



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0903505-2 B1**



**(22) Data do Depósito:** 18/08/2009

**(45) Data de Concessão:** 01/10/2019

**(54) Título:** PÓ FLUXANTE PARA LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE AÇO

**(51) Int.Cl.:** B22D 11/108; B22D 11/00; C21C 7/076.

**(30) Prioridade Unionista:** 07/07/2009 JP 2009-160599.

**(73) Titular(es):** NIPPON STEEL CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** MASAHIITO HANAO; MASAYUKI KAWAMOTO.

**(86) Pedido PCT:** PCT JP2009064429 de 18/08/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2011/004507 de 13/01/2011

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 30/11/2009

**(57) Resumo:** MÉTODO DE FLUXO DE MOLDE PARA LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE AÇO A presente invenção refere-se ao método e fluxo de molde para lingotamento contínuo de aço que contém SiO<sub>2</sub>, T.CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO como componentes principais, um ou dois ou mais óxidos de metais alcalinos, e também o constituinte F, enquanto a razão do teor de T.CaO para o teor de SiO<sub>2</sub> sendo de O, 7 a 2,0, o teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sendo 35% ou menos, o teor de MgO sendo 20% ou menos, o teor molar dos óxidos de metais alcalinos sendo 8% ou menos, o teor de F sendo 7% ou menos, caracterizado pelo fato de que cada um dos teores expressos pelas fórmulas (b) a (e) abaixo satisfaz a fórmula (a):  $0,63 + 2,51 \times Y_{Al2O3}$  menor igual a  $Y_{CaO}/Y_{SiO2}$  menor igual a  $1,23 + 2,51 \times Y_{Al2O3}$  ... (a),  $Y_{SiO2} = X_{SiO2}/(X_{SiO2} + X_{CaO} + X_{Al2O3} + X_{MgO})$  ... (b),  $Y_{CaO} = X_{CaO}/(X_{SiO2} + X_{CaO} + X_{Al2O3} + X_{MgO})$  ... (c),  $Y_{Al2O3} = X_{Al2O3}/(X_{SiO2} + X_{CaO} + X_{Al2O3} + X_{MgO})$  ... (d), e  $X_{MgO}/(X_{SiO2} + X_{CaO} + X_{Al2O3} + X_{MgO})$  ... (e). O lingotamento contínuo de um tarugo redondo usando-se esse fluxo de molde pode efetivamente evitar a geração de defeitos de microporosidade e fraturas longitudinais.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PÓ FLUXANTE PARA LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE AÇO"**.

**CAMPO TÉCNICO**

[001] A presente invenção refere-se a um pó fluxante para lingotamento contínuo de um tarugo de aço com seção transversal redonda e a um método de lingotamento contínuo usando-se o mesmo.

**FUNDAMENTOS DA TÉCNICA**

[002] Quando um tarugo com seção transversal redonda (doravante indicada como "tarugo redondo") é lingotada continuamente, a casca solidificada no molde engloba bolhas, e defeitos (doravante referidos como "defeitos de microporosidade") a elas atribuíveis são frequentemente gerados na superfície do tarugo redondo. Em adição, o crescimento não-homogêneo da espessura da casca solidificada do tarugo redondo frequentemente provoca fratura longitudinal na superfície do tarugo redondo.

[003] Como método de evitar a geração de defeitos de microporosidade, há um método de tornar a basicidade do pó fluxante igual a ou maior que um valor predeterminado. O pó fluxante é fornecido na superfície do aço fundido para, por exemplo, evitar a oxidação do aço fundido no molde de uma máquina de lingotamento contínuo, ou manter uma boa lubrificação entre o molde e o veio. Tipicamente, ajustar-se a basicidade do pó fluxante para ser 1,0 ou maior e manter-se a sua basicidade de composição pode evitar a oxidação do componente de aço fundido e a geração de bolhas de CO.

[004] Um método de introdução do pó fluxante em um vão entre a superfície do molde e a casca solidificada de um tarugo redondo ao longo da superfície do molde para cristalizar a película resultante está disponível como um método de evitar a ocorrência de fratura longitudinal. Cristalizar a película e assim aumentar a resistência térmica permite que a casca solidificada seja resfriada suavemente e

cresça uniformemente.

[005] O pó fluxante que evita a ocorrência de defeitos de microporosidade ou fratura longitudinal no lingotamento contínuo de um tarugo redondo está descrito, por exemplo, nos Documentos de Patente 1 a 7.

[006] O Documento de Patente 1 descreve um método de suprimir a oxidação de Mn no aço fundido. É um método de aumentar o valor da razão da fração de massa (doravante também referida como "basicidade") relativa ao  $\text{SiO}_2$  de T.CaO no pó fluxante (pó de molde) para 1,0 ou mais. O teor de T.CaO refere-se ao teor de CaO no pó fluxante no qual seu teor de cálcio no pó fluxante é totalmente convertido ao do óxido de cálcio. O Documento de Patente 1 também descreve um método de ajustar a temperatura de solidificação do pó fluxante para estar em uma faixa específica e um método de ajustar a viscosidade do pó fluxante para estar em uma faixa predeterminada ajustando-se o teor de MgO para ser 5 a 15%, o teor de  $\text{Na}_2\text{O}$  para ser 4 a 15% e o teor de F para ser 5% ou menos.

[007] O Documento de Patente 2 descreve um método de ajustar a taxa de fundição do pó fluxante de modo que a capacidade de lubrificação no molde seja mantida mesmo quando se mistura um carbonato tendo um teor especificado com o pó fluxante tendo uma basicidade de 0,9 a 1,3 e executando-se o lingotamento a uma alta velocidade de 2 m/min ou maior.

[008] O Documento de Patente 3 descreve um método de ajuste da basicidade do fluxo a 0,6 a 0,9 para evitar a formação de bordas em um molde (vão de ar entre o molde e a casca solidificada). A patente também descreve um método de evitar a fratura longitudinal pelo aumento do ponto de fusão do pó fluxante para 1423K ou mais e então suavemente resfriar a casca solidificada após o teor de  $\text{Na}_2\text{O}$  no pó fluxante ser ajustado em 5% ou menos e o teor de F em 1,0 a 7,0%.

[0009] O Documento de Patente 4 descreve um método de aumentar a resistência térmica necessária para resfriamento suave pela promoção da cristalização de akermanita na película presente entre o molde e a casca solidificada.

[0010] O Documento de Patente 5 descreve um método para evitar a oxidação de elementos da composição no aço fundido e o aprisionamento do pó fluxante no aço fundido pela dissolução de gelenita na akermanita para converter a composição da fase cristal em melilita e aumentar a basicidade para 1,1 ou mais sem diminuir a viscosidade. O melilita é uma solução sólida de akermanita ( $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ ) e gelenita ( $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ ).

[0011] O Documento de Patente 6 descreve um método de estabilizar a cristalização do melilita pelo ajuste do teor total de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{MgO}$ , do teor total de óxidos de metais alcalinos, do teor de F, do teor total de  $\text{FeO}$  e  $\text{MnO}$ , e do teor de S, na faixa de basicidade de 1,0 a 1,5.

[0012] O Documento de Patente 7 descreve um método de ajuste do teor total de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{MgO}$  e do teor de  $\text{TiO}_2$  na faixa de basicidade de 1,1 a 1,6 para assim promover a cristalização do melilita para então ajustar a relação de teor entre F,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{Li}_2\text{O}$  para precipitar cuspidina ( $\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7\text{F}_2$ ) ao mesmo tempo. Esse método é considerado como sendo capaz de estabilizar a cristalização do melilita e superar uma mudança instável na viscosidade.

#### DOCUMENTOS DA TÉCNICA ANTERIOR

#### DOCUMENTOS DE PATENTE

Documento de Patente 1: Publicação de Pedido de Patente Japonesa nº 04-224063

Documento de Patente 2: Patente Japonesa nº 2671644

Documento de Patente 3: Patente Japonesa nº 2985671

Documento de Patente 4: Patente Japonesa nº 3656615

Documento de Patente 5: Patente Japonesa nº 3637895

Documento de Patente 6: Patente Japonesa nº 3997963

Documento de Patente 7: Publicação de Pedido de Patente Japonesa nº 2007-185671

## SUMÁRIO DA INVENÇÃO

### PROBLEMAS A SEREM RESOLVIDOS PELA INVENÇÃO

[0013] É necessário cristalizar estavelmente o melilita em uma película de pó fluxante formada entre o molde e a casca solidificada para garantir a lubrificação entre o molde e o tarugo redondo e a estabilidade desse efeito de resfriar suavemente a casca solidificada. Entretanto, a estabilidade tanto na cristalização do melilita quanto no efeito de resfriamento da casca solidificada deve mudar dependendo das condições de lingotamento tais como o grau do aço dos tarugos redondos, a velocidade de lingotamento e a limpeza do aço fundido. Os métodos descritos nos documentos de patente descritos acima não são ainda suficientes para manter a estabilidade e outras melhorias precisam ser feitas, o que permanece um problema a ser resolvido.

[0014] A presente invenção foi feita em consideração ao problema acima, e um de seus objetivos é fornecer um pó fluxante para lingotamento contínuo de um tarugo redondo eficaz para evitar defeitos de microporosidade e a geração de fraturas longitudinais. Em adição, um outro objetivo da invenção é fornecer um pó fluxante que apresente mais vantagens excelentes no resfriamento suave da casca solidificada e na estabilidade das propriedades físicas do fluido por também estabilizar a cristalização de melilita. Ainda outro objetivo da invenção é fornecer um método de lingotamento contínuo usando o pó fluxante.

### MEIOS PARA RESOLVER OS PROBLEMAS

[0015] A basicidade é um parâmetro importante para ajustar o grau de cristalização do pó fluxante. Entretanto, a razão adequada da basicidade é diferente conforme a fase cristalina-alvo a ser promovida na cristalização. Além disso, a faixa adequada da basicidade varia

diferentemente dependendo dos teores dos componentes diferentes de CaO e SiO<sub>2</sub> no pó fluxante.

[0016] Em particular, quando a fase cristalina que é almejada para a promoção da cristalização é melilita, a faixa adequada varia de maneira complexa dependendo dos teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO que são constituintes do melilita e também dos teores de Na<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O e F como sendo solventes em parte.

[0017] Entretanto, é justamente nos métodos convencionais descritos acima, que a faixa de basicidade para promover a cristalização do melilita é especificada em uma faixa constante tal como 1,0 a 1,5 ou 1,1 a 1,6 independentemente dos teores de cada componente no pó fluxante, e o impacto do teor de cada componente não é considerado.

[0018] Então, os presentes inventores consideraram que um efeito mais estável do resfriamento suave deveria ser alcançado no lingotamento contínuo se a faixa de basicidade adequada para a cristalização do melilita que varia de maneira complexa fosse capaz de ser prevista adequadamente enquanto se consideram os teores de cada componente do pó fluxante.

[0019] No pó fluxante quando um tarugo redondo é lingotado, o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é conhecido como sendo um componente que apresenta grande variação na variação de teor. Em adição, o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é um constituinte do melilita e tem influência direta na cristalização do melilita. Por isso, os inventores prestaram atenção na dependência da mudança de composição do melilita no teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

[0020] Conforme descrito acima, o melilita é uma solução completamente sólida de akermanita (Ca<sub>2</sub>MgSi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) e gellenita (Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub>). No melilita, a mudança na composição conduzindo de akermanita para gellenita como sendo o ponto de partida é considerado proceder pela substituição de MgSiO<sub>3</sub> na akermanita por Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Em adição, essa mudança na composição parece ser devida a um aumento

no teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e também uma diminuição do teor de  $\text{MgO}$  e a um aumento na basicidade.

[0021] Em outras palavras, quando o melilita é feito estar estavelmente presente no pó fluxante, a basicidade parece ser desejavelmente aumentada de acordo com o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no pó fluxante. Isto permitiu que os presentes inventores chegassem a esclarecer a relação quantitativa entre a basicidade e o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no pó fluxante e assim estabilizar o melilita.

[0022] Aqui, quando a basicidade do pó fluxante é ajustada, deve ser considerado em que forma o F (flúor) está presente no pó fluxante.

[0023] F é tipicamente misturado no pó fluxante como  $\text{CaF}_2$  ou  $\text{NaF}$ . Mesmo quando ou  $\text{CaF}_2$  ou  $\text{NaF}$  é misturado, F no pó fluxante tem afinidade mais forte com metais alcalinos se comparado ao Ca em um estado no qual o pó fluxante é fundido a uma alta temperatura e principalmente, a reação da fórmula (A) abaixo é considerada ocorrer.

[0024]  $(\text{CaF}_2) + (\text{Na}_2\text{O}) \rightarrow (\text{CaO}) + 2(\text{NaF}) \dots (\text{A})$

[0025] Em relação a isso, é considerado que F é aglutinado preferencialmente com o metal alcalino, e o restante de F deve ser aglutinado com Ca. Além disso, é adequado considerar que o Ca que não se aglutina com o F está presente em um óxido.

[0026] Os presentes inventores descobriram, com base na discussão acima, que a basicidade do pó fluxante avaliado enquanto se considera que a presença de F é também eficaz, por exemplo, não apenas quando uma fase cristalina tal como cuspidina ( $\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7\text{F}_2$ ) incluindo F é tornado estavelmente presente, mas também quando a composição do pó fluxante na qual o melilita está estavelmente presente é adequadamente previsto.

[0027] A presente invenção foi feita na base das descobertas acima, e a essência da invenção consiste no pó fluxante para lingotamento contínuo de aço de (1) abaixo e um método de lingotamento contínuo

de aço de (2) abaixo.

(1) Pó fluxante para lingotamento contínuo um aço que contenha  $\text{SiO}_2$ , T.CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e MgO como componentes principais, um ou dois ou mais óxidos metálicos alcalinos, e também o constituinte F, enquanto, em % em massa, a razão "T.CaO/ $\text{SiO}_2$ " do teor de T.CaO para o teor de  $\text{SiO}_2$  sendo de 0,7 a 2,0, o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sendo 35% ou menos, o teor de MgO sendo 20% ou menos, o teor total de óxidos metálicos alcalinos sendo 8% ou menos, e o teor de F sendo 7% ou menos, caracterizado pelo fato de que cada razão de fração de massa expressa pelas fórmulas (b) a (e) abaixo satisfaz a fórmula (a):

$$0,63 + 2,51 \times Y_{\text{Al}_2\text{O}_3} \leq Y_{\text{CaO}}/Y_{\text{SiO}_2} \leq 1,23 + 2,51 \times Y_{\text{Al}_2\text{O}_3} \dots (a),$$

onde,

$$Y_{\text{SiO}_2} = X_{\text{SiO}_2}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (b)$$

$$Y_{\text{CaO}} = X_{\text{CaO}}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (c)$$

$$Y_{\text{Al}_2\text{O}_3} = X_{\text{Al}_2\text{O}_3}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (d) \text{ e}$$

$$Y_{\text{MgO}} = X_{\text{MgO}}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (e).$$

em adição,

$$X_{\text{CaF}_2} = (W_F - 1,27 \times W_{\text{Li}_2\text{O}} - 0,613 \times W_{\text{Na}_2\text{O}} - 0,403 \times W_{\text{K}_2\text{O}}) \times 2,05 \dots (f)$$

$$X_{\text{CaO}} = W_{\text{T.CaO}} - X_{\text{CaF}_2} \times 0,718 \dots (g)$$

$$X_{\text{SiO}_2} = W_{\text{SiO}_2} \dots (h)$$

$$X_{\text{Al}_2\text{O}_3} = W_{\text{Al}_2\text{O}_3} \dots (i) \text{ e}$$

$$X_{\text{MgO}} = W_{\text{MgO}} \dots (j),$$

dado que  $W_{\text{T.CaO}}$  denota o teor de T.CaO, da mesma forma,  $W_F$  o teor de F, e  $W_{\text{Li}_2\text{O}}$ ,  $W_{\text{Na}_2\text{O}}$  e  $W_{\text{K}_2\text{O}}$ , respectivamente, os teores de  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  que são óxidos metálicos alcalinos,  $W_{\text{SiO}_2}$  o teor de  $\text{SiO}_2$ ,  $W_{\text{Al}_2\text{O}_3}$  o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , e  $W_{\text{MgO}}$  o teor de MgO, em termos de % em massa.

[0028] No pó fluxante para lingotamento contínuo de aço descrito em (1) acima, um ou mais entre  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZrO}_2$  estão contidos e o teor total pode ser 8% em massa ou menos.

(2) Um método de lingotamento contínuo de aço,

caracterizado pelo fato de que um tarugo redondo é lingotado usando-se um pó fluxante para o lingotamento contínuo descrito em (1) acima.

[0029] No método de lingotamento contínuo o aço descrito em (2) acima, a quantidade específica de água de resfriamento está preferivelmente na faixa de 0,2 s 1,6 l/kg quando o aço lingotado é submetido a um resfriamento secundário usando-se água.

[0030] Na descrição aqui, "%" que é usado nas composições dos componentes e nas concentrações (teores) para o aço e o pó fluxante significa "% em massa".

#### VANTAGENS DA INVENÇÃO

[0031] De acordo com o pó fluxante para o lingotamento contínuo de aço da presente invenção, a cristalização do melilita no pó fluxante pode ser estabilizada para assim evitar defeitos de porosidade e fraturas longitudinais a serem geradas na superfície do tarugo redondo. Em particular, a cristalização do melilita pode ser também estabilizada especificando-se a composição do pó fluxante (basicidade) de acordo com o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Em adição, de acordo com o método de lingotamento contínuo de aço da presente invenção, um tarugo redondo de alta qualidade que não tenha nem defeitos de microporosidade nem fraturas longitudinais na superfície pode ser estavelmente produzida.

#### MELHOR FORMA DE EXECUÇÃO DA INVENÇÃO

##### 1. Faixa de composição do pó fluxante e razão para sua limitação

##### Faixa de composição do pó fluxante

[0032] O pó fluxante da presente invenção inclui  $\text{SiO}_2$ , T.CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e MgO como principais componentes. O pó fluxante também inclui um ou dois ou mais entre óxidos de metais alcalinos e também F. Em adição,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ , MnO ou similar pode ser adicionado, conforme necessário, ao pó fluxante para o controle da temperatura de solidificação, viscosidade, tensão da superfície e similares.

[0033] Para esses componentes principais, a faixa de T.CaO/ $\text{SiO}_2$ ,

que é a razão de  $W_{CaO}$  como o teor de T.CaO para  $W_{SiO_2}$  como o teor de  $SiO_2$  (basicidade) no pó fluxante, é de 0,7 a 2,0,  $W_{Al_2O_3}$  como o teor de  $Al_2O_3$  é 35% ou menos, e  $W_{MgO}$  como o teor de  $MgO$  é 20% ou menos. Adicionalmente, o teor total dos óxidos de metais alcalinos é 8% ou menos, e  $W_F$  como o teor de F é 7% ou menos.

[0034] Além disso, entre cada um dos componentes das frações de massa  $Y_{SiO_2}$ ,  $Y_{CaO}$ ,  $Y_{Al_2O_3}$  e  $Y_{MgO}$  expressos em  $SiO_2$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  e  $MgO$  de um sistema quaternário representado por (b) a (e) abaixo, a condição da fórmula (a) abaixo é tornada satisfeita:

$$0,63 + 2,51 \times Y_{Al_2O_3} \leq Y_{CaO}/Y_{SiO_2} \leq 1,23 + 2,51 \times Y_{Al_2O_3} \dots (a)$$

$$Y_{SiO_2} = X_{SiO_2}/(X_{SiO_2} + X_{CaO} + X_{Al_2O_3} + X_{MgO}) \dots (b)$$

$$Y_{CaO} = X_{CaO}/(X_{SiO_2} + X_{CaO} + X_{Al_2O_3} + X_{MgO}) \dots (c)$$

$$Y_{Al_2O_3} = X_{Al_2O_3}/(X_{SiO_2} + X_{CaO} + X_{Al_2O_3} + X_{MgO}) \dots (d) \text{ e}$$

$$Y_{MgO} = X_{MgO}/(X_{SiO_2} + X_{CaO} + X_{Al_2O_3} + X_{MgO}) \dots (e),$$

em que, quando F está presente no fluxo, em consideração da afinidade do F com os metais alcalinos, o teor efetivo  $X_{CaF_2}$  de  $CaF_2$  é calculado usando-se as fórmulas (f) a (j) abaixo a partir de  $W_F$  como o teor de F e também a partir de  $W_{Li_2O}$ ,  $W_{Na_2O}$  e  $W_{K_2O}$  como os teores de  $Li_2O$ ,  $Na_2O$  e  $K_2O$ , respectivamente, que são óxidos de metais alcalinos. Além disso, o teor efetivo  $X_{CaO}$  de  $CaO$  é calculado.

$$X_{CaF_2} = (W_F - 1,27 \times W_{Li_2O} - 0,613 \times W_{Na_2O} - 0,403 \times W_{K_2O}) \times 2,05 \dots (f)$$

$$X_{CaO} = W_{T.CaO} - X_{CaF_2} \times 0,718 \dots (g)$$

$$X_{SiO_2} = W_{SiO_2} \dots (h)$$

$$X_{Al_2O_3} = W_{Al_2O_3} \dots (i)$$

$$X_{MgO} = W_{MgO} \dots (j)$$

Razão para limitar a basicidade e o teor de  $Al_2O_3$

[0035] Conforme descrito acima, a faixa de basicidade ( $T.CaO/SiO_2$ ) do pó fluxante da presente invenção é de 0,7 a 2,0. Nessa faixa, a basicidade adequada para estabilizar a cristalização do melilita varia dependendo de  $W_{Al_2O_3}$  como o teor de  $Al_2O_3$  conforme descrito acima.

Por causa disso, a basicidade equivalente convertida do pó fluxante ( $Y_{CaO}/Y_{SiO_2}$ ) é ajustada dentro da faixa descrita pela fórmula (a) acima. Isto tem relação com o caso em que a faixa da basicidade equivalente convertida  $Y_{CaO}/Y_{SiO_2}$  adequada para a promoção da cristalização do melilita aumenta com o aumento de  $Y_{Al_2O_3}$ .

[0036] Quando a basicidade do pó fluxante ( $T.CaO/SiO_2$ ) é menor que 0,7 ou maior que 2,0, qualquer caso, mesmo a qualquer teor de  $Al_2O_3$ , resulta na composição do pó fluxante sendo diferente daquela da fase cristalina de akermanita ou gellenita, de modo que a cristalização do pó fluxante torna-se difícil.

[0037] É difícil remover completamente o  $Al_2O_3$  do pó fluxante. Além disso, no pó fluxante durante o lingotamento, o teor de  $Al_2O_3$  é aumentado devido à absorção de inclusões no aço fundido pelo pó fluxante e/ou devido à oxidação do Al no aço fundido.

[0038] Quando a basicidade do pó fluxante é aumentada enquanto estabiliza a cristalização do melilita, é eficaz misturar-se  $Al_2O_3$  na composição inicial do pó fluxante antes do pó fluxante ser usado para lingotamento.

[0039] No pó fluxante, quando o teor de  $Al_2O_3$  excede 35%, a temperatura de solidificação torna-se 1300°C ou mais. Nesse caso, é difícil para o pó fluxante servir como lubrificante, com o que o pó fluxante não pode ser usado para o lingotamento contínuo. Portanto, o teor de  $Al_2O_3$  no pó fluxante é ajustado em 35% ou menos.

[0040] Razão para limitar o teor de  $MgO$

[0041] É eficaz adicionar-se  $MgO$  na composição inicial do pó fluxante para cristalizar a akermanita. No pó fluxante da presente invenção, a faixa de  $W_{MgO}$  como o teor de  $MgO$  é 20% ou menos. No pó fluxante, quando o teor de  $MgO$  excede 20%, a temperatura de solidificação torna-se 1300°C ou mais. Nesse caso, o pó fluxante é difícil de servir como lubrificante, de modo que se torna incapaz de ser usado

para lingotamento contínuo. Por causa disso, o teor de MgO no pó fluxante é ajustado em 20% ou menos. Nessa faixa de teores, a faixa para cristalizar a akermanita é preferivelmente de 5 a 18%, mais preferivelmente de 6 a 15%.

Razão para limitar os teores de óxidos de metais alcalinos e F

[0042] A temperatura de solidificação ou a viscosidade pode ser ajustada pela adição de óxidos metálicos alcalinos e de F ao pó fluxante. Quando os óxidos metálicos alcalinos são excessivamente adicionados ao pó fluxante, eles sinterizam excessivamente no molde, e também possivelmente diminui a taxa de fundição do pó fluxante. Então, o teor de óxidos metálicos alcalinos é ajustado em 8% ou menos.

[0043] Quando F é excessivamente adicionado, a cuspidina é cristalizada em uma quantidade inimaginável em relação ao melilita. Nesse caso, uma vez que a flutuação de temperatura da chapa de cobre como a constituição do molde pode se tornar grande,  $W_F$  como o teor de F é ajustado em 7% ou menos. O teor de F é desejavelmente 6% ou menos, mais desejavelmente 5% ou menos.

Adição de  $TiO_2$  e  $ZrO_2$

[0044] Um ou mais entre  $TiO_2$  e  $ZrO_2$  pode ser adicionado ao pó fluxante da presente invenção. Esses são eficazes para ajuste da viscosidade do pó fluxante.  $ZrO_2$  é mais eficaz para a promoção da cristalização do pó fluxante e redução do desgaste de um bocal imerso. Para a quantidade de adição de  $TiO_2$  e  $ZrO_2$ , o teor total de  $W_{TiO_2}$  como o teor de  $TiO_2$  e de  $W_{ZrO_2}$  como o teor de  $ZrO_2$  é desejavelmente 8% ou menos. Quando o teor de adição é ajustado em excesso de 8%, a temperatura de solidificação ou a viscosidade do pó fluxante aumenta demais, resultando assim na obtenção de uma capacidade insuficiente de lubrificação no molde.

[0045] Supressão da variação de composição durante o lingotamento e adição de MnO

[0046] A adição de MnO no pó fluxante antecipadamente pode ser considerada como um método para reduzir a variação da composição no pó fluxante durante o lingotamento. O teor de MnO no pó fluxante é aumentado pela oxidação de Mn no aço fundido para MnO. A adição de MnO ao pó fluxante efetivamente funciona pelo fato de que um aumento no teor de MnO é suprimido, pelo aumento antecipado da atividade de MnO no pó fluxante.

[0047] Quando o MnO é adicionado ao pó fluxante, o teor de MnO é desejavelmente 5% ou menos. Quando o teor de MnO é ajustado em excesso de 5%, o aprisionamento do pó fluxante no aço fundido no molde é aumentado uma vez que o pó fluxante diminui excessivamente. Fonte de CaO, Fonte de SiO<sub>2</sub>, e fonte de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

[0048] Uma liga CaSi, um metal Si ou uma liga CaAl, respectivamente, pode ser misturado no pó fluxante como uma fonte de CaO, fonte de SiO<sub>2</sub> ou fonte de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Esses metais e ligas são oxidados no molde a uma alta temperatura e finalmente tornam-se óxidos. A geração de calor na oxidação funciona efetivamente para preservar o calor do aço fundido. Óxidos de ferro que servem como aditivo combustível para esses metais e ligas pode ser misturado no pó fluxante.

## 2. Método de lingotamento contínuo

[0049] O método de lingotamento contínuo o aço da presente invenção é um método de lingotamento de um tarugo redondo usando-se pó fluxante para o lingotamento contínuo da presente invenção conforme descrito acima,

Quantidade específica de água de resfriamento para o resfriamento secundário

[0050] No método de lingotamento contínuo da presente invenção a quantidade específica de água de resfriamento para o resfriamento secundário (quantidade de água usada para o resfriamento secundário

por kg de aço lingotado) é desejavelmente de 0,2 a 1,6 l/kg. Se menor que 0,2 l/kg, a redondeza do tarugo redondo (aço lingotado) torna-se pior, enquanto que a produção de tubos com esse tarugo redondo torna-se difícil. Se exceder 1,6 l/kg, a superfície do tarugo redondo é excessivamente resfriada, de modo que fraturas possam ser geradas na superfície quando a curvatura do tarugo redondo dada no lingotamento é retificada.

#### EXEMPLO

[0051] Testes executados para verificar o efeito da presente invenção serão descritos abaixo.

##### 1. Método de teste

##### 1-1. Pó fluxante

[0052] O pó fluxante de 24 espécies de composições mostradas na Tabela 1 é preparado como amostras de teste para executar testes de lingotamento contínuo de tarugos redondos. A Tabela 1 também lista as basicidades ( $T.CaO/SiO_2$ ), as basicidades equivalentes convertidas ( $Y_{CaO}/Y_{SiO_2}$ ) e as faixas de  $Y_{CaO}/Y_{SiO_2}$  especificadas pela fórmula (a) acima, em adição às composições (teores dos componentes).

Tabela 1

| Designação da amostra de teste | Tipo                  | Basicidade (T, CaO/SiO <sub>2</sub> )(-) | Teor do componente (% em massa) |      |                   |                                      |                                     |     | Y <sub>CaO</sub> /Y <sub>SiO<sub>2</sub></sub> | Faixa de Y <sub>CaO</sub> /Y <sub>SiO<sub>2</sub></sub> especificada pela fórmula (a) |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|---------------------------------|------|-------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                       |                                          | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | Li <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> + ZrO <sub>2</sub> | F   |                                                |                                                                                       |
| A                              | Exemplo Comparativo 1 | 0,70                                     | 2,5                             | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>0,59</u>                                    | 0,70 - 1,30                                                                           |
| B                              | Exemplo da Invenção   | 1,10                                     | 3,0                             | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | 0,97                                           | 0,71 - 1,31                                                                           |
| C                              | Exemplo Comparativo 2 | 1,55                                     | 3,3                             | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>1,39</u>                                    | 0,72 - 1,32                                                                           |
| D                              | Exemplo Comparativo 1 | 0,80                                     | 8,0                             | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>0,68</u>                                    | 0,85 - 1,45                                                                           |
| E                              | Exemplo da Invenção   | 1,20                                     | 8,0                             | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | 1,05                                           | 0,85 - 1,45                                                                           |
| F                              | Exemplo Comparativo 2 | 1,75                                     | 8,0                             | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>1,57</u>                                    | 0,85 - 1,45                                                                           |
| G                              | Exemplo Comparativo 1 | 0,70                                     | 15,0                            | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>0,57</u>                                    | 1,05 - 1,65                                                                           |
| H                              | Exemplo Comparativo 1 | 0,90                                     | 15,0                            | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>0,76</u>                                    | 1,05 - 1,65                                                                           |
| J                              | Exemplo da Invenção   | 1,40                                     | 15,0                            | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | 1,22                                           | 1,05 - 1,65                                                                           |
| K                              | Exemplo Comparativo 2 | 1,90                                     | 15,0                            | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>1,69</u>                                    | 1,05 - 1,65                                                                           |
| L                              | Exemplo Comparativo 1 | 1,00                                     | 21,0                            | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>0,84</u>                                    | 1,22 - 1,82                                                                           |
| M                              | Exemplo da Invenção   | 1,55                                     | 21,0                            | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | 1,34                                           | 1,22 - 1,82                                                                           |
| N                              | Exemplo Comparativo 2 | <u>2,10</u>                              | 21,0                            | 13,0 | 1,0               | -                                    | -                                   | 4,0 | <u>1,85</u>                                    | 1,22 - 1,82                                                                           |
| P                              | Exemplo Comparativo 1 | 1,05                                     | 13,0                            | 2,7  | 1,2               | -                                    | -                                   | 5,0 | <u>0,89</u>                                    | 1,00 - 1,60                                                                           |

|   |                       |             |      |      |     |     |     |            |             |             |
|---|-----------------------|-------------|------|------|-----|-----|-----|------------|-------------|-------------|
| Q | Exemplo da Invenção   | 1,45        | 13,0 | 2,7  | 1,2 | -   | -   | 5,0        | 1,25        | 1,00 - 1,60 |
| R | Exemplo Comparativo 2 | 2,00        | 13,0 | 2,7  | 1,2 | -   | -   | 5,0        | <u>1,76</u> | 1,00 - 1,60 |
| S | Exemplo Comparativo 1 | 1,50        | 28,0 | 5,0  | 4,5 | -   | -   | 5,0        | <u>1,36</u> | 1,44 - 2,04 |
| T | Exemplo da Invenção   | 2,00        | 28,0 | 5,0  | 5,4 | -   | -   | 5,0        | 1,87        | 1,44 - 2,04 |
| U | Exemplo Comparativo 2 | <u>2,25</u> | 28,0 | 5,0  | 5,1 | -   | -   | 5,0        | <u>2,09</u> | 1,44 - 2,04 |
| V | Exemplo Comparativo 1 | <u>0,69</u> | 3,0  | 8,0  | 1,0 | -   | -   | 2,0        | <u>0,65</u> | 0,71 - 1,31 |
| W | Exemplo da Invenção   | 0,85        | 3,0  | 8,0  | 1,0 | -   | -   | 2,0        | 0,81        | 0,71 - 1,31 |
| X | Exemplo Comparativo 2 | 1,40        | 3,0  | 8,0  | 1,0 | -   | -   | 2,0        | <u>1,35</u> | 0,71 - 1,31 |
| Y | Exemplo da Invenção   | 1,20        | 13,5 | 9,4  | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 5,0        | 1,13        | 1,02 - 1,62 |
| Z | Exemplo Comparativo 3 | 1,10        | 4,3  | 13,0 | 1,0 | -   | -   | <u>8,0</u> | 0,78        | 0,77 - 1,37 |

Notas: Dados sublinhados na Tabela mostram desvios da faixa do exemplo da invenção.

[0053] As amostras de teste n<sup>os</sup> B, E, J, M, Q, T, W e Y estão na faixa de composição especificada pela presente invenção, e são Exemplos da Invenção.

[0054] As amostras de teste n<sup>os</sup> A, D, G, H, L, P, S e V são exemplos comparativos nos quais o valor de  $Y_{CaO}/Y_{SiO_2}$  desvia da, e abaixo da, faixa especificada pela fórmula (a) acima, que é classificado na Tabela 1 como Exemplo Comparativo 1.

[0055] As amostras de teste n<sup>os</sup> C, F, K, N, R, U e X são Exemplos Comparativos nos quais o valor de  $Y_{CaO}/Y_{SiO_2}$  desvia da, e acima da, faixa especificada pela fórmula (a) acima, que é classificado na Tabela 1 como Exemplo Comparativo 2.

[0056] A amostra de teste n<sup>o</sup> Z é um exemplo comparativo no qual o teor de F desvia da, e acima da, faixa especificada pela presente invenção, o qual é classificado na Tabela 1 como Exemplo Comparativo 3.

[0057] Cada amostra de teste foi aquecida em um cadinho e sua viscosidade a 1.300°C foi medida usando-se um viscosímetro de placa oscilante e também foi medida a temperatura de solidificação. Em adição, após as medições da viscosidade e das temperaturas de solidificação, as propriedades das amostras de teste solidificadas no cadinho foram observadas.

## 1-2. Lingotamento contínuo de tarugos redondos

[0058] Um tarugo redondo foi lingotado usando-se o pó fluxante mostrado na Tabela 1 por meio de um lingotador contínuo do tipo curvo. Entretanto, o pó fluxante do Exemplo Comparativo 2 não foi usado no lingotamento contínuo conforme descrito abaixo. O tarugo redondo tem um diâmetro de seção de 225 mm e compreende um aço de médio carbono tendo um teor de C de 0,10 a 0,23% e um teor de Mn de 0,60 a 1,40%. A velocidade de lingotamento foi ajustada na faixa de 2,0 a 2,4 mm/min.

## 2. Resultados dos Testes

### 2-1. Pó fluxante

[0059] Para os índices de classificação do pó fluxante, são empregadas a temperatura de solidificação, a viscosidade a 1.300°C e as propriedades após a solidificação para cada amostra de teste, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2

| Designação da amostra de teste | Classificação         | Temperatura de solidificação (°C) | Viscosidade a 1300°C (poise) | Propriedades após a solidificação |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| A                              | Exemplo Comparativo 1 | 1155                              | 3,3                          | Opaco                             |
| B                              | Exemplo da Invenção   | 1222                              | 2,2                          | Cristalino (melilita)             |
| C                              | Exemplo Comparativo 2 | >1300                             | -                            | Cristalino (melilita)             |
| D                              | Exemplo Comparativo 1 | 1152                              | 4,5                          | Opaco                             |
| E                              | Exemplo da Invenção   | 1247                              | 3,0                          | Cristalino (melilita)             |
| F                              | Exemplo Comparativo 2 | >1300                             | -                            | Cristalino (melilita)             |
| G                              | Exemplo Comparativo 1 | 1084                              | 7,4                          | Opaco                             |
| H                              | Exemplo Comparativo 1 | 1124                              | 8,6                          | Opaco                             |
| J                              | Exemplo da Invenção   | 1249                              | 4,5                          | Cristalino melilita)              |
| K                              | Exemplo Comparativo 2 | >1300                             | -                            | Cristalino(melilita)              |
| L                              | Exemplo Comparativo 1 | 1148                              | 9,7                          | Opaco                             |

|   |                       |       |     |                                                 |
|---|-----------------------|-------|-----|-------------------------------------------------|
| M | Exemplo da Invenção   | 1232  | 6,8 | Cristalino(melilita)                            |
| N | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | Cristalino<br>(melilita)                        |
| P | Exemplo Comparativo 1 | 1173  | 3,2 | Cristalino<br>(melilita)                        |
| Q | Exemplo da Invenção   | 1218  | 3,2 | Cristalino(melilita)                            |
| R | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | Cristalino(melilita)                            |
| S | Exemplo Comparativo 1 | 1176  | 2,9 | Cristalino(melilita)                            |
| T | Exemplo da Invenção   | 1239  | 3,5 | Cristalino(melilita)                            |
| U | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | Cristalino(melilita)                            |
| V | Exemplo Comparativo 1 | 1104  | 5,5 | Opaco                                           |
| W | Exemplo da Invenção   | 1225  | 5,5 | Cristalino(melilita)                            |
| X | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | Cristalino(melilita)                            |
| Y | Exemplo da Invenção   | 1176  | 5,9 | Cristalino(melilita)                            |
| Z | Exemplo Comparativo 3 | 1143  | 2,2 | Cristalino<br>(melilita +<br><u>cuspidina</u> ) |

[0060] Conforme indicado na Tabela 2, qualquer tipo de pó fluxante que seja de Exemplos da Invenção teve uma temperatura de solidificação de 1.176 a 1.249°C e uma viscosidade a 1.300°C de cerca

de 2 a 7 poises. Em adição, em todas as amostras de teste após a solidificação, o melilita foi precipitado.

[0061] Qualquer tipo de pó fluxante que seja do Exemplo Comparativo 1 teve uma temperatura de solidificação de 1.084 a 1.176°C, que foi menor que aquele do pó fluxante de Exemplos da Invenção, e a amostra de teste após a solidificação foi basicamente opaca.

[0062] Qualquer tipo de pó fluxante que seja do Exemplo Comparativo 2, teve uma temperatura de solidificação de 1.300°C ou mais e foi incapaz de ser usado para lingotamento contínuo.

[0063] Para o molde de fluxo do Exemplo Comparativo 3, cuspidina assim como o melilita foi identificado no cristal da amostra de teste após a solidificação.

## 2-2. Lingotamento contínuo de tarugos redondos

[0064] Conforme mostrado na Tabela 3, os defeitos de microporosidade, fraturas longitudinais e variação da temperatura do molde foram considerados como índices de classificação para lingotamento contínuo de tarugos redondos. A Tabela 3 mostrou as temperaturas de solidificação de todos os tipos de fluxos de molde que foram usados, suas viscosidades a 1.300°C, basicidades e as quantidades específicas de água de resfriamento para o resfriamento secundário no lingotamento, em adição aos índices de classificação. A quantidade específica de resfriamento para resfriamento secundário foi ajustada em 1,2 l/kg como um padrão e a basicidade foi ajustada constante. Entretanto, no teste que usou um pó fluxante da amostra de teste nº J, o lingotamento contínuo foi executado sob três níveis de água de resfriamento como sendo 1,2 , 0,2 e 1,6 l/kg para resfriamento secundário.

Tabela 3

| Designação da amostra de teste | classificação         | Temperatura de solidificação (°C) | Viscosidade a 1300°C (poise) | Basicidade (T,CaO/SiO <sub>2</sub> )(-) | Quantidade específica de água de resfriamento para resfriamento secundário (l/kg) | Defeitos de micro-porosidade | Fratura longitudinal | Variação da temperatura do molde |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| A                              | Exemplo Comparativo 1 | 1155                              | 3,3                          | 0,70                                    | 1,2                                                                               | x                            | Δ                    | Δ                                |
| B                              | Exemplo da Invenção   | 1222                              | 2,2                          | 1,10                                    |                                                                                   | o                            | o                    | o                                |
| C                              | Exemplo Comparativo 2 | >1300                             | -                            | 1,55                                    |                                                                                   | Não usado para lingotamento  |                      |                                  |
| D                              | Exemplo Comparativo 1 | 1152                              | 4,5                          | 0,80                                    |                                                                                   | x                            | Δ                    | o                                |
| E                              | Exemplo da Invenção   | 1247                              | 3,0                          | 1,20                                    |                                                                                   | o                            | o                    | o                                |
| F                              | Exemplo Comparativo 2 | >1300                             | -                            | 1,75                                    |                                                                                   | Não usado para lingotamento  |                      |                                  |
| G                              | Exemplo Comparativo 1 | 1084                              | 7,4                          | 0,70                                    |                                                                                   | x                            | x                    | x                                |
| H                              | Exemplo Comparativo 1 | 1124                              | 8,6                          | 0,90                                    |                                                                                   | x                            | Δ                    | Δ                                |
| J                              | Exemplo da Invenção   | 1249                              | 4,5                          | 1,40                                    | 0,2                                                                               | o                            | o                    | o                                |
|                                | Exemplo da Invenção   | 1249                              | 4,5                          | 1,40                                    |                                                                                   | o                            | o                    | o                                |
| J                              | Exemplo da Invenção   | 1249                              | 4,5                          | 1,40                                    | 1,6                                                                               | o                            | o                    | o                                |
| K                              | Exemplo Comparativo 2 | >1300                             | -                            | 1,90                                    | 1,2                                                                               | Não usado para lingotamento  |                      |                                  |

|   |                       |       |     |      |     |                             |   |   |
|---|-----------------------|-------|-----|------|-----|-----------------------------|---|---|
| L | Exemplo Comparativo 1 | 1148  | 9,7 | 1,00 |     | ○                           | × | Δ |
| M | Exemplo da Invenção   | 1232  | 6,8 | 1,55 |     | ○                           | ○ | ○ |
| N | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | 2,10 | 1,2 | Não usado para lingotamento |   |   |
| P | Exemplo Comparativo 1 | 1173  | 3,2 | 1,05 |     | ○                           | Δ | Δ |
| Q | Exemplo da Invenção   | 1218  | 3,2 | 1,45 |     | ○                           | ○ | ○ |
| R | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | 2,00 |     | Não usado para lingotamento |   |   |
| S | Exemplo Comparativo 1 | 1176  | 2,9 | 1,50 |     | ○                           | Δ | Δ |
| T | Exemplo da Invenção   | 1239  | 3,5 | 2,00 | 1,2 | ○                           | ○ | ○ |
| U | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | 2,25 |     | Não usado para lingotamento |   |   |
| V | Exemplo Comparativo 1 | 1104  | 5,5 | 0,69 |     | ×                           | × | × |
| W | Exemplo da Invenção   | 1225  | 5,5 | 0,85 |     | ○                           | ○ | ○ |
| X | Exemplo Comparativo 2 | >1300 | -   | 1,40 |     | Não usado para lingotamento |   |   |
| Y | Exemplo da Invenção   | 1176  | 5,9 | 1,20 |     | ○                           | ○ | ○ |
| Z | Exemplo Comparativo 3 | 1143  | 2,2 | 1,10 |     | ○                           | × | × |

[0065] Nas colunas de defeitos de microporosidade e fraturas longitudinais na Tabela 3, a marca "○" indica que o tarugo não teve defeitos e era boa, a marca "Δ" indica que o tarugo precisou de condicionamento de superfície, e a marca "x" indica que o tarugo não pode se tornar um produto mesmo com o condicionamento de superfície. Na coluna da variação da temperatura do molde, a marca "○" indica que a variação foi pequena e estável, a marca "Δ" indica que a operação de diminuição da velocidade de lingotamento não foi necessária embora a variação estivesse levemente presente, e a marca "x" indica que a variação foi grande e a operação para diminuição da velocidade de lingotamento foi inevitável.

[0066] Conforme mostrado na Tabela 3, quando qualquer tipo de pó fluxante que seja de Exemplo da Invenção foi usado, todos os índices de classificação tiveram a marca "○", torna-se possível evitar defeitos de microporosidade e fratura longitudinal na superfície dos tarugos redondos, e as variações das temperaturas do molde foram também pequenas e estáveis.

[0067] No lingotamento usando a amostra de teste nº J, o pó fluxante como Exemplo da Invenção, quando a quantidade específica de água de resfriamento para o resfriamento secundário foi diminuída até 0,2 l/kg, a redondeza da seção do tarugo piorou até certo ponto, não apresentando quase nenhuma ameaça de problema. Sob esse aspecto houve o medo de que se a quantidade específica de água de resfriamento tivesse que ser diminuída para também menos de 0,2 l/kg, os processos subsequentes de produção de tubos poderiam ter causado problemas.

[0068] No lingotamento usando a amostra de teste nº J, quando a quantidade específica de água de resfriamento foi aumentada para 1,6 l/kg, a carga do cilindro puxador quando o tarugo redondo foi retirada foi aumentada. Nesse caso, não houve problemas na qualidade do tarugo

redondo. Sob esse aspecto, houve o medo de que quando a quantidade específica de água de resfriamento de 1,6 l/kg fosse também aumentada e um resfriamento ainda mais forte fosse fornecido, as fraturas na superfície do tarugo redondo deveriam ser geradas porque uma tensão intensa deveria ser imposta quando se retificasse a curvatura do tarugo redondo em uma máquina de lingotamento contínuo.

[0069] Entre essas espécies de pó fluxante como Exemplo Comparativo 1, as basicidades das amostras de teste n<sup>os</sup> A, D, G, H e V foram baixas. Então, nos tarugos redondos obtidas utilizando-se esses tipos de pó fluxante, ocorreram esporadicamente defeitos de microporosidade nas superfícies. Nenhum tarugo redondo pode tornar-se produtos mesmo pelo condicionamento de superfície devido à avaliação dos defeitos de microporosidade ser "x".

[0070] Além disso, nos tarugos redondos obtidas usando-se qualquer tipo de pó fluxante como Exemplos Comparativos 1 e 3, a avaliação para fratura longitudinal foi "Δ" ou "x", e a fratura longitudinal foi gerada nas superfícies de várias maneiras. Em particular, os tarugos redondos obtidas usando-se as amostras de teste n<sup>os</sup> G e V tendo uma temperatura de solidificação de cerca de 1100°C ou menos devem ser manuseadas como sucata ou similar porque um a fratura longitudinal aberta é gerada por todo o comprimento do tarugo.

[0071] Quando as amostras de teste nos G e V como Exemplo Comparativo 1 foram usadas, a película formada entre o molde e a casca solidificada foi opaca, de forma que a casca solidificada foi rapidamente resfriada e a espessura da casca solidificada não foi uniforme. Por isso, a variação da temperatura do molde foi particularmente grande e assim um alarme de quebra instalado na máquina de lingotamento contínuo foi disparado, com o que a velocidade de lingotamento teve que ser baixa da ordem de menos de

2,0 mm/min para continuar o lingotamento.

[0072] Na amostra de teste nº Z, ou Exemplo Comparativo 3, a cristalização gerada na película se tornou instável, de modo que a variação da temperatura do molde se torne maior e assim o alarme de quebra foi disparado.

[0073] Nas amostras de teste nos P e S como sendo Exemplo Comparativo 1, a temperatura de solidificação de cada uma delas foi 1.176°C ou menos, que era menor que aquele do pó fluxante do Exemplo da Invenção. Então, mossas e fraturas longitudinais menores foram geradas nos tarugos redondos resultantes, com o que foi necessário o condicionamento da superfície. Além disso, a temperatura do molde variou levemente embora a continuação do lingotamento fosse possível.

#### Aplicabilidade Industrial

[0074] De acordo com o pó fluxante para lingotamento contínuo de aço da presente invenção, a cristalização do melilita no pó fluxante pode ser estabilizada para assim evitar defeitos de microporosidade e fratura longitudinal a serem gerados na superfície do tarugo redondo. Em particular, a composição do pó fluxante (basicidade) é especificada de acordo com o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , de forma que a cristalização do melilita possa ser também estabilizada. Em adição, de acordo com o método de lingotamento contínuo da presente invenção, um tarugo redondo de alta qualidade que não tenha defeitos de microporosidade e de fratura longitudinal na superfície pode ser estavelmente produzida.

[0075] Portanto, o pó fluxante para lingotamento contínuo de aço da presente invenção pode ser amplamente aplicado ao lingotamento contínuo de aço incluindo tarugos redondos.

## REIVINDICAÇÕES

1. Pó fluxante para lingotamento contínuo de aço que contém  $\text{SiO}_2$ , T.CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e MgO como componentes principais, um ou dois ou mais entre óxidos de metais alcalinos, e também o constituinte F, enquanto, em % em massa, a razão "T.CaO/ $\text{SiO}_2$ " do teor de T.CaO para o teor de  $\text{SiO}_2$  sendo de 0,7 a 2,0, o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sendo 21% ou mais e 35% ou menos, o teor de MgO sendo 20% ou menos, o teor total de óxidos de metais alcalinos sendo 8% ou menos, e o teor de F sendo 7% ou menos, caracterizado pelo fato de que:

cada um dos teores expressos pelas fórmulas (b) a (e) abaixo satisfaz a fórmula (a), uma fase cristalina precipitada durante a solidificação sendo melilita,

$$0,63 + 2,51 \times Y_{\text{Al}_2\text{O}_3} \leq Y_{\text{CaO}}/Y_{\text{SiO}_2} \leq 1,23 + 2,51 \times Y_{\text{Al}_2\text{O}_3} \dots (a)$$

em que,

$$Y_{\text{SiO}_2} = X_{\text{SiO}_2}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (b)$$

$$Y_{\text{CaO}} = X_{\text{CaO}}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (c)$$

$$Y_{\text{Al}_2\text{O}_3} = X_{\text{Al}_2\text{O}_3}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (d) \text{ e}$$

$$Y_{\text{MgO}} = X_{\text{MgO}}/(X_{\text{SiO}_2} + X_{\text{CaO}} + X_{\text{Al}_2\text{O}_3} + X_{\text{MgO}}) \dots (e).$$

e onde,

$$X_{\text{CaF}_2} = (W_F - 1,27 \times W_{\text{Li}_2\text{O}} - 0,613 \times W_{\text{Na}_2\text{O}} - 0,403 \times W_{\text{K}_2\text{O}}) \times 2,05 \dots (f),$$

$$X_{\text{CaO}} = W_{\text{T.CaO}} - X_{\text{CaF}_2} \times 0,718 \dots (g),$$

$$X_{\text{SiO}_2} = W_{\text{SiO}_2} \dots (h),$$

$$X_{\text{Al}_2\text{O}_3} = W_{\text{Al}_2\text{O}_3} \dots (i) \text{ e}$$

$$X_{\text{MgO}} = W_{\text{MgO}} \dots (j),$$

dado que  $W_{\text{T.CaO}}$  denota o teor de T.CaO, da mesma forma,  $W_F$  como o teor de F,  $W_{\text{Li}_2\text{O}}$ ,  $W_{\text{Na}_2\text{O}}$  e  $W_{\text{K}_2\text{O}}$ , respectivamente, como os teores de  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  que são óxidos de metais alcalinos,  $W_{\text{SiO}_2}$  como o teor de  $\text{SiO}_2$ ,  $W_{\text{Al}_2\text{O}_3}$  como o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , e  $W_{\text{MgO}}$  como o teor de MgO, em termos de % em massa.

2. Pó fluxante para lingotamento contínuo de aço de acordo

com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pó fluxante também contém um ou mais entre  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZrO}_2$  e o seu teor total é de não mais de 8% em massa.