a basicidade da escória C/S (eixo horizontal) e a taxa de desfosforação (%) (eixo vertical) após a desfosforação.

[0015] A figura 2 é um gráfico mostrando a relação entre a basicidade da escória C/S (eixo horizontal) e o rendimento de Mn (%) (eixo vertical).

[0016] A figura 3 é um gráfico mostrando a relação entre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de um metal quente no final da desfosforação (eixo horizontal) e a taxa de desfosforação (%) (eixo vertical).

[0017] A figura 4 é um gráfico mostrando a relação entre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de um metal quente no final da desfosforação (eixo horizon-

tal) e o rendimento de Mn (%) (eixo vertical).

[0018] A figura 5 é um gráfico mostrando a relação entre o teor de Fe (% em massa) da escória (eixo horizontal) e a taxa de desfosforação (%) (eixo vertical) após a desfosforação.

[0019] A figura 6 é um gráfico mostrando a relação entre o teor de Fe (% em massa) da escória (eixo horizontal) e o rendimento de Mn (%) (eixo vertical) após a desfosforação.

Melhor Forma para Realização da Invenção

[0020] De acordo com a presente invenção, um método para desfosforação de um metal quente inclui a adição de uma fonte de oxigênio e de um agente de refino composto principalmente de uma fonte de CaO para o metal quente na qual, após a desfosforação, a basicidade ($=\%CaO/\%SiO_2$, razão de massa, o mesmo se aplica doravante) da escória é de mais de 2,2 e 3,5 ou menos, e o teor de Fe da escória está na faixa de 10 a 30 por cento em massa, e na qual a temperatura do metal quente é de 1.320°C ou maior no final da desfosforação. A maioria da escória é formada durante a desfosforação. Alternativamente, parte da escória a partir de uma carga prévia pode ser usada.

[0021] Na presente invenção, a otimização das três condições, isto é, a basicidade da escória e o teor de Fe após a desfosforação e a temperatura do metal quente no final da desfosforação resulta em um alto rendimento de Mn e alta eficiência da desfosforação na desfosforação do metal quente devido aos efeitos (I) a (III) descritos abaixo.

- (I) Uma maior basicidade e uma maior temperatura de desfosforação resultam em uma maior resistência à oxidação do Mn no metal quente. Assim, a basicidade da escória é ajustada em um valor relativamente alto (mais de 2,2), e a desfosforação é executada a uma alta temperatura de 1.320°C ou maior, de forma que um alto rendimento de Mn é obtido.

- (II) A desfosforação a uma alta temperatura facilita a fusão do CaO. Isto aumenta o efeito da basicidade aumentada da escória na melhoria no progresso da reação de desfosforação. Além disso, um aumento no teor de Fe da escória resulta na compensação para uma diminuição na eficiência da desfosforação devido à desfosforação a uma alta temperatura desvantajosa para a desfosforação. Assim, é obtida uma alta eficiência de desfosforação. Note que do ponto de vista da termodinâmica, uma maior basicidade da escória e uma maior temperatura de desfosforação (temperatura do metal quente) são responsáveis para reduzir o teor de FeO na escória. Assim, o teor de Fe é difícil de ser aumentado. Entretanto, uma operação especial descrita abaixo é executada sob as condições de uma alta basicidade da escória e uma alta temperatura de desfosforação para aumentar efetivamente o teor de Fe, fornecendo assim uma alta eficiência de desfosforação.
- (III) Um maior teor de Fe da escória aumenta o potencial de oxigênio da escória, o que é desvantajoso para o rendimento de Mn. Entretanto, a predominância do efeito descrito no item (I) resulta em um alto rendimento do Mn.

[0022] A razão porque as condições são especificadas pela composição da escória após a desfosforação e pela temperatura no final da desfosforação é como segue: Na desfosforação, seus valores no final da desfosforação são valores objetivados. Assim, a reação de desfosforação deve prosseguir sob condições próximas àquelas do final da desfosforação pelo menos nas últimas etapas da desfosfora-

ção.

[0023] As condições de desfosforação da presente invenção serão descritas abaixo em detalhes.

<Esboço da Desfosforação e Principais Materiais de Alimentação>

[0024] Na presente invenção, uma fonte de oxigênio e um agente de refino composto principalmente de uma fonte de CaO são adicionados a um metal quente, e então a desfosforação é executada. O termo "fonte de CaO" definido aqui representa um material auxiliar contendo CaO ou um composto de Ca (por exemplo, CaCO_3 , Ca(OH)_2 , ou CaMgO_2) capazes de formar CaO. Como fonte de CaO, cal virgem é tipicamente usada. Outros exemplos incluem calcário, cal extinta, dolomita, e escória usada (escória de conversor, escória de lingotamento contínuo, escória da fabricação de lingotes). A frase "agente de refino composto principalmente de uma fonte de CaO" representa um agente de refino contendo 40% em peso ou mais da fonte de CaO em termos de CaO.

[0025] Outros componentes que constituem o agente de refino serão descritos em detalhes abaixo.

[0026] O agente de refino pode ser alimentado em um metal quente por qualquer operação, por exemplo, carregamento pelo topo, injeção por uma lança de imersão no metal quente, ou sopro através de uma lança de injeção pelo topo. Entre esses, o carregamento pelo topo, o sopro através de uma lança de injeção pelo topo ou uma combinação deles é preferida devido aos baixos danos ao equipamento. Esses métodos podem fornecer efeitos suficientes.

[0027] Como fonte de oxigênio, oxigênio gasoso (gás oxigênio ou um gás contendo oxigênio) e/ou uma fonte de oxigênio sólido (tal como óxido de ferro, por exemplo, minério de ferro, carepa de usina, areia ferruginosa), poeira coletada (poeira contendo ferro coletada dos gases de exaustão de um alto forno, de um conversor, de uma etapa

de sinterização, ou similar) podem ser usados. Oxigênio gasoso pode ser fornecido ao metal quente por um método, por exemplo, injeção pelo topo por uma lança de injeção de oxigênio pelo topo, injeção no metal quente, ou injeção por baixo. A fonte de oxigênio sólido pode ser fornecida ao metal quente por qualquer método, por exemplo, carregamento pelo topo, injeção no metal quente por uma lança de imersão, ou sopro por uma lança de injeção pelo topo. Entre esses, a injeção pelo topo (oxigênio gasoso), o carregamento pelo topo (fonte de oxigênio sólido) sopro por uma lança de injeção pelo topo (fonte de oxigênio sólido), ou qualquer de suas combinações são preferidos devido aos baixos danos aos equipamentos. Esses métodos podem fornecer efeitos suficientes.

[0028] No caso em particular onde a desfosforação é executada com um recipiente do tipo conversor, é comum executar-se a injeção pelo topo de oxigênio gasoso por uma lança de injeção de oxigênio pelo topo e, se necessário, fornecer a fonte de oxigênio sólido pelo método precedente. Além disso, para executar efetivamente a desfosforação, o metal quente é preferivelmente agitado. Em relação à agitação, é tipicamente executada a agitação do gás no qual um gás inerte, gás oxigênio, ou similar é injetado pela lança de imersão ou por um bocal (ventaneira) embutido no fundo do forno.

<Basicidade da Escória>

[0029] Na presente invenção, a desfosforação é executada a uma alta temperatura de 1.320°C (temperatura do metal quente no final da desfosforação) ou maior, e a basicidade da escória é ajustada para mais de 2,2, de forma que um alto rendimento do Mn da etapa de desfosforação seja obtido conforme descrito acima. Além disso, a desfosforação a uma alta temperatura facilita a fusão de CaO. Isto aumenta o efeito da basicidade aumentada da escória na melhoria da eficiência da desfosforação. Entretanto, uma basicidade da escória de mais de

3,5 resulta em um aumento na fase sólida da escória após a desfosforação, diminuindo a reatividade e levando assim a uma desfosforação defeituosa. A basicidade da escória é preferivelmente 3,5 ou menos nesse ponto de vista.

[0030] Pelas razões anteriores, na presente invenção, a basicidade da escória após a desfosforação pe mais que 2,2 e 3,5 ou menos, mais preferivelmente na faixa de 2,5 a 3,0.

[0031] Por exemplo, a experiência a seguir confirma isso.

(Experiência 1)

[0032] Um metal quente de alto forno dessiliconizado foi submetido à desfosforação em um recipiente do tipo conversor (300 t). Nessa desfosforação, a cal virgem, que funciona como agente de desfosforação, é composta principalmente de CaO, e não contém uma fonte de flúor tal como fluorita, foi fornecida no metal quente. Uma fonte de oxigênio sólido composta principalmente de minério de ferro foi fornecida no metal quente enquanto o gás oxigênio foi fornecido a partir de uma lança de injeção de topo. O gás oxigênio (gás oxigênio puro) foi fornecido a 15.000 a 45.000 Nm³/h. O consumo unitário do oxigênio foi ajustado em 12Nm³/t do metal quente, excluindo o oxigênio necessário para dessiliconização. A basicidade da escória C/S foi mudada a faixa de 1,7 a 4,1 pelo ajuste da quantidade de cal virgem adicionada. Além disso, a razão de fornecimento da fonte de oxigênio gasoso e da fonte de oxigênio sólido foi ajustada de tal maneira que a temperatura do metal quente após a desfosforação foi de 1.350°C.

[0033] Nessa desfosforação, a taxa de desfosforação almejada no metal quente foi ajustada em 80% ou mais, e o rendimento de Mn almejado no metal quente foi ajustado para 30% ou mais. A taxa de desfosforação (%) e o rendimento de Mn (%) foram definidos pelas seguintes fórmulas:

(Taxa de desfosforação) = {[teor de P antes da desfosforação) – (teor

de P após a desfosforação)]/(teor de P antes da desfosforação)} x 100
 (rendimento de Mn) = [(teor de Mn após a desfosforação)/(teor de Mn antes da desfosforação)] x 100

[0034] Nas fórmulas acima, os valores de desfosforação e o rendimento não dependem das unidades de teor de P e do teor de Mn. Aqui, o teor de P e o teor de Mn são expressos em porcentagem em massa em relação ao metal quente.

[0035] As figuras 1 e 2 mostram as relações entre a basicidade da escória C/S após a desfosforação expressa no eixo horizontal e a taxa de desfosforação (%) e entre a basicidade da escória e o rendimento de Mn (%). A uma basicidade da escória C/S de 2,2 ou menos, a taxa de desfosforação e o rendimento de Mn estão em baixos níveis. A uma basicidade da escória C/S de mais de 2,2 até 3,5 ou menos, tanto a taxa de desfosforação quanto o rendimento de Mn atingem os valores almejados. A uma basicidade de escória C/S de mais de 3,5, entretanto, a taxa de desfosforação é reduzida. Os resultados demonstram que em particular uma basicidade de escória de mais de 2,2 a 3,0 ou menos resulta em pequenas variações na taxa de desfosforação. Isto é, uma desfosforação estável é executada.

[0036] Também no caso onde foi conduzida uma experiência como na experiência anterior, exceto que o agente de refino composto principalmente de um pó de cal virgem foi soprado pela lança de injeção pelo topo em lugar da carga de topo do agente de refino, a mesma tendência foi observada.

[0037] Exemplos de um meio para controlar a basicidade da escória C/S incluem o controle da quantidade de uma fonte de SiO₂ conhecida alimentada, por exemplo, pedras de sílica ou pedaços de tijolos; a dessiliconização prévia; e meios para ajustar o teor de Si do metal quente pela alimentação de uma liga FeSi, em adição ao controle da quantidade da fonte de CaO alimentada conforme descrito acima.

<Temperatura no Final da Desfosforação>

[0038] Na presente invenção, a desfosforação a alta temperatura na qual a temperatura no final da desfosforação é de 1.320°C ou maior facilita a fusão do CaO. Isto aumenta o efeito da basicidade aumentada da escória na melhoria da eficiência da desfosforação. Além disso, isto resulta em condições nas quais um rendimento satisfatório do Mn é obtido do ponto de vista da termodinâmica. Desse ponto de vista, a temperatura no final da desfosforação é mais preferivelmente 1.350°C ou maior. No caso onde a temperatura no final da desfosforação excede 1.400°C, a condição da temperatura é desvantajosa para a desfosforação. Assim, uma grande quantidade de escória é necessária para compensar isto, levando assim a uma significativa diminuição no rendimento do Mn da etapa de desfosforação subsequente. Tal tendência é particularmente pronunciada a uma temperatura de 1.420°C ou maior no final da desfosforação. Em tal caso, uma enorme quantidade de escória é necessária. Pelas razões precedentes, na presente invenção a temperatura do metal quente é 1.320°C ou maior e preferivelmente 1.350°C ou maior no final da desfosforação. Além disso, o limite superior é preferivelmente 1.400°C.

[0039] Por exemplo, a experiência a seguir confirma isso.

[0040] No caso onde a desfosforação é executada em um recipiente do tipo conversor, geralmente a temperatura no final da desfosforação é freqüentemente medida após o vazamento em uma panela por conveniência dos equipamentos. Também na presente invenção a temperatura é medida após o vazamento em uma panela. Esta temperatura é geralmente cerca de 20°C menor que a medida no recipiente tipo conversor.

(Experiência 2)

[0041] Um metal quente de alto forno dessiliconizado foi submetido à desfosforação em um recipiente do tipo conversor (300 t). Nessa

desfosforação, cal virgem, que funciona como um agente de desfosforação, é composta principalmente de CaO , e não contém uma fonte de flúor tal como fluorita, foi fornecida no metal quente. A quantidade de cal virgem alimentada foi ajustada de tal forma que a basicidade da escória foi 3,0 após a desfosforação. Uma fonte de oxigênio sólido composta principalmente de minério de ferro foi fornecida ao metal quente enquanto o gás oxigênio foi fornecido por uma lança de injeção pelo topo. O gás oxigênio (gás oxigênio puro) foi fornecido a 15.000 a 40.000 Nm^3/h . O consumo unitário de oxigênio foi ajustado para 12 Nm^3/t do metal quente, excluindo o oxigênio necessário para a dessilicização. A temperatura do metal quente no final da desfosforação foi trocada na faixa de cerca de 1.310°C até cerca de 1.430°C pelo ajuste da razão de fornecimento da fonte de oxigênio gasoso e da fonte de oxigênio sólido.

[0042] As figuras 3 e 4 mostram a relação entre a temperatura ($^\circ\text{C}$) do metal quente no final da desfosforação expressa no eixo horizontal e a taxa de desfosforação (%) e entre a temperatura e o rendimento de Mn (%).

[0043] Os resultados demonstram que uma maior temperatura no final da desfosforação melhora o rendimento de Mn da desfosforação mas reduz a taxa de desfosforação. É descoberto que para garantir a compatibilidade entre a taxa de desfosforação do metal quente de 80% ou mais e o rendimento de Mn do metal quente de 30% ou mais, a temperatura no final da desfosforação está na faixa de 1.320°C a 1.400°C . Além disso, os resultados demonstram que, em particular, uma temperatura de 1.350°C ou maior resulta em pequenas variações no limite inferior do rendimento de Mn. Isto é, um rendimento de Mn estável é obtido.

[0044] Também no caso onde uma experiência foi conduzida como na experiência anterior, exceto que o agente de refino composto

principalmente de um pó de cal virgem foi soprado pela lança de injeção de topo no lugar da carga de topo do agente de refino, a mesma tendência foi observada.

[0045] Exemplos de um meio para controlar a temperatura do metal quente no final da desfosforação incluem um meio para ajustar a quantidade de uma fonte de ferro alimentada, por exemplo, sucatas, e um meio para ajustar a quantidade de material carbono ou similar alimentado, em adição a um meio para ajustar a razão de fornecimento da fonte de oxigênio gasoso e da fonte de oxigênio sólido conforme descrito acima.

<Teor de Fe na Escória>

[0046] Na presente invenção, o teor de Fe da escória após a desfosforação é ajustado para 10% em massa ou mais. Isso compensa uma diminuição na eficiência da desfosforação devido à desfosforação a uma alta temperatura, desvantajosa para a desfosforação. Uma combinação do teor de Fe e da basicidade otimizada da escória descrita acima fornece alta eficiência da desfosforação. Do ponto de vista disso, o limite inferior do teor de Fe é mais preferivelmente 15% em massa. Quando o teor de Fe da escória após a desfosforação exceder 30% em massa, a quantidade de ferro descarregada juntamente com a escória é aumentada, de forma que uma diminuição no rendimento do ferro não pode ser desprezível. Do ponto de vista disso, o limite superior do teor de Fe é mais preferivelmente 25% em massa. Pelas razões precedentes, na presente invenção o teor de Fe da escória após a desfosforação está na faixa de 10% a 30% em massa e preferivelmente 15% a 25% em massa.

[0047] Conforme descrito acima, do ponto de vista da termodinâmica, uma maior basicidade da escória e uma maior temperatura de desfosforação (temperatura do metal quente) são susceptíveis de reduzir o teor de FeO na escória. Assim, o teor de Fe é difícil de ser au-

mentado. Para alcançar um teor de Fe da escória desfosforada de 10% em massa ou mais na basicidade da escória após a desfosforação e a temperatura no final da desfosforação da presente invenção, uma operação ativa (ação) para aumentar o teor de Fe é necessária. Se essa operação não for executada, é impossível aumentar o teor de Fe para 10% em massa ou mais.

[0048] Exemplos da operação especial incluem um método para fornecimento de oxigênio pela lança de injeção de oxigênio por um sopro suave e um método para controlar a quantidade da fonte de óxido de ferro alimentado.

[0049] O sopro suave pela lança de injeção de oxigênio pelo topo indica que a taxa de fluxo de oxigênio fornecido pela lança é reduzida, de forma que a pressão dinâmica gerada pela energia cinética do oxigênio gasoso submetido ao sopro de topo é reduzida na superfície do metal quente (por exemplo, 0,03 MPa ou menos, preferivelmente 0,02 MPa ou menos). A pressão dinâmica Pd (MPa) na superfície do metal quente é calculada com a seguinte fórmula:

$$Pd = Uo \times (de/H_L) \times \cos\theta \times (1/2 \times (1/(0,016 + 0,19/Pi)))/10$$

onde Uo: taxa de fluxo (m/s) na saída do bocal da lança

de: diâmetro (m) da saída do bocal da lança

H_L: altura (m) da lança

θ: ângulo (rad) definido pelo eixo central do bocal da lança com o eixo central da lança, e

Pi: pressão de entrada (MPa) no bocal da lança.

[0050] No caso onde o oxigênio é injetado pela lança de injeção de oxigênio pelo topo por sopro suave, o oxigênio é suficientemente fornecido à escória, de forma que um alto teor de Fe na escória pode ser mantido. O sopro suave pode ser executado durante pelo menos a última metade da desfosforação.

[0051] No método para alimentação de óxido de ferro na escória,

com o propósito de alcançar um alto teor de Fe na escória durante a última metade da desfosforação, uma grande quantidade da fonte de óxido de ferro é alimentada durante a última metade ou no estágio final da desfosforação. Nesse caso, por exemplo, 2/3 ou mais de uma quantidade predeterminada de óxido de ferro são alimentados após a metade do período de desfosforação (período de sopro).

[0052] Exemplos da fonte de óxido de ferro que pode ser usada inclui óxido de ferro, carepa de usina, areia ferruginosa, e poeira coletada. Qualquer método para alimentar a fonte de óxido de ferro pode ser empregado. Seus exemplos incluem carga pelo topo, sopro a partir de uma lança de injeção pelo topo, e injeção.

[0053] Por exemplo, a experiência a seguir confirma o efeito do teor de Fe.

(Experiência 3)

[0054] Um metal quente de alto forno dessiliconizado foi submetido à desfosforação em um recipiente conversor (300 t). Nessa desfosforação, cal virgem, que funciona como um agente de desfosforação, é principalmente composta de CaO, e não contém uma fonte de flúor tal como fluorita, foi fornecida ao metal quente. A quantidade de cal virgem alimentada foi ajustada de tal forma que a basicidade da escória foi 3,0 após a desfosforação. Uma fonte de oxigênio sólido composta principalmente de minério de ferro foi fornecida ao metal quente enquanto gás oxigênio foi fornecido por uma lança de injeção pelo topo. Gás oxigênio (gás oxigênio puro) foi fornecido a 15.000 a 40.000 Nm³/h. O consumo unitário de oxigênio foi ajustado a 12 Nm³/t do metal quente, excluindo o oxigênio necessário para a dessiliconização. Além disso, o fornecimento da fonte de oxigênio gasoso e da fonte de oxigênio sólido foi ajustado de tal forma que a temperatura do metal quente após a desfosforação foi de 1.350°C. O teor de Fe foi trocado na faixa de cerca de 5% a 28% mudando-se o método de alimentação

da fonte de oxigênio sólido. Em particular, para alcançar o teor de Fe de 15% em massa ou mais, 2/3 ou mais de uma quantidade predeterminada da fonte de oxigênio sólido foi alimentada após a metade do período de desfosforação (período de sopro). Para alcançar um objetivo maior de teor de Fe, a razão de fornecimento após a metade do período de desfosforação foi aumentada.

[0055] As figuras 5 e 6 mostram a relação entre o teor de Fe (% em massa) da escória desfosforada expresso no eixo horizontal e a taxa de desfosforação (%) e entre o teor de Fe e o rendimento do Mn (%). Os resultados mostraram que a um teor de Fe de 10% em massa ou mais, tanto a taxa de desfosforação quanto o rendimento do Mn atingem os valores objetivados.

[0056] Conforme descrito acima, um maior teor de Fe da escória aumenta o potencial de oxigênio da escória, o que é desvantajoso para se alcançar um alto rendimento do Mn. Na presente invenção, entretanto, a predominância do efeito atribuído à otimização da basicidade da escória e à temperatura no final da desfosforação resulta em um alto rendimento do Mn. É também descoberto que um teor de Fe de 15% em massa ou mais resulta em pequenas variações no rendimento de Mn. Isto é, um rendimento estável do Mn é obtido.

[0057] Também no caso onde foi conduzida uma experiência como na experiência precedente, exceto que um agente de refino composto principalmente de pó de cal virgem foi soprado pela lança de injeção pelo topo em lugar da carga de topo do agente de refino, a mesma tendência foi observada.

<Aditivo para o Agente de Refino>

[0058] Na presente invenção, preferivelmente, o uso de um agente de refino não contendo substancialmente nenhuma fonte de F (por exemplo, CaF_2) ou um agente de refino contendo uma pequena quantidade de uma fonte de F permite à escoria ter um teor de F de 0,2%

em massa ou menos por todo o período de desfosforação. Na presente invenção, o uso de tal agente de refino resulta em alta eficiência de desfosforação. Além disso, o teor de F da escória pode também ser controlado por um valor após a desfosforação.

[0059] A frase "agente de refino não contendo uma fonte de F" definida aqui representa o agente de refino não contendo substancialmente nenhuma fonte de F. Assim, o agente de refino pode conter uma pequena quantidade de uma fonte de F tal como uma impureza incidental.

[0060] Além disso, na presente invenção, o uso de uma fonte de óxido de titânio e/ou de uma fonte de Al_2O_3 como parte do agente de refino facilita a fusão do agente de refino à base de CaO e aumenta o potencial de oxigênio da escória, melhorando assim a capacidade de desfosforação da escória. Isto também facilita a reação de desfosforação, tornando a desfosforação mais eficiente. Isto é, a fonte de óxido de titânio e/ou a fonte de Al_2O_3 funciona como um promotor da fusão para o agente de refino à base de CaO, o que é particularmente eficaz no uso de agente de refino não contendo substancialmente nenhuma fonte de F ou de agente de refino contendo uma pequena quantidade da fonte de F conforme descrito acima.

[0061] O óxido de titânio está na forma de TiO , TiO_2 , Ti_2O_3 , Ti_3O_5 , e similares. Qualquer forma pode ser usada. Exemplos de um material contendo óxido de titânio como fonte de óxido de titânio incluem areia ferruginosa, minério de ilmenita (minério de ferro titânico) minério de rutilo (rutilo), e minério de ferro contendo óxido de titânio. Um ou mais materiais selecionados entre eles podem ser usados. Entre esses, a areia ferruginosa é particularmente preferida porque a areia ferruginosa está geralmente na forma de partículas finas tendo um diâmetro de 1 mm ou menos e assim se funde rapidamente em um recipiente de reação. Além disso, a adição de areia ferruginosa à escória resulta em

um aumento no teor de Fe da escória. Isto é, a areia ferruginosa também funciona como fonte de óxido de ferro (o mesmo é verdade para o minério de ilmenita e para o minério de ferro contendo óxido de titânio), que é a preferida. O grau de areia ferruginosa é diferente em resposta aos campos. Em geral, a areia ferruginosa contém cerca de 5% a 8% em massa de TiO_2 . O maior teor de TiO_2 da areia ferruginosa é de cerca de 13% em massa. Ao mesmo tempo, o minério de ilmenita e o minério de rutilo geralmente contêm 30% em massa ou mais de TiO_2 .

[0062] O material contendo óxido de titânio que serve como fonte de óxido de titânio tem preferivelmente um teor de óxido de titânio de 3% em massa ou mais em termos de TiO_2 . Um material tendo um teor de óxido de titânio de menos de 3% em massa em termos de TiO_2 tem um pequeno efeito de promover a fusão do agente de refino à base de CaO . Para aumentar o efeito, a quantidade adicionada é aumentada para aumentar a quantidade de escória, causando problemas, por exemplo, uma diminuição no rendimento do Mn. Assim, qualquer material contendo uma quantidade muito pequena de óxido de titânio não é adequada como fonte de óxido de titânio (material contendo óxido de titânio).

[0063] Exemplos de fontes de Al_2O_3 que podem ser usadas incluem agentes de fusão aluminato de cálcio disponibilizados comercialmente, cinzas de alumínio, e minério contendo óxido de alumínio tal como bauxita. Além disso, subprodutos de um processo de produção de aço, por exemplo, escória da produção de lingotes, escória de refinamentos secundários, e pedaços de tijolos, que tenham um alto teor de óxido de alumínio, podem ser usados. A fonte de Al_2O_3 tem preferivelmente um teor de Al_2O_3 de 20% em massa ou mais.

[0064] A quantidade da fonte de óxido de titânio e/ou Al_2O_3 adicionada é preferivelmente determinada de tal maneira que o teor total de

óxido de titânio na escória seja de 15% em massa ou menos após a desfosforação. Um teor total excedendo 15% em massa resulta na diluição do CaO necessário para a reação de desfosforação, reduzindo assim a capacidade de desfosforação. Em uma operação usual de desfosforação, ambos estão inevitavelmente contidos na escória em uma quantidade total de cerca de 1,0% a cerca de 2,5% em massa. A um teor total de menos de 3% em massa, o efeito da promoção da fusão do agente de refino à base de CaO não é suficiente. Conseqüentemente, o teor total de óxido de titânio (em termos de TiO_2) e Al_2O_3 na escória é preferivelmente 3% em massa ou mais após a desfosforação.

[0065] Para o propósito de proteção do corpo do forno, uma fonte de MgO e similares pode ser adicionada em adição aos materiais anteriores durante a desfosforação.

<Outros>

[0066] Qualquer recipiente pode ser usado como recipiente no qual a desfosforação da presente invenção é executada. Seus exemplos incluem um recipiente do tipo conversor, um pote cúpula, e um torpedo. Um recipiente do tipo conversor é mais preferido porque uma borda livre (distância da superfície de um metal fundido ou da superfície superior da escória até a extremidade superior da parede do recipiente) é suficientemente garantida.

[0067] A desfosforação do metal quente da presente invenção pode ser aplicada a

- um processo no qual a desfosforação e a descarbonetação são executadas separadamente (não-sucessivamente) com recipientes diferentes (por exemplo, recipientes do tipo conversor), e
- um processo no qual um único recipiente do tipo conversor é usado e a desfosforação e a descarbonetação são executadas sucessivamente com uma retirada de escória intermediária.

[0068] O período de desfosforação varia dependendo da forma e do volume do recipiente e está preferivelmente na faixa de cerca de 5 até cerca de 30 minutos.

[0069] De acordo com a presente invenção, um metal quente pode ser facilmente submetido à desfosforação de forma a ter um teor de P igual a ou menor que o valor necessário para o aço bruto (valor da especificação para componentes do aço). Essa desfosforação de metal quente de forma que o metal quente tenha um teor de P igual a ou menor que um valor necessário para o aço bruto (especificação para componentes de aço) resulta na eliminação da necessidade de desfosforação substancial na etapa de descarbonetação subsequente; então, a descarbonetação pode ser executada com uma quantidade muito pequena de escória. Assim, em particular, no caso onde o teor de Mn de um metal quente é aumentado pela adição de minério de Mn, um alto rendimento de Mn pode ser alcançado. Além disso, a descarbonetação pode ser significativamente simplificada, e o período de refino pode ser reduzido, melhorando assim a eficiência de todo o processo de produção de aço.

[0070] Exemplos de teor de P necessário para o aço bruto incluem 0,03% em massa ou menos (aço comum) e 0,015% em massa ou menos (aço de baixo teor de fósforo).

[EXEMPLOS]

(Exemplo 1)

[0071] Um metal quente de alto forno dessiliconizado (teor de Mn 0,3% em massa) foi submetido à desfosforação em um recipiente do tipo conversor (300 t). Nessa desfosforação, a cal virgem, que funciona como um agente de desfosforação, é principalmente composta de CaO, e não contém uma fonte de flúor tal como fluorita, foi fornecida no metal quente. Uma fonte de oxigênio sólido composta principalmente de minério de ferro foi fornecida no metal quente enquanto gás oxi-

gênio foi fornecido por uma lança de injeção pelo topo. As condições de fornecimento de oxigênio foram ajustadas como 15.000 a 40.000 Nm³/h. O consumo unitário de oxigênio foi ajustado a 12 Nm³/t do metal quente, excluindo o oxigênio necessário para a dessiliconização. A fonte de oxigênio sólido foi adicionada de duas maneiras: o caso onde uma quantidade predeterminada adicionada foi adicionada igualmente através de um período de sopro (porções iguais), e o caso onde 2/3 ou mais de uma quantidade predeterminada adicionada foi adicionada após a metade de um período de sopro (gradiente da última metade).

[0072] Após o sopro para desfosforação, o metal quente foi carregado em outro recipiente do tipo conversor (300 t) e submetido à descarbonetação. O minério de Mn como fonte de Mn foi fornecido ao metal quente antes do sopro para descarbonetação. A quantidade de minério de Mn adicionada foi ajustada em 4 kg em termos de Mn puro por tonelada do metal quente.

[0073] A Tabela 1 mostra a taxa de desfosforação e o rendimento do Mn após o sopro para desfosforação em adição às condições de desfosforação. A Tabela 1 também mostra o rendimento total de Mn após a desfosforação e a descarbonetação. O rendimento total do Mn após a desfosforação e a descarbonetação foi calculado com a seguinte fórmula:

$$(\text{rendimento total do Mn}) = \left\{ \frac{(\text{teor de Mn após a desfosforação})}{[(\text{desfosforação antes do teor de Mn}) + (\text{teor do Mn adicionado antes da descarbonetação})]} \right\} \times 100$$

Tabela 1

Nº	classificação	Condições de desfosforação						Condições de descarbonetação			rendimento total do Mn (%)
		método de adição da fonte de oxigênio sólido	temperatura do metal quente no final do tratamento	Basicidade da escória	teor de T.Fe da escória (% massa)	taxa de des-fosforação (%)	rendimento do Mn (%)	quantidade de Mn (kg de Mn/t de aço fundido) adicionada	teor de MN no aço fundido (% massa)		
1	Exemplo da invenção	gradiente da última metade	1320	2,5	10	90	40	4	0,29	44,6	
2	Exemplo da invenção	gradiente da última metade	1370	3,0	15	88	50	4	0,32	49,6	
3	Exemplo da invenção	gradiente da última metade	1400	3,5	25	85	52	4	0,33	50,6	
4	Exemplo da invenção	gradiente da última metade	1370	3,0	15	90	50	4	0,32	49,2	
5	Exemplo comparativo	porções iguais	1300	3,0	10	85	13	4	0,21	32,5	
6	Exemplo comparativo	porções iguais	1350	2,0	20	75	22	4	0,22	33,4	
7	Exemplo comparativo	porções iguais	1430	3,0	15	55	50	4	0,14	21,3	
8	exemplo comparativo	porções iguais	1350	3,0	5	50	55	4	0,10	15,4	

*1) Gradiente da última metade: 2/3 ou mais de uma quantidade predeterminada é adicionada após a metade do período de sopro.

Porções iguais: uma quantidade predeterminada é adicionada através de um período de sopro.

[0074] Os resultados desses exemplos da invenção demonstraram a compatibilidade entre uma taxa de desfosforação de 85% ou mais e um rendimento de Mn de 40% ou mais após o sopro para desfosforação. Assim, o sopro para descarbonetação foi executado a um alto teor de Mn adicionado, um baixo teor de P adicionado, e uma pequena quantidade de escória, de forma que o rendimento total do Mn após a desfosforação e descarbonetação excedeu 45%.

[0075] Em contraste, os resultados desses exemplos comparativos demonstraram a incompatibilidade entre uma alta taxa de desfosforação e um alto rendimento de Mn. Assim, o sopro para descarbonetação foi executado a um baixo teor de Mn adicionado, um alto teor de P adicionado, e uma grande quantidade de escória, resultando em um baixo nível do rendimento total do Mn após a desfosforação e descarbonetação.

(Exemplo 2)

[0076] A desfosforação e descarbonetação foram executadas como no Exemplo 1, exceto que a areia ferruginosa (teor de TiO_2 : 7,5% em massa) que serve como fonte de óxido de titânio ou a escória da produção de lingotes (teor de Al_2O_3 : 30% em massa) que serve como fonte de óxido de alumínio foram fornecidas no metal quente, a areia ferruginosa e a escória funcionando como parte do agente de refino. No caso de sopro com areia ferruginosa, o teor de TiO_2 da escória desfosforada resultante foi de 4% em massa, e o teor total de TiO_2 e Al_2O_3 na escória foi de 6,3% em massa. No caso de sopro com escória da produção de lingotes, o teor de Al_2O_3 da escória desfosforada resultante foi de 4,5% em massa, e o teor total de TiO_2 e Al_2O_3 na escória foi de 6,1% em massa. A Tabela 2 mostra a taxa de desfosforação e o rendimento do Mn após o sopro para desfosforação em adição às condições de desfosforação. A Tabela 2 também mostra o rendimento total de Mn após a desfosforação e descarbonetação. Em qualquer

exemplo, os resultados demonstraram a compatibilidade entre uma taxa de desfosforação de 85% ou mais e um rendimento de Mn de 40% ou mais após o sopro para desfosforação. Assim, o rendimento total do Mn após a desfosforação e descarbonetação excedeu 45%.

Tabela 2

N°	classificação	Condições de desfosforação					Condições de descarbonetação			rendimento total do Mn (%)
		Material auxiliar	Temperatura do metal quente no final do tratamento	Basicidade da escória	teor de T.Fe da escória (% massa)	taxa de des-fosforação (%)	rendimento do Mn (%)	quantidade de Mn (kg de Mn/t de aço fundido) adicionada	teor de MN no aço fundido (% massa)	
9	Exemplo da invenção	areia ferruginosa	1370	3,0	15	90	48	4	0,31	48,3
10	Exemplo da invenção	escória de produção de lingotes	1370	3,0	15	86	50	4	0,32	49,7

<Exemplo 3>

[0077] Um metal quente de alto forno dessiliconizado (teor de Mn: 0,3% em massa) foi submetido à desfosforação em um recipiente do tipo conversor (300 t). Nessa desfosforação, uma fonte de oxigênio sólido composta principalmente de minério de ferro foi fornecida no metal quente enquanto gás oxigênio foi fornecido por uma lança de injeção pelo topo. Carbonato de cálcio ou cal virgem, que funciona como agente de desfosforação, é composta principalmente de CaO, e não contém uma fonte de flúor tal como fluorita, foi soprada junto com o gás oxigênio pela lança de injeção pelo topo. As condições de fornecimento de oxigênio foram ajustadas em 15.000 a 40.000 Nm³/h. A quantidade do agente de desfosforação soprada foi controlada dentro da faixa de 6.000 a 30.000 kg/h. O consumo unitário de oxigênio foi ajustado em 12 Nm³/t do metal quente, excluindo o oxigênio necessário para dessiliconização. O gás oxigênio foi alimentado pela lança de injeção de topo de duas formas: o caso onde a pressão dinâmica de um jato de oxigênio alimentado pela lança de injeção de topo estava na faixa de 0,01 a 0,02 MPa na superfície do metal quente durante a última metade de um período de refino (sopro suave), e o caso onde a pressão dinâmica de um jato de oxigênio alimentado pela lança de injeção pelo topo excede 0,03 MPa na superfície do metal quente durante a última metade do período de refino (sopro severo).

[0078] Em relação aos materiais experimentais, areia ferruginosa (teor de TiO₂: 7,5% em massa) servindo como uma fonte de óxido de titânio ou pedaços de tijolos (teor de Al₂O₃: 30% em massa) servindo como uma fonte de óxido de alumínio foi carregado como parte do agente de refino para desfosforação no recipiente pelo topo.

[0079] A Tabela 3 mostra os resultados.

Tabela 3

Nº	classificação	Condições de desfosforação					Condições de descarbonetação		rendimento total do Mn		
		Material auxiliar	sopro de oxigênio pelo topo	temperatura do metal quente no final do tratamento (°C)	Basicidade da escória	teor de T.Fe da escória (% massa)	taxa de desfosforação (%)	Rendimento do Mn (%)		quantidade de Mn (kg de Mn/t de aço fundido) adicionada	teor de MN no aço fundido (% massa)
11	Exemplo da invenção	-	sopro suave	1320	2,5	20	90	44	4	0,30	46,4
12	Exemplo da invenção	-	sopro suave	1370	3,0	17	92	60	4	0,32	48,5
13	Exemplo da invenção	-	sopro suave	1400	3,5	15	90	52	4	0,33	50,1
14	Exemplo da invenção	Areia ferruginosa	sopro suave	1370	2,5	18	90	44	4	0,30	46,4
15	Exemplo da invenção	Pedaços de tijolo	sopro suave	1370	2,5	20	88	40	4	0,29	45,0
16	Exemplo da invenção	Areia ferruginosa + Pedaços de tijolo	sopro suave	1370	2,5	25	90	42	4	0,30	45,5
17	Exemplo comparativo	-	sopro severo	1350	2,5	9	77	20	4	0,22	33,6
18	Exemplo comparativo	-	sopro severo	1350	3,5	6	60	45	4	0,18	27,5
19	Exemplo comparativo	-	sopro suave	1430	3,0	14	65	30	4	0,18	27,5
20	Exemplo comparativo	-	sopro suave	1350	2,0	19	66	41	4	0,22	33,9
21	Exemplo da invenção	sopro de carbonato de cálcio	sopro suave	1380	2,5	17	89	41	4	0,29	45,3

*1) Sopro suave: a pressão dinâmica de um jato de oxigênio alimentado por uma lança de injeção pelo topo está na faixa de 0,01 a 0,02 MPa na superfície de um metal quente durante a última metade de um período de refino.

Sopro severo: a pressão dinâmica de um jato de oxigênio alimentado por uma lança de injeção pelo topo excede 0,03 MPa na superfície de um metal quente durante a última metade de um período de refino.

[0080] Nesses exemplos da invenção, os resultados demonstraram a compatibilidade entre uma taxa de desfosforação de 85% ou mais e um rendimento de Mn de 40% ou mais após o sopro para desfosforação.

[0081] Nesses exemplos da invenção, os resultados demonstraram a compatibilidade entre uma taxa de desfosforação de 85% ou mais e um rendimento de Mn de 40% ou mais após o sopro para desfosforação. Além disso, o rendimento total de Mn após a desfosforação e descarbonetação excedeu 45%.

[0082] Em contraste, nesses exemplos comparativos, os resultados demonstraram a incompatibilidade entre uma alta taxa de desfosforação e um alto rendimento de Mn, resultando assim em um baixo nível do rendimento total de Mn após a desfosforação e descarbonetação.

(Exemplo 4)

[0083] Um metal quente de alto forno dessiliconizado (teor de Mn: 0,3% em massa) foi submetido à desfosforação em um recipiente do tipo conversor (300 t). Nessa desfosforação a maioria de uma fonte de oxigênio sólido composta principalmente de carepa foi soprada por uma porta de sopro de uma lança de injeção pelo topo juntamente com um gás inerte enquanto o gás oxigênio foi fornecido pela lança. Cal virgem, que funciona como agente de desfosforação, é composta principalmente de CaO, e não contém uma fonte de flúor tal como fluorita, foi adicionada ao recipiente de duas formas: o caso em que a cal virgem foi fornecida ao metal quente, e o caso em que a cal virgem foi soprada pela lança de injeção pelo topo juntamente com gás oxigênio.

[0084] As condições de fornecimento de oxigênio foram ajustadas para 15.000 a 40.000 Nm³/h. A quantidade de agente de desfosforação soprado foi controlada dentro da faixa de 6.000 a 30.000 kg/h. O consumo unitário de oxigênio foi ajustado para 12 Nm³/t do metal

quente, excluindo o oxigênio necessário para a dessiliconização. O gás oxigênio foi alimentado pela lança de injeção pelo topo de duas formas: o caso em que a pressão dinâmica de um jato de oxigênio alimentado pela lança de injeção pelo topo estava na faixa de 0,01 a 0,02 MPa na superfície do metal quente durante a última metade do período de refino (sopro suave), e o caso em que a pressão dinâmica do jato de oxigênio alimentado pela lança de injeção pelo topo excede 0,03 MPa na superfície do metal quente durante a última metade do período de refino (sopro severo).

[0085] Em relação aos materiais experimentais, escória da fabricação de lingotes (teor de Al_2O_3 : 30% em massa) servindo como fonte de óxido de alumínio foi similarmente carregada como parte do agente de refino para desfosforação no recipiente por cima.

[0086] A Tabela 4 mostra os resultados.

Tabela 4

Nº	classificação	Condições de desfosforação							Condições de descarbonetação			rendimento total do Mn
		material auxiliar	Sopro¹ de oxigênio pelo topo	método de adição da fonte² de CaO	temperatura do metal quente no final do tratamento (°C)	Basicidade da escória	teor de T. Fe da escória (% massa)	taxa de desfosforação (%)	rendimento do Mn (%)	quantidade de Mn (kg de Mn/t de aço fundido) adicionada	teor de MN no aço fundido (% massa)	
22	Exemplo da invenção	-	sopro de oxigênio pelo topo	carga pelo topo	1360	2,5	12	87	48	4	0,32	48,8
23	Exemplo da invenção	-	sopro de oxigênio pelo topo	carga pelo topo	1370	2,7	15	89	50	4	0,32	49,4
24	Exemplo da invenção	-	sopro de oxigênio pelo topo	carga pelo topo	1395	3,0	14	90	52	4	0,33	50,1
25	Exemplo da invenção	-	sopro de oxigênio pelo topo	sopro pelo topo	1365	2,3	21	92	47	4	0,31	47,2
26	Exemplo da invenção	-	sopro de oxigênio pelo topo	sopro pelo topo	1370	2,6	18	93	53	4	0,32	49,5
27	Exemplo da invenção	-	sopro de oxigênio pelo topo	sopro pelo topo	1380	3,4	14	92	60	4	0,35	53,2
28	Exemplo da invenção	escória da fabricação de lingotes	sopro de oxigênio pelo topo	sopro pelo topo	1370	2,5	15	90	54	4	0,33	51,0
29	Exemplo comparativo	-	sopro severo	carga pelo topo	1370	2,0	14	73	20	4	0,20	31,0
30	Exemplo comparativo	-	sopro severo	carga pelo topo	1365	2,5	6	60	50	4	0,19	29,8
31	Exemplo comparativo	-	sopro suave	sopro pelo topo	1430	2,0	17	60	25	4	0,12	18,3

*1) Sopro suave: a pressão dinâmica de um jato de oxigênio alimentado por uma lança de injeção pelo topo está na faixa de 0,01 a 0,02 MPa na superfície de um metal quente durante a última metade de um período de refino.

Sopro severo: a pressão dinâmica de um jato de oxigênio alimentado por uma lança de injeção pelo topo excede 0,03 MPa na superfície de um metal quente durante a última metade de um período de refino.

Carga pelo topo: Uma fonte de CaO é carregada por um funil de carga acima do forno.

Sopro pelo topo: Uma fonte de CaO é soprada por uma lança de injeção pelo topo.

[0087] Nesses exemplos da invenção, os resultados demonstraram a compatibilidade entre uma taxa de desfosforação de 85% ou mais e um rendimento de Mn de 40% ou mais após o sopro para desfosforação. Além disso, o rendimento total de Mn após a desfosforação e descarbonetação excedeu 45%.

[0088] Em contraste, nesses exemplos comparativos, os resultados demonstraram a incompatibilidade entre uma alta taxa de desfosforação e um alto rendimento de Mn, resultando assim em um baixo nível de rendimento total de Mn após a desfosforação e descarbonetação.

Aplicabilidade Industrial

[0089] De acordo com a presente invenção, a otimização das três condições, isto é, a basicidade da escória e o teor de Fe após a desfosforação e a temperatura do metal quente no final da desfosforação, facilita uma reação de desfosforação enquanto um alto teor de rendimento de Mn é alcançado, resultando assim em uma eficiente desfosforação do metal quente.

[0090] O metal quente é submetido à desfosforação de modo a ter um teor de P igual a ou menor que o valor necessário para o aço bruto (valor de especificação para os componentes do aço). Isto elimina substancialmente a necessidade de desfosforação em uma etapa de descarbonetação, minimizando assim a quantidade de escória descarbonetada para alcançar um alto rendimento de Mn de todo o processo de refino.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para desfosforização de um metal quente, compreendendo a adição de uma fonte de oxigênio e de um agente de refino contendo 40% em peso ou mais de uma fonte de CaO em um metal quente e a execução da desfosforização enquanto a escória está sendo formada, caracterizado por

o agente de refino consistir de uma fonte de CaO contendo CaO, e opcionalmente pelo menos uma selecionada do grupo consistindo de uma fonte de óxido de titânio, fonte de Al_2O_3 , fonte de MgO e fonte de SiO_2 ,

onde pelo menos no final da desfosforização, a basicidade ($\%\text{CaO}/\%\text{SiO}_2$) da escória é maior que 2,2 e menor ou igual que 3,0, o teor total de Fe da escória está na faixa de 15 a 30% em massa,

onde a temperatura do metal quente está na faixa de 1350°C a 1400°C no final da desfosforização,

onde o período de desfoforação está na faixa de 5 a 30 minutos,

onde o fornecimento de oxigênio, pela lança da injeção de oxigênio, com pressão dinâmica na faixa de 0,01 a 0,03 MPa, sopro suave, sendo executado na última metade do período de desfosforação e sopro severo, acima de 0,03 MPa, na primeira metade do período de desfosforação.

onde a fonte de oxigênio sólido foi adicionada numa quantidade de 2/3 ou mais de uma quantidade predeterminada após a metade do período de sopro para desfosforação.

2. Método para desfosforização de um metal quente de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fonte de CaO é pelo menos uma selecionada do grupo consistindo de cal virgem (CaO), calcário (CaCO_3), cal extinta (Ca(OH)_2), dolomita, escória de conversor, escória de lingotamento contínuo e escória de fabri-

cação de lingotes.

3. Método para desfosforização de um metal quente de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o teor total de Fe da escória está na faixa de 15 a 25% em massa pelo menos no final da desfosforização.

4. Método para desfosforização de um metal quente de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que pelo menos um material selecionado entre a fonte de óxido de titânio e a fonte de Al_2O_3 é usado como parte do agente de refino.

5. Método para desfosforização de um metal quente de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que, pelo menos no final da desfosforização, o pelo menos um material selecionado entre a fonte de óxido de titânio e a fonte de Al_2O_3 é adicionado de tal forma que o teor total de óxido de titânio, em termos de TiO_2 , e Al_2O_3 na escória está na faixa de 3 a 15% em massa.

6. Método para desfosforização de um metal quente de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o metal quente é submetido à desfosforização de forma a ter um teor de P igual a ou menor que um valor necessário para o aço bruto (valor de especificação para componentes do aço).

FIG. 1

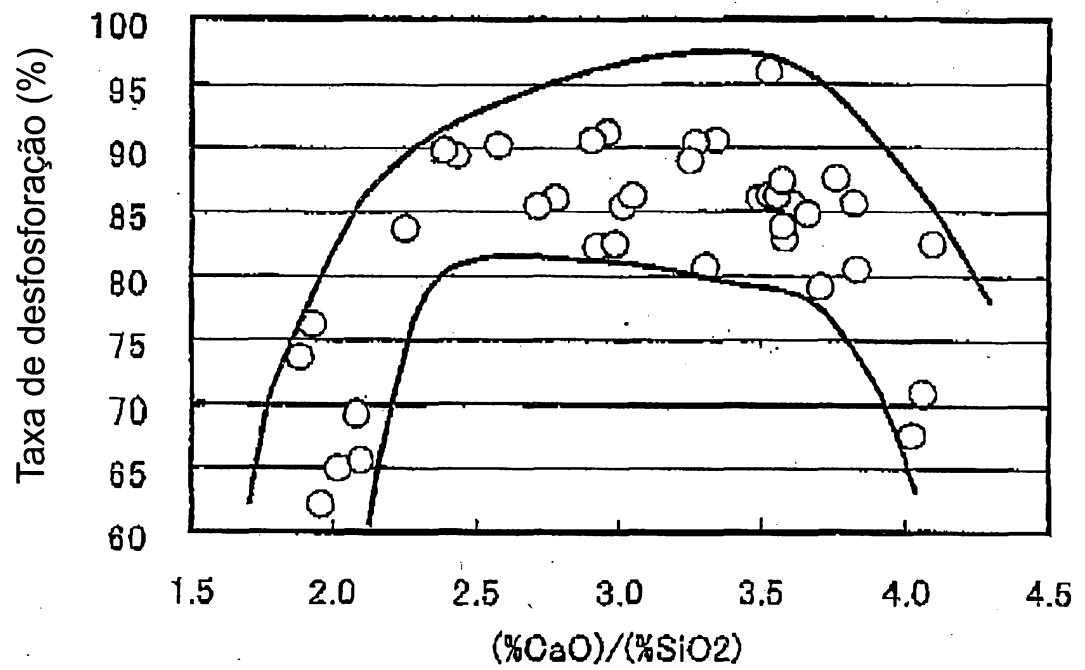


FIG. 2

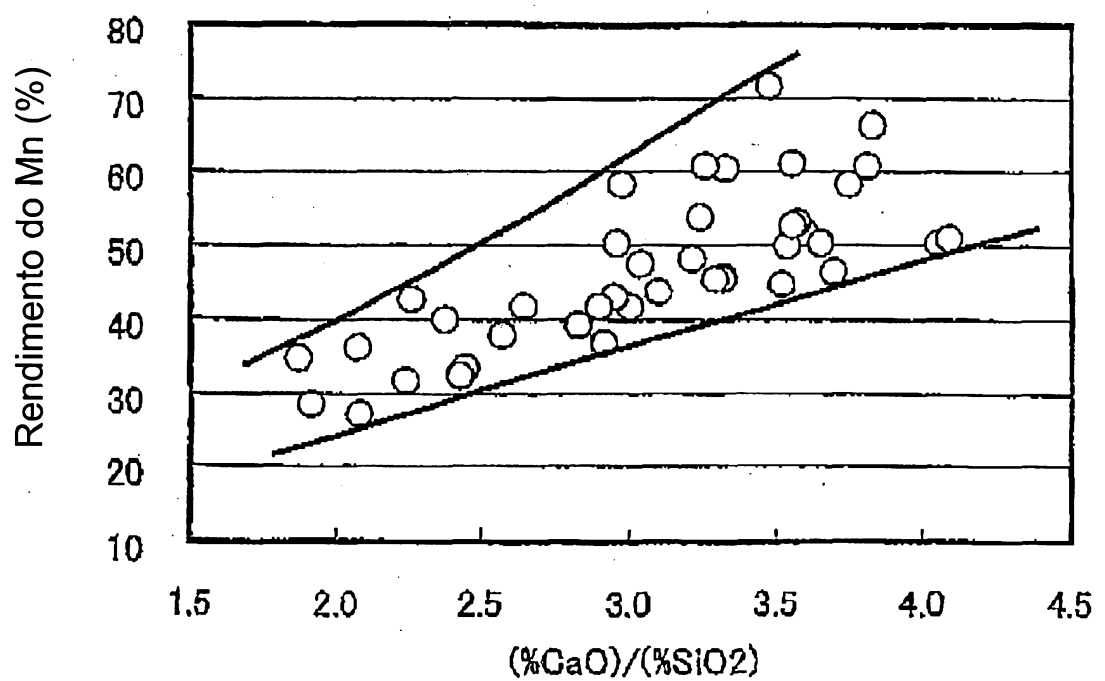


FIG. 3

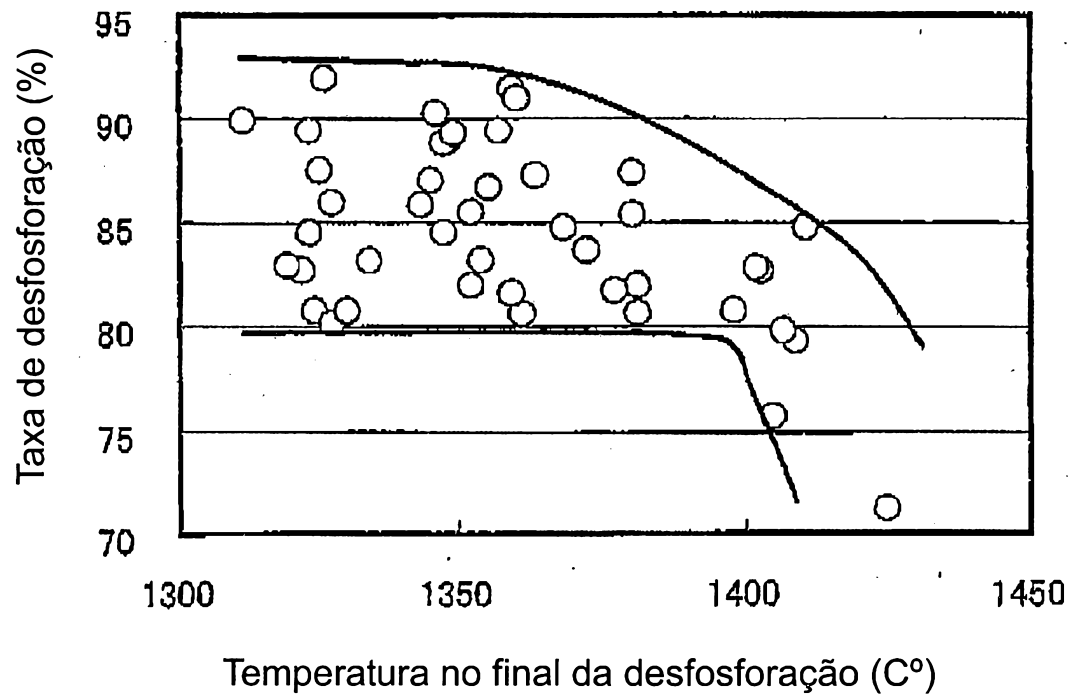


FIG. 4

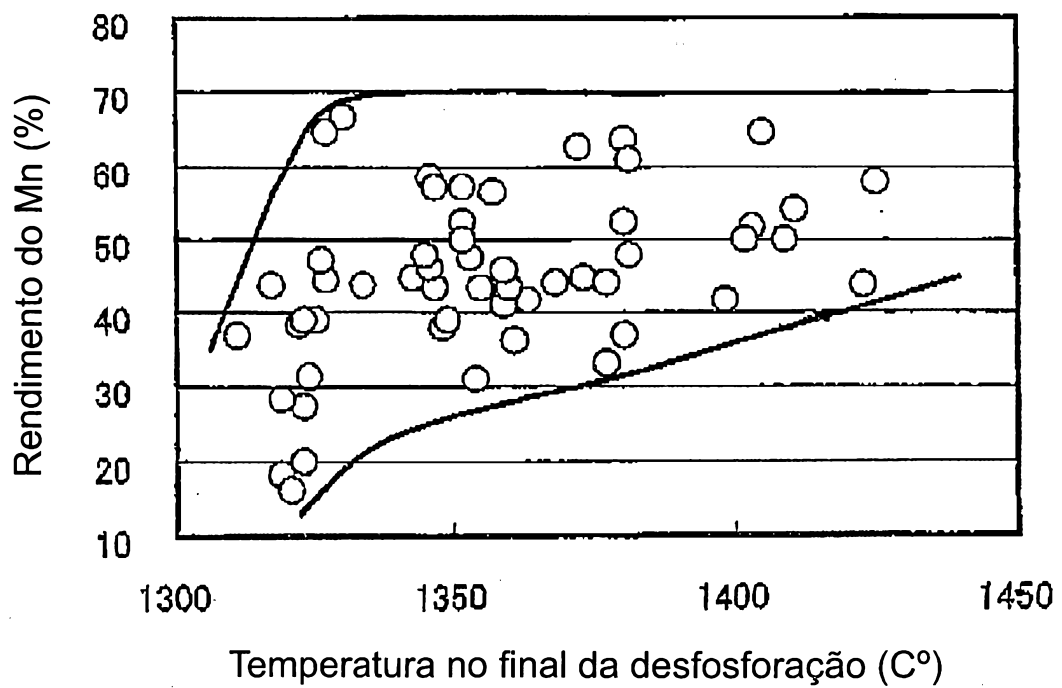


FIG. 5

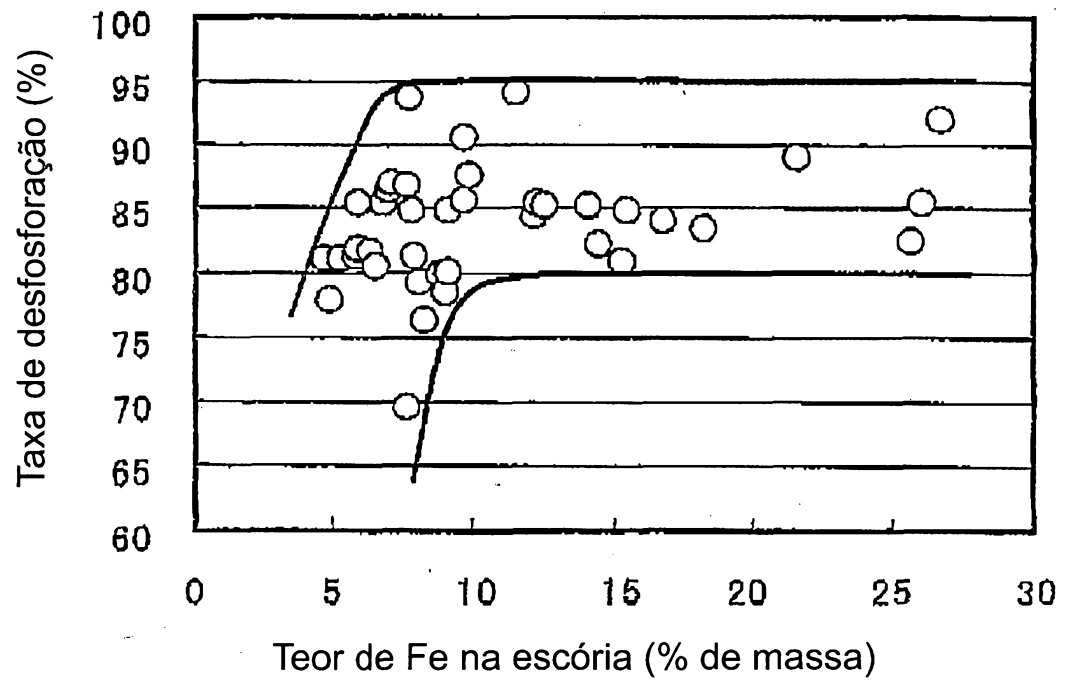


FIG. 6

