



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

(11) PI 0717853-0 B1

(22) Data do Depósito: 31/10/2007

(45) Data de Concessão: 15/03/2016
(RPI 2358)



(54) Título: MÉTODOS DE FABRICAR AÇO SILÍCIO E AÇO BAIXO CARBONO LINGOTADO

(51) Int.Cl.: B22D 11/116; C21C 7/00

(30) Prioridade Unionista: 01/11/2006 US 60/863848

(73) Titular(es): NUCOR CORPORATION

(72) Inventor(es): EUGENE PRETORIUS

“MÉTODOS DE FABRICAR AÇO SILÍCIO E AÇO BAIXO CARBONO LINGOTADO”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Esta invenção diz respeito no geral ao refino de aço. Mais particularmente, esta invenção diz respeito a processos para refino de aço contendo silício acalmado com Al e acalmado duplamente com Al e Si para ser lingotado diretamente em uma máquina de lingotamento contínuo de placas.

No lingotamento contínuo de placas, a máquina de lingotamento contínuo compreende um distribuidor e um molde oscilante, além de uma barragem e uma válvula submersa. O aço líquido na panela é vazado em um distribuidor e em seguida vazado verticalmente pela válvula submersa em um molde oscilante oco refrigerado por água, e placas lingotadas continuamente são extraídas horizontalmente pela base do molde. Barragens refratárias são usadas para transferir o aço líquido da panela para o distribuidor, e em seguida para a válvula submersa e o molde, para evitar oxidação do aço líquido pelo contato com ar. A barragem dentre o distribuidor e o molde alimenta a válvula submersa e é regulada por uma haste de tampão.

A máquina de lingotamento contínuo de placas produz veios retangulares largos de grande seção transversal, que são cortados em placas para ser laminadas a quente e laminadas a frio para uso como material para chapa fina e chapa grossa. Placas espessas para produtos laminados planos normalmente têm uma espessura na condição lingotada de 100 a 250 mm. Placas finas para produtos laminados planos normalmente têm uma espessura na condição lingotada de 30 a 10 mm. A máquina de lingotamento de placas é normalmente usada em combinação com um forno a arco elétrico ou forno básico a oxigênio, onde o metal quente é produzido para a máquina de lingotamento.

Aço para lingotamento contínuo pode ser submetido a tratamento de desoxidação, normalmente em uma panela, antes do lingotamento. A desoxidação do aço líquido em um forno de metalurgia de panela (LMF) ou desgaseificado em tanque a vácuo a um nível de oxigênio desejado é típica. Alumínio (ou uma combinação de Al e Si) tem sido amplamente usado como um desoxidante e controlador de tamanho de grão na fabricação de aços. Alumínio age como um metal de sacrifício que combina com oxigênio para formar um óxido de alumínio estável, que migra para a escória. Alumínio é um material particularmente desejável com este propósito, em virtude de ele poder ser seguramente armazenado, manuseado e transportado à temperatura ambiente e de ele ser reativo como um agente oxidante no aço a temperaturas de fabricação.

A maioria das placas lingotadas finas e dos graus de placa é tipicamente aço acalmado ao alumínio. Em alguns casos, uma combinação de Al e Si é usada para acalmar o aço. Embora este aço possa ser lingotado "em bruto" em grandes máquinas de lingotamento, é necessário tratamento adicional em máquinas de lingotamento de placas finas para evitar entupimento ou estrangulamento das válvulas submersas. Uma prática estabelecida no lingotamento de placas finas é modificar as inclusões de alumina e espinélio por tratamento com cálcio para prover mais fluidez. Com o tratamento de cálcio adequado, a maior parte das inclusões sólidas de alumina (Al_2O_3) e/ou espinélio (MgAl_2O_4) é modificada para inclusões líquidas e a capacidade de lingotamento é realizada com qualidade superficial aceitável para a placa lingotada. Para lingotamento contínuo em uma máquina de lingotamento de placas finas, 182,9 m (600 pés) de arame de cálcio foram considerados suficientes para uma panela de 154 toneladas métricas (170 toneladas) para adicionar o cálcio para evitar entupimento da válvula (cerca de 0,067 kg/t métrica ou 0,134 lb/t), 182,9 m (600 pés) de arame de cálcio contêm cerca de 10,2 kg (22,5 lb) de cálcio e é equivalente a cerca de 16,8

ppm de cálcio efetivo no aço refinado. A recuperação de cálcio no aço a partir do arame de cálcio é menor que 100%, de forma que o cálcio efetivo será menor que a quantidade adicionada.

Existem dois graus principais de aços silício para chapas finas e chapas grossas de aço feitas em uma máquina de lingotamento de placas finas.

- Aço restrito em silício tipicamente com menos de 0,03% de silício. Geralmente ferrossilício ou silício-manganês não é adicionado.
- Aço silício tipicamente com cerca de 0,1% a 1,5% de silício. Silício-manganês e/ou ferrossilício são tipicamente adicionados para atingir o teor de silício desejado.

Problemas com desgaste da haste do tampão associados com adição excessiva de Ca foram observados em aços silício onde ferrossilício e/ou silício-manganês foram adicionados para atingir a concentração de silício desejada no aço acabado. Em um "Study of Casting Issues using Rapid Inclusion Identification and Analysis", Story, et al. AISTech 2006 Proceedings, Vol. 1, pp. 879-889, foi determinado que ferrossilício pode conter cálcio além do silício e outros elementos de liga. Para abordar o desgaste da haste do tampão, Story et al. discutiram o uso de ferrossilício de alta pureza contendo cerca de 0,024% de cálcio.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

É descrito um método de fabricação de aço silício compreendendo as etapas de:

- a) refinar aço líquido para fabricar aço silício com um teor de silício entre 0,1% e 1,5% em peso pela adição de aditivo de silício contendo cálcio;
- b) determinar o valor do teor de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio;
- c) determinar se a quantidade de cálcio no aditivo de silício

contendo cálcio é maior ou menor que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado;

5 d) se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio for maior que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado, adicionar a quantidade de aditivo de silício contendo cálcio correspondente ao excesso de cálcio durante a desoxidação do aço ou no início da etapa de refino para combinar com oxigênio e enxofre e outras impurezas no aço durante o refino;

10 e) adicionar o aditivo de silício contendo cálcio contendo a quantidade total de cálcio desejada no aço acabado depois da dessulfuração do aço líquido e antes do lingotamento; e

15 f) se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio não fornecer a quantidade total de cálcio desejada no aço acabado, adicionar uma quantidade adicional de cálcio usando arame de Ca no aço líquido durante o refino depois da dessulfuração do aço líquido e antes do lingotamento.

20 O aditivo de silício contendo cálcio pode ser ferrossilício e aditivo de ferrossilício barato, uma vez que a porcentagem de cálcio no aditivo não precisa ser mantida baixa. O aditivo de silício contendo cálcio pode incluir aditivos com menos que cerca de 1,8% de cálcio, e adicionalmente inclui aditivos com menos que cerca de 1% de cálcio.

O aço baixo carbono pode ter um teor de carbono entre cerca de 0,003% e cerca de 0,5% em peso. O método revelado de refinar aços silício inclui aços baixo carbono.

25 O refino descrito de aço silício pode ocorrer em um forno de metalurgia de panela ou desgaseificador de tanque a vácuo.

Um aço lingotado é produzido por um método compreendendo as etapas de:

a) refinar aço líquido para fabricar um aço silício com um teor

de silício entre 0,1% e 1,5% em peso pela adição de um aditivo de silício contendo cálcio;

b) determinar o valor do teor de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio;

5 c) determinar se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio é maior ou menor que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado;

d) se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio for maior que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado,
10 adicionar a quantidade de aditivo de silício contendo cálcio correspondente ao excesso de cálcio no início do refino para combinar com oxigênio e enxofre e outras impurezas no aço durante o refino;

e) adicionar o aditivo de silício contendo cálcio contendo a quantidade total de cálcio desejada no aço acabado depois da dessulfuração
15 do aço líquido e antes do lingotamento; e

f) se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio não fornecer a quantidade total de cálcio desejada no aço acabado, adicionar uma quantidade adicional de cálcio no aço fundido depois da dessulfuração do aço líquido e antes do lingotamento durante o refino; e

20 g) lingotar o aço líquido em placas de aço.

Além disso, o teor de silício pode ficar entre 0,1% e 1,5% em peso.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A figura 1 é uma ilustração diagramática da fabricação de aço
25 silício por meio de um processo de refino e lingotamento;

A figura 2 é uma vista lateral esquemática de uma porção da máquina de lingotamento contínuo da figura 1;

As figuras 3A-3C ilustram uma planilha mostrando uma modalidade do processo de lingotamento contínuo da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Para entender a operação dos métodos e produto revelados, inúmeras modalidades são descritas pela referência aos desenhos anexos. Não se pretende que haja nenhuma limitação ao escopo da invenção reivindicada.

5 Tais alterações e modificações adicionais nas modalidades ilustradas e tais aplicações adicionais do método e produto são contempladas como ocorreriam aos versados na técnica de produção de aço.

Referindo-se agora à figura 1, aço silício é refinado e lingotado no processo 10 mostrado. O processo 10 inclui um forno elétrico a arco 12 (EAF) no qual aço líquido é produzido. Do EAF 12, o aço líquido é transferido pela panela para um forno de metalurgia de panela ou desgaseificador de forno a vácuo 14 (LMF ou VTD)), em que o refino do aço líquido é completado antes do lingotamento contínuo em uma placa. Painéis de aço líquido adequado para lingotamento são então transferidas do LMF ou VTD 14 para uma máquina de lingotamento contínuo de placas 16 em que o aço líquido refinado é lingotado em placas de aço contínuas.

A panela 18 de aço líquido não refinado 24 é roteada do EAF 12 para o LMF ou VTD 14 para refinar o aço líquido em uma forma adequada para lingotamento pela máquina de lingotamento contínuo 16. Em termos gerais, como visto na figura 2, lingotar aço continuamente em uma máquina de lingotamento de placas como esta envolve introduzir metal líquido que é suprido durante uma operação de lingotamento por gravidade da panela 18 a um distribuidor 32, através de uma válvula gaveta 44 e válvula de saída 45. Do distribuidor 43, o metal líquido é suprido por gravidade através da válvula gaveta 46 e da válvula de saída 47 a uma válvula submersa (SEN) 48 na máquina de lingotamento contínuo 16. Metal líquido é introduzido na extremidade esquerda do distribuidor a partir da panela 18 por meio de uma válvula de saída 45 e da válvula gaveta 44. Na base do distribuidor 43, existe uma saída 46 no piso do distribuidor para permitir que metal líquido escoe do

distribuidor por meio de uma válvula de saída 47 para o SEN 48. O distribuidor 43 é equipado com uma haste do tampão 42 e a válvula gaveta para abrir e fechar seletivamente a saída do distribuidor e controlar efetivamente o fluxo de metal através da saída. Do SEN 48, metal líquido
5 escoa primeiro através de um molde 55 e em seguida através de uma série de rolos de suporte 53 e jatos de resfriamento 51.

No lingotamento de placas aqui descrito, o aço é em geral submetido a desoxidação por alumínio, que resulta na formação de inclusões de Al_2O_3 sólidas no aço. A seguir no processo de refino, o aço líquido
10 desoxidado na panela 18 é dessulfurado. Depois da dessulfuração, o aço é tratado com cálcio para modificar as inclusões de Al_2O_3 e/ou de espinélio sólidas em inclusões de Ca-alumina líquidas. Após o refino, o aço líquido dessulfurado e tratado com cálcio e desoxidado na panela 18 é transferido para a máquina de lingotamento contínuo 16.

15 No método revelado, a quantidade de cálcio no ferrossilício (aditivo de silício) necessário é levada em conta durante o refino do aço líquido. A seguir, considerar-se-á FeSi como aditivo de silício.

Primeiro, a concentração de cálcio na fonte de ferrossilício é determinada. Em seguida, a quantidade de ferrossilício que é necessária para
20 adição ao aço líquido para atingir a concentração de silício desejada no aço acabado e a quantidade de cálcio na quantidade exigida de ferrossilício é calculada. Se a quantidade de cálcio for maior que a quantidade exigida (por exemplo, 16,8 ppm durante operações normais sem ser de início de operação), a quantidade exigida de ferrossilício é dividida em duas porções, uma porção
25 inicial e uma porção final. A porção final é a quantidade de ferrossilício que contém a quantidade desejada de cálcio no aço acabado. A porção inicial é a quantidade de ferrossilício contendo a quantidade em excesso de cálcio não desejada no aço líquido acabado. Em geral, fontes desejadas de ferrossilício contêm menos que 1,8% de cálcio ou menos de 1% de cálcio; embora isto

seja desejado, outras concentrações maiores que 1,8% podem também ser usadas neste método revelado de formar e refinar aço silício.

A porção de ferrossilício inicial, $\text{FeSi}_{\text{inicial}}$, é adicionada inicialmente durante desoxidação do aço com Al ou inicialmente durante o refino no forno de metalurgia de panela (LMF) ou desgaseificador de tanque a vácuo (VTD), tipicamente antes ou durante a dessulfuração, de maneira que o cálcio no ferrossilício adicionado inicialmente possa combinar com enxofre e outras impurezas, e migrar para a escória. Por exemplo, o cálcio no ferrossilício adicionado inicialmente pode reagir com enxofre, formando CaS que migra para a escória que é formada durante o refino e é removido como parte desta. A porção de ferrossilício final $\text{FeSi}_{\text{final}}$ é adicionada finalmente no processo de refino, depois que a dessulfuração tiver sido completada, tipicamente em menos que 0,01% de S em peso. O cálcio adicionado ao LMF ou VTD a partir da porção $\text{FeSi}_{\text{final}}$ modifica as inclusões de alumina sólidas em inclusões líquidas e reduz a incidência de entupimento e estrangulamento da válvula na válvula submersa. Uma vez que qualquer excesso de cálcio presente na quantidade total de ferrossilício adicionado no LMF ou VTD tenha sido removida durante a dessulfuração pela adição da porção de excesso, $\text{FeSi}_{\text{inicial}}$, durante a dessulfuração, a incidência de desgaste em excesso na haste do tampão é reduzida.

Quando o cálcio presente na quantidade exigida de FeSi for igual ou menor que a quantidade exigida de cálcio no aço acabado, somente uma adição de ferrossilício, $\text{FeSi}_{\text{final}}$ é feita durante o refino. Esta única adição final de ferrossilício é feita depois da dessulfuração. No caso em que o cálcio presente na quantidade exigida de FeSi é menor que a quantidade exigida, uma quantidade adicional de cálcio, tipicamente na forma de arame de cálcio, é adicionada com a quantidade exigida de FeSi .

Em campanhas de lingotamento usando o método de formar e refinar aços silício descrito, observou-se que as campanhas de ligação foram

estendidas para 18 corridas, que é o limite típico para a válvula submersa (SEN) antes da troca. Com o uso dos processos iniciais de adição da quantidade exigida de ferrossilício depois da dessulfuração e seguido pela adição da quantidade exigida de cálcio, também feita depois da dessulfuração, o desgaste da haste do tampão normalmente seria o fator limitante, e limitou a campanha do lingotamento a 10 corridas.

As figuras 3A-3C mostram uma planilha do Excel® ilustrando uma modalidade deste método de refino de aço silício de acordo com a presente invenção. Uma etapa inicial neste processo é determinar a concentração de cálcio na fonte de ferrossilício. Cinco padrões de ferrossilício contendo concentrações conhecidas de cálcio, 0,064%, 0,14%, 0,43%, 0,65% e 1,8% foram obtidos. Esses padrões foram usados para calibrar um analisador de escória no local, permitindo a rápida análise no local de ferrossilício quando o ferrossilício foi recebido. Esta calibração permitiu o processamento mais rápido do ferrossilício recebido, de forma que as quantidades de ferrossilício pudessem ser facilmente armazenadas e usadas de acordo com a necessidade sem esperar a análise fora do local antes do uso.

Uma vez que as concentrações de cálcio e silício no ferrossilício são conhecidas, as concentrações são alimentadas na planilha em 101 e 103, respectivamente. A concentração desejada de silício no aço acabado é alimentada em 105. A quantidade total 107 de ferrossilício exigida é então calculada. A quantidade total 107 de ferrossilício exigida, $FeSi_{exigida}$, é baseada no tamanho da corrida 102, multiplicado pela % de silício visada 105 e ajustada para levar em conta a concentração de silício 103 no ferrossilício e o fator de recuperação 121 do ferrossilício da seguinte maneira:

$$(1.0) FeSi_{exigido} = \frac{\text{Tamanho da corrida \% Si visada}}{\% \text{ Si no FeSi}} \bigg/ \% \text{ FeSi recuperado}$$

O ferrossilício total exigido, $FeSi_{exigido}$, é então dividido em uma primeira adição de ferrossilício 111, ou adição inicial, e uma segunda adição de ferrossilício 109, ou adição final. A adição de ferrossilício final,

$FeSi_{final}$, é a quantidade de ferrossilício que contém a quantidade visada Ca_{visada} , 123 de cálcio do ferrossilício total exigido, $FeSi_{exigido}$. A quantidade visada de cálcio, Ca_{visada} , é essa quantidade de cálcio que resulta na operação contínua de cálcio de 16,8 ppm (22,4 ppm de cálcio inicial, no metal refinado no momento do lingotamento. Se o cálcio disponível, $Ca_{disponível}$, no ferrossilício total exigido, $FeSi_{exigido}$, for igual ou menor que a quantidade visada de cálcio, Ca_{visada} , então o Ferrossilício final é igual a $FeSi_{exigido}$ e não existe adição inicial de ferrossilício. Se o cálcio disponível, $Ca_{disponível}$, no ferrossilício total exigido for maior que a quantidade visada de cálcio, Ca_{visada} , então ferrossilício_{final} é essa quantidade de ferrossilício que contém a quantidade visada de cálcio, Ca_{visado} . Especificamente, esta quantidade pode ser calculada dividindo o cálcio visado, Ca_{visado} , pelo cálcio disponível, $Ca_{disponível}$, multiplicado pelo ferrossilício total exigido, $FeSi_{exigido}$.

$$(2.0) \quad Se \quad Ca_{disponível} \leq Ca_{visado}$$

$$15 \quad FeSi_{final} = FeSi_{exigido}; \quad FeSi_{inicial} = 0$$

$$(2.1) \quad Ca_{disponível} = FeSi_{exigido} * \text{concentração de Ca no ferrossilício} * Ca_{\text{recuperação de ferrossilício}}$$

$$(3.0) \quad Se \quad Ca_{disponível} > Ca_{visado}$$

$$FeSi_{final} = \frac{Ca_{visado}}{Ca_{disponível}} * FeSi_{exigido} \quad FeSi_{inicial} = FeSi_{exigido} - FeSi_{final}$$

No caso em que o cálcio, $Ca_{disponível}$, presente no ferrossilício total exigido, $FeSi_{exigido}$, for menor que a quantidade de cálcio exigida, $Ca_{exigida}$, 123, cálcio adicional é adicionado, normalmente na forma de arame de cálcio com a porção $FeSi_{final}$ ferrossilício. Por conveniência, o cálcio adicional exigido 113, $Ca_{adicional}$, é calculado em pés de arame de cálcio, em virtude de uma maneira típica de adicionar qualquer cálcio adicional ser pela adição de arame de cálcio. Outras unidades de medição, tais como libras, quilogramas, etc., poderiam também ser usadas.

$$(4.0) \quad Ca_{adicional} = Ca_{visado} - Ca_{disponível}$$

A figura 3A ilustra uma situação em que o cálcio disponível, $Ca_{disponível}$, é maior que o cálcio exigido, Ca_{visado} . Nesta situação, o ferrossilício exigido, $FeSi_{exigido}$, é dividido em uma porção final, $FeSi_{final}$ de 1.226 libras (556 kg) e uma porção inicial, $FeSi_{inicial}$, de 252 libras (114,3 kg). A figura 3B

5 ilustra uma situação em que o cálcio disponível do ferrossilício, $Ca_{disponível}$, é menor que o cálcio exigido, Ca_{visado} . Nesta situação, não existe porção inicial, $FeSi_{inicial}$, de ferrossilício, e cálcio adicional, $Ca_{adicional}$, de 118 pés (35,97 m) de arame de cálcio é exigido. Este cálcio adicional é adicionado ao metal líquido quando a porção final de ferrossilício, $FeSi_{final}$, é adicionada. A figura

10 3C mostra uma situação em que o cálcio disponível no ferrossilício total exigido, $Ca_{disponível}$, é igual ao cálcio exigido, Ca_{visado} . Nesta situação, não é exigido nenhum cálcio adicional, $Ca_{adicional}$, e a porção inicial de ferrossilício, $FeSi_{inicial}$, é zero.

Os métodos revelados de fabricação de aço silício reduzem o

15 custo de fabricação de aço, substituindo arame de cálcio por ferrossilício contendo cálcio e estendendo a campanha do lingotamento para cerca de 18 corridas. Estimou-se que as reduções de custo por tonelada de aço usando os métodos revelados é cerca de \$2 por tonelada, aproximadamente a metade por causa do menor uso de arame de cálcio e aproximadamente a metade por

20 causa do aumento na campanha de lingotamento.

Com base na revelação apresentada, deve ficar agora aparente que o método da presente invenção realizará os objetivos apresentados aqui. Portanto, deve-se entender que qualquer variação evidente cai no escopo da invenção reivindicada e assim a seleção de elementos componentes

25 específicos pode ser determinada sem fugir do espírito da invenção aqui revelada e descrita.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de fabricar aço silício com um teor de carbono entre 0,003 e 0,5% em peso, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5 a) refinar aço líquido para fabricar aço silício com um teor de silício entre 0,1% e 1,5% em peso pela adição de aditivo de silício contendo cálcio;

b) determinar o valor do teor de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio;

10 c) determinar se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio é maior ou menor que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado;

d) se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio for maior que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado, 15 adicionar a quantidade de aditivo de silício contendo cálcio correspondente ao excesso de cálcio no início do refino para combinar com enxofre e outras impurezas no aço durante o refino;

e) adicionar o aditivo de silício contendo cálcio contendo a quantidade total de cálcio desejada no aço acabado depois da dessulfuração 20 do aço líquido e antes do lingotamento; e

f) se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio não fornecer a quantidade total de cálcio desejada no aço acabado, adicionar uma quantidade adicional de cálcio no aço líquido depois da dessulfuração do aço líquido e antes do lingotamento durante o refino.

25 2. Método de fabricar aço, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o aditivo de silício contendo cálcio é selecionado do grupo consistindo de ferrossilício e silício-manganês de baixo C e suas misturas.

3. Método de fabricar aço, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de que compreende as etapas adicionais de:

g) determinar a quantidade de alumínio no aditivo de silício contendo cálcio; e

h) utilizar a quantidade de alumínio no aditivo de silício contendo cálcio na desoxidação do aço silício líquido no refino.

4. Método de fabricar aço, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o aço silício é selecionado do grupo consistindo de aço acalmado com Al e aço acalmado duplamente com Al-Si.

5. Método de fabricar aço, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente adicionar um aditivo contendo manganês no início do refino.

6. Método de fabricar aço, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de refinar aço líquido ocorre em um forno de metalurgia de panela ou desgaseificador de tanque a vácuo.

7. Aço de baixo carbono lingotado fabricado pelo método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o aço silício contém entre 0,003 e 0,5% de carbono.

8. Aço de baixo carbono lingotado, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o teor de silício fica entre 0,1 e 0,5% em peso.

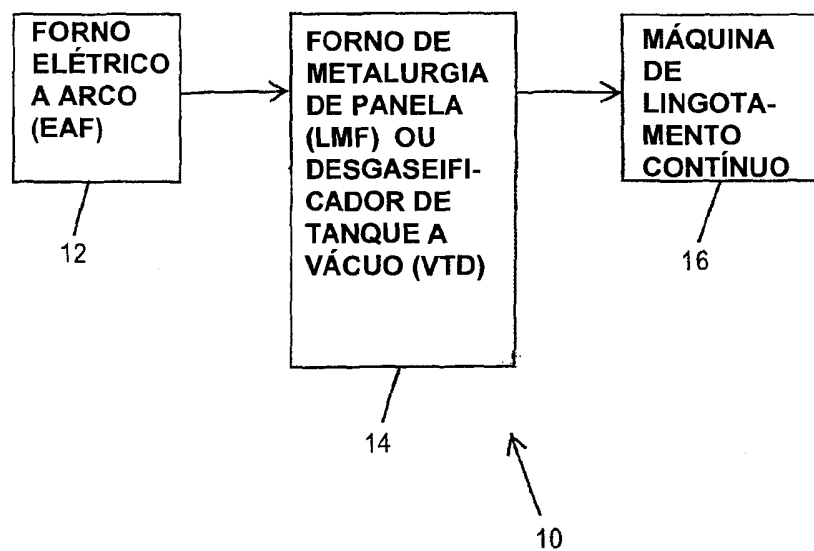
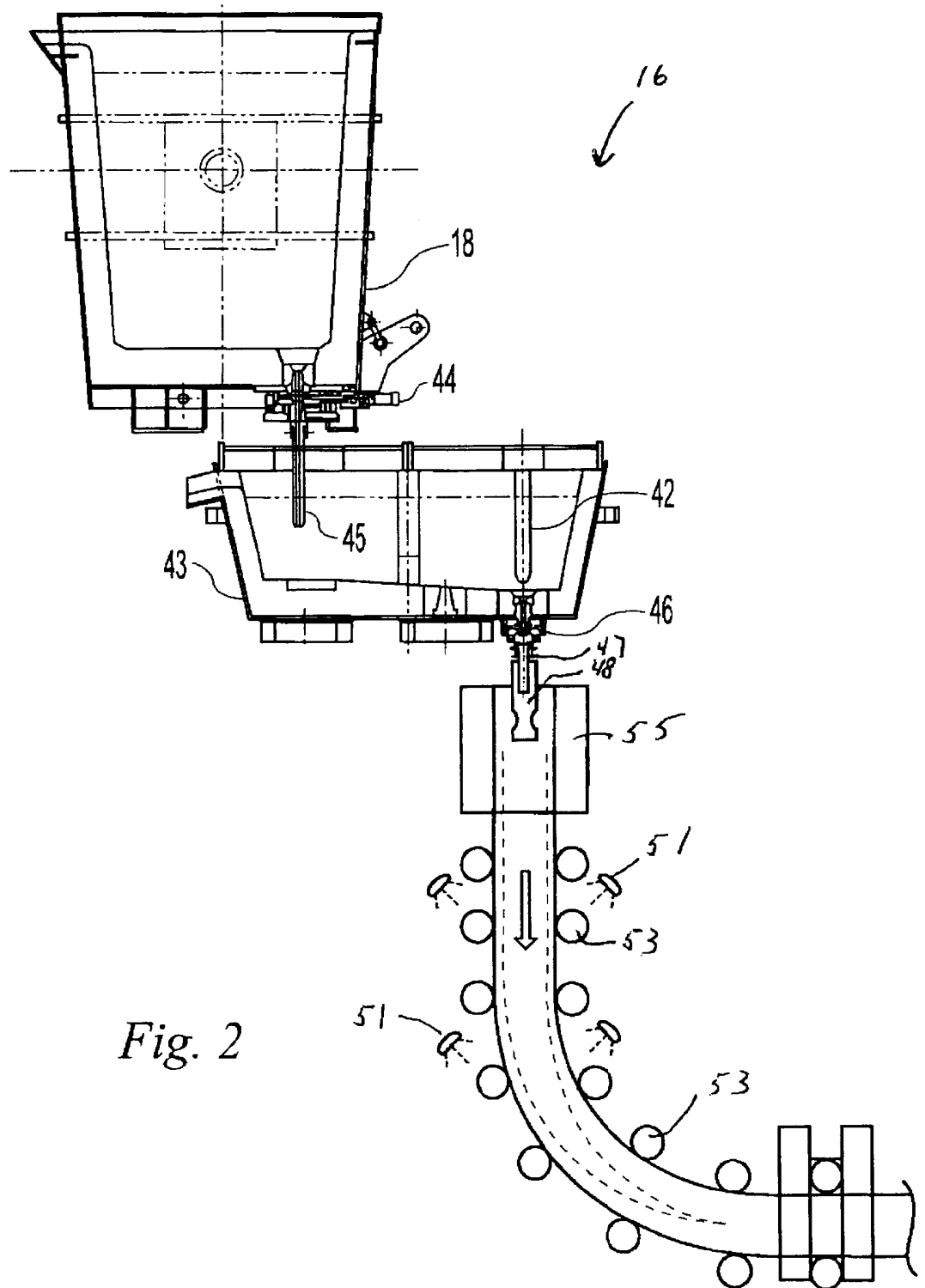


FIG.1



Cálculo de Ca no FeSi para graus contendo Si

Tamanho da corrida 170 $\swarrow$ 102

Divisão Recomendada de FeSi

% FeSi visada	FeSi Total	1º FeSi	Arame TF	2º FeSi	aramé TF
0.3	1478	262	124	1226	600
$\swarrow$ 105			$\swarrow$ 111		
Arame de Ca exigido a mais na alimentação por cima			0		
			$\swarrow$ 113		

Para corridas SU: TF equivalente visado 800
Para corridas PB: TF equivalente visado 600

Composições

Ca em arame de Ca TF

0.038
0.62
75

% Ca no FeSi
% Si no FeSi

$\swarrow$ 101
 $\swarrow$ 103

TF equivalente visado
na segunda adição (tf)

600

$\swarrow$ 123

Fatores de recuperação (%)

FeSi	92
Arame de cálcio TF	25
Ca no FeSi	75

$\swarrow$ 121

FIG. 3A

Cálculo de Ca no FeSi para graus contendo Si

Tamanho da corrida

Composições

Divisão Recomendada de FeSi

% FeSi visada	FeSi Total	1º FeSi	Arame TF	2º FeSi	aramé TF
0.2	986	0	0	986	482

Arame de Ca exigido a mais na alimentação por cima	118
--	-----

Ca em arame de Ca TF	0.038
% Ca no FeSi	0.62
% Si no FeSi	75

TF equivalente visado
na segunda adição (ft)

600

Para corridas Si: TF equivalente visado 800
Para corridas Pb: TF equivalente visado 600

Fatores de recuperação (%)

FeSi	92
Arame de cálcio TF	25
Ca no FeSi	75

FIG. 3B

Cálculo de Ca no FeSi para graus contendo Si

Tamanho da corrida

Divisão Recomendada de FeSi

% FeSi visada	Total FeSi	1º FeSi	Arame TF	2º FeSi	aramé TF
0.25	1232	0	0	1232	600

Arame de Ca exigido a mais na alimentação por cima

Para corridas SU: TF equivalente visado 800
Para corridas PB: TF equivalente visado 600

Composições

Ca em arame de Ca TF	0.038
% Ca no FeSi	0.617
% Si no FeSi	75

TF equivalente visado
na segunda adição (lt)

Fatores de recuperação (%)

FeSi	92
Arame de cálcio TF	25
Ca no FeSi	75

FIG. 3C

RESUMO**“MÉTODOS DE FABRICAR AÇO SILÍCIO E AÇO BAIXO CARBONO LINGOTADO”**

É descrito um método para formar e refinar aço silício líquido
5 pela adição de um aditivo de silício contendo cálcio. O método compreende
determinar se a quantidade de cálcio no aditivo de silício contendo cálcio é
maior ou menor que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado. Se ela
for maior que a quantidade de cálcio desejada no aço acabado, adicionar a
quantidade de aditivo de silício contendo cálcio correspondente ao excesso de
10 cálcio inicialmente durante a desoxidação do aço ou no refino para combinar
com oxigênio, enxofre e outras impurezas no refino, e adicionar o aditivo de
silício contendo cálcio no aço acabado depois da dessulfuração do aço líquido
e antes do lingotamento. Se a quantidade de cálcio no aditivo de silício
contendo cálcio não fornecer a quantidade total de cálcio desejada no aço
15 acabado, adicionar uma quantidade adicional de cálcio no aço líquido depois
da dessulfuração do aço líquido e antes do lingotamento durante o refino.