



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014016949-7 B1



(22) Data do Depósito: 04/01/2013

(45) Data de Concessão: 11/05/2021

(54) Título: TROCADOR DE CALOR, E, MÉTODO PARA REPARAR, INSPECIONAR, LIMPAR OU MELHORAR UM TROCADOR DE CALOR

(51) Int.Cl.: F28F 3/08.

(30) Prioridade Unionista: 12/01/2012 US 13/348832.

(73) Titular(es): WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC.

(72) Inventor(es): CREED TAYLOR.

(86) Pedido PCT: PCT US2013020206 de 04/01/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/106240 de 18/07/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 09/07/2014

(57) Resumo: TROCADOR DE CALOR, E, MÉTODOS PARA LIMPAR OU REPARAR UM TROCADOR DE CALOR E PARA REPARAR, INSPECIONAR, LIMPAR OU MELHORAR UM TROCADOR DE CALOR. Um trocador de calor modular de placa e casco no qual pares soldados de placas de transferência de calor são espaçadas em linha (tandem) e acopladas em paralelo entre um conduto de entrada e de saída para formar um conjunto de transferência de calor. O conjunto de transferência de calor é colocado no casco para transferir calor de um fluido secundário para um fluido primário. Módulos de uma ou mais das placas de transferência de calor são conectados de maneira removível utilizando gaxetas nos condutos de entrada e de saída que são conectados a uma entrada de fluido primário e a um bocal de saída de fluido primário. O conjunto de transferência de calor é suportado por uma estrutura que repousa sobre um trilho interno que é preso ao casco e facilita a remoção das placas de transferência de calor. O trocador de calor de placa e casco tem uma cabeça removível integral com o casco para remoção do conjunto de transferência de calor para inspeção, manutenção e substituição.

“TROCADOR DE CALOR, E, MÉTODO PARA REPARAR, INSPECIONAR, LIMPAR OU MELHORAR UM TROCADOR DE CALOR”

FUNDAMENTO

1. Campo

[0001] A presente invenção é relativa, genericamente, a trocadores de calor e, mais particularmente, a modularização para trocadores de calor de placa empilhada.

2. Descrição da técnica relacionada

[0002] A água de alimentação para geradores de vapor em plantas de energia nuclear é tipicamente pré-aquecida antes de ser introduzida no lado secundário dos geradores de vapor. De maneira similar, a água de alimentação é pré-aquecida antes de ser introduzida em caldeiras para aplicações de plantas de energia não nuclear. Trocadores de calor de água de alimentação são tipicamente utilizados para esta finalidade. Convencionalmente, projetos de trocador de calor são divididos em duas classes genéricas: trocadores de calor com uma estrutura de placa e aqueles com uma estrutura de casco e tubo. A diferença principal nas duas classes com relação a ambos, construção e transferência de calor, é que as superfícies de transferência de calor são principalmente placas em uma estrutura e tubos na outra.

[0003] O trocador de calor de placa e casco em inúmeras aplicações de aquecedor de água de alimentação emprega um casco horizontal ou vertical tubular que tem extremidades hemisféricas ou planas. O interior do casco horizontal é dividido em seções por uma chapa de tubo que é normal ao eixo do casco. Mais especificamente, em uma extremidade do casco uma seção câmara de água é definida em um lado da chapa de tubo que inclui uma câmara de entrada de água que tem uma abertura de entrada de água e uma câmara de saída de água que tem uma abertura de saída de água. Em um trocador de calor de tubo e casco de tubo em U, a pluralidade de tubos de

transferência de calor são dobrados em suas porções intermediárias em uma forma de U e se estendem a partir do outro lado da chapa de tubo ao longo do eixo do casco. Estes tubos são fixados à chapa de tubo em ambas as extremidades, de tal modo que uma extremidade de cada um dos tubos abre na câmara de entrada de água enquanto a outra extremidade abre na câmara de saída de água. Outro tipo de trocador de calor de tubo e casco emprega tubos retos com uma câmara de entrada e uma câmara de saída, respectivamente, em extremidades opostas dos tubos. Os tubos de transferência de calor são suportados por uma pluralidade de placas suporte de tubo espaçadas em um passo adequado na direção longitudinal dos tubos. Uma abertura de entrada para vapor e uma entrada e saída de dreno são formadas no casco, na porção na qual os tubos se estendem.

[0004] Em operação, a água de alimentação que vem para o interior do aquecedor de água de alimentação a partir da câmara de entrada de água escoar através dos tubos de transferência de calor conformados em U e absorve o calor a partir do vapor de aquecimento que vem para o interior do aquecedor de água de alimentação a partir da abertura de entrada de vapor para condensar o vapor. O condensado é coletado no fundo do casco e descarregado para o exterior através de um dreno no fundo do casco. Graças à forma cilíndrica do casco e dos tubos de troca de calor, a estrutura é bem adequada como um vaso de pressão, e assim trocadores de calor de tubo e casco têm sido utilizados em aplicações de pressão extremamente elevada.

[0005] A desvantagem mais significativa dos trocadores de calor de tubo e casco é seu peso, pesado quando comparado com a área superficial das superfícies de transferência de calor. Devido a isto, os trocadores de calor de tubo e casco são usualmente grandes em dimensão. Também é difícil projetar e fabricar trocadores de calor de tubo e casco quando a transferência de calor, características de escoamento, e despesa são levadas em consideração.

[0006] Um trocador de calor de placa típico é composto de placas

retangulares nervuradas ou ranhuradas que são comprimidas uma contra a outra por meio de placas extremas que, por sua vez, são apertadas às extremidades da pilha de placas por meio de tirantes ou parafusos de tensão. Os espaços entre as placas são fechados e vedados com vedações com bandas em sua circunferência exterior, e as vedações são também utilizadas nos canais de escoamento. Uma vez que a capacidade de apoio das placas finas que é pobre, e elas são reforçadas com ranhuras que são usualmente arrançadas transversais em placas adjacentes, nas quais elas também melhoram a resistência à pressão da estrutura quando as cristas das ranhuras são suportadas uma pela outra. Contudo, o aspecto mais importante é a importância das ranhuras para transferência de calor; as formas das ranhuras e seu ângulo em relação ao escoamento afetam a transferência de calor e perdas de pressão. Em um trocador de calor de placa convencional, um meio de suprimento de calor escoa em cada outro espaço entre as placas e um meio de recebimento de calor escoa nos espaços restantes. Em pares de placas alternados o escoamento é conduzido entre as placas através de furos localizados na vizinhança dos cantos das placas. Cada espaço entre as placas em pares de placas alternados sempre contem dois furos com bordas fechadas e dois outros furos que funcionam como canais de entrada e saída para o espaço entre as placas. Os trocadores de calor de placas são usualmente construídos de placas relativamente finas quando uma estrutura pequena e leve é desejada. Uma vez que as placas podem ser perfiladas para qualquer forma desejada é possível fazer as propriedades de troca de transferência de calor adequadas para quase qualquer tipo de aplicação. A fraqueza máxima em trocadores de calor de placa convencionais são as vedações que limitam a resistência à pressão e temperatura dos trocadores de calor. Em diversos casos as vedações prejudicaram a possibilidade de utilização com meio corrosivo de suprimento de calor ou de recebimento de calor.

[0007] Tentativas têm sido feitas para melhorar a construção do

trocador de calor de placa excluindo todas as vedações e substituindo-as por juntas brasadas ou costuras soldadas. Trocadores de calor de placa fabricados por brasagem ou soldagem usualmente se assemelham àqueles equipados com vedações. A diferença externa mais significativa é a ausência de parafusos de tensão entre as extremidades. Contudo, a estrutura brasada ou soldada torna difícil, se não impossível, desmontar sem destruir tais trocadores de calor para limpeza.

[0008] Tentativas têm sido feitas para combinar as vantagens do trocador de calor de tubo e casco e o trocador de calor de placas em trocadores de calor, cuja construção parcialmente se assemelha a ambos destes tipos básicos. Uma tal solução está divulgada na Patente US 5.088.552, na qual placas circulares ou poligonais são empilhadas uma em cima da outra para formar uma pilha de placas que é suportada por meio de placas extremas. A pilha de placas é circundada por um casco cujos lados são dotados de canais de entrada e saída para escoamentos correspondentes de meio de suprimento de calor e de recebimento de calor. Diferindo do trocador de calor de placa convencional, todos os escoamentos de fluido para o interior dos espaços entre as placas são direcionados a partir do exterior das placas. Quando o trocador de calor de acordo com a publicação é fechado por soldagem, é possível alcançar as mesmas pressões como quando utilizando um trocador de calor de tubo e casco, com as propriedades de transferência de calor de um trocador de calor de placa.

[0009] A Publicação Internacional WO 91/09262 visa apresentar um melhoramento na Publicação precedente, a qual de maneira mais destacada apresenta aspectos típicos de ambos, os trocadores de placa e trocadores de calor de tubo e casco. As placas circulares são trazida juntas em pares soldando-as juntas por meio das bordas de furos que formam um canal de entrada e saída. Soldando os pares de placas fabricados na maneira acima juntos por meio dos perímetros exteriores das placas, um circuito fechado é

alcançado para escoamento de um meio de transferência de calor. Diferindo do trocador de calor de placa convencional, esta estrutura é soldada e existem somente dois furos nas placas. O escoamento de outro meio de transferência de calor é direcionado para cada outro espaço entre as placas por meio de um casco que circunda a pilha de placas. Para impedir que o escoamento ocorra entre a pilha de placas e o casco, vedações são utilizadas, as quais são utilizadas de maneira primária como defletores para o escoamento. Obviamente, resistência a pressão não é requerida dos defletores. Devido à estrutura da pilha de placas é difícil implementar as vedações. Gaxetas de borracha elásticas são sugeridas para as vedações, de modo que seja possível desmontar o trocador de calor, por exemplo, para finalidades de limpeza.

[00010] O trocador de calor de casco e tubo atualmente utilizado em plantas de energia nuclear tem uma falha de projeto comum, que quando ocorre degradação de tubo, em um esforço para minimizar vazamento, a única opção é tamponar o tubo danificado, resultando em uma perda de rendimento térmico. A perda de rendimento térmico no sistema de água de alimentação é cara para plantas de energia nuclear e eventualmente requer a substituição do aquecedor de água de alimentação de casco e tubo. Outra limitação do projeto de casco de tubo é que a inspeção do lado do casco é tipicamente limitada a pequenos furos de visita e portas de inspeção e, como resultado, dano por corrosão e erosão é difícil de detectar. Corrosão/erosão significativas têm sido sustentadas pelas chicanas internas o que pode conduzir a: (1) contorno de escoamento e degradação de desempenho térmico, e (2) desgaste de tubo devido à vibração induzida por escoamento. Corrosão/erosão significativas têm também sido observadas na superfície interior do casco do projeto de aquecedor de água de alimentação de casco e tubo.

[00011] Portanto, um novo projeto de aquecedor de água de alimentação é desejado para carga térmica sustentável de longo prazo, e para a integridade de componente melhorada de longo prazo em relação ao projeto

de aquecedor de água de alimentação atual de casco e tubo. Preferivelmente, carga térmica sustentável de longo prazo será conseguida por substituição ou reparo das superfícies de transferência de calor como necessário, ao invés de requerer que a superfície de transferência de calor seja retirada de serviço. Adicionalmente, é desejado ser capaz de aumentar a capacidade de transferência de calor do aquecedor de água de alimentação para acomodar reclassificações (melhorias) de planta de energia sem substituir todo o aquecedor de água de alimentação.

SUMÁRIO

[00012] Os objetivos precedentes são alcançados por meio de um aquecedor de água de alimentação modular de placa e casco, no qual pares de placa de transferência de calor soldadas são colocados em um casco para transferir calor a partir do escoamento de dreno de vapor de extração para a água de alimentação em uma planta de energia nuclear. Os pares de placa de transferência de calor ou grupamentos soldados ou ligados de outra maneira de pares de placa de transferência de calor, isto é, módulos de pares de placa de transferência de calor são arrançados em tandem, e pelo menos alguns dos módulos são conectados utilizando gaxetas, e compartilham em paralelo um conduto da entrada comum e um conduto de saída que são respectivamente conectados a bocais de entrada e saída de água de alimentação. Os condutos de entrada e saída de pares de placa de transferência de calor formam um conjunto de transferência de calor que é preferivelmente suportado por uma estrutura que repousa sobre, e é móvel ao longo de, um trilho interno preso ao interior do casco, o que facilita a remoção das placas de transferência de calor do casco. O aquecedor de água de alimentação modular de placa e casco tem uma cabeça removível integral com o casco para remoção das placas de transferência de calor para inspeção, reparo ou substituição. Preferivelmente, os locais de entrada e saída são vedados até e se estendem através da cabeça removível.

[00013] Preferivelmente o trocador de calor fornecido aqui inclui um meio para aumentar a capacidade de troca de calor da unidade com o tempo, para acomodar melhoramentos da planta na qual o trocador de calor está instalado. Em uma modalidade os condutos de entrada e saída incluem inúmeros pontos de ligação adicionais para pares das placas de transferência de calor que são inicialmente tamponados. Em outra modalidade os condutos de entrada e saída podem ser expandidos por meio da ligação de pares adicionais de placa de transferência de calor ou módulos. Na última modalidade o trocador de calor pode inicialmente ser dotado de um módulo espaçador que tem uma capacidade de transferência de calor relativamente desprezível, que é suportado em tandem com os módulos de placa de transferência de calor. Um módulo de placa de transferência de calor pode mais tarde ser substituído pelo módulo espaçador para aumentar a capacidade de transferência de calor do trocador de calor. De maneira desejável, pelo menos alguns dos acoplamentos entre os pares de placa de transferência de calor ou módulos ou pares ligados de placas de transferência de calor são destacáveis para facilidade de reparo e substituição. Preferivelmente, tirantes conectam os módulos e, na modalidade onde os condutos de entrada e saída se estendem entre módulos, os tirantes fornecem força de compressão para as vedações de pressão na interface dos segmentos de conduto dos módulos que interfaceiam para formar uma vedação estanque.

[00014] Preferivelmente o conjunto de transferência de calor é retirado do casco com a cabeça removível. Alternativamente, uma entrada de visita é fornecida no casco para fornecer acesso ao interior do casco, para desconectar o bocal de entrada de água de alimentação do conduto de entrada de água de alimentação e para desconectar o conduto de saída da água de alimentação do bocal de saída de água de alimentação, ou ambas as opções podem ser fornecidas.

[00015] De maneira desejável, os módulos têm painéis suporte em cada

extremidade, entre os quais os tirantes se estendem. Os pares de placa de transferência de calor são ensanduichados entre os painéis suporte e, em uma modalidade, o conduto de entrada de fluido primário e o conduto de saída de fluido primário passam através dos módulos. Preferivelmente, os painéis suporte são mais espessos do que as placas de transferência de calor. Em uma modalidade as placas de transferência de calor entre os painéis suporte são soldadas uma à outra e aos painéis suporte e, painéis suporte adjacentes são conectados de maneira mecânica um ao outro.

[00016] A invenção também fornece um método de limpar ou reparar o aquecedor de água de alimentação, que inclui as etapas de: acessar o interior do casco do vaso de pressão; remover pelo menos um par das placas de transferência de calor do conjunto de transferência de calor de placas de transferência de calor; limpar, reparar ou substituir o par removido de placas de transferência de calor e reconectar o par limpo, reparado ou substituído de placas de transferência de calor para o conjunto de transferência de calor. Preferivelmente a etapa de acessar o interior do casco de vaso de pressão inclui remover a cabeça destacável, e a etapa de remover pelo menos um par de placas de transferência de calor compreende remover o um par de placas de transferência de calor do conduto de entrada de água de alimentação e do conduto de saída de água de alimentação.

[00017] A invenção ainda inclui um método de reparar, inspecionar, limpar ou melhorar o aquecedor de água de alimentação, no qual o vaso de pressão tem uma cabeça destacável. O método compreende as etapas de: remover a cabeça destacável, ou acessar de outra maneira o interior do casco do vaso de pressão; e desconectar o conduto de entrada de água de alimentação e o conduto de saída de água de alimentação do bocal de entrada de água alimentação e do bocal de saída de água de alimentação, respectivamente, enquanto o conjunto de transferência de calor está no vaso de pressão. Este método ainda inclui a etapa de substituir um par defeituoso

de placas de transferência de calor, bem como a etapa de aumentar o número de pares de placas de transferência de calor depois que o aquecedor de água de alimentação tenha sido colocado em serviço para melhorar o aquecedor de água de alimentação.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[00018] Outro entendimento da invenção pode ser obtido a partir da descrição a seguir das modalidades preferidas quando lida em conjunto com os desenhos que acompanham, nos quais:

[00019] A Figura 1 é uma vista em elevação do aquecedor de água de alimentação de uma modalidade desta invenção;

[00020] A Figura 2 é uma vista de topo do aquecedor de água de alimentação mostrado na Figura 1;

[00021] A Figura 3 é uma vista em perspectiva de outra modalidade do aquecedor de água de alimentação desta invenção, com o conjunto de transferência de calor separado em módulos e parcialmente removido do casco;

[00022] A Figura 4 é uma vista em perspectiva de um dos módulos extremos de pares de placas de transferência de calor da modalidade mostrada na Figura 3;

[00023] A Figura 5 é uma vista em perspectiva com uma porção cortada e removida do conjunto de transferência de calor parcialmente mostrado nas Figuras 3 e 4;

[00024] A Figura 6 é um esquema do escoamento de fluido primário através da modalidade do aquecedor de água de alimentação ilustrada nas Figuras 3 a 5;

[00025] A Figura 7 é uma vista lateral de um par de placas de transferência de calor;

[00026] A Figura 8 é uma vista esquemática de uma modalidade de um módulo de placa de transferência de calor descrito aqui abaixo;

[00027] A Figura 9 é uma vista esquemática de uma segunda modalidade de um módulo de placa de transferência de calor descrito aqui abaixo;

[00028] A Figura 10 é uma vista em seção de um módulo espaçador descrito aqui abaixo; e

[00029] A Figura 11 é uma vista lateral parcialmente em seção de um segmento de tirante que pode ser empregado para acoplar dois módulos de placa de transferência de calor.

DESCRIÇÃO DA MODALIDADE PREFERIDA

[00030] Projetos de aquecedor de água de alimentação correntes empregados em plantas de energia nuclear utilizam um arranjo de trocador de calor de casco e tubo. Outro tipo genérico de trocador de calor que tem existido desde 1923 é o trocador de calor de placa e esqueleto. Este último é caracterizado por um projeto compacto, coeficientes elevados de transferência de calor, queda de pressão de fluido elevada dentro das placas, e é genericamente limitado para fluidos de baixa pressão. As modalidades descritas aqui fornecem um aquecedor de água de alimentação de placa e casco que combine e otimiza os aspectos de um trocador de calor de placa e esqueleto e o tradicional trocador de calor de tipo casco e tubo que tem manutenção de maneira conveniente e pode ser facilmente alterado de maneira relativamente econômica para aumentar sua capacidade de transferência de calor, onde desejado.

[00031] Uma modalidade do aquecedor de água de alimentação 10 das invenções reivindicadas daqui em diante está ilustrada na vista em elevação mostrada na Figura 1 e na vista de topo mostrada na Figura 2. Duas placas de transferência de calor 12 e 14 são soldadas juntas para formar um par de placas soldadas 16 que formam entre elas um trajeto de escoamento para fluido água de alimentação como em um trocador de calor de placa tradicional. Em uma modalidade o par de placas de transferência de calor 16 é

conectado de maneira removível, tal como com gaxetas 18 e juntas de flange aparafusadas 20, a e em comunicação direta com um tubo cabeçote de entrada 22 em uma extremidade do par de placas de transferência de calor soldadas 16 e um tubo cabeçote de saída 24 na outra extremidade do par de placas de transferência de calor soldadas 16. Inúmeros destes pares de placas de transferência de calor soldadas 16 são empilhados em um arranjo em tandem espaçados, cada um acoplado entre o cabeçote de entrada e o cabeçote de saída, para formar um conjunto de transferência de calor que tem um trajeto de escoamento paralelo. Um tal arranjo está mostrado na Figura 2. Alternativamente, deveria ser apreciado que um número dos pares de placas de transferência de calor 16 pode ser acoplado em série com as extremidades do arranjo em série preso de maneira removível em uma maneira similar ao tubo cabeçote de entrada 22 e ao tubo cabeçote de saída 24. Em qualquer modalidade, as extremidades terminais dos pares de placas de transferência de calor 16 são conectadas, seja diretamente ou indiretamente, ao tubo cabeçote de entrada 22 e ao tubo cabeçote de saída 24. O tubo cabeçote de entrada 22 e o tubo cabeçote de saída 24 são respectivamente conectados a uma entrada de água de alimentação e a um bocal de saída de água de alimentação 26 e 28, preferivelmente utilizando um fecho aparafusado com gaxetas, em uma maneira similar àquela descrita para fixar de maneira removível o par de placas de transferência de calor 16 aos tubos cabeçote de entrada e saída 22 e 24, embora devesse ser apreciado que outros meios de ligação removível podem ser utilizados.

[00032] Na modalidade mostrada nas Figuras 1 e 2, os tubos cabeçote 22 e 24 são suportados por uma estrutura esqueleto 30 que repousa sobre um trilho interno 32 preso à porção inferior do casco cilíndrico 34 que forma um vaso de pressão que circunda o conjunto placa de transferência de calor 36. O trilho 32 e rodas 33 sobre a estrutura esqueleto 30 facilitam a remoção do conjunto placa de transferência de calor do casco para reparo, limpeza ou

melhoramento. Em uma modalidade o casco tem uma extremidade hemisférica integral 38 em um lado e uma cabeça hemisférica removível 40 do outro lado, para encerrar completamente e vedar o conjunto de transferência de calor 36 dentro do vaso de pressão formado pelo casco cilíndrico 34, extremidade hemisférica 38, e cabeça removível 40. Contudo, deveria ser apreciado que as extremidades não precisam ser hemisféricas para tirar proveito desta invenção, embora extremidades hemisféricas sejam preferíveis para aplicações de alta pressão. A cabeça removível 40 tem o bocal de entrada de água de alimentação 26 e o bocal de saída de água de alimentação 28 se estendendo através dela, como mostrado nas Figuras 1 e 2. Alternativamente, a extremidade hemisférica 38 pode ser construída para ser removível ao invés da cabeça 40, ou bombas podem ser conectadas por conexões de flange aparafusadas ao casco 34 para flexibilidade adicionada quanto a ganhar acesso ao interior do casco 34 para manter o conjunto placa de transferência de calor 36. O casco 34 é também equipado com uma entrada de vapor de extração 42, entradas de dreno 44 e 46 e saídas de dreno 48 e 50.

[00033] Durante operação, a água de alimentação introduzida passa através do bocal de entrada 26, do tubo cabeçote de entrada 22, dos pares de placas soldadas de transferência de calor 16 onde ela é aquecida pelo escoamento de dreno e vapor de extração, do tubo cabeçote de saída 24 e do bocal de saída 28. O vapor de extração ao penetrar no aquecedor de água de alimentação através da entrada de vapor de extração 42 é distribuído pela placa de sacrifício de vapor 52 e passa através da região casco superior onde ele se mistura com o escoamento de dreno que entra a partir dos bocais de entrada de escoamento de dreno 44 e 46. O vapor de extração e o escoamento de dreno então passam entre os pares soldados de placa de transferência de calor 16 onde ele é resfriado pela água de alimentação e condensa para a região casco inferior onde ele sai através dos bocais de saída de escoamento de dreno 48 e 50.

[00034] Durante uma parada da planta, uma inspeção das placas de transferência de calor e superfície interna do casco pode ser realizada utilizando as etapas a seguir. Primeiro, a extremidade de casco 38 é aparafusada do flange 54 e removida. Os tubos cabeçote 22 e 24 podem então ser desconectados dos bocais de entrada e saída 26 e 28. Uma porta de visita 56 na cabeça 40 pode ser utilizada para ganhar acesso à conexão entre os tubos cabeçote de entrada e saída 22 e 24 dos bocais de entrada e de saída 26 e 28. Alternativamente, quando a cabeça 40 é removida no flange 58 a cabeça 40 pode ser movida para fora com o conjunto de transferência de calor 36 deslizando no trilho 32, de modo que acesso pode ser ganho para a conexão entre os cabeçotes de entrada e saída 22 e 24 e os bocais de entrada e saída de água de alimentação 26 e 28. Tubulação carretel (não mostrado) precisará ser removida dos bocais de entrada e saída 26 e 28 antes de mover a cabeça 40. Em seguida o conjunto placa de transferência de calor 36 pode ser movido como uma unidade ao longo dos trilhos 32 localizados no fundo do casco 34, até um ponto onde as placas de transferência de calor individuais 12 e 14, e o interior do casco 34 podem ser inspecionadas quanto a dano. Os pares de placas de transferência de calor individuais 16 podem então ser limpos ou, se necessário reparados ou substituídos. Se reparo ou substituição for necessário, o par de placas de transferência de calor 16 que necessita atenção pode ser aparafusado do tubo cabeçote de entrada 22 e do tubo cabeçote de saída 24 e substituído por um par de placas de transferência de calor novo ou reparado 16 aparafusado em seu lugar. O tubo cabeçote de saída 24 e o tubo cabeçote de entrada 22 são também dotados de uma ou mais aberturas adicionais 60, que são inicialmente vedadas por tampões. Estas aberturas adicionais podem ser não vedadas para acomodar pares de placas de transferência de calor adicionais 16 se melhoramento no futuro for desejável.

[00035] O projeto da placa removível permite substituição da superfície de transferência de calor e produção em massa de placas de

transferência de calor e gaxetas resulta em um custo relativamente baixo para sobressalentes críticos. Empregar este projeto torna possível aumentar o número de placas e assim a área de transferência de calor para acomodar melhoramentos de energia e proporciona inspeção melhorada do lado do casco.

[00036] Embora modalidades específicas da invenção tenham sido descritas em detalhe, será apreciado por aqueles versados na técnica que diversas modificações e alternativas a estes detalhes poderiam ser desenvolvidos à luz dos ensinamentos globais da divulgação. Por exemplo, embora tubos cabeçotes separados de entrada e saída, ou condutos, estejam mostrados na modalidade ilustrada nas Figuras 1 e 2, qualquer outra estrutura que realize sua função descrita também podem ser utilizada sem se afastarem do espírito desta invenção. Por exemplo, a modalidade do conjunto de transferência de calor 36 mostrado nas Figuras 3, 4 e 5 mostra segmentos dos condutos de entrada e saída 22 e 24 como partes integrais dos pares de placas de transferência de calor 16. Nas Figuras 3, 4 e 5 componentes correspondentes àqueles mostrados nas Figuras 1 e 2 recebem caracteres de referência iguais. O conjunto placa de transferência de calor 36 na modalidade mostrada nas Figuras 3, 4 e 5 é formado de um número de módulos de placas de transferência de calor 17, quatro tais módulos de placa de transferência de calor são visíveis na Figura 5. Cada tal módulo 17 é formado de um número de pares de placas de transferência de calor espaçadas em tandem 16 que são ligadas juntas como uma unidade integral. Cada um dos módulos 17 mostrado nas Figuras 3, 4 e 5 tem aproximadamente 10 tais pares de placas de transferência de calor, embora devesse ser apreciado que qualquer número de tais pares de placas de transferência de calor 16 pode ser utilizado, com a consequência que quanto mais pares de placas de transferência de calor 16 para um módulo 17 mais caro o módulo será para ser substituído. Alternativamente, quanto mais módulos existirem mais será gasto em gaxetas

e equipamento de fecho. Uma faixa ótima do número de placas por módulo deveria ser determinado em base de aplicação específica com base em considerações econômicas. Também o número de módulos 17 no conjunto de transferência de calor 36 pode variar dependendo do número de pares de placas de transferência de calor 16 por módulo, e os requisitos de transferência de calor da aplicação na qual o trocador de calor estará sendo empregado.

[00037] Na modalidade mostrada nas Figuras 3, 4 e 5, a superfície exterior, isto é, a frente e a traseira de cada par de placas de transferência de calor 16 tem duas aberturas de cada lado, com as aberturas correspondentes substancialmente alinhadas uma com outra, e para as quais segmentos incrementais 23 dos condutos de entrada e saída 22 e 24 são ligados, tais como por soldagem, brasagem ou qualquer outra ligação adequada que forma uma junta durável substancialmente rígida, que é substancialmente impermeável aos fluidos que escoam nos e ao redor dos condutos de entrada e saída 22 e 24 na área entre os pares de placas de transferência de calor 16. Os segmentos incrementais dos condutos de entrada e saída 22 e 24 que passam entre os pares de placas de transferência de calor 16 e a superfície exterior dos pares de placas de transferência de calor adjacentes 16 fornecem um trajeto de escoamento entre os pares de placas de transferência de calor 16 para o vapor de extração e o escoamento de dreno passarem. A extremidade exterior dos segmentos 23 dos condutos de entrada e saída 22 e 24 formados através de cada módulo 17, preferivelmente tem um flange sobre o qual o flange correspondente de um segmento de módulo de placa de transferência de calor adjacente 23 pode ser conectado; preferivelmente com uma gaxeta prensada entre os flanges. Os segmentos exteriores 23 em cada módulo 17 podem então ser presos a um segmento correspondente 23 no lado exterior de um módulo adjacente com uma gaxeta entre utilizando tirantes 64 mostrados nas Figuras 3, 4 e 5, embora outras formas de ligação mecânica possam ser utilizadas em

lugar dos tirantes. Na modalidade mostrada nas Figuras 3,4 e 5 os módulos 17 são mantidos em posição por estruturas de face frontal e traseira ou placas 62 que são trazida juntas por tirantes 64. A placa de face 62 na frente do conjunto placa de transferência de calor tem aberturas para os condutos de entrada e saída 22 e 24 de modo que os flanges sobre os segmentos exteriores 23 podem ser respectivamente presos aos bocais de entrada e saída 26 e 28 mostrados na Figura 2. Os segmentos exteriores 23, isto é, ambos entrada e saída de calor 36 são tamponados para fechar a alça de escoamento de água de alimentação ou a placa de transferência de calor traseira é feita sem os furos de entrada e saída.

[00038] Um esquema do escoamento do fluido primário através do conjunto placa de transferência de calor das modalidades descritas acima que tem um trajeto de escoamento paralelo através dos pares de placas de transferência de calor 16 está ilustrado na Figura 6. A Figura 7 mostra a construção dos pares de placas de transferência de calor. Como mostrado na Figura 7, um cordão de solda 66 se estende ao redor de cada um dos segmentos incrementais 23 do conduto de entrada 22 nas aberturas correspondentes nas placas de transferência de calor 12 e 14 e forma uma vedação estanque a fluido na interface. De maneira similar, um cordão de solda 68 se estende ao redor dos segmentos incrementais 23 do conduto de saída 24 nas aberturas correspondentes nas placas de transferência de calor 12 e 14 e formam uma vedação estanque a fluido na interface. Além disto, uma solda de cintura 70 se estende ao redor de toda a circunferência do par de placas de transferência de calor 16. Como mostrado na Figura 7, o fluido primário penetra na entrada 72 do conduto de entrada 22, de cada par de placas de transferência de calor 16 conectando-o a pares adjacentes ou placas suporte. Uma porção do fluido escoar para baixo entre as placas de transferência de calor 12, 14 onde ele absorve calor a partir do vapor de extração e escoamento de dreno que passam sobre o exterior dos pares de

placas de transferência de calor, e sai na saída 78 para o conduto de saída 24 onde ele se junta com o escoamento de montante de fluido primário a partir de outros pares de placas de transferência de calor que entrou através da entrada do conduto de saída 76 para o par de placas de transferência de calor 16. Em exceto para o último par de placas de transferência de calor 16 na extremidade 80 (Figura 5) do conjunto placa de transferência de calor 36, o restante de fluido primário que entra na entrada 72 que não escoam entre as placas de transferência de calor 12 e 14 de um dado par de placas de transferência de calor 16 sai através da saída de conduto de entrada 74 para o próximo par de placas de transferência de calor 16. Todo o fluido primário que atravessa o conduto de entrada até a extremidade 80 do conjunto placa de transferência de calor 36 é conduzido através do último par de placas de transferência de calor 12 e 14 onde ele sai através do conduto de saída 24 como mostrado na Figura 6. É irrelevante se a água escoam para cima como mostrado na Figura 6 ou para baixo como descrito aqui, ou para os lados através dos pares de placas de transferência de calor 16, desde que o escoamento se estenda desde o conduto de entrada 22 até o conduto de saída 24.

[00039] A Figura 8 é um esquema de uma modalidade de um módulo de placa de transferência de calor 17. O módulo 17 está mostrado com quatro pares de placa de transferência de calor 16, embora como descrito anteriormente, o número de pares de placa de transferência de calor 16 pode variar. Os pares de placa de transferência de calor 16 têm placas de transferência de calor relativamente finas 12 e 14 quando comparados às placas suporte exterior 82 que são mais espessas do que os pares de placa de transferência de calor interior 16. As placas suporte 82 são referidas como placas suporte e são mais longas do que as outras e se estendem depois das outras para acomodar os tirantes mostrados nas Figuras 3, 4 e 5, embora devesse ser apreciado que esta modalidade é ligeiramente diferente do que a modalidade mostrada nas Figuras 3 4 e 5. Contudo, a maneira na qual os

módulos são presos um ao outro é a mesma, embora devesse ser apreciado que outros meios de prender os módulos juntos, por exemplo, hastes rosqueadas contínuas, parafusos, etc, também poderiam ser utilizados. As placas de transferência de calor interiores são soldadas uma à outra com os segmentos incrementais de conduto 23 mostrados na Figura 4 se estendendo entre elas com a solda se estendendo ao redor das aberturas circulares nos segmentos incrementais do conduto de entrada 22 e conduto de saída 24 e as arestas exteriores, por meio das soldas de placa circunferenciais 70. Ranhuras de gaxeta 84 são fornecidas ao redor de aberturas do conduto de entrada 22 e conduto de saída 24 nas placas suporte 82 para gaxetas, para vedar as aberturas na interface com placas suporte correspondentes 82 de módulos adjacentes 17.

[00040] Uma segunda modalidade de um módulo de par de placas de transferência de calor 17 está mostrado na Figura 9. A modalidade mostrada na Figura 9 é muito similar àquela descrita acima com relação à Figura 8, exceto que as placas de transferência de calor exteriores têm um anel de retenção de gaxeta 86 ao redor das aberturas para o conduto de entrada 22 e o conduto de saída 24. Uma única placa suporte é interposta entre os módulos 17 e gaxetas nos anéis de retenção 86 vedam as aberturas 22 e 24 entre cada placa suporte e as placas de transferência de calor. Alternativamente, ranhuras podem ser fornecidas em um ou ambos os lados das placas suporte para reter as gaxetas.

[00041] Um módulo espaçador 88 pode ser inserido em lugar de um módulo de par de placa de transferência de calor 17 para preservar espaço para a última adição de outro módulo de par de placa de transferência de calor 17, caso um melhoramento futuro da planta na qual o trocador de calor está instalado requeira capacidade de transferência de calor adicional dentro do casco existente. Uma modalidade de tal módulo espaçador 88 está ilustrado na Figura 10. O módulo espaçador 88 é preferivelmente da mesma dimensão que

o módulo de par de placas de transferência de calor padrão 17 para a unidade de troca de calor 10 na qual deve ser empregado. O módulo espaçador nesta modalidade tem duas placas suporte 82 com ranhuras de gaxeta 84 como descrito anteriormente, que são separadas por um suporte superior 96 e suporte inferior 98 com um dreno de fluido secundário 94. Deveria ser apreciado que o suporte superior 96 e o suporte inferior 96 podem, porém não precisam, ser parte de um cilindro suporte contínuo. A modalidade mostrada na Figura 10 é projetada para ser inserida entre os módulos de par de placas de transferência de calor 17 em um tubo 90 que é soldado ao redor de sua circunferência em cada interface de placa suporte para formar uma vedação hermética. O tubo 90 forma a porção do conduto de entrada 22 que carrega o fluido primário entre os módulos de par de placas de transferência de calor 17 que ele conecta. De maneira similar, um tubo 92 é vedado ao e cobre o espaço entre as placas suporte 82 do módulo espaçador 88 para carregar o fluido primário através do conduto de saída 24. Se o espaçador é utilizado ao final da extremidade 80 do conjunto placa de transferência de calor 36, então as aberturas nas placas suporte de módulo espaçador 82 são desnecessárias.

[00042] A Figura 11 ilustra uma modalidade de um arranjo de tirante que pode ser utilizado para trazer os módulos 17 e 88 juntos. O tirante 64 é projetado para se estender entre placas suporte 82 similar às extensões entre estruturas suporte 62 mostradas na Figura 5. Na modalidade mostrada na Figura 11 os tirantes 64 têm uma extremidade com diâmetro reduzido que tem uma rosca circunferencial 104. A rosca circunferencial 104 termina em uma superfície de apoio 106 que é dimensionada para topar um lado de uma periferia de uma placa suporte de módulo ao redor de um furo, no qual a rosca 104 é dimensionada para se estender através do e para fora do outro lado. A outra extremidade do tirante 64 tem uma rosca interna 100 que é dimensionada para corresponder com uma rosca circunferencial externa 84 em um tirante adjacente 64 que é estendido através de um furo correspondente

em uma placa suporte adjacente 82. Preferivelmente, a circunferência exterior 102 ao redor da extremidade do tirante que tem a rosca interna 100 tem um contorno quadrado ou hexagonal sobre o qual um torque pode ser facilmente aplicado.

[00043] Como mencionado anteriormente, o conjunto placa de transferência de calor 36 tem rodas 33 que montam no trilho 32, descrito anteriormente, para facilitar manutenção do conjunto placa de transferência de calor. A manutenção é a mesma como descrito para a modalidade ilustrada nas Figuras 1 e 2, exceto que para melhorar o conjunto placa de transferência de calor, o módulo espaçador 88 é removido e um módulo de placa de transferência de calor adicional 17 é acoplado em seu lugar.

[00044] Adicionalmente, embora a modalidade preferida esteja descrita em uma aplicação para um aquecedor de água de alimentação, a invenção pode ser empregada com benefícios similares na maior parte de outros tipos de trocadores de calor. Conseqüentemente, as modalidades particulares divulgadas querem significar serem somente ilustrativas e não limitativas quanto ao escopo da invenção, o qual deve ser fornecido deve receber a abrangência completo das reivindicações anexas e de qualquer de todos os seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Trocador de calor (10), compreendendo:

um casco de vaso de pressão alongado (34) que tem uma dimensão axial com um fecho removível (40) em uma extremidade da dimensão axial, uma entrada de fluido primário (26), uma saída de fluido primário (28), uma entrada de fluido secundário (42, 44, 46), uma saída de dreno (48, 50) e um conjunto de transferência de calor (36) que compreende:

um conduto de entrada de fluido primário (22) que se estende para o interior do vaso de pressão (34) a partir da entrada de fluido primário (26);

um conduto de saída de fluido primário (24) que se estende para o interior do vaso de pressão (34) a partir da saída de fluido primário (28);

uma pluralidade de pares de placas de transferência de calor (16) suportadas em tandem com cada um dos pares de placas vedadas (70) ao redor da periferia para definir um canal de escoamento de fluido primário entre uma primeira e uma segunda placa de transferência de calor (12, 14) de cada par, com cada par tendo uma abertura de entrada de placa de transferência de calor (72) conectada de maneira fluida seja diretamente ou indiretamente ao conduto de entrada de fluido primário (22) e uma abertura de saída de placa de transferência de calor (78) conectada de maneira fluida seja diretamente ou indiretamente ao conduto de saída de fluido primário para formar um caminho de fluxo paralelo com fluxo na mesma direção através de cada um dos pares de placas de transferência de calor em uma direção ortogonal à dimensão axial do casco do vaso de pressão; e

meios para expandir uma capacidade de transferência de calor do conjunto de transferência de calor em relação a uma capacidade de transferência de calor original que o trocador de calor tem quando o trocador de calor é colocado em serviço pela primeira vez; e

em que a pluralidade de pares de placas de transferência de calor (16) é arranjada em módulos (17) com pelo menos um dos módulos, incluindo pelo menos um dos pares de placas de transferência de calor, conectado em tandem com um módulo adjacente ou a entrada de fluido primário ou a saída de fluido primário com um acoplamento mecânico removível de maneira não destrutiva (84);

caracterizado pelo fato de que os meios para expandir a capacidade de transferência de calor do conjunto de transferência de calor incluem um módulo espaçador que tem menos capacidade de transferência de calor do que os módulos de pares de placas de transferência de calor, com o módulo espaçador conectado em tandem com os módulos de pares de placas de transferência de calor, o módulo espaçador (88) sendo pelo menos tão longo na dimensão axial quanto os módulos dos pares de placas de transferência de calor e tendo um duto de entrada passando axialmente através do mesmo, conectado de maneira fluida seja diretamente ou indiretamente ao conduto de entrada de fluido primário e um duto de saída passando axialmente através do mesmo, conectado de maneira fluida seja diretamente ou indiretamente ao conduto de saída de fluido primário.

2. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de pelo menos alguns dos módulos (17) incluírem uma pluralidade dos pares de placas de transferência de calor (16) com os pares de placas de transferência de calor dentro dos pelo menos alguns dos módulos suportados em conjunto com um tirante (64).

3. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de pelo menos alguns dos módulos (17) conectados em tandem com um módulo adjacente estarem conectados pelo acoplamento de seus respectivos tirantes (64).

4. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o conjunto de transferência de calor (36) ser

deslizável para fora do casco do vaso de pressão (34) quando o fecho removível (40) está aberto.

5. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o conjunto de transferência de calor (36) ser suportado de maneira móvel sobre um trilho (32) preso a um interior do vaso de pressão (34) de modo que o conjunto de transferência de calor pode ser removido como uma unidade do vaso de pressão através da uma extremidade (40) movendo o conjunto de transferência de calor ao longo do trilho.

6. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de o conjunto de transferência de calor (36) ser suportado sobre o trilho (32) sobre rodas (33) que montam sobre o trilho.

7. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a entrada de fluido primário (26) e a saída de fluido primário (28) se estenderem desde o fecho removível (40).

8. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o conjunto de transferência de calor (36) ser equipado com um número de acoplamentos extra (60) configurados para ligar pares adicionais de placas de transferência de calor (16), os acoplamentos extra são inicialmente tamponados e são disponíveis para melhoramento posterior da capacidade de transferência de calor do trocador de calor depois que o trocador de calor tenha sido colocado em operação em relação a uma capacidade de transferência de calor original, destamponando pelo menos alguns dos acoplamentos extra e ligação de um número dos pares adicionais de placas de transferência de calor.

9. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o casco do vaso de pressão (34) ser uma forma cilíndrica com extremidades hemisféricas (40, 38).

10. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de pelo menos alguns dos módulos (17)

compreenderem uma pluralidade de pares de placas de transferência de calor (16) com cada um dos pares de placas de transferência de calor dentro de um módulo conectado junto na matriz de tandem através de um acoplamento soldado (23).

11. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de pelo menos alguns dos módulos (17) terem uma placa suporte (82) em uma primeira e uma segunda extremidade, com as placas de transferência de calor (12, 14) entre elas, em que as placas suporte são mais espessas do que as placas de transferência de calor.

12. Trocador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os módulos (17) serem suportados em tandem por tirantes (64).

13. Método para reparar, inspecionar, limpar ou melhorar um trocador de calor (10) como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

acessar o interior do casco de vaso de pressão (34);

desconectar o conduto de entrada de fluido primário (22) e o conduto de saída de fluido primário (24) da entrada de fluido primário (26) e da saída de fluido primário (28), respectivamente; e

incluindo a etapa de substituir um par defeituoso de placas de transferência de calor (16).

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de incluir a etapa de aumentar o número de pares de placas de transferência de calor (16) dentro do conjunto de transferência de calor (36) depois que o trocador de calor (10) tenha sido colocado em operação para melhorar o trocador de calor.

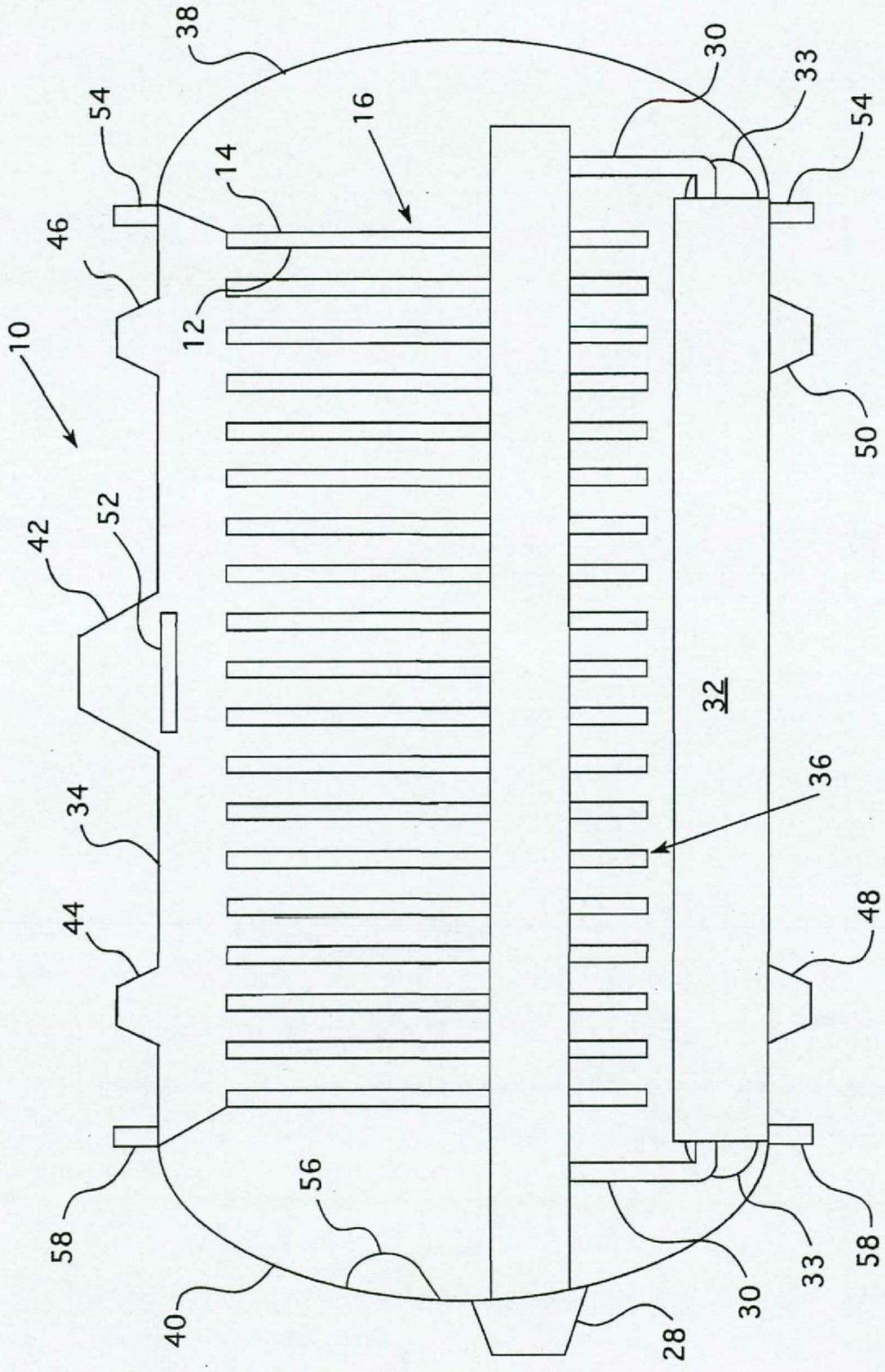


FIG. 1

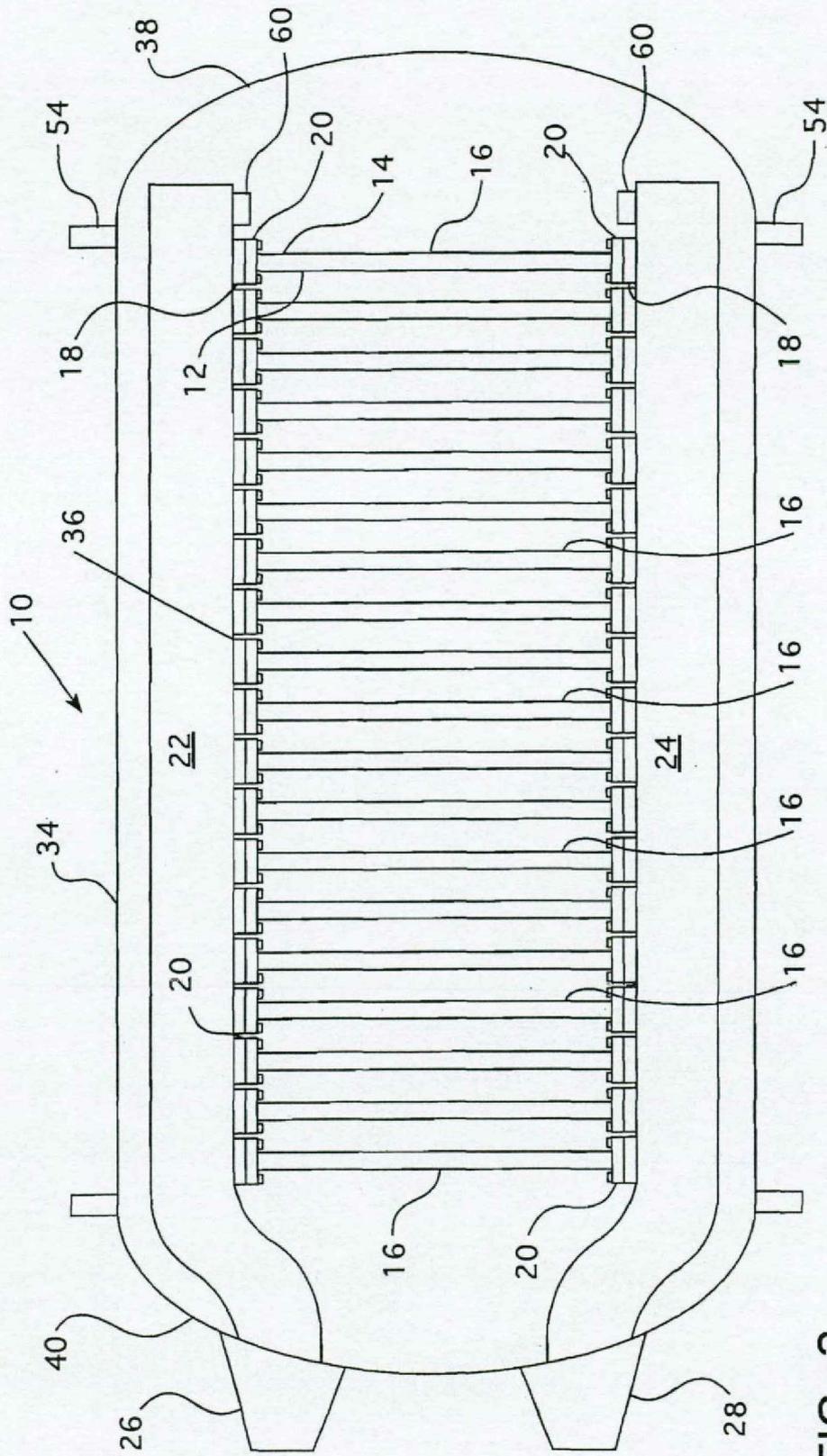


FIG. 2

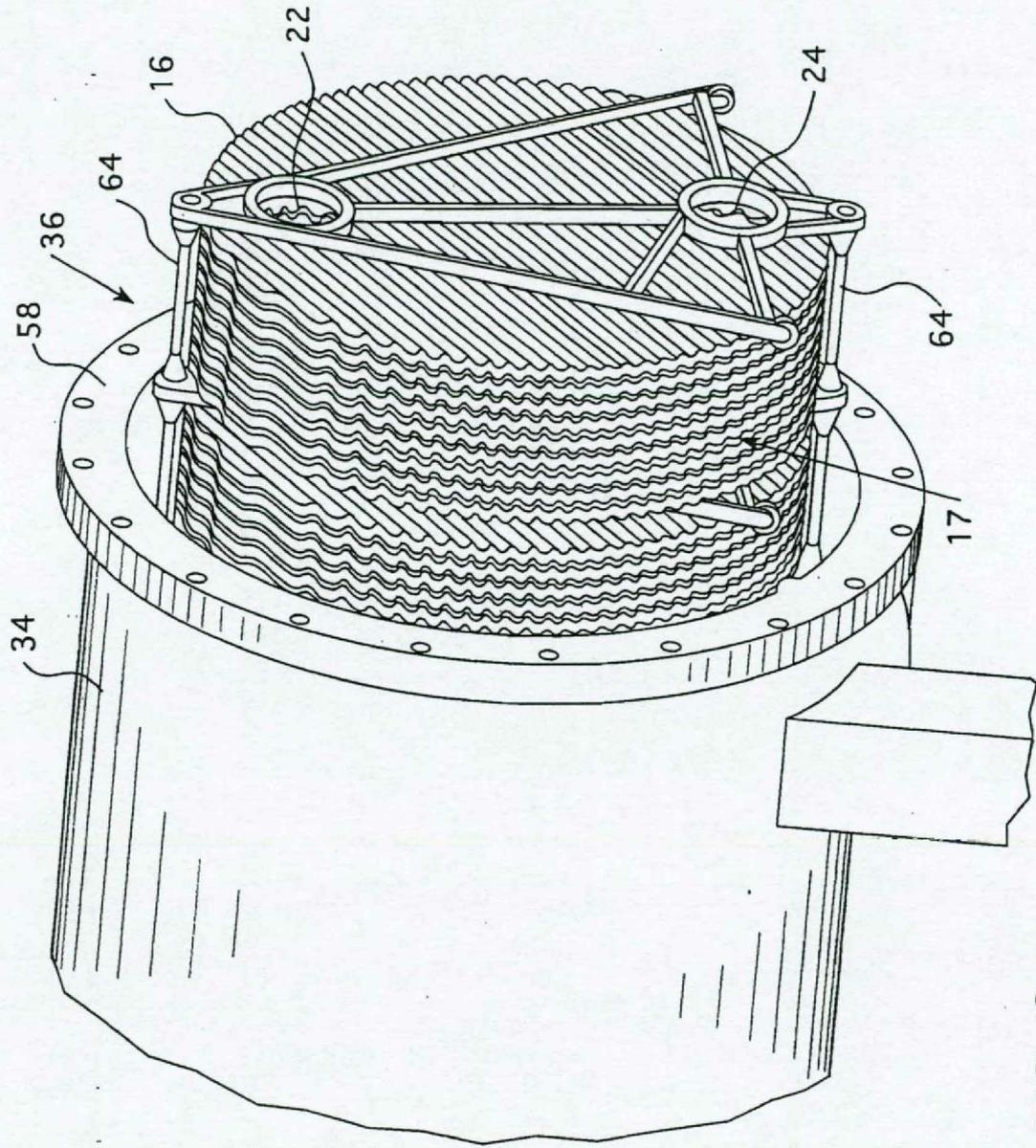


FIG. 3

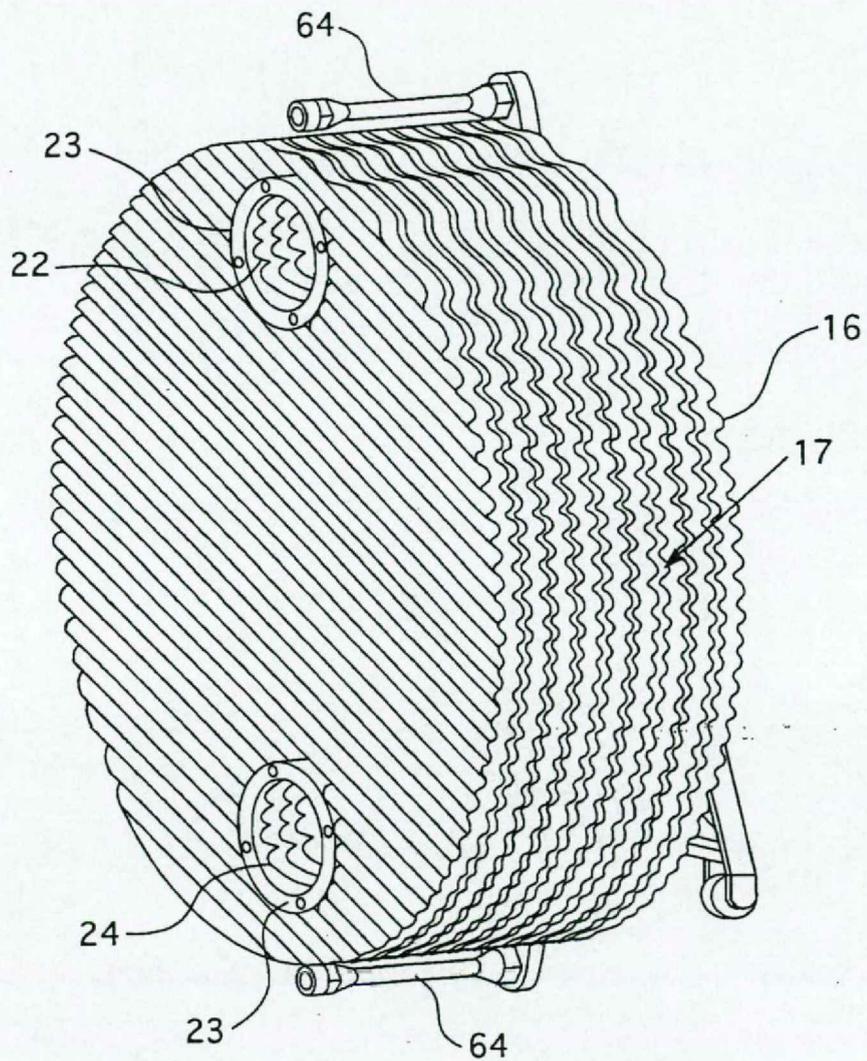


FIG. 4

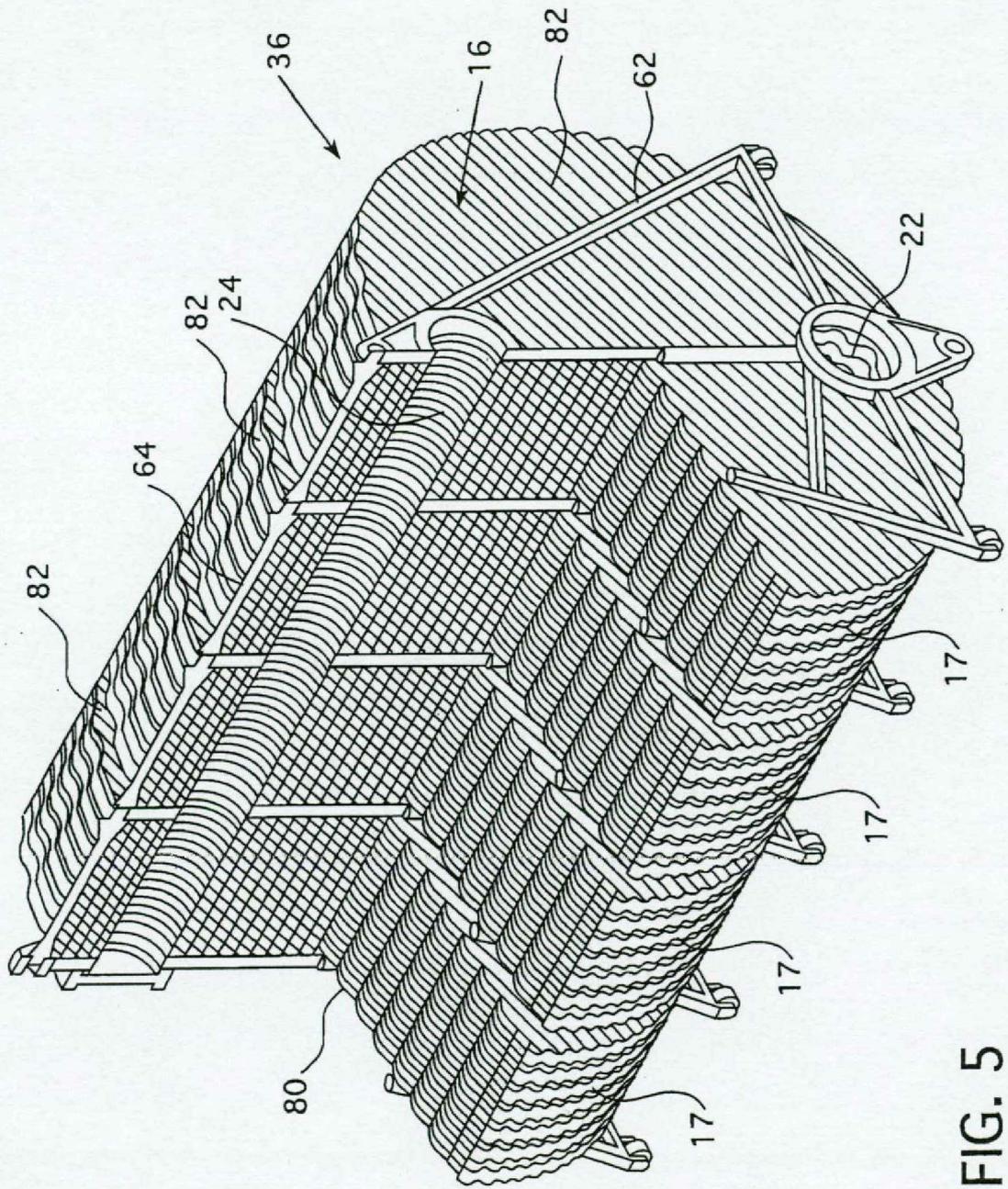


FIG. 5

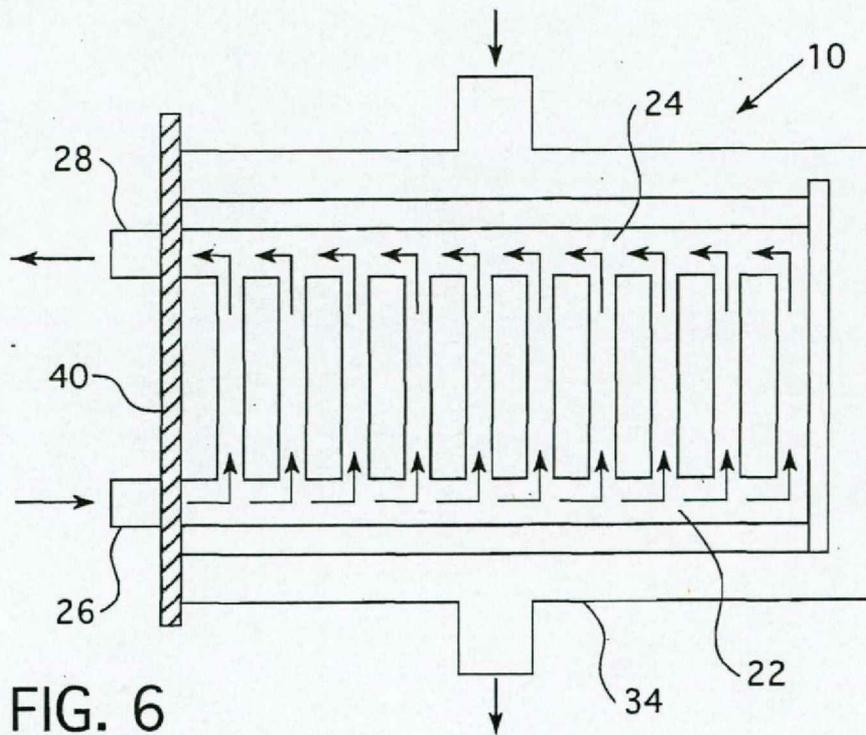


FIG. 6

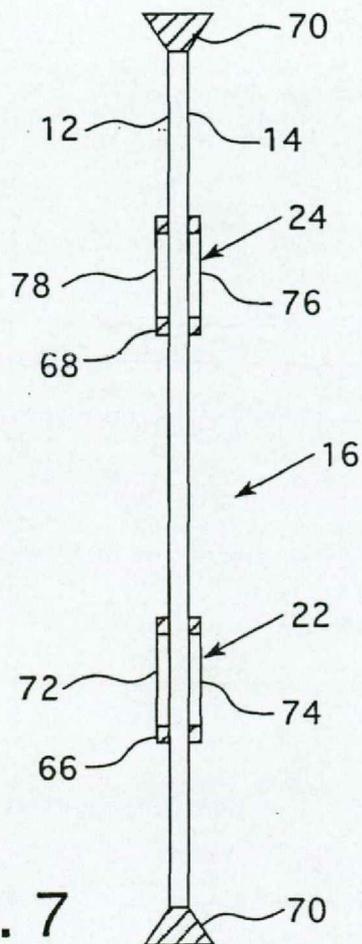


FIG. 7

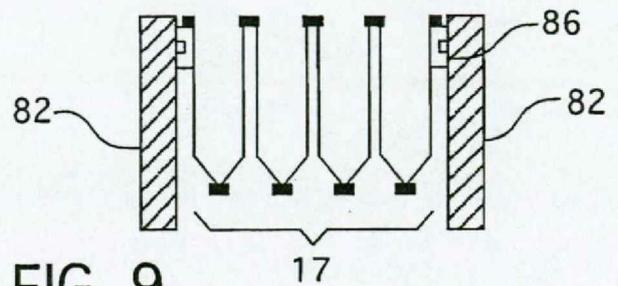
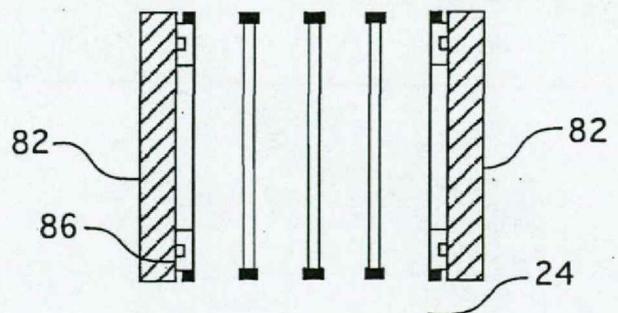
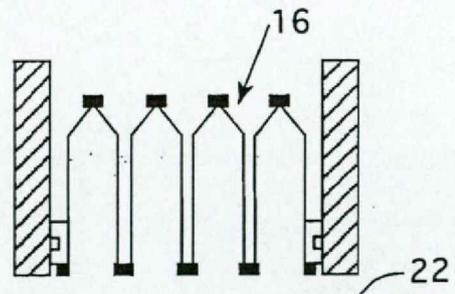
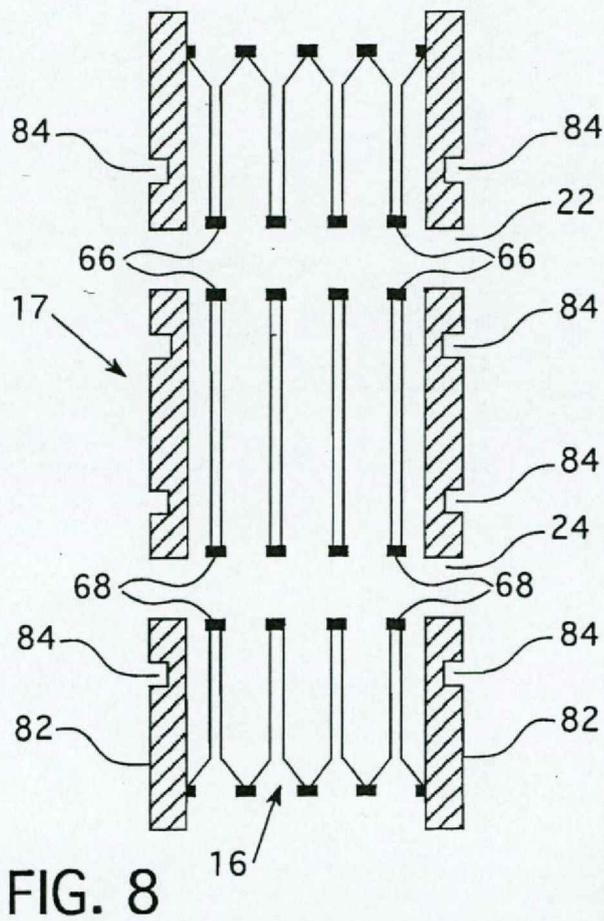


FIG. 9

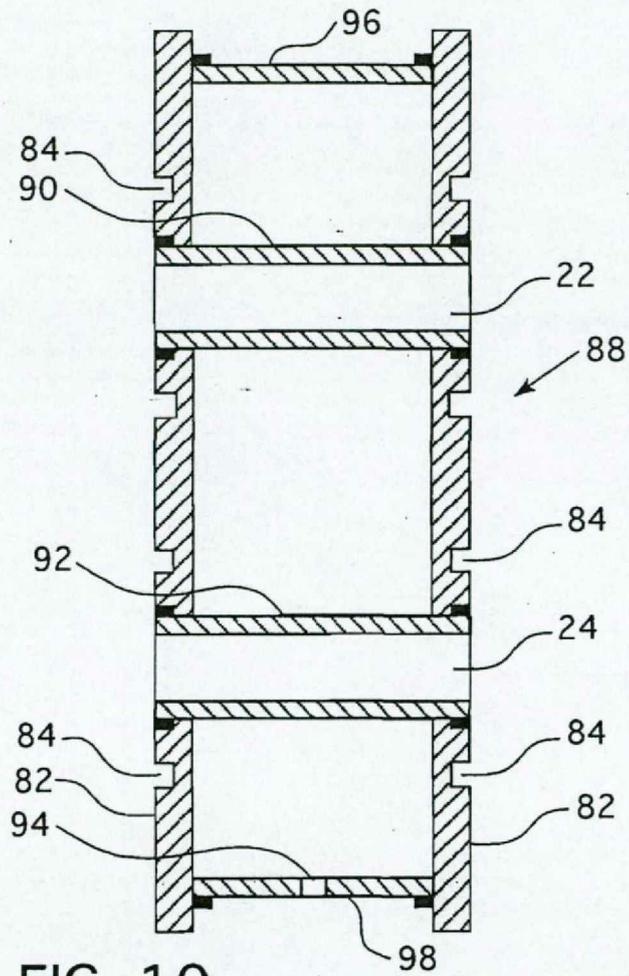


FIG. 10

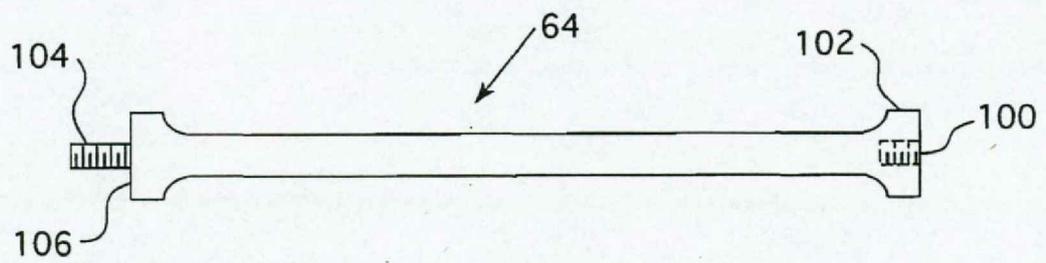


FIG. 11