



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

(21) **PI1000328-2 A2**



(22) Data de Depósito: 26/02/2010
(43) Data da Publicação: 19/04/2011
(RPI 2102)

(51) *Int.Cl.:*
C21D 9/573
B22D 11/124

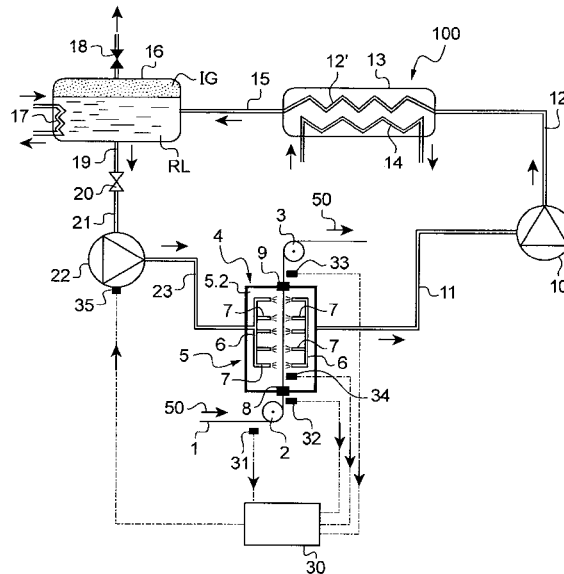
(54) **Título: MÉTODO DE RESFRIAR UMA TIRA METÁLICA QUE SE DESLOCA ATRAVÉS DE UMA SEÇÃO DE RESFRIAMENTO EM UMA LINHA DE TRATAMENTO TÉRMICO CONTÍNUO E INSTALAÇÃO PARA IMPLEMENTAR O MÉTODO**

(30) Prioridade Unionista: 02/03/2009 FR 09 00924

(73) Titular(es): CMI Thermline Services

(72) Inventor(es): Denis Clodic, Diala Abdo, Maria Zoghaib, Maroun Nemer, Patrick Dubois, Stéphane Langevin

(57) **Resumo: MÉTODO DE RESFRIAR UMA TIRA METÁLICA QUE SE DESLOCA ATRAVÉS DE UMA SEÇÃO DE RESFRIAMENTO EM UMA LINHA DE TRATAMENTO TÉRMICO CONTÍNUO E INSTALAÇÃO PARA IMPLEMENTAR O MÉTODO.** A invenção diz respeito a um método de resfriar uma tira metálica que desloca através de uma seção de resfriamento em uma linha de tratamento térmico contínuo, consistindo em projetar um meio refrigerante na seção de resfriamento (4) sobre a superfície da tira (1) a ser resfriada, o meio sendo capaz de resfriar a tira (1) sem oxidar a dita tira. De acordo com a invenção, o meio refrigerante é constituído na sua maior parte por uma substância de mudança de fase que passa para a fase gasosa a uma temperatura que é tanto superior à temperatura da tira (1) para resfriamento quanto próxima da temperatura do meio ambiente externo, de forma que energia seja trocada em um processo endotérmico por uma mudança na fase da dita substância de mudança de fase, e de forma que o dito meio refrigerante possa então ser recondensado a uma pressão próxima da pressão atmosférica.



“MÉTODO DE RESFRIAR UMA TIRA METÁLICA QUE SE DESLOCA ATRAVÉS DE UMA SEÇÃO DE RESFRIAMENTO EM UMA LINHA DE TRATAMENTO TÉRMICO CONTÍNUO E INSTALAÇÃO PARA IMPLEMENTAR O MÉTODO”

5 A presente invenção diz respeito ao resfriamento de uma tira metálica que desloca através de uma seção de resfriamento em uma linha de tratamento térmico contínuo, tal como uma linha de recozimento, ou uma linha para aplicar um revestimento metálico ou orgânico.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

10 Em linhas de tratamento térmico contínuos, tiras metálicas são resfriadas em uma seção de resfriamento pelo sopro de um gás, geralmente uma mistura de nitrogênio e oxigênio, através de uma ou mais caixas de resfriamento que são providos de furos ou tubos de sopro associados.

15 Uma preocupação constante de projetistas de seções de resfriamento baseia-se no resfriamento da tira que desloca através da dita seção o mais uniformemente possível, evitando ao mesmo tempo dar origem a instabilidades e/ou vibração na tira em movimento.

20 O documento EP-A-1 655 383 revela um dispositivo de resfriamento como este, no qual uma tira desloca entre duas caixas de resfriamento dotadas de tubos de sopro inclinadas em um ângulo que é direcionado à montante e/ou à jusante em relação à tira em movimento, e também em direção às suas bordas. À medida que a tira passa pela seção de resfriamento, ela é assim resfriada em ambas as faces pelo sopro da mistura de gás que está a uma temperatura inferior à temperatura da tira. A pressão
25 necessária para o sopro é provida por um ou dois ventiladores associados. A mistura de gás que é aquecida pela troca de calor com a tira é resfriada em um trocador de calor, geralmente um trocador de calor de água, de maneira a ser transferida subsequentemente para um sistema de resfriamento por meio do(s) ventilador(s), sendo assim recirculada para as caixas de resfriamento.

Sabe-se que a transferência de calor depende da distância de sopro entre a tira e os orifícios de saída da mistura de gás, e também da configuração geométrica do sopro e da velocidade do sopro. Sabe-se que a transferência de calor é mais efetiva quando a distância de sopro é pequena e/ou a velocidade de sopro é alta. No entanto, existem limites práticos a respeito do aumento da velocidade de sopro e da redução da distância entre a tira e o sistema de sopro, uma vez que, além de um certo limite, surge vibração e/ou oscilação da tira, e que pode fazer com que a tira entre em contato com o sistema de sopro, levando assim a marcas que são incompatíveis com a qualidade superficial desejada e, possivelmente, ainda danificando a tira mais severamente.

Em uma variante da técnica de sopro de uma mistura de gás, água também tem sido usada como um fluido de resfriamento, como revelado no documento EP-A-0.343.103, no qual a tira é resfriada rapidamente por meio de bicos que distribuem uma névoa de água/ar, ou, em uma variante revelada em FR-A-2.796.965, na qual bicos de água/nitrogênio são usados. O mesmo preceito deve ser encontrado nos documentos US-A-6.054.095, US-A-5.902.543, US-A-4.934.445 e JP-A-02.170925.

O uso de água como um fluido de resfriamento é vantajoso, já que transferência de calor exige menores velocidades de saída para o fluido de resfriamento, uma vez que a transferência é baseada na troca de calor por evaporação da água para o ar ou nitrogênio, apesar de que esta técnica apresenta dois inconvenientes principais. O primeiro inconveniente é que a transferência de calor é limitada pela temperatura de saturação da água no ar incondensável ou gás nitrogênio, e o segundo inconveniente é que aço a alta temperatura inevitavelmente apresenta oxidação quando resfriado por uma névoa de água e ar, ou de água e nitrogênio, que significa que é subsequentemente necessário realizar tratamento especial para remover o filme de óxido, onde tal tratamento pode ser caro e algumas vezes mesmo

impossível de realizar em certas linhas, tais como linhas de galvanização.

O fundamento tecnológico está também ilustrado pelos documentos US-A-4.399.658, US-A-3.728.869 e DE-A-4.429.203.

5 Assim, existe uma necessidade de um método de resfriamento que proporcione melhor desempenho, sendo capaz de aumentar significativamente a velocidade na qual uma tira metálica em movimento é resfriada, mas sem que coloque a tira em vibração e/ou oscilação, e sem fazer com que a dita tira oxide.

OBJETIVO DA INVENÇÃO

10 Um objetivo da invenção é desenvolver um método e instalação de resfriamento que permitem que uma tira metálica em movimento seja resfriada a uma alta velocidade de resfriamento sem gerar vibração e/ou oscilação, ao mesmo tempo evitando qualquer necessidade de remoção de óxido ou tratamento superficial especial depois do resfriamento,
15 como seria necessário se a superfície da tira tivesse que ser submetida a oxidação a um grau maior ou menor.

DESCRIÇÃO GERAL DA INVENÇÃO

O problema técnico supramencionado é solucionado de acordo com a invenção por um método de resfriamento de uma tira metálica em
20 movimento através de uma seção de resfriamento em uma linha de tratamento térmico contínuo consistindo em projetar um meio refrigerante na seção de resfriamento sobre a superfície da tira a ser resfriada, o meio sendo capaz de resfriar a tira sem oxidar a dita tira, o dito método sendo distinto em que o meio refrigerante é constituído na sua maior parte por uma substância de
25 mudança de fase que passa para a fase gasosa a uma temperatura que é tanto inferior à temperatura da tira para resfriamento quanto próxima da temperatura do meio ambiente externo, de forma que energia seja trocada em um processo endotérmico por uma mudança de fase da dita substância de mudança de fase, e de forma que o dito meio refrigerante possa então ser

recondensado a uma pressão próxima à pressão atmosférica.

Pelo uso de um processo endotérmico com mudança de fase, uma grande quantidade de energia é transferida de uma maneira que depende pouco da velocidade de sopro, possibilitando assim evitar o risco
5 supramencionado de colocar a tira metálica que está sendo resfriada em vibração e/ou oscilação. Naturalmente, a quantidade de energia transferida depende do tipo de meio refrigerante usado, e acima de tudo da quantidade soprada, e assim da quantidade evaporada ou sublimada em decorrência da mudança de fase que ocorre nas proximidades da superfície da tira. Além
10 disso, os inconvenientes supramencionados da tecnologia anterior que usam água como o fluido de resfriamento são evitados.

Em uma implementação particular do método da invenção, o meio refrigerante está na forma sólida, em particular na forma de flocos, apresentando um ponto tríplice que é maior que a temperatura do meio
15 ambiente externo, o processo endotérmico ocorrendo com o dito meio refrigerante sublimando na superfície das tiras a ser resfriadas.

Em uma outra implementação do método da invenção, o meio refrigerante é um fluido, em particular na forma de finas gotículas, apresentando uma temperatura de ebulição normal que é maior que a
20 temperatura do meio ambiente externo, o processo endotérmico ocorrendo com o dito meio refrigerante evaporando na superfície da tira a ser resfriada.

Na prática, o uso de um fluido refrigerante parece ser preferido, não somente em termos de desempenho, mas também para maior facilidade de implementação e controle da instalação associada.

25 Vantajosamente, o sólido refrigerante sublimado ou o fluido refrigerante evaporado é recuperado à jusante da seção de resfriamento de forma a ser recirculado, sendo submetido a um processo de condensação e separação no final do qual uma fração incondensável é isolada, a dita fração sendo controlada para ajustar a temperatura de condensação do fluido ou

sólido refrigerante a fim de minimizar o consumo de energia.

Quando se usa um fluido refrigerante, é preferível que o dito fluido refrigerante compreenda pelo menos 80 % em volume do fluido de mudança de fase.

5 É então vantajoso que o fluido de mudança de fase seja pentano. O pentano pode ser no estado puro, ou em uma variante em uma mistura pentano/hexano a uma razão de 80/20 em porcentagem molar.

Também preferivelmente a atmosfera na seção de resfriamento é isolada do meio ambiente externo, em particular na entrada e na saída da tira a ser resfriada, permitindo assim que o meio refrigerante fique sob controle contínuo durante o processo endotérmico. Isto é importante não somente por questão de despesa, mas também por questão de segurança, uma vez que certos fluidos adequados para uso como o refrigerante podem ser inflamáveis a alta temperatura, e portanto não devem ser misturados com oxigênio do ar.

15 Finalmente, e vantajosamente, a vazão de massa do meio refrigerante projetado na superfície da tira é controlada de maneira a permanecer abaixo de um limite predeterminado de maneira a garantir que todo o meio refrigerante esteja envolvido na mudança de fase.

20 A invenção também provê uma instalação para implementar um método que apresenta pelo menos uma das características supraespecificadas.

De acordo com a invenção, a instalação compreende:

- uma seção de resfriamento compreendendo uma caixa de resfriamento com uma tira para resfriamento passando através dela de uma forma hermética, a dita caixa sendo provida internamente com bicos
25 arranjos para proteger um meio refrigerante sobre ambas as faces da dita tira, o meio sendo composto na maior parte por uma substância de mudança de fase que passa para a fase gasosa a uma temperatura que é tanto inferior à temperatura da tira para o resfriamento quanto próxima da temperatura no

meio ambiente externo;

- um condensador conectado à jusante da caixa de resfriamento por meio de um soprador, permitindo que o meio refrigerante seja recondensado a uma pressão próxima da pressão atmosférica;

5 - um cilindro que forma um tanque e um separador conectado à jusante do condensador; e

- uma bomba de recirculação conectada à jusante do tanque e do cilindro separador por meio de uma válvula de segurança, e conectada na extremidade à montante da caixa de resfriamento.

10 Pode-se fazer provisão para que os bicos da caixa de resfriamento fiquem arranjados com segmentação de maneira a poder seguir uma curva de resfriamento predeterminada em função da velocidade de deslocamento da tira.

15 Pode-se também fazer provisão para que a caixa de resfriamento tenha uma seção à montante sem bicos e uma seção à jusante provida com bicos, à montante e à jusante sendo relativos à direção de deslocamento da tira, a dita seção à montante sendo provida com um sensor para medir a temperatura da tira que entra na dita caixa.

20 De acordo com uma outra característica vantajosa, a caixa de resfriamento é provida na entrada e na saída da tira com câmaras de vácuo herméticas.

25 É também vantajoso fazer provisão para que a instalação inclua sensores para medir a temperatura da tira à montante da entrada e à jusante da saída da caixa de resfriamento, os ditos sensores servindo para regular a vazão da bomba de recirculação em função da velocidade de deslocamento da dita tira, velocidade de deslocamento esta que é medida por um sensor associado fora da dita caixa de resfriamento.

Também vantajosamente, o tanque e o cilindro separador são providos internamente com uma serpentina de refrigeração que opera a uma

temperatura que é inferior à temperatura de condensação do meio refrigerante usado a fim de terminar os processos de condensação e separação entre a fase líquida do meio refrigerante e os gases incondensáveis dentro do dito cilindro. Em particular, o tanque e o cilindro separador são providos com um suspiro que permite que gases incondensáveis sejam removidos.

Outras características e vantagens da invenção surgirão mais claramente sob a luz da descrição seguinte relativa a uma modalidade particular e dada com referência ao desenho anexo que mostra uma instalação para implementar o método.

10 DESCRIÇÃO RESUMIDA DO DESENHO

É feita referência à única figura do desenho anexo, que é um diagrama mostrando uma instalação para implementar o método da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE UMA MODALIDADE PREFERIDA DA INVENÇÃO

15 A única figura é um diagrama mostrando uma instalação referenciada por 100 para implementar o método de resfriamento de acordo com a invenção. Uma tira metálica referenciada por 1 desloca através de uma seção de resfriamento referenciada por 4 em uma linha de tratamento térmico contínuo que pode ser uma linha de recozimento ou uma linha para aplicar um revestimento metálico ou inorgânico.

20 De acordo com os fundamentos da invenção, a linha ao longo da qual a tira 1 passa é determinada por um rolo defletor inferior 2 e um rolo defletor superior 3 em ambos os lados da seção de referência 4, com a direção de deslocamento da tira 1 sendo representada pelas setas 50.

25 A seção de resfriamento 4 compreende uma caixa de resfriamento 5 através da qual a tira 1 para resfriamento passa. A caixa de resfriamento 5 é fechada e a tira passa de uma maneira hermética através das câmaras de vácuo de entrada e saída 8 e 9, que estão mostradas diagramaticamente. Elas podem ser constituídas por sistemas de chapeletas

opcionalmente cooperando com rolos de mancais, como é bem conhecido no campo de linhas de tratamento contínuo. Por meio das câmaras de vácuo de entrada e saída 8 e 9 garante-se que a atmosfera que existe na seção de resfriamento 4 fica isolada do meio ambiente externo, em particular na entrada e na saída da tira para resfriamento, permitindo assim que o meio refrigerante seja controlado continuamente durante o resfriamento da dita tira.

A caixa de resfriamento 5 é provida internamente com coletores de projeção 6 arranjados em ambos lados do plano ao longo do qual a tira passa, cada coletor em si sendo provido com uma pluralidade de bicos 7 que permite que um meio refrigerante particular seja projetado dentro da seção de resfriamento 4 sobre a superfície da tira 1 para resfriamento, o meio sendo capaz de resfriar a tira sem oxidar a dita tira (diferente de água, como é geralmente usado em técnicas anteriores).

De acordo com uma característica essencial da invenção, é feita provisão para projetar na tira um meio refrigerante que é constituído na maior parte de uma substância de mudança de fase que converte em fase gasosa a uma temperatura que é tanto inferior à temperatura da tira para resfriamento quanto próxima da temperatura do meio ambiente externo, de forma que energia seja trocada em um processo endotérmico com a dita substância de mudança de fase que muda de fase, e em seguida o dito meio refrigerante pode ser recondensado a uma pressão que é próxima da pressão atmosférica.

O fato de que o resfriamento é causado pela mudança de fase de pelo menos um componente do meio refrigerante significa que o resfriamento depende pouco da velocidade de projeção, que é vantajoso para garantir que a tira desloca de maneira estável, uma vez que o risco de vibração e/ou oscilação que surgem na dita tira é reduzido. Além disso, os inconvenientes das técnicas anteriores que fazem uso de água como o líquido de resfriamento são eliminados (onde os ditos inconvenientes são oxidação da

tira e a necessidade de prover tratamento subsequente para remover o óxido).

Em uma primeira modalidade, o meio refrigerante é na forma sólida, em particular na forma de flocos finos, apresentando um ponto tríplice a uma temperatura que é superior à temperatura do meio ambiente externo, o processo endotérmico ocorrendo com o dito meio refrigerante sublimando na superfície da tira para resfriamento. Por exemplo, é possível usar CO₂.

No entanto, considerando CO₂ especificamente como um exemplo que sublima a -78°C à pressão atmosférica, considerando que a atmosfera é constituída completamente por CO₂ na seção de resfriamento, ou a temperaturas que são muitos inferiores quando o CO₂ está a uma pressão parcial inferior à pressão atmosférica, existe em geral uma necessidade de uma alta razão de compressão a fim de organizar a recirculação do meio refrigerante, que pode ser desvantajoso em termos de consumo de energia.

Isto é porque é geralmente preferível usar uma implementação diferente do método em que o meio refrigerante é um fluido, em particular na forma de gotículas finas, apresentando uma temperatura de ebulição normal que é superior à temperatura do meio ambiente externo, o processo endotérmico ocorrendo com o dito meio refrigerante evaporando na superfície da tira a ser resfriada.

Em geral, é vantajoso fazer provisão para que o refrigerante sólido sublimado ou o refrigerante fluido evaporado seja recuperado à jusante da seção de resfriamento a fim de ser recirculado, sendo submetido a um processo de condensação e separação no final do qual uma fração incondensável é isolada, a dita fração sendo controlada para ajustar a temperatura de condensação do refrigerante sólido ou fluido a fim de minimizar o consumo de energia.

De acordo com uma característica vantajosa, é usado um fluido refrigerante que compreende pelo menos 80 % em volume de fluido de mudança de fase.

Dos vários hidrocarbonetos que podem ser considerados, o uso de pentano como o fluido ou como o componente de mudança de fase do fluido parece ser particularmente vantajoso a este respeito.

5 É possível usar pentano no estado puro, em particular pentano líquido que evapora a 35°C na sua própria pressão de vapor, isto é, à pressão ambiente.

Em uma variante, é possível usar uma mistura compreendendo uma maior parte de pentano, preferivelmente com pelo menos 80 % em volume de pentano.

10 É possível considerar misturas tais como misturas de pentano e nitrogênio, entretanto, o uso de tais misturas leva a um custo de energia geral que é ainda um pouco penalizante, em virtude de pentano evaporar em um gás incondensável, limitando assim o calor latente de evaporação em função da pressão parcial de pentano em nitrogênio.

15 Ao contrário, a mistura pentano/hexano a uma razão de 80/20 em porcentagem molar parece ser muito mais vantajosa. Uma mistura como esta começa evaporar a 39,5°C e fica completamente no estado gasoso a 43°C.

20 Entende-se que pentano apresenta uma vantagem particular resultante de sua temperatura de ebulição normal que é cerca de 35°C, uma vez que, a fim de condensar pentano, basta organizar a troca de calor em um trocador de calor devidamente dimensionado que troca calor com um fluido externo (ar ou água).

25 Em uma variante, é também possível considerar o uso de heptano ou uma mistura de pentano e heptano.

De forma mais geral, a vazão de massa do meio refrigerante que é projetado sobre a superfície da tira é preferivelmente controlada de maneira a permanecer abaixo de um limite predeterminado, de forma que todo meio refrigerante seja envolvido na mudança de fase.

A fim de obter uma distribuição uniforme do fluido refrigerante para evaporação na superfície da tira, e a fim de garantir que todo o fluido refrigerante evapore, faz-se uso em particular de bicos de aspersão, tais como os bicos 7, que ficam arranjados para jatear o fluido em finas gotículas sobre toda a superfície da tira, de maneira a obter transferência de calor uniforme com uma vazão de massa que é baixa e que com ela é particularmente simples regular a quantidade de calor que deve ser absorvida. É então vantajoso prover para que a quantidade de calor que deve ser trocada seja controlada pela vazão de massa do fluido jateado.

A descrição apresentada naturalmente também se aplica a um meio refrigerante na forma sólida, onde é apropriado garantir que todo o meio refrigerante sublima em decorrência de ser projetado, por exemplo, como flocos finos, sobre toda a superfície da tira.

Na prática, com um fluido refrigerante, é preferível usar bicos de aspersão que distribuem cones planos. As gotículas que colidem nas duas faces da tira são então submetidas instantaneamente a uma mudança de fase, fazendo com que uma grande quantidade de energia seja absorvida.

A vazão de massa na qual o fluido refrigerante que evapora é injetado também depende naturalmente do número de bicos de aspersão que são usados e da vazão de massa de cada um deles. A distribuição geométrica dos bicos de aspersão depende do ângulo sobre o qual eles agem, ângulo este que é selecionado para garantir que as gotículas colidem em toda a superfície de resfriamento. Sobre este tópico, pode-se fazer referência ao documento EP-A-1.655.383, que contém o preceito aplicável a respeito de como os tubos de aspersão devem ser inclinados, devendo-se entender que o documento da tecnologia anterior diz respeito exclusivamente ao resfriamento por sopro de um meio gasoso convencional, tal como uma mistura de nitrogênio e hidrogênio. Poderia também fazer provisão para que os bicos de aspersão ficassem arranjados de uma maneira segmentada, de maneira a poder seguir

uma curva de resfriamento predeterminada em função da velocidade de deslocamento da tira.

De volta à única figura do desenho anexo, pode-se ver que a instalação 100 também tem um condensador 13 conectado à jusante da caixa de resfriamento 5, por meio de um soprador 10 e respectivos tubos 11 e 12, permitindo assim que o meio refrigerante seja recondensado a uma pressão próxima da pressão atmosférica. O tubo 12, contendo essencialmente uma fase vapor, é estendido pelo segmento 12' no condensador 13, condensador este que é implementado neste exemplo na forma de um trocador de calor convencional usando um circuito de troca 14 que transfere água ou ar. O tubo de saída 15 do condensador 13 termina em um cilindro 16 que forma um tanque e um separador. Tanto uma fase líquida quanto incondensáveis penetram juntos no cilindro 16, com essas duas fases separando em um suprimento de líquido RL transposto por uma fração incondensável gasosa IG.

Na saída do cilindro 16 que forma um tanque e um separador, existe um tubo 19 que vai até uma válvula de segurança 20, e então um tubo 21 que vai até uma bomba de recirculação 22 que é conectado na extremidade à montante da caixa de resfriamento 5 por meio de um tubo 23.

Assim, depois que o fluido de mudança de fase jateado na seção de resfriamento tiver evaporado, o fluido é condensado no condensador externo 13 e, à jusante do dito condensador, os incondensáveis presentes no fluido refrigerante são controlados, incondensáveis estes que são tipicamente nitrogênio, possivelmente com traços de hidrogênio.

Deve-se observar que a caixa de resfriamento 5 mostrada tem uma seção à montante 5.1 sem nenhum bico 7, e uma seção à jusante 5.2 que é provida com bicos 7, onde "à montante" e "à jusante" aqui são relativas à direção de deslocamento 50 da tira 1. A seção à montante 5.1 é provida com um sensor 34 que serve para medir a temperatura da tira 1 que entra na dita

caixa. Em virtude de não haver bicos aí, é possível medir a temperatura da tira oticamente, e assim garantir que todo o meio refrigerante seja de fato transformado em gás. Qualquer gotícula que não sofre mudança de fase escoava para esta seção, onde ela é evaporada, ou sublimada, se for um floco.

5 A instalação também inclui sensores 32 e 33 para medir a temperatura da tira 1, respectivamente à montante da entrada e uma à jusante da saída da caixa de resfriamento 5. Esses sensores 32 e 33 servem para regular a vazão da bomba de recirculação 22 em função da velocidade de deslocamento da dita tira, velocidade de deslocamento esta que é medida por
10 um sensor associado 31 fora da caixa de resfriamento 5.

 Uma unidade de controle 30 está mostrada diagramaticamente, que recebe a informação provida pelo sensor de velocidade 31 e pelos sensores de temperatura 32, 33, 34, esta informação sendo transferida por meio de uma rede cabeada, representada por linhas traço e ponto. Esta
15 unidade de controle 30 serve para distribuir instruções operacionais muito precisas ao elemento de controle 35 da bomba de recirculação 22.

 Pode-se ver na figura que o cilindro 16 que constitui um tanque e um separador é provido internamente com uma serpentina de resfriamento 17 fazendo uso de seu próprio fluido refrigerante, fluido este que
20 opera naturalmente a uma temperatura que é inferior à temperatura de condensação do meio refrigerante de mudança de fase usado para resfriar a tira. Esta serpentina de resfriamento 17 age dentro do cilindro 16 para terminar os processos de condensação e separação da fase líquida do meio refrigerante dos gases incondensáveis. É importante controlar a quantidade de
25 gases incondensáveis no fluido refrigerante uma vez que serve para ajustar sua temperatura de condensação: quanto menor o teor de incondensáveis, tanto menor a temperatura de condensação do fluido de mudança de fase.

 Pode-se também fazer provisão de um suspiro 18 no topo do cilindro 16 com o propósito de extrair os gases incondensáveis dele. Isto

possibilita evitar que incondensáveis se acumulem enquanto a instalação está em operação, que afetaria sua eficiência a longo prazo. A serpentina de resfriamento 17 tipicamente opera a uma temperatura de 15 K para garantir uma condensação mais completa do fluido refrigerante de mudança de fase e obter a separação desejada. Então é certo que os incondensáveis que se acumulam na seção de resfriamento devem ser separados do fluido refrigerante funcional, e que todo o fluido para bombeamento nos bicos de aspersão 7 devem estar no estado líquido.

A válvula de segurança 20 serve para parar o fluxo do meio refrigerante em uma emergência, tal como uma entrada massiva de ar, ou no caso de mau funcionamento de qualquer dos elementos do circuito, a tira não mais se movimentar, etc. O fluido refrigerante líquido é bombeado pela bomba de recirculação 22 de maneira a ser distribuído diretamente dos bicos de aspersão 7 a fim de repetir o ciclo.

Como descrito anteriormente, a vazão da bomba de recirculação 22 é regulada por um controlador (a unidade 30) que se baseia em dados de entrada relativos a temperaturas da tira na entrada e na saída do recinto de resfriamento, e também relativas à velocidade de deslocamento da tira. Estes dados permitem que o sistema seja controlado efetivamente, uma vez que a quantidade de calor que precisa ser extraído da tira é naturalmente uma função de sua velocidade de deslocamento e da temperatura do ponto de ajuste na saída da tira, e também da diferença de temperatura entre a entrada e a saída do recinto de resfriamento. Esta quantidade de calor assim determina a vazão da bomba, e assim a quantidade de fluido refrigerante jateado na tira.

As câmaras de vácuo de vedação 8 e 9 que formam partes da caixa de resfriamento 5 são particularmente quando pentano é usado, da maneira anteriormente mencionada, não somente por questão de despesa (que seria válido com qualquer tipo de fluido de resfriamento), mas sobretudo por motivos de segurança. Pentano, como outros fluidos análogos potencialmente

adequados, é inflamável a alta temperatura (309°C para pentano) e, portanto, não deve ser misturado com oxigênio no ar. A composição de pentano dentro da caixa é, portanto, medida continuamente e controlada de maneira a ficar bem acima de seu limite superior para inflamação no ar. A este respeito, é vantajoso manter a caixa de resfriamento a uma pequena pressão positiva. Pode-se também fazer provisão para que uma sonda adicional monitore a porcentagem de oxigênio na atmosfera dentro da caixa de resfriamento.

Além disso, a fim de otimizar o consumo de energia do soprador 10, o trabalho que ele realiza é regulado pela temperatura do fluido refrigerante no trocador de calor constituído pelo condensador 13. A uma pressão superior à pressão atmosférica, a temperatura de saturação dos gases aumenta. Para refrigerante com pentano a uma pressão de 1,15 bar, a temperatura de saturação aumenta até 40°C. Dependendo da temperatura do fluido refrigerante no trocador de calor, o fluido de resfriamento é comprimido de maneira que a diferença de temperatura entre o pentano e a água ou ar de resfriamento na saída do trocador de calor seja apropriada e de forma que o fluido refrigerante de mudança de fase fique completamente condensado na saída. A temperatura do ar ou água de resfriamento precisa tipicamente ser controlada a uma temperatura de 3 K a 5 K abaixo da temperatura de ebulição normal do fluido refrigerante, que, para pentano, é 35°C, garantindo-se assim que, depois da evaporação, pentano possa ser transferido para o condensador 13 meramente por meio de um soprador 10 com o consumo de energia do sistema sendo mínimo, comparado com o uso de um compressor.

Isto permite que um resfriamento particularmente efetivo seja implementado com a energia sendo transferida rapidamente de uma maneira que depende pouco das velocidades de aspensão, ao mesmo tempo evitando qualquer risco de oxidação que exigiria remoção de óxido subsequente.

A implementação de um processo endotérmico como este com

uma mudança de fase no contexto de resfriamento de uma tira metálica em movimento assim apresenta considerável progresso comparado com técnicas de resfriamento tradicionais que fazem uso de uma mistura gasosa tal como uma mistura de nitrogênio e hidrogênio, ou sobretudo uma névoa de água/ar ou água/nitrogênio, que é impossível evitar oxidação da tira e, portanto, exige que seja feito tratamento de remoção de óxido suficiente.

Além disso, por meio de uma escolha adequada de substâncias de mudança de fase, particularmente pela escolha de um fluido refrigerante com sua temperatura de ebulição normal ligeiramente superior à temperatura do meio ambiente, é possível otimizar o consumo de energia do sistema como um todo.

A invenção não está limitada à modalidade descrita, mas, ao contrário, cobre qualquer variante que usa meios equivalentes para reproduzir as características essenciais supraespecificadas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de resfriar uma tira metálica que se desloca através de uma seção de resfriamento em uma linha de tratamento térmico contínuo, consistindo em projetar um meio refrigerante na seção de resfriamento (40) sobre a superfície da tira (1) a ser resfriada, o meio sendo capaz de resfriar a tira (1) sem oxidar a dita tira, caracterizado pelo fato de que o meio refrigerante é constituído na maior parte por uma substância de mudança de fase que passa para a fase gasosa a uma temperatura que é tanto inferior à temperatura da tira (1) para resfriamento quanto próxima da temperatura do meio ambiente externo, de forma que energia seja trocada em um processo endotérmico por uma mudança na fase da dita substância de mudança de fase, e de forma que o dito meio refrigerante possa então ser recondensado a uma pressão próxima à pressão atmosférica.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio refrigerante é na forma sólida, em particular na forma de flocos, apresentando um ponto tríplice que é superior à temperatura do meio ambiente externo, o processo endotérmico ocorrendo com o dito meio refrigerante sublimando na superfície das tiras (1) a ser resfriadas.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o meio refrigerante é um fluido, em particular na forma de finas gotículas, apresentando uma temperatura de ebulição normal que é superior à temperatura do meio ambiente externo, o processo endotérmico ocorrendo com o dito meio refrigerante evaporando na superfície da tira (1) a ser resfriada.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2 ou reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o sólido refrigerante sublimado ou o fluido refrigerante evaporado é recuperado à jusante da seção de resfriamento (4) de maneira a ser recirculado, sendo submetido a um processo de condensação e separação no final do qual uma fração incondensável é isolada, a dita fração

sendo controlada para ajustar a temperatura de condensação do fluido ou sólido refrigerante a fim de minimizar o consumo de energia.

5 5. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o fluido refrigerante compreende pelo menos 80 % em volume de fluido da mudança de fase.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o fluido de mudança de fase é pentano.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o fluido refrigerante é pentano no estado puro.

10 8. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o fluido refrigerante é uma mistura pentano/hexano a uma razão de 80/20 em porcentagem molar.

15 9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a atmosfera na seção de resfriamento (4) é isolada do meio ambiente externo, em particular na entrada e na saída da tira (1) a ser resfriada, permitindo assim que o meio refrigerante fique assim sob controle durante o processo endotérmico.

20 10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a vazão de massa do meio refrigerante projetada na superfície da tira (1) é controlada de maneira a permanecer abaixo de um limite predeterminado de maneira a garantir que todo o meio refrigerante seja envolvido na mudança de fase.

25 11. Instalação (100) para implementar um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que a instalação compreende:

- uma seção de resfriamento (4) compreendendo uma caixa de resfriamento (5) com uma tira (1) para resfriamento passando através dela de uma forma hermética, a dita caixa sendo provida internamente com bicos (7) arranjos para proteger um meio refrigerante sobre ambas as faces da dita

tira, o meio sendo composto na maior parte por uma substância de mudança de fase que passa para a fase gasosa a uma temperatura que é tanto inferior à temperatura da tira (1) para o resfriamento quanto próxima da temperatura no meio ambiente externo;

5 - um condensador (13) conectado à jusante da caixa de resfriamento (5) por meio de um soprador (10), permitindo que o meio refrigerante seja recondensado a uma pressão próxima da pressão atmosférica;

 - um cilindro (16) que forma um tanque e um separador conectado à jusante do condensador (13); e

10 - uma bomba de recirculação (22) conectada à jusante do tanque e do cilindro separador (16) por meio de uma válvula de segurança (20), e conectada na extremidade à montante da caixa de resfriamento (5).

 12. Instalação, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que os bicos (7) da caixa de resfriamento (5) são arranjos com segmentação de maneira a poder seguir uma curva de resfriamento predeterminada em função da velocidade de deslocamento da tira.

15 13. Instalação, de acordo com a reivindicação 11 ou reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que a caixa de resfriamento (5) tem uma seção à montante (5.1) sem bicos (7) e uma seção à jusante (5.2) provida com bicos (7), à montante e à jusante sendo relativos à direção de deslocamento (50) da tira (1), a dita seção à montante (5.1) sendo provida com um sensor (34) para medir a temperatura da tira (1) que entra na dita caixa.

20 14. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 13, caracterizada pelo fato de que a caixa de resfriamento (5) é provida na entrada e na saída da tira (1) com câmaras de vácuo herméticos (8, 9).

 15. Instalação, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 14, caracterizada pelo fato de que inclui sensores (32, 33) para medir a temperatura da tira (1) à montante da entrada e à jusante da saída da caixa de

resfriamento (50), os ditos sensores servindo para regular a vazão da bomba de recirculação (22) em função da velocidade de deslocamento da dita tira, velocidade de deslocamento esta que é medida por um sensor associado (31) fora da dita caixa de resfriamento.

5 16. Instalação, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que o tanque o cilindro separador (16) são providos internamente com uma serpentina de refrigeração (17) que opera a uma temperatura que é inferior à temperatura de condensação do meio refrigerante usado a fim de
10 terminar os processos de condensação e separação entre a fase líquida o meio refrigerante e os gases incondensáveis dentro do dito cilindro.

 17. Instalação, de acordo com a reivindicação 16, caracterizada pelo fato de que o tanque o cilindro de separação (16) são providos com um suspiro (18) que permite que gases incondensáveis sejam eliminados.

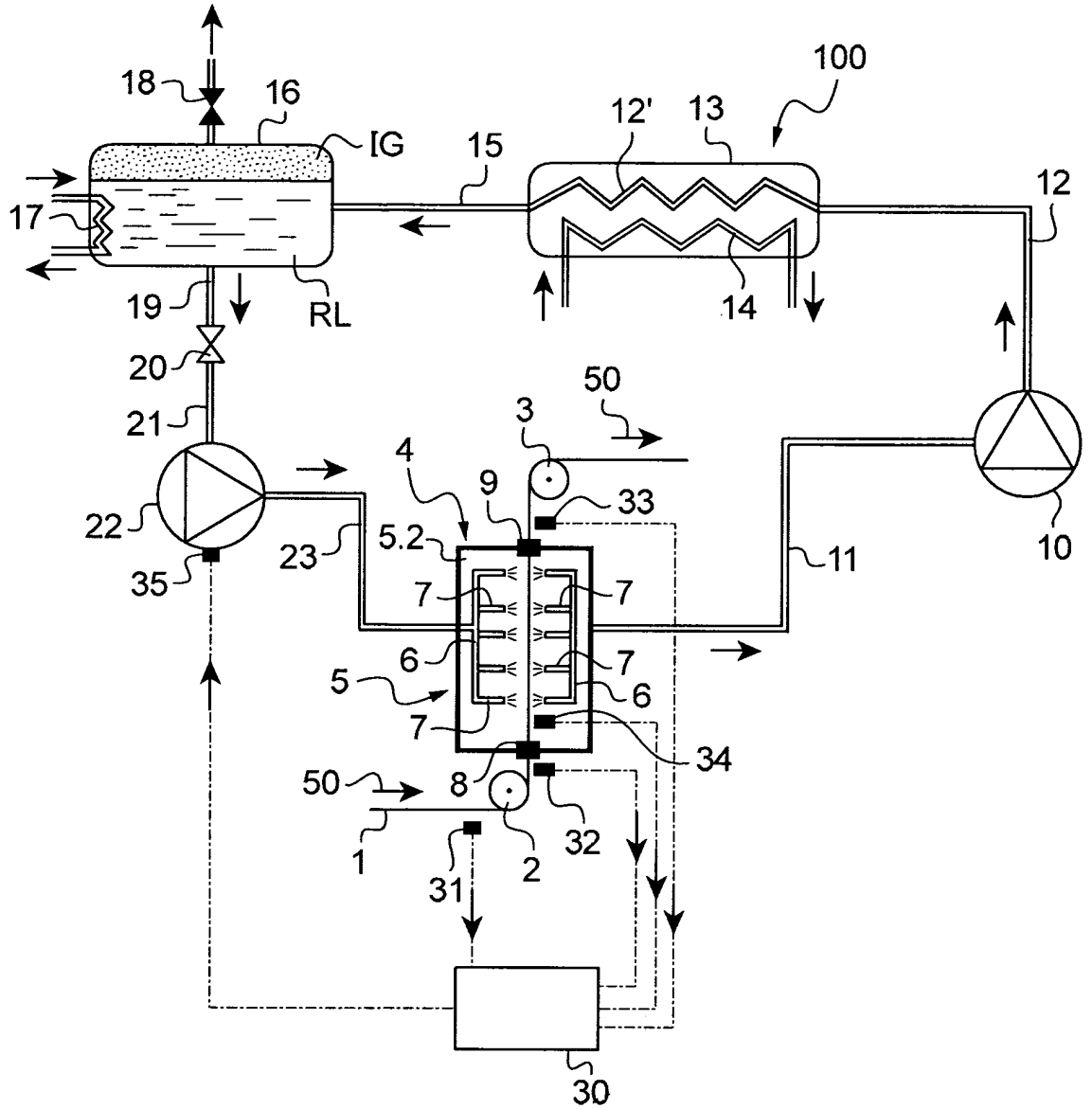


FIGURE 1

RESUMO

“MÉTODO DE RESFRIAR UMA TIRA METÁLICA QUE SE DESLOCA ATRAVÉS DE UMA SEÇÃO DE RESFRIAMENTO EM UMA LINHA DE TRATAMENTO TÉRMICO CONTÍNUO E INSTALAÇÃO PARA IMPLEMENTAR O MÉTODO”

A invenção diz respeito a um método de resfriar uma tira metálica que desloca através de uma seção de resfriamento em uma linha de tratamento térmico contínuo, consistindo em projetar um meio refrigerante na seção de resfriamento (4) sobre a superfície da tira (1) a ser resfriada, o meio sendo capaz de resfriar a tira (1) sem oxidar a dita tira. De acordo com a invenção, o meio refrigerante é constituído na sua maior parte por uma substância de mudança de fase que passa para a fase gasosa a uma temperatura que é tanto superior à temperatura da tira (1) para resfriamento quanto próxima da temperatura do meio ambiente externo, de forma que energia seja trocada em um processo endotérmico por uma mudança na fase da dita substância de mudança de fase, e de forma que o dito meio refrigerante possa então ser recondensado a uma pressão próxima da pressão atmosférica.