



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

(11) PI 0819083-6 B1

(22) Data do Depósito: 01/07/2008

(45) Data de Concessão: 20/09/2016



(54) Título: BOCAL DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO

(51) Int.Cl.: B22D 11/10; B22D 41/50

(30) Prioridade Unionista: 09/10/2007 JP 2007-262959, 26/06/2008 JP 2008-167836

(73) Titular(es): KROSAKIHARIMA CORPORATION

(72) Inventor(es): KATSUMI MORIKAWA, KOICHI HAREN, JOKI YOSHITOMI, YOSHITAKA HIRAIWA, AKINARI SASAKI

“BOCAL DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

1. Campo da Invenção

5 A presente invenção diz respeito a um bocal para lingotamento contínuo de metal em fusão e, mais particularmente, a um bocal de lingotamento contínuo que compreende uma estrutura refratária tubular com um furo interno formado ao longo de uma direção axial do mesmo para permitir que metal em fusão passe através dele, em que uma parte, ou a
10 totalidade, da estrutura refratária tubular inclui uma camada no lado do furo interno, uma camada intermediária e uma camada no lado da periferia externa.

 Na forma aqui usada, o termo "tubular" significa qualquer configuração de uma estrutura refratária com um furo interno formado ao
15 longo de sua direção axial, independente da sua forma seccional transversal na direção ortogonal à direção axial. Ou seja, a forma seccional transversal na direção ortogonal à direção axial não está limitada à forma circular, mas pode ser qualquer outra forma, tais como uma forma oval, uma forma retangular ou uma forma poligonal.

20 Na forma aqui usada, o termo "camada no lado do furo interno" significa coletivamente qualquer camada de refratário localizada no lado do furo interno em relação a uma região central (por exemplo, camada intermediária), em uma seção transversal horizontal tomada em qualquer posição de um comprimento geral de um bocal de lingotamento contínuo em
25 uma direção de passagem de metal em fusão (isto é, direção vertical), e cobre qualquer estrutura em camadas. Por exemplo, a camada no lado do furo interno pode ser constituída de uma pluralidade de camadas. Neste caso, o coeficiente de dilatação térmica da camada no lado do furo interno significa um coeficiente máximo dos respectivos coeficientes de dilatação térmica da

pluralidade de camadas laterais do furo interno.

Na forma aqui usada, o termo "camada no lado da periferia externa" significa coletivamente qualquer camada de refratário localizada no lado de uma periferia externa de um bocal de lingotamento contínuo em relação à região central (por exemplo, camada intermediária), na seção transversal horizontal acima, e cobre qualquer estrutura em camadas. Por exemplo, a camada no lado da periferia externa pode ser constituída de uma pluralidade de camadas (por exemplo, uma estrutura de duas camadas consistindo em uma camada a base de AG (isto é, alumínio-grafita) e uma camada a base de ZG (isto é, zircônia-grafita) localizada fora da camada a base de AG). Neste caso, o coeficiente de dilatação térmica da camada no lado da periferia externa significa um coeficiente máximo dos respectivos coeficientes de dilatação térmica da pluralidade de camadas do lado periférico externo.

2. Descrição da Tecnologia Anterior

Um bocal de lingotamento contínuo, tal como um bocal longo para descarregar aço em fusão a partir de uma panela em um distribuidor, ou um bocal de imersão para vaziar aço em fusão a partir de um distribuidor em um molde de lingotamento contínuo, compreende uma estrutura refratária tubular com um furo interno formado aproximadamente ao longo de um centro axial desta para permitir que metal em fusão, tal como aço em fusão, passe através dele, em que o aço em fusão que passa através do furo interno causa um gradiente de temperatura entre as camadas lateral do furo interno e lateral da periferia externa do bocal de lingotamento contínuo. Particularmente, em um estágio inicial da descarga/passagem do metal em fusão, o fenômeno citado torna-se proeminente por causa do rápido aumento de temperatura na camada no lado do furo interno.

Independente se o corpo refratário que constitui a estrutura refratária é constituída de uma única camada ou de múltiplas camadas, o

gradiente de temperatura dá origem a uma deformação por causa de uma tensão interna do corpo refratário, e torna-se um fator que causa ruptura, tal como trinca, particularmente na camada no lado da periferia externa. Adicionalmente, à medida que o gradiente de temperatura torna-se maior, o

5 coeficiente de dilatação térmica na camada no lado do furo interno fica maior do que o da camada no lado da periferia externa a um maior grau, e a tensão térmica aumenta para causar um maior risco de ruptura na camada no lado da periferia externa.

No bocal de lingotamento contínuo, um fluxo de aço em fusão

10 passa através dela, ao mesmo tempo colidindo violentamente com uma superfície do furo interno desta. Assim, em particular, uma região do bocal de lingotamento contínuo adjacente à superfície do furo interno é severamente danificada por causa da abrasão causada pelo aço em fusão, inclusões não metálicas no aço em fusão, etc., fragilização da matriz e lavagem (corrosão)

15 por causa de componentes oxidantes do aço em fusão, etc., e desgaste causado por uma reação como FeO e outros componentes do aço em fusão. Além disso, com relação a uma tendência recente de melhorar a qualidade do aço que envolve um aumento na quantidade de inclusões não metálicas no aço em fusão, tal como alumina, deposição de inclusões (basicamente alumina) na

20 superfície do furo interno do bocal de lingotamento contínuo, ou entupimento do furo interno do bocal de lingotamento contínuo por causa de inclusões, tornam-se um fator chave na determinação da vida útil do bocal de lingotamento contínuo.

Nas circunstâncias citadas, tem havido uma crescente

25 necessidade de melhorar a resistência a corrosão e resistência a abrasão/desgaste de uma superfície do furo interno de um bocal de lingotamento contínuo, e reduzir a deposição de inclusões não metálicas e outras na superfície do furo interno, ou entupimento do furo interno do bocal de lingotamento contínuo por causa de inclusões não metálicas e outras, para

conseguir maior durabilidade e segurança (capacidade de lingotamento estável) do bocal de lingotamento contínuo.

Com vista em atender as necessidades expostas, tentou-se prolongar a vida útil de um bocal de lingotamento contínuo, por exemplo, aplicando uma composição refratária excelente em termos de resistência ao choque térmico em um corpo (isto é, uma camada no lado da periferia externa) do bocal, para formar um esqueleto do bocal, e aplicar uma composição refratária excelente em termos de resistência a abrasão/desgaste e resistência a corrosão, ou uma composição refratária resistente a deposição de inclusões tal como alumina em uma região do bocal no lado de uma superfície do furo interno da mesma adaptada para entrar em contato com um fluxo de aço em fusão (isto é, camada no lado do furo interno) de uma maneira tal a definir uma parte ou a totalidade da superfície do furo interno.

Particularmente, com relação à camada no lado do furo interno, várias técnicas de melhoria funcional foram recentemente desenvolvidas. Por exemplo, com vista em prover maior resistência a corrosão, foi desenvolvida uma técnica de incorporar um componente resistente a corrosão, tais como Al_2O_3 , ZrO_2 ou MgO , em um material com uma quantidade reduzida de grafita e sílica que são agregados não resistentes a corrosão, ou um material sem grafita e sílica. Adicionalmente, com vistas em redução ou impedir deposição de inclusões, tal como Al_2O_3 , em aço em fusão, na superfície do furo interno, ou entupimento do furo interno por causa de inclusões, tem sido promovido um uso prático de um bocal de lingotamento contínuo, tal como um bocal de imersão, com uma camada refratária feita de um material básico contendo um componente CaO altamente reativo com um componente Al_2O_3 , inserida nele.

Um agregado refratário incluindo os componentes citados para obter uma composição refratária altamente funcional como esta tem alta expansibilidade térmica e a composição refratária altamente funcional contém

o agregado refratário em uma quantidade relativamente grande. Assim, a quantidade de dilatação térmica da camada no lado do furo interno pode ser aumentada. Além disso, por causa de um fator adicional, tal como um aumento no gradiente térmico causado pela redução na condutividade térmica da camada no lado do furo interno em relação à camada no lado da periferia externa, com relação a uma redução no teor de carbono, uma diferença entre as respectivas quantidades de dilatação térmica da camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, e uma tensão térmica resultante, podem ser aumentadas ainda mais, que leva a um crescente risco de ruptura do bocal de lingotamento contínuo, particularmente trinca na camada no lado da periferia externa causada pela dilatação térmica da camada no lado do furo interno (doravante referida como "trinca por dilatação").

Uma contramedida típica contra ruptura em um bocal de lingotamento contínuo por causa de um gradiente de temperatura (tensão térmica) nela inclui uma técnica de reduzir a tensão térmica com base em um aumento na condutividade térmica, na redução da quantidade de dilatação térmica e/ou na redução do módulo elástico, por exemplo, incorporando grafita em uma composição refratária do bocal de lingotamento contínuo em uma quantidade relativamente grande, ou adicionando ou aumentando quantitativamente sílica pirogênica com um coeficiente de dilatação térmica relativamente baixo. Por outro lado, o maior teor de grafita ou sílica pirogênica tem um efeito negativo de causar deterioração na durabilidade, tais como resistência a abrasão/desgaste e resistência a corrosão, por causa da deterioração na resistência a oxidação, melhora na reatividade com outros componentes refratários e componentes no aço em fusão, etc. Assim, a técnica citada não é efetiva como uma solução realística por causa de restrições na aplicação na camada no lado do furo interno.

Na situação apresentada, com vistas em evitar o risco de ruptura de um bocal de lingotamento contínuo, tem sido empregada uma

técnica, por exemplo, em uma estrutura onde um elemento modelado que serve como uma camada no lado do furo interno é instalada no lado de um furo interno de uma camada no lado da periferia externa, formando uma camada de argamassa entre elas usando argamassa tipo lama que compreende um pó fino consistindo basicamente em um material refratário tal como um óxido convencional, e um ligante não orgânico tal como silicato contendo uma quantidade relativamente grande de solvente, de uma maneira tal que a camada de argamassa tenha uma porosidade relativamente grande para reduzir a sua resistência de maneira a permitir que uma tensão causada pela dilatação térmica da camada no lado do furo interno seja aliviada com base na ruptura da própria camada de argamassa, isto é, uma técnica que emprega argamassa capaz de apresentar uma porosidade relativamente alta, embora ela tenha uma força de ligação relativamente baixa, para evitar trincamento do bocal. Entretanto, esta técnica antitrincamento baseada em argamassa tem os seguintes problemas:

(1) A camada de argamassa contendo uma quantidade em excesso de solvente tem uma propriedade de que o solvente na camada de argamassa é absorvido nos materiais das demais camadas pelo contato com os materiais nas demais camadas. Assim, a porosidade da camada de argamassa fica apta a tornar-se gradualmente menor ou mais densa no sentido da superfície limite com cada uma das demais camadas, de forma que, particularmente, quando a camada de argamassa é usada em um bocal de lingotamento contínuo e formada para ter uma pequena espessura de alguns milímetros, a função de alívio de tensão da camada de argamassa em si depois da instalação será deteriorada, ou desaparecerá.

(2) É substancialmente impossível controlar a porosidade aparente. Especificamente, uma distribuição de poros que permite distorção a uma dada tensão ou menos não pode ser controlada, e assim é essencial conter uma quantidade excessiva de solvente para impedir alcançar um bom

equilíbrio com adesividade (isto é, capacidade de ligação).

(3) A função de alívio de tensão da camada de argamassa é baseada em um mecanismo onde uma tolerância para deformação térmica da camada no lado do furo interno é criada para absorver uma tensão por meio de uma ruptura irreversível de uma matriz da camada de argamassa que define poros, para aliviar a tensão na camada no lado do furo interno. Assim, quando a matriz é rompida uma vez, a capacidade de ligação se perde para aumentar o risco de desprendimento. Além disso, uma folga resultante da ruptura da camada de argamassa por causa de variações na temperatura permite que metal em fusão, tal como aço ou escória líquida, seja facilmente introduzido nela, e o aço ou escória líquida introduzidos são altamente propensos a causar trincamento e corrosão, que leva a danos nas demais camadas ou no bocal de lingotamento contínuo.

Por exemplo, como uma outra abordagem para impedir ruptura por causa de uma tensão térmica, procurando ainda maior durabilidade, tal como resistência a corrosão, o documento de patente 1 seguinte revela um bocal de lingotamento compreendendo: uma camada refratária sem carbono formada para ter alta expansibilidade térmica e alta resistência a corrosão, e instalada somente no lado de um furo interno do bocal; uma camada refratária contendo carbono formada para ter excelente resistência ao lascamento e instalada no lado da parte restante, isto é, periferia externa, do bocal; e uma camada de separação que permite que pelo menos 80% ou mais de uma superfície de contato entre as duas camadas refratárias sejam separadas uma da outra, em que a camada de separação é formada colocando-se um material queimável, tal como polipropileno ou náilon, e então o material queimável desaparece.

Entretanto, no bocal de lingotamento revelado no documento de patente 1, menos de 20% da superfície de contato entre as duas camadas refratárias são ligados. Mesmo se uma região ligada for bastante pequena, ela

será uma origem de um fenômeno de trincamento por dilatação, em virtude de uma tensão que causa trincamento por dilatação ser transmitida da camada refratária sem carbono (isto é, camada no lado do furo interno) para a camada refratária contendo carbono (isto é, a camada no lado da periferia externa) através da região ligada. Se a região ligada por estabelecida em zero por cento, ela causa um problema básico de que a camada no lado do furo interno não pode ser estruturalmente suportada. Além disso, aço em fusão é facilmente introduzido na camada de separação para causar problemas, tais como fissuras, nas camadas refratárias por causa da contração por solidificação do metal em fusão que ocorre quando ele sofre variações na temperatura, e dilatação do aço solidificado que ocorre quando ele é aquecido, e desprendimento por causa da falta de união entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa.

O documento de patente 2 seguinte revela uma técnica destinada a suprimir deposição de inclusões, em que um elemento do bocal de CaO contendo 70% em peso ou mais de CaO e tendo uma porosidade aparente de 50% ou menos é inserido no corpo do bocal de um bocal de imersão, de uma maneira tal que uma folga dependendo da quantidade de dilatação térmica do elemento do bocal de CaO é provida entre o elemento do bocal de CaO e o corpo do bocal. O documento de patente 2 também revela uma técnica de empacotar fibras cerâmicas finas ou uma pequena quantidade de argamassa entre uma extremidade do elemento do bocal de CaO e o corpo do bocal para fixar o elemento do bocal de CaO no corpo do bocal, de acordo com a necessidade.

Na estrutura apresentada, onde uma folga equivalente à quantidade de dilatação térmica do elemento do bocal de CaO no lugar de um furo interno do bocal de imersão (isto é, uma camada no lado do furo interno) é provida entre o corpo do bocal e o lado de uma periferia externa do bocal de imersão (isto é, camada no lado da periferia externa) e o elemento do bocal de

CaO, o fenômeno de trincamento por dilatação do corpo do bocal no lado da periferia externa causado pelo elemento do bocal de CaO altamente expansível pode ser eliminado. Entretanto, em vista da descrição "folga é preferivelmente estabelecida em 3% ou mais do diâmetro externo do elemento do bocal de CaO, durante o pré-aquecimento" no parágrafo [0002] do documento de patente 2, considera-se que o elemento do bocal de CaO no lado do furo interno não fica em contato imediato com o corpo do bocal no lado da periferia externa em um estado de alta temperatura (um coeficiente de dilatação térmica de um material a base de CaO é cerca de 2% ou menos a cerca de 1.500 °C, mesmo em um material consistindo substancialmente apenas de CaO e com um nível máximo de coeficiente de dilatação térmica). Se o elemento do bocal de CaO não estiver em contato imediato com corpo do bocal no estado de alta temperatura, isto é, durante o uso do bocal de imersão, o elemento do bocal de CaO provavelmente terá deslocamento ou desprendimento por causa da tensão de compressão que recebe durante uso. Além disso, aço em fusão é facilmente introduzido na folga entre o elemento do bocal de CaO e o corpo do bocal. Isto envolve o risco de danos no elemento do bocal de CaO e no corpo do bocal no lado da periferia externa por causa da contração por solidificação do aço em fusão e da dilatação térmica do aço solidificado. Além disso, um material tal como CaO, capaz de reagir com produtos da desoxidação no aço em fusão para produzir um composto de baixo ponto de fusão é fundamentalmente previsto mediante desgaste. Assim, o elemento do bocal de CaO envolve o risco de desprendimento ou ruptura por causa da redução na espessura causada pelo desgaste, e a estrutura sem base de suporte por trás.

Como exposto, se a parte da união entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, tal como a camada de separação no documento de patente '1, ou a folga no documento de patente 2, for estabelecida excessivamente ampla, uma intrusão resultante de aço em

5 fusão provavelmente causará desprendimento e danos da camada no lado do furo interno, e dano na camada no lado da periferia externa. Adicionalmente, se a parte da união for estabelecida excessivamente estreita, uma tensão de tração que age na camada no lado da periferia externa na sua direção

10 circunferencial por causa da dilatação térmica da camada no lado do furo interno provavelmente causará ocorrência de trinca longitudinal ao longo de uma direção axial da estrutura refratária tubular, ou trinca transversal (trinca ao longo de uma direção com um ângulo relativo à direção axial, assim denominada "fratura", etc.).

15 Assim, em um bocal de lingotamento contínuo com uma camada no lado do furo interno altamente expansível instalada nele, seria crítico formar uma estrutura de matriz capaz de impedir intrusão ou passagem de metal em fusão, e ter uma função de permitir que a camada no lado do furo interno seja ligada a uma camada no lado da periferia externa, além de uma

20 função de reduzir a influência de uma tensão pela camada no lado do furo interno. Entretanto, até então, uma solução para dar as três funções ou estruturas citadas raramente foi discutida.

Adicionalmente, como revelado nos documentos de patente 1 e 2, um processo de instalação convencional essencialmente inclui uma etapa

25 de preparar a camada no lado da periferia externa como um corpo do bocal do bocal de lingotamento contínuo, e a camada no lado do furo interno, separadamente uma da outra, e uma etapa de montar as duas camadas uma na outra em um estágio final pelo uso de argamassa ou similares. Isto causa deterioração na produtividade e um aumento no custo de produção. Além disso, na montagem das camadas refratárias preparadas como componentes

30 separados, as camadas são postas em contato uma com a outra por meio de suas respectivas superfícies planas e lisas. Assim, é difícil obter uma força de ligação e uma força de fixação entre elas suficiente para solucionar os problemas citados, que leva a uma necessidade de meios adicionais para

melhorar a força de ligação, com base em um adesivo ou similares.

Documento de patente 1: JP 60-152362A

Documento de patente 2 JP 07-232249 A

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

5 É um objetivo da presente invenção prover um bocal de lingotamento contínuo compreendendo uma camada refratária formada para ter altas funções, tais como alta resistência a corrosão e alta capacidade antideposição, e disposta no lado de um furo interno da mesma para servir como uma camada no lado do furo interno, de maneira a aumentar a durabilidade, em que o bocal de lingotamento contínuo é capaz de impedir trincamento por dilatação de uma camada no lado da periferia externa que serve como um corpo do bocal da mesma, por causa da diferença na dilatação térmica entre as respectivas composições da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa, prevenindo ainda deslocamento e desprendimento da camada no lado do furo interno durante o lingotamento. É um outro objetivo da presente invenção prover um método de produzir um bocal de lingotamento contínuo de uma maneira estável e fácil.

 Mais especificamente, em um bocal de lingotamento contínuo compreendendo uma estrutura refratária tubular que tem um furo interno formado ao longo de uma direção axial da mesma para permitir que metal em fusão passe através dele, e inclui pelo menos parcialmente uma camada no lado do furo interno disposta no lado do furo interno, e uma camada no lado da periferia externa disposta em um lado radialmente para fora em relação à camada no lado do furo interno, em que a camada no lado do furo interno tem uma dilatação térmica maior que a da camada no lado da periferia externa, é um objetivo da presente invenção (1) impedir ruptura da camada no lado da periferia externa, e (2) melhorar a estabilidade da camada no lado do furo interno durante lingotamento, e ao mesmo tempo (3) impedir intrusão de aço em fusão e outros entre as respectivas camadas da pluralidade de camadas

incluindo uma camada intermediária. Em outras palavras, é um objetivo da presente invenção prover um bocal de lingotamento contínuo com uma estrutura capaz de satisfazer essas funções. É um outro objetivo da presente invenção prover um método de produção capaz de obter estavelmente o bocal de lingotamento contínuo de uma maneira otimizada e de pouca mão-de-obra.

A fim de atingir esses objetivos, de acordo com um aspecto da presente invenção, é provida:

(1) Um bocal de lingotamento contínuo compreendendo uma estrutura refratária tubular que tem um furo interno formado ao longo de uma direção axial da mesma para permitir que metal em fusão passe através dela, e inclui pelo menos parcialmente uma camada no lado do furo interno disposta no lado do furo interno, e uma camada no lado da periferia externa disposta em um lado radialmente externo em relação à camada no lado do furo interno, em que a camada no lado do furo interno tem uma dilatação térmica maior que da camada no lado da periferia externa. O bocal de lingotamento contínuo é caracterizado em que a estrutura refratária tubular inclui uma camada intermediária com compressibilidade e disposta entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, em que: a camada no lado do furo interno, a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa são simultaneamente integradas umas nas outras durante um processo de formação para formar uma estrutura multicamadas; uma força de ligação entre a camada intermediária e cada uma da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa adjacente à camada intermediária é na faixa de 0,01 a 1,5 MPa, medida em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C; a camada intermediária tem uma taxa compressiva K (%) que satisfaz a fórmula 1 seguinte, medida em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C a uma pressão de 2,5 MPa:

$$K \geq \{(D_i \times \alpha_i - D_o \times \alpha_o) / (2 \times T_m)\} \text{ fórmula 1}$$

em que:

Di é o diâmetro externo (mm) da camada no lado do furo interno;

Do é o diâmetro interno (mm) da camada no lado da periferia externa;

5 Tm é a espessura inicial (mm) da camada intermediária à temperatura ambiente;

α_1 é o coeficiente de dilatação térmica máxima (%) da composição refratária da camada no lado do furo interno em uma faixa de temperatura da temperatura ambiente até 1.500 °C; e

10 α_o é um coeficiente de dilatação térmica (%) da composição refratária da camada no lado da periferia externa a uma temperatura no início da descarga ou vazamento de metal em fusão pelo bocal de lingotamento contínuo (isto é, passagem de aço em fusão) (reivindicação 1).

(2) Preferivelmente, no bocal de lingotamento contínuo
15 apresentado na reivindicação anexa 1, a camada intermediária em um estado depois de ser submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 600°C ou mais contém partículas de grafita expansivas expandidas (doravante referidas como "partículas de grafita expandidas") (reivindicação 2).

20 (3) Preferivelmente, no bocal de lingotamento contínuo apresentado na reivindicação 1 ou 2 anexa, a camada intermediária em um estado depois de ser submetida a um tratamento em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C contém um componente de carbono (exceto qualquer composto de carbono com os componentes restantes) em uma quantidade total
25 de 16% em massa ou mais (incluindo 100% em massa) (reivindicação 3).

(4) Preferivelmente, no bocal de lingotamento contínuo apresentado na reivindicação 1 ou 2 anexa, a camada intermediária em um estado depois de ser submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C contém um componente de carbono (exceto qualquer

composto de carbono com os componentes restantes) em uma quantidade total de 16% em massa ou mais, com o restante sem ser o componente de carbono sendo um material refratário compreendendo um ou mais selecionados do grupo que consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal.

5 De acordo com um outro aspecto da presente invenção, é provido:

(5) um método de produzir um bocal de lingotamento contínuo compreendendo uma estrutura refratária tubular que tem um furo interno formado ao longo de uma direção axial do mesmo para permitir que metal em fusão passe através dele, e inclui pelo menos parcialmente uma camada no lado do furo interno, uma camada intermediária e uma camada no lado da periferia externa que ficam arranjadas nesta ordem em uma direção radialmente para fora com relação ao furo interno. O método compreende as etapas de: preparar uma mistura (ingredientes) para a camada intermediária, que contém partículas de grafita expansíveis não expandidas em uma quantidade que varia de 5 a 45% em massa, e partículas queimáveis em um teor que varia de 55 a 95% em massa, e contém adicionalmente um ligante orgânico em uma dada% em massa com relação à% em massa total das partículas de grafita expansíveis não expandidas e das partículas queimáveis, e além da% em massa total, em que a dada% em massa do ligante orgânico é ajustada para permitir que a razão de um componente de carbono somente do ligante orgânico (exceto qualquer composto de carbono com os componentes restantes) para uma composição refratária total da camada intermediária, em um estado depois que a composição refratária da camada intermediária é submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C, caia na faixa de 2,5 a 15% em massa; submeter a mistura (ingredientes) para a camada intermediária a uma formação por pressão usando uma máquina de prensa isostática a frio (CIP), simultaneamente e integralmente com uma mistura (ingredientes) para a camada no lado do furo interno e uma

mistura (ingredientes) para a camada no lado da periferia externa, para obter um corpo modelado simples; e submeter o corpo modelado a um tratamento térmico a uma temperatura de 600 a 1.300°C para permitir que as partículas queimáveis contidas na mistura (ingredientes, isto é, corpo verde depois da prensagem) para a camada intermediária no corpo modelado desapareça de maneira a formar vazios, e em seguida expandir as partículas de grafita expansíveis não expandidas contidas na mistura (ingredientes, isto é, corpo verde depois da prensagem) para a camada intermediária no corpo modelado de maneira a permitir que os vazios sejam preenchidos com as partículas de grafita expandida (reivindicação 5).

De acordo com um outro aspecto da presente invenção, é provido:

(6) um método de produzir um bocal de lingotamento contínuo compreendendo uma estrutura refratária tubular que tem um furo interno formado ao longo de uma direção axial da mesma para permitir que metal em fusão passe através dela, e inclui pelo menos parcialmente uma camada no lado do furo interno, uma camada intermediária e uma camada no lado da periferia externa que ficam arranjadas nesta ordem em uma direção radialmente para fora com relação ao furo interno. O método compreende as etapas de: preparar uma mistura (ingredientes) para a camada intermediária, que contém partículas de grafita expansíveis não expandidas em uma quantidade que varia de 5 a 45% em massa, e partículas queimáveis em um teor que varia de 55 a 95% em massa, um material refratário que é um ou mais selecionados do grupo que consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal, em uma quantidade total de 40% em massa ou menos, e contém adicionalmente um ligante orgânico em uma dada% em massa com relação à% em massa total das partículas de grafita expansíveis não expandidas, as partículas queimáveis e o material refratário que é um ou mais selecionados do grupo que consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal, e, além da% em

massa total, em que a dada% em massa do ligante orgânico é ajustada para permitir que a razão de componente de carbono somente do ligante orgânico (exceto qualquer composto de carbono com os componentes restantes) para uma composição refratária total da camada intermediária, em um estado
5 depois de a composição refratária da camada intermediária ser submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C, caia na faixa de 2,5 a 15% em massa; submeter a mistura (ingredientes) para a camada intermediária a uma formação por pressão usando uma máquina de prensa isostática a frio (CIP), simultaneamente e integralmente com uma
10 mistura (ingredientes) para a camada no lado do furo interno e uma mistura (ingredientes) para a camada no lado da periferia externa, para obter um corpo modelado único; e submeter o corpo modelado a um tratamento térmico a uma temperatura de 600 a 1.300°C para permitir que as partículas queimáveis contidas na mistura (ingredientes, isto é, corpo verde depois da prensagem)
15 para a camada intermediária no corpo modelado desapareça de maneira a formar vazios, e em seguida expandir as partículas de grafita expansíveis não expandidas contidas na mistura (ingredientes, isto é, corpo verde depois da prensagem) para a camada intermediária no corpo modelado de maneira a permitir que vazios sejam preenchidos com as partículas de grafita
20 expansíveis não expandidas (reivindicação 6).

Especificamente, a fim de atingir os objetivos citados, um bocal de lingotamento contínuo da presente invenção visa atender as exigências fundamentais seguintes:

(1) instalar uma camada intermediária com uma função de
25 alívio de tensão entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa;

(2) manter uma configuração em camadas da camada intermediária de maneira a impedir ruptura e outros efeitos adversos por causa da destruição da camada, isto é, melhorar a estabilidade da camada; e

(3) integrar simultaneamente a camada intermediária, a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa umas nas outras durante um processo de formação para formar uma estrutura multicamadas de maneira ligar fixamente a camada intermediária e cada uma da camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa.

(As exigências citadas (1), (2) e (3) serão a seguir referidas respectivamente como "exigência de compressibilidade", "exigência de estabilidade" e "exigência de soldabilidade").

Cada uma das exigências citadas será descrita especificamente a seguir.

(1) EXIGÊNCIA DE COMPRESSIBILIDADE

Como mencionado anteriormente, com vistas na melhoria da resistência a corrosão e resistência a abrasão/desgaste, supressão de eluição de um componente de carbono de uma composição refratária no aço em fusão, e prevenção de deposição de inclusões, basicamente inclusões não metálicas, tal como alumina, na superfície do furo interno ou entupimento do bocal por causa de inclusões, a camada no lado do furo interno tende ser feita de uma composição refratária com uma maior quantidade de Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 e/ou CaO e apresentando excelente resistência a corrosão e resistência a abrasão/desgaste.

Em muitos casos, a camada no lado da periferia externa (incluindo uma camada no lado da periferia externa como uma parte do corpo do bocal) a ser projetada, colocando ainda grande importância na resistência ao choque térmico, tem um menor teor de Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 e/ou CaO comparado com a camada no lado do furo interno. Assim, o coeficiente de dilatação térmica da camada no lado do furo interno inevitavelmente torna-se maior do que no da camada no lado da periferia externa.

Quando a composição refratária com um maior coeficiente de dilatação térmica do que a da camada no lado da periferia externa é usada

para a camada no lado do furo interno, a ruptura de um bocal de lingotamento contínuo por causa de fissuras e trincamento por dilatação na camada no lado da periferia externa causado pela camada no lado do furo interno ocorrerá mais frequentemente. Mesmo se a camada no lado do furo interno e a camada
5 no lado da periferia externa forem feitas da mesma composição refratária ou feitas, respectivamente, de composições refratárias com o mesmo nível de característica de dilatação térmica, a ruptura ocorre quando a camada no lado do furo interno é aquecida até uma temperatura maior que a da camada no lado da periferia externa por causa do pré-aquecimento ou rápido
10 aquecimento pelo lado do furo interno, passagem de aço em fusão ou similares, para criar um grande gradiente de temperatura entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa.

Ou seja, na presente invenção, a exigência de que "a camada no lado do furo interno tenha a dilatação térmica maior que da camada no
15 lado da periferia externa" significa não somente uma condição em que o coeficiente de dilatação térmica máximo da composição refratária da camada no lado do furo interno a 1.500°C (substancialmente próximo da região da temperatura de lingotamento) ou menos é maior que a da composição refratária da camada no lado da periferia externa a 1.500°C ou menos, mas
20 também uma condição em que o nível de dilatação térmica da camada no lado do furo interno torna-se maior que o da camada no lado da periferia externa, por causa de uma diferença de temperatura entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa que ocorre durante o aquecimento, tal como no recebimento de aço em fusão ou pré-aquecimento
25 pelo lado do furo interno, mesmo que cada uma da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa tenham o mesmo coeficiente de dilatação térmica máximo ou apresentem o mesmo comportamento de dilatação térmica (por exemplo, um material com a mesma composição e estrutura).

Em casos em que não existe função de alívio de tensão, ou existe somente uma função de alívio de tensão extremamente pequena, entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, a tensão da camada no lado do furo interno é aplicada na camada no lado da periferia externa como uma tensão compressiva orientada em uma direção radial em uma seção horizontal do bocal. Adicionalmente, se a camada no lado da periferia externa for projetada para estender-se para cobrir as extremidades longitudinalmente opostas ou axialmente para fora da camada no lado do furo interno, a tensão da camada no lado do furo interno é também aplicada na camada no lado da periferia externa como uma tensão compressiva orientada na direção axial. Então, a tensão compressiva radial é convertida em uma tensão de tração orientada em uma direção circunferencial, e a tensão compressiva axial é convertida em tensão de tração na direção axial. Subsequentemente, quando essas tensões de tração ficam maiores que um limite de resistência da composição refratária da camada no lado da periferia externa, a tensão de tração circunferencial causa uma trinca axial (vertical) e a tensão de tração axial causa uma trinca horizontal (transversal) para danificar a camada no lado da periferia externa.

Na presente invenção, como meios para prover uma função de alívio de tensão entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa com o relacionamento citado, a camada intermediária com compressibilidade e soldabilidade durante uma operação de pré-aquecimento do bocal e durante o aquecimento a 1.500°C (substancialmente próximo de uma região da temperatura de lingotamento) é instalada.

Isto permite que uma tensão por causa da dilatação térmica da camada no lado da periferia externa seja aplicada na camada intermediária instalada como uma tensão compressiva sem ser diretamente aplicada na camada no lado da periferia externa. durante este processo, em resposta à tensão compressiva, a espessura da camada intermediária em si é reduzida na

direção radial, e na direção axial na extremidade axial. Em outras palavras, uma tensão por causa da dilatação térmica da camada intermediária pode ser aliviada reduzindo-se o volume da camada intermediária. Na presente invenção, uma capacidade como esta de ser reduzida na espessura e volume é referida como "compressibilidade".

Em geral, em uma estrutura refratária tubular compreendendo material a base de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ que é um material típico de uma camada no lado da periferia externa de um bocal de imersão convencional, a camada no lado da periferia externa é rompida pela pressão de cerca de 2,5 MPa aplicada na sua superfície da parede interna. Por exemplo, em uma estrutura refratária a base de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-grafita}$ compreendendo uma camada no lado da periferia externa que tem dimensões radiais praticamente mínimas (diâmetro interno $\Phi = 80$ mm, diâmetro externo $\Phi = 135$ mm) e um limite de resistência máximo de 6 MPa, quando uma carga de pressão for aplicada no lado de uma superfície da parede interna da camada no lado da periferia externa, a camada no lado da periferia externa atinge a ruptura quando a carga de pressão é aplicada na superfície da parede interna a cerca de 2,5 MPa, de acordo com cálculos usando uma fórmula para um cilindro de espessura de parede grande.

Em um bocal de lingotamento contínuo onde uma camada intermediária e uma camada no lado do furo interno são dispostas no lado de um furo interno em relação a uma camada no lado da periferia externa, a camada intermediária em si precisa apresentar um comportamento de deformação a fim de aliviar a tensão por causa da dilatação térmica da camada no lado do furo interno, que é orientada para a camada no lado da periferia externa. Ou seja, a tensão orientada para a camada no lado da periferia externa tem que ser reduzida para 2,5 MPa ou menos pela deformação (contração) da camada intermediária.

Assim, durante o aquecimento da camada no lado do furo interno ou durante a passagem do aço em fusão, uma tensão de tração a ser

gerada na camada no lado da periferia externa é preferivelmente reduzida para 2,5 MPa ou menos, mais preferivelmente reduzida adicionalmente ao máximo possível para prover uma maior segurança, e a camada intermediária em si precisa apresentar um comportamento de deformação capaz de reduzir a
 5 tensão compressiva a um valor correspondente a um valor da tensão de tração como esta.

A compressibilidade necessária para a camada intermediária em uma força de pressão de 2,5 MPa ou mais pode ser expressa como uma taxa compressiva K (%) na seguinte fórmula 1:

10
$$K \geq \{(D_i \times \alpha_i - D_o \times \alpha_o) / (2 \times T_m)\} \text{ fórmula 1}$$

em que:

D_i é o diâmetro externo (mm) da camada no lado do furo interno;

15 D_o é o diâmetro interno (mm) da camada no lado da periferia externa;

T_m é a espessura inicial (mm) da camada intermediária à temperatura ambiente;

α_i é o coeficiente de dilatação térmica máximo (%) da composição refratária da camada no lado do furo interno em uma faixa de
 20 temperatura da temperatura ambiente até 1.500 °C; e

α_o é o coeficiente de dilatação térmica (%) da composição refratária da camada no lado da periferia externa a uma temperatura no início da passagem do metal em fusão.

D_i e D_o são, respectivamente, o diâmetro medido em uma
 25 superfície do lado da periferia externa da camada no lado do furo interno e o diâmetro medido na superfície do lado do furo interno da camada no lado da periferia externa, nas respectivas seções transversais horizontais (isto é, seções transversais tomadas ao longo da direção perpendicular à direção axial) da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia

externa. Quando uma forma seccional transversal horizontal de cada uma da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa não for um círculo, D_i pode ser definido como a distância entre duas posições onde uma linha reta que se estende radialmente a partir do centro da forma seccional transversal horizontal da camada no lado do furo interno intercepta a superfície do lado da periferia externa da camada no lado do furo interno, e D_o pode ser definido como a distância entre duas posições onde a linha reta citada intercepta a superfície do lado do furo interno da camada no lado da periferia externa na seção transversal. Então, todas as dimensões podem ser determinadas para satisfazer a fórmula 1.

Com relação à compressibilidade em uma extremidade axial do bocal, D_i pode ser substituído por uma distância axial entre as respectivas superfícies de extremidade axialmente para fora opostas da camada no lado do furo interno, e D_o pode ser substituído por uma distância entre as respectivas superfícies axialmente para dentro opostas da camada no lado da periferia externa, cada qual voltada para uma superfície correspondente das superfícies de extremidade axialmente para fora da camada no lado do furo interno, nas respectivas seções transversais verticais da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa, feita ao longo de um eixo longitudinal (vertical) do bocal.

Na fórmula 1, α_i é um coeficiente de dilatação térmica máximo (%) da composição refratária da camada no lado do furo interno em uma faixa de temperatura da temperatura ambiente até 1.500 °C, o que significa que α_1 é um coeficiente de dilatação térmica máximo da composição refratária da camada no lado do furo interno em uma faixa de temperatura da temperatura ambiente até substancialmente a temperatura do aço em fusão. Adicionalmente, α_o é o coeficiente de dilatação térmica (%) da composição refratária da camada no lado da periferia externa a uma temperatura no início da passagem do metal em fusão, e a temperatura na qual a camada no lado da

periferia externa fica exposta no início da passagem do metal em fusão, varia dependendo das condições operacionais, tal como condição de pré-aquecimento. Assim, α_0 é determinado para cada local de trabalho caso a caso.

5 Em casos onde o bocal de lingotamento contínuo é usado sem pré-aquecimento, a temperatura da camada no lado da periferia externa é igual à temperatura ambiente (temperatura do ambiente). Neste caso, α_0 pode ser considerado o coeficiente de dilatação térmica à temperatura ambiente, que é um ponto de referência de uma medição do coeficiente de dilatação térmica,
10 isto é, "zero", e portanto a fórmula 1 pode ser expressa como a fórmula 2 seguinte:

$$K \geq [(D_i \times \alpha_i) / (2 \times T_m)] \quad \text{fórmula 2}$$

A taxa compressiva K que satisfaz a fórmula 2 é um valor em consideração à condição mais severa, isto é, uma condição em que uma
15 diferença na dilatação térmica entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa é maximizada. Assim, se a taxa compressiva K for determinada em um valor que satisfaz a fórmula 2, a camada no lado da periferia externa nunca será rompida. Preferivelmente, a taxa compressiva K é estabelecida em um valor que satisfaz a fórmula 2 em
20 todas as condições operacionais.

A taxa compressiva K é um valor determinado em uma condição que uma composição refratária visada (amostra) não é oxidada, por exemplo, em uma atmosfera não oxidante, tal como uma atmosfera de gás redutor ou uma atmosfera de gás inerte, ou em uma atmosfera de gás
25 oxidante, tal como uma atmosfera de ar, em uma condição em que um antioxidante é aplicado em uma superfície do refratário alvo (amostra). Durante um uso real do bocal de lingotamento contínuo, a camada intermediária é colocada em uma atmosfera não oxidante. Se uma amostra alvo for oxidada durante uma medição da taxa compressiva K, as

propriedades da amostra não podem ser determinadas precisamente.

Preferivelmente, na presente invenção, a taxa compressiva K da camada intermediária é fundamentalmente estabelecida na faixa de 10 a 80%.

5 A espessura da camada intermediária pode ser ajustada dependendo da taxa compressiva K da camada intermediária para absorver dimensões expandidas da camada no lado do furo interno. Se a taxa compressiva K for menor que 10%, a espessura da camada intermediária será aumentada dependendo da diferença no coeficiente de dilatação térmica entre
10 a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa. Assim, por causa de restrições na espessura de parede geral do bocal de lingotamento contínuo, uma espessura de parede do corpo do bocal é inevitavelmente reduzida para causar um problema a respeito da deterioração da resistência estrutural. Se a taxa compressiva K for maior que 80%, uma
15 espessura excessivamente reduzida da camada intermediária provavelmente causará um problema a respeito da dificuldade de produção na formação de uma camada intermediária fina como esta, e um problema a respeito da deterioração na força de união entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, embora a espessura da camada
20 intermediária possa ser suficientemente reduzida para impedir ocorrência do problema citado a respeito de deterioração da resistência estrutural. Por exemplo, com uma suposição de que o diâmetro interno da camada no lado da periferia externa, o coeficiente de dilatação térmica da camada no lado do furo interno, e o coeficiente de dilatação térmica da camada no lado da
25 periferia externa são estabelecidos, respectivamente, em cerca de 80 mm Φ , 2,0% e 0,8%, que são próximos do menor tamanho em bocais de lingotamento contínuo convencionais, a espessura da camada intermediária é cerca de 4 mm, e a taxa compressiva necessária para a composição refratária da camada intermediária é 10%. Adicionalmente, supondo-se que o diâmetro

interno da camada no lado da periferia externa, o coeficiente de dilatação térmica da camada no lado do furo interno, e o coeficiente de dilatação térmica da camada no lado da periferia externa são estabelecidos, respectivamente, em cerca de 150 mm Φ , 2,0% e 0,8%, que são próximos do maior tamanho em bocais de lingotamento contínuo convencionais, a espessura da camada intermediária é cerca de 1,2 mm, e a taxa compressiva necessária para a composição refratária da camada intermediária é 78%.

A taxa compressiva citada pode ser medida pelo método seguinte, e um valor medido resultante pode ser considerado a taxa compressiva.

Um corpo refratário colunar (20 mm Φ x 5 mm t) feito de uma mistura com uma característica de apresentar compressibilidade depois de ser formada sob uma pressão igual a uma pressão de modelamento e submetida a um tratamento térmico é posta em uma cavidade de retenção de um elemento a base de carbono com a mesma forma do corpo refratário colunar, e submetido a um tratamento térmico sob uma atmosfera não oxidante a um dado padrão de aumento de temperatura para permitir que um componente queimável desapareça de maneira a obter uma amostra colunar (cerca de 20 mm Φ x cerca de 5 mm t). Esta amostra colunar tratada termicamente fica disposta entre as respectivas superfícies de extremidade de dois gabaritos refratários, cada qual com um tamanho de 20 mm Φ x 40 mm L. Adicionalmente, uma guia da amostra cilíndrica feita de uma composição refratária e formada para ter um diâmetro interno 20 mm Φ , um diâmetro externo de 50 mm Φ e uma altura de 78 mm é montada na amostra a fim de impedir que a amostra se desprenda lateralmente durante uma operação de pressionar longitudinalmente a amostra colunar presa entre os gabaritos, para obter um corpo de prova.

O corpo de prova é ajustado dentro de um forno de uma máquina de teste de material adaptada para ajustar de forma controlável a

temperatura, atmosfera e velocidade de prensagem. Então, depois de aumentar a temperatura do forno até um dado valor em uma atmosfera não oxidante, e manter a temperatura até que ela seja uniformizada, uma operação de prensagem é iniciada para realizar a medição.

5 Especificamente, uma espessura inicial t_0 (mm) do corpo de prova cilíndrica é primeiramente medida em uma condição sem pressão. Depois de manter a temperatura do corpo de prova a um dado valor, o corpo de prova é comprimido de cima para baixo enquanto se ajusta a velocidade de movimento das travessas de fixação na faixa de 0,001 a 0,01 mm/s, de uma
10 maneira tal a aumentar a força de prensagem até 2,5 MPa, e então um deslocamento (isto é, quantidade de deformação) h_1 (mm) do corpo de prova é medido. Além disso, a fim de medir um valor em branco (isto é, um valor em um corpo de prova desprovido da camada intermediária), na mesma temperatura e na mesma carga dos gabaritos refratários para prender o corpo
15 de prova, o corpo de prova é pressionado nas mesmas condições, exceto que ele é preso para medir o deslocamento h_2 . Esses valores medidos podem ser atribuídos à fórmula 3 seguinte para calcular a taxa compressiva K (%) em cada temperatura:

$$K = (h_1 - h_2) / t_0 \times 100 (\%) \qquad \text{Fórmula 3}$$

20 A taxa compressiva K pode também ser medida a partir de um bocal de lingotamento real com uma estrutura onde a camada no lado do furo interno é continuamente integrada na camada no lado da periferia externa por meio da camada intermediária durante o processo de formação. Especificamente, o bocal de lingotamento real é submetido a furação do
25 núcleo de 20 mm Φ a partir da camada no lado da periferia externa em direção ao eixo de um corpo refratário do bocal em uma direção perpendicular ao eixo, para obter uma amostra do núcleo integralmente incluindo as respectivas partes da camada no lado do furo interno, a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa, e tendo um diâmetro de cerca de 20

mm Φ e extremidades curvas opostas consistindo em respectivas partes de uma superfície do furo interna e uma superfície periférica externa do bocal. A fim de medir uniformemente a taxa compressiva da camada intermediária, a amostra do núcleo é ligada em dois gabaritos de refratário depois de usar

5 planamente cada uma das superfícies curvas superior e inferior das extremidades, ou ligadas nos gabaritos refratários, cada qual tendo a mesma curvatura de uma extremidade correspondente das extremidades da amostra do núcleo, para obter um corpo de prova incluindo a camada no lado do furo interno, a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa e com

10 um tamanho de 20 mm Φ x 80 a 100 mm L (quando o corpo de prova é menor do que este tamanho, condições, a medição pode ser feita em uma condição em que os valores do parâmetro, tais como área unitária e comprimento unitário, são estabelecidos no mesmo nível daqueles do corpo de prova anterior com base em um cálculo, e então um valor medido pode ser

15 submetido a conversão). Então, da mesma maneira do método anterior, a espessura inicial t_0 (mm) da camada intermediária é precisamente medida em uma condição sem pressão. Adicionalmente, o deslocamento h_1 da camada intermediária é medido em uma atmosfera não oxidante, e o deslocamento h_2 como um valor em branco em um estado desprovido da camada intermediária

20 é medido, de maneira a calcular a taxa compressiva K . O corpo de prova obtido a partir do bocal real possibilita medir precisamente a compressibilidade da camada intermediária.

(2) EXIGÊNCIA DE ESTABILIDADE E EXIGÊNCIA DE SOLDABILIDADE

25 A camada intermediária precisa satisfazer a exigência de compressibilidade citada e manter estabilidade e soldabilidade suficientes em relação à camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa depois da produção e durante o uso do bocal de lingotamento contínuo.

Como mencionado na seção "Fundamentos da Invenção", a técnica convencional de obtenção de compressibilidade com base no dobramento ou destruição de uma grande quantidade de argamassa de baixa resistência ou uma matriz com uma alta porosidade, a matriz depois do
5 dobramento ou destruição é simplesmente formada como pó, e assim nem a força de ligação intercamadas nem a própria camada intermediária pode ser mantida. Se existir uma folga entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa por causa da camada intermediária pulverizada, isto é, as camadas estão em um estado desprendido sem ser
10 fixadas uma na outra, a camada intermediária em si é localizadamente destruída por causa da tensão desigualmente aplicada nela para aumentar ainda mais o volume da folga. Se a camada intermediária desaparecer, a camada no lado do furo interno provavelmente se tornará móvel e causará desprendimento ou destruição, e a camada no lado do furo interno
15 provavelmente será localizadamente posta em contato com a camada no lado da periferia externa e causará concentração de tensão e destruição. Além disso, uma folga como esta permite intrusão de metal em fusão, tal como aço em fusão, que provavelmente acelerará a destruição da camada e desprendimento intercamadas.

20 Assim, a camada intermediária com compressibilidade precisa manter a matriz saudável e a dada soldabilidade (como será descrito a seguir) em relação à camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, mesmo depois de ser comprimida.

Deve-se entender que a dada soldabilidade da camada
25 intermediária em relação à camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa baseia-se na suposição de que a composição refratária em si da camada intermediária tem um certo nível ou mais de resistência da camada necessária para apresentar a dada soldabilidade, para permitir que seja mantida uma condição de camada saudável.

A fim de melhorar a estabilidade da camada intermediária e a capacidade de fixação da camada intermediária em relação à camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, a presente invenção visa melhorar a soldabilidade da camada intermediária em relação à camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa.

A soldabilidade, isto é, a capacidade de união ou fixação, pode ser avaliada como a força de ligação (como anteriormente mencionado, com a suposição de que estabilidade suficiente para apresentar a força de ligação é garantida, a soldabilidade é avaliada). Os inventores observaram que um valor ideal da força de ligação é na faixa de 0,01 a 1,5 MPa, medida em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C.

O valor mínimo "0,01 MPa" da força de ligação é determinado com base em um resultado dos vários testes experimentais, e o valor que permite que seja obtida uma resistência friccional entre as camadas em um nível mínimo para manter cada uma da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa na sua posição de instalação. Se a força de ligação for menor que 0,01 MPa, a capacidade de retenção para a camada no lado do furo interno é baixa, embora ela possa impedir desprendimento da camada no lado do furo interno antes de iniciar a passagem de aço em fusão, e assim a camada no lado do furo interno provavelmente se desprenderá, por causa do choque no início da passagem do aço em fusão, vibração causada por mudanças na velocidade de escoamento do aço em fusão, ou ocorrência de desgaste localizado na camada no lado do furo interno. Além disso, em vários estágios, tal como transporte do bocal de lingotamento contínuo, a instalação do bocal de lingotamento contínuo em um aparelho de lingotamento contínuo, pré-aquecimento e passagem do aço em fusão, força externa em cada um dos estágios provavelmente causará deslocamento de uma posição predeterminada, desprendimento ou soltura da camada no lado do furo interno. Além disso, com relação ao fenômeno citado, é impossível

que uma parte da camada intermediária satisfaça a exigência de compressibilidade citada para causar um maior risco de ruptura da camada no lado do furo interno ou da camada no lado da periferia externa.

Se a força de ligação for aumentada até um valor maior que 1,5 MPa, a força da composição refratária em si da camada intermediária aumentará de forma correspondente. Ou seja, a força de uma matriz interna da camada intermediária é também bastante aumentada no mesmo nível da força de ligação, para prejudicar a compressibilidade da camada intermediária. Isto facilita transmitir uma tensão por causa da dilatação térmica da camada no lado do furo interno para a camada no lado da periferia externa sem ser aliviada, para aumentar o risco de ocorrência de ruptura do bocal de lingotamento contínuo.

Como mostrado na figura 3, a força de ligação pode ser medida cortando uma parte de um bocal de lingotamento contínuo com uma camada no lado do furo interno 2, uma camada intermediária 4 e uma camada no lado da periferia externa 3, ao longo de dois planos paralelos a uma seção transversal horizontal do bocal (considerada ao longo de uma direção perpendicular a uma direção longitudinal ou axial do bocal) para obter uma amostra em forma de fatia cilíndrica 10 com uma espessura de cerca de 100 mm, empurrar somente a camada no lado do furo interno 2 para baixo usando um elemento de empurrar 11 (um empurrador colunar feito de uma composição refratária e formado para ter uma extremidade chata) com um diâmetro externo aproximadamente igual ao da camada no lado do furo interno, em que uma carga geral de peso total é dividida por uma área de ligação para derivar a força de ligação. A medição é feita em uma atmosfera não oxidante a uma temperatura de 1.000 °C.

O motivo para realizar as medições da compressibilidade e a força de ligação em uma atmosfera não oxidante a uma temperatura de 1.000 °C, e definir componentes da composição refratária da camada intermediária

em um estado depois que a camada intermediária é submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a uma temperatura de 1.000 °C, é que 1.000°C corresponde a uma temperatura na qual um componente volátil no ligante orgânico é suficientemente volatilizado para estabelecer uma matriz de união a base de carbono de maneira a prover compressibilidade e estado ligado estável.

Na presente invenção, a estrutura refratária tem pelo menos parcialmente uma estrutura multicamadas integral obtida formando-se a camada no lado do furo interno simultaneamente com a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa durante o processo de formação. A estrutura multicamadas integral significa que as respectivas partes da matriz das três camadas em torno de limites entre elas são unidas entre si tal como por contato direto sem nenhuma folga entre elas.

Especificamente, na presente invenção, as respectivas misturas (ingredientes) para a camada no lado do furo interno, a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa são simultaneamente submetidas a um processo de prensagem isostática a frio (CIP) para formar uma estrutura contínua integral, como será descrito a seguir.

Uma técnica convencional baseada na instalação de adesivo ou argamassa, por exemplo, uma técnica de formar cada uma da camada no lado do furo interno, da camada intermediária e da camada no lado da periferia externa em um corpo modelado separadamente e então ligar os corpos modelados juntos por meio de um adesivo a base de silicato ou similares (o "adesivo ou argamassa" será a seguir referido coletivamente como "argamassa/adesivo") envolve os seguintes problemas.

(1) Durante uma operação de carregamento de argamassa, etc., em uma folga estreita com uma zona não ligada provavelmente será criada por causa da ocorrência de uma zona não preenchida e/ou mistura de grandes bolhas de ar para causar instabilidade na qualidade da região da

argamassa/adesivo.

(2) Uma grande quantidade de líquido é contida para garantir eficiência da operação. Assim, o líquido provavelmente será absorvido em uma camada visada para causar contração das argamassas, que leva a trinca por contração na própria argamassa/adesivo ou à formação de uma folga (desprendimento) em uma superfície de ligação.

(3) Uma região limite entre as respectivas camadas tem uma mudança súbita na fase da matriz. Assim, concentração de tensão provavelmente ocorrerá na região limite para causar destruição ou desprendimento de uma parte ligada.

(4) Em uma região de alta temperatura, por exemplo, durante a passagem de aço em fusão, componentes da argamassa/adesivo reagem com componentes das camadas. Assim, a argamassa/adesivo é amolecida ou fundida para causar deterioração na força de união, e as camadas em si contraem e deformam para causar deterioração na força de fixação das camadas, que aumenta o risco de ocorrência de queda ou desprendimento da camada no lado do furo interno, ou ruptura da camada no lado da periferia externa.

Diferentemente da técnica convencional apresentada, a estrutura integral na presente invenção emprega um mecanismo de ligação baseado em um entrelaçamento mecânico entre os respectivos componentes das camadas. Isto proporciona os seguintes efeitos.

(1) Durante a preparação de uma mistura (ingredientes), uma dada quantidade de partículas queimáveis pode ser uniformemente dispersa sobre a mistura (ingredientes), de forma que vazios resultantes do desaparecimento das partículas queimáveis causado por um tratamento térmico são substituídas e preenchidas com partículas de grafita expansíveis com microvazios. Isto possibilita controlar a quantidade de compressão uniformemente e estavelmente.

(2) Uma união por meio de um componente ligante, tal como um material carbonáceo, na camada intermediária é também desenvolvida durante o tratamento térmico para prover maior uniformidade e estabilidade.

(3) Os microvazios das partículas de grafita expansíveis são
5 finamente dispersos sobre toda a matriz durante um tratamento térmico depois do processo de formação. A região das partículas de grafita expandidas com camadas de microvazios na camada intermediária estira e contrai tal como uma sanfona, de maneira que uma força de união possa ser mantida sem destruição significativa da matriz da camada intermediária, para absorver
10 uniformemente a dilatação térmica da camada no lado do furo interno.

Os efeitos citados possibilitam obter capacidade de fixação robusta entre as respectivas camadas ou estabilidade em cada uma das três camadas, ao mesmo tempo reduzindo o risco de ocorrência de queda ou desprendimento da camada no lado do furo interno ou ruptura da camada no
15 lado da periferia externa.

Adicionalmente, comparado com a técnica convencional baseada na instalação de argamassa/adesivo, o processo de formação integral simultânea possibilita obter o bocal de lingotamento contínuo com os elementos citados, com algum grau de precisão, isto é, suprimindo ao mesmo
20 tempo variação na estrutura e dimensões da matriz tal como espessura (a uniformização é promovida em virtude de, durante o curso da dilatação das partículas de grafita expansíveis, a dilatação gera uma pressão dentro da camada intermediária, para permitir que componentes, basicamente as partículas de grafita expansíveis na camada intermediária, sejam
25 automaticamente carregadas e dispersas nos vazios resultantes do desaparecimento das partículas queimáveis) e atinjam simplificação e economia de mão-de-obra em um processo de produção, e redução no tempo de entrega e custo de produção exigido.

A fim de garantir a compressibilidade, a soldabilidade e a

estabilidade, a camada intermediária da presente invenção pode ter uma estrutura onde uma pluralidade de camadas unitárias lamelares carbonáceas, cada qual com uma espessura de 1 μm ou menos, é arranjada em um padrão em camadas, ao mesmo tempo dispondo um espaço entre elas (este arranjo
5 será a seguir referido simplesmente como "configuração laminar". Esta estrutura compreende basicamente partículas de grafita com expansividade, em que as partículas de grafita estão em um estado expandido (na presente invenção, as partículas de grafita antes da dilatação serão referidas como "partículas de grafita expansíveis" e as partículas de grafita depois da
10 dilatação serão referidas como "partículas de grafita expandidas").

Na presente invenção, a compressibilidade da camada intermediária é provida basicamente com base em um fenômeno que as partículas de grafita expandida arranjadas na configuração laminar comprimem os espaços entre as camadas laminares, em resposta a uma força
15 externa, e cada uma das camadas unitárias laminares é flexivelmente deformada. Quando cada uma das camadas unitárias laminares carbonadas tem uma espessura de 1 μm ou menos, a propriedades de ser flexivelmente deformada por uma força externa mantendo ainda a configuração original da camada unitária laminar carbonadas é melhorada, e os espaços que cada uma
20 formou entre aquelas adjacentes das camadas unitárias laminares carbonadas a uma distância de cerca de 10 a 200 μm servem como um espaço necessário para deformação e deslocamento das camadas unitárias laminares carbonadas. As camadas unitárias laminares carbonadas e os espaços existem de uma maneira tal a ficarem entrelaçados tridimensionalmente e complicadamente,
25 de forma que uma tensão possa ser dispersa em todas direções para melhorar compressibilidade, isto é, a função de alívio de tensão.

Na presente invenção, uma mistura (ingredientes) para a camada intermediária é usada de uma maneira tal que ela contenha partículas de grafita expansíveis não expandidas em uma quantidade que varia de 5 a

45% em massa, partículas queimáveis em um teor que varia de 55 a 95% em massa e contenha adicionalmente um ligante orgânico em uma% em massa com relação à% em massa total das partículas de grafita expansíveis não expandidas e das partículas queimáveis e, além da% em massa total, em que a
5 dada% em massa do ligante orgânico é ajustado para permitir uma razão de um componente de carbono do ligante orgânico para toda a composição refratária da camada intermediária que cai na faixa de 2,5 a 15% em massa, como um valor correspondente em um estado depois que a composição refratária da camada intermediária é submetida a um tratamento térmico em
10 uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C. Isto possibilita formar a camada intermediária tanto com a taxa compressiva quanto soldabilidade desejadas sem trinca e desprendimento, por meio de um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante 600 a 1.300 °C.

Alternativamente, na presente invenção, uma mistura
15 (ingrediente) para a camada intermediária é usada de uma maneira tal que ela contenha partículas de grafita expansíveis não expandidas em uma quantidade que varia de 5 a 45% em massa, e partículas queimáveis em um teor que varia de 55 a 95% em massa, com o restante sendo 40% em massa ou menos de material refratário que é um ou mais selecionados do grupo que consiste em
20 óxido, carboneto, nitreto e metal, e que contém adicionalmente um ligante orgânico em uma dada% em massa, com relação à% em massa total das partículas de grafita expansíveis não expandidas, as partículas queimáveis e o material refratário e, além da% em massa total, em que a dada% em massa do ligante orgânico é ajustada para permitir que a razão de um componente de
25 carbono do ligante orgânico para a composição refratária total da camada intermediária caia na faixa de 2,5 a 15% em massa como um valor correspondente em um estado depois que a composição refratária da camada intermediária é submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C. Isto possibilita formar a camada intermediária com a

taxa compressiva quanto a soldabilidade desejadas sem trinca e desprendimento por meio de um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 600 a 1.300 °C.

Na presente invenção, a compressibilidade da camada intermediária é provida com base em um fenômeno que, durante o curso de
5 deixar que um componente das partículas queimáveis e o ligante orgânico, que não forma uma ligação de carbono, desaparece, uma parte ou todos os vazios resultante do desaparecimento é substituída pelas partículas de grafita expandidas. Preferivelmente, a partícula de grafita expansível é feita de um
10 material que inicia a dilatação aproximadamente na mesma temperatura na qual o ligante orgânico inicia a queima e desaparecimento. O material é adequadamente selecionado de partículas de grafita expansíveis diferentes na temperatura de início de dilatação, em conformidade com a temperatura de início de desaparecimento das partículas queimáveis. Tipicamente, o material
15 é adequadamente selecionado de partículas de grafita expansíveis com uma temperatura de início de dilatação de 130 a 350 °C. Um tamanho de partícula da partícula de grafita expansível é preferivelmente ajustado na faixa de 50 a 800 µm, mais preferivelmente na faixa de 100 a 600 µm. Se o tamanho de partícula for menor que 50 µm, a expansibilidade durante o aquecimento
20 deteriora e causa dificuldade na obtenção da compressibilidade desejada, embora a capacidade de preencher os microvazios seja aumentada. Se o tamanho de partícula for maior que 800 µm, o emaranhamento tridimensional das partículas de grafita expandidas é reduzido para causar deterioração na força de ligação, embora a expansibilidade seja melhorada para prover maior
25 compressibilidade.

Nos componentes da composição refratária da camada intermediária depois do tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C, o restante sem ser as partículas de grafita expandidas pode incluir um material refratário compreendendo um ou mais selecionados do grupo que

consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal.

Entre eles, particularmente as partículas de material refratário que constituem o restante sem ser o componente de carbono exerce uma função de garantir resistência a corrosão da camada intermediária.

5 Especificamente, as partículas têm uma função de suprimir ou impedir que metal em fusão, tal como aço em fusão, entre em contato direto com a camada no lado da periferia externa com resistência a corrosão relativamente baixa, quando a camada intermediária é danificada, e uma função de garantir resistência a corrosão e/ou resistência a abrasão/desgaste da própria camada
10 intermediária. As partículas também têm função esquelética para manter a resistência da camada intermediária como um corpo refratário.

Além de uma parte danificável da própria camada no lado do furo interno, uma parte limite entre a camada no lado do furo interno e o corpo do bocal, uma parte localizadamente danificável com fragilidade, tal
15 como uma parte de tambor de gás de injeção de gás ou uma parte de união entre as respectivas camadas, o bocal de lingotamento contínuo tem uma parte para ser exposta diretamente ao aço em fusão por todo o tempo como um produto de um bocal de lingotamento contínuo, tal como uma parte de saída de um bocal de imersão. Por exemplo, se a parte a ficar diretamente exposta
20 ao aço em fusão tiver baixa resistência a colusão e resistência a abrasão/desgaste, uma perda seletiva da parte causa uma ruptura do bocal de lingotamento contínuo, que é um problema fatal na operação do lingotamento contínuo, por causa da penetração de aço em fusão entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa.

25 Como um material refratário para uso em uma parte refratária da camada intermediária a ficar diretamente exposta ao aço em fusão, um agregado refratário compreendendo um ou mais selecionados do grupo que consiste em Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , CaO e ZrO_2 , especificamente agregado a base de alumina-sílica (por exemplo, corundum, mulita, silimanita, cianita e

caulinita, em vista de obter resistência a corrosão contra aço em fusão, é preferível selecionar um deles na ordem apresentada); espinélio a base de alumina-magnésia, zircônia, zircônio; e óxido de metal alcalino terroso, pode ser seletivamente usado dependendo do nível de resistência a corrosão exigido em condições operacionais de lingotamento individuais, ou de outros fatores. É recomendado evitar o uso de um material refratário consistindo somente em sílica, e um material refratário vítreo incluindo um componente de metal alcalino, em virtude de eles terem um problema a respeito de oxidação de um componente de carbono, e a formação de uma substância de baixo ponto de fusão resultante de uma reação com outro material refratário.

Adicionalmente, com vistas em suprimir a oxidação da composição refratária da camada intermediária, carboneto tal como carboneto de silício ou carboneto de titânio, e nitreto tal como BN ou nitreto de silício, pode ser contida na composição refratária da camada intermediária.

O material refratário para o restante supramencionado não é um componente essencial. Assim, se não for uma necessidade basear-se na composição refratária como o restante, para garantir resistência a corrosão e/ou resistência a abrasão/desgaste em vista de condições operacionais de lingotamento individuais, uma situação de danos do bocal de lingotamento contínuo, e outros fatores, o material refratário para o restante não é necessariamente contido.

Na presente invenção, a composição refratária da camada intermediária basicamente compreende carbono com alta estabilidade, mesmo em uma faixa de alta temperatura, especificamente de cerca de 1.000°C ou mais, na qual a sinterização de óxido ou similares, e uma reação para uma substância de baixo ponto de fusão, são iniciadas ou aceleradas, de forma que a camada intermediária em si definitivamente tenha alta estabilidade. Além do mais, as partículas de grafita expandidas são dispersas de uma maneira tal a cobrir as partículas de material refratário restantes. Isto possibilita

praticamente impedir sinterização, contração e formação de uma substância de baixo ponto de fusão, por causa de uma reação entre os respectivos agregados refratários restantes, tais como óxidos, ao mesmo tempo prevenindo geração de vazios causada pela sinterização e amolecimento da
5 composição refratária da camada intermediária. Isto é também uma vantagem da presente invenção usando as partículas de grafita expandidas como um componente primário da camada intermediária.

As partículas do material refratário que constituem a composição refratária da camada intermediária são ligadas entre si por meio
10 de um ligante. Em vista a manter a compressibilidade da composição refratária da camada intermediária, e impedir amolecimento ou fusão da composição refratária da camada intermediária, de maneira a manter uma função de ligação mesmo a altas temperaturas, o ligante é preferivelmente feito de resina de termocura, alcatrão ou piche, como um material de partida,
15 em que ela tem uma matriz ligável carbonácea em um estado depois de um tratamento térmico a 600°C ou mais.

Assim, na presente invenção, o ligante orgânico é adicionado para permitir que a razão de um teor de um componente de carbono do ligante como um valor correspondente em um estado depois de ser submetido a um
20 tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C para um componente (incluindo um componente de carbono sem ser o componente de carbono do ligante) de toda a composição refratária da camada intermediária em um estado depois de ser submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1000°C caia na faixa de 2,5 a 15% em massa. Se a
25 razão for menor que 2,5% em massa, uma forma de ligação suficiente entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa não pode ser obtida, embora seja favorável para a dilatação das partículas de grafita expansíveis e a compressibilidade da camada intermediária. Se a razão for maior que 15% em massa, a dilatação das partículas de grafita expansíveis

durante o tratamento térmico é prejudicada, de forma causar dificuldade na garantia da compressibilidade exigida da camada intermediária, embora seja favorável para a força de ligação.

Adicionalmente, as partículas de grafita expandidas como o
5 componente de carbono precisa conter 13,5% em massa ou mais na camada intermediária, a fim de garantir compressibilidade exigida e uma matriz saudável. Se o teor for menor que 13,5% em massa, a matriz da camada intermediária é mais propensa a ter uma parte frágil para aumentar o risco de ocorrência de trinca por contração e deterioração da soldabilidade em relação
10 à camada no lado da periferia externa.

Assim, na presente invenção, a camada intermediária depois de ser submetida ao tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C inclui partículas de grafita expandidas e um componente de ligante orgânico, e contém os respectivos componentes de carbono (exceto qualquer
15 composto, tais como SiC, B₄C e AlC, com os demais componentes) das partículas de grafita expandidas e o componente de ligante orgânico em uma quantidade total de 16% em massa ou mais (incluindo 100% em massa). Especificamente, 16% em massa como um limite inferior do total dos componentes de carbono é uma soma de 13,5% em massa como um teor
20 mínimo das partículas de grafita expandidas, e 2,5% em massa como o teor mínimo do componente de ligante orgânico. Uma parte que excede 16% em massa pode consistir somente no componente de ligante orgânico (teor máximo: 15% em massa) e as partículas de grafita expandidas, ou pode compreender um componente carbonáceo, tal como grafita em flocos ou
25 negro-de-fumo, sem ser as partículas de grafita expandidas e o componente de ligante orgânico.

Quando o total dos teores de carbono ficar na faixa de 16 a menos que 100% em massa, um material refratário que é um ou mais selecionados do grupo que consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal, pode

ser contido no restante em uma quantidade total de 84% em massa ou menos.

A força de ligação é alterada dependendo do equilíbrio entre o teor do ligante e o teor das partículas queimáveis na mistura (ingredientes).

É recomendado evitar o uso de um ligante contendo uma grande quantidade de metal alcalino, em virtude de ele provavelmente causar o amolecimento ou fusão de óxidos, ou evaporação dos componentes de carbono, que leva a degradação na matriz da camada intermediária ou camadas adjacentes. Particularmente, em vista de manter a resistência da matriz em uma região de baixa temperatura (por exemplo, 600°C ou menos), uma resina orgânica que não permanece na forma de um componente de carbono pode ser usada.

Um método de produção para obter a composição refratária da camada intermediária na presente invenção e um bocal de lingotamento contínuo compreendendo a camada intermediária com a composição refratária será descrito a seguir.

Um bocal de lingotamento contínuo com a camada intermediária compressível pode ser obtido por um método de produção que compreende as etapas de: preparar três tipos de misturas (ingrediente) para a camada no lado do furo interno, a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa, com base em camada por camada; prover a um molde de formação uma pluralidade de cavidades para formar a camada no lado do furo interno, a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa, em que as cavidades são separadas umas das outras para permitir que cada uma das cavidades tenha um dado tamanho e configuração; encher cada uma das cavidades do molde de formação com uma correspondente das misturas (ingredientes), e deixar que as adjacentes das misturas (ingredientes) fiquem em contato direto umas com as outras, por exemplo, removendo partições; submeter as misturas (ingredientes) a contato direto umas com as outras a um processo de formação por pressão usando uma máquina CIP para formar um

corpo modelado; e submeter o corpo modelado a um tratamento térmico a uma temperatura de 600 a 1.300 °C, em uma atmosfera não oxidante, ou uma atmosfera oxidante depois de submeter uma superfície do corpo modelado a um tratamento antioxição. O método de produção pode adicionalmente
5 incluir, antes da etapa de tratamento térmico supramencionada, uma etapa independente de submeter o corpo modelado a um tratamento térmico a uma temperatura menor que a temperatura citada, para remover um componente volátil e curar a resina nele.

Embora a operação/manuseio fundamental e um aparelho
10 exigido em cada uma das etapas sejam os mesmos em um método de produção de bocal de lingotamento contínuo convencional, o método de produção de bocal de lingotamento contínuo da presente invenção tem os seguintes primeiro a terceiro elementos.

O primeiro elemento é uma composição da mistura refratária
15 (ingredientes) para a camada intermediária (mistura (ingredientes) da camada intermediária)). A mistura (ingredientes) da camada intermediária contém, como um componente em pó, exceto um componente volátil, (1) partículas de grafita expansíveis não expandidas em uma quantidade que varia de 5 a 45% em massa, (2) partículas queimáveis em um teor que varia de 55 a 95% em
20 massa, e (3), de acordo com a necessidade, um material refratário que é um ou mais selecionados do grupo que consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal, em uma quantidade total de 40% em massa ou menos (incluindo zero), como o restante, e que contém adicionalmente um ligante orgânico em uma dada% em massa, com relação à% em massa total do componente em pó, e além da%
25 em massa total, em que a dada% em massa do ligante orgânico é ajustada para permitir que a razão de um componente de carbono somente do ligante orgânico (exceto qualquer componente de carbono com os componentes restantes) para uma composição refratária total da camada intermediária, em um estado depois que a composição refratária da camada intermediária é

submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C, caia na faixa de 2,5 a 15% em massa.

5 O segundo elemento é integrar simultaneamente as três camadas por um processo CIP, sem nenhuma união nas regiões limites entre elas.

O terceiro elemento é remover as partículas queimáveis no corpo modelado da mistura da camada intermediária (ingredientes) para formar vazios nela, e então expandir as partículas de grafita expansíveis não expandidas, na etapa de submeter o corpo modelado integrado a um
10 tratamento térmico a 600 a 1.300 °C.

Os elementos apresentados serão descritos mais especificamente a seguir.

É praticamente difícil obter a composição refratária da camada intermediária na presente invenção que contém as partículas de grafita
15 expandidas como um componente primário, usando uma composição refratária ou uma mistura (ingredientes) para a camada intermediária que já tem uma taxa compressiva aproximadamente igual à compressibilidade supramencionada exigida em um estado depois que um bocal de lingotamento contínuo é formado como um produto (esta compressibilidade tem o mesmo
20 significado da taxa compressiva que satisfaz a fórmula 1; doravante referida como "compressibilidade do produto"), e instalar a composição ou mistura refratária (ingredientes) em uma estrutura integral simultaneamente com outras camadas durante uma etapa de formar o bocal de lingotamento contínuo. Especificamente, em um processo CIP (tipicamente, a pressão de
25 formação é bem maior que 2,5 MPa) projetado para produzir um bocal de lingotamento contínuo com base em um aparelho e um manuseio/operação fundamental de acordo com um método de produção de bocal de lingotamento contínuo convencional, a composição refratária com compressibilidade é comprimida durante a etapa de formação, e assim a

composição refratária depois da etapa de formação perderá a compressibilidade. Portanto, é difícil atingir um equilíbrio entre o propósito de produzir um bocal de lingotamento contínuo usando uma composição refratária ou uma mistura (ingredientes) que já têm compressibilidade
5 aproximadamente igual à compressibilidade do produto, e o propósito de obter um bocal de lingotamento contínuo com uma estrutura integral com a compressibilidade do produto.

Assim, pelo menos na etapa de formar as misturas (ingredientes) simultaneamente e integralmente a uma alta pressão, a misturas
10 (ingredientes) a ser formada não deve ter compressibilidade aproximadamente igual à compressibilidade do produto, exceto compressibilidade equivalente à contração de volume que ocorre em uma etapa de enchimento durante um processo CIP para um pó de uma composição refratária para um bocal de lingotamento contínuo convencional (a contração de volume será a seguir
15 referida como "compactação" a fim de discriminar da "compressibilidade").

O método de produção da presente invenção é destinado a obter um bocal de lingotamento contínuo com uma estrutura integral, em que uma camada intermediária tem uma composição refratária que apresenta compressibilidade do produto.

20 Na mistura (ingredientes) com a composição descrita no primeiro elemento, as partículas de grafita expansíveis expandidas como um componente primário exercendo um papel principal na compressibilidade em um estado de produto praticamente sem compressibilidade significativa no seu estado não expandido. Assim, mesmo se a misturas (ingredientes) ficar
25 exposta a uma alta pressão durante um processo CIP, o volume da composição não é reduzido, e esta contração de volume pode ser limitada a até próximo à compactação. Isto possibilita garantir um dado volume, tal como uma espessura de parede e dimensão axial, da camada intermediária.

A mistura (ingredientes) resistiva ao processo CIP permite que

a misturas (ingredientes) da camada intermediária seja formada simultânea e integralmente com outras misturas (ingredientes) refratárias para a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa.

5 As partículas de grafita expansíveis não expandidas na camada intermediária são preferivelmente contidas na faixa de 5 a 45% em massa. Se o teor for menor que 5% em massa, a compressibilidade da composição refratária da camada intermediária depois do tratamento térmico é excessivamente reduzida. Assim, é necessário aumentar excessivamente a espessura da camada intermediária para satisfazer a fórmula 1 a respeito da
10 compressibilidade, que leva a uma situação indesejável onde a espessura do bocal de lingotamento contínuo é restrita ao desenho, e a variação na compressibilidade provavelmente ocorre em cada região da camada intermediária. Se o conteúdo das partículas de grafita expansíveis não expandidas for maior que 45% em massa, as partículas de grafita expansíveis
15 são excessivamente expandidas além de um volume de vazios gerado pela eliminação das partículas queimáveis, e a pressão na composição refratária da camada intermediária é excessivamente aumentada por causa da dilatação da camada intermediária, para causar um problema a respeito da deterioração no rendimento de produção.

20 As partículas queimáveis na mistura (ingredientes) da camada intermediária são preferivelmente contidas na faixa de 55 a 95% em massa. Se o teor for menor que 55% em massa, o volume de vazios desaparecido pelo aquecimento das partículas queimáveis durante o tratamento térmico no processo de produção é excessivamente reduzido para causar dificuldade em
25 garantir suficientemente um espaço entre as respectivas camadas laminares das partículas de grafita expandidas depois que os vazios são preenchidos de acordo com a dilatação das partículas de grafita expansíveis, que aumenta o risco de deterioração na compressibilidade. Se o teor for maior que 95% em massa, o volume de vazios depois do desaparecimento das partículas

queimáveis é excessivamente aumentado, e assim o espaço incluindo o espaço entre as respectivas camadas laminares das partículas de grafita expandidas é excessivamente criado depois que os vazios são preenchidos de acordo com a dilatação das partículas de grafita expansíveis, para aumentar o risco de deterioração na resistência e soldabilidade da própria camada intermediária. A quantidade de partículas queimáveis é preferivelmente ajustada em um valor maior ou igual à quantidade de partículas de grafita expansíveis. Como a partícula queimável, uma partícula de polietileno, um pó de poliéster ou um pó de grão podem ser usados. Preferivelmente, a partícula queimável tem um tamanho de partícula mínimo, tal como cerca de 45 µm ou menos, para formar uniformemente vazios e obter uma distribuição uniforme das partículas de grafita expandidas.

As respectivas quantidades das partículas de grafita expansíveis não expandidas e das partículas queimáveis na mistura (ingredientes) da camada intermediária podem ser determinadas ajustando-as relativamente para satisfazer a fórmula 1 com relação à compressibilidade.

O restante conteve a mistura (ingredientes) da camada intermediária em uma quantidade de 40% em massa ou menos (um teor mínimo das partículas de grafita expansíveis não expandidas é 5% em massa, e o teor mínimo das partículas queimáveis é 55% em massa). Assim, o valor máximo do restante é $100 - 5 - 55 = 40$, e a sua quantidade mínima é zero) pode ser um material refratário compreendendo um ou mais selecionados do grupo que consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal. Este componente não é essencial, isto é, pode não estar contido. O material refratário, tal como um tipo, uma combinação e sua quantidade, podem ser determinados dependendo das condições da operação de lingotamento individual e da estrutura e configuração de equipamento, isto é, o nível de resistência a corrosão exigido para a camada intermediária, e dependendo da quantidade das partículas de grafita expansíveis e das partículas queimáveis em conformidade com o nível

de compressibilidade, e em consideração ao controle de uma reação com os respectivos materiais da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa.

Assim, no bocal de lingotamento contínuo da presente invenção, a quantidade máxima de componente de carbono na composição refratária da camada intermediária em um estado depois de ser submetido a um tratamento térmico a 600°C ou mais pode ser estabelecida em 100% em massa, com relação a toda a composição refratária, exceto o ligante, ou toda a composição refratária incluindo o ligante quando o ligante consistir somente em um material carbonáceo.

Quando a mistura (ingredientes) da camada intermediária contiver as partículas de grafita expansíveis não expandidas, as partículas queimáveis e as partículas de material refratário adicionais como o restante, essas partículas de material refratário (doravante referidas coletivamente como "pó de matéria-prima") são misturadas uniformemente. Então, um ligante é adicionado (um solvente pode ser usado. Neste caso, um solvente é também adicionado) no pó de matéria-prima uniformemente misturado, ao mesmo tempo misturando uniformemente a mistura, para dar fluidez, umectabilidade, capacidade de retenção de forma e função de ligação ao pó da matéria-prima.

A mistura (ingredientes) precisa garantir capacidade de manutenção de forma durante a etapa de formação e uma etapa subsequente, e a resistência da composição refratária depois do tratamento térmico. Assim, na presente invenção, um ligante orgânico, tal como um ou mais selecionados dos vários tipos de alcatrões, piches, resinas fenólicas e resinas de furano, é adicionado de uma maneira tal a permitir que a razão do ligante orgânico para toda a composição refratária da camada intermediária, caia na faixa de 2,5 a 15% em massa em termos de um componente de carbono do ligante orgânico em um estado depois de ser submetido a um tratamento térmico em uma

atmosfera não oxidante a 1.000 °C. Preferivelmente, o ligante orgânico é adicionado de uma maneira tal a permitir que a massa total de um sólido do ligante orgânico (a soma da quantidade de componente de carbono depois do tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C, e uma
5 quantidade de ligante orgânico adicional que não permanece na forma de um componente de carbono no estado depois do tratamento. em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C, em termos de um sólido, exceto um solvente, à temperatura ambiente) caia na faixa de 5 a 30% em massa, com relação a 100% em massa total do componente em pó consistindo nas partículas de
10 grafita expansíveis, das partículas queimáveis e do material refratário como o restante, e além do componente em pó. O motivo é que o teor do sólido o ligante orgânico é menor que 5% em massa ou mais do que 30% em massa, a mistura (ingredientes) deteriora no que diz respeito a fluidez e compressibilidade durante a etapa de formação, e a composição refratária
15 deteriora no que diz respeito à resistência depois da etapa de formação.

Com vistas em garantir resistência em uma faixa de baixa temperatura, da temperatura ambiente a cerca de 300 °C, basicamente a fim de garantir capacidade de retenção de forma depois da etapa de formação, o ligante orgânico que não permanece na forma de um componente de carbono
20 (ligação de carbono) a cerca de 600°C ou mais (doravante referido como "segundo ligante orgânico") pode ser usado em combinação com o ligante orgânico supramencionado (doravante referido como "primeiro ligante orgânico").

Como o segundo ligante orgânico adicional que não
25 permanece na forma de um componente de carbono (ligação de carbono), um material/resina adesivo orgânico, tais como uma resina acrílica, uma resina de acetato de vinila, uma resina de poliéster ou uma resina de poliácrlonitrila, pode ser usado.

Quando o segundo ligante orgânico é usado em combinação

com o primeiro ligante orgânico, o segundo ligante orgânico pode ser adicionado de uma maneira tal a permitir que a soma da quantidade de sólido dos segundos ligantes orgânicos, exceto o solvente (à temperatura ambiente), e a quantidade de componente de carbono do primeiro ligante orgânico em
5 um estado depois de um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C, caia na faixa de 5 a 30% em massa, além da% em massa total do componente em pó.

Preferivelmente, com vistas a melhorar a resistência depois do tratamento térmico no método de produção de bocal de lingotamento contínuo
10 da presente invenção, a razão de passos a ser usada pode ser aumentada. Esta resistência é estabelecida com a suposição de que ela é igual ou maior que a força de ligação, e o ligante citado soldável no carbono contribui para aumentar a resistência da própria camada intermediária.

Em uma operação de ligação de um óxido normalmente usado,
15 por exemplo, usando argamassa/adetivo contendo um ligante inorgânico, tal como silicato (ou formando uma camada correspondente à camada intermediária) em uma faixa de alta temperatura de 1.000 a 1.500 °C, por exemplo, um componente de óxido e um óxido de metal alcalino são amolecidos por causa de uma reação entre eles, e a força de ligação será
20 gradualmente reduzida. Adicionalmente, a uma temperatura de 1.200°C ou mais, por causa da ocorrência de fusão, a força de ligação é significativamente reduzida para causar contração ou declínio térmico, e a folga entre as camadas, que deteriora uma estrutura saudável de um bocal de lingotamento contínuo, em muitos casos.

25 A estrutura de união na presente invenção pode solucionar o problema convencional citado, em virtude de ter uma estrutura primariamente baseada em ligação de carbono, que é praticamente isenta de um componente que causa aceleração da sinterização ou formação de uma substância de baixo ponto de fusão, e degradação a alta temperatura.

Separadamente da mistura (ingredientes) da camada intermediária, as respectivas misturas (ingredientes) da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa são preparadas.

5 As respectivas composições das misturas (ingredientes) da camada no lado do furo interno e da camada no lado da periferia externa podem ser determinadas em conformidade com as condições e se destinam ao propósito de lingotamento contínuo individual e, com base em uma premissa de que eles têm característica tais como friabilidade, capacidade de manutenção de forma e desempenho de resistência, que permite a formação
10 simultaneamente com a camada intermediária por um processo CIP.

Então, um espaço interno de um molde de formação para um processo CIP é dividido em uma pluralidade de cavidades, cada qual com um dado tamanho e configuração para formar a camada no lado do furo interno, a camada intermediária e a camada no lado da periferia externa, e cada uma das
15 cavidades fica com uma correspondente das misturas (ingredientes).

Subsequentemente, as adjacentes das misturas (ingredientes) são colocadas em contato direto umas com as outras sem ficar espaçadas umas das outras. Esta etapa pode compreender prover uma pluralidade de cavidades dividida por chapas de partição para permitir que cada uma das
20 cavidades seja preenchida com uma correspondente das misturas (ingredientes), preencher cada uma das cavidades com uma correspondente das misturas (ingredientes), e remover as chapas de partição para permitir que a mistura (ingredientes) da camada intermediária seja colocadas em contato direto com as adjacentes das misturas (ingredientes) da camada no lado do
25 furo interno e da camada no lado da periferia externa de uma maneira sem limites. Alternativamente, a etapa pode compreender formar temporariamente a mistura (ingredientes) para uma ou duas da camada no lado do furo interno, camada intermediária e da camada no lado da periferia externa em uma dada forma (formando um corpo modelado temporário), ajustando o corpo

modelado temporário em um molde de formação para um processo CIP, e enchendo as dadas cavidades com as misturas (ingredientes) para as camadas adjacentes ao corpo modelado temporário. Adicionalmente, as misturas (ingredientes) podem ser supridas no mesmo molde para preencher as
5 respectivas cavidades de uma maneira em etapas, e comprimidas diversas vezes em cada operação de enchimento, e finalmente pressionadas simultaneamente para integrá-las.

Então, as misturas (ingredientes) são submetidas a um processo de formação em prensa usando uma máquina CIP. As condições de
10 formação, tais como pressão e tempo de compressão, podem ser as mesmas daquelas para o processo convencional para um bocal de lingotamento contínuo (por exemplo, cerca de 150 MPa).

Por meio das etapas citadas, um corpo modelado integral com as respectivas composições refratárias das camadas formadas como uma
15 estrutura multicamadas pode ser obtido.

O corpo modelado obtido é submetido a um processo de secagem a cerca de centenas de graus centígrados ou menos. Então, o corpo modelado é submetido a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante, ou em uma atmosfera oxidante, depois de submeter a superfície do
20 corpo modelado a um tratamento antioxidação, a 600 a 1.300 °C. Nesta etapa operacional de tratamento térmico, um material queimável (partículas queimáveis, solvente, etc.) no corpo modelado da mistura (ingredientes) da camada intermediária removida para formar vazios nele, e então as partículas de grafita expansíveis não expandidas são expandidas para preencher os
25 vazios formados pela remoção dos materiais queimáveis com as partículas de grafita expandidas).

Especificamente, o volume ocupado pelas partículas queimáveis na mistura (ingredientes) é substituído por partículas constituindo uma estrutura laminar consistindo em uma pluralidade de camadas

carbonáceas em decorrência da dilatação das partículas de grafita expansíveis. Isto possibilita obter uma camada refratária que apresenta compressibilidade com base em pequenos espaços uniformemente distribuídos.

5 A remoção do material queimável e o fenômeno da dilatação das partículas de grafita expansíveis não expandidas são promovidos a uma temperatura de cerca de centenas de graus centígrados. Preferivelmente, a mistura (ingredientes) da camada intermediária é tratada a uma temperatura de 600°C ou mais para completar confiavelmente o fenômeno citado. Se a temperatura de tratamento térmico for maior que 1.300 °C, as propriedades, tal como resistência ao choque térmico, das composições refratárias de uma parte do bocal de lingotamento contínuo sem ser a camada intermediária na presente invenção, tal como uma composição refratária do corpo do bocal, é mais suscetível a mudança indesejável. Assim, a temperatura de tratamento térmico máxima é ajustada em 1.300 °C.

15 Subsequentemente, o corpo tratado termicamente pode ser submetido a usinagem/tratamento, tal como corte, retífica e tratamento antioxidação. Por meio das etapas citadas, o bocal de lingotamento contínuo da presente invenção pode ser obtido.

20 O método de produção da presente invenção com os elementos citados possibilita obter um bocal de lingotamento contínuo excelente no que diz respeito a compressibilidade e soldabilidade. Além do mais, comparado com o bocal de lingotamento contínuo convencional, isto é, um método de produção compreendendo as etapas de preparar elementos separados para as respectivas camadas, montar e uni-la usando argamassa/adesivo, e submeter o corpo unido a um processo de secagem, o método de produção da presente invenção possibilita conseguir redução significativa no número de processos de produção e custo, e prover maior produtividade e maior precisão, tal como precisão dimensional, do bocal de lingotamento contínuo.

Como mencionado anteriormente, a presente invenção pode

impedir trincamento por dilatação da camada lateral da periferia externa por causa de uma diferença na dilatação térmica entre a camada no lado do furo interno e a camada no lado da periferia externa, em um bocal de lingotamento contínuo onde uma camada com uma alta função, tal como capacidade de impedir deposição de inclusões, é disposta no lado de um furo interno para aumentar a durabilidade, isto é, a camada no lado do furo interno tem um coeficiente de dilatação térmica maior do que da camada no lado da periferia externa, ou em um bocal de lingotamento contínuo com um grande gradiente térmico por causa do rápido aquecimento, mesmo que a camada no lado do furo interno tenha um coeficiente de dilatação térmica aproximadamente igual ao da camada no lado da periferia externa.

O bocal de lingotamento contínuo da presente invenção tem uma estrutura onde as três camadas são integradas. Assim, maior força de ligação e força de fixação entre as respectivas camadas podem ser obtidas, comparadas com a técnica de união baseada em adesivo, argamassa ou similares, sem a necessidade de um material de ligação particular.

Isto possibilita aumentar significativamente a durabilidade do bocal de lingotamento contínuo, tais como resistência ao choque térmico e estabilidade, e promover a obtenção de uma maior função e alta durabilidade do bocal de lingotamento contínuo, com base na estrutura multicamadas.

O método de produção da presente invenção possibilita obter um processo de formação interna simultânea, para obter o bocal de lingotamento contínuo com os excelentes elementos citados, estavelmente com alta precisão e alta qualidade, e conseguir simplificação e economia de modo de operação em um processo de produção, e reduções no prazo de entrega e custo de produção necessários.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A figura 1 é uma vista seccional mostrando um bocal longo de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A figura 2 é uma vista seccional mostrando um bocal de lingotamento contínuo de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

5 A figura 3 é um diagrama explanatório mostrando um método de medição de uma força de ligação a quente de uma camada intermediária.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

A presente invenção será descrita mais especificamente com base em uma modalidade da mesma e de um exemplo.

10 A presente invenção foi aplicada a uma estrutura refratária tubular baseada em uma modalidade da mesma e em um exemplo.

A presente invenção foi aplicada a uma estrutura refratária tubular denominada "bocal longo" para uso na transferência de aço em fusão entre uma panela e um distribuidor em um processo de lingotamento contínuo.

15 Como mostrado na figura 1, em uma estrutura refratária aplicada a um bocal longo 1 (diâmetro do furo interno: 140 mm Φ , diâmetro de um corpo reto: 226 mm Φ , comprimento: 1.500 mm), um material a base de MgO-C (MgO = 77% em massa, C = 19% em massa) com um coeficiente de dilatação térmica máximo da temperatura ambiente até 1.500°C de 1,8%
20 foi usado para uma camada no lado do furo interno 2, e aplicada em toda a superfície do furo interno a uma espessura de 10 mm, e um material Al₂O₃-SiO₂-C (Al₂O₃ = 50% em massa, SiO₂ = 25% em massa, C = 25% em massa) com um coeficiente de dilatação térmica máximo da temperatura ambiente até 1.500 de 0,5%, foi usado para uma camada no lado da periferia externa 3, e
25 aplicado no lado de uma região que não é imersa no banho de aço em fusão (parte não imersa). Adicionalmente, a espessura da camada intermediária 4 para aliviar a dilatação térmica da camada no lado do furo interno 2 foi estabelecida em 3,0 mm.

Uma mistura (ingredientes) para a camada intermediária 4 foi

preparada da seguinte maneira: misturando partículas de grafita expansíveis não expandidas como um material expansível, partículas de polietileno como as partículas queimáveis, e alumina e magnésia como o agregado refratário, juntos, e adicionando um pó de breu e uma resina acrílica como o ligante orgânico na mistura; submetendo a mistura a um processo de granulação em uma misturadora de alta velocidade; ajustando a quantidade de componente volátil residual em um forno de secagem fluidizado para ajustar a plasticidade durante a formação; e regulando a mistura granulada obtida por meio da secagem para ter um tamanho de partícula de 1 mm ou menos.

Os detalhes estão mostrados na tabela 1. Uma taxa compressiva e uma força de ligação a quente (tensão de cisalhamento compressiva) na tabela 1 foram medidos pelo método supramencionado. No bocal longo 1 neste exemplo a taxa compressiva necessária para a camada intermediária, de acordo com a fórmula 1, é 34% ou mais.

Para comparação, a camada no lado do furo interno 2 foi inserida na camada no lado da periferia externa 3 usando uma argamassa tipo lama convencional para preparar o exemplo comparativo 1. No exemplo comparativo, nenhuma compressibilidade da camada intermediária foi observada em uma medição de uma forma sólida do bocal, e não ocorreu trinca nem desprendimento, respectivamente, na camada no lado da periferia externa e na camada no lado do furo interno em um primeiro ciclo do teste de vazamento.

Tabela 1

	Exemplo Comparativo1	Exemplo Comparativo2	Exemplo Comparativo3	Exemplo Inventivo1	Exemplo Inventivo2	Exemplo Inventivo3	Exemplo Comparativo4	Exemplo Comparativo5	Exemplo Inventivo4	Exemplo Inventivo5	Exemplo Inventivo6	Exemplo Comparativo6	Exemplo Inventivo7	Exemplo Inventivo8	Exemplo Comparativo7
Composição da mistura para a camada intermediária (% em massa)															
grafita expansivo (600 µm ou menos)	45	50	45	45	45	45	45	0	15	10	5	4	5	5	5
grafita em flocos não expansivo (600 µm ou menos)	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0
partículas de polietileno (45 µm ou menos)	0	50	55	55	55	55	55	55	85	90	95	96	55	55	50
partículas finas de Al ₂ O ₃ (45 µm ou menos)	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	45
partículas finas de MgO (45 µm ou menos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
pó de breu (não incluído na malha 100, conte C *1	0	5	2	2,5	5	15	16	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
resina acrílica (não incluída na malha 100, sólida)	0	15	15	15	15	15	1,5	15	15	15	15	15	15	1,5	15
silicato de sólido (não incluído na malha 100, sólido)	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Componente químico da camada intermediária (% em massa) *1															
C (componente de carbono)	43	100	100	100	100	100	100	10	100	100	100	100	16	16	14
Al ₂ O ₃	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0	86
MgO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	0
SiO ₂	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$K \geq ((D_i \times a_i - D_o \times a_o) / (2 \times T_m)) * 4$	x	o	o	o	o	o	x	x	o	o	o	o	o	o	o
Taxa compressiva a 1000°C	4	58	72	65	62	49	29	14	75	77	78	81	72	68	67
a 1500°C	6	61	74	68	66	56	33	16	78	78	80	85	75	71	71
Força de ligação a quente (MPa) 1000°C	0,4	-	<0,01	0,3	0,5	1,4	1,8	<0,01	0,3	0,3	0,2	<0,01	0,1	0,3	<0,01
a 1500°C	<0,01	-	<0,01	0,2	0,4	1,2	1,6	<0,01	0,2	0,2	0,1	<0,01	0,1	0,2	<0,01
Rendimento da forma sólida depois da queima *2															
estado da camada no lado da periferia externa	o	x(K)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
estado da camada intermediária	x (S)	-	o	o	o	o	o	x (S)	o	o	o	o	o	o	x (S)
Teste de repetição do ciclo de vazamento (sem pré-aquecimento) *3															
primeiro ciclo	x(C,P)	-	x (P)	o	o	o	x(C)	x (P)	o	o	o	x (P)	o	o	o
segundo ciclo	-	-	-	o	o	o	-	-	o	o	o	-	o	o	x (P)
terceiro ciclo	-	-	-	o	o	o	-	-	o	o	o	-	o	o	-
Avaliação compreensiva *5	x	x	x	o	o	o	x	x	o	o	o	x	o	o	x

*1 A% em massa de cada material é um valor correspondente a um composto químico depois da queima redutora a 1.000 °C

*2 x(K): ocorrência de trinca longitudinal na camada no lado da periferia externa, x(S) ocorrência de trinca por contração. O bom, sem defeito

Uma amostra no exemplo comparativo 2 foi preparada de uma maneira tal a conter 50% em massa de partículas de grafita expansíveis, com o restante sendo 50% em massa de partículas queimáveis, e adicionalmente contém 5 partes em massa de breu, além de uma% em massa total das partículas de grafita expansíveis e das partículas queimáveis. No exemplo comparativo 2, ocorreu trinca por dilatação na camada no lado da periferia externa durante um tratamento térmico em um processo de produção. O motivo é que as partículas de grafita expansíveis são contidas em um teor de 50% em massa que excede 45% em massa como o valor limite superior, e assim a camada no lado da periferia externa é pressionada radialmente para fora e rompida por uma força de dilatação das partículas de grafita expansíveis durante o tratamento térmico.

Os exemplos inventivos 1 a 3 e exemplos comparativos 3 e 4 são resultados de avaliação realizada ajustando-se uma quantidade de partículas de grafita expansíveis a um valor constante de 45% em massa e usando um pó de breu como o ligante orgânico, e mudando, na faixa de 2,0 a 16% em massa, o valor do teor de carbono do pó de breu (doravante referido como "componente de carbono do breu") em termos do valor do teor de carbono em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C.

Um aumento na resistência junto com um aumento no componente de carbono de breu é observado.

Nos exemplos inventivos 1 a 3 e no exemplo comparativo 3, as partículas de grafita expansíveis foram suficientemente expandidas durante o tratamento térmico, e os vazios que foram ocupados pelas partículas de polietileno foram completamente preenchidos com as partículas de grafita expandidas, de forma que uma grande razão compressiva pudesse ser obtida. Entretanto, no exemplo comparativo 3 onde o componente de carbono do breu é reduzido a 2% em massa, a força de ligação não pôde ser suficientemente obtida para causar desprendimento da camada no lado do furo interno

(elemento do lado do furo interno). Adicionalmente, no exemplo comparativo 4 onde o componente de carbono de breu foi aumentado para 16% em massa, a força de ligação foi excessivamente aumentada, e a compressibilidade não foi suficientemente obtida. Conseqüentemente, ocorreu trinca no primeiro ciclo do teste de vazamento.

Nos exemplos inventivos 1 a 3, excelentes resultados puderam ser obtidos na "produção de forma sólida" e "teste de repetição do ciclo de vazamento" sem nenhum problema.

No exemplo comparativo 5 onde não foi usada partícula de grafita expansiva, tanto a compressibilidade quanto a soldabilidade puderam ser obtidas a um nível exibido, e um fenômeno de desprendimento ocorreu no teste de vazamento.

Nos exemplos inventivos 4 a 6 onde a quantidade de partículas queimáveis é aumentada ainda mais, tanto a compressibilidade quanto a força de ligação puderam ser obtidas suficientemente.

No exemplo comparativo 6 onde a quantidade de partículas queimáveis é aumentada ainda mais, a força de ligação não pôde ser suficientemente obtida, e ocorreu um fenômeno de desprendimento no teste de vazamento, embora a compressibilidade pudesse ser obtida suficientemente.

Nos exemplos inventivos 7 e 8 onde uma parte das partículas queimáveis é substituída por partículas refratárias, a compressibilidade e a força de ligação pôde ser suficientemente obtida, e excelentes resultados puderam ser obtidos. No exemplo comparativo 7 onde a quantidade das partículas refratárias é aumentada ainda mais, a compressibilidade não pôde ser suficientemente obtida. Conseqüentemente, trincas por contração foram observadas na camada intermediária, e a força de ligação não pôde ser suficientemente obtida. Além disso, ocorreu um fenômeno de desprendimento na camada no lado do furo interno em um segundo ciclo do teste de

vazamento.

Embora, nos exemplos apresentados, a presente invenção seja aplicada ao bocal longo ilustrado na figura 1, um tipo de bocal a ser coberto pela presente invenção não está limitado ao bocal longo. Por exemplo, a presente invenção pode ser aplicada a uma estrutura refratária tubular mostrada na figura 2.

As figuras 2(a) e (b) mostram dois tipos de bocal longo que utilizam a presente invenção, como com a modalidade ilustrada na figura 1. No bocal ilustrado na figura 2(a), a camada no lado da periferia externa 3 é provida de forma a estender-se até a extremidade inferior do bocal longo 1, e a camada intermediária 4 é provida entre a extremidade inferior e a camada no lado do furo interno 2 e a camada no lado da periferia externa 3. Na figura 2(b), a composição refratária da camada no lado da periferia externa 3 é provida de forma a estender-se tanto até a extremidade superior quanto inferior do bocal longo 1, e a camada intermediária 4 é disposta entre a extremidade superior da camada no lado do furo interno 2 e a camada no lado da periferia externa 3 e entre a extremidade inferior da camada no lado do furo interno 2 e a camada no lado da periferia externa 3.

A figura 2(c) mostra um exemplo onde a presente invenção é aplicada a um bocal de imersão. O bocal de imersão 1' ilustrado na figura 2(c) compreende uma camada no lado da periferia externa 3 consistindo em uma composição AG 3a e uma composição ZG 3b, em que a composição AG 3a tem uma parede inferior e uma parede lateral formada com orifícios de saída 5. Uma camada no lado do furo interno 2 também tem uma parede inferior, e uma camada intermediária 4 é provida entre a camada no lado do furo interno 2 e a camada no lado da periferia externa 3 de forma a estender-se substancialmente por todo seu comprimento.

REIVINDICAÇÕES

1. Bocal de lingotamento contínuo compreendendo uma estrutura refratária tubular que tem um furo interno formado ao longo de uma direção axial da mesma para permitir que metal em fusão passe através dele, e inclui pelo menos parcialmente uma camada no lado do furo interno (2) disposta no lado do furo interno e uma camada no lado da periferia externa (3) disposta em um lado radialmente externo relativo à camada no lado do furo interno (2), em que a camada no lado do furo interno (2) tem uma dilatação térmica maior que a camada no lado da periferia externa (3), o bocal de lingotamento contínuo sendo caracterizada pelo fato de que a estrutura refratária tubular inclui uma camada intermediária (4) com compressibilidade e disposta entre a camada no lado do furo interno (2) e a camada no lado da periferia externa (3), em que:

a camada no lado do furo interno (2), a camada intermediária (4) e a camada no lado da periferia externa (3) são integradas simultaneamente durante um processo de formação para formar uma estrutura multicamadas;

uma força de ligação entre a camada intermediária (4) e cada uma da camada no lado do furo interno (2) e da camada no lado da periferia externa (3) adjacente à camada intermediária (4) fica na faixa de 0,01 a 1,5 MPa, medida em uma atmosfera não oxidante a 1.000 °C; e,

a camada intermediária (4) tem uma taxa compressiva K (%) que satisfaz a Fórmula 1 seguinte, medida em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C a uma pressão de 2,5 MPa,

$$K \geq \{(D_i \times \alpha_i - D_o \times \alpha_o) / (2 - T_m)\} \quad \text{Fórmula 1}$$

em que:

Di é o diâmetro externo (mm) da camada no lado do furo interno (2);

Do é o diâmetro interno (mm) da camada no lado da periferia

externa (3);

T_m é a espessura inicial (mm) da camada intermediária (4) à temperatura ambiente;

5 α_1 é o coeficiente de dilatação térmica máxima (%) da composição refratária da camada no lado do furo interno (2) em uma faixa de temperatura da temperatura ambiente até 1.500 °C; e

10 α_o é um coeficiente de dilatação térmica (%) da composição refratária da camada no lado da periferia externa (3) a uma temperatura no início da descarga ou vazamento de metal em fusão pelo dito bocal de lingotamento contínuo.

2. Bocal de lingotamento contínuo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada intermediária (4) em um estado depois de ser submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 600°C ou mais contém partículas de grafita expansíveis expandidas (doravante referidas como "partículas de grafita expandidas").

20 3. Bocal de lingotamento contínuo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a camada intermediária (4) em um estado depois de ser submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C contém um componente de carbono (exceto qualquer composto de carbono com os componentes restantes) em uma quantidade total de 16% em massa ou mais (incluindo 100% em massa).

25 4. Bocal de lingotamento contínuo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a camada intermediária (4) em um estado depois de ser submetida a um tratamento térmico em uma atmosfera não oxidante a 1.000°C contém um componente de carbono (exceto qualquer composto de carbono com os componentes restantes) em uma quantidade total de 16% em massa ou mais, com o restante

sem ser o componente de carbono sendo um material refratário compreendendo um ou mais selecionados do grupo que consiste em óxido, carboneto, nitreto e metal.

FIG.1

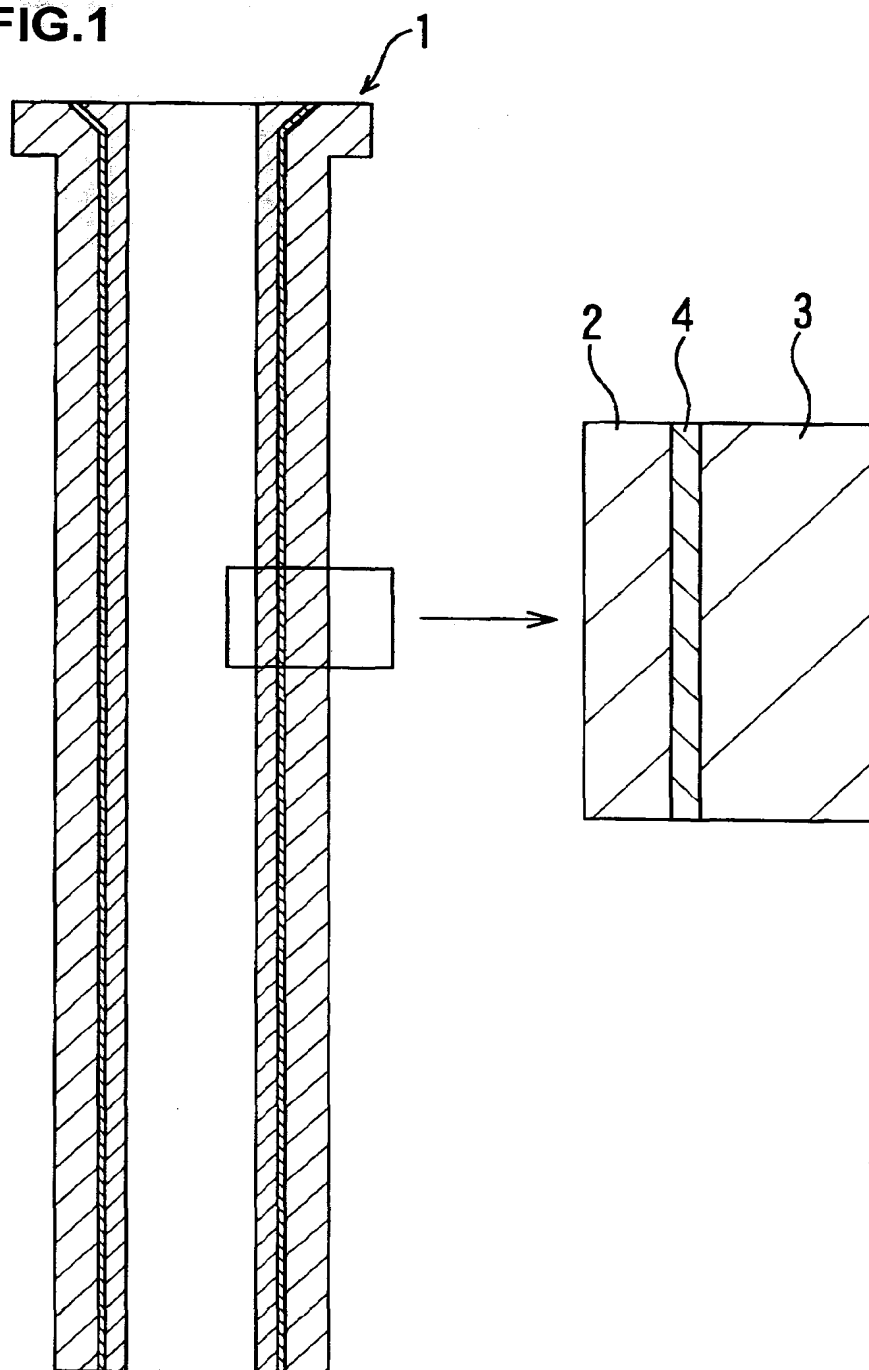


FIG.2

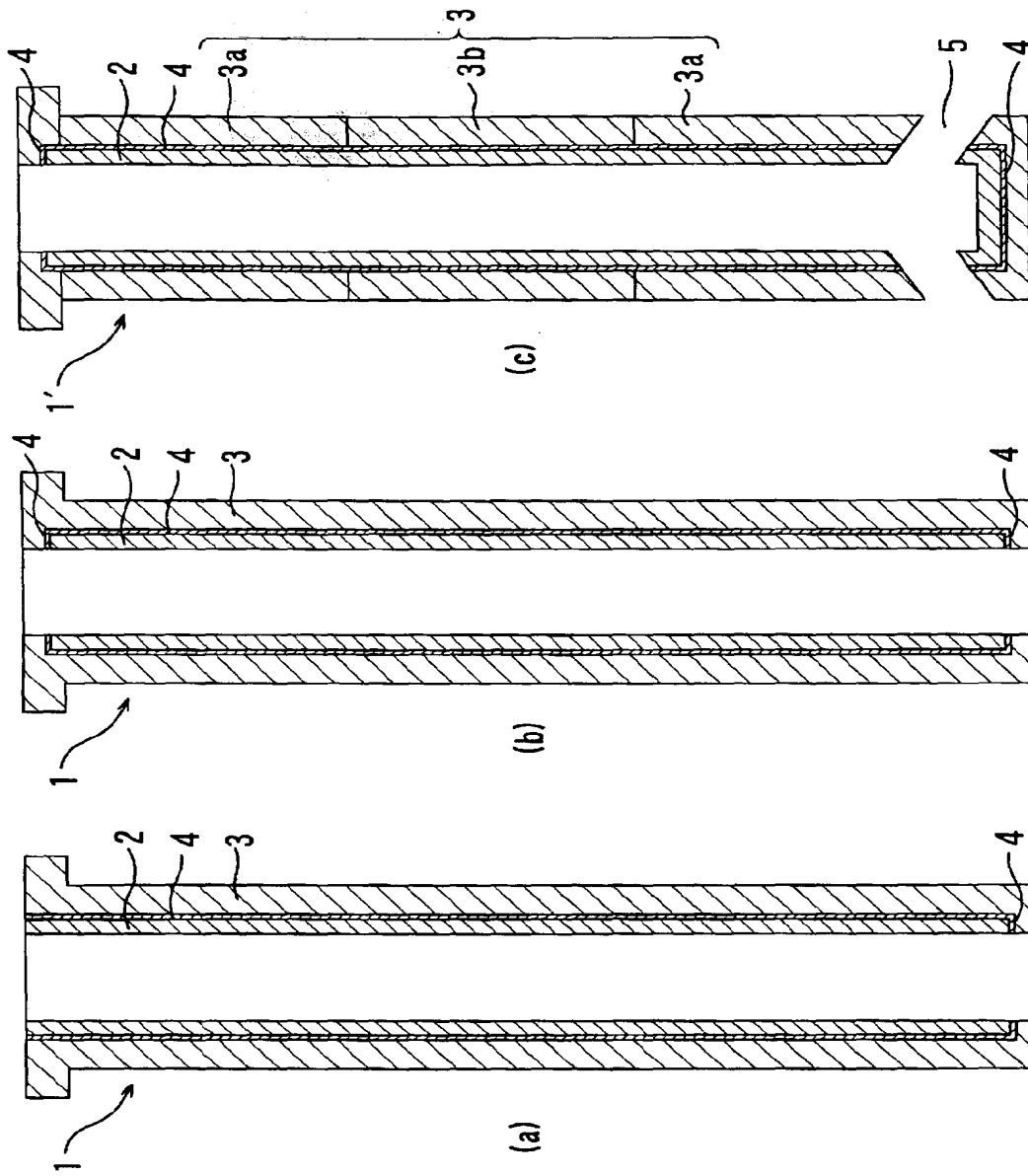


FIG.3