



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

**(11) PI 0909799-6 B1**



**(22) Data do Depósito: 09/03/2009**

**(45) Data de Concessão: 10/11/2020**

---

**(54) Título:** MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE FERRO FUNDIDO DE GRAFITA ESFEROIDAL PARA EVITAR A ESFEROIDIZAÇÃO DEGRADADA E A QUEDA DA TEMPERATURA DO MESMO, FORNO ELÉTRICO PARA PROCESSAMENTO DE FERRO FUNDIDO DE GRAFITA ESFEROIDAL, DISPOSITIVO DE FORNO ELÉTRICO PARA PROCESSAMENTO DE FERRO FUNDIDO DE GRAFITA ESFEROIDAL

**(51) Int.Cl.:** C21C 1/10; C25F 1/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 10/03/2008 CN 2008100546049.

**(73) Titular(es):** YUXIN WANG; JUREN LIU.

**(72) Inventor(es):** YUXIN WANG; JUREN LIU.

**(86) Pedido PCT:** PCT CN2009070702 de 09/03/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/111973 de 17/09/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 06/09/2010

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA TRATAR FERRO DE GRAFITE ESFEROIDAL E O DISPOSITIVO DE ESCOAMENTO DESTES. Um método para tratar o ferro da grafite esferoidal inclui as etapas de: escoamento de ferro fundido da grafite esferoidal em uma fornalha elétrica de escoamento (1); cobrir o ferro da grafite esferoidal derretido (5) com a escória do álcali (6) que é derretida em alta temperatura e é rica em íon do metal terroso do álcali, íon do metal terroso raro, ou uma mistura destes; conectando o ferro fundido da grafite esferoidal (5) com o pólo negativo da fonte de corrente contínua por um pólo (7); conectando a escória do álcali (6) com o pólo positivo da fonte de corrente contínua por um outro pólo (4), tratando o ferro fundido da grafite esferoidal (5) com a escória do álcali (6) que é usada como o eletrólito. O método pode impedir o desvanecimento da velocidade de esferoidização do ferro da grafite esferoidal. A fornalha elétrica de escoamento pode ser usada tratando o ferro fundido da grafite esferoidal.

Relatório descritivo da Patente de Invenção para: **“MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE FERRO FUNDIDO DE GRAFITA ESFEROIDAL PARA EVITAR A ESFEROIDIZAÇÃO DEGRADADA E A QUEDA DA TEMPERATURA DO MESMO, FORNO ELÉTRICO PARA PROCESSAMENTO DE FERRO FUNDIDO DE GRAFITA ESFEROIDAL, DISPOSITIVO DE FORNO ELÉTRICO PARA PROCESSAMENTO DE FERRO FUNDIDO DE GRAFITA ESFEROIDAL”**.

[0001] O presente pedido de invenção reivindica a prioridade do pedido de patente chinês com o título da invenção “Método de processamento e dispositivo especial de vazamento para evitar a esferoidização degradada e a queda da temperatura de vazamento do ferro de grafita esferoidal líquido durante o processo de vazamento”, e, o número do pedido 200810054604.9, depositado no Escritório Estadual de Propriedade Intelectual de P.R.C. em 10 de Março de 2008, e todo o seu conteúdo é aqui incorporado por referência.

#### CAMPO DA INVENÇÃO

[0002] A presente invenção relaciona-se ao campo técnico da fundição do ferro de grafita esferoidal, e particularmente, a um método de processamento e a um dispositivo de vazamento especial para evitar a esferoidização degradada e a queda da temperatura do ferro de grafita esferoidal líquido durante o processo de vazamento.

#### ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0003] O ferro fundido da grafita esferoidal é uma fundição de liga que desenvolve-se a partir dos anos 40. Uma vez que a grafita é esferoidal, suas propriedades mecânicas são muito melhores do que as do ferro fundido cinzento, superior ao ferro fundido maleável e parecido com o aço. Além disso, tem algumas excelentes propriedades não possuídas pelo aço, por exemplo, boa fusibilidade, operabilidade, utilidade, resistência à corrosão e extensa adaptação ao tratamento térmico. Consequentemente, dos anos 50 até agora, o ferro fundido da grafita esferoidal tornou-se a liga fundida mais rapidamente desenvolvida: a produção do ferro fundido da grafita esferoidal no mundo inteiro foi de somente 50.000 toneladas em 1949, enquanto que em 1960 foi de 535.000 toneladas, 5 milhões de toneladas em 1970, 7,6 milhões de toneladas em 1980, 9,15 milhões de toneladas em 1990, 13,1 milhões

de toneladas em 2000, alcançando 23 milhões de toneladas em 2007. Os campos de aplicação do ferro fundido da grafita esferoidal são muito extensos, e contando o peso total, atualmente os tubos fundidos e os canos de encaixe ocupam aproximadamente 40%, os moldes automotivos ocupam aproximadamente 35%, e outras partes (navio, locomotiva, motor à diesel, maquinaria agrícola, válvula de pressão média, maquinaria metalúrgica, máquina-instrumento, peças hidráulicas, maquinaria de armazenamento e transporte, maquinaria geral e aparelho de armazenamento de combustível nuclear e transporte) ocupam aproximadamente 25%. Com suas excelentes propriedades, o ferro fundido da grafita esferoidal desenvolve-se rapidamente ao redor do mundo. Os países no mundo usam extensamente o ferro fundido da grafita esferoidal para substituir o aço forjado, aço fundido, ferro fundido maleável e o ferro fundido cinzento comum para fabricar várias partes estruturais, de forma a conservar aços e horas de trabalho de máquinas, prolongar o tempo de serviço, reduzir o custo do uso e de manutenção, e ainda adquirir benefícios econômicos e sociais enormes. Atualmente, a produção anual do ferro fundido da grafita esferoidal ocupa no mundo inteiro uma proporção cada vez maior na produção total do metal ferroso fundido, e torna-se um índice importante para avaliar o nível de desenvolvimento da indústria de fundição de um país.

[0005] Entretanto, quando comparado a outros materiais de metal, o ferro fundido da grafita esferoidal tem uma grande “desvantagem”: as propriedades flutuam amplamente durante o processo de solidificação e de formação do metal, assim a confiabilidade do material é diminuída, e particularmente, para as empresas que produzem produtos tais como o encanamento e peças de automóvel em uma grande escala, uma proporção de tamanho fora do comum pode ser causada e mesmo o desperdício de produtos indetectados na ordem de milhões pode ocorrer durante o processo completo de produção, assim o desenvolvimento, a promoção e a aplicação do ferro fundido da grafita esferoidal são restritos, isto se dá por que:

[0006] Durante o processo de produção do ferro fundido da grafita esferoidal, as propriedades mecânicas do ferro fundido da grafita esferoidal são determinadas principalmente pela forma da grafite formada durante a solidificação do ferro líquido, em vez da composição química tal como o carbono e o silicone, dessa forma o ferro

fundido da grafita esferoidal é também chamado como o material “mágico” do metal que tem propriedades instáveis de produção. Uma vez que a esferoidização do ferro fundido da grafita esferoidal é realizada através de uma concha a outra de fundição e após o derretimento do ferro de base líquida, o ferro líquido de diferentes conchas de fundição pode ter propriedades diferentes, e mais importante, a mesma concha de fundição do ferro fundido líquido da grafita esferoidal depois de uma esferoidização bem sucedida também encontrará uma esferoidização degradada devido a “ressulfurização” incessante e ao “escape” do vapor de magnésio, assim as propriedades mecânicas das fundições derramadas mais tarde tornam-se obviamente pobres, e a fundição desperdiçada é gerada. Isso aumenta extremamente a dificuldade do controle de qualidade durante o processo de produção da fábrica, o ferro fundido da grafita esferoidal é também considerado como um “material instável de baixa confiabilidade”, e seu desenvolvimento futuro é então restringido. Uma vez que o ferro fundido da grafita esferoidal líquida irá submeter-se continuamente a “esferoidização degradada”, o tempo de vazamento eficaz é muito curto, e o vazamento geralmente não é permitido mais na fábrica aproximadamente dez minutos mais tarde depois que a esferoidização de uma concha de fundição do ferro fundido líquido da grafita esferoidal está terminada.

[0007] As experiências demonstram que quando o ferro fundido líquido de grafita esferoidal é esquentado e é isolado na fornalha de indução, a mistura eletromagnética e o crescimento da temperatura do ferro líquido agravarão a "ressulfurização" e o "escape" do vapor de magnésio, e a velocidade da "esferoidização degradada" do ferro líquido na fornalha é evidentemente aumentada. Assim, as linhas de fabricação de peças fundidas de ferro fundido de grafite de esferoidal na China mal usam a fornalha de vazamento eletrônica, como resultado, o fenômeno de queda de temperatura do ferro líquido é sério durante o processo de vazamento, o índice de rejeição relacionado à temperatura de vazamento é alto, a espessura projetada de parede da peça fundida é compelida a ser aumentada artificialmente, e o material e energia são desperdiçados. Atualmente em países desenvolvidos, o forno elétrico de vazamento fornecida para as linhas de modelagem e de fundição de moldagens de ferro fundido de grafita esferoidal do automóvel é um forno elétrico de vazamento sob pressão que possui um gás inerte (argônio, nitrogênio). Embora tal forno elétrico de

vazamento resolva o problema da temperatura de vazamento instável, torna a temperatura de vazamento estável e controlável, e prolonga o tempo em que a esferoidização degradada do ferro fundido líquido da grafita esferoidal ocorra, a esferoidização degradada não é eliminada, e a quantidade de magnésio residual no ferro fundido líquido da grafita esferoidal preenchido no forno elétrico deve ser aumentada para compensar continuamente o consumo de nodulizer do ferro fundido líquido da grafita esferoidal, que aumenta não somente o consumo de nodulizer, mas também faz o forro da fornalha ser continuamente engrossado devido à reação persistente entre o metal magnésio excessivo no ferro líquido e o forro da fornalha, e encurtam o ciclo da manutenção e do serviço do forro do forno elétrico. Assim, atualmente tal forno elétrico de vazamento é adotada principalmente nas linhas de produção de moldagem onde o ferro fundido da grafita esferoidal e o ferro fundido cinzento são usados alternativamente, e não é apropriado às empresas que produzam meramente as moldagens do ferro fundido da grafita esferoidal. Além disso, o forno elétrico de vazamento sob pressão de ar exige o selo e o ajuste automático da pressão do gás da fornalha, dessa forma a estrutura do dispositivo é complexa, o serviço e a manutenção são difíceis, e o custo material é alto devido ao consumo de argônio ou de nitrogênio durante todo o ano.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0008] O objeto da presente invenção é fornecer um método de processamento e um dispositivo de vazamento especial para evitar a esferoidização degradada e a queda da temperatura de vazamento do ferro fundido líquido da grafita esferoidal durante o processo de vazamento, que pode resolver os problemas acima, estabilizar a temperatura de vazamento, e evitar completamente a esferoidização degradada, para reduzir a perda da rejeição na produção de moldagens do ferro fundido de grafita esferoidal; entretanto, a fornalha de vazamento elétrico pode reduzir extremamente a perda de magnésio residual no ferro líquido, de modo que a quantidade do uso de nodulizer durante a esferoidização é obviamente diminuída, a vida do material refratário do forro da fornalha é prolongada, e o gás inerte já não é usado ou consumido, mesmo o corpo da fornalha não precisa nenhuma vedação quando um forno elétrico de vazamento tipo inclinada ou tipo haste travada é usada, assim as operações dos trabalhadores de reparar e limpar a fornalha são simplificada, e as

dificuldades na operação e reparo do forno elétrico de vazamento são diminuídas. A aplicação deste dispositivo técnico terá um significado em melhorar a confiabilidade do ferro fundido da grafita esferoidal, assegurar a produção contínua e estável a longo prazo de ferro fundido da grafita esferoidal, e reduzir os custos de gastos da fabricação do ferro fundido da grafita esferoidal, e particularmente, estar apropriado para ser promovido entre as empresas que produzem continuamente moldagens do ferro fundido da grafita esferoidal em uma grande escala, assim como linhas de produção de moldagem de peças de ferro fundido da grafita esferoidal do automóvel e de tubulações centrífugas do ferro fundido da grafita esferoidal, etc. O forno elétrico de vazamento de ampla capacidade que usa esta técnica pode ainda ser aplicada às situações de produção para vazamento de moldagens de ferro fundido de grafita esferoidal de paredes grossas largas, pesadas ou muito largas, tais como grandes estruturas da engenharia, ferramentas da máquina de moldagem, grandes moldagens de bomba de água, e tanques de armazenamento de combustível nuclear.

[0009] A solução técnica da presente invenção é relatada a seguir: um método de processamento para evitar a esferoidização degradada e a queda da temperatura de vazamento da grafite líquida esferoidal durante o processo de vazamento: o ferro fundido de grafita esferoidal líquido a ser derramado é preenchido em um dispositivo de forno elétrico de vazamento especial provido de um conjunto do sistema de eletro-escória D.C.; a escória de álcali fundida de alta temperatura, que é abundante no íon terroso de álcali ou íon de metal terroso raro, é pavimentada acima da fornalha de ferro fundido líquido da grafita esferoidal; uma parte superior do corpo da fornalha é fornecida com um eletrodo de grafite introduzido em uma camada de escória derretida do álcali, um eletrodo conectado a um sistema de fonte da alimentação DC é fornecida no ferro fundido líquido da grafita esferoidal sob o nível da camada de escória derretida do álcali; o ferro fundido líquido da grafita esferoidal é vedado pela escória derretida de alta temperatura do álcali que flutua na parte superior deste, de modo que a fornalha de ferro fundido líquido da grafita esferoidal é isolada completamente do oxigênio da atmosfera, para evitar completamente a “ressulfurização” do ferro líquido; com o princípio de “célula eletrolítica DC.”, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal serve como um cátodo, o eletrodo de grafite introduzido na camada de escória derretida do álcali serve como um anodo, e a escória derretida do álcali serve como

um eletrólito líquido; uma corrente contínua é conduzida depois que a fornalha é preenchida com o ferro fundido líquido da grafita esferoidal, a força da corrente contínua é determinada a seguir de acordo com a capacidade do forno elétrico: uma corrente equivalente a 20~50 Faraday para cada tonelada do ferro fundido líquido da grafita esferoidal por hora, aqui a grande corrente de baixa voltagem refere-se a baixa voltagem de aproximadamente 20V~70V de uso comum nas indústrias, e, sua corrente varia com a força total em uma certa escala, alguma energia elétrica é convertida em energia química depois que a corrente contínua é conduzida para impedir [Mg] da oxidação em  $[Mg^{2+}]$  por  $[O^{2-}]$  ou  $[S^{2-}]$  residual no ferro líquido (para ser notado, os parênteses “( )” na parte da frente e de trás de cada íon ou átomo neste texto significam que o íon ou o átomo estão contidos na escória do álcali, enquanto as chaves “[ ]” na parte da frente e de trás de cada íon ou átomo neste texto significam que o íon ou o átomo estão contidos no ferro fundido líquido da grafita esferoidal); a reação eletrolítica ocorrerá na escória de alta temperatura com uma temperatura de 1500°C~1700°C, os cátions do álcali tais como  $(Mg^{2+})$  e  $(Ca^{2+})$  na escória movem-se direcionalmente para o cátodo, enquanto que ânions tais como  $(S^{2-})$  na escória movem-se em direção ao anodo; os ânions residuais como  $[S^{2-}]$  no ferro fundido líquido da grafita esferoidal também irão flutuar e entrarão na escória devido à atração do eletrodo opostamente carregado; estes anions  $(S^{2-})$  na escória derretida de alta temperatura, e os anions  $(S^{2-})$  em uma pequena quantidade de escória de enxofre elevado trazida para a escória derretida de alta temperatura do álcali quando o ferro líquido é preenchido da concha de fundição da esferoidização na fornalha de vazamento, pode perder elétrons próximo do anôdo e transformá-los no enxofre líquido de alta temperatura  $S_2$  em estado livre, e queimam-se diretamente em gás  $SO_2$  após ter contactado o ar, de forma a ser continuamente eliminado da escória alcalina derretida; quando quantidade suficiente de corrente contínua é conduzida, um eletrodo potencial em uma interface escória-metal conseguirá um balanço eletroquímico que cumpre a exigência da tecnologia de esferoidização, entre o conteúdo [Mg] de estado livre no ferro líquido e o conteúdo de  $(Mg^{2+})$  de estado iônico na escória, que contém os átomos de [Mg] no ferro fundido líquido da grafita esferoidal transformando-se no cátion  $[Mg^{2+}]$  devido à perda do elétron e de entrar na escória, de forma a manter o conteúdo de magnésio residual no ferro líquido, e o conteúdo de

magnésio no ferro líquido podem ser aumentados e restaurados ao valor normal, mesmo se o conteúdo total do magnésio residual no ferro líquido no forno elétrico de vazamento diminuir quando uma concha de fundição do ferro líquido com um baixo conteúdo de magnésio residual submetendo-se a esferoidização degradada é preenchida na fornalha inadvertidamente.

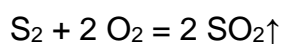
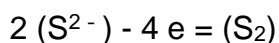
[0010] Um dispositivo do forno elétrico de vazamento para o método de processamento acima que inclui um corpo da fornalha, um orifício da tampa de vazamento e uma entrada de alimentação de ferro fornecidos no corpo da fornalha, e meios nos conjuntos para quantificar o ferro de vazamento líquido, a estrutura do corpo da fornalha pode ser tipo de vazamento da parte inferior, tipo inclinada ou o tipo de pressão de ar, a fornalha vedada usa o ar comprimido rico em oxigênio em vez do nitrogênio ou do argônio, caracterizado pelo fato de que, uma parte superior do corpo da fornalha é fornecido com um eletrodo de grafite, abundante escória do álcali derretida de alta temperatura em íons alcalinos terrosos ativos tais como ( $Mg^{2+}$ ), ( $Ca^{2+}$ ) é pavimentado acima da fornalha de ferro fundido líquido da grafita esferoidal, um eletrodo é fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal, uma extremidade mais baixa do eletrodo de grafite é introduzido sempre na escória do álcali; um sistema de fonte da alimentação DC é fornecido de modo que uma parte superior do eletrodo de grafite seja conectada a um pólo positivo da fonte de alimentação para servir como ânodo, e um eletrodo inferior com refrigeração de água ou um eletrodo lateral sem refrigeração de água fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal são conectados a um pólo negativo da fonte de força.

[0011] Na presente invenção, um dispositivo de indução de aquecimento, um gás ou dispositivo de bocal de aquecimento de combustível, um dispositivo de bocal de aquecimento de chama de gás oxigênio, um dispositivo de aquecimento de plasma, ou todos estes podem ser adicionalmente fornecidos ao corpo de fornalha para mais adiante esquentar o ferro fundido líquido de grafita esferoidal. O material refratário do forro do dispositivo da fornalha de vazamento eletro-escória DC deve ser tampado e construído com material refratário de magnésia abundante em MgO ou álcali de dolomita calcinado, e é enfatizado que o material refratário abundante em  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$  não deve ser usado para sacadura. Em relação ao dispositivo de forno elétrico de

vazamento acima, a composição da escória de álcali cobrindo o topo do ferro líquido no dispositivo de vazamento de eletro-escória DC é abundante em escórias multivariadas em íons de metais alcalino-terrosos tal como ( $Mg^{2+}$ ) e ( $Ca^{2+}$ ) ou íons de metais terrosos raros, e o ponto de fusão da escória é controlado num alcance apropriado de 1250 °C ~1500 °C.

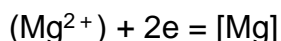
[0012] Através do princípio eletrometalúrgico da “célula eletrolítica D.C.”, o ferro líquido depois da esferoidização serve como um cátodo (a força é fornecida usando o eletrodo inferior ou o eletrodo lateral), o eletrodo de grafite introduzido na camada de escórias de álcali derretidas como um ânodo, e a escória do álcali derretida serve como um eletrólito líquido. Um nível do eletrodo na interface escória-metal contem os átomos de [magnésio] no ferro fundido líquido da grafita esferoidal a partir da transformação em cátions devido à perda do elétron e da entrada da escória; entretanto, uma quantidade minuciosa de átomos [O] e [S] no ferro líquido pode adquirir elétrons e entrar na escória na forma de anions como ( $O^{2-}$ ) e ( $S^{2-}$ ), que é útil para manter o nível de esferoidização do ferro líquido de ser diminuído, assim como para impedir a esferoidização degradada.

[0013] Os anions ( $S^{2-}$ ) residuais na escória e no ferro líquido podem perder elétrons perto do anodo e tornar-se em enxofre líquido  $S_2$  de alta temperatura de estado livre, e após a flutuação na superfície da escória de alta temperatura, ele contata o oxigênio do ar e é diretamente oxidado e queimado no gás  $SO_2$ , sendo a seguir descarregado da fornalha diretamente, que é benéfico para reciclar a escória do álcali a longo prazo.



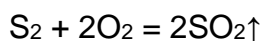
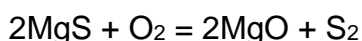
[0014] Quando o potencial entre os eletrodos diferentes alcança certo valor grande o bastante, os cátions do metal na escória estarão separados também no cátodo. Por exemplo, sob a eletrólise da corrente contínua, os cátions ( $Mg^{2+}$ ) e ( $Ca^{2+}$ ) na escória do álcali na parte superior do ferro líquido e nas composições químicas tais como  $MgO$ ,  $MgCl_2$ ,  $CaO$  de alguns forros caídos irão também adquirir elétrons e serão restaurados também a [Mg] e [Ca] para entrar no ferro líquido após ter contatado o

ferro líquido servindo como um cátodo:

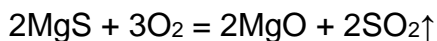


[0015] O ferro fundido líquido da grafita esferoidal isolado na fornalha da eletro-escória D.C. reduz extremamente a perda do  $\omega$  (Mg) sob o efeito da corrente contínua 500A~5000A; quando um valor do  $\omega$  (Mg) no ferro líquido aproxima um valor eletroquímico do balanço da interface escória-metal, a velocidade de degradação do valor do  $\omega$  (Mg) tende a zero, de modo que o conteúdo do magnésio residual no ferro líquido tende a ser estável por muito tempo, e a escala que é  $\omega$  (Mg) > 0,025~0,050% como necessário na tecnologia de vazamento pode ser atendida, de forma a eliminar completamente a possibilidade da esferoidização degradada.

[0016] No caso da esferoidização da concha de fundição trazer uma pequena quantidade de resíduos perdidos e granulados de MgS, os resíduos de MgS podem ser preenchidos diretamente no forno elétrico de vazamento junto com o ferro líquido sem um processo de limpeza de impurezas, neste momento, os resíduos granulados de MgS que flutuam na parte superior da camada da escória podem passar diretamente por uma reação de substituição com o oxigênio no ar sob uma alta temperatura:



[0017] O MgO gerado entra na escória, de modo que a quantidade do trabalho de limpeza de impureza é conservado e o resíduo reciclado, assim o metal magnésio para a dessulfurização no processo de esferoidização é reciclado neste forno elétrico de vazamento:



[0018] O efeito benéfico da presente invenção é o seguinte: a presente invenção converte o ferro fundido da grafita esferoidal de um material de pouca confiança e instável em um material altamente estável e de confiança, e muda o controle de qualidade do processo de produção para o ferro fundido da grafita esferoidal da inspeção antes de derramar e protege-o mais tarde dependendo da experiência e do

senso de responsabilidade de uma pessoa ao regulamento técnico estilizado do dispositivo tecnológico antes e depois do vazamento, para resolver definitivamente o problema da estabilidade da propriedade do ferro fundido da grafita esferoidal. De fato, este é um progresso técnico mais importante com significado revolucionário em aproximadamente 50 anos desde que a técnica de produção do ferro fundido da grafita esferoidal ocorreu.

[0019] Os efeitos principais do dispositivo de vazamento protetor do forno elétrico do eletro-escória da D.C. são demonstrados a seguir:

1) A estrutura e o sistema de controle do forno elétrico de vazamento são extremamente simplificados; a fornalha não precisa de um selo ou um tratamento de limpeza de impurezas periódico, o forro não é engrossado gradualmente, e a operação do dispositivo torna-se mais simples; o mais importante de tudo é que o dispositivo tem uma função muito importante de retardar a esferoidização degradada, e até evitando-a completamente (teoricamente, o tempo de manutenção da esferoidização do ferro líquido na fornalha da eletro-escória DC pode ser prolongada para ser infinita), reduzir o consumo de nodulizer, e fazer com que uma quantidade adicionada deste tenda a ser estável, de modo que o nível de controle de qualidade durante o processo de produção do ferro fundido da grafita esferoidal seja melhorado enormemente, e a confiabilidade da propriedade do material é aumentada a um grau sem precedentes.

2) A eletro-escória do álcali de alta temperatura tem um efeito de aquecimento óbvio no ferro fundido líquido da grafita esferoidal para impedir que a temperatura de vazamento diminua continuamente junto com o lapso de tempo, que se assegura que a temperatura de vazamento seja elegível, estável e de pouca flutuação, para melhorar a qualidade dos moldes e reduzir obviamente a perda de rejeição relativa à temperatura de vazamento do ferro líquido (durante a produção do molde de ferro fundido da grafita esferoidal, tais tipos de produtos desperdiçados possui inúmeras variedades e ocupa uma proporção elevada na quantidade total dos produtos desperdiçados, os defeitos inclui superfície com bolhas, escória preta, bolha da escória, buraco de areia, a porosidade de encolhimento, a dureza demasiadamente elevada, etc. assim como o óbvio defeito de moldagem, moldagem incompleta, furos por agulha, desqualificação no teste da projeção, que estão todos relacionados à

temperatura de vazamento demasiadamente baixa).

3) À fim de derramar moldes de ferro fundido da grafita esferoidal de grande tonelagem (por exemplo, tanques de armazenamento do combustível nuclear, moldes da máquina-instrumento pesada, molde de partes estruturais pesadas, etc.), da quantidade de vazamento do ferro líquido ao mesmo tempo pode ser contada em dez ou centenas de toneladas, e se o equipamento tecnológico da esferoidização convencional é usado para processar tanto o ferro fundido líquido da grafita esferoidal ao mesmo tempo, dispositivo de esferoidização e fornalha de vazamento especial de grande tonelagem e o dispositivo de bloco da coroa pesado deve ser adicionado, que é difícil para empresas comuns. Entretanto, tal forno elétrico de vazamento pode ser usada para acumular bastante concha de fundição líquida qualificada do ferro fundido da grafita esferoidal pela concha de fundição, para produzir moldes pesados do ferro fundido da grafita esferoidal na oficina de moldagem não-pesada como formigas que roem um osso, e a capacidade de produção da oficina pode ser expandida sem comprar dispositivos tais como a concha de fundição para o ferro fundido líquido da grafita esferoidal de especialmente grande tonelagem e do bloco da coroa pesado, ou melhorar a capacidade de carregamento-suporte de oficina de edifícios, que traz o significado técnico e econômico realístico e importante a muitas grandes e médias empresas de moldagem na China.

[0020] Em uma comparação ao forno elétrico de vazamento de pressão protetora do gás inerte, o forno elétrico de vazamento protetora de eletro-escória D.C. tem as seguintes vantagens:

1) A estrutura do dispositivo é extremamente simplificada; particularmente, o corpo da fornalha e a tampa do forno elétrico do tipo de vazamento inferior e do tipo inclinada não são vedados, porque o gás inerte já não é necessário para o isolamento do oxigênio, e o ferro líquido é isolado completamente do oxigênio da atmosfera por uma camada líquida grossa de eletro-escória que flutua ali, “para vedar com mais confiabilidade”; o complexo servomecanismo de controle pneumático é conservado, e a simplificação do dispositivo também melhora a confiabilidade e reduz o investimento, que é conveniente para a fabricação, a manutenção, o calçamento do forro, e o controle de operação. Quando o forno elétrico de vazamento a pressão é usada, o gás inerte caro será substituído pelo ar comprimido comum, que realça não somente

o efeito de dessulfurização, mas também reduz os custos de gastos de fabricação.

2) Uma vez que o enxofre ao entrar na eletro-escória de alta temperatura pode ser oxidada em um produto  $\text{SO}_2$  gasoso e então escapar, enquanto o íon do magnésio na escória pode ser restaurado sob uma ação eletroquímica na interface metal escória e então voltar ao ferro líquido, os resíduos do sulfeto de magnésio e do óxido de magnésio gerados na reação de esferoidização podem ser diretamente colocados no forno elétrico de vazamento sem atravessar um processo de limpeza de impureza, de modo que o elemento do magnésio na escória pode ser reciclado ali “para transformar o prejudicial no benéfico e o desperdício no artigo de valor”. O cancelamento do processo de limpeza de impureza pode também melhorar as condições de operação dos trabalhadores de esferoidização, simplificar o processo da operação, reduzir o tempo de tratamento, aumentar a eficiência da produção, e poupar a energia elétrica para o isolamento térmico uma vez que a queda da temperatura do ferro líquido na concha de fundição é reduzida.

3) Uma vez que um eletrodo potencial existe na interface escória-metal no forno elétrico protetora de vazamento de eletro-escória, o magnésio residual no ferro líquido não será diminuído quando o conteúdo do magnésio alcançar um valor equilibrado, assim o processo de esferoidização pode obviamente reduzir a quantidade adicionada do metal magnésio, de modo que a quantidade de magnésio residual do ferro líquido preenchida subsequentemente no forno elétrico de vazamento alcance um nível normal de  $\omega(\text{Mg}) \leq 0,04\% \sim 0,05\%$  a partir do nível anterior  $\omega(\text{Mg}) \leq 0,08\% \sim 0,16\%$ . Isso diminui não somente o custo do nodulizer, mas também resolve o problema do engrossamento do ferro.

[0021] Este dispositivo técnico tem uma grande importância da promoção e de aplicação para melhorar a confiabilidade do ferro fundido da grafita esferoidal, assegurando a produção contínua e estável a longo prazo de ferro fundido de grafita esferoidal, e particularmente, para empresas de peças de automóvel, a tubulação fundida do centrifugador, etc. que produzem continuamente moldes de ferro fundido da grafita esferoidal em uma grande escala. Com a aplicação e a promoção desta técnica e a solução completa do problema de confiabilidade do ferro fundido da grafita esferoidal, espera-se que a escala de aplicação do ferro fundido da grafita esferoidal seja estendida ainda mais no mundo, a produção total do ferro fundido da grafita

esferoidal e sua proporção na modelagem de metais ferrosos será posteriormente aumentada pelo mundo inteiro.

[0022] A presente invenção ainda fornece um método de processamento evitando a esferoidização degradada e a queda da temperatura de vazamento do ferro fundido líquido da grafita esferoidal durante o processo de vazamento e um dispositivo de vazamento especial deste, para estabilizar a temperatura de vazamento, para evitar completamente a esferoidização degradada, e reduzir a perda da rejeição durante a produção de moldagem do ferro fundido da grafita esferoidal. Entretanto, uma vez que o forno elétrico de vazamento pode reduzir extremamente a perda de magnésio residual no ferro líquido, a quantidade do uso de nodulizer é diminuída obviamente durante a esferoidização, e a vida do forro do material refratário é prolongada.

[0023] O método de processamento para evitar a esferoidização degradada e baixar a temperatura de vazamento do ferro fundido líquido da grafita esferoidal durante o processo de vazamento, inclui:

preencher o ferro fundido líquido de grafite de esferoidal a ser moldado num dispositivo especial de vazamento do forno elétrico;

pavimentar a escória de álcali fundida de alta temperatura, que é abundante em íon de metal terroso de álcali, íon de metal terroso raro, ou uma mistura destes, acima do ferro fundido líquido de grafita esferoidal, a temperatura da escória de álcali é controlada para estar entre 1500°C ~1700°C ;

ligar o ferro fundido líquido de grafite de esferoidal como um cátodo a um pólo negativo de uma fonte de força DC, fornecendo um eletrodo na escória de álcali e ligar o eletrodo como um ânodo a um pólo positivo da fonte de força DC, e usar a escória de álcali como o eletrólito líquido; e

conduzir uma corrente contínua no dispositivo de vazamento especial do forno elétrico pela fonte de força DC, a força da corrente contínua é determinada a seguir de acordo com a capacidade do dispositivo de vazamento do forno elétrico: uma corrente equivalente a 20~50 Faraday para cada tonelada de ferro fundido líquido de grafita esferoidal por hora.

[0024] Preferencialmente, o método inclui ainda: o eletrodo fornecido na escória do

álcali é um eletrodo de grafite com uma extremidade deste mais baixa introduzida sempre na escória para uma operação do arco submerso; e conectar a escória do álcali ao pólo positivo de uma fonte de força DC, concretamente, conectando a escória do álcali ao pólo positivo da fonte de alimentação DC através do eletrodo da grafite.

[0025] Preferencialmente, o ponto de fundição da escória do álcali é  $1250^{\circ}\text{C} \sim 1550^{\circ}\text{C}$ , e a alcalinidade é 2.5 ~ 4.0.

[0026] Um forno elétrico de vazamento para evitar a esferoidização degradada e baixar a temperatura de vazamento do ferro fundido líquido da grafita esferoidal durante o processo de vazamento, inclui: um corpo da fornalha, um orifício de conexão de vazamento e uma entrada de alimentação de ferro fornecido no corpo da fornalha, e um suprimento de força DC, de modo que o ferro fundido líquido da grafita esferoidal é conectado a um pólo negativo de uma fonte de força DC através de um eletrodo fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal no corpo da fornalha; a escória do álcali fundida de alta temperatura, que é abundante no íon do metal terroso do álcali, no íon do metal terroso raro, ou em uma mistura destes, é pavimentada acima do ferro fundido líquido da grafita esferoidal; um pólo positivo de uma fonte de força DC é conectado à escória do álcali através de um eletrodo fornecido na escória do álcali.

[0027] Preferencialmente, o corpo da fornalha é um tipo de derramamento inferior do corpo da fornalha, um tipo corpo da pressão de ar da fornalha, ou um tipo de inclinação corpo da fornalha.

[0028] Preferencialmente, o eletrodo fornecido na escória do álcali é um eletrodo de grafite.

[0029] Preferencialmente, o forro do material refratário do corpo da fornalha é um material refratário do álcali de magnésia que contém o MgO, material refratário do álcali da dolomita calcinado, magnésia que contém o MgO e material refratário do álcali do tijolo de carbono da magnésia, ou material refratário calcinado do álcali do

tijolo de carbono da dolomita e da magnésia.

[0030] Preferencialmente, o ferro líquido pode ser aquecido e isolado no corpo da fornalha apenas por meio da eletro-escória de alta temperatura, ou pelo menos um dispositivo de aquecimento auxiliar pode ainda ser fornecido no corpo da fornalha para aquecer a escória e o ferro fundido líquido da grafita esferoidal; o dispositivo de aquecimento auxiliar pode ser um dispositivo de aquecimento de indução que aquece o ferro fundido líquido da grafita esferoidal, ou um dispositivo de aquecimento do bocal de gás, um dispositivo de aquecimento do bocal de combustível, um dispositivo de aquecimento do bocal da chama do gás oxigênio, um dispositivo de aquecimento do plasma que aquecem auxiliamente o ferro líquido e a escória do álcali, e pode ser qualquer um dos dispositivos de aquecimento auxiliares acima, ou toda a combinação de dois ou mais destes dispositivos de aquecimento auxiliares.

[0031] Com o método de processamento acima e o dispositivo de vazamento especial deste para evitar a esferoidização degradada e a queda da temperatura de vazamento do ferro fundido líquido da grafita esferoidal durante o processo de vazamento, uma vez que a escória derretida de alta temperatura do álcali abundante em íons do metal terroso do álcali, os íons do metal terroso raro, ou uma mistura destes, são pavimentados acima do ferro fundido líquido da grafita esferoidal, e a corrente é conduzida no ferro fundido líquido da grafita esferoidal e na escória, o metal terroso do álcali, os íons dos íons ou do metal terroso raro na escória irão mover-se para o ferro fundido líquido da grafita esferoidal sob o efeito da corrente, assim, mesmo se os íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro no ferro fundido líquido da grafita esferoidal a ser derramado são vaporizados e reduzidos, podendo ainda ser suplementados pelos íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro na escória, para assegurar o conteúdo dos íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro no ferro fundido líquido da grafita esferoidal, termina a esferoidização degradada, e melhora as propriedades mecânicas dos moldes fundidos.

[0032] Entretanto, uma vez que os íons do metal terroso do álcali ou o metal terroso raro os íons podem mover-se no ferro fundido líquido da grafita esferoidal sob o efeito

da corrente, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal pode ser aquecido e isolado; o conteúdo de íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro no ferro fundido líquido da grafita esferoidal é mantido suplementando íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro da escória no ferro fundido líquido da grafita esferoidal, e a esferoidização degradada é suprimida. Uma vez que as medidas para o aquecimento e o isolamento são tomadas, a taxa da rejeição relativa à temperatura de vazamento pode ser reduzida.

[0033] Similarmente, uma vez que os íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro na escória são suplementados no ferro fundido líquido da grafita esferoidal, é desnecessário aumentar o conteúdo de íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro no ferro fundido líquido da grafita esferoidal recentemente adicionada na fornalha, que reduz não somente o consumo de íons dos íons do metal terroso do álcali ou do metal terroso raro, mas também evita uma reação entre íons excessivos do metal terroso do álcali ou íons do metal terroso raro no ferro fundido líquido da grafita esferoidal e no forro do forno elétrico, para reduzir a frequência de manutenção do forro do forno elétrico.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0034] À fim de descrever mais claramente as modalidades da presente invenção ou as soluções técnicas do estado da técnica, os desenhos anexos a serem usados nas descrições das modalidades ou do estado da técnica serão introduzidos a seguir. Aparentemente, os desenhos descritos são apenas algumas modalidades da presente invenção, e um técnico no assunto pode adquirir outros desenhos baseados nestes desenhos sem fazer nenhum esforço criativo.

[0035] Fig. 1 é um diagrama estrutural de um forno elétrico do tipo de vazamento inferior de acordo com a modalidade 2 da presente invenção;

[0036] Fig. 2 é um diagrama estrutural de um forno elétrico do tipo de pressão a ar de acordo com a modalidade 3 da presente invenção;

[0037] Fig. 3 é um diagrama estrutural de um forno elétrico de um tipo inclinada de

acordo com a modalidade 4 da presente invenção.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0038] As soluções técnicas das modalidades da presente invenção serão descritas claramente e completamente a seguir conjuntamente com os desenhos. Aparentemente, as modalidades descritas são apenas algumas modalidades da presente invenção, em vez de todas as modalidades. Qualquer outra modalidade adquirida por um técnico no assunto baseada nas modalidades da presente invenção sem fazer nenhum esforço criativo, cairá dentro do escopo de proteção da presente invenção.

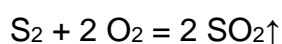
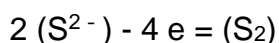
### EXEMPLO 1

[0039] O método de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal fornecido na modalidade da presente invenção preenche o ferro fundido da grafita esferoidal líquida a ser fundido em um forno elétrico de vazamento, e pavimenta a escória do álcali fundida de alta temperatura, que é abundante no íon de metal terroso do álcali, no íon do metal terroso raro, ou uma mistura destes, acima do ferro fundido líquido da grafita esferoidal no forno elétrico de vazamento; ao mesmo tempo, a parte superior do forno elétrico de vazamento é fornecida com um eletrodo de grafite introduzido na escória, e um eletrodo conectado à fonte de força é fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal. Em seguida, o eletrodo de grafite é conectado ao pólo positivo da fonte de força, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal é conectado ao pólo negativo da fonte de força, e um tipo amplo de corrente D.C. de baixa voltagem é conectada. A força de corrente do tipo D.C. é determinada a seguir de acordo com a capacidade do forno elétrico: uma corrente equivalente a 20~50 Faraday para cada tonelada de ferro fundido líquido da grafita esferoidal por hora, aqui a ampla corrente de baixa voltagem refere-se a baixa voltagem de aproximadamente 20V~70V geralmente usada nas indústrias, e sua corrente varia com a força total em uma certa escala.

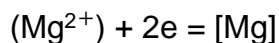
[0040] A solução acima conduz a corrente entre o ferro fundido líquido da grafita esferoidal e a uma escória para formar uma célula eletrolítica D.C., onde o ferro fundido líquido da grafita esferoidal é usado como cátodo, o eletrodo da grafite introduzido na escória é usado como anodo, e a escória fundida é usada como um

eletrólito líquido; após a célula eletrolítica D.C. ser acionada, cátions tais como ( $Mg^{2+}$ ) e ( $Ca^{2+}$ ) na escória movem-se direcionalmente para o cátodo, enquanto anions como ( $S^{2-}$ ) na escória movem-se para o anodo; os anions residuais como [ $S^{2-}$ ] no ferro fundido líquido da grafita esferoidal também flutuarão e entrarão na escória devido à atração do elétrodo carregado opostamente.

[0041] Como pode ser visto a partir da análise acima, anions como [ $S^{2-}$ ] na escória e no ferro fundido líquido da grafita esferoidal movem-se para o ânodo localizado na escória de alta temperatura, assim anions tais como [ $S^{2-}$ ] movem-se geralmente para a escória de alta temperatura, quando estes anions tais como [ $S^{2-}$ ] podem perder elétrons perto do anodo e se transformar em enxofre líquido de alta temperatura de estado livre, e queimam-se diretamente em gás  $SO_2$  após o contatado com ar, para eliminar continuamente ânions como [ $S^{2-}$ ] no ferro fundido líquido da grafita esferoidal e na escória. A reação química detalhada é mostrada a seguir:



[0042] Ao mesmo tempo, uma vez que cátions como ( $Mg^{2+}$ ) e ( $Ca^{2+}$ ) na escória movem-se direcionalmente para o cátodo, eles movem-se geralmente para o ferro fundido líquido da grafita esferoidal de alta temperatura, adquire elétrons próximos ao cátodo para tornarem-se magnésio e cálcio de estado livre e suplementar metais ativos no ferro fundido líquido da grafita esferoidal; além disso, estes metais ativos podem servir como um nodulizer no ferro fundido líquido da grafita esferoidal, assim o nodulizer no ferro fundido líquido da grafita esferoidal é suplementado e a esferoidização degradada é impedida. A fórmula química detalhada é mostrada a seguir:



[0043] O metal magnésio no ferro fundido líquido da grafita esferoidal pode ser suplementado restaurando os íons de magnésio na escória enquanto escapam através da gaseificação; o metal magnésio gaseificado no ferro fundido líquido da grafita esferoidal queima-se em íons magnésio ao alcançar a interface entre o ferro

fundido líquido da grafita esferoidal e a escória, e retorna ao ferro fundido líquido da grafita esferoidal sob o efeito da corrente até que não seja separado da escória do álcali; assim, o conteúdo do metal magnésio servindo como nodulizer no ferro fundido líquido da grafita esferoidal é balanceado.

[0044] Isto quer dizer que, quando a corrente contínua é conduzida, um potencial eletrodo da interface entre a escória e o ferro fundido líquido da grafita esferoidal (interface escória-metal) irá alcançar um balanço eletroquímico atendendo as necessidades da tecnologia de esferoidização, entre o conteúdo de magnésio no estado livre no ferro fundido líquido da grafita esferoidal e o conteúdo do estado iônico ( $Mg^{2+}$ ) na escória, o qual contem átomos de magnésio no ferro fundido líquido da grafita esferoidal transformando-se um cátion de  $Mg^{2+}$  devido à perda de elétron e da entrada na escória, de forma a manter o conteúdo do magnésio residual no ferro fundido líquido da grafita esferoidal.

[0045] No caso de uma concha de fundição do ferro fundido líquido da grafita esferoidal com um baixo conteúdo de magnésio residual e que se submeteu a uma esferoidização degradada é preenchida na fornalha inadvertidamente, provocando o conteúdo completo de magnésio residual no ferro fundido líquido da grafita esferoidal no forno elétrico de vazamento à diminuir, o elemento magnésio na escória pode ser suplementado no ferro fundido líquido da grafita esferoidal para aumentar o conteúdo do magnésio no ferro fundido líquido da grafita esferoidal e restaurá-lo ao valor normal.

[0046] A escória na modalidade da presente invenção não apenas suplementa o magnésio exigido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal, mas também possui uma função de vedação. Detalhadamente, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal nesta modalidade é vedada pela escória de alta temperatura que flutua na parte superior deste, de forma a isolar completamente o ferro fundido líquido da grafita esferoidal na fornalha do oxigênio da atmosfera, e impedir a esferoidização degradada causada por uma resulfurização devido a uma oxidação do ferro fundido líquido da grafita esferoidal.

[0047] Uma vez que as medidas do aquecimento e de isolamento da eletro-escória de

alta temperatura são tomadas, a taxa de rejeição relativa à temperatura de fundição é reduzida.

[0048] O método da presente invenção não necessita de aumentar o conteúdo do nodulizer no ferro fundido líquido da grafita esferoidal recentemente adicionado na fornalha, e este não apenas reduz o consumo do nodulizer, mas também evita uma reação entre o nodulizer excessivo no ferro fundido líquido da grafita esferoidal e o forro do forno elétrico, de forma a reduzir a frequência de manutenção do forro do forno elétrico.

[0049] O ponto de fundição da escória na modalidade da presente invenção é de 1250°C~1550°C, de forma que a escória seja mantida em um estado líquido no forno elétrico de vazamento para servir como uma solução eletrolítica.

[0050] A modalidade da presente invenção fornece um forno elétrico de vazamento de ferro fundido da grafita esferoidal, incluindo um corpo de fornalha, um orifício de conexão de vazamento e uma entrada de alimentação de ferro fornecidos no corpo da fornalha, e meios nos conjuntos para quantificar o ferro fundido líquido da grafita esferoidal derramado, a estrutura do corpo da fornalha pode ser do tipo de vazamento de fundo, tipo de pressão a ar ou tipo inclinado.

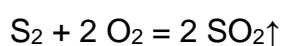
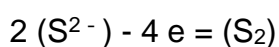
[0051] A parte superior do corpo da fornalha na modalidade da presente invenção é fornecida com um eletrodo de grafite, escória de alta temperatura abundante em íons do metal ativo tais como  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  é pavimentada acima do ferro fundido líquido da grafita esferoidal na fornalha, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal no forno elétrico de vazamento é conectado ao eletrodo inferior com refrigeração de água ou eletrodo lateral do forno elétrico para servir como cátodo, a extremidade inferior do eletrodo de grafite servindo como o anodo é sempre inserido na escória (operação do arco submerso); o forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal é posteriormente fornecida com uma fonte de força, em que um anodo deste é conectado à extremidade superior do eletrodo de grafite, e um cátodo deste é conectado ao eletrodo fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal.

## EXEMPLO 2

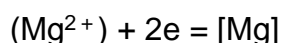
[0052] Esta modalidade toma o corpo de fornalha do tipo de vazamento inferior como um exemplo para descrever detalhadamente a estrutura do forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal de acordo com a modalidade da presente invenção conjuntamente com os desenhos. Como ilustrado na Fig. 1, o forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal de acordo com a modalidade da presente invenção inclui um corpo de fornalha de vazamento 1 e uma porta de vazamento 2, uma abertura na extremidade superior do corpo de fornalha é uma entrada de alimentação, e a porta da porta de vazamento 2 é fornecida com uma haste de travamento 3. o ferro fundido líquido da grafita esferoidal 5 é adicionado na fornalha através da entrada de alimentação na extremidade superior do corpo da fornalha 1, a escória de alta temperatura 6 abundante nos íons de metal ativo tais como  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  é pavimentado acima do ferro fundido líquido da grafita esferoidal 5, e um eletrodo de inserção lateral 7 capaz de estender-se em um ferro fundido líquido da grafita esferoidal 5 é fornecido na lateral do corpo da fornalha 1; enquanto isso, um eletrodo de grafite 4 é fornecido no corpo da fornalha 1 e controlado por um dispositivo de abertura automático para manter a extremidade inferior do eletrodo de grafite 4 sempre sendo submerso na escória 6. O forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal na modalidade da presente invenção é posteriormente fornecido ainda com um sistema de fonte de força DC 8 que possui um pólo positivo conectado à extremidade superior do eletrodo de grafite 4 para usá-lo como um anodo, e um pólo negativo conectado ao eletrodo de inserção lateral 7 para usar o ferro fundido líquido da grafita esferoidal como um cátodo.

[0053] Na solução descrita acima, a corrente é conduzida entre o ferro fundido líquido da grafita esferoidal e a escória para formar uma célula eletrolítica D.C., na qual: o ferro fundido líquido da grafita esferoidal serve como um cátodo, o eletrodo de grafite inserido na escória serve como anodo, e a escória fundida como eletrólito líquido; após a célula eletrolítica D.C. ser acionada, cátions tais como  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  movem-se direcionalmente para o cátodo enquanto ânions tais como  $[S^{2-}]$  no ferro fundido líquido da grafita esferoidal irá também flutuar e entrar na escória devido a uma atração de um eletrodo opostamente carregado e um descarregamento nas adjacências.

[0054] Como pode ser visto na análise acima, os anions tais como  $[S^{2-}]$  na escória e o ferro fundido líquido da grafita esferoidal movem-se todos em direção ao anodo localizado na escória de alta temperatura, assim anions tais como  $[S^{2-}]$  geralmente movem-se para escória de alta temperatura, quando estes anions como  $[S^{2-}]$  podem perder elétrons perto do anodo e se transformar em enxofre líquido de alta temperatura de estado livre, e queimam-se diretamente em gás  $SO_2$  após ter contato com ar, de forma a eliminar continuamente anions tais como  $[S^{2-}]$  no ferro fundido líquido da grafita esferoidal e a escória. A reação química detalhada é mostrada a seguir:



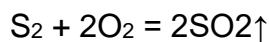
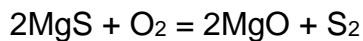
[0055] Ao mesmo tempo, uma vez que cátions como  $(Mg^{2+})$  e  $(Ca^{2+})$  da escória movem-se em direção ao cátodo, eles se movem geralmente para o ferro fundido líquido de alta temperatura da grafita esferoidal, adquirem elétrons perto do cátodo para transformarem-se em magnésio e no cálcio de estado livre, e suplementar metais ativos em ferro fundido líquido da grafita esferoidal; além disso, estes metais ativos podem servir como o nodulizer no ferro fundido líquido da grafita esferoidal, assim o nodulizer no ferro fundido líquido da grafita esferoidal é suplementado e a esferoidização degradada é impedida. A fórmula química detalhada é mostrada a seguir:



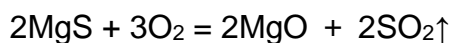
[0056] O metal magnésio no ferro fundido líquido da grafita esferoidal pode ser suplementado restaurando os íons de magnésio na escória enquanto escapam através da gaseificação; o metal magnésio gaseificado no ferro fundido líquido da grafita esferoidal queima-se em íons de magnésio ao alcançar a interface entre o ferro fundido líquido da grafita esferoidal e a escória, e retornam ao ferro fundido líquido da grafita esferoidal sob o efeito da corrente até que não seja separado da escória do álcali; assim, o conteúdo do metal magnésio servindo como um nodulizer no ferro fundido líquido da grafita esferoidal é balanceado.

[0057] O ferro fundido líquido da grafita esferoidal isolado na fornalha eletro-escória D.C. reduz extremamente a perda do  $\omega$  (Mg) sob o efeito da corrente contínua 500A~5000A; quando um valor do  $\omega$  (Mg) no ferro fundido líquido da grafita esferoidal atinge um valor eletroquímico balanceado da interface entre o ferro fundido líquido da grafita esferoidal e a escória, a velocidade de degradação do valor do  $\omega$  (Mg) no ferro fundido líquido da grafita esferoidal tende a zero, de modo que o conteúdo de magnésio residual no ferro fundido líquido da grafita esferoidal tende a ser estável, e a escala onde  $\omega$  (Mg) > 0,030~0,050% como necessário na tecnologia de vazamento pode ser atendida, de forma a eliminar a possibilidade da esferoidização degradada.

[0058] Uma vez que a concha de fundição da esferoidização traz uma quantidade pequena de resíduos perdidos e granulados de MgS, os resíduos de MgS podem ser preenchidos diretamente no forno elétrico de vazamento junto com o ferro fundido líquido da grafita esferoidal sem um processo de limpeza de impureza, ao mesmo tempo, os resíduos de MgS granulados flutuando no topo da camada da escória podem passar diretamente por uma reação da substituição com oxigênio do ar sob alta temperatura:



[0059] O MgO gerado entra na escória, de modo que a quantidade de trabalho de limpeza de impureza é poupada e o resíduo é reciclado, assim o metal magnésio para a dessulfurização no processo de esferoidização é reciclado neste forno elétrico de vazamento:



[0060] A modalidade da presente invenção pode fornecer adicionalmente no corpo da fornalha pelo menos um dispositivo de aquecimento auxiliar, que é um dispositivo de indução de aquecimento, um dispositivo de aquecimento com bocal de gás, um dispositivo de aquecimento com bocal de combustível, um dispositivo de aquecimento com bocal da chama do gás oxigênio, ou um dispositivo de aquecimento do plasma que aquece a escória e o ferro fundido líquido da grafita esferoidal.

[0061] Na modalidade da presente invenção, o material refratário de forração no corpo da fornalha é preferencialmente tampado e construído com o material refratário do álcali de magnésio abundante no MgO, material refratário calcinado do álcali de dolomita, magnésia que contém o MgO e material refratário do álcali do tijolo de carbono da magnésia, ou material refratário do álcali do tijolo de carbono da dolomita calcinado e da magnésia; e enfatiza-se que o material refratário abundante em SiO<sub>2</sub> e em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> não deve ser usado.

[0062] De forma que o magnésio na escória seja atraído para a parte inferior do ferro fundido líquido da grafita esferoidal na medida do possível, o pólo negativo da fonte de força na modalidade da presente invenção é conectado à parte inferior do ferro fundido líquido da grafita esferoidal, e o pólo positivo deste é conectado ao topo da escória.

[0063] Em relação ao dispositivo do forno elétrico de vazamento descrito acima, a composição da escória que cobre a parte superior do ferro fundido líquido da grafita esferoidal no dispositivo de vazamento da eletro-escória D.C. é uma escória multivariada abundante em íons de metal ativos como (Mg<sup>2+</sup>) e (Ca<sup>2+</sup>), e o ponto de fundição da escória é controlado em uma escala apropriada de 1250°C~1500°C.

[0064] A modalidade da presente invenção usa a grafite para conectar a escória ao pólo positivo da fonte de força, e em aplicações práticas, a escória pode ser conectada ao pólo positivo da fonte de força em outras maneiras não limitadas à grafite.

### EXEMPLO 3

[0065] Esta modalidade toma o corpo da fornalha do tipo de pressão a ar como um exemplo para descrever detalhadamente a estrutura do forno elétrico de vazamento de ferro fundido da grafita esferoidal de acordo com a modalidade da presente invenção conjuntamente com os desenhos, e a fornalha selada usa ar comprimido abundante em oxigênio, em vez do nitrogênio ou do argônio. Como ilustrado na Fig. 2, o forno elétrico de vazamento de ferro fundido da grafita esferoidal de acordo com a modalidade da presente invenção inclui um corpo de fornalha a1 e uma porta de

vazamento a2 fornecida no corpo da fornalha a1, e a porta de vazamento a2 é fornecida com uma haste de travamento a3. O ferro fundido líquido da grafita esferoidal a5 é adicionado na fornalha através da entrada de alimentação no lado direito do corpo da fornalha a1, a escória de alta temperatura a6 abundante em íons de metal ativos tais como  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  é pavimentada acima do ferro fundido líquido da grafita esferoidal a5, e um eletrodo inferior a7 é fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal a5; enquanto isso, o eletrodo de grafite a4 é fornecido em uma cobertura a9 na parte superior do corpo da fornalha a1 e controlado por um dispositivo de elevação automático para manter a extremidade mais baixa do eletrodo de grafite a4 sempre sendo submergida na escória a6. O forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal na modalidade da presente invenção é posteriormente fornecido com um sistema de fonte de força D.C. a8 possuindo um anodo conectado à extremidade superior do eletrodo de grafite a4, e um cátodo conectado ao eletrodo inferior a7.

[0066] Ao mesmo tempo, a cobertura a9 na modalidade é ainda fornecida com um sistema de descarga de ar comprimido a10, através do qual o ferro fundido líquido da grafita esferoidal no corpo da fornalha é controlado para passar à porta de vazamento a2, ou o ferro fundido líquido da grafita esferoidal é permitido ser adicionado a partir da entrada de alimentação.

[0067] A modalidade da presente invenção adota o eletrodo inferior a7, mas em aplicações práticas, o mesmo eletrodo de inserção lateral da modalidade 2 pode também ser usado, e veja o a7 na Fig. 2 para maiores detalhes.

[0068] A solução desta modalidade tem um princípio de funcionamento completamente igual aquele na modalidade 2 e pode-se conseguir o mesmo efeito. Assim, a temperatura de fundição é estabelecida, a esferoidização degradada é suprimida, e o consumo de nodulizer é reduzido.

[0069] Na modalidade da presente invenção, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal pode ser aquecido e separado no corpo da fornalha por meio da eletro-escória fundida de alta temperatura, ou pelo menos um dispositivo de aquecimento

auxiliar pode ser adicionalmente fornecido no corpo da fornalha para aquecer a escória e o ferro fundido líquido da grafita esferoidal. O dispositivo de aquecimento auxiliar pode ser um dispositivo de indução de aquecimento que aquece o ferro fundido líquido da grafita esferoidal, ou um dispositivo de aquecimento com bocal de gás, um dispositivo de aquecimento com bocal de combustível, um dispositivo de aquecimento do bocal da chama do gás oxigênio, um dispositivo de aquecimento de plasma que aquecem auxiliariamente o ferro líquido e a escória do álcali, e pode ser qualquer um dos dispositivos de aquecimento auxiliares acima, ou uma combinação de dois ou mais destes dispositivos de aquecimento auxiliares.

[0070] Na modalidade da presente invenção, o material refratário de forração no corpo da fornalha é preferencialmente tampado e construído com o material refratário do álcali de magnésio abundante no MgO, material refratário calcinado do álcali de dolomita, magnésia que contém o MgO e material refratário do álcali do tijolo de carbono da magnésia, ou material refratário do álcali do tijolo de carbono da dolomita calcinada e da magnésia; e enfatiza-se que o material refratário abundante em SiO<sub>2</sub> e em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> não deve ser usado.

[0071] Em relação ao dispositivo do forno elétrico de vazamento descrito acima, a composição da escória que cobre a parte superior do ferro fundido líquido da grafita esferoidal no dispositivo de vazamento da eletro-escória D.C. é uma escória multivariada abundante em íons de metal ativos como (Mg<sup>2+</sup>) e (Ca<sup>2+</sup>), e o ponto de fundição da escória é controlado em uma escala apropriada de 1250°C~1500°C.

[0072] A modalidade da presente invenção usa a grafite para conectar a escória ao pólo positivo da fonte de força, e em aplicações práticas, a escória pode ser conectada ao pólo positivo da fonte de força em outras maneiras não limitadas à grafite.

#### EXEMPLO 4

[0073] Esta modalidade toma o corpo de fornalha do tipo inclinada como um exemplo para descrever detalhadamente a estrutura do forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal de acordo com a modalidade da presente invenção conjuntamente com os desenhos. Como ilustrado na Fig. 3, o forno elétrico de

vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal de acordo com a modalidade da presente invenção inclui um corpo de fornalha b1 e uma porta de vazamento b2 fornecida no corpo da fornalha b1, e a porta de vazamento b2 é fornecido com uma haste de travamento b3. O ferro fundido líquido da grafita esferoidal b5 é adicionado na fornalha através da entrada da alimentação no lado esquerdo do corpo da fornalha b1, a escória de alta temperatura b6 abundante em íons de metal ativos tais como  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$  é pavimentada acima do ferro fundido líquido da grafita esferoidal b5, e um eletrodo inferior b7 é fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal b5; enquanto isso, o eletrodo da grafite b4 é fornecido na cobertura b9 na parte superior do corpo de fornalha b1 e controlado por um dispositivo automático de elevação para manter a extremidade mais baixa do eletrodo da grafite b4 sempre estando submergida na escória b6. O forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal na modalidade da presente invenção é fornecida posteriormente com um sistema de fonte de força DC b8 possuindo um anodo conectado à extremidade superior do eletrodo de grafite b4, e um cátodo conectado ao elétrodo inferior b7.

[0074] A modalidade da presente invenção adota o elétrodo inferior b7, mas em aplicações práticas, o mesmo elétrodo de inserção lateral da modalidade 2 pode também ser igualmente usado.

[0075] A solução desta modalidade adota um princípio de funcionamento completamente igual aquele na modalidade 2 e pode-se conseguir o mesmo efeito. Assim, a temperatura de fundição é estabelecida, a esferoidização degradada é suprimida, e o consumo do nodulizer é reduzido.

[0076] Na modalidade da presente invenção, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal pode ser aquecido e separado no corpo da fornalha por meio da eletro-escória fundida de alta temperatura, ou pelo menos um dispositivo de aquecimento auxiliar pode ser adicionalmente fornecido no corpo da fornalha para aquecer a escória e o ferro fundido líquido da grafita esferoidal. O dispositivo de aquecimento auxiliar pode ser um dispositivo de indução de aquecimento que aquece o ferro fundido líquido da grafita esferoidal, ou um dispositivo de aquecimento com bocal de gás, um dispositivo de aquecimento com bocal de combustível, um dispositivo de

aquecimento do bocal da chama do gás oxigênio, um dispositivo de aquecimento de plasma que aquecem auxiliamente o ferro líquido e a escória do álcali, e pode ser qualquer um dos dispositivos de aquecimento auxiliares acima, ou uma combinação de dois ou mais destes dispositivos de aquecimento auxiliares.

[0077] Na modalidade da presente invenção, o material refratário de forração no corpo da fornalha é preferencialmente tampado e construído com o material refratário do álcali de magnésio abundante no MgO, material refratário calcinado do álcali de dolomita, magnésia que contém o MgO e material refratário do álcali do tijolo de carbono da magnésia, ou material refratário do álcali do tijolo de carbono da dolomita calcinada e da magnésia; e enfatiza-se que o material refratário abundante em SiO<sub>2</sub> e em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> não deve ser usado.

[0078] Em relação ao dispositivo forno elétrico de vazamento descrito acima, a composição da escória que cobre a parte superior do ferro fundido líquido da grafita esferoidal no dispositivo de vazamento da eletro-escória D.C. é uma escória multivariada abundante em íons de metal ativos como (Mg<sup>2+</sup>) e (Ca<sup>2+</sup>), e o ponto de fundição da escória é controlado em uma escala apropriada de 1250°C~1500°C.

[0079] A modalidade da presente invenção usa a grafite para conectar a escória ao pólo positivo da fonte de força, e em aplicações práticas, a escória pode ser conectada ao pólo positivo da fonte de força em outras maneiras não limitadas à grafite.

[0080] Os principais efeitos do forno elétrico de vazamento do ferro fundido de grafita esferoidal fornecida nas quatro modalidades acima incluem:

- 1) A estrutura e o sistema de controle do forno elétrico de vazamento são amplamente simplificados; a fornalha não necessita um selo nem um tratamento periódico de limpeza de impureza, o forro não é engrossado gradualmente, e a operação do dispositivo torna-se mais simples; o mais importante de tudo isso é que o dispositivo tem uma função mais forte de retardar a esferoidização degradada, e até evitando-a completamente (na teoria, o tempo de manutenção da esferoidização do ferro fundido líquido da grafita esferoidal na fornalha eletro-escória D.C. pode ser prolongado a ser infinito), e reduz o consumo do nodulizer para fazer uma quantidade

adicional deste tender a ser estável, de modo que o nível do controle de qualidade do processo de produção do material de ferro fundido de grafita esferoidal seja amplamente melhorado, e a confiabilidade da propriedade do material é aumentada a um grau nunca visto.

2) A eletro-escória do álcali fundido de alta temperatura também aquece o ferro fundido da grafita esferoidal líquida para evitar que a temperatura de fundição seja diminuída continuamente junto com o lapso de tempo, o qual assegura que a temperatura de fundição seja elegível, estável e de pouca flutuação, de forma a melhorar a qualidade de fundição e reduzir obviamente a perda de rejeição relacionada à temperatura de fundição do ferro fundido líquido da grafita esferoidal (durante a produção do molde de ferro fundido da grafita esferoidal, tais tipos de produtos desperdiçados possui inúmeras variedades e ocupa uma proporção elevada na quantidade total dos produtos desperdiçados, os defeitos inclui superfície com bolhas, escória preta, bolha da escória, buraco de areia, a porosidade de encolhimento, a dureza demasiadamente elevada, etc. assim como o óbvio defeito de moldagem, moldagem incompleta, furos por agulha, desqualificação no teste da projeção, que estão todos relacionados à temperatura de vazamento demasiadamente baixa).

3) À fim de derramar moldes do ferro fundido da grafita esferoidal de grande tonelagem (por exemplo, partes estruturais pesados, tanques de armazenamento do combustível nuclear, etc.), a quantidade de vazamento do ferro fundido líquido da grafita esferoidal ao mesmo tempo pode ser contadas em dezenas e centenas de toneladas, e se o equipamento tecnológico de esferoidização convencional é usado para processar o tanto de ferro fundido líquido da grafita esferoidal ao mesmo tempo, o dispositivo do esferoidização especial do grande tonelagem e o dispositivo de bloco pesado da coroa serão adicionados, que é difícil para empresas comuns. Entretanto, tal forno elétrico de vazamento pode ser usada para acumular concha por concha de fundição qualificada de ferro fundido líquida da grafita esferoidal, para produzir moldes de ferro fundido do grafita esferoidal pesado na oficina de modelagem não-pesada como formigas que roem um osso, e a capacidade de produção da oficina pode ser expandida sem comprar dispositivos tais como a concha de fundição de esferoidização para o ferro fundido líquido da grafita esferoidal especial de grande tonelagem bloco de coroa pesado, ou melhoramento da capacidade de carregamento-

suporte dos edifícios da oficina, que traz um significado técnico e econômico realista e importante a muitas grandes e médias empresas de modelagem.

[0081] Em comparação ao forno elétrico de vazamento de pressão protetora do gás inerte, o forno elétrico de vazamento do ferro fundido da grafita esferoidal fornecida nas modalidades acima tem as seguintes vantagens:

1) A estrutura do dispositivo é extremamente simplificada; o corpo e a cobertura da fornalha não são vedados, assim o servomecanismo complexo de controle pneumático não é exigido, em lugar disso, o ferro fundido líquido da grafita esferoidal é isolado completamente do oxigênio na atmosfera por uma camada líquida grossa de eletro-escória que flutua ali, “para vedar com mais confiabilidade”; a simplificação do dispositivo também melhora a confiabilidade e reduz o investimento, que é conveniente para a fabricação, a manutenção, o calçamento do forro, e o controle de operação.

2) Uma vez que o enxofre entra na escória de alta temperatura pode ser oxidado em  $\text{SO}_2$  gasoso como produto e então escapar, ao passo que o íon magnésio na escória pode ser restaurado sob uma ação eletroquímica na interface escória-metal e então retornar ao ferro fundido líquido de grafita esferoidal, os resíduos do sulfeto de magnésio e do óxido de magnésio gerados na reação de esferoidização podem ser colocados diretamente na fornalha de vazamento elétrico sem passar por um processo de limpeza de impurezas, de modo que o elemento do magnésio na escória possa ser ali reciclado “para transformar o prejudicial em benéfico e o resíduo num artigo de valor”. O cancelamento do processo de limpeza da impureza pode também melhorar as condições de operação dos trabalhadores de esferoidização, simplificar o processo de operação, reduzir o tempo de tratamento, aumentar a eficiência da produção, e poupar energia elétrica do isolamento térmico uma vez que a queda de temperatura do ferro fundido líquido da grafita esferoidal na concha de fundição é reduzida.

3) Uma vez que um potencial eletrodo existe na interface escória-metal no forno elétrico de vazamento de eletro-escória protetora, o magnésio residual no ferro fundido líquido da grafita esferoidal não será perdido quando o conteúdo do magnésio alcança um valor balanceado, assim o processo de esferoidização pode reduzir obviamente a quantidade adicionada do metal magnésio, de modo que a quantidade

de magnésio residual do ferro fundido líquido da grafita esferoidal que entra na fornalha de fundição alcance um nível normal de  $\omega$  (Mg)  $\leq 0,04\% \sim 0,05\%$ . Isto diminui não somente o custo do nodulizer, mas também resolve o problema do engrossamento do forro.

[0082] Este dispositivo técnico tem uma grande importância na promoção e aplicação para melhorar a confiabilidade do ferro fundido da grafita esferoidal, assegurando a produção contínua e estável a longo prazo de ferro fundido da grafita esferoidal, e particularmente, para empresas de peças de automóvel, moldagem de tubos por centrifugação, etc. que produzem continuamente moldes de ferro fundido da grafita esferoidal em uma grande escala.

[0083] As descrições acima são apenas modalidades da presente invenção, mas o escopo da proteção da presente invenção não é limitado a isso. Toda a mudança ou substituição que puderem facilmente ser concebidas por um técnico no assunto dentro da escala técnica de divulgação da presente invenção serão cobertas pelo escopo de proteção da presente invenção. Conseqüentemente, o escopo de proteção da presente invenção estará sujeito ao escopo de proteção das reivindicações.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de processamento para evitar a esferoidização degradada e a queda de temperatura do ferro fundido líquido da grafita esferoidal durante o processo de vazamento pelo fato de que compreende

preencher o ferro fundido líquido de grafita esferoidal (5, a5, b5) a ser moldado num dispositivo de vazamento do forno elétrico,

pavimentar a escória de álcali fundida (6, a6, b6) de alta temperatura, que é abundante em íon de metal terroso de álcali, íon de metal terroso raro, ou uma mistura destes, acima do ferro fundido líquido de grafita esferoidal (5, a5, b5),

ligar o ferro fundido líquido de grafita esferoidal (5, a5, b5) como um cátodo a um polo negativo de uma fonte de força DC (8, a8, b8), fornecendo um eletrodo de grafite (4, a4, b4) na escória de álcali (6, a6, b6) e ligar o eletrodo de grafite como um ânodo a um polo positivo de fonte de força DC (8, a8, b8), e usar a escória de álcali como o eletrólito líquido, e

conduzir uma corrente direta no dispositivo de vazamento do forno elétrico pela fonte de força DC (8, a8, b8), **caracterizado por**

uma corrente equivalente de 20~50 Faraday para cada tonelada de ferro fundido líquido de grafita esferoidal por hora;

a temperatura da escória de álcali é controlada para estar entre 1500 °C~1700 °C;

o ponto de fundição da escória do álcali é de 1250 °C~1550 °C;

e a alcalinidade é 2,5~4,0.

2. Método de processamento, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o eletrodo na escória de álcali (6, a6, b6) compreender ainda o eletrodo de grafite (4, a4, b4) com uma extremidade deste mais baixa introduzida na escória para uma operação do arco submerso e conectar a escória de álcali (6, a6, b6) ao polo positivo da fonte de força DC (8, a8, b8) através do eletrodo de grafite.

3. Forno elétrico de vazamento, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo um corpo do forno (1), um orifício de vazamento (2) com haste de

travamento (3), uma entrada de alimentação de ferro fornecida no corpo do forno (1), uma fonte de força DC (8) **caracterizado por** um eletrodo de grafite (4) ser conectado ao polo positivo da fonte de força (8) fornecido no corpo do forno (1) e um eletrodo de inserção lateral (7) fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal na lateral do corpo do forno (1) ser conectado ao polo negativo da fonte de força (8).

4. Forno elétrico de vazamento, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado por** o corpo do forno (1) ser um tipo de vazamento inferior do corpo do forno (1), um corpo do forno (1) do tipo de pressão aérea, ou um corpo do forno (1) do tipo inclinado.

5. Forno elétrico de vazamento, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado por** o eletrodo fornecido na escória do álcali ser um eletrodo de grafite.

6. Forno elétrico de vazamento, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado por** o forro do corpo do material refratário do forno ser um material refratário de álcali de magnésio que contém MgO, material refratário do álcali da dolomita calcinada, magnésio que contém MgO e material refratário do álcali do tijolo de carbono de magnésio, ou material refratário do álcali do tijolo de carbono da dolomita calcinada e do magnésio, em que o material refratário abundante em SiO<sub>2</sub> e em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> não será usado para o calçamento.

7. Forno elétrico de vazamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 6, **caracterizado por** o ferro fundido líquido de grafita esferoidal poder ser aquecido e poder ser isolado no corpo do forno somente por meios de eletro-escória de alta temperatura, ou pelo menos um dispositivo de aquecimento auxiliar poder ser adicionalmente fornecido no corpo do forno para aquecer a escória e o ferro fundido líquido de grafita esferoidal; o dispositivo auxiliar de aquecimento poder ser um dispositivo de indução de aquecimento, aquecendo o ferro fundido líquido de grafita esferoidal, ou um dispositivo de aquecimento do bocal de gás, um dispositivo de aquecimento do bocal de combustível, um dispositivo de aquecimento do bocal de chama do gás oxigênio, um dispositivo de aquecimento de plasma

aquecendo auxiliarmente o ferro líquido e a escória de álcali, e poder ser qualquer um dos dispositivos de aquecimento auxiliar acima, ou qualquer combinação de dois ou mais destes dispositivos de aquecimento auxiliar.

8. Dispositivo de vazamento do forno elétrico, de acordo com a reivindicação 1, que compreende um corpo de forno (1), um orifício de conexão de vazamento (2) e uma entrada de alimentação de ferro fornecida no corpo do forno, o corpo do forno pode ser do tipo de vazamento inferior, tipo de pressão aérea ou tipo inclinado, um sistema de fonte de força DC (8) **caracterizado por** uma parte superior do corpo do forno (1) é fornecida por um eletrodo de grafite (4), conectado ao polo positivo da fonte de força (8) para servir como anodo, um eletrodo inferior é fornecido no ferro fundido líquido da grafita esferoidal com refrigeração de água ou o eletrodo de inserção lateral (7) no ferro fundido líquido da grafita esferoidal são conectados a um polo negativo da fonte de força (8) para servir como cátodo.

9. Dispositivo de vazamento do forno elétrico, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado por**, em um dispositivo de aquecimento de indução, em um dispositivo de aquecimento de bocal de gás ou de combustível, em um dispositivo de aquecimento do bocal de chama do gás oxigênio, um dispositivo de aquecimento de plasma, ou todos estes poderem ser fornecidos adicionalmente no corpo do forno para aquecer o ferro líquido da grafita esferoidal.

10. Dispositivo de vazamento do forno elétrico, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado por** o forro do material refratário do dispositivo de vazamento ser preferivelmente tapado e construído com material refratário do álcali do magnésio, material refratário do álcali de dolomita calcinada, material refratário do álcali do tijolo de magnésio e de carbono de magnésio, ou material refratário do álcali do tijolo de carbono de dolomita calcinada e de magnésio.

11. Dispositivo de vazamento do forno elétrico de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado por** a composição da escória do álcali que cobre a parte superior do ferro fundido líquido da grafita esferoidal no dispositivo de vazamento ser uma escória multivariada abundante em íons de metal ativos como

(Mg<sup>2+</sup>) e (Ca<sup>2+</sup>), e o ponto de fundição da escória ser controlado em uma escala apropriada de 1250°C~1500°C.

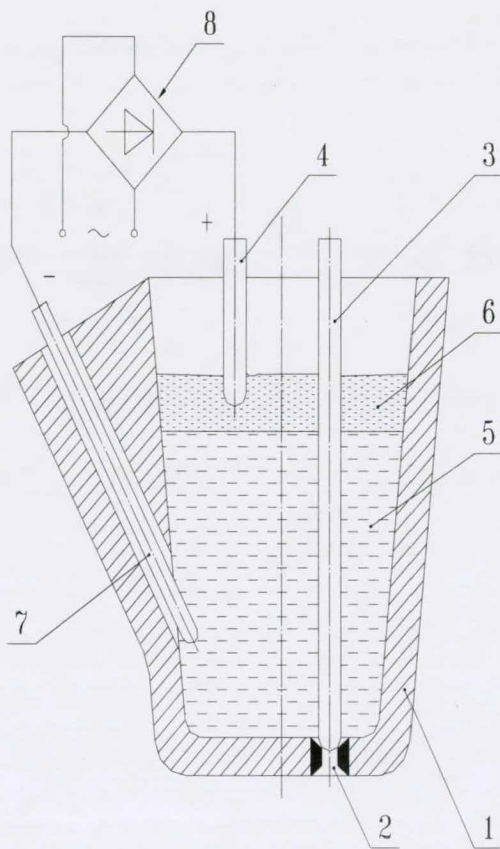


FIGURA 1

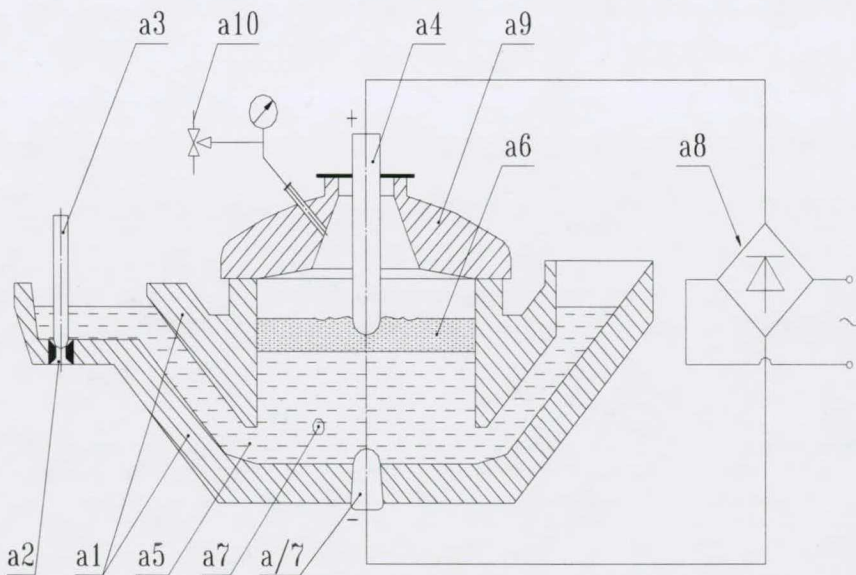


FIGURA 2

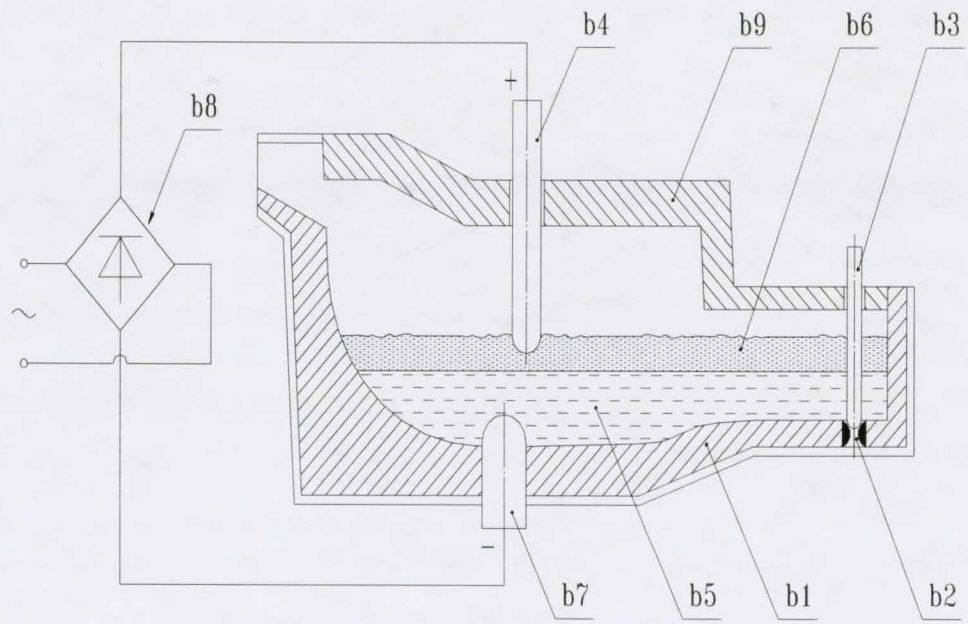


FIGURA 3