



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

(21) BR 102018006149-6 A2



(22) Data do Depósito: 27/03/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 06/11/2018

(54) Título: APARELHO DE ARREFECIMENTO PARA UM MOLDE DE ESTAMPAGEM A QUENTE

(51) Int. Cl.: B21D 22/02; B21D 37/16.

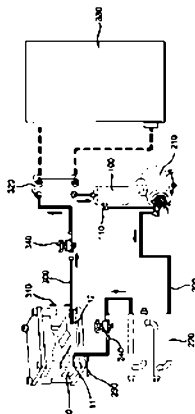
(52) CPC: B21D 22/022; B21D 37/16; F25B 2600/21; F25B 2600/2515; F25B 2700/21174; (...).

(30) Prioridade Unionista: 11/04/2017 KR KR 10-2017-0046830.

(71) Depositante(es): MS AUTOTECH CO., LTD.; KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION.

(72) Inventor(es): SUNG YONG PARK; WON IK EOM; SUNG HO YUN; JUN HO KWON; YONG CHAN KIM.

(57) Resumo: Um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente é configurado de tal modo que um refrigerante em um estado de coexistência de duas fases de uma fase líquida e uma fase gasosa é fornecido a um canal de arrefecimento formado no molde de estampagem a quente para arrefecer o molde de estampagem a quente usando calor latente do refrigerante. O refrigerante mantém uma temperatura constante no canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente, o que garante o arrefecimento uniforme do molde de estampagem a quente.



**APARELHO DE ARREFECIMENTO PARA UM MOLDE DE ESTAMPAGEM A
QUENTE**

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente, e mais particularmente, a um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente, capaz de mais uniforme e eficazmente arrefecer o molde de estampagem a quente.

[002] Em geral, a proporção de peças do corpo do veículo feitas de aço de alta resistência aumenta para atender a regulação ambiental e alcançar a redução de peso do veículo.

[003] Tal aço de alta resistência tem baixa formabilidade à temperatura ambiente e conduz a defeitos dimensionais devido a retorno elástico que constituem problemas no processo de formação de aços de alta resistência.

[004] Recentemente, o número de peças estampadas a quente usadas em veículos para a redução de peso está crescendo.

[005] No processo de estampagem a quente, uma peça bruta aço ou chapa é aquecida a uma temperatura acima de A_{c3} , por exemplo, cerca de $850^{\circ}C$ a $950^{\circ}C$. A peça bruta aço aquecida é transferida para um molde de formação dentro de vários segundos e é arrefecida durante a prensagem. Um canal de enchimento é fornecido no molde de formação para permitir que uma água de arrefecimento passe através do molde de formação.

[006] O processo de estampagem a quente fornece excelente formabilidade e precisão dimensional uma vez que

chapas de aço são formadas a alta temperatura. Além disso, é possível obter uma peça de veículo com a resistência à tração de cerca de 1.500 MPa ou mais pelo processo de estampagem a quente.

[007] A água de arrefecimento é fornecida para o canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente. Como a água de arrefecimento retira calor do molde enquanto flui ao longo do canal de arrefecimento, a temperatura da água de arrefecimento é aumentada gradualmente. A temperatura da água de arrefecimento é menor em uma entrada do canal de arrefecimento onde a água de arrefecimento é fornecida ao molde e é mais alta em uma saída do canal de arrefecimento, onde a água de arrefecimento é descarregada a partir do molde. Para colocar de outra forma, a eficiência de arrefecimento é a mais alta na porção de entrada e é gradualmente reduzida em direção à porção de saída. Este fenômeno causa arrefecimento não uniforme do molde de estampagem a quente e deteriora a qualidade das peças de corpo estampadas a quente.

SUMÁRIO

[008] A presente invenção foi feita tendo em consideração o problema acima mencionado, e um objetivo da presente invenção consiste em fornecer um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente, capaz de mais uniforme e eficientemente arrefecer o molde de estampagem a quente.

[009] De modo a realizar o objetivo acima, um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente de acordo com a presente invenção é configurado para arrefecer o molde de estampagem a quente com um refrigerante fluindo

ao longo de um canal de arrefecimento formado no molde de estampagem a quente. O refrigerante enquanto estiver fluindo ao longo do canal de arrefecimento pode estar em uma condição que permita que suas fases de líquido e gás coexistam e resfriem o molde de estampagem a quente usando o calor latente de vaporização. Comumente, um molde de estampagem a quente inclui um molde superior e um molde inferior. Um aparelho de arrefecimento de acordo com a presente invenção pode ser para arrefecer o molde superior e / ou o molde inferior.

[0010] O refrigerante fluindo para dentro ou sendo fornecido para o canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente pode não estar na condição de coexistência de fases líquido-gás ou seu estado de líquido saturado. A temperatura do refrigerante fornecido ao canal de arrefecimento pode ser ligeiramente inferior à temperatura de evaporação ou ao ponto de ebulição do refrigerante, e desejavelmente, estar no intervalo de cerca de 97% a cerca de 99,5% da sua temperatura de evaporação. Essa condição de temperatura permite que a entalpia de vaporização do refrigerante, ou seja, o calor latente do refrigerante seja usado suficientemente para resfriar o molde de estampagem a quente, mesmo quando a diferença é pequena entre a temperatura do refrigerante fornecido ao molde de estampagem a quente e a temperatura do refrigerante descarregado a partir do molde de estampagem a quente.

[0011] De acordo com a presente invenção, o refrigerante pode estar em uma região de coexistência de duas fases enquanto passa através do canal de arrefecimento

do molde de estampagem a quente. Se não houver problema ambiental, quanto maior a entalpia de vaporização do refrigerante mais desejável.

[0012] De acordo com a presente invenção, um compressor pode não ser necessário para comprimir o refrigerante descarregado do molde de estampagem a quente. A mudança de temperatura dos componentes de circulação de refrigerante do aparelho de arrefecimento pode ser muito pequena. A temperatura do refrigerante sendo descarregado do molde de estampagem a quente pode estar próxima da temperatura de vaporização do refrigerante. Para isso, uma taxa de fluxo do refrigerante fornecido para o molde de estampagem a quente pode ser controlada.

[0013] De acordo com uma modalidade, o aparelho de arrefecimento para o molde de estampagem a quente inclui: um reservatório armazenando um refrigerante; uma linha de fornecimento de refrigerante conectando o reservatório e uma entrada do canal de arrefecimento; e uma linha de descarga de refrigerante conectando o reservatório e uma saída do canal de arrefecimento.

[0014] Além disso, de acordo com uma modalidade, o aparelho de arrefecimento para o molde de estampagem a quente pode incluir um regulador de fluxo para regular uma taxa de fluxo do refrigerante fornecido ao canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente, e um aquecedor fornecido na linha de fornecimento de refrigerante e aquecendo o refrigerante. Uma bomba pode ser fornecida na linha de fornecimento de refrigerante e / ou na linha de descarga de refrigerante para circular o refrigerante a partir do reservatório para o canal de

arrefecimento do molde de estampagem a quente. O refrigerante armazenado no reservatório pode ser líquido.

[0015] De acordo com o aparelho de arrefecimento de acordo com a presente invenção, uma vez que o molde de estampagem a quente é arrefecido usando o calor latente de um refrigerante, a temperatura do refrigerante pode ser mantida constante no canal de arrefecimento, o que assegura um arrefecimento uniforme do molde de estampagem a quente.

[0016] De acordo com a presente invenção, arrefecimento eficiente do molde de estampagem a quente pode ser conseguido através de um refrigerante tendo uma elevada entalpia de vaporização.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0017] As modalidades da presente invenção serão mais claramente entendidas a partir da descrição detalhada seguinte, tomada em conjunto com os desenhos anexos, nos quais:

[0018] A Figura 1 é um diagrama esquemático que ilustra um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente, de acordo com uma modalidade da presente invenção; e

[0019] A Figura 2 é um diagrama de blocos esquemático que ilustra o aparelho de arrefecimento para o molde de estampagem a quente, de acordo com a modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES

[0020] A fim de ajudar a compreender as características da presente invenção, um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente de acordo com modalidades da presente invenção será descrito

em mais detalhes.

[0021] Para ajudar a compreensão das modalidades a serem descritas, deve ser notado que, ao dar números de referência para elementos de cada desenho, números de referência semelhantes referem-se a elementos iguais, embora, elementos iguais sejam mostrados em desenhos diferentes.

[0022] Além disso, na descrição da presente invenção, as funções ou construções bem conhecidas não irão ser descritas em detalhe uma vez que podem obscurecer desnecessariamente a compreensão da presente invenção.

[0023] Daqui em diante, a presente invenção será descrita em detalhe através de modalidades com referência aos desenhos em anexo.

[0024] As Figuras 1 e 2 são respectivamente um diagrama esquemático e um diagrama de blocos esquemático que ilustra um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente 10, de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0025] Com referência às Figuras 1 e 2, o aparelho de arrefecimento de acordo com a modalidade da presente invenção é fornecido para arrefecer o molde de estampagem a quente 10 para formar um objeto aquecido, por exemplo, uma chapa de metal ou uma peça bruta. O aparelho de arrefecimento arrefece o molde de estampagem a quente 10, e o molde de estampagem a quente arrefecido 10 arrefece o objeto aquecido. Em um exemplo, a temperatura do objeto é de cerca de 900 ° C quando o objeto é colocado no molde de estampagem a quente 10. A temperatura do objeto é de cerca de 200 ° C quando o objeto é retirado do molde de

estampagem a quente 10 após formação por pressão. O objeto é resfriado de cerca de 900 ° C a cerca de 200 ° C durante um processo de estampagem a quente, e o calor correspondente à diferença de temperatura, ou seja, 700 ° C é transferido para o molde de estampagem a quente 10.

[0026] Água é um meio de arrefecimento comum para o molde de estampagem a quente 10. No entanto, o aparelho de arrefecimento para o molde de estampagem a quente 10 de acordo com a modalidade arrefece o molde de estampagem a quente 10 utilizando um refrigerante químico em vez de água.

[0027] O refrigerante é fornecido a um canal de arrefecimento (não mostrado) formado no molde de estampagem a quente 10 após ser aquecido até ou imediatamente abaixo da temperatura de evaporação do refrigerante. Em alguns casos, o refrigerante pode ser aquecido para um estado em que duas fases (líquida, gasosa) podem coexistir e fornecido para o canal de arrefecimento. O molde de estampagem a quente 10 é arrefecido utilizando calor latente do refrigerante. O refrigerante pode ser selecionado a partir de materiais nos quais as fases de líquido e gás podem coexistir sob as condições de temperatura e pressão do canal de arrefecimento enquanto o molde de estampagem a quente 10 é operado. Por exemplo, o refrigerante pode ser selecionado a partir de vários refrigerantes conhecidos, tais como o R-134a, R-245fa, R-1234yf e R-1233zd, etc., ou a partir de refrigerantes a serem desenvolvidos.

[0028] O aparelho de arrefecimento de acordo com a modalidade baseia-se no fato de que usar a entalpia latente

de um refrigerante é superior do que usar a entalpia sensível da água para o desempenho ou capacidade de arrefecimento do aparelho de arrefecimento. Se a temperatura na entrada 11 do canal de arrefecimento e a taxa de fluxo fornecida ao canal de arrefecimento são iguais, o desempenho do refrigerante usando o calor latente é de 3 a 5 vezes melhor do que a água usando calor sensível para arrefecimento.

[0029] Se a água é aquecida a partir de cerca de 40 ° C a cerca de 50 ° C enquanto passa através do canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10, a entalpia sensível que a água pode receber do molde de estampagem a quente 10 é de cerca de 42 kJ / kg. Em comparação, as entalpias de vaporização dos refrigerantes R-134a, R-245fa e R-1234yf são de cerca de 163 kJ / kg, cerca de 181 kJ / kg e cerca de 132 kJ / kg em cerca de 40 °C, respectivamente. As taxas de fluxo dos refrigerantes usados para arrefecimento do molde de estampagem a quente 10 e o consumo de energia de todo o sistema de arrefecimento podem ser reduzidos, uma vez que as entalpias de vaporização dos refrigerantes são três vezes maiores do que a entalpia sensível de água.

[0030] O aparelho de arrefecimento para o molde de estampagem a quente 10 inclui um reservatório 100, para armazenar um refrigerante no estado líquido, uma linha de fornecimento de refrigerante 200 conectando o reservatório 100 e uma entrada 11 da entrada de canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10, um regulador de fluxo 110 para regular a taxa de fluxo do refrigerante fornecido para a linha de fornecimento de refrigerante 200, uma bomba

210 disposta na linha de fornecimento de refrigerante 200 para circular o refrigerante a partir do reservatório 100 para o molde de estampagem a quente 10, um aquecedor 220 disposto na linha de fornecimento de refrigerante 200 entre a bomba 210 e o molde de estampagem a quente 10 para aquecer o refrigerante, e uma linha de descarga de refrigerante 300 conectando uma saída 12 do canal de arrefecimento e o reservatório 100. O regulador de fluxo 110 é fornecido no reservatório 100 ou na linha de fornecimento de refrigerante 200.

[0031] O aparelho de arrefecimento inclui ainda um sensor de temperatura de refrigerante de fluxo de entrada 230 fornecido na linha de fornecimento de refrigerante 200 para medir uma temperatura do refrigerante que entra no canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10, um sensor de temperatura de refrigerante descarregado 310 disposto na linha de descarga de refrigerante 300 para medir uma temperatura do refrigerante descarregado a partir do canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10, e um controlador 400 recebendo dados de temperatura a partir do sensor de temperatura de refrigerante de fluxo de entrada 230 e o sensor de temperatura de refrigerante descarregado 310 e controlando o aquecedor 220 e o regulador de fluxo 110 em resposta às temperaturas medidas.

[0032] O regulador de fluxo 110 controla uma taxa de fluxo do refrigerante a partir do reservatório 100 para a linha de fornecimento de refrigerante 200. A bomba 210 é operada para fornecer o refrigerante para o molde de estampagem a quente 10. Antes do refrigerante ser fornecido ao canal de arrefecimento, o refrigerante é aquecido pelo

aquecedor 220. O refrigerante pode ser aquecido a uma temperatura de evaporação, ou apenas abaixo de uma temperatura onde o refrigerante pode estar em um estado de coexistência de duas fases de uma fase líquida e uma fase gasosa.

[0033] O canal de arrefecimento é uma região onde o refrigerante evapora. No canal de arrefecimento, o refrigerante em estado líquido é transformado em estado gasoso. Apesar do refrigerante que passa através do canal de arrefecimento receber calor do molde de estampagem a quente 10, a temperatura do refrigerante pode não aumentar. O refrigerante esfria o molde de estampagem a quente 10 usando o calor latente do mesmo. Um refrigerante líquido aquecido a uma temperatura de evaporação do mesmo pode começar a evaporar e manter uma temperatura quase constante até que todo o refrigerante líquido seja transformado na sua fase gasosa, embora a entalpia do refrigerante possa aumentar.

[0034] Uma vez que o refrigerante que passa através do canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10 mantém quase uma temperatura constante, o molde de estampagem a quente 10 pode ser uniformemente arrefecido.

[0035] O refrigerante passado através do canal de arrefecimento é descarregado para o reservatório 100 através da linha de descarga de refrigerante 300. Um permutador de calor 320 pode ser fornecido na linha de descarga de refrigerante 300 para condensar o refrigerante completamente para líquido. O refrigerante pode ser armazenado no estado líquido no reservatório 100.

[0036] O permutador de calor 320 está disposto na

linha de descarga de refrigerante 300 e troca calor com o refrigerante de tal modo que o refrigerante descarregado para o reservatório 100 se torna um líquido. Para este fim, um fluido de arrefecimento para trocar calor com o refrigerante pode ser fornecido ao permutador de calor 320 a partir de um arrefecedor 330.

[0037] O controlador 400 controla o aquecedor 200, o regulador de fluxo 110 e o permutador de calor 320 para arrefecer o molde de estampagem a quente 10 utilizando o calor latente do refrigerante.

[0038] O controlador 400 recebe dados de temperatura do refrigerante fluindo para o canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10 a partir do sensor de temperatura de refrigerante de fluxo de entrada 230 e pode controlar o aquecedor 220 de tal modo que a temperatura do refrigerante fluindo para o canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10 esteja no intervalo de cerca de 97% a cerca de 99,5% de uma temperatura de evaporação do refrigerante. Ou seja, o refrigerante sendo fornecido ao canal de arrefecimento pode ser aquecido logo abaixo da temperatura de evaporação. Embora não seja mostrado nos desenhos, para um controle de temperatura mais preciso, pode ser fornecido um sensor de temperatura no aquecedor 220 para medir a temperatura do refrigerante fluindo para o aquecedor 220.

[0039] No caso em que o refrigerante é aquecido a ou logo abaixo da temperatura de evaporação, a entalpia do refrigerante pode aumentar sem fazer a temperatura do refrigerante mudar enquanto o refrigerante flui ao longo do canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente 10.

Quando o aquecedor 220 sobreaquece o refrigerante, a capacidade de arrefecimento ou o calor latente utilizável de evaporação do refrigerante é diminuído.

[0040] Quando o refrigerante é fornecido para o molde de estampagem a quente 10 em um estado aquecido mais elevado do que a temperatura de evaporação, o refrigerante pode ser descarregado a partir do molde de estampagem a quente 10 em um estado de gás sobreaquecido, devido à energia de calor recebida a partir do molde de estampagem a quente 10. Se o refrigerante for descarregado no estado de gás sobreaquecido a partir do molde de estampagem a quente 10, o consumo de energia aumenta para arrefecer o refrigerante para um estado líquido. Além disso, uma vez que o aquecedor 220 também consome energia para aquecer o refrigerante, aquecimento excessivo pelo aquecedor 220 não é vantajoso.

[0041] Quando o refrigerante é aquecido a, ou mais do que a temperatura de vaporização do refrigerante, é difícil de especificar o valor de entalpia que é utilizável para arrefecer o molde de estampagem a quente 10. Por fornecer o refrigerante aquecido apenas abaixo da temperatura de evaporação para o molde de estampagem a quente 10 e controlar o aparelho de arrefecimento de modo que a temperatura do refrigerante descarregado a partir do molde de estampagem a quente 10 torna-se aproximadamente a temperatura de evaporação do fluido de arrefecimento, uma perda de energia pode ser reduzida e o molde de estampagem a quente 10 pode ser eficientemente arrefecido.

[0042] Quando uma temperatura do refrigerante descarregado a partir do canal de arrefecimento do molde de

estampagem a quente 10 é superior à temperatura de evaporação do refrigerante, o controlador 400 controla o regulador de fluxo 110 para aumentar a taxa de fluxo do refrigerante. O fato do refrigerante ser descarregado a partir do canal de arrefecimento em um estado de gás sobreaquecido no qual a sua temperatura é superior à sua temperatura de evaporação, pode significar que o refrigerante recebeu mais energia térmica do que a entalpia de vaporização do refrigerante a partir do molde de estampagem a quente 10. Por conseguinte, o controlador 400 controla o regulador de fluxo 110 para aumentar a taxa de fluxo do refrigerante de tal modo que o refrigerante a ser descarregado do molde de estampagem a quente 10 mantém sua temperatura de evaporação.

[0043] A taxa de fluxo do refrigerante pode ser igual a ou maior do que uma taxa de fluxo mínima programada para corresponder a um tamanho do objeto a ser formado por pressão pelo molde de estampagem a quente 10, uma temperatura alvo do objeto após a formação por pressão, e um tempo de processo. A taxa de fluxo mínima do refrigerante é uma taxa de fluxo mínima do refrigerante, que precisa ser fornecida para o molde de estampagem a quente 10 de modo a arrefecer o objeto até a temperatura alvo. A taxa de fluxo mínima pode ser obtida calculando uma taxa de fluxo do refrigerante durante o tempo de processo para absorver energia térmica que é transferida para o molde de estampagem a quente 10 a partir do objeto durante um curso de estampagem. O tempo de processo pode incluir o tempo necessário para formar e substituir o objeto.

[0044] A taxa de fluxo mínima pode ser ajustada por

meio da seguinte equação:

$$\dot{m}_{min} = \frac{A \cdot D \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T}{(t_1 + t_2)} \cdot \frac{1}{h_{fg}}$$

[0045] Na equação, $\dot{m}_{min}$ é uma taxa de fluxo mínima [kg / s], A é uma área [m²] do objeto, D é uma espessura [m] do objeto, ρ é densidade do objeto, C_p é calor específico [kJ / kg ° C] do objeto, ΔT é a diferença entre uma temperatura inicial e uma temperatura final do objeto, t_1 é uma quantidade de tempo necessário para a formação do objeto, t_2 é uma quantidade de tempo necessário para substituir o objeto, h_{fg} é entalpia latente [kJ / kg] do refrigerante.

[0046] Se o refrigerante utilizado ou o tamanho do objeto é alterado, o controlador 400 recalcula a taxa de fluxo mínima utilizando a equação e controla o regulador de fluxo 110 para fornecer o refrigerante na taxa de fluxo mínima calculada ou mais.

[0047] Quando a temperatura do refrigerante fluindo para o permutador de calor 320 é igual à temperatura de evaporação do refrigerante, o controlador 400 pode controlar o permutador de calor 320 para operar. Quando a temperatura do refrigerante fluindo para o permutador de calor 320 é inferior à temperatura de evaporação do refrigerante, o controlador 400 pode controlar o permutador de calor 320 para não operar. Apesar de não mostrado nos desenhos, um sensor de temperatura pode ser ainda fornecido no permutador de calor 320 para medir a temperatura do refrigerante.

[0048] A temperatura do refrigerante descarregado a

partir da estampagem a quente pode ser arrefecida durante a passagem através da linha de descarga de refrigerante 300. Quando a temperatura do refrigerante fluindo para dentro do permutador de calor 320 é menor do que a temperatura de evaporação do mesmo, o refrigerante pode ser líquido. Neste caso, para minimizar o consumo de energia, o permutador de calor 320 pode não ser operado.

[0049] Válvulas 240 e 340 podem ser respectivamente fornecidas na linha de fornecimento de refrigerante 200 e a linha de descarga de refrigerante 300 para abrir / fechar a sua passagem. As válvulas 240 e 340 podem tornar conveniente a substituição do molde de estampagem a quente 10. Quando o molde de estampagem a quente 10 é substituído, as válvulas 240 e 340 são operadas para fechar a linha de fornecimento de refrigerante 200 e a linha de descarga de refrigerante 300 e depois a linha de fornecimento de refrigerante 200 e a linha de descarga de refrigerante 300 são destacadas do molde de estampagem a quente 10. Apenas o refrigerante que permanece na linha de fornecimento de refrigerante 200 entre o molde de estampagem a quente 10 e a válvula 240 e permanecendo na linha de descarga de refrigerante 300 entre o molde de estampagem a quente 10 e a válvula 340 é descarregado, o que torna possível minimizar o desperdício do refrigerante enquanto substituindo ou reparando o molde de estampagem a quente 10.

[0050] O aparelho de arrefecimento de acordo com a modalidade pode ser utilizado para arrefecer o molde de estampagem a quente 10 isoladamente ou em conjunto com um aparelho de arrefecimento usando água. Como exemplo, um

aparelho de arrefecimento a água é utilizado para arrefecer todo o molde 10 e um aparelho de arrefecimento de acordo com a modalidade é utilizado para arrefecer uma porção local do molde 10 onde é necessário arrefecimento adicional. Em tal caso, o permutador de calor 320 de acordo com a modalidade pode ser ligado ao aparelho de arrefecimento a água. Por exemplo, uma unidade de fornecimento de água do aparelho de arrefecimento a água pode ser utilizada para o arrefecedor 330 de acordo com a modalidade.

[0051] Embora a invenção tenha sido apresentada e descrita com referência a modalidades exemplificativas predeterminadas da mesma, será compreendido por aqueles peritos na arte que várias alterações na forma e detalhes podem ser feitas sem nos afastarmos do escopo da invenção tal como definido pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente tendo um canal de arrefecimento fornecido no mesmo, o aparelho de arrefecimento **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um reservatório que armazena um refrigerante;

uma linha de fornecimento de refrigerante conectando o reservatório e uma entrada do canal de arrefecimento; e

uma linha de descarga de refrigerante conectando uma saída do canal de arrefecimento e o reservatório,

em que o refrigerante fluindo ao longo do canal de arrefecimento está em um estado coexistente de duas fases de uma fase líquida e de uma fase gasosa, e arrefece o molde de estampagem a quente utilizando o seu calor latente.

2. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda:

um regulador de fluxo fornecido no reservatório ou na linha de fornecimento de refrigerante para regular uma taxa de fluxo do refrigerante fornecido à entrada do canal de arrefecimento; e

um aquecedor fornecido na linha de fornecimento de refrigerante para aquecer o refrigerante.

3. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda:

um sensor de temperatura de refrigerante de fluxo de entrada fornecido na linha de fornecimento de refrigerante ou na entrada do canal de arrefecimento para medir uma

temperatura do refrigerante fornecido para o molde de estampagem a quente; e

um sensor de temperatura de refrigerante descarregado fornecido na linha de descarga de refrigerante ou na saída do canal de arrefecimento para medir uma temperatura do refrigerante descarregado a partir do molde de estampagem a quente.

4. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda um controlador recebendo dados de temperatura do sensor de temperatura de refrigerante de fluxo de entrada e do sensor de temperatura de refrigerante descarregado e controlando o aquecedor e o regulador de fluxo em resposta aos dados de temperatura recebidos.

5. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o controlador controla o aquecedor de tal modo que a temperatura do refrigerante fluindo para o canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente está no intervalo de 97% a 99,5% de uma temperatura de evaporação do refrigerante.

6. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que, quando a temperatura do refrigerante descarregado a partir do canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente é maior do que a temperatura de evaporação do refrigerante, o controlador controla o regulador de fluxo para aumentar a taxa de fluxo do refrigerante fornecido ao canal de arrefecimento.

7. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a

reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda um permutador de calor fornecido na linha de descarga de refrigerante para arrefecer o refrigerante de tal modo que o refrigerante fornecido ao reservatório se torne um líquido.

8. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda:

um regulador de fluxo fornecido no reservatório ou na linha de fornecimento de refrigerante para regular uma taxa de fluxo do refrigerante fornecido à entrada do canal de arrefecimento; e

um aquecedor fornecido na linha de fornecimento de refrigerante para aquecer o refrigerante,

em que, quando um gás sobreaquecido é descarregado a partir do molde de estampagem a quente ou uma temperatura do refrigerante descarregado a partir do molde de estampagem a quente é superior a uma temperatura de evaporação do refrigerante, uma taxa de fluxo do refrigerante fornecido ao molde de estampagem a quente é aumentada, e

o refrigerante descarregado a partir do molde de estampagem a quente não é comprimido.

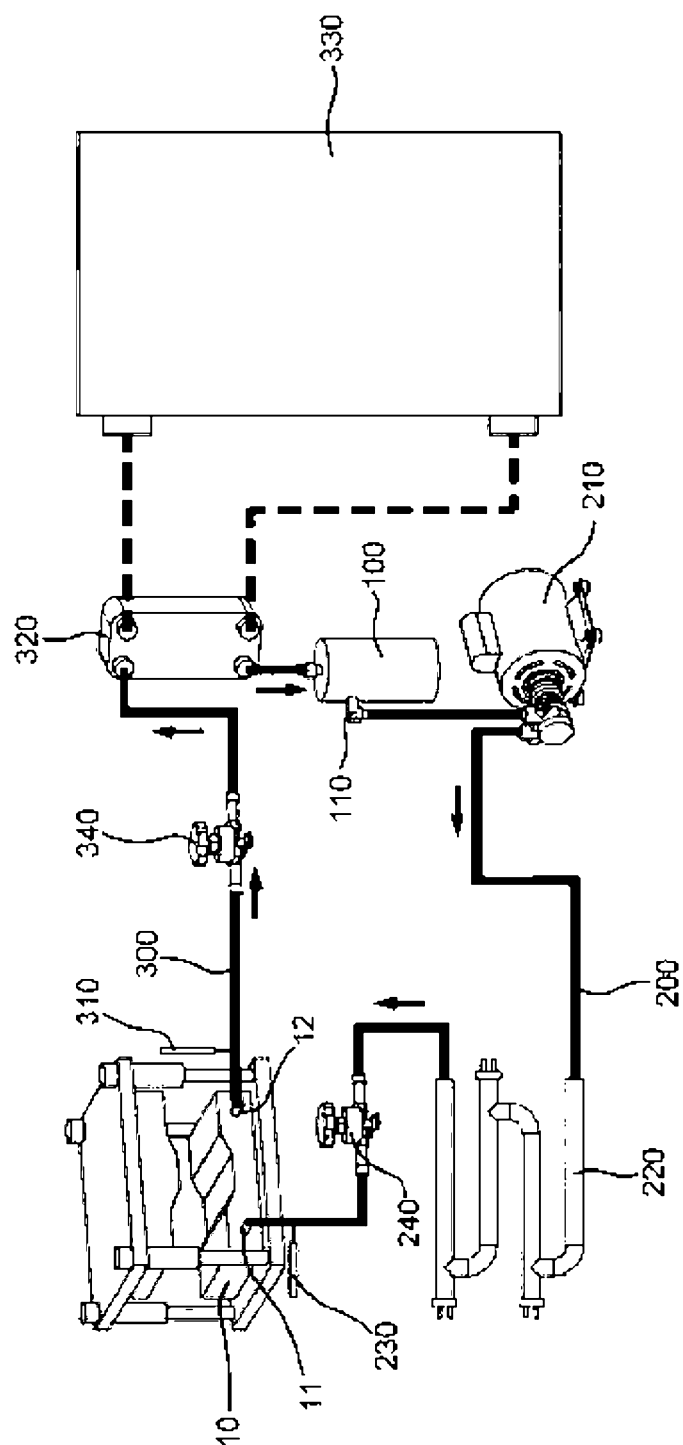
9. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o controlador controla o regulador de fluxo para fornecer o refrigerante ao canal de arrefecimento a uma taxa de fluxo igual a ou maior do que uma taxa de fluxo mínima programada para corresponder a um tamanho de um objeto a ser formado no molde de estampagem a quente, uma temperatura alvo do

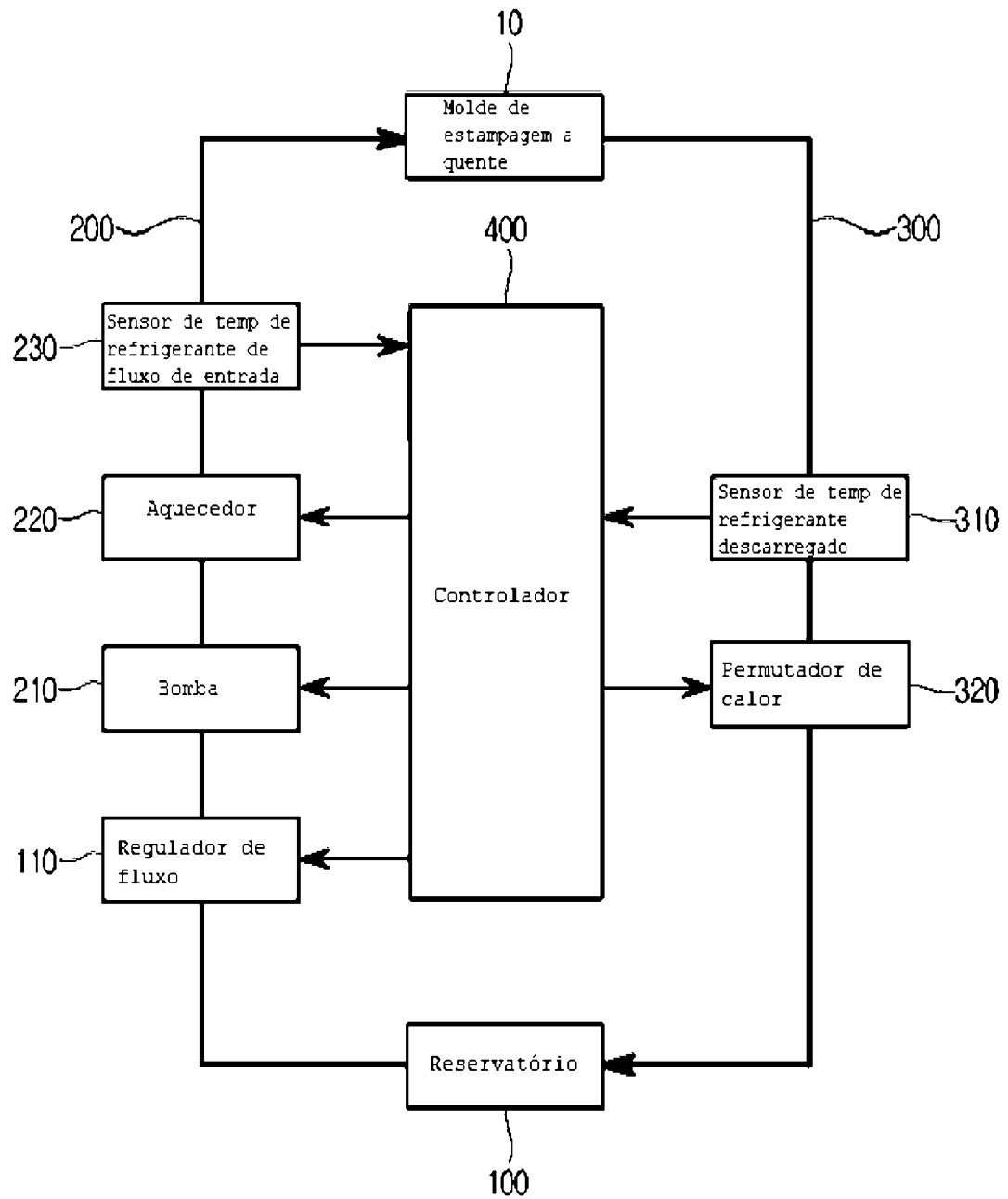
objeto após a formação, e um tempo de processo.

10. Aparelho de arrefecimento, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a taxa de fluxo mínima é definida com base na seguinte equação:

$$\dot{m}_{min} = \frac{A \cdot D \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T}{(t_1 + t_2)} \cdot \frac{1}{h_{fg}},$$

em que $\dot{m}_{min}$ é a taxa de fluxo mínima [kg / s], A é uma área [m²] do objeto, D é uma espessura [m] do objeto, ρ é densidade do objeto, C_p é calor específico [kJ / kg ° C] do objeto, ΔT é uma diferença entre uma temperatura inicial e uma temperatura final do objeto, t_1 é uma quantidade de tempo necessária para a formação do objeto, t_2 é uma quantidade de tempo necessário para substituir o objeto, e h_{fg} é entalpia latente [kJ / kg] do refrigerante.

**Figura 1**

**Figura 2**

RESUMO**APARELHO DE ARREFECIMENTO PARA UM MOLDE DE ESTAMPAGEM A
QUENTE**

Um aparelho de arrefecimento para um molde de estampagem a quente é configurado de tal modo que um refrigerante em um estado de coexistência de duas fases de uma fase líquida e uma fase gasosa é fornecido a um canal de arrefecimento formado no molde de estampagem a quente para arrefecer o molde de estampagem a quente usando calor latente do refrigerante. O refrigerante mantém uma temperatura constante no canal de arrefecimento do molde de estampagem a quente, o que garante o arrefecimento uniforme do molde de estampagem a quente.