



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

(21) **BR 102013017902-7 A2**

(22) **Data do Depósito:** 12/07/2013

(43) **Data da Publicação:** 13/09/2016



(54) Título: SISTEMA PARA AQUECER ELETRICAMENTE UM COMPONENTE E MÉTODO PARA PRENDER O SISTEMA

(51) Int. Cl.: B64D 15/12; G05D 23/19; H05B 3/02; F16B 11/00

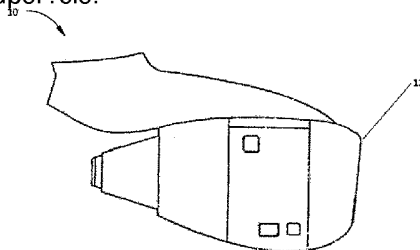
(30) Prioridade Unionista: 13/07/2012 US 61/671,204, 27/11/2012 US 13/685,861

(73) Titular(es): MRA SYSTEMS, INC., KELLY AEROSPACE THERMAL SYSTEMS, LLC.

(72) Inventor(es): DAVID PATRICK CALDER, DAVID CENIT FLOSDORF, ERIK THOMAS PEDERSON, JULIAN ALEXANDER OPIFICIUS, MARK FAIRBERT

(74) Procurador(es): PAOLA CALABRIA MATTIOLI DANTAS

(57) Resumo: SISTEMA PARA AQUECER ELETRICAMENTE UM COMPONENTE E METODO PARA PRENDER O SISTEMA
Trata-se de um sistema e um método do mesmo que são fornecidos para aquecer eletricamente um componente. O sistema inclui pelo menos um elemento de aquecimento adaptado para ser adesivamente fixado a uma superfície no componente e um meio para controlar o fluxo e a duração de uma corrente elétrica ao elemento de aquecimento a partir de uma fonte de alimentação. O meio de controle compreende um primeiro ciclo de aquecimento para curar um adesivo para fixar o elemento de aquecimento a superfície e tem um segundo ciclo de aquecimento para fornecer proteção contra gelo a superfície.



**“SISTEMA PARA AQUECER ELETRICAMENTE UM COMPONENTE E
MÉTODO PARA PRENDER O SISTEMA”**

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

Este pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório nº U.S.
5 61/671.204, depositado em 10 de julho de 2012, cujo conteúdo está
incorporado ao presente documento a título de referência.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se, em geral, aos elementos de
aquecimento de resistência elétrica e, mais particularmente, aos elementos de
10 aquecimento utilizados para a proteção contra gelo da nacela e do aerofólio na
aeronave.

A acumulação de gelo nos aerofólios da aeronave, nas superfícies
de controle de voo, e nas outras superfícies aerodinâmicas (aero) pode causar
a mudança de suas formas e perfis, o que pode interferir com ou conduzir a
15 perda do controle de uma aeronave. Além disso, a acumulação de gelo em
uma nacela ou em uma entrada de motor definida pelo rebordo de entrada de
uma nacela pode causar a interrupção do fluxo e introdução de gelo. Por essas
razões, a aeronave destinada a voar em condições geladas ou em altitudes
elevadas é comumente equipada com sistemas de proteção contra gelo que
20 operam para remover o acúmulo de gelo (degelo) e/ou impedir o acúmulo de
gelo (antigelo). Tais sistemas podem ser térmicos e podem envolver elementos
de aquecimento elétrico.

Tipicamente, os elementos de aquecimento de resistência elétrica
utilizados para a nacela ou para a proteção do aerofólio são presos ao lado da
25 linha de molde interno ou à parte de dentro da sua superfície aero. Esses
elementos são frequentemente fixados adesivamente à superfície com o uso
do calor e da pressão em um ciclo de cura. Atualmente, o calor e a pressão
utilizados para fixar os elementos de aquecimento a uma superfície são

fornecidos tipicamente por uma fonte externa independente, como um forno ou autoclave. Tais fontes externas têm seus próprios controles de ciclo de cura para alcançar uma fixação eficaz. De forma alternativa, os elementos de aquecimento podem ser formados como parte da estrutura fixada laminada da superfície aero durante a fabricação.

De modo convencional, as fontes externas de calor e de pressão utilizadas para fixar um elemento de aquecimento à uma superfície aero são peças caras e grandes do equipamento principal. Tal equipamento é frequentemente complicado e deve ser programado independentemente para garantir que o processo de fixação seja apropriado para que o adesivo e os materiais sejam fixados uns nos outros. De forma adicional, ferramentas e outras peças de equipamento são necessárias para transportar e sustentar várias partes do elemento de aquecimento e da superfície aero enquanto que a fixação está sendo preparada.

Além de ser caro e demorado, os processos do tipo descrito acima podem ser impraticáveis se um reparo em campo for exigido em uma localização em que o equipamento e/ou a especialidade necessária para sua operação não estiver prontamente disponível.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A presente invenção fornece um sistema e método para a instalação dos elementos de aquecimento de resistência elétrica em uma superfície, por exemplo, um rebordo de entrada de nacela ou outra superfície aero de uma aeronave. Além disso, a presente invenção fornece um dispositivo adaptado para o uso como um elemento de aquecimento em tal método.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, um sistema para aquecer eletricamente um componente inclui um elemento de aquecimento adaptado para ser adesivamente fixado a uma superfície com

um adesivo, e um meio para controlar o fluxo de corrente e a duração de corrente ao elemento de aquecimento a partir de uma fonte de alimentação. O meio de controle tem um primeiro ciclo de aquecimento adaptado para curar o adesivo para fixar o elemento de aquecimento à superfície, e tem um segundo ciclo de aquecimento que é diferente do primeiro ciclo de aquecimento e adaptado para fornecer proteção contra gelo à superfície.

De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, um método para prender um elemento de aquecimento a uma superfície inclui o fornecimento de um adesivo em um primeiro lado do elemento de aquecimento e a aplicação do elemento de aquecimento à superfície com o adesivo. Enquanto a pressão é aplicada a um segundo lado do elemento de aquecimento, o calor é gerado com o elemento de aquecimento para realizar um primeiro ciclo de aquecimento adaptado para curar o adesivo, fixando, desse modo, o elemento de aquecimento à superfície. Em seguida, um segundo ciclo de aquecimento pode ser realizado com o elemento de aquecimento que é diferente do primeiro ciclo de aquecimento e fornece proteção contra gelo à superfície.

Um efeito técnico desta invenção é a capacidade de permitir que um elemento de aquecimento seja instalado e substituído virtualmente em qualquer lugar, sem a necessidade de equipamento externo ou fontes de calor. Além disso, a presente invenção permite o uso do software associado a um controlador de um sistema de proteção contra gelo e dispositivos de controle de temperatura dentro ou associado com o elemento de aquecimento para fornecer ciclos de aquecimento controlados para as funções de proteção contra gelo e fixação do elemento de aquecimento.

Outros aspectos e vantagens desta invenção serão ainda verificados a partir da descrição detalhada a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURA

A Figura 1 representa esquematicamente um motor de aeronave no qual a presente invenção pode ser implementada.

A Figura 2 retrata esquematicamente um sistema de proteção
5 contra gelo que compreende um elemento de aquecimento e um sistema de controle para o mesmo.

A Figura 3 representa esquematicamente uma vista mais detalhada de uma porção do elemento de aquecimento da Figura 2.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

10 A presente invenção refere-se, em geral, a métodos para instalar e operar elementos de aquecimento elétrico nas superfícies. Particularmente, essa invenção se refere aos elementos de aquecimento elétrico e sistemas capazes de fornecer proteção contra gelo às superfícies aero, por exemplo, nacelas, aerofólios, bordos de ataque de asa, carenagens, e outros
15 componentes similares das aeronaves, como parte de um sistema de proteção contra gelo para uma aeronave. Entretanto, outras aplicações são previstas e, portanto, as realizações descritas no presente documento não devem ser vistas como limitadoras do âmbito da presente invenção às superfícies aero.

Um exemplo não limitador de um motor turbofan com alta taxa de
20 derivação 10 é representado na Figura 1. O ar é introduzido no motor 10 através de uma entrada de motor 12, cujo bordo de ataque é definido pelo rebordo de entrada do motor de nacela. O rebordo de entrada 12 é submetido a condições de congelamento enquanto o motor 10 está no solo e especialmente sob condições de voo. A Figura 2 retrata um sistema de proteção contra gelo
25 14 que compreende pelo menos em elemento de aquecimento resistivo 16 preso a uma seção de rebordo de entrada 30, como para o rebordo de entrada 12 do motor 10 na Figura 1. A Figura 3 representa uma vista mais detalhada do elemento de aquecimento 16 considerada de um ângulo reverso à Figura 2. O

elemento de aquecimento 16 pode ser adaptado para operar independentemente de outros elementos de aquecimento (não mostrado) que também podem ser montados na seção de rebordo de entrada 30. A seção 30 é preferencialmente dotada de um número suficiente de elementos de aquecimento 16 para fornecer cobertura completa para a entrada 12 da Figura 1. Com o elemento de aquecimento 16 preso à mesma, a seção de rebordo de entrada 30 pode estar posicionada na entrada de motor 12 para remover o acúmulo de gelo (degelo) e, mais preferencialmente, impedir o acúmulo de gelo (antigelo).

Projetos e materiais adequados para o elemento de aquecimento 16 inclui vários elementos de aquecimento elétrico conhecidos na técnica. O elemento de aquecimento 16 retratado nas Figuras 2 e 3 é representativo de um tipo de elemento de aquecimento resistivo exemplificativo revelado no Pedido Provisório nº US. 61/671.218, cujo conteúdo que se refere aos materiais e projetos de uma arquitetura de elemento de aquecimento está incorporado ao presente documento a título de referência. O elemento de aquecimento 16 preferencialmente tem uma arquitetura com um ou mais sensores de temperatura integrados (não mostrado), por exemplo, detectores de temperatura de resistência (RTDs), termopares, etc., embutidos no elemento de aquecimento 16 para fornecer um sinal de realimentação de temperatura.

A Figura 2 ainda representa uma unidade de controle de aquecimento (HCU) 18 conectada por fio 20 ao elemento de aquecimento 16 e aos sensores de temperatura com o propósito de regular o calor gerado pelo elemento 16 controlando-se o nível e a duração da corrente elétrica fornecida ao elemento de aquecimento 16. A HCU 18 é representada como adicionalmente conectada a um chicote de energia 22 adaptado para conectar a HCU 18 a uma fonte de alimentação (não mostrado), e um segundo chicote de energia 24 que conecta a HCU 18 a uma unidade de controle principal

(MCU) 26. A energia fornecida ao HCU 18 através do chicote de energia 22 pode ser, por exemplo, de 115 VCA tipicamente disponível em um motor de aeronave do tipo representado na Figura 1. A MCU 26 é preferencialmente um dispositivo programável com software residente adaptado para controlar a HCU 18 e, portanto, o elemento de aquecimento 16. Aqueles versados na técnica relevante têm uma compreensão de tal software que, portanto, não será mais elaborado no presente documento. Os sinais de controle entregues a partir da MCU 26 pelo chicote de energia 24 podem ser, por exemplo, de 28 VCC, embora tensões superiores e inferiores sejam previstas.

Na operação, a MCU 26, a HCU 18, o elemento de aquecimento 16 e os sensores de temperatura interagem para regular o calor gerado pelo elemento de aquecimento 16 e, como consequência, a temperatura da seção de rebordo de entrada 30 conforme detectado pelos sensores de temperatura associados ao elemento de aquecimento 16. O nível e a duração da corrente fornecida para o elemento de aquecimento 16 é regulado pelo HCU 18, em que um após o outro é controlado pelo MCU 26 com auxílio do sinal de realimentação de temperatura.

Um aspecto preferido da presente invenção é um método pelo qual o elemento de aquecimento 16 é fixado a uma superfície, como a superfície da seção de rebordo de entrada 30. Mais particularmente, além de controlar o fluxo de corrente para o elemento de aquecimento 16 para fornecer a função antigelo e degelo desejada, a HCU 18 e a MCU 26 são adaptadas para controlar o elemento de aquecimento 16 de uma maneira que permite que o elemento de aquecimento 16 gere calor durante um ciclo de cura, que é capaz de fixar o elemento de aquecimento 16 à seção de rebordo de entrada 30. Desse modo, o elemento de aquecimento 16 é adaptado a ser utilizado tanto em pelo menos um ciclo de proteção contra gelo quanto em um ciclo de cura diferente e separado, em que são ambos programados dentro da MCU 26.

A superfície do elemento de aquecimento 16 que é utilizada para fixar o elemento de aquecimento 16 à seção de rebordo de entrada 30 (ou outra superfície adequada), mais particularmente, uma superfície interna da seção de rebordo de entrada 30, é preferencialmente limpa antes da fixação. Um adesivo de filme (não mostrado) pode ser aplicado a essa superfície ou à superfície interna da seção de rebordo de entrada 30. Adesivos preferidos são compostos por uma borracha de silicone que pode incluir um ou mais materiais de enchimento, incluindo, mas sem limitação a, cerâmica com alta condutividade térmica e propriedades eletricamente isolantes como Al_2O_3 ou SiC . O elemento de aquecimento 16 é, a seguir, colocado contra a superfície interna da seção de rebordo de entrada 30.

Um coxim de pressão (não mostrado) é preferencialmente colocado no elemento de aquecimento 16 oposto a sua superfície a ser fixada. O coxim de pressão fornece a pressão de aperto apropriada durante os processos de cura adesiva, preferencialmente entre cerca de 103 a 602 KPa (15 a 90 psi). O coxim de pressão pode ser um dispositivo muito simples, como um peso ou uma bolsa de vácuo. Uma vez que pressão suficiente é exercida no elemento de aquecimento 16, o ciclo de cura pode estar preparado para fixar o elemento de aquecimento 16 à seção de rebordo de entrada 30. Para esta finalidade, o elemento de aquecimento 16 pode estar conectado ao mesmo chicote de energia 22 e 24 a uma fonte de alimentação e a MCU 26 através da HCU 18 para realizar o ciclo de cura tal como seria utilizado para operar o elemento de aquecimento 16 durante a operação do motor para realizar um ciclo de proteção contra gelo (degelo e/ou antigelo). Durante o ciclo de cura, o adesivo é submetido à vulcanização e torna-se reticulado ou polimerizado. Tal processo de fixação envolve preferencialmente a aplicação de pressão ao elemento de aquecimento 16, que pode ser aplicada por um coxim de pressão simples, combinado com o calor gerado pelo elemento de

aquecimento 16 sem a necessidade de qualquer fonte de aquecimento externa e adicional, como um forno ou autoclave. Temperaturas ideais, durações e ajustes de pressão do ciclo de cura irão depender das propriedades de cura do adesivo específico utilizado. Como um exemplo não limitador, a MCU 26 pode
5 ser pré-programada para executar um ciclo de cura em que o elemento de aquecimento 16 é aquecido a uma temperatura de cerca de 48°C (cerca de 120°F) por 45 minutos e incrementando, a seguir, uma taxa controlada a 120°C (cerca de 250°F) por 15 minutos, seguido por uma diminuição controlada em condições ambientes de temperatura, enquanto sob pressão interna de 310
10 KPa (45 psi) para curar um filme adesivo que é posicionado entre o elemento de aquecimento 16 e a seção de rebordo de entrada 30. Após o adesivo ter curado, a MCU 26 pode ser operada para executar um ou mais programas diferentes pelos quais o elemento de aquecimento 16 pode realizar uma função de degelo e/ou antigelo, por exemplo, temperaturas de até 205°C (cerca de
15 400°F). Acredita-se que os ciclos de degelo e antigelo preferidos operam o elemento de aquecimento 16 em uma temperatura de cerca de 15°C a cerca de 95°C (cerca de 60°F a cerca de 200°F) por durações que podem ser estendidas como pode ser necessário para remover e/ou inibir o congelamento na seção de rebordo de entrada 30.

20 Em vez de fornecer energia constante ao elemento de aquecimento 16 e manter, desse modo, de um ciclo de temperatura constante, os níveis de energia de ciclos de degelo e/ou antigelo são pulsados preferencialmente a fim de conservar a energia. Por exemplo, a energia pode ser fornecida às seções específicas do elemento de aquecimento 16 ao redor
25 do da seção do rebordo de entrada 30 em um padrão sequencial em vez de todo elemento de aquecimento 16 de uma vez. Alternativamente ou além de aquecer seções alternadas do elemento de aquecimento 16, a temperatura do elemento de aquecimento 16 pode ser aumentada por uma duração curta de

tempo a uma temperatura que é maior do que o que seria necessário se o elemento de aquecimento 16 fosse mantido em uma temperatura constante.

Um ciclo de cura inclui tipicamente quatro estágios. Um primeiro estágio em que a temperatura é aumentada inicialmente em uma taxa controlada, um segundo estágio em que a temperatura é mantida relativamente constante, um terceiro estágio em que a temperatura é elevada novamente e mantida constante, e um quarto estágio com uma refrigeração controlada. Preferencialmente, a temperatura do elemento de aquecimento 16 é aumentada e resfriada em uma taxa controlada a fim de desenvolver propriedades mecânicas aceitáveis. O segundo estágio e o terceiro estágio do ciclo de cura, em que a temperatura é mantida constante por um tempo de intervalo específico, é geralmente mais longo do que os ciclos de degelo e/ou antigelo. Por exemplo, durante os ciclos de degelo e/ou antigelo, a energia pode ser pulsada rapidamente ao redor do rebordo de entrada 30 para a proteção contra gelo. Em contrapartida, a temperatura deve ser mantida em uma temperatura constante durante uma quantidade estendida de tempo adequada para curar propriamente o adesivo durante um ciclo de cura.

Embora a invenção tenha sido descrita em termos das realizações específicas, é evidente que outras formas podem ser adotadas por um versado na técnica. Por exemplo, o sistema de proteção contra gelo 14 pode diferenciar-se na aparência e estrutura a partir das realizações mostradas nas Figuras, as funções de cada componente do sistema podem ser realizadas por componentes de construção diferente, mas capazes de uma função similar (embora não necessariamente equivalente), e os materiais apropriados podem ser substituídos por aqueles apontados. Portanto, o âmbito da invenção deve ser limitado somente pelas reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA PARA AQUECER ELETRICAMENTE UM COMPONENTE, sendo que o sistema que compreende:

5 pelo menos um elemento de aquecimento resistivo adaptado para ser adesivamente fixado a uma superfície do componente; e

meio para controlar o fluxo e a duração de uma corrente elétrica ao elemento de aquecimento a partir de uma fonte de alimentação, sendo que o meio de controle tem um primeiro ciclo de aquecimento para curar um adesivo para fixar o elemento de aquecimento à superfície e pelo menos um
10 segundo ciclo de aquecimento para fornecer proteção contra gelo à superfície.

2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, que ainda compreende pelo menos um dispositivo de detecção para gerar e retransmitir um sinal de realimentação de temperatura ao meio de controle.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 2, em que pelo
15 menos um dispositivo de detecção está embutido no elemento de aquecimento.

4. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o meio de controle é programável.

5. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que a fonte de alimentação fornece energia ao elemento de aquecimento para o primeiro e
20 o segundo ciclos de aquecimento.

6. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, que ainda compreende uma unidade de controle de aquecimento adaptada para ser controlada com o meio de controle para regular o fluxo e a duração da corrente elétrica ao elemento de aquecimento.

25 7. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 6, em que o meio de controle compreende uma unidade de controle principal adaptada a controlar a unidade de controle de aquecimento, sendo que a unidade de controle principal é um dispositivo programável.

8. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 7, em que a unidade de controle principal compreende o software residente pré-programado com o primeiro e o segundo ciclos de aquecimento.

9. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 7, em que a
5 unidade de controle principal é programada com um ciclo para o degelo e um ciclo para o antigelo.

10. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o elemento de aquecimento é fixado à superfície e o componente é um rebordo de entrada de um motor de aeronave.

10 11. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, em que o elemento de aquecimento é fixado à superfície e o componente é escolhido a partir do grupo que consiste em um aerofólio, um asa, ou uma carenagem de uma aeronave.

12. MÉTODO PARA PRENDER O SISTEMA, de acordo com a
15 reivindicação 1, à superfície, sendo que o método compreende:

fornecer um adesivo em um primeiro lado do elemento de aquecimento;

aplicar o elemento de aquecimento à superfície com o adesivo;

20 fornecer a pressão em um segundo lado do elemento de aquecimento;

operar o meio de controle para gerar calor com o elemento de aquecimento para curar o adesivo fixando, desse modo, o elemento de aquecimento à superfície; e em seguida

25 operar o meio de controle para gerar calor com o elemento de aquecimento para impedir o acúmulo de gelo ou remover gelo do componente.

13. MÉTODO, que compreende:

fornecer um adesivo em um primeiro lado de um elemento de aquecimento resistivo;

aplicar o elemento de aquecimento à uma superfície de um componente;

fornecer a pressão em um segundo lado do elemento de aquecimento;

5 gerar calor com o elemento de aquecimento para curar o adesivo fixando, desse modo, o elemento de aquecimento à superfície; e em seguida

 gerar calor com o elemento de aquecimento para fornecer a proteção contra gelo que impede o acúmulo de gelo ou remova gelo do componente.

10 14. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 13, em que a energia fornecida para operar o elemento de aquecimento é fornecida por uma fonte de alimentação que fornece a corrente elétrica tanto para fixar o elemento de aquecimento quanto para fornecer proteção contra gelo.

 15. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 13, em que o
15 elemento de aquecimento é fixado à superfície e o componente é um rebordo de entrada de um motor de aeronave.

 16. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 12, que ainda compreende controlar as etapas de geração com as informações de temperatura recebidas a partir de pelo menos um dispositivo de detecção.

20 17. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 16, em que pelo menos um dispositivo de detecção está embutido no elemento de aquecimento.

 18. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 12, em que o elemento de aquecimento é um componente de um sistema de proteção contra gelo que compreende um meio para controlar o fluxo e a duração de uma corrente
25 elétrica para o elemento de aquecimento a partir de uma fonte de alimentação.

 19. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 18, que ainda compreende programar o meio de controle para armazenar e executar um ciclo de cura e pelo menos um ciclo de proteção contra gelo.

20. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 19, em que pelo menos um ciclo de proteção contra gelo compreende um ciclo de degelo e um ciclo antigelo.

1/2

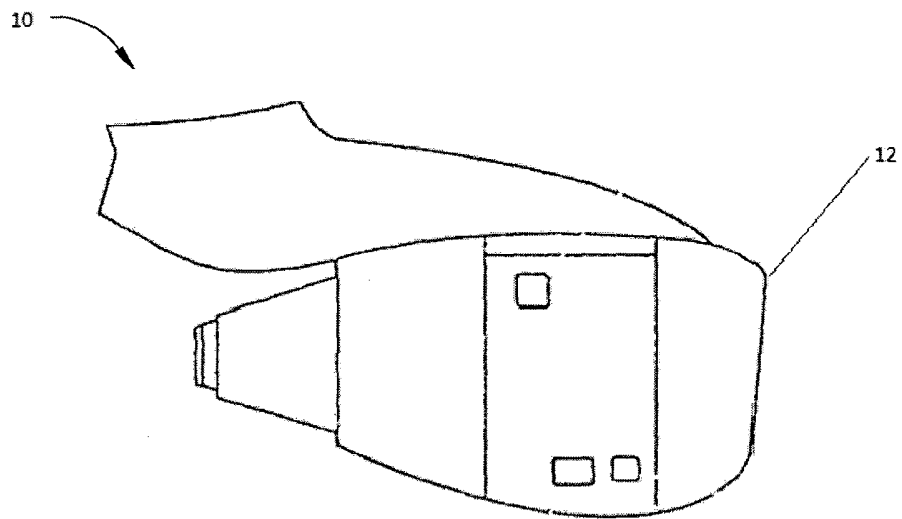


Fig. 1

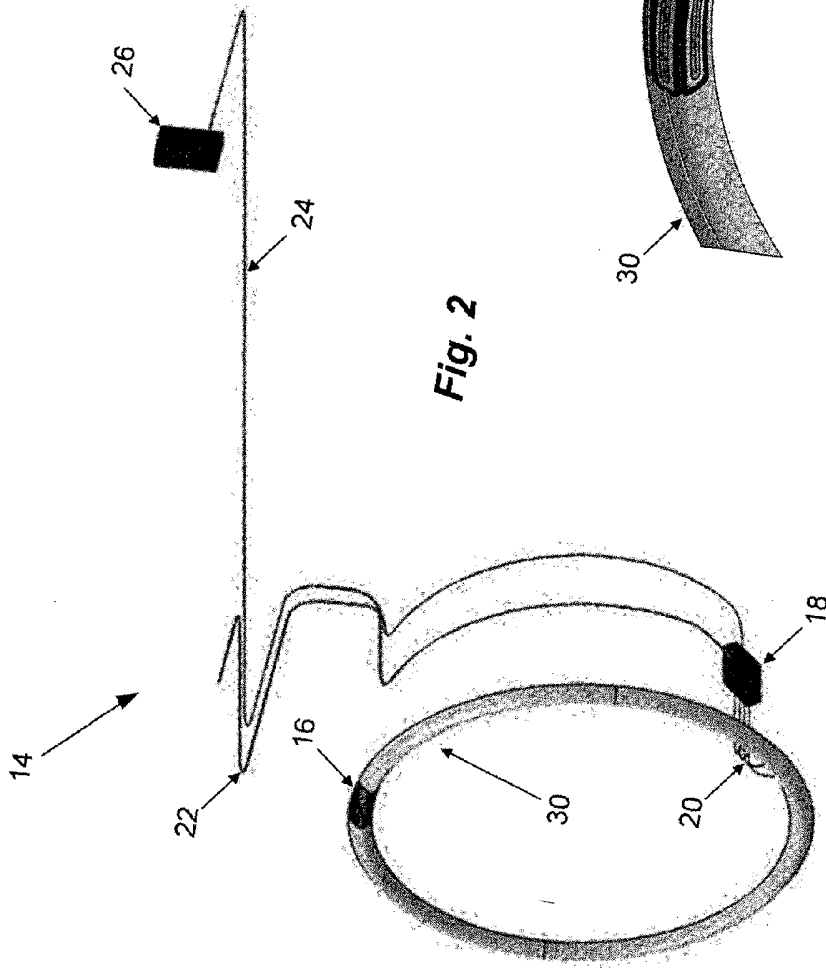


Fig. 2

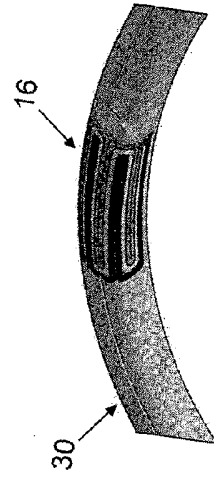


Fig. 3

RESUMO**“SISTEMA PARA AQUECER ELETRICAMENTE UM COMPONENTE E
MÉTODO PARA PRENDER O SISTEMA”**

Trata-se de um sistema e um método do mesmo que são
5 fornecidos para aquecer eletricamente um componente. O sistema inclui pelo
menos um elemento de aquecimento adaptado para ser adesivamente fixado a
uma superfície no componente e um meio para controlar o fluxo e a duração de
uma corrente elétrica ao elemento de aquecimento a partir de uma fonte de
alimentação. O meio de controle compreende um primeiro ciclo de
10 aquecimento para curar um adesivo para fixar o elemento de aquecimento à
superfície e tem um segundo ciclo de aquecimento para fornecer proteção
contra gelo à superfície.
