



PI 06064540
PI 06064540

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

CARTA PATENTE Nº PI 0606454-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0606454-0

(22) Data do Depósito: 24/01/2006

(43) Data da Publicação do Pedido: 27/07/2006

(51) Classificação Internacional: C22B 26/22; C22B 19/18

(30) Prioridade Unionista: 24/01/2005 ZA 2005/0649

(54) Título: MÉTODO PARA CONDENSAR VAPOR DE METAL, E, APARELHO CONDENSADOR PARA CONDENSAR VAPOR DE METAL

(73) Titular: MINTEK, Sociedade da Rep.África do Sul. Endereço: 200 Hans Strijdom Drive, Randburg, África do Sul (ZA).

(72) Inventor: ALBERT FRANCOIS SIMON SCHOUKENS; THOMAS ROBERT CURR; MASUD ABDELLATIF; RODNEY WHYTE

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 24/01/2006, observadas as condições legais.

Expedida em: 2 de Junho de 2015.

Assinado digitalmente por:

Júlio César Castelo Branco Reis Moreira

Diretor de Patentes



“MÉTODO PARA CONDENSAR VAPOR DE METAL, E, APARELHO CONDENSADOR PARA CONDENSAR VAPOR DE METAL”.

Fundamentos da Invenção

Esta invenção se refere, de modo geral, à condensação de vapores de metais, e à remoção contínua ou semicontínua de metal líquido a partir do condensador.

A invenção é descrita aqui com referência, em particular, à condensação de vapor de magnésio, e à remoção de magnésio líquido a partir do condensador. Deve-se compreender que esta é dada como modo de um exemplo não limitativo e que os princípios da invenção podem ser aplicados a outros metais voláteis, tais como zinco, cálcio, sódio, potássio e fósforo.

O vapor metálico pode ser puro ou pode ser misturado com um gás inerte, tal como argônio, e pode conter escória, isto é, contaminantes sólidos do processo, tal como óxido de magnésio.

A patente US 2 971 833, intitulada “Process of Manufacturing Magnesium”, de J. Artru et al, descreve o que é conhecido como um forno e condensador “Magnetherm” para a produção de magnésio. O processo “Magnetherm” envolve a produção térmica de vapor de magnésio num forno e a condensação do vapor num condensador. O vapor é conduzido para uma zona de condensação no condensador onde é condensado parcialmente como magnésio líquido e parcialmente como magnésio sólido. O processo é conduzido sob um vácuo de 2 kPa a 10 kPa e o cadinho do condensador é resfriado por fora tanto por spray de água refrigerante quanto por imersão num tanque com circulação de água. Desde que o sistema forno-condensador seja mantido sob vácuo, e devido ao fato do magnésio no condensador estar praticamente sólido, o processo é essencialmente um processo em batelada, o qual é repetido a cada 12 a 24 horas. O vácuo tem que ser interrompido para remover a escória periodicamente do forno e substituir o cadinho do condensador que está cheio por um cadinho vazio.

O produto gerado em vapor num processo térmico de magnésio tal como o processo “Magnetherm” inerentemente contém algumas partículas sólidas

indesejáveis de óxido de magnésio, nitrito de magnésio, óxido de silício, óxido de cálcio, óxido de alumínio e carbono. A mistura destas partículas sólidas é chamada de escória. A maior parte das partículas da escória acumulam no cadinho do condensador. De modo a conseguir uma operação contínua de magnésio, um meio
5 de remoção da escória do condensador tem que ser incluído no projeto e no método de operação do condensador. O forno gerador de magnésio pode conter um arranjo de represa subfluxo-sobrefluxo para remoção contínua de escória e ferro-silício residual que são produzidos como sub-produtos do forno para fazer o processo completo de geração e condensação contínua de magnésio.

10 Um objetivo desta invenção é fornecer um método e aparelho para condensação contínua de metal e remoção de metal líquido condensado pela operação a, ou próximo a, pressão atmosférica, pelo controle adequado de temperatura do condensador, e pela agitação dos conteúdos do condensador para permitir remoção contínua ou semicontínua de metal de um cadinho do condensador.

15 **Resumo da Invenção**

A invenção fornece um método de condensação de vapor de metal que inclui as etapas de:

(a) direcionar um fluxo de vapor de metal sob ou próximo da pressão atmosférica num aparelho condensador fechado que inclui um cadinho coletor;

20 (b) controlar a temperatura dentro do cadinho tal que o vapor de metal condense, e seja mantido como metal líquido no cadinho;

(c) agitar o conteúdo de metal líquido e escória do cadinho de modo a retirar escória, vapor de metal, e gotículas de metal líquido, para suspender a escória no metal líquido, para dissipar energia de condensação e transferir esta
25 energia para as paredes laterais do cadinho e do meio de transferência de calor e então melhorar a eficiência de condensação; e

(d) drenar o metal líquido e a escória do cadinho como uma lama, sem interromper a produção e a condensação do vapor de metal.

A escória pode compreender partículas sólidas principalmente de
30 óxidos de metais.

“Lama”, como aqui usado, designa uma suspensão de emulsão da escória em metal líquido.

O vapor de metal pode ser o vapor de um metal volátil tal como magnésio, zinco, cálcio, sódio, potássio e fósforo. No caso do magnésio, os contaminantes podem ser sólidos tais como óxido de magnésio, nitrito de magnésio e óxido de silício.

Na etapa (a) o fluxo pode ser direcionado numa velocidade controlada no aparelho condensador. O vapor de metal pode ser misturado com um gás inerte tal como argônio, e com a escória, isto é, partículas sólidas tal como óxido de magnésio.

O vapor de metal, na etapa (a), pode ter uma pressão de 0,7 a 1,2 atm.

O forno gerador de metal pode conter um arranjo de represa subfluxo-sobrefluxo para contínua remoção de escória e ferro-silício residual que são produzidos como sub-produtos na forno para tornar contínuo todo o processo de geração de metal e condensação.

No caso do magnésio a pressão parcial do vapor de magnésio que entra no aparelho condensador pode ser mantida na faixa de 0,7 a 1,2 atm. A pressão atmosférica do gás inerte que entra no aparelho condensador pode ser mantida na faixa de 0 a 0,3 atm.

Na etapa (b) a temperatura dentro do cadinho pode ser controlada de modo que o vapor seja condensado em metal líquido, mas tal que o metal líquido não solidifique.

Na etapa (c) a agitação pode ser controlada de modo que a escória seja suspensa no metal líquido para permitir a drenagem da mistura como uma lama. A agitação induz uma distribuição uniforme da temperatura dentro do tanque de metal líquido pela dissipação efetiva da energia de condensação através das paredes laterais do cadinho e no meio de transferência de calor, que melhora a eficiência da condensação de metal.

Um gradiente de temperatura pode existir dentro do sistema completo

de forno e condensador, incluindo a conexão entre o forno e o cadinho do condensador. Por exemplo, magnésio funde a uma temperatura de cerca de 650°C, e é vaporizado a cerca de 1100°C. Claramente, o vapor de magnésio que deixa o forno apresenta a temperatura que é alta suficiente para evitar a condensação do magnésio na conexão entre o forno e a entrada do aparelho de condensação. O magnésio líquido no aparelho de condensação deve ser mantida numa temperatura em excesso de 650°C, mas abaixo de 1100°C, que é o ponto de ebulição de magnésio.

A temperatura dentro do aparelho condensador pode ser controlada pela circulação de um meio de transferência de calor, através de uma ou mais camisas dentro do aparelho condensador ou pelo uso de qualquer outro dispositivo de troca de calor. O meio de transferência de calor pode ser um gás quente, ar ambiente, vapor, um metal líquido, por exemplo, estanho ou chumbo, ou um sal líquido ou misturas de sais tal como misturas de cloreto de sódio, cloreto de potássio e cloreto de magnésio.

Inicialmente o meio de transferência de calor pode transferir calor de uma fonte externa para o aparelho condensador, mas, conforme a temperatura do aparelho condensador se eleva devido a entrada e condensação do vapor de metal, o calor pode ser retirado do aparelho condensador e o meio de transferência de calor pode estar retirando calor do aparelho condensador.

A agitação do conteúdo do cadinho pode ser efetuada por meio de um agitador com uma pá que é projetada para criar um vortex de modo a empurrar as partículas sólidas e o vapor de metal e as gotículas líquidas (névoa ou nuvem) para a parte fundida. O fluxo e o tipo de mistura desejados podem ser melhorados pela instalação de chicanas ou barbatanas no cadinho do condensador.

O metal líquido e os sólidos suspensos podem ser drenados do cadinho de uma maneira apropriada numa base contínua ou semi-contínua. Por exemplo, o metal líquido e os sólidos suspensos podem ser drenados através de uma tubulação de saída ou podem ser sifonados do cadinho. Fundentes de sais tais como cloreto de sódio, cloreto de potássio, cloreto de magnésio, fluoreto de alumínio, e criolita podem ser adicionados ao condensador para melhorar a drenagem do magnésio.

A invenção também se estende a um aparelho condensador para condensar vapor de metal que compreende um cadinho coletor, uma unha, um condensador secundário, uma entrada através da qual o vapor de metal é direcionado através da unha para o cadinho, pelo menos um dispositivo de controle de temperatura para controlar as temperaturas dentro do cadinho, a unha, e o condensador secundário tal que o vapor de metal condense em metal líquido que é mantido como metal líquido no aparelho condensador, um dispositivo de mistura para suspender as partículas de escória no metal líquido no cadinho e para dissipar a energia de condensação, e uma saída através da qual o metal líquido, misturado com a escória, é conduzido do cadinho.

Dispositivos de limpeza, tais como dispositivos de imersão (por exemplo, cabos de metais deslizantes com discos, acionados hidraulicamente) podem ser usados para manter as passagens entre a entrada e a saída do aparelho condensador abertas.

Breve Descrição dos Desenhos

A invenção é ainda descrita por meio de exemplo com referência aos desenhos anexos que ilustram uma vista lateral e uma seção transversal do aparelho para condensar vapor de magnésio de acordo com a invenção.

Descrição da Realização Preferida

Os desenhos anexos ilustram um aparelho condensador 10, de acordo com a invenção, que inclui um cadinho coletor cilíndrico 12 que é feito em aço, uma entrada 14 através da qual o vapor de magnésio é introduzido no condensador e uma seção superior do condensador ou unha 16 que forma uma conexão entre um forno (não mostrado) e o cadinho. O vapor de magnésio, introduzido na entrada 14, pode ser misturado com um gás inerte tal como argônio, e pode conter partículas sólidas tais como óxido de magnésio. Um material refratário de isolamento térmico 18 está incluído numa parte superior da unha 16.

Um tubo de saída de aço 20 forma um condensador de magnésio secundário, que termina numa saída do condensador 22.

Mangas ou camisas 24 e 26 se estendem respectivamente em torno do

cadinho 12 e em torno do condensador secundário 20. As camisas são conectadas aos dispositivos de controle de temperatura (não mostrado) que neste exemplo são baseadas no uso de gás quente e ar refrigerante. O interior do cadinho 12 é mantido numa temperatura apropriada para a condensação do vapor de magnésio como magnésio líquido pelo sopro de um meio de transferência de calor que, de acordo com a necessidade, é tanto um ar refrigerante quanto gases de combustão quente, tangencialmente dentro de um espaço anular 25 entre a camisa 24 e o cadinho. Similarmente pelo sopro de ar refrigerante ou gás quente no espaço anular 27 entre o tubo 20 e a camisa 26, o interior do condensador secundário 20 é mantido numa temperatura adequada para a condensação do vapor de magnésio como magnésio líquido. Espirais podem ser dispostas nos espaços anulares em torno do cadinho 12 e o tubo 20 para reduzir qualquer possível grande diferença de temperatura nestes espaços.

As temperaturas dentro do cadinho 12 e do condensador secundário 20 são mantidas de 650°C a 750°C pela regulação do suprimento de gás propano nos queimadores 28 e 30, que são posicionados para aquecer o cadinho e o condensador secundário respectivamente. O calor pode ser extraído do cadinho e do condensador secundário pelo sopro de ar refrigerante nos espaços anulares 25 e 27 respectivamente, e assim nas paredes do cadinho e do condensador secundário. Quando os fluxos de gás propano nos queimadores 28 e 30 são desligados, ventoinhas dos queimadores (não mostradas) podem ser usadas para soprar o ar refrigerante nos espaços anulares 25 e 27. O meio de transferência de calor sai dos espaços anulares através das aberturas 32 e 34 para o cadinho e o condensador secundário respectivamente.

O controle de temperatura é assim efetuado pelo menos pelo uso dos princípios dos trocadores de calor. Neste exemplo, um dispositivo de troca de calor é formado pelas camisas que envolvem os espaços 25 e 27 através dos quais o meio de transferência de calor circula. Para um gás, isto pode ser feito pelo uso de ventoinhas. Quando líquidos são usados, bombas adequadas são empregadas. Dependendo das circunstâncias os meios de transferência de calor podem ser

selecionados, por exemplo, a partir de estanho, chumbo, sódio, potássio e sais de sódio, potássio e magnésio, na forma fundida.

Uma parte inferior 36 da unha 16 e o teto 38 do cadinho podem conter dispositivos similares de controle de temperatura como o cadinho e o
5 condensador secundário. Estes componentes não são mostrados no desenho.

O conteúdo do cadinho é misturado por agitação com um agitador de velocidade variável 40 de modo a suspender partículas sólidas de escória, tais como partículas de óxido de magnésio, no magnésio líquido e, fazendo isto, permitir a drenagem da mistura como uma emulsão ou lama. Uma pá 41 do agitador é
10 projetada para criar um vortex para empurrar o vapor de magnésio, gotículas de magnésio líquido, e partículas sólidas de escória dentro do magnésio fundido.

O cadinho contém um arranjo de subfluxo-sobrefluxo 43, que consiste em um bico inclinado 42 e uma caixa de sobre-fluxo 44 com um orifício de drenagem 46, para drenar contínua ou semicontinuamente da mistura de magnésio e
15 escória. O bico 42 também pode ser usado para sifonar o magnésio líquido e a escória do cadinho 12. Um outro orifício de drenagem 48 se estende de uma região inferior do cadinho para a drenagem da mistura magnésio-dross do cadinho 12 quando isto é requerido para manutenção. Os sólidos suspensos são removidos a partir do magnésio líquido tapped pela co-fusão com fundentes de sais, que são
20 conhecidos na arte.

No uso, uma mistura de vapor de magnésio, gás inerte e partículas sólidas tais como óxido de magnésio produzida num forno, não mostrado, é suprida numa velocidade controlada para o aparelho condensador através da entrada 14. Um forno que é capaz de gerar magnésio a pressão atmosférica, a partir de óxido de
25 magnésio contendo materiais de alimentação, é descrito, por exemplo, na patente US No. 4699653. Escória e ferro-silício residual produzidos no forno podem ser drenados do forno numa base contínua ou semi-contínua, por meio de um arranjo de represa subfluxo-sobrefluxo, sem interromper a produção de magnésio e o processo de condensação. A pressão parcial do magnésio, que entra no aparelho condensador,
30 é mantida na faixa de 0,7 a 1,2 atm., enquanto que a pressão parcial, na entrada 14,

do gás inerte, que normalmente é argônio, é mantida na faixa de 0 a 0,3 atm. A pressão no aparelho condensador é atmosférica ou próxima da atmosférica e normalmente é na faixa de 0,7 a 1,2 atm.

5 A temperatura da mistura de vapor de magnésio, gás inerte e partículas sólidas na entrada 14, é acima de 1100°C. O gás é forçado para baixo como está indicado por meio de uma sucessão de setas 50. Numa região inferior da unha 16, e numa região superior do cadinho 12, a temperatura é consideravelmente reduzida e o vapor se liqüefaz em grande escala. O sal de magnésio que condensa na unha 16 escorre para o cadinho.

10 O condensador secundário 20 é projetado para recuperar pelo menos parte do vapor que não é liqüefeito. O magnésio condensado no condensador secundário escorre de volta para o cadinho.

15 As gotículas de magnésio líquido (névoa ou nuvem), vapor de magnésio, e escória (a maior parte óxido de magnésio) são direcionadas para o tanque 52, no cadinho, que contém principalmente magnésio líquido, e a escória é suspenso no magnésio líquido. Como dito, a pá 41 é projetada par criar um vortex e então empurrar o magnésio e a escória eficientemente. Durante a operação, o nível do tanque de magnésio tem que estar contido dentro de uma faixa estreita para a efetiva operação do agitador. Um número de barbatanas ou chicanas (não mostrado),
20 é disposto sobre uma lateral interna do cadinho, para quebrar o movimento centrífugo que é induzido no metal líquido pelo agitador 40 e para melhorar a mistura.

O condensado é drenado a partir do orifício de drenagem de magnésio 46, tanto contínua ou intermitentemente, por exemplo, cada vez que um nível superior é atingido na caixa de sobre-fluxo 44. Três dispositivos de imersão 54
25 (neste caso: cabos de metal deslizantes com discos, acionados hidraulicamente) são usados para limpar possíveis depósitos no tubo de entrada 14, na unha, e no condensador secundário, para deste modo manter as passagens no aparelho condensador abertas.

30 A temperatura do magnésio condensado, dentro do cadinho, é mantida

num nível acima do ponto de fusão do magnésio; o interior do aparelho condensador é mantido a, ou próximo a, pressão atmosférica; e a escória é mantida suspensa no magnésio fundido. Deste modo é possível drenar o metal condensado e a escória 52 continuamente ou semicontinuaamente a partir do aparelho condensador através do
5 orifício de drenagem 46, sem interromper a produção de vapor de metal e a subsequente condensação. As áreas de superfície internas do cadinho, do condensador secundário e da unha são projetadas para fornecer área de superfície suficiente para uma efetiva condensação.

O desenho é tal que no uso do aparelho condensador, o nível do
10 tanque de magnésio dentro do cadinho permite a mistura eficiente do magnésio líquido e da escória, e para efetuar um grau requerido de transferência de calor de dentro do aparelho condensador para o meio de transferência de calor.

Exemplo da Invenção

Um teste foi conduzido utilizando aparelho condensador como
15 mostrado no desenho.

Uma mistura de vapor de magnésio e gás argônio foi suprida numa velocidade controlada de cerca de 75 kg/h de vapor de magnésio e 5 kg/h de gás argônio no aparelho condensador, via a entrada 14, por um período de aproximadamente 50 horas. O forno usado para gerar vapor de magnésio a pressão
20 atmosférica, e essencialmente como descrito na patente US No. 4699653 não é mostrado no desenho. A pressão parcial de magnésio na entrada foi mantida a cerca de 0,82 atm., enquanto a pressão parcial de argônio; na entrada, foi mantida a cerca de 0,03 atm, levando em consideração que a pressão atmosférica no local do teste foi aproximadamente de 0,85 atm.

25 Cerca de 1200 kg de lingotes de magnésio foram aquecidas e mantidas fundidas dentro do cadinho 12 durante o início da fase por meio do queimador propano 28. Este magnésio foi usado para levar o nível do magnésio líquido dentro do cadinho acima do nível da pá do agitador 40 de modo a permitir a agitação do conteúdo do cadinho, e até uma altura mínima no bico inclinado 42 para criar uma
30 vedação do magnésio líquido no bico inclinado. Quando se supre o vapor de

magnésio no aparelho condensador, a temperatura dentro do cadinho é mantida na região de 650°C a 750°C pelo controle da temperatura do gás que foi soprado através do espaço anular 25. Esta é alcançada pelo ajuste do fluxo de gás propano no queimador, ou o volume de ar refrigerante que foi soprado no espaço anular 25.

5 Num fluxo relativamente baixo de vapor de magnésio para o aparelho condensador, usualmente nenhum ar de refrigeração é requerido para manter o conteúdo do cadinho numa temperatura acima de 650°C, a qual é o ponto de fusão do magnésio, e gases de combustão quente foram normalmente soprados em torno do cadinho a velocidades controladas.

10 Temperaturas foram medidas dentro do cadinho e nas suas paredes laterais, em diferentes posições, por meio de termopares. Uma distribuição de temperatura substancialmente uniforme foi mantida em todo cadinho e suas paredes laterais, com diferenças de temperatura medidas de 10°C. Isto resulta principalmente do desenho da pá 41, e da operação do agitador.

15 A temperatura do condensador secundário 20 foi mantida entre 650°C e 700°C; pelo uso de gás quente ou ar refrigerante através do espaço 27, do mesmo modo como o controle de temperatura dentro do cadinho foi conseguido.

A velocidade rotacional do agitador 40 foi variada entre 40 rpm e 140 rpm e o agitador foi geralmente operado de 60 rpm a 80 rpm para alcançar mistura
20 eficiente do conteúdo do cadinho, para melhorar a condensação, empurrando o vapor e as gotículas de magnésio, e para dissipar energia de condensação através das paredes laterais do cadinho.

Magnésio líquido e sólidos suspensos (escória principalmente de partículas de óxido de magnésio) foram drenados periodicamente do cadinho através
25 do orifício de drenagem 46. Durante as 50 horas que o vapor de magnésio foi suprido ao cadinho, cerca de 3500 kg de magnésio bruto, isto é, magnésio com 3 a 8 por cento (% em massa) de partículas da escória suspensas, foi drenada do cadinho. A eficiência da condensação de magnésio foi cerca de 85 por cento. A eficiência da condensação de magnésio é calculada como se segue: massa de metal magnésio
30 drenado a partir do cadinho como uma fração da massa de magnésio no gás que

deixa o forno; massa de magnésio no gás que deixa o forno sendo a massa de magnésio na alimentação do forno menos a massa de magnésio na escória drenada do forno. Num teste anterior utilizando um aparelho similar ao aparelho 10, mas sem utilizar um agitador, a eficiência da condensação de magnésio foi de apenas
5 cerca de 75 por cento. Os dispositivos de imersão 54, acionados hidraulicamente foram necessários para manter as passagens entre a entrada e a saída do aparelho condensador abertas.

A facilidade fornecida pela presente invenção de ser capaz de drenar o magnésio líquido continua ou semi-continuamente do cadinho, sem interromper a
10 produção de vapor de metal, deveria ser contrastada com a situação que prevalece num processo convencional "Magnetherm" onde o vapor de magnésio é condensado principalmente como magnésio sólido. Neste processo quando o cadinho do condensador é preenchido com magnésio, o processo gerador de magnésio é interrompido, o vácuo é quebrado, o cadinho cheio é removido, e um cadinho vazio
15 é conectado ao forno gerador de magnésio. Paralisações de equipamentos são mais de 20% do tempo total de operação como experimentado no processo "Magnetherm" principalmente devido a operação em processo descontínuo do condensador.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para condensar vapor de metal, caracterizado pelo fato de que inclui as seguintes etapas:

(a) direcionar uma corrente de vapor de metal que contém partículas sólidas de escória a uma pressão variando de 0,071 a 1,21 MPa (0,7 a 12 atm), proveniente de um forno, num aparelho condensador (10) vedado que inclui um cadinho receptor (12);

(b) misturar o vapor de metal com um gás inerte;

(c) controlar a temperatura dentro do cadinho receptor (12) de tal modo que o vapor de metal condense e seja mantido como metal líquido no cadinho (12);

(d) agitar o conteúdo de metal líquido e escória do cadinho (12) para criar um vórtex de modo a retirar a escória, o vapor de metal, e as gotículas de metal líquido, para suspender a escória no metal líquido, dissipando energia de condensação e transferindo esta energia para as paredes laterais do cadinho (12) e para um meio de transferência de calor, formando uma lama de metal líquido e escória; e

(e) drenar a lama do cadinho (12), sem interromper a produção e a condensação do vapor de metal.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o vapor de metal é selecionado dentre vapor de magnésio, zinco, cálcio, sódio, potássio e fósforo.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, na etapa (a), a corrente é direcionada numa taxa controlada dentro do aparelho condensador (10).

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a escória compreende partículas sólidas principalmente de óxidos de metal.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que, na etapa (c), a temperatura dentro do cadinho (10) é controlada de tal modo que o vapor de metal seja condensado, mas de tal modo que o metal líquido não possa se solidificar.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que inclui a etapa de controlar as temperaturas dentro do cadinho (12), numa entrada (14) do cadinho (12), e no condensador secundário (20) pela circulação de um meio de transferência de calor através de pelo menos um espaço
5 fechado em torno do aparelho condensador (10).

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que, na etapa (d), a lama é vazada do cadinho (10) num regime contínuo ou semi-contínuo.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7,
10 caracterizado pelo fato de que, na etapa (b), o gás inerte tem uma pressão parcial mantida na faixa de 0 a 30,4 kPa (0 a 0,3 atm).

9. Aparelho condensador para condensar vapor de metal, conforme o método definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende um cadinho receptor (12), um cotovelo (16), um condensador secundário (20), uma
15 entrada para o cotovelo (16) através da qual o vapor de metal é direcionado para dentro do cadinho (12), pelo menos um dispositivo de controle de temperatura para controlar as temperaturas dentro do cadinho (12), do cotovelo (16), e do condensador secundário (20) de tal modo que o vapor de metal condense em metal líquido e seja
20 mantido como metal líquido no aparelho condensador (10), um dispositivo de mistura para suspender as partículas da escória no metal líquido no cadinho (12) e para dissipar a energia de condensação, e uma saída do cadinho (12) através da qual, o metal líquido, misturado com a escória, é retirado.

10. Aparelho condensador de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de controle de temperatura inclui pelo
25 menos um sistema de troca de calor que interage com o metal líquido dentro do cadinho (12) e o condensador secundário (20), e um dispositivo de circulação de um meio de transferência de calor através do sistema de troca de calor.

11. Aparelho condensador de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o meio de transferência de calor é um fluxo forçado de
30 ar ou de gases de combustão quentes.

12. Aparelho condensador de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o meio de transferência de calor é selecionado dentre estanho fundido, chumbo fundido, sódio fundido, potássio fundido e sais fundidos de sódio, potássio e magnésio.

5 13. Aparelho condensador de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 12, caracterizado pelo fato de que o meio de transferência de calor é usado para aquecer o interior do cadinho (12), o cotovelo (16), e o condensador secundário (20), pelo menos inicialmente e, uma vez que as temperaturas do cadinho (12) e do condensador secundário (20) tenham alcançado um estado de operação
10 desejado, para remover o calor do cadinho (12), do cotovelo (16) e do condensador secundário (20).

14. Aparelho condensador de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de mistura inclui pelo menos um agitador (40).

15 15. Aparelho condensador de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o agitador (40) possui uma hélice (41) que é projetada para criar um vórtex para empurrar o vapor de magnésio, as gotículas de magnésio líquido e as partículas sólidas da escória para dentro do magnésio fundido.

16. Aparelho condensador de acordo com as reivindicações 14 a 15, caracterizado pelo fato de que o agitador (40) induz uma distribuição uniforme de
20 temperatura no metal líquido dentro do cadinho (12).

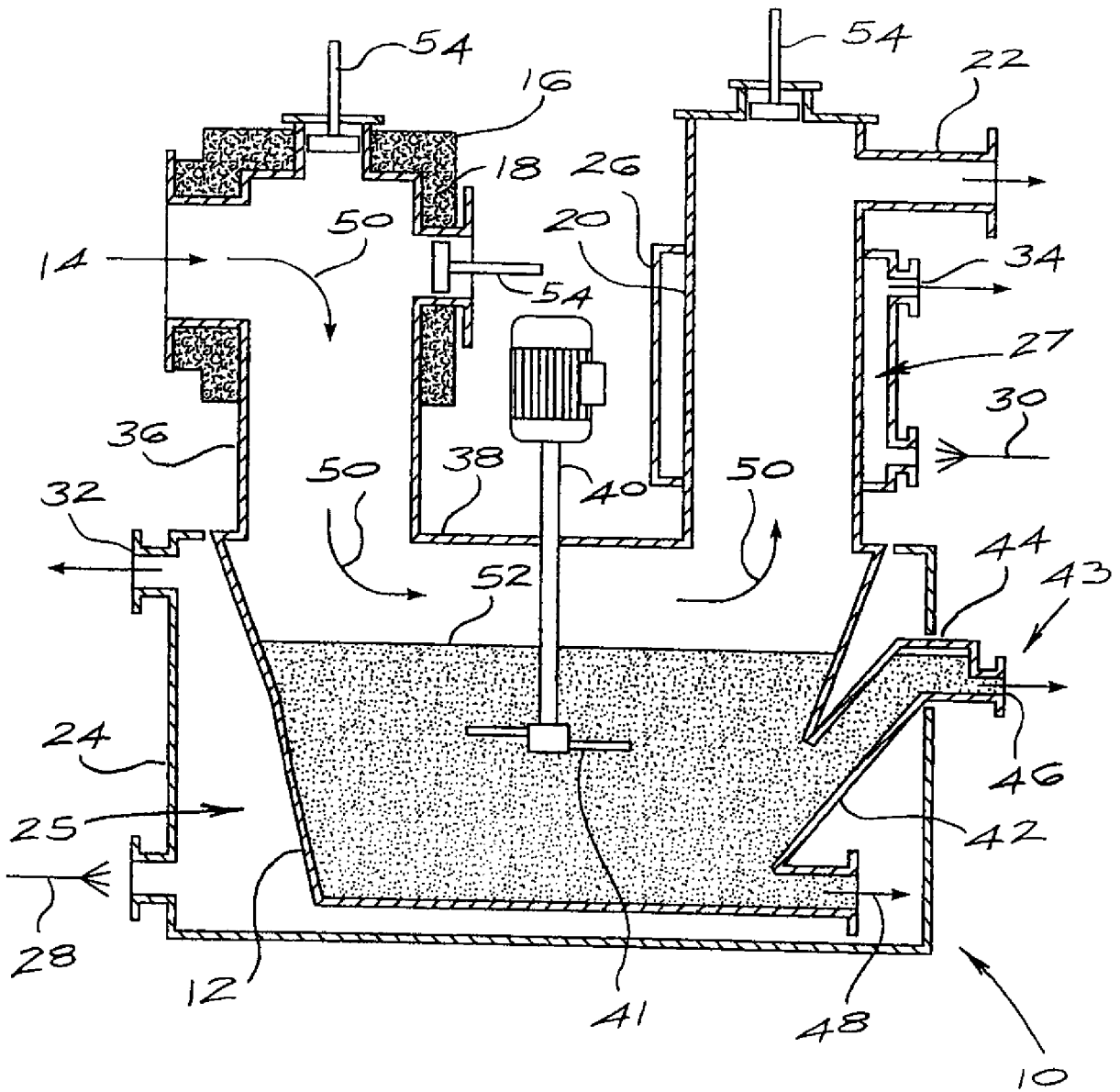
17. Aparelho condensador de acordo com as reivindicações 13 a 16, caracterizado pelo fato de que inclui placas de chicanas dentro do cadinho (12).

18. Aparelho condensador de acordo com as reivindicações 9 a 17, caracterizado pelo fato de que inclui dispositivos de limpeza para manter as passagens
25 entre a entrada e a saída do aparelho condensador (10) abertas.

19. Aparelho condensador de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que cada dispositivo de limpeza é um dispositivo de imersão acionado hidráulicamente.

30 20. Aparelho condensador de acordo com as reivindicações 9 a 19,

caracterizado pelo fato de que inclui uma saída de gás a partir do condensador secundário (20).



RESUMO

“MÉTODO PARA CONDENSAR VAPOR DE METAL, E, APARELHO CONDENSADOR PARA CONDENSAR VAPOR DE METAL”

5 Metal líquido é continuamente recuperado por condensação de vapor de metal num sistema fechado, a uma pressão variando de 0,071 a 1,21 MPa (0,7 a 12 atm), e o metal líquido é coletado num cadinho (12). O conteúdo do cadinho (12) é agitado e a temperatura é controlada para evitar que o metal líquido solidifique. O metal líquido e a escória são drenados do cadinho (12).