

**TROCADOR DE CALOR E MÉTODO****PEDIDOS RELACIONADOS**

Esse pedido reivindica prioridade para o pedido provisório dos Estados Unidos 60/881.919 depositado em 23 5 de janeiro de 2007.

**CAMPO DA INVENÇÃO**

A presente invenção se refere aos trocadores de calor e, mais particularmente, a um refrigerador de recirculação de gás de descarga, a um método de montagem do 10 mesmo, e a um método de operar o mesmo.

**SUMÁRIO**

Em algumas modalidades, a presente invenção provê um trocador de calor definindo um percurso de fluxo para um 15 primeiro fluido de trabalho e um percurso de fluxo para um segundo fluido de trabalho, um tubo ao menos parcialmente definindo um do primeiro e segundo percurso de fluxo, e um inserto corrugado preso ao tubo e posicionado ao longo do percurso de fluxo do primeiro fluido de trabalho. Em algumas modalidades, é provido um déficit estrutural em um 20 local no inserto de modo que falhas ocorram nesse local.

A presente invenção também provê um trocador de calor tendo um coletor e um tubo preso ao coletor. Um inserto corrugado pode ser preso a uma superfície do tubo e pode incluir uma ranhura formada ao longo de ao menos uma 25 porção de uma extensão do inserto e separada da superfície do tubo a qual o inserto é fixado. Em algumas modalidades, o inserto corrugado pode ser preso entre duas superfícies opostas do tubo e a ranhura pode ser formada a meio caminho ao longo de uma altura do inserto.

30 Em algumas modalidades a presente invenção provê

um trocador de calor tendo um tubo e um inserto sustentado pelo tubo. O inserto pode ter um formato corrugado com um pico e um vale adjacente e uma ranhura se estendendo ao longo de uma dimensão longitudinal do inserto entre o pico 5 e o vale de tal modo que falhas estruturais ocorrem em um local preferido entre o pico e o vale.

A presente invenção também provê um método de montar um trocador de calor incluindo prover um tubo de trocador de calor e posicionar um inserto no tubo. O método 10 também pode incluir as etapas de conectar o inserto em uma superfície do tubo e formar uma deficiência estrutural ao longo de ao menos uma porção de uma extensão do inserto a uma distância máxima de um ponto de conexão entre o inserto e a superfície do tubo de modo que falhas ocorram ao longo 15 da deficiência estrutural.

Outros aspectos da invenção se tornarão evidentes mediante consideração da descrição detalhada e dos desenhos anexos.

#### DESCRICAÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

20 A Figura 1 é uma vista em perspectiva de um trocador de calor de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A Figura 2 é uma vista parcialmente destacada de uma porção do trocador de calor mostrado na Figura 1.

25 A Figura 3 é uma vista em perspectiva de uma porção de um tubo do trocador de calor mostrado na Figura 1.

A Figura 4 é uma vista explodida de uma porção de um tubo e um inserto do trocador de calor mostrado na 30 Figura 1.

A Figura 5 é uma vista de extremidade de uma porção de um tubo e de um inserto do trocador de calor mostrado na Figura 1.

5 A Figura 6 é uma vista explodida de um tubo e de um inserto de um trocador de calor de acordo com outra modalidade da presente invenção.

A Figura 7 é uma vista de extremidade de uma porção de um tubo e de um inserto do trocador de calor mostrado na Figura 6.

10

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

Antes que qualquer uma das modalidades da invenção seja explicada em detalhe, deve ser entendido que a invenção não é limitada em sua aplicação aos detalhes de construção e ao arranjo dos componentes apresentados na 15 descrição a seguir ou ilustrados nos desenhos a seguir. A invenção é capaz de outras modalidades e de ser praticada ou de ser realizada de diversas formas. Além disso, deve ser entendido que a fraseologia e a terminologia aqui usadas têm o propósito de descrição e não devem ser 20 consideradas como limitadoras. O uso de "incluso", "compreendendo", ou "tendo" e suas variações tem aqui o propósito de abranger os itens relacionados em seguida e seus equivalentes assim como itens adicionais.

A menos que especificados ou limitados de outro 25 modo, os termos "montado", "conectado", "suportado", e "acoplado" e suas variações são usados no sentido amplo e abrangem montagens, conexões, suportes e acoplamentos diretos assim como indiretos. Adicionalmente, "conectado" e "acoplado" não são restritos às conexões ou acoplamentos 30 físicos ou mecânicos.

Além disso, deve ser entendido que a fraseologia e a terminologia aqui usadas com referência ao dispositivo ou orientação de elemento (tal como, por exemplo, termos como "central", "superior", "inferior", "frontal", 5 "posterior", e semelhante) são usadas apenas para simplificar a descrição da presente invenção, e não indicam isoladamente ou inferem que o dispositivo ou elemento referido deva ter uma orientação específica. Além disso, os termos tal como "primeiro" e "segundo" são aqui usados com 10 o propósito de descrição e não pretendem indicar ou inferir importância ou significância relativa.

As Figuras 1-5 ilustram um trocador de calor 10 de acordo com algumas modalidades da presente invenção. Em algumas modalidades, incluindo a modalidade ilustrada das 15 Figuras 1-5, o trocador de calor 10 pode operar como um refrigerador de recirculação de gás de descarga (EGRC) e pode ser operado com o sistema de descarga de um veículo. Em outras modalidades, o trocador de calor 10 pode ser usado em outras (por exemplo, não veiculares) aplicações, 20 tal como, por exemplo, em resfriamento eletrônico, equipamento industrial, aquecimento de prédios e condicionamento de ar, e semelhante. Além disso, deve ser considerado que o trocador de calor 10 da presente invenção pode assumir muitas formas, utilizar uma ampla gama de 25 materiais, e pode ser incorporado em vários outros sistemas.

Durante operação e conforme explicado em maior detalhe abaixo, o trocador de calor 10 pode transferir a energia térmica a partir de um primeiro fluido de trabalho 30 de alta temperatura (por exemplo, gás de descarga, água,

refrigerante de motor, CO<sub>2</sub>, um refrigerante orgânico, R12, R245fa, ar, e semelhante) para um segundo fluido de trabalho de temperatura inferior (por exemplo, gás de descarga, água, refrigerante de motor, CO<sub>2</sub>, um refrigerante orgânico, R12, R245fa, ar, e semelhante). Além disso, embora seja feita aqui à transferência de energia térmica entre dois fluidos de trabalho, em algumas modalidades da presente invenção, o trocador de calor 10 pode operar para transferir energia térmica entre três ou mais fluidos.

10 Alternativamente ou em adição, o trocador de calor 10 pode operar como um recuperador e pode transferir energia térmica a partir de um local de alta temperatura de um circuito de aquecimento para um local de baixa temperatura do mesmo circuito de aquecimento. Em algumas das tais

15 modalidades, o trocador de calor 10 pode transferir energia térmica a partir de um fluido de trabalho se deslocando através de uma primeira porção do circuito de transferência de calor para o mesmo fluido de trabalho se deslocando através de uma segunda porção do circuito de transferência

20 de calor.

Conforme mostrado na Figura 1, o trocador de calor 10 pode incluir um primeiro coletor 18, e um segundo coletor 20, posicionados em primeira e segunda extremidade 22, 24, respectivas, de uma quantidade de tubos de troca de calor 26. Na modalidade ilustrada das Figuras 1-5, o primeiro coletor 18 inclui um primeiro tanque de coleta 30 e o segundo coletor 20 inclui um segundo tanque de coleta 32. Em outras modalidades, o trocador de calor 10 pode incluir um único coletor 18 localizado em uma da primeira e

25 segunda extremidade 22, 24 ou em outro local no trocador de

30

calor 10.

Conforme mostrado nas Figuras 1-5, cada um dos tubos 26 pode ser preso ao primeiro e segundo coletor 18, 20 de tal modo que um primeiro fluido de trabalho fluindo através do trocador de calor 10 é mantido separado de um segundo fluido de trabalho fluindo através do coletor de calor 10. Mais especificamente, o trocador de calor 10 define um primeiro percurso de fluxo (representado pelas setas 34 na Figura 1) para o primeiro fluido de trabalho e um segundo percurso de fluxo (representado pelas setas 36 na Figura 1) para um segundo fluido de trabalho, e o primeiro e o segundo percursos de fluxo 34, 36 são separados de tal modo que o primeiro fluido de trabalho é impedido de entrar no segundo percurso de fluxo 36 e de tal modo que o segundo fluido de trabalho é impedido de entrar no primeiro percurso de fluxo 34.

Em algumas modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5, os tubos 26 são presos ao primeiro e segundo coletor 18, 20 de tal modo que o primeiro fluido de trabalho entra no trocador de calor 10 através de uma primeira abertura de entrada 40 no primeiro coletor 18, se desloca através do trocador de calor 10 ao longo do primeiro percurso de fluxo 34, e é impedido de entrar no segundo percurso de fluxo 36. Nessas modalidades, os tubos 26 podem ser fixados ao primeiro e segundo coletor 18, 20 de tal modo que o segundo fluido de trabalho entra no trocador de calor 10 através de uma segunda abertura de entrada 42 no segundo coletor 20, se desloca através do trocador de calor 10 ao longo do segundo percurso de fluxo 36, e é impedido de entrar no primeiro percurso de fluxo 34.

34.

Em algumas de tais modalidades, o primeiro percurso de fluxo 34 se estende através da primeira abertura de entrada 40 no primeiro coletor 18, através dos 5 tubos 26, e para fora do trocador de calor 10 através de uma primeira abertura de saída 44 no segundo coletor 20, e o segundo percurso de fluxo 36 se estende através da segunda abertura de entrada 42, em torno e entre os tubos 26 (por exemplo, ao longo das superfícies externas 45 dos 10 tubos 26), e para fora do trocador de calor 10 através de uma segunda abertura de saída 46 no primeiro coletor 18.

Em outras modalidades, os tubos 26 podem ter outras orientações e configurações e o primeiro e o segundo percurso de fluxo 34, 36 podem ser mantidos separados por 15 intermédio de divisores, insertos, divisórias, e semelhantes. Em ainda outras modalidades, o primeiro percurso de fluxo 34 pode se estender através de alguns dos tubos 26 enquanto o segundo percurso de fluxo 36 pode se estender através de outros tubos 26.

20 Alternativamente ou em adição, os divisores 38 podem ser posicionados no primeiro e/ou no segundo coletor 18, 20 para separar ou ao menos parcialmente separar o primeiro e segundo percurso de fluxo 34, 36. Em algumas modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1- 25 5, os divisores 38 podem ser contorneados para engatar ajustadamente o interior do primeiro e/ou do segundo coletor 18, 20 e para impedir que o primeiro e/ou o segundo fluido de trabalho vaze entre as paredes interiores do primeiro e/ou do segundo coletor 18, 20 e o perímetro 30 externo dos divisores 38.

Conforme mostrado na Figura 2, os divisores 38 podem ter aberturas 39 dimensionadas para receber um ou mais dos tubos 26. Em modalidades tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5 tendo divisores 38 sustentados no 5 primeiro e/ou no segundo coletor 18, 20, o primeiro fluido de trabalho fluindo ao longo do primeiro percurso de fluxo 34 pode entrar nos tubos 26 através de aberturas 39 formadas nos divisores 38. Nessas modalidades, os divisores 38 impedem que o segundo fluido de trabalho entre nos tubos 10 26. Nessas modalidades, os divisores 38 também podem dirigir o segundo fluido de trabalho a partir da segunda abertura de entrada 42 entre tubos adjacentes 26 e pode impedir que o segundo fluido de trabalho flua para dentro dos tubos 26. Os divisores 38 também podem impedir que o 15 primeiro fluido de trabalho flua entre os tubos 26.

Na modalidade ilustrada das Figuras 1-5, o trocador de calor 10 é configurado como um trocador de calor de fluxo transversal de tal modo que o primeiro percurso de fluxo 34 ou uma porção do primeiro percurso de fluxo 34 está oposto a, ou contrário ao segundo percurso de fluxo 36 ou uma porção do segundo percurso de fluxo 36. Em outras modalidades, o trocador de calor 10 pode ter outras configurações e arranjos, tal como, por exemplo, uma configuração de fluxos paralelos ou uma configuração de 20 fluxos contrários. 25

Na modalidade ilustrada das Figuras 1-5, o trocador de calor 10 é configurado como um trocador de calor de uma só passagem, com o primeiro fluido de trabalho se deslocando ao longo do primeiro percurso de fluxo 34, 30 através de ao menos um de um número de tubos 26, e com um

segundo fluido de trabalho se deslocando ao longo do segundo percurso de fluxo 36 entre tubos adjacentes 26. Em outras modalidades, o trocador de calor 10 pode ser configurado como um trocador de calor de múltiplas 5 passagens com o primeiro fluido de trabalho se deslocando em uma primeira passagem através de um ou mais dos tubos 26 e, então, se deslocando em uma segunda passagem através de um ou mais tubos diferentes 26 em uma direção oposta à direção de fluxo do primeiro fluido de trabalho na primeira 10 passagem. Nessas modalidades, o segundo fluido de trabalho pode se deslocar ao longo do segundo percurso de fluxo 36 entre tubos adjacentes 26.

Em ainda outras modalidades, o trocador de calor 10 pode ser configurado como um trocador de calor de 15 múltiplas passagens com o segundo fluido de trabalho se deslocando em uma primeira passagem entre um primeiro par de tubos adjacentes 26 e, então, se deslocando em uma segunda passagem entre outro par de tubos adjacentes 26 em uma direção oposta à direção de fluxo do segundo fluido de 20 trabalho na primeira passagem. Nessas modalidades, o primeiro fluido de trabalho pode se deslocar ao longo do primeiro percurso de fluxo 34 através de ao menos um dos tubos 26.

Na modalidade ilustrada das Figuras 1-5, o 25 permutador de calor 10 inclui sete tubos 26, cada um dos quais tem um formato em seção transversal substancialmente retangular. Em outras modalidades, o trocador de calor 10 pode incluir um, dois, três, quatro, cinco, seis, oito, ou mais tubos 26, cada um dos quais pode ter um formato 30 triangular, circular, quadrado ou outro formato poligonal,

oval, ou de seção transversal irregular.

Conforme mostrado na Figura 2, os tubos 26 são montados juntos em uma direção de empilhamento 50. Em algumas modalidades, tal como modalidade ilustrada das 5 Figuras 1-5, as chapas de reforço 52 podem ser adicionadas à pilha de tubos 26 para ao menos parcialmente encerrar os tubos 26. Em algumas de tais modalidades, chapas de reforço 52 podem ser posicionadas adjacentes à parte superior e à parte inferior da pilha de tubos 26. Alternativamente ou 10 adicionalmente, um alojamento pode ser provido em torno de ao menos alguns dos tubos 26. Em modalidades tendo chapas de reforço 52 e/ou um alojamento, as chapas de reforço 52 e/ou o alojamento podem proteger os tubos 26 contra os efeitos mecânicos de flutuações de temperatura.

15 Conforme mencionado acima, em algumas modalidades, o segundo percurso de fluxo 36 ou uma porção do segundo percurso de fluxo 36 pode se estender através da superfície externa 45 de um ou mais dos tubos 26. Em algumas de tais modalidades, um alojamento pode ser provido 20 em torno dos tubos 26 para impedir que o segundo fluido vaze para fora do trocador de calor 10 entre tubos adjacentes 26. Alternativamente ou adicionalmente, nervuras 56 podem ser formadas ao longo das superfícies externas 45 dos tubos 26 para ao menos parcialmente definir os canais 25 58.

Conforme mostrado na Figura 1, o trocador de calor 10 pode incluir conectores 54 para sustentar o trocador de calor 10 e/ou para fixar o trocador de calor 10 em uma estrutura externa. Em algumas modalidades, tal como 30 a modalidade ilustrada, os conectores 54 podem ser providos

nos tanques de coleta 22, 23. Conforme mostrado na Figura 1, a segunda abertura de entrada 42 e/ou a segunda abertura de saída 46 pode ser posicionada ao longo dos conectores 54. Como também mostrado na Figura 1, uma ranhura de 5 vedação ou um aro de vedação 55 pode ser formado em torno da segunda abertura de entrada 42 e/ou da segunda abertura de saída 46 de modo que o trocador de calor 10 pode ser fixado diretamente a uma estrutura externa e de modo que o segundo fluxo de trabalho não vaza para fora do trocador de 10 calor 10 em torno da segunda abertura de entrada 42 e/ou segunda abertura de saída 46.

Em modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5, tendo nervuras estendidas no sentido para fora 56, as nervuras 56 de cada tubo 26 podem ser presas a 15 um tubo adjacente 26. Em algumas de tais modalidades, as nervuras 56 de um tubo 26 podem ser soldadas com solda forte, soldadas com solda fraca ou soldadas a um tubo adjacente 26. Em outras modalidades, tubos adjacentes 26 podem ser presos juntos com prendedores de engate, outros 20 prendedores convencionais, material de ligação adesivo ou coesivo, por intermédio de um ajuste por interferência, etc.

Elevações, recessos ou deformações adicionais 60 também podem ser providos alternativamente nas superfícies 25 externas 45 dos tubos 26 para prover suporte estrutural ao trocador de calor 10, para impedir a deformação ou esmagamento de um ou mais tubos 26, para manter um espaçamento desejado entre os tubos adjacentes 26, para melhorar a troca de calor entre o primeiro e o segundo 30 fluido de trabalho, e/ou para gerar turbulência ao longo de

um ou de ambos, primeiro e segundo percurso de fluxo 34, 36.

Em algumas modalidades, o trocador de calor 10 pode incluir insertos 66 para aperfeiçoar a transferência de calor entre o primeiro e o segundo fluido de trabalho à medida que o primeiro e o segundo fluido de trabalho se deslocam ao longo do primeiro e segundo percurso de fluxo 34, 36, respectivamente. Conforme mostrado nas Figuras 1-5, os insertos 66 podem ser posicionados nos tubos 26. 10 Alternativamente ou adicionalmente, os insertos 66 podem ser posicionados entre tubos adjacentes 26. Em outras modalidades, os insertos 66 podem ser formados integralmente com os tubos 26 e podem se estender no sentido para fora a partir das superfícies externas 45 dos 15 tubos 26.

Na modalidade ilustrada das Figuras 1-5, um inserto 66 é sustentado em cada um dos tubos 26, e se estende ao longo do comprimento total ou substancialmente do comprimento total de cada um dos tubos 26 entre 20 extremidades opostas 68 dos tubos 26. Em outras modalidades, um inserto 26 pode ser sustentado em apenas um ou em menos do que todos os tubos 26, e o inserto(s) 66 pode se estender substancialmente pela extensão total do tubo(s) 26 entre extremidades opostas 68 do tubo(s) 26, ou 25 alternativamente, o inserto 66 pode se estender através do tubo(s) 26 ao longo substancialmente de menos do que a extensão total do tubo(s) 26. Em ainda outras modalidades, dois ou mais insertos 66 podem ser sustentados por cada tubo 26 ou em cada tubo 26.

30 Em algumas modalidades, os insertos 66 podem ser

presos aos tubos 26. Em algumas de tais modalidades, os insertos 66 são soldados com solda forte, soldados com solda fraca ou soldados aos tubos 26. Em outras modalidades, os insertos 26 podem ser conectados aos tubos 5 26 de outra maneira, tal como, por exemplo, por intermédio de um ajuste por interferência, material de ligação adesivo ou coesivo, prendedores, etc.

Em algumas modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5, as extremidades 68 dos tubos 26 10 podem ser encaixadas por pressão em um ou em ambos, primeiro e segundo coletor 18, 20. Em algumas de tais modalidades, as extremidades 68 dos tubos 26 e os insertos 66 sustentados nos tubos 26 ou entre os tubos 26 podem ser ao menos parcialmente deformadas quando os tubos 26 e/ou os 15 insertos 66 são encaixados por pressão no primeiro e/ou segundo coletor 18, 20. Em algumas de tais modalidades, os tubos 26 e/ou os insertos 66 são agarrados e mantidos em compressão para prender os tubos 26 e/ou os insertos 66 em uma orientação desejada e para impedir vazamento.

20 Na modalidade ilustrada das Figuras 1-5, os insertos 66 são formados de folhas dobradas de metal. Em outras modalidades, os insertos 66 podem ser fundidos ou moldados em um formato desejado e podem ser formados de outros materiais (por exemplo, alumínio, ferro, e outros 25 metais, material composto, e semelhante). Em ainda outras modalidades, os insertos 66 podem ser cortados ou usinados no formato pretendido de qualquer maneira, podem ser extrudados ou prensados, podem ser fabricados em qualquer combinação de tais operações, e semelhantes.

30 Conforme mostrado nas Figuras 2, 4 e 5, os

insertos 66 podem ser corrugados e podem ter uma série de picos 72 e vales 74 alternados. Como também mostrado nas Figuras 2, 4, e 5, os picos 72 e os vales 74 podem engatar lados interiores, superiores e inferiores respectivos de um 5 tubo 26, e os flancos 76 podem se estender (por exemplo, em uma direção geralmente vertical na modalidade ilustrada da Figura 2, 4, e 5) entre picos 72 e vales 74 adjacentes.

Em algumas modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 6 e 7 (descritas em detalhe abaixo), 10 os flancos 76 podem se estender em uma direção geralmente linear entre lados interiores opostos (por exemplo, entre lados opostos superiores e inferiores na modalidade das Figuras 6 e 7) dos tubos 26. Em outras modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5, os flancos 76 15 podem se estender em uma direção não-linear entre os lados interiores opostos (por exemplo, entre os lados superiores e inferiores na modalidade ilustrada das Figuras 1-5) dos tubos 26. Nas modalidades ilustradas, os picos 72 e os vales 74 se estendem ao longo de uma dimensão longitudinal 20 do inserto 66 e do tubo 26. Em outras modalidades, o inserto 66 pode estar em contato com apenas um lado do tubo 26.

Conforme mostrado nas Figuras 2, 4 e 5, em algumas de tais modalidades, os flancos 76 podem ter um 25 formato em seção transversal geralmente ondulado. Em outras modalidades, os insertos 66 podem ter outros formatos e configurações. Por exemplo, em algumas modalidades, os insertos 66 podem ter picos 72 e/ou vales 74 pontudos, quadrados, ou de formato irregular. Em outras modalidades, 30 os insertos 66 podem ter um perfil senoidal ou no formato

de dente de serra.

Em modalidades, tal como modalidade ilustrada das Figuras 1-5, tendo um formato em seção transversal ondulado, os insertos 66 operam como molas para absorver ou 5 ao menos parcialmente absorver as vibrações e/ou absorver as expansões e contrações dos insertos 66 causadas pelas temperaturas de entrada, flutuantes do primeiro e/ou do segundo fluido de trabalho. Em algumas de tais modalidades, a elasticidade dos insertos ondulados 66 impede e/ou reduz 10 rachadura e quebra dos insertos 66. Alternativamente ou adicionalmente, a elasticidade dos insertos ondulados 66 impede e/ou reduz rachadura e quebra das conexões (por exemplo, pontos de solda forte, pontos de solda fraca, pontos de solda, etc.) entre os picos 72 e os vales 74 dos 15 insertos 66 e os lados interiores dos tubos 26. Em algumas modalidades, a seção transversal ondulada do inserto 66 pode se estender apenas por uma porção de um comprimento  $L$  do inserto 66. Por exemplo, a seção transversal ondulada pode ser provida nas extremidades do inserto 66 onde o tubo 20 26 é conectado a um coletor 18, 20, ou alternativamente onde o tubo e/ou o inserto 66 experimenta a maior tensão térmica e/ou mecânica.

Conforme mostrado nas Figuras 2, 4 e 5, ao menos uma deficiência estrutural 78 pode ser formada ao longo de 25 ao menos um dos flancos 76 de um inserto 66. Em algumas modalidades, a deficiência estrutural 78 pode incluir uma ranhura se estendendo ao longo do comprimento total  $L$  ou substancialmente pelo comprimento total  $L$  de um flanco 76 entre extremidades opostas 80 do inserto 66. Em outras 30 modalidades, a ranhura 78 pode se estender ao longo de

menos do que o comprimento total L do flanco 76 (por exemplo, uma ranhura 78 pode ser escalonada ao longo do comprimento L do flanco 76). Em algumas modalidades, a deficiência estrutural 78 pode se estender apenas por uma 5 porção de um comprimento L do inserto 66. Por exemplo, uma ranhura 78 pode ser provida nas extremidades do inserto 66 onde o tubo 26 é conectado a um coletor 18, 20 ou onde o tubo 26 e/ou o inserto 66 experimenta a maior tensão térmica e mecânica. Em algumas modalidades, uma ranhura 78 10 ou outra deficiência estrutural 78, pode ser formada em lados opostos do inserto 66 para enfraquecer ainda mais o inserto em um local específico no flanco 76.

Deficiências estruturais 78 podem assumir várias formas e modelos, e pode ser provida nos insertos 66 de 15 várias maneiras incluindo entalhadura, estampagem, gravura, e semelhante. Em algumas modalidades, a ranhura 78 tem uma seção transversal que tem o formato de V, formato de U, retangular, ou irregular. As deficiências estruturais 78 podem ser formadas no inserto 66 antes ou após dobradura ou 20 corte do inserto 66.

Em modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5, tendo ranhuras 78, falhas e/ou rachaduras dos insertos 66 causadas pela expansão e contração dos insertos 66 ocorrerão ao longo das ranhuras 78 onde os 25 insertos 66 são mais fracos. Nessas modalidades, as ranhuras 78 são posicionadas em locais nos insertos 66 onde rachaduras e/ou falhas são previstas para causar ao menos dano na integridade estrutural dos insertos 66 e/ou onde as rachaduras ou falhas são previstas para ter um efeito 30 mínimo sobre as características de transferência de calor

do trocador de calor 10.

Conforme mostrado nas Figuras 2, 4 e 5, as ranhuras 78 podem estar localizadas a meio caminho ao longo da altura H dos flancos 76 de modo que as ranhuras 78 são 5 espaçadas por uma distância máxima a partir dos picos 72, vales 74, e pontos de conexão correspondentes dos insertos 66. Assim, falhas estruturais (isto é, rachaduras, deformações, etc. do inserto 66) serão espaçadas por uma distância máxima a partir dos pontos de conexão (por 10 exemplo, pontos de solda forte, pontos de solda fraca, pontos de solda, etc. entre os picos 72 e os vales 74 dos insertos 66 e os lados interiores dos tubos 26. Isso permite que o inserto 66 proporcione suporte estrutural suficiente para o tubo 26 e simultaneamente maximiza a 15 transferência de calor entre o primeiro e o segundo fluido apesar de uma falha estrutural do inserto 66 conforme descrito em mais detalhe abaixo.

Nas modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5, na qual ranhuras 78 estão localizadas ao 20 longo dos flancos 76 dos insertos 66, quaisquer rachaduras ou falhas ocorrem em ou próximo a um ponto médio da altura H dos flancos 76 e em uma distância máxima a partir dos pontos de conexão (por exemplo, pontos de solda forte, pontos de solda fraca, pontos de solda, etc.) entre os 25 picos 72 e os vales 74 dos insertos 66 e os lados interiores dos tubos 26. Nessas modalidades, mesmo após rachadura ou falha dos flancos 76, a altura H dos flancos 76 é aproximadamente igual a  $\frac{1}{2}$  da altura original H dos flancos 76 antes da rachadura ou falha dos flancos 76. 30 Alternativamente ou adicionalmente, mesmo após rachadura ou

5 falha dos flancos 76, os picos 72 e os vales 74 dos insertos 66 permanecem conectados aos lados interiores (por exemplo, os lados interiores superiores e inferiores na modalidade ilustrada das Figuras 1-5) dos tubos 26. Dessa maneira, os insertos 66 permanecem conectados aos tubos 26 e continuam a prover um suporte estrutural máximo dos tubos 26, mesmo após rachadura ou falha dos flancos 76.

10 Mais particularmente, descobriu-se que para os insertos corrugados 66, tal como, por exemplo, os insertos 66 da modalidade ilustrada das Figuras 1-5, a rigidez de um inserto 66 pode ser calculada utilizando a equação  $1/12^*$  (espessura  $T$  de inserto) $*($ altura  $H$  de inserto) $^3$ . Consequentemente, nas modalidades, tal como a modalidade ilustrada das Figuras 1-5, na qual ocorrem rachadura e 15 falhas nas ranhuras 78, as quais são espaçadas por uma distância máxima a partir dos picos 72 e vales 74 dos insertos 66 e as quais são espaçadas por uma distância máxima a partir dos pontos de conexões (por exemplo, pontos de solda forte, pontos de solda fraca, pontos de solda, etc.) entre os picos 72 e vales 74, a altura  $H$  de cada um dos flancos 76, mesmo após rachadura ou falha, é maximizada. Dessa maneira, cada um dos flancos 66 pode manter uma rigidez máxima possível, mesmo após falha ou rachadura.

25 As Figuras 6 e 7, ilustram uma modalidade alternativa de um trocador de calor 10 de acordo com a presente invenção. O trocador de calor 210 mostrado nas Figuras 6 e 7 é similar em muitas formas às modalidades ilustradas das Figuras 1-5 descritas acima. 30 Consequentemente, com a exceção de características e

elementos mutuamente inconsistentes entre a modalidade das Figuras 6 e 7 e as modalidades das Figuras 1-5, é feita aqui referência à descrição acima acompanhando as modalidades das Figuras 1-5 para uma descrição mais 5 completa das características e elementos (e as alternativas para as características e elementos) da modalidade das Figuras 6 e 7. Características e elementos na modalidade das Figuras 6 e 7 correspondendo às características e elementos nas modalidades das Figuras 1-5 são numeradas na 10 série 200.

Na modalidade ilustrada das Figuras 6 e 7, os tubos 226 do trocador de calor 210 sustentam os insertos 266 tendo uma série de picos alternados 272 e vales 274. Também mostrados nas Figuras 6 e 7, os picos 272 e os vales 15 274 podem engatar lados interiores superiores e inferiores respectivos de um tubo 226. Os flancos 276 podem se estender em uma direção verticalmente vertical na modalidade ilustrada das Figuras 6 e 7 entre picos 272 e vales 274 adjacentes.

20 Conforme mostrado nas Figuras 6 e 7, os flancos 276 podem se estender em uma direção geralmente linear, entre os lados interiores, superiores e inferiores, dos tubos 226 e podem ser substancialmente perpendiculares aos lados interiores, superiores e inferiores, dos tubos 226. 25 Em outras modalidades, os insertos 226 podem ter outros formatos e configurações.

As ranhuras 278 podem ser formadas ao longo de ao menos alguns dos flancos 276 dos insertos 266. As ranhuras 278 podem ter várias formas e modelos, e podem ser providas 30 nos insertos 266 e diversas formas incluindo entalhadura,

estampagem, flexão, e semelhante. Conforme mostrado nas Figuras 6 e 7, as ranhuras 278 podem ser posicionadas em locais nos insertos 266 onde rachaduras e/ou falhas são previstas como causando o menos dano à integridade estrutural dos insertos 266 e/ou onde rachadura ou falhas são previstas como tendo um efeito mínimo nas características de transferência de calor do trocador de calor 210.

Conforme mostrado nas Figuras 6 e 7, as ranhuras 278 podem estar localizadas a meio caminho ao longo da altura H dos flancos 276 de modo que as ranhuras 278 são espaçadas por uma distância máxima a partir dos picos 272 e dos vales 274 dos insertos 266 e de modo que as ranhuras 278 são espaçadas por uma distância máxima a partir dos pontos de conexão (por exemplo, pontos de solda forte, pontos de solda fraca, pontos de solda etc.) entre os picos 272 e os vales 274 dos insertos 266 e os lados interiores dos tubos 226.

As modalidades descritas acima e ilustradas nas figuras são apresentadas apenas como exemplo e não pretendem ser uma limitação aos conceitos e princípios da presente invenção. Como tal, será considerado por aqueles de conhecimento comum na técnica que várias mudanças nos elementos e em suas configurações e arranjos são possíveis 25 sem se afastar do espírito e escopo da presente invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Trocador de calor caracterizado por compreender:

um primeiro percurso de fluxo para um primeiro  
5 fluido de trabalho;

um segundo percurso de fluxo para um segundo fluido de trabalho;

um inserto corrugado posicionado ao longo do primeiro percurso de fluxo;

10 um déficit estrutural provido em um local no inserto de tal modo que ocorram falhas estruturais no local preferivelmente a em outros locais no inserto; e

um tubo ao menos parcialmente definindo um do primeiro e segundo percurso de fluxo, o inserto sendo preso 15 ao tubo.

2. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o déficit estrutural compreende uma ranhura.

3. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o déficit estrutural compreende uma ranhura escalonada.

4. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o inserto corrugado compreende um pico e um vale adjacente e em que o 25 déficit estrutural está posicionado entre o pico e o vale.

5. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o pico e o vale se estendem ao longo de uma dimensão longitudinal do inserto e o déficit estrutural se estende ao longo de uma 30 porção da dimensão longo de uma porção da dimensão

longitudinal do inserto em uma direção substancialmente paralela a uma dobra do inserto.

6. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o déficit estrutural é posicionado substancialmente de modo eqüidistante entre o pico e o vale de tal modo que falhas estruturais ocorram em um ponto médio entre o pico e o vale.

7. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o inserto comprehende dobras adjacentes de tal modo que o inserto se estende entre superfícies opostas do tubo e é fixado às superfícies do tubo nas dobras.

8. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o déficit estrutural está localizado a meio caminho ao longo de uma altura do inserto entre as superfícies opostas do tubo.

9. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o déficit estrutural é separado das dobras do inserto.

10. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que as dobras são presas nas superfícies do tubo mediante uma de conexões soldadas com solda forte, soldadas com solda fraca ou soldadas.

11. Trocador de calor, caracterizado por compreender:

um coletor;

um tubo peso ao coletor; e

30 um inserto corrugado fixado em ao menos uma

superfície do tubo, o inserto tendo uma ranhura formada ao longo de ao menos uma porção de uma extensão do inserto e separada da superfície do tubo ao qual o inserto é fixado.

12. Trocador de calor, de acordo com a  
5 reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o inserto define pernas adjacentes, e em que a ranhura está localizada ao longo de uma das pernas.

13. Trocador de calor, de acordo com a  
10 reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que ao menos uma porção de uma das pernas tem uma seção transversal ondulada.

14. Trocador de calor, de acordo com a  
reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o inserto é fixado entre superfícies opostas do tubo, e em que a  
15 ranhura está posicionada ao longo do inserto de tal modo que o inserto permanece preso nas superfícies opostas após uma falha estrutural.

15. Trocador de calor, de acordo com a  
reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que as pernas  
20 do inserto proporcionam suporte estrutural suficiente para as superfícies opostas do tubo após uma falha estrutural.

16. Trocador de calor, de acordo com a  
reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o inserto corrugado compreende um pico e um vale adjacente e em que a  
25 ranhura está posicionada entre o pico e o vale.

17. Trocador de calor, de acordo com a  
reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o inserto corrugado compreende um pico e um vale adjacente, e em que a ranhura está posicionada substancialmente eqüidistante  
30 entre o pico e o vale de tal modo que as falhas estruturais

ocorrem em um ponto médio entre o pico e o vale.

18. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a ranhura tem uma seção transversal que tem substancialmente o formato de V.

19. Trocador de calor caracterizado por ter um tubo e um inserto sustentado pelo tubo, o inserto compreendendo:

uma corrugação definindo um pico e um vale adjacente;

uma ranhura se estendendo ao longo de uma dimensão longitudinal do inserto entre o pico e o vale adjacente e proporcionando uma localização preferida para falhas estruturais.

20. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que a ranhura está posicionada substancialmente eqüidistante entre o pico e o vale de tal modo que as falhas estruturais ocorrem em um ponto médio entre o pico e o vale.

21. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que a ranhura está localizada a uma distância máxima entre o pico e o vale.

22. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o inserto é fixado em superfícies opostas do tubo em ao menos uma localização ao longo de ao menos um do pico e do vale.

23. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que a ranhura se estende substancialmente ao longo da dimensão

longitudinal inteira do inserto.

24. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que a dimensão longitudinal do inserto termina em extremidades opostas do 5 inserto, e em que a ranhura se estende a partir de uma extremidade até um local ao longo da dimensão longitudinal do inserto.

25. Trocador de calor, de acordo com a reivindicação 24, caracterizado por compreender ainda um 10 coletor para dentro do qual se estende uma extremidade do tubo, em que o inserto se estende substancialmente pela extensão total do tubo e a ranhura se estende até um local onde o tubo se conecta com o coletor.

26. Trocador de calor, de acordo com a 15 reivindicação 24, caracterizado por compreender ainda um coletor para dentro do qual se estende uma extremidade do tubo, em que o inserto se estende substancialmente pela extensão total do tubo e a ranhura se estende além de um local onde o tubo se conecta ao coletor.

20 27. Método de montar um trocador de calor caracterizado por compreender as etapas de:

prover um tubo de trocador de calor;

posicionar um inserto no tubo;

conectar o inserto a uma superfície do tubo;

25 formar uma deficiência estrutural ao longo de ao menos uma porção de uma extensão do inserto a uma distância máxima a partir de um ponto de conexão entre o inserto e a superfície do tubo de modo que falhas ocorrem ao longo da deficiência estrutural.

30 28. Método, de acordo com a reivindicação 27,

5       caracterizado pelo fato de que formar a deficiência estrutural inclui formar uma ranhura, e em que a deficiência estrutural é formada tendo uma seção transversal que é um de um formato substancialmente em U, formato em V, ou retangular.

29. Método, de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que a deficiência estrutural é formada mediante uma de entalhadura, estampagem, e gravura.

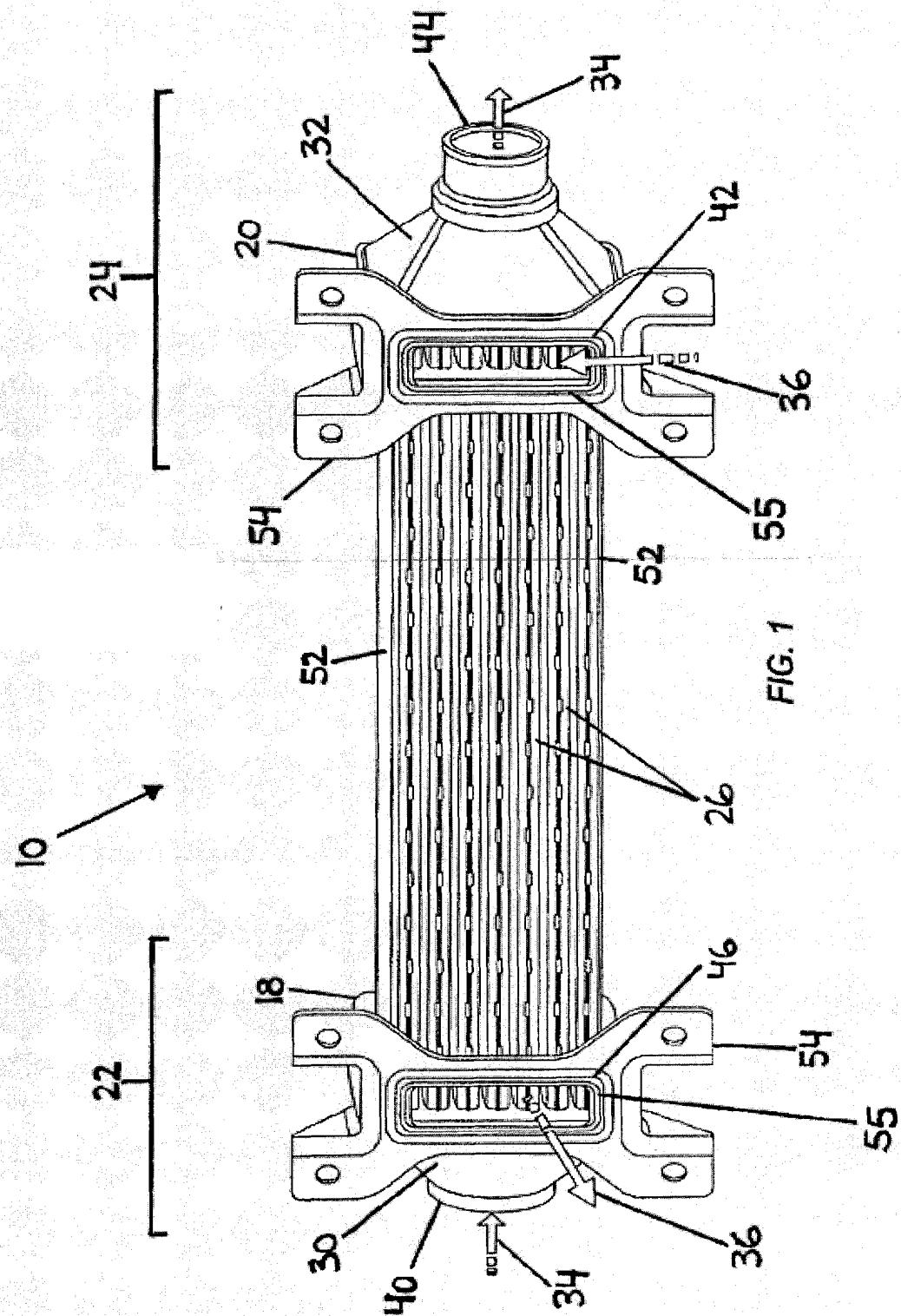
10      caracterizado pelo fato de que o inserto é conectado à superfície do tubo mediante um de soldado com solda forte, soldado com solda fraca ou soldado.

15      caracterizado por compreender ainda dobrar o inserto para formar picos e vales alternados.

32. Método, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a deficiência estrutural é formada antes da dobradura do inserto.

20      caracterizado pelo fato de que a deficiência estrutural é formada após a dobradura do inserto.

34. Método, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que os picos e os vales do inserto são conectados às superfícies opostas do tubo.



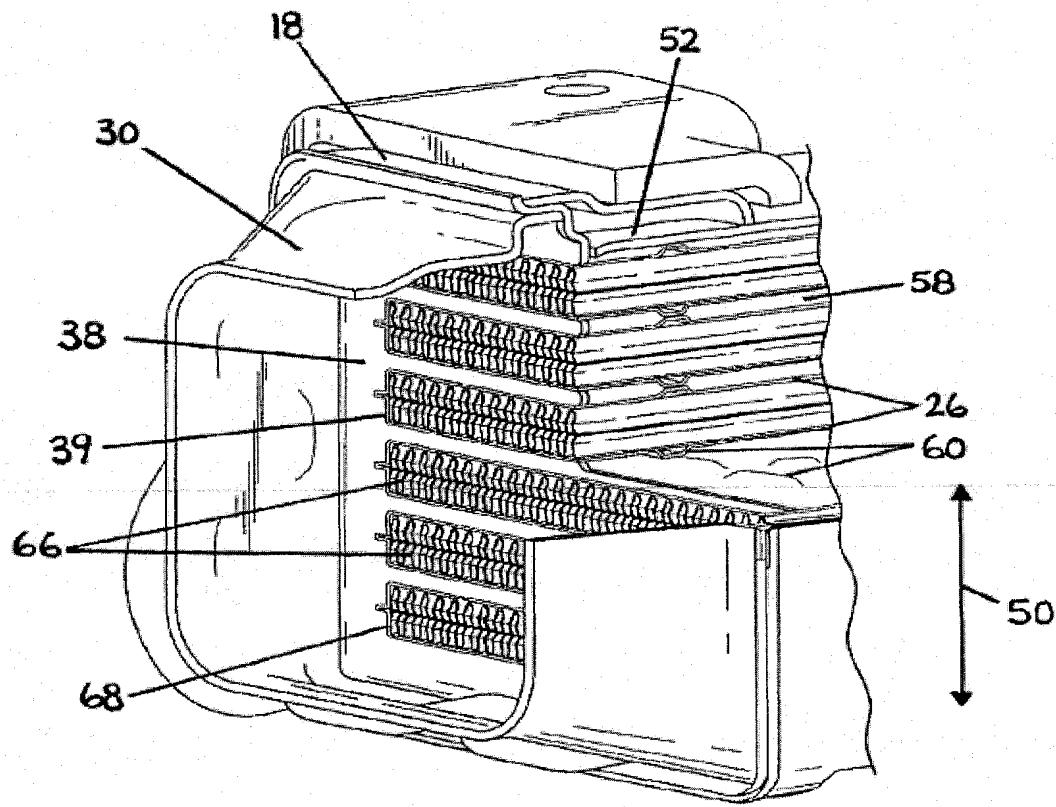
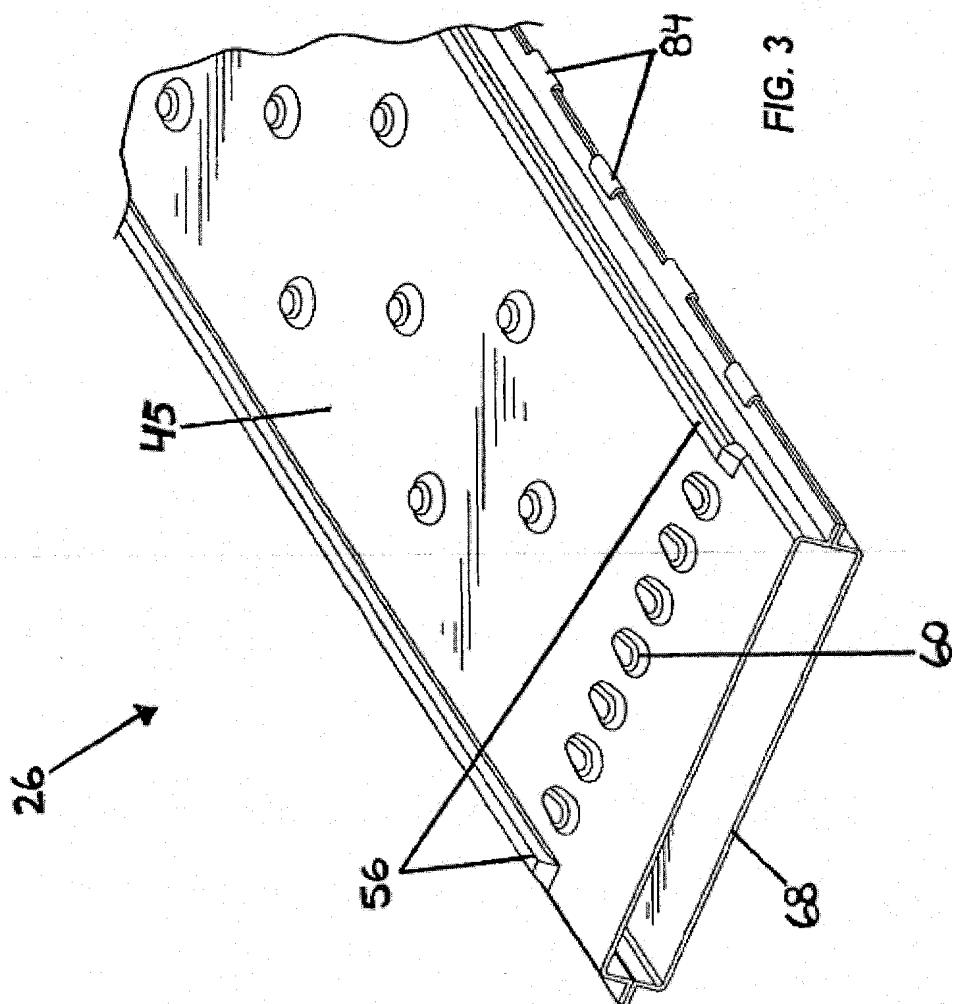
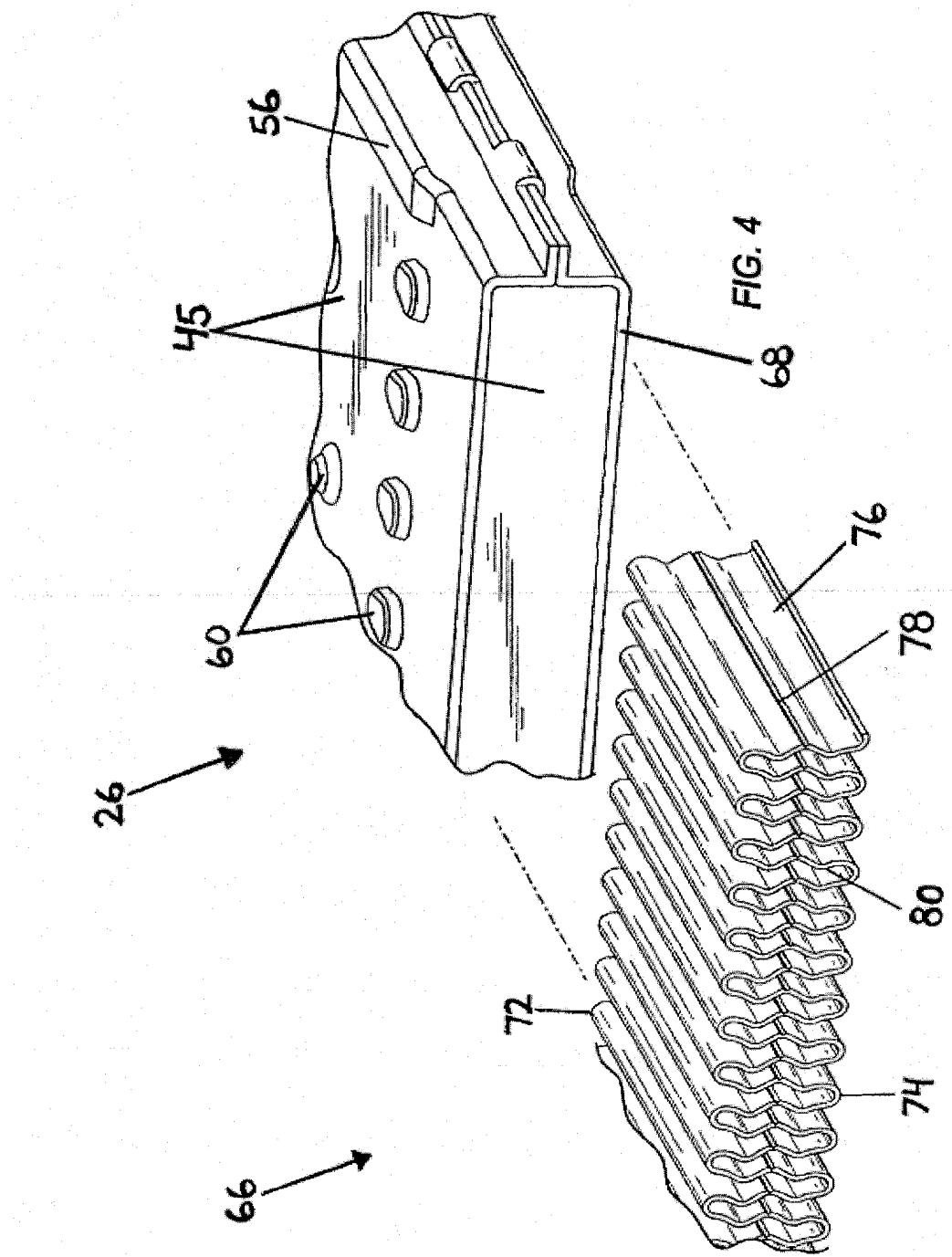
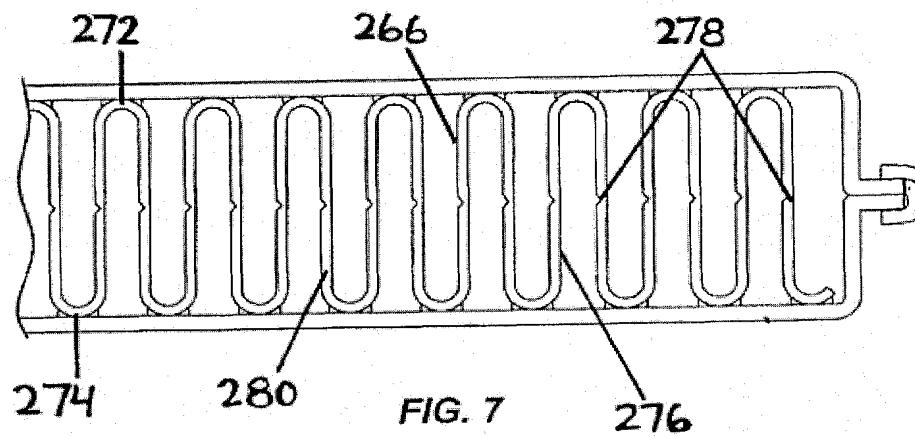
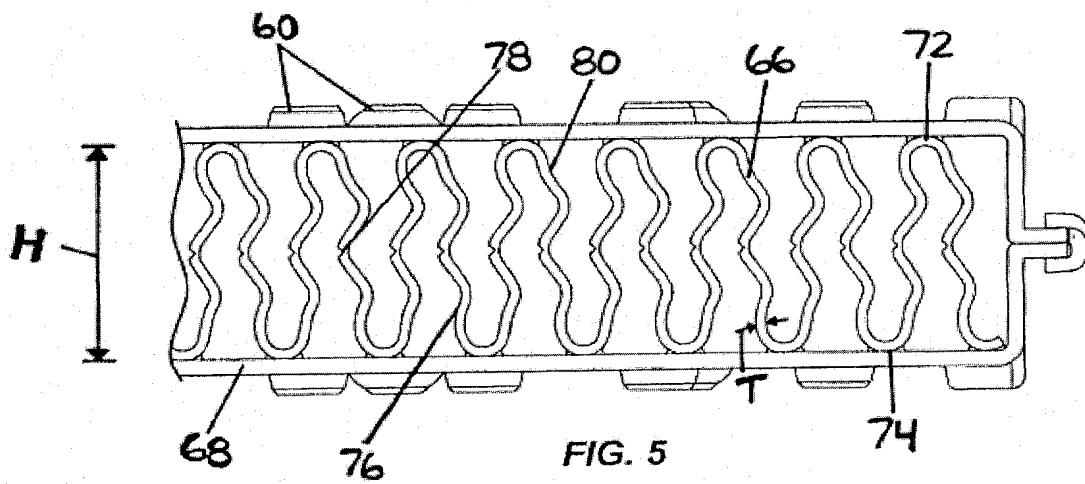
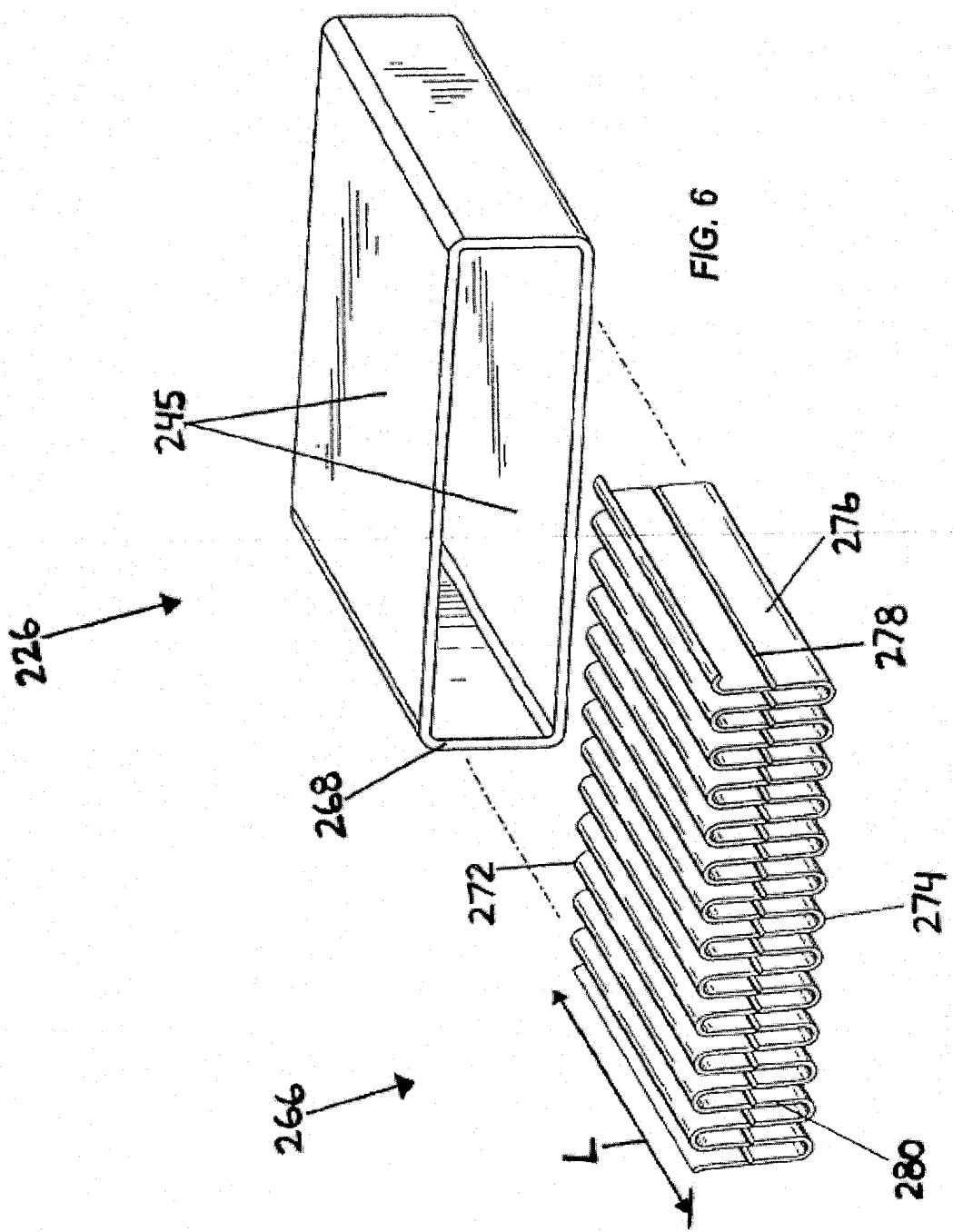


FIG. 2









RESUMO**TROCADOR DE CALOR E MÉTODO**

Um trocador de calor incluindo um primeiro percurso de fluxo para um primeiro fluido de trabalho, um segundo percurso de fluxo para um segundo fluido de trabalho, um tubo definindo ao menos parcialmente um do primeiro e segundo percurso de fluxo, e um inserto corrugado preso ao tubo e posicionado ao longo do primeiro percurso de fluxo. Um déficit estrutural é provido em um local no inserto de tal modo que falhas estruturais ocorram no local preferivelmente a em outros locais no inserto.