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

(21) **PI0707177-9 A2**

BRPI0707177A2

(22) Data de Depósito: 19/01/2007
(43) Data da Publicação: 26/04/2011
(RPI 2103)

(51) Int.Cl.:
F28F 1/02

(54) Título: **TUBO PLANO, TROCADOR DE CALOR DE TUBO PLANO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DOS MESMOS**

(30) Prioridade Unionista: 19/01/2006 DE 10 2006 002 627.6, 20/01/2006 DE 10 2006 002 789.2, 21/01/2006 DE 10 2006 002 932.1, 14/02/2006 DE 10 2006 006 670.7, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2, 09/09/2006 DE 10 2006 042 427.1, 14/02/2006 DE 10 2006 006 670.7, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2, 09/09/2006 DE 10 2006 042 427.1, 19/01/2006 DE 10 2006 002 627.6, 20/01/2006 DE 10 2006 002 789.2, 21/01/2006 DE 10 2006 002 932.1, 14/02/2006 DE 10 2006 006 670.7, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2, 09/09/2006 DE 10 2006 042 427.1, 19/01/2006 DE 10 2006 002 627.6, 20/01/2006 DE 10 2006 002 789.2, 14/02/2006 DE 10 2006 006 670.7, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 14/02/2006 DE 10 2006 006 670.7, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 19/01/2006 DE 10 2006 002 627.6, 20/01/2006 DE 10 2006 002 789.2, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2, 09/09/2006 DE 10 2006 042 427.1, 21/01/2006 DE 10 2006 002 932.1, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 19/01/2006 DE 10 2006 002 627.6, 20/01/2006 DE 10 2006 002 789.2, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2, 09/09/2006 DE 10 2006 042 427.1, 19/01/2006 DE 10 2006 002 627.6, 21/01/2006 DE 10 2006 002 932.1, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2, 21/01/2006 DE 10 2006 002 932.1, 14/02/2006 DE 10 2006 006 670.7, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2, 19/01/2006 DE 10 2006 002 627.6, 21/01/2006 DE 10 2006 002 932.1, 14/02/2006 DE 10 2006 006 670.7, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 27/06/2006 DE 10 2006 029 378.9, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 20/01/2006 DE 10 2006 002 789.2, 08/04/2006 DE 10 2006 016 711.2, 13/07/2006 DE 10 2006 032 406.4, 20/07/2006 DE 10 2006 033 568.6, 29/07/2006 DE 10 2006 035 210.6, 02/09/2006 DE 10 2006 041 270.2

(73) Titular(es): Modine Manufacturing Company

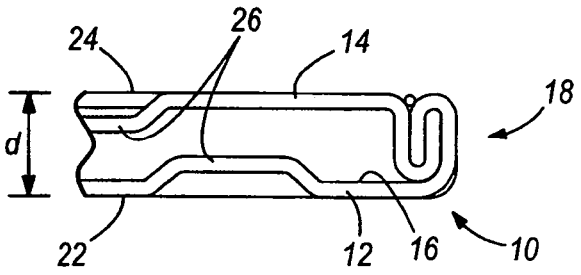
(72) Inventor(es): Bernhard Stephan, Charles James Rogers, Claudia Sommer, Dieter Merz, Jens Nies, Peter Ambros, Rainer Kaesinger, Roland Straehle, Siegfried Eisele, Thomas Feldhege, Verena Mankel, Werner Zobel

(74) Procurador(es): FLAVIA SALIM LOPES

(86) Pedido Internacional: PCT US2007060774 de 19/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/084987de 26/07/2007

(57) Resumo: TUBO PLANO, TROCADOR DE CALOR DE TUBO PLANO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DOS MESMOS. Vários tubos planos, trocadores de calor de tubo plano e métodos de fabricação de ambos são descritos e ilustrados. Os tubos planos podem ser construídos a partir de um, dois ou mais pedaços de material em folha. Uma inserção perfilada integral com o tubo plano ou construída a partir de uma outra folha de material pode ser usada para a definição de múltiplos canais de fluxo através do tubo plano. Os tubos planos podem ser construídos de um material relativamente fino e podem ser reforçados com dobras do material de tubo plano e/ou de uma inserção em áreas sujeitas a uma pressão e a tensões térmicas mais altas. Também, um material de tubo plano relativamente fino pode ter uma camada de corrosão permitindo que o material resista a uma falha devido à corrosão. Os trocadores de calor tendo esses tubos planos conectados a tubos de coleta também são mostrados, como o são maneiras pelas quais esses tubos podem ser providos com aletas.



PI0704177-9

TUBO PLANO, TROCADOR DE CALOR DE TUBO PLANO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DOS MESMOS

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

Uma prioridade é reivindicada por meio deste ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 002 627.6, depositado em 19 de janeiro de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 002 789.2, depositado em 20 de janeiro de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 002 932.1, depositado em 21 de janeiro de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 006 670.7, depositado em 14 de fevereiro de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 016 711.2, depositado em 8 de abril de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 029 378.9, depositado em 27 de junho de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 032 406.4, depositado em 13 de julho de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 033 568.6, depositado em 20 de julho de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 035 210.6, depositado em 29 de julho de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 041 270.2, depositado em 2 de setembro de 2006, e ao Pedido de Patente Alemã N° DE 10 2006 042 427.1, depositado em 9 de setembro de 2006, cujos conteúdos inteiros são incorporados aqui como referência.

SUMÁRIO

Em algumas modalidades, a presente invenção provê um tubo de trocador de calor que inclui uma folha de material que forma pelo menos parcialmente um corpo de tubo que tem uma espessura de pelo menos em torno de 0,15 mm, o corpo de tubo definindo um espaço interno e tendo um lado interno de formato arqueado, e uma inserção que se estende através do espaço interno do corpo de tubo e que separa um primeiro

percurso de fluxo e um segundo percurso de fluxo, uma porção da inserção sendo aninhada no lado interno de formato arqueado do corpo de tubo.

A presente invenção também provê um tubo de trocador de calor que inclui uma primeira folha de material e uma segunda folha de material em conjunto pelo menos parcialmente formando um corpo de tubo, cada uma dentre a primeira folha de material e a segunda folha de material tendo uma espessura de menos de em torno de 0,15 mm, o corpo de tubo definindo um espaço interno e tendo um lado estreito e um lado largo. O trocador de calor também pode incluir uma inserção suportada no espaço interno do corpo de tubo entre a primeira folha de material e a segunda folha de material, uma porção da inserção sendo recebida no lado estreito do corpo de tubo.

Além disso, a presente invenção provê um método de formação de um tubo de trocador de calor que inclui os atos de conformação de uma folha de material que tem uma espessura de menos de em torno de 0,15 mm para a formação de pelo menos uma porção de um corpo de tubo que define um espaço interno e que tem um lado de formato arqueado do corpo de tubo, a inserção separando um primeiro percurso de fluxo e um segundo percurso de fluxo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIG. 1 é uma vista lateral de um tubo de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 2 é uma vista aumentada de uma extremidade do tubo mostrada na FIG. 1.

A FIG. 3 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a

formação do tubo mostrado na FIG. 1.

A FIG. 4 é uma vista aumentada de um lado estreito do tubo mostrado na FIG. 1.

A FIG. 5 é uma outra vista aumentada do lado estreito mostrado na FIG. 1.

A FIG. 6 é uma vista aumentada de um lado estreito de um tubo de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 7 é uma vista aumentada de um lado estreito de um tubo ainda de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 8 é uma vista aumentada de um lado estreito do tubo de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 9 é uma vista aumentada de um lado estreito de um tubo de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 10 é uma vista aumentada de um lado estreito de um tubo de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 11 é um lado estreito de um tubo de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 12 é uma vista aumentada de uma porção de um tubo que inclui dobras internas de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 13 é uma vista aumentada de uma porção de um tubo que inclui dobras internas de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 14 é uma vista aumentada de uma porção de um tubo que inclui uma inserção de acordo ainda com uma outra

modalidade da presente invenção.

A FIG. 15 é uma vista aumentada de uma porção de um tubo que inclui uma inserção de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 16 ilustra esquematicamente um conjunto de exemplo de etapas de fabricação que podem ser usadas para a formação de um tubo que inclui primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado.

A FIG. 17 é uma vista aumentada de um tubo que inclui primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado ainda de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 18 é uma vista aumentada de um tubo que inclui as primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 19 é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado de acordo com ainda uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 20 é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado de acordo com ainda uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 21 é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 22 é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça

comum de material dobrado de acordo com ainda uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 23 é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado de acordo com ainda uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 24 é uma vista aumentada de um tubo que inclui as primeira e segunda porções formadas a partir de uma peça comum de material dobrado de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 25 é uma vista explodida de um tubo que inclui as primeira e segunda porções e uma inserção posicionada entre as primeira e segunda porções, de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 26 é uma vista explodida do tubo mostrado na FIG. 25.

A FIG. 27 é uma vista explodida de um tubo que inclui as primeira e segunda porções e uma inserção posicionada entre as primeira e segunda porções, de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 28 é uma vista lateral do tubo que inclui as primeira e segunda porções e uma inserção posicionada entre as primeira e segunda porções, de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 29 é uma vista aumentada de uma porção do tubo mostrado na FIG. 28.

A FIG. 30 é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções e uma inserção posicionada entre as primeira e segunda porções, de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 31 é uma vista aumentada de uma porção do tubo mostrado na FIG. 30.

A FIG. 32A é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções e uma inserção posicionada entre as primeira e segunda porções, de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 32B é uma vista aumentada de uma porção do tubo mostrado na FIG. 32A.

A FIG. 33 é uma vista lateral de um tubo que inclui as primeira e segunda porções e uma inserção posicionada entre as primeira e segunda porções, de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 34 ilustra dez modalidades de tubos de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 35 é uma vista lateral de um tubo de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 36 é uma vista lateral de uma inserção interna para o tubo mostrado na FIG. 35.

A FIG. 37 é uma vista de topo de uma porção da inserção interna mostrada na FIG. 36.

A FIG. 38 é uma vista em perspectiva de uma porção da inserção interna mostrada na FIG. 35.

A FIG. 39 é uma vista lateral de um tubo de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 40 é uma vista em perspectiva aumentada de uma inserção interna para o tubo mostrado na FIG. 39.

A FIG. 41 é uma vista em perspectiva de uma porção da inserção interna mostrada na FIG. 40.

A FIG. 42 é uma vista em perspectiva aumentada da inserção interna mostrada na FIG. 40.

A FIG. 43 é uma vista de topo de uma porção de uma inserção interna para um tubo de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 44 é uma vista lateral de uma inserção de acordo com uma modalidade da presente invenção, mostrada em um tubo plano em linhas pontilhadas.

A FIG. 45 é uma vista lateral de uma outra inserção de acordo com uma modalidade da presente invenção, mostrada em um tubo plano em linhas pontilhadas.

A FIG. 46 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 47 é uma vista lateral parcialmente explodida do tubo mostrado na FIG. 46.

A FIG. 48 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 49 é uma linha de fabricação de prensa de laminação que pode ser usada para a fabricação de tubos de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 50 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 51 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo de acordo com outras modalidades da presente invenção.

A FIG. 52 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo de acordo ainda com outras modalidades da presente invenção.

A FIG. 53 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo de acordo ainda com outras modalidades da presente invenção.

A FIG. 54 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo de acordo com outras modalidades da presente invenção.

A FIG. 55 ilustra uma linha de fabricação de exemplo que pode ser usada para a fabricação de tubos de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 55A é uma vista em corte que mostra uma estação de perfuração da linha de fabricação mostrada na FIG. 55.

A FIG. 55B é uma vista lateral que mostra a estação de perfuração mostrada na FIG. 55A.

A FIG. 55C é uma vista em corte que mostra um rolo de ruptura e uma barra da linha de fabricação mostrada na FIG. 55.

A FIG. 55D é uma vista lateral de um rolo de ruptura e uma barra da linha de fabricação mostrada na FIG. 55.

A FIG. 56 é uma vista lateral de uma porção da estação de perfuração mostrada na FIG. 55A.

A FIG. 57A é uma vista lateral que mostra uma folha de material viajando através de uma porção da estação de perfuração mostrada na FIG. 55A.

A FIG. 57B é uma vista de topo que mostra uma folha de

material viajando através de uma porção da estação de perfuração mostrada na FIG. 55A.

A FIG. 58 é uma vista lateral de um rolo de ruptura e uma barra da linha de fabricação mostrada na FIG. 55.

A FIG. 59 é uma série de vistas finais esquemáticas da linha de fabricação mostrada na FIG. 55, mostrada em estágios diferentes de formação de um tubo plano com uma inserção.

A FIG. 60 é uma vista de topo esquemática de uma porção de rolo de dobramento da linha de fabricação mostrada na FIG. 55.

A FIG. 60A é uma vista final da porção de rolo de dobramento mostrada na FIG. 60.

A FIG. 61 é uma vista final esquemática de uma linha de fabricação de tubo plano com aleta de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A FIG. 62 é uma vista explodida de um trocador de calor que tem tubos planos com aleta de acordo com uma modalidade da presente invenção.

As FIG. 63A a C são vistas parciais de conjuntos de aleta de acordo com modalidades diferentes da presente invenção.

A FIG. 64 é uma vista esquemática de um processo de fabricação de tubo com aleta de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A FIG. 65 é uma vista lateral em perspectiva de uma porção do processo de fabricação mostrado na FIG. 64.

A FIG. 66 é uma vista detalhada de um trocador de calor que tem tubos planos com aleta de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A FIG. 67 é uma vista detalhada de um tubo plano que pode ser usado na produção de um tubo plano com aleta de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A FIG. 68 é uma vista lateral detalhada de um trocador de calor que tem tubos planos com aleta de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 69 é uma vista em perspectiva detalhada da parte do trocador de calor mostrada na FIG. 68.

A FIG. 70 é uma vista lateral de um tanque de coleta de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A FIG. 70A é uma vista final do tanque de coleta mostrado na FIG. 70.

A FIG. 71 é uma vista detalhada de um trocador de calor que tem o tanque de coleta ilustrado nas FIG. 70 e 70A.

A FIG. 72 é uma vista em perspectiva de um tanque de coleta de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 73 é uma vista em perspectiva detalhada de um trocador de calor que tem o tanque de coleta ilustrado na FIG. 72.

A FIG. 74 é uma outra vista em perspectiva detalhada do trocador de calor mostrado na FIG. 73.

A FIG. 75 é uma vista em perspectiva detalhada do tanque de coleta mostrado na FIG. 72.

A FIG. 76 é uma outra vista detalhada de um trocador de calor que tem o tanque de coleta ilustrado nas FIG. 70 a 71.

A FIG. 77 é uma vista em elevação do trocador de calor ilustrado nas FIG. 71 e 76.

A FIG. 78 é uma vista lateral detalhada de um trocador de calor que tem um tanque de coleta de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 79 é uma vista final detalhada do trocador de calor ilustrado na FIG. 78.

A FIG. 80 é uma vista lateral detalhada do tanque de coleta do trocador de calor ilustrado nas FIG. 78 e 79.

A FIG. 80A é uma vista final do tanque de coleta ilustrado nas FIG. 78 a 80.

A FIG. 81 é uma vista lateral detalhada de um trocador de calor que tem um tanque de coleta de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 82 é uma vista final detalhada do tanque de coleta do trocador de calor ilustrado na FIG. 81.

A FIG. 84 é um fluxograma de um processo de fabricação de trocador de calor de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A FIG. 84A é uma vista esquemática de um trocador de calor fabricado de acordo com o fluxograma da FIG. 84.

A FIG. 85 é uma vista em perspectiva explodida de um trocador de calor de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 86 é uma vista em perspectiva explodida de um trocador de calor de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

A FIG. 87 é uma vista final de um tubo plano do trocador de calor ilustrado na FIG. 86.

A FIG. 88 é uma vista em perspectiva explodida de um trocador de calor de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

As FIG. 89 ilustram vistas finais de modalidades alternativas de tubo plano de acordo com a presente invenção.

A FIG. 90 é uma vista em perspectiva explodida de um trocador de calor de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

As FIG. 91 são vistas de um tubo plano de acordo com uma outra modalidade da presente invenção, mostradas em estágios diferentes de formação.

As FIG. 92 a 95 ilustram métodos de conexão de porções de um trocador de calor de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

A FIG. 96 é um gráfico que mostra profundidades de difusão de silício para trocadores de calor conectados de acordo com algumas modalidades da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Antes de quaisquer modalidades da invenção serem explicadas em detalhes, é para ser entendido que a invenção não está limitada em sua aplicação a detalhes de construção e ao arranjo de componentes estabelecidos na descrição a seguir ou ilustrados nos desenhos a seguir. A invenção é capaz de outras modalidades e de ser praticada ou ser realizada de várias formas. Também, é para ser entendido que a fraseologia e a terminologia usadas aqui são para fins de descrição e não devem ser consideradas como limitantes. O uso de "incluindo", "compreendendo" ou "tendo" e variações dos mesmos aqui tem por significado englobar os itens listados depois e equivalentes dos mesmos, bem como itens adicionais. A menos que especificado ou limitado de outra forma, os termos "montado",

"conectado", "suportado" e "acoplado" e variações dos mesmos são usados amplamente e englobam montagens diretas e indiretas, conexões, suportes e acoplamentos. Ainda, "conectado" e "acoplado" não estão restritos a conexões ou acoplamentos físicos ou mecânicos.

Conforme descrito em maiores detalhes abaixo, muitas modalidades da presente invenção se referem a ou são baseadas no uso de tubos tendo um formato de seção transversal substancialmente plano tomado ao longo de um plano perpendicular a um eixo geométrico longitudinal do tubo. Em particular cada tubo como esse pode ter uma dimensão maior e uma dimensão menor perpendicular à dimensão maior. Estas dimensões às vezes são referidas aqui como "diâmetros", embora o uso do termo "diâmetro" não seja pretendido para indicar apenas ou implicar que o recurso referido é redondo, rotundo ou de outra forma tem qualquer formato em particular. Ao invés disso, o termo "diâmetro" é usado apenas para se referir a uma dimensão maior do tubo na direção e localização indicadas. Cada um desses tubos pode ter duas paredes opostas definindo as faces do tubo (referidas aqui como os "lados largos" do tubo) e duas paredes mais curtas e mais estáveis (referidas aqui como os "lados estreitos" do tubo) juntando os lados largos. Coletivamente, os lados largos e estreitos do tubo definem um espaço interno através do qual um fluido pode fluir em qualquer estado, incluindo, sem limitação, gás, líquido, vapor e qualquer combinação dos mesmos a qualquer pressão ou vácuo (incluindo nenhuma pressão ou vácuo).

Um outro recurso dos tubos planos empregados em muitas modalidades da presente invenção (descritas em maiores

detalhes abaixo) é a espessura relativamente baixa de material usado para a construção de pelo menos algumas das paredes dos tubos planos. Em algumas modalidades, o material de parede dos tubos planos tem uma espessura não maior do que em torno de 0,20 mm (0,007874 in). Ainda em outras modalidades, o material de parede dos tubos planos tem uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in). A espessura de material relativamente baixa pode resultar em boas propriedades térmicas dos tubos planos. Também, pela utilização de um ou mais recursos de tubos planos descritos aqui, os inventores descobriram que vários tubos planos diferentes tendo características variadas adaptadas para uma variedade de aplicações podem ser construídos usando-se um material significativamente reduzido, enquanto se retêm propriedades de resistência e troca de calor de tubos planos convencionais mais pesados. Em algumas modalidades, uma espessura de material de parede dos tubos planos de não menos do que em torno de 0,050 mm (isto é, não menos do que em torno de 0,0019685 in) provê boa performance de resistência e resistência à corrosão, enquanto em outras modalidades uma espessura de material de parede dos tubos planos de não menos do que em torno de 0,030 mm (0,00118 in) pode ser usada.

Conforme explicado em maiores detalhes abaixo, os tubos de troca de calor e outras porções de trocadores de calor descritos aqui podem ser fabricados usando-se várias técnicas de fabricação e processos, e podem incluir recursos de proteção contra corrosão, tais como, por exemplo, aquelas técnicas e processos descritos abaixo e ilustrados nas FIG. 92 a 95. Vários processos de fabricação

e técnicas e os recursos de proteção contra corrosão referenciados aqui adiante são particularmente vantajosos quando aplicados a tubos de troca de calor e porções de trocadores de calor tendo espessura de material significativamente reduzida. Além disso, essas técnicas, processos e recursos de proteção contra corrosão provêem vantagens significativas em relação à performance geral de tubos planos e trocadores de calor feitos a partir desse material.

Muitas modalidades da presente invenção utilizam tubos planos tendo diâmetros maiores e menores, conforme descrito acima (indicados como D e D, respectivamente, no texto a seguir) que provêem vantagens únicas em muitas aplicações. Quando usados, por exemplo, em conjunto com as espessuras de material descritas nas várias modalidades abaixo, os tubos planos adaptados para várias aplicações diferentes podem ser produzidos. Também, a capacidade de produção de tubos planos tendo algumas das dimensões maiores e menores D, d descritas aqui é facilitada pelo uso do material de parede relativamente fina descrito acima.

Por exemplo, em algumas modalidades da presente invenção, a dimensão maior D (isto é, a largura do tubo plano nas modalidades ilustradas aqui) é não menor do que em torno de 10 mm (0,39370 in). Também, esta dimensão maior D não é maior do que em torno de 300 mm (3,9370 in) em algumas modalidades. Em outras modalidades, a dimensão maior D não é maior do que em torno de 200 mm (7,87402 in). Como um outro exemplo, em algumas modalidades da presente invenção, a dimensão menor d (isto é, a espessura do tubo plano nas modalidades ilustradas aqui) não é menor do que

em torno de 0,7 mm (0,02756 in). Também, esta dimensão menor d não é maior do que em torno de 10 mm (0,39370 in) em algumas modalidades. Em outras modalidades, a dimensão menor d não é maior do que em torno de 7 mm (0,2756 in).

Em muitas modalidades, as dimensões maiores e menores D, d são dependentes, pelo menos em parte, das aplicações dos tubos planos. Por exemplo, em aplicações de condensador, o diâmetro maior D do tubo plano não é menor do que em torno de 10 mm (0,39370 in) em algumas modalidades. Também, um diâmetro maior D do tubo plano em algumas aplicações de condensador não é maior do que em torno de 20 mm (0,78740 in). O diâmetro menor d para algumas aplicações de condensador do tubo plano não é menor do que em torno de 1,0 mm (0,039370 in). Também, um diâmetro menor d do tubo plano em algumas aplicações de condensador não é maior do que em torno de 2,0 mm (0,078740 in). Como um outro exemplo, em aplicações de radiador, o diâmetro maior D do tubo plano não é menor do que em torno de 10 mm (0,39370 in) em algumas modalidades. Também, um diâmetro maior D do tubo plano em algumas aplicações de radiador não é maior do que em torno de 200 mm (7,8740 in). O diâmetro menor d para algumas aplicações de radiador do tubo plano não é menor do que em torno de 0,7 mm (0,027559 in). Também, um diâmetro menor d do tubo plano em algumas aplicações de radiador não é maior do que em torno de 2,0 mm (0,078740 in). Como um outro exemplo, em aplicações de arrefecedor de ar de carga, o diâmetro maior D do tubo plano não é menor do que em torno de mm (0,78740 in) em algumas aplicações. Também, um diâmetro maior D do tubo plano em algumas aplicações de arrefecedor de ar de carga

não é maior do que em torno de 160 mm (6,29921 in). O diâmetro menor d para algumas aplicações de arrefecedor de ar de carga do tubo plano não é menor do que em torno de 4,0 mm (0,15748 in). Também, um diâmetro menor d do tubo plano em algumas aplicações de arrefecedor de ar de carga não é maior do que em torno de 10,0 mm (0,39370 in).

Ainda outras aplicações de tubo plano de acordo com qualquer uma das modalidades descritas aqui incluem resfriadores de óleo. Em aplicações de resfriadores de óleo, o diâmetro maior D do tubo plano não é menor do que em torno de 10 mm (0,49470 in) em algumas modalidades. Também, um diâmetro maior D do tubo plano em algumas aplicações de resfriador de óleo não é maior do que em torno de 150 mm (5,90551 in). O diâmetro menor d para algumas aplicações de resfriador de óleo do tubo plano não é menor do que em torno de 1,5 mm (0,05906 in). Também, um diâmetro menor d do tubo plano em algumas aplicações de resfriador de óleo não é maior do que em torno de 4,0 mm (0,15748 in). Ainda como um outro exemplo, em algumas aplicações de evaporador, o diâmetro maior D do tubo plano não é menor do que em torno de 30 mm (1,18110 in) em algumas modalidades. Também, um diâmetro maior D do tubo plano em algumas aplicações de evaporador não é maior do que em torno de 75 mm (2,95276 in). O diâmetro menor d para algumas aplicações de evaporador do tubo plano não é menor do que em torno de 1,0 mm (0,039370 in). Também, um diâmetro menor d do tubo plano em algumas aplicações de evaporador não é maior do que em torno de 2,0 mm (0,078740 in). Deve ser notado que outras aplicações (por exemplo, resfriadores de gás) dos tubos planos descritos aqui e/ou

ilustrados aqui são possíveis, e caem no espírito e no escopo da presente invenção.

Muitas das modalidades de tubo plano descritas acima e ilustradas aqui são construídas de um metal que inclui alumínio (por exemplo, alumínio ou uma liga de alumínio). Contudo, vários outros tipos de metais podem ser utilizados, ao invés disso, enquanto ainda provêem a resistência, a transferência de calor e as características de fabricabilidade desejadas para uso em dispositivos de troca de calor. Em algumas modalidades, o material dos tubos planos é provido com um revestimento de material de brasagem. O revestimento de material de brasagem pode ter várias espessuras possíveis diferentes, e, em algumas modalidades, não é menor do que em torno de 10% da espessura do material de parede de tubo plano para a produção de bons resultados de performance. Também, em algumas modalidades, o revestimento de material de brasagem não é maior do que em torno de 30% da espessura do material de parede de tubo plano. Em outras modalidades em que os tubos planos são para serem soldados com solda fraca, ao invés de brasados, o material de metal dos tubos planos pode ser provido com um revestimento de material de solda fraca. Várias operações de fixação diferentes (brasagem, soldagem, soldagem com solda fraca, e similares) podem ser usadas para a construção de qualquer um dos vários conjuntos de tubos planos e trocador de calor descritos e/ou ilustrados aqui. Contudo, porções do texto a seguir se referem apenas à brasagem, embora deva ser entendido que outros tipos de operações de fixação (incluindo soldagem e soldagem com solda fraca) são igualmente aplicáveis nessas

modalidades.

Vários dos recursos de tubo mencionados acima se referem à construção de paredes de tubo usando-se um material em folha relativamente fino. Em algumas modalidades, melhoramentos significativos na performance de tubo plano de parede fina são gerados pela provisão de um ou ambos os lados estreitos estáveis com dobras que são substancialmente perpendiculares ou substancialmente paralelas aos lados largos do tubo plano. Essas dobras podem ser formadas, por exemplo, pelo enrolamento ou dobramento de bordas longitudinais adjacentes de metal em folha sobre ou uma na outra. Nestas modalidades da presente invenção, nas quais um ou ambos os lados estreitos do tubo plano têm dobras que são substancialmente paralelas aos lados largos do tubo plano, essas dobras podem ter os mesmos comprimentos ou diferentes com respeito uma à outra. Conforme será descrito em maiores detalhes abaixo, as dobras nos lados estreitos de um tubo plano podem ser conformadas para se engancharem ou interencaixarem umas com as outras - um recurso que pode ser útil na fabricação do tubo plano e/ou de um trocador de calor empregando o tubo plano.

Em muitas das modalidades a seguir, os tubos planos são dispostos tendo lados estreitos dobrados e também tendo outras dobras e/ou deformações formadas dentro dos tubos planos. Em um processo de fabricação, as dobras que formam os lados estreitos podem ser produzidas subseqüentemente à fabricação dessas outras dobras e/ou deformações, embora outras alternativas de fabricação sejam possíveis. Também, deve ser notado que as dobras formadas no tubo plano podem

ser dobras múltiplas e, em algumas modalidades, são dispostas firmemente contra ou se confinam umas com as outras.

Uma primeira modalidade de um tubo plano 10 de acordo com a presente invenção é ilustrada nas FIG. 1 a 5. O tubo plano 10 é construído por duas porções de material em folha 12, 14 conformadas para a definição de canais de fluxo internos 16. Cada uma das duas porções 12, 14 pode ser formada a partir de uma tira sem fim de material ou bobina passada através de uma linha de fabricação tendo um dispositivo de corte de material (por exemplo, laser, serra, jato de água, lâmina e similares) para a produção de duas tiras que então são unidas em conjunto, conforme será descrito abaixo. Alternativamente, as duas porções 12, 14 podem ser formadas a partir de duas tiras sem fim de material ou bobinas passadas através de uma linha de fabricação. Em qualquer caso, a linha de fabricação pode ser equipada com conjuntos de rolos (conforme ilustrado a título de exemplo abaixo) ou outros elementos de formação de folha para conformação das tiras, conforme será descrito em maiores detalhes abaixo. Conforme usado aqui e nas reivindicações em apenso, o termo "sem fim" não significa literalmente que o elemento ou produto referido tem um suprimento ilimitado. Ao invés disso, o termo "sem fim" significa apenas que o elemento ou produto é recebido a partir de um suprimento muito maior de material contínuo em alguma forma volumosa a montante, tal como no suprimento de bobinas de material.

Embora as porções 12, 14 possam ter espessuras caindo em qualquer uma das faixas descritas acima, as porções 12,

14 na modalidade ilustrada das FIG. 1 a 5 têm uma espessura de parede de em torno de 0,10 mm (0,0039369 in) a título de exemplo. Em algumas modalidades, as porções 12, 14 incluem um material formado de alumínio ou de uma liga de alumínio. Contudo, outros materiais de porção (descritos acima) podem ser utilizados, ao invés disso, em algumas modalidades. Um ou ambos os lados das porções 12, 14 podem ser revestidos com um revestimento de material de brasagem, tal como uma camada de revestimento de brasagem que tem em torno de 10 a 30% da espessura da porção.

Conforme mostrado na FIG. 2, o tubo plano 10 da modalidade ilustrada define um diâmetro pequeno d. Usando as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro pequeno d de pelo menos em torno de 0,8 mm (0,031496 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, usando as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro pequeno d não maior do que em torno de 2,0 mm (0,07874 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Contudo, em algumas modalidades, um diâmetro pequeno d de tubo máximo de não mais do que em torno de 1,5 mm (0,059055 in) é usado. Conforme mostrado na FIG. 1, o tubo plano 10 da modalidade ilustrada também define um diâmetro grande D. Usando as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro grande D de pelo menos em torno de 40 mm (1,5748 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, usando as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro grande D não maior do que em

torno de 45 mm (1,7717 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Contudo, é possível que o tubo plano 10 defina um diâmetro grande D e um diâmetro pequeno d com outras dimensões, incluindo aquelas descritas acima com referência a todos os tubos planos mostrados aqui, com base pelo menos em parte nos processos de fabricação usados, na aplicação pretendida dos tubos, e/ou no uso de materiais de parede mais espessa ou mais fina. Para esta finalidade, as porções 12, 14 de larguras particulares podem ser tornadas disponíveis, e as instalações da linha de fabricação podem ser ajustadas de acordo com os diâmetros desejados D e d.

O tubo plano 10 na modalidade ilustrada das FIG. 1 a 5 inclui um primeiro lado estreito 18, um segundo lado estreito 20, um primeiro lado largo 22 e um segundo lado largo 24. O primeiro lado largo 22 e o segundo lado largo 24 correspondem às porções 12 e 14, respectivamente. Com referência em particular à FIG. 1, o primeiro lado largo 22 e o segundo lado largo 24 definem várias dobras 28. As dobras 28 se estendem a partir do primeiro lado largo 22 e do segundo lado largo 24 para a definição de quatro canais de fluxo 16. Em outras modalidades, o tubo plano 10 pode incluir mais ou menos canais de fluxo 16 definidos entre as dobras 28. Contudo, as dobras 28 podem correr de uma maneira ininterrupta e contínua ao longo do comprimento inteiro do tubo plano 10 para isolamento de canais de fluxo 16 adjacentes uns dos outros. Entretanto, em outras modalidades, as dobras 28 podem ser interrompidas ou quebradas em uma ou mais localizações ao longo do seu comprimento, de modo a se permitir um fluxo entre canais de

fluxo 16. Independentemente de as dobras 28 serem ininterruptas ou interrompidas, as dobras 28 podem enrijecer o tubo plano 10 contra compressão e podem enrijecer o tubo plano 10 contra uma expansão naquelas modalidades nas quais as extremidades distais das dobras 28 são afixadas a um lado largo 24 do tubo plano 10 (por exemplo, por brasagem ou de qualquer outra maneira adequada). As dobras 28 também podem servir a uma função de aumento de rigidez, de modo a resistirem à flexão do tubo plano 10.

Com referência, agora, às FIG. 1 e 2, o primeiro lado largo 22 e o segundo lado largo 24 também definem várias projeções 26. Em outras modalidades, nenhum dos lados 22, 24 tem essas projeções 26. As projeções ilustradas geralmente são saliências convexas que se estendem para os canais de fluxo 16 do tubo plano 10, e podem ter qualquer área ocupada desejada, tais como uma área ocupada redonda, uma área ocupada quadrada, triangular ou de outro polígono, qualquer área ocupada alongada (por exemplo, nervuras alongadas correndo ao longo de qualquer comprimento desejado dos canais de fluxo, correndo transversalmente aos canais de fluxo, e similares), áreas ocupadas irregulares, ou áreas ocupadas de qualquer outro formato (por exemplo, em serpentina, ziguezague, divisa e similares). Quando usadas, as projeções 26 podem funcionar para induzirem ou sustentarem turbulência no tubo plano 10, desse modo aumentando a transferência de calor nessas localizações. Também, como as dobras 28 descritas acima, as projeções 26 podem servir a uma função de aumento da rigidez dos lados largos 22, 24 do tubo plano 10. As projeções 26 podem estar

localizadas em qualquer padrão ou de uma maneira sem padrão no tubo plano 10 e, em algumas modalidades, estão localizadas apenas em áreas em particular dos canais de fluxo 16 para produção dos efeitos desejados de fluxo e transferência de calor.

A FIG. 3 ilustra esquematicamente um conjunto de etapas de fabricação de exemplo que podem ser usadas para a formação de um tubo plano 10, tal como aquele ilustrado nas FIG. 1, 2, 4 e 5. Começando com uma primeira porção de material 12 que define uma largura W e uma segunda porção de material 14 que define uma largura menor w, um número desejado de dobras 28 é formado, e ajudará na definição dos canais de fluxo 16. As dobras 28 na modalidade ilustrada são formadas em ambas as porções 12, 14. Em outras modalidades, as dobras 28 são formadas em apenas uma das porções 12, 14. De modo similar, as projeções 26 na modalidade ilustrada são formadas em apenas uma das porções 12, 14. As dobras 28 e as projeções 26 estão localizadas entre as bordas longitudinais do material definindo as porções 12, 14 (por exemplo, as bordas longitudinais do metal em folha definindo as porções 12, 14).

A largura W da primeira porção 12 e a largura w da segunda porção 14 na modalidade ilustrada das FIG. 1 a 5 são reduzidas no decorrer da formação das dobras 28 e das projeções 26. É para ser entendido que outras deformações podem ser incluídas nas etapas de fabricação de exemplo da FIG. 3 para a geração de outros recursos do tubo plano 10, conforme desejado. Com referência continuada ao exemplo de fabricação da FIG. 3, um conjunto adicional de dobras 30 é formado em cada uma das bordas longitudinais das porções

12, 14 subseqüentemente à formação das dobras 28 e projeções 26 necessárias, desse modo se definindo os lados estreitos 18 e 20 do tubo plano 10. Em outras modalidades, um ou ambos os conjuntos adicionais de dobras 30 podem ser produzidos antes de ou ao mesmo tempo em que as dobras 28 e as projeções 26, embora o processo ilustrado na FIG. 3 possa prover vantagens de fabricação significativas com base na configuração e na operação da linha de fabricação. Conforme mais bem ilustrado nas FIG. 4 e 5, as dobras adicionais 30 de cada uma das porções 12, 14 se encaixam umas nas outras para a definição do primeiro lado estreito 18 e do segundo lado estreito 20 do tubo, respectivamente. Em virtude deste encaixe entre as bordas longitudinais das porções 12, 14 do tubo plano em duas peças 10, as porções 12, 14 podem ser mantidas em conjunto mesmo antes da brasagem ou de outras operações de fixação nas porções 12, 14. Mais especificamente, as FIG. 4 e 5 ilustram as dobras 30 de uma porção 14 definindo um comprimento maior do que as dobras 30 da outra porção 12. Assim, as dobras 30 de uma porção 12 podem se dobrar em torno das dobras 14 da outra porção, conforme também é mostrado na FIG. 2.

Conforme a modalidade ilustrada das FIG. 1 a 5 mostra, em algumas modalidades, uma das porções 12 é suficientemente longa para se enrolar em torno de e desse modo receber a borda longitudinal da outra porção 14 (por exemplo, por meio do que a borda longitudinal de uma porção 14 é aninhada na borda longitudinal dobrada da outra porção 12). Em outras modalidades, uma das porções 12 ao invés disso é longa apenas o suficiente para se sobrepor às bordas longitudinais da outra porção 14. Contudo, as

modalidades descritas acima em relação às FIG. 1 a 5 podem prover vantagens significativas em relação à montagem e à fabricação do tubo plano 10, incluindo a retenção das porções 12, 14, conforme descrito acima, e um maior grau de reforço de lado estreito e resistência, com base na maior espessura de material nos lados estreitos 18, 20. Na modalidade ilustrada das FIG. 1 a 5, ambos os lados estreitos 18, 20 são providos com a mesma estrutura dobrada mais bem mostrada nas FIG. 2 a 5. Contudo, em outras modalidades, apenas um dos dois lados estreitos 18, 20 do tubo plano 10 tem qualquer uma das estruturas dobradas descritas acima. Nessas modalidades, a conexão entre as duas porções 12, 14 no outro lado estreito 20, 18 pode ser feita de qualquer outra maneira desejada.

As FIG. 6 a 11 ilustram construções alternativas de tubos planos de acordo com modalidades adicionais da presente invenção. Estas modalidades empregam muito da mesma estrutura e têm muito das mesmas propriedades que as modalidades do tubo plano descritas acima em relação às FIG. 1 a 5. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 1 a 5. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 1 a 5 para uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos e a possíveis alternativas à estrutura e aos recursos dos tubos planos ilustrados nas FIG. 6 a 11 e descritos abaixo. A estrutura e os recursos das modalidades mostradas nas FIG. 6 a 11 que correspondem à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 1 a 5 são designados a partir deste ponto em

respectivas séries das centenas de números de referência (por exemplo, 112, 212, 312, e similares).

As FIG. 6 a 11 ilustram outras construções de um lado estreito 118, 218, 318, 418, 518, 618 de cada tubo 110, 210, 310, 410, 510, 610, sendo entendido que o outro lado estreito 120, 220, 320, 420, 520, 620 pode ter a mesma estrutura ou uma diferente, conforme desejado. Os lados estreitos 118, 218, 318, 418, 518, 618 mostrados nas FIG. 6 a 11 podem ser fabricados em etapas similares àquelas descritas acima com referência à FIG. 3. Mais ainda, cada um dos lados estreitos 118, 218, 318, 418, 518, 618 mostrados nas FIG. 6 a 11 provê resistência e/ou estabilidade para o tubo 110, 210, 310, 410, 510, 610 se comparado com projetos convencionais de tubo plano, levando-se em consideração a espessura relativamente pequena do material usado para a construção das paredes de tubo em algumas modalidades: em torno de 0,050 a 0,15 mm (0,0019685 a 0,0059055 in) em algumas modalidades, conforme descrito acima, e em torno de 0,030 a 0,15 mm (0,00118 a 0,0059055 in) em outras modalidades, e outras faixas de espessura de material descritas aqui.

Os lados estreitos 118, 218, 418 dos tubos planos 110, 210, 310 mostrados nas FIG. 6, 7 e 9 pode ser formado pelo dobramento ou enrolamento em conjunto de bordas longitudinais adjacentes das duas porções de tubo 112, 212, 412 e 114, 214, 414, desse modo definindo várias dobras 130, 230, 330, 430, 530, 630. Deve ser notado que as formas são referidas aqui e nas reivindicações em apenso como "dobras", independentemente de elas terem sido feitas por operações de enrolamento ou de dobramento, e

independentemente de os formatos resultantes serem rotundos (por exemplo, FIG. 6), empilhados (por exemplo, FIG. 7 a 9) ou angulares (por exemplo, FIG. 10 e 11). Com referência continuada às FIG. 6, 7 e 9, cada lado estreito 118, 218, 418 provê características únicas de transferência de calor, resistência e estabilidade, e pode ser formado usando-se técnicas diferentes. Pelo menos uma porção das bordas longitudinais dobradas ou enroladas (e, no caso dos lados estreitos 218, 418 ilustrados nas FIG. 7 e 9, a maior parte das bordas longitudinais dobradas ou enroladas) é formada para ser aproximadamente perpendicular aos lados largos 122, 222, 422 e 124, 224, 424 do tubo plano 110, 210, 410.

Com referência aos lados estreitos 518, 618 dos tubos planos 510, 610 mostrados nas FIG. 10 e 11, as bordas longitudinais das porções 512, 612 e 514, 614 também podem ser formadas pelo dobramento ou enrolamento em conjunto das bordas longitudinais adjacentes das duas porções de tubo 512, 612 e 514, 614. Mais uma vez, cada um dos lados estreitos 518, 618 dos tubos planos 510, 610 provê características únicas de transferência de calor, resistência e estabilidade, e pode ser formado usando-se técnicas diferentes. Em ambos os casos, as bordas longitudinais das porções 512, 612 e 514, 614 podem ser dobradas sobre si mesmas para a definição de uma borda em serpentina do tubo plano 510, 610. Embora as dobras 530, 630 desta borda em serpentina possam se confinar uma com a outra com pouco ou nenhum espaço entre as dobras adjacentes 530, 630, em algumas modalidades (veja as FIG. 10 e 11), existe um espaço entre as porções adjacentes de cada dobra. A transferência de calor, a firmeza, a resistência e/ou o

tamanho dos tubos planos 510, 610 podem ser selecionados conforme desejado, com base na orientação das dobras 530, 630 nessas modalidades (por exemplo, substancialmente perpendiculares aos lados largos 522, 622 e 524, 624, ou em um ângulo significativamente menor do que 90 graus com respeito aos lados largos 522, 622 e 524, 624) e o espaço entre porções adjacentes de cada dobra 530, 630.

A modalidade ilustrada na FIG. 8 provê um exemplo de como pelo menos uma porção das dobras 330 (e, em alguns casos, a maioria das dobras 330) do lado estreito 318 pode ser paralela ou substancialmente paralela aos lados largos 332, 324 do tubo plano 310. Algumas ou todas estas dobras 330 podem ficar umas contra as outras para uma transferência melhorada de calor entre elas. Em algumas modalidades, as dobras 330 do lado estreito 318 podem ser substancialmente do mesmo comprimento L, tal como nos casos em que um formato de canal de fluxo em particular é desejado adjacente ao lado estreito 318 do tubo plano 310. Contudo, em outras modalidades (tal como aquela mostrada na FIG. 8), pelo menos algumas das dobras 330 de lado estreito paralelas aos lados largos 322, 324 têm um comprimento diferente das outras. Por exemplo, as dobras dimensionadas diferentemente podem definir um lado geralmente côncavo (FIG. 8) ou convexo de um canal de fluxo adjacente 316, tal como para a definição de um formato desejado de canal de fluxo adjacente ao lado estreito 318. Com referência à modalidade ilustrada da FIG. 8, o comprimento L de cada dobra 330 diminui a partir do exterior do tubo plano 310 em direção ao interior do tubo plano 310 (isto é, a primeira dobra 330 que fica contra o lado largo 322 tem um

comprimento L maior do que a dobra subseqüente 330 e a última dobra 330 que fica contra o outro lado largo 324 tem um comprimento L maior do que a dobra prévio 330). Nestas modalidades, tais formatos do lado estreito 318 podem ajudar a evitar transições de temperatura súbitas através do tubo plano 310, uma questão que de outra forma pode contribuir para uma falha de tubo em muitas aplicações. Como um outro exemplo, dobras dimensionadas diferentemente podem definir um lado estreito em formato de cunha 318, o qual pode prover uma ponte de transferência de calor não simétrica através da distância entre os lados largos 322, 324. Ainda outros formatos do lado estreito 318 definidos pelas dobras dimensionadas diferentemente 303 paralelas aos lados largos 322, 324 são possíveis, e caem no espírito e no escopo da presente invenção.

Naquelas modalidades em que as dobras 330 do lado estreito 318 são paralelas ou substancialmente paralelas aos lados largos 322, 324 do tubo plano em duas peças 310, as dobras 330 formadas da primeira porção 312 podem ser enganchadas em conjunto ou interencaixadas com as dobras 330 formadas da segunda porção 314 (veja a FIG. 8, por exemplo). Como resultado, o tubo plano formado 310 pode ser mantido em conjunto antes de uma brasagem ou de outras operações de fixação nas porções 312, 314, o que pode facilitar a montagem dos tubos planos 310 em bancos e/ou de trocadores de calor tendo esses tubos planos 310, conforme é adicionalmente explicado abaixo. Será apreciado que vantagens similares existem nas outras modalidades de lado estreito descritas acima com referência às FIG. 6, 7 e 9 a 11.

Naquelas modalidades da presente invenção em que um ou ambos os lados estreitos 18, 118, 218, 318, 418, 518, 618, 20, 120, 220, 320, 420, 520, 620 têm dobras 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630 conforme descrito acima, tais dobras 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630 podendo geralmente prover uma estabilidade aumentada para os lados estreitos 18, 118, 218, 318, 418, 518, 618, 20, 120, 220, 320, 420, 520, 620 apesar da espessura de parede relativamente pequena do tubo plano 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610 mencionada anteriormente. Um número maior de dobras 30, 130, 230, 330, 430, 530, 630 nos lados estreitos 18, 118, 218, 318, 418, 518, 618, 20, 120, 220, 320, 420, 520, 620 também pode prover uma melhor proteção para o tubo plano 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610 contra danos devido a altas pressões internas, impacto de objetos e corrosão, por exemplo. Isto pode ser de grande importância quando se usam tais tubos planos 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610 em trocadores de calor para veículos motores.

Embora não requerido nas modalidades descritas acima, as primeira e/ou segunda porções 12, 112, 212, 312, 412, 512, 612 e 14, 114, 214, 314, 414, 514, 614 podem ter uma ou mais dobras 28 localizadas entre os lados estreitos 18, 118, 218, 318, 418, 518, 618 e 20, 120, 220, 320, 420, 520, 620 do tubo plano 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610. Nesse sentido, a descrição dessas dobras 28 na modalidade ilustrada das FIG. 1 a 5 é aplicável igualmente às outras modalidades descritas acima. Para facilidade de descrição, uma informação adicional referente a estas dobras 28 será feita, agora, com referência à modalidade ilustrada das FIG. 12 e 13, usando-se os números de referência da

modalidade das FIG. 1 a 5.

Em algumas modalidades, os inventores descobriram que localizações das dobras internas 28 podem ser selecionadas para a definição de canais de fluxo 16 de tamanho variável, para se permitir que características diferentes de fluido e/ou de fluxo (por exemplo, vazões e/ou direções, pressões, múltiplos tipos de fluido e similares) em localizações diferentes do mesmo tubo plano 10, e para se permitirem maneiras diferentes de transferência de calor nas localizações diferentes. Com referência à modalidade ilustrada da FIG. 12, a largura ou distância "a" entre as dobras internas 28 é definida substancialmente paralela aos primeiro e segundo lados largos 22, 24 do tubo plano 10, e varia com base no grau desejado de resistência a uma mudança de temperatura ao longo da largura do tubo plano 10.

Em algumas modalidades, tal como naquela mostrada na FIG. 12, a distância "a" entre as dobras internas 28 pode se tornar maior começando a partir de um ou de ambos os lados estreitos 18 e 20 do tubo plano 10 em direção ao centro do tubo plano 10. Assim sendo, em algumas modalidades, a distância "a" aumenta a partir de dobra interna 28 para dobra interna 28, começando a partir de um lado estreito 18, 20 na direção do meio do tubo plano 10, e subseqüentemente diminui de novo na direção do outro lado estreito 20, 18. Nessas modalidades, a área de seção transversal dos canais de fluxo 16 individuais formados pelas dobras internas 28 aumenta e diminui, respectivamente. Em algumas modalidades, a distância "a" começa em um ou ambos os lados estreitos 18, 20 a uma

magnitude de em torno de 0,5 mm (0,019685 in) e aumenta para uns poucos milímetros.

Por exemplo, nesses casos, um tubo plano 10 com uma largura de aproximadamente 42 mm (aproximadamente 1,6634 in) pode incluir um grande número de dobras internas 28 e canais de fluxo 16. É concebível que um tubo plano 10 possa incluir canais de fluxo 16 relativamente mais largos substancialmente adjacentes a um ou ambos os lados estreitos 18, 20, com os canais de fluxo 16 mais estreitos próximos do centro do tubo plano 10. Também, embora os canais de fluxo 16 em muitas modalidades tenham larguras "a" dos tamanhos descritos acima, essas larguras podem ser significativamente maiores em outras modalidades, incluindo faixas de pelo menos 1 cm (0,3937 in).

Em algumas modalidades, o tubo plano 10 pode incluir dobras internas 28 imediatamente adjacentes umas às outras, onde essas dobras internas estão em confinamento ou contato íntimo umas com as outras imediatamente se seguindo à formação das dobras internas 28 ou após uma brasagem ou outras operações de fixação das porções 12, 14. Por exemplo, múltiplas dobras internas 28 podem ser dispostas firmemente umas contra as outras. Em qualquer um destes casos, duas ou mais dobras internas 28 podem definir um conjunto 32 de dobras internas 28. O tubo plano 10 pode ter qualquer número desses conjuntos 32 de dobras internas 28, tais como aqueles mostrados na FIG. 13, sozinhos ou em conjunto com qualquer número de dobras únicas 28. Cada conjunto 32 de dobras internas 28 mostrado na FIG. 13 inclui três dobras internas individuais 28. Contudo, em outras modalidades, duas dobras internas 28 podem ser

suficientes para a formação de um conjunto 32, e/ou quatro ou mais dobras internas 28 podem formar um conjunto 32. Assim sendo, o número de dobras internas 28 que formam o conjunto 32 é livremente selecionável, com base na aplicação pretendida do tubo plano 10 e em outros fatores. Nesse sentido, uma ou ambas as porções 12, 14 do tubo plano 10 podem ter conjuntos de dobra 32 tendo qualquer número de dobras internas 28 e qualquer combinação de conjuntos 32 com números diferentes de dobras internas 28.

As dobras internas únicas 28 e/ou os conjuntos 32 de dobras internas 28 podem estar todos localizados na mesma porção 12 ou 14, ou em ambas as porções 12, 14 do tubo plano 10 em qualquer arranjo desejado. Por exemplo, múltiplos conjuntos 32 de dobras internas 28 podem ser simetricamente dispostos em torno de uma localização central do tubo plano 10 (tal como o arranjo de conjuntos de dobra interna 32 mostrado na FIG. 13), onde conjuntos correspondentes 32 em lados opostos da localização central se estendem a partir da mesma porção 12, 14 ou a partir de uma porção diferente 12, 14 (por exemplo, a FIG. 13). Também, em algumas modalidades, uma ou mais dobras internas únicas 28 e/ou um ou mais conjuntos 32 de dobras internas 28 em uma porção 12, 14 do tubo plano 10 podem ser aninhadas nas dobras internas 28 de um conjunto 32 na porção oposta 14, 12 do tubo plano 10.

Os conjuntos 32 de dobras internas 28 conforme descrito acima podem ser utilizados para a provisão de tubos planos 10 com resistência mais alta à pressão e maior capacidade de suporte de carga, e também podem ser usados para variação do formato de seção transversal dos canais de

fluxo 16. Deve ser notado que os recursos descritos acima com referência a tubos planos 10 variáveis com larguras de canal de fluxo variáveis se aplicam igualmente a modalidades nas quais os conjuntos 32 de dobras internas 28 são utilizados. Também, naquelas modalidades em que o tubo plano 10 é formado com um processo de brasagem, as dobras internas 28 em um lado largo 22, 24 (em uma forma única ou em conjuntos 32) podem formar juntas brasadas com o outro lado largo 24, 22, desse modo melhorando a ligação dentro do tubo plano 10.

As FIG. 14 e 15 ilustram duas construções adicionais de tubos planos de acordo com modalidades adicionais da presente invenção. Estas modalidades empregam muito da mesma estrutura e têm muito das mesmas propriedades que as modalidades do tubo plano descritas acima em relação às FIG. 1 a 13. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 1 a 13. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 1 a 13 para uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos, e possíveis alternativas para a estrutura e os recursos dos tubos planos ilustrados nas FIG. 14 e 15 são descritas abaixo. A estrutura e os recursos das modalidades mostradas nas FIG. 14 e 15 que correspondem à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 1 a 13 são designados a partir deste ponto nas séries 700 e 800 de números de referência, respectivamente.

Os tubos planos 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610 ilustrados nas FIG. 1 a 13 acima, cada um, têm paredes

internas definidas pelas dobras internas 28 das primeiras e/ou segundas porções 12, 112, 212, 312, 412, 512, 612, 14, 114, 214, 314, 414, 514, 614. Em qualquer uma destas modalidades, contudo, estas paredes pelo menos parcialmente definindo canais de fluxo 16, 116, 216, 316, 416, 516, 616 podem ser definidas por uma porção separada de material que é conectada a uma ou a ambas as primeiras e segundas porções 12, 112, 212, 312, 412, 512, 612, 14, 114, 214, 314, 414, 514, 614 na fabricação dos tubos planos 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610. Embora diferentes dos tubos planos 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610 descritos acima em relação às FIG. 1 a 13 (por exemplo, espessuras de parede externa e materiais, diâmetros de tubo, formatos de parede interna, localizações, espaçamentos e conjuntos, e construções de lado estreito).

Por exemplo, os tubos planos 710, 810 mostrados nas FIG. 14 e 15 são construídos, cada um, usando-se duas porções 712, 714 e 812, 814 respectivamente entre as quais está localizada uma inserção 734, 834 definida por uma outra porção de material. Em ambos os casos, a inserção 734, 834 tem um formato corrugado, por meio do que as corrugações da inserção 734, 834 podem formar canais de fluxo 716, 816 do tubo plano 710, 810. Um ou ambos os lados estreitos 718, 720 e 818, 820 do tubo plano 710, 810 (apenas um dos quais sendo mostrado em cada uma das FIG. 14 e 15) podem incorporar uma porção da inserção 734, 834 pelo dobramento comumente das bordas das primeiras e segundas porções 712, 714 e 812, 814 com as bordas da inserção 734, 834. Por exemplo, em algumas modalidades, o tubo plano 710 tem lados estreitos em serpentina 718, 720, conforme

mostrado na FIG. 14, onde as bordas da inserção 734 são dobradas com e nos lados longitudinais das primeiras e segundas porções 712, 714. Em outras modalidades, os lados estreitos 818, 820 do tubo plano 810 são dobrados firmemente um contra o outro, conforme mostrado na FIG. 15, onde as bordas da inserção 834 são de novo dobradas com e nos lados longitudinais das primeiras e segundas porções 812, 814. Ainda em outras modalidades, as bordas longitudinais de uma inserção podem ser enroladas naquelas das primeiras e segundas porções em qualquer uma das estruturas de lado estreito mostradas nas FIG. 6 a 10.

As modalidades da presente invenção descritas acima utilizam, cada uma, dois pedaços separados de material para a definição das primeiras e segundas porções 12, 112, 212, 312, 412, 512, 612, 712, 812, e 14, 114, 214, 314, 414, 514, 614, 714, 814 dos tubos planos 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810. Embora essas construções de tubo tenham vantagens únicas, incluindo alguns recursos de interencaixe de porção em porção e vantagens de fabricação, os tubos planos de acordo com a presente invenção também podem ser formados como uma parte, tal como por uma tira de metal em folha sem fim única ou não dividida. Pela deformação da parte única, bordas longitudinais livres da parte única podem ser colocadas em conjunto e unidas por brasagem, soldagem, ou outras operações de fixação. Em outras palavras, algumas modalidades dos tubos planos de acordo com a presente invenção podem ser formadas a partir de uma parte (por exemplo, uma tira de metal em folha), enquanto ainda se definem dois lados estreitos estáveis. Várias modalidades desses tubos planos em uma parte são descritas

em detalhes abaixo. Com exceção daqueles recursos de tubos planos em uma parte descritos abaixo que sejam inconsistentes ou incompatíveis com os recursos de tubo descritos acima com referência às modalidades em duas peças das FIG. 1 a 15, os tubos em uma parte descritos abaixo podem ter qualquer um dos recursos de construção descritos acima em relação às FIG. 1 a 15 (por exemplo, espessuras de parede externa e materiais, diâmetros de tubo, formatos de parede interna, localizações, espaçamentos e conjuntos, e construções de lado estreito).

Os tubos em uma peça descritos abaixo podem ter propriedades térmicas melhoradas em relação a tubos planos convencionais, com base, pelo menos em parte, no uso do material de parede de tubo relativamente fina (descrito acima) que pode ser empregado. Adicionalmente, a montagem dos tubos planos em um trocador de calor também pode ser simplificada.

Como os tubos planos em duas peças descritos acima, as dobras formadas nos lados estreitos dos tubos planos em uma peça descritos abaixo podem ser substancialmente perpendiculares ou substancialmente paralelas aos lados largos. Por exemplo, um primeiro lado estreito do tubo plano pode ser formado de uma porção contínua de uma folha de metal única e pode incluir um conjunto de múltiplas dobras. Em algumas modalidades, estas dobras podem definir múltiplos comprimentos (por exemplo, similares àqueles descritos acima em relação à FIG. 8), os quais podem ajudar a evitar a formação de fissuras devido à fadiga térmica. Um segundo lado estreito do tubo plano pode ser formado pelas bordas longitudinais livres da folha de metal única e

também pode ter múltiplas dobras. Apesar da espessura de metal em folha de 0,05 a 0,15 mm (0,0019685 a 0,00591 in) em algumas modalidades, e 0,03 a 0,15 mm (0,00118 a 0,00591 in) em outras modalidades, as bordas longitudinais da peça única de material formando o segundo lado estreito podem ser acopladas por brasagem, soldagem ou outras operações de fixação. Também como os tubos planos em duas peças descritos acima, um ou ambos os lados largos dos tubos planos em uma peça podem incluir dobras internas e outras deformações (por exemplo, contas dirigidas para dentro, nervuras ou outras projeções que não precisam atingir o interior dos tubos planos). As dobras internas podem formar canais de fluxo dentro do tubo plano, e podem ser dispostas de qualquer uma das maneiras descritas acima com referência aos tubos planos em duas peças. A título de exemplo apenas, as dobras internas podem ser em conjuntos, podem ser em espaçamentos em particular que podem ou não variar através da largura do tubo plano, e podem aumentar na direção a partir de um ou ambos os lados estreitos em direção à metade do tubo plano. Como resultado dessas dobras internas e dos arranjos de dobra interna, a capacidade do tubo plano em uma peça de resistir a cargas de mudança de alta temperatura pode ser significativamente melhorada.

Os exemplos de tubos planos em uma peça tendo alguns destes recursos são ilustrados nas FIG. 16 a 24, cada uma das quais tendo primeiras e segundas porções 912, 914, 1012, 1014, 1112, 1114, 1212, 1214, 1312, 1314, 1412, 1414, 1512, 1514, 1612, 1614, 1712, 1714 formadas de uma peça de material comum dobrada nos formatos ilustrados. Embora outros materiais e espessuras de materiais possam ser

empregados, conforme descrito em maiores detalhes acima em relação aos tubos planos em duas peças, as primeiras e segundas porções ilustradas 912, 914, 1012, 1014, 1112, 1114, 1212, 1214, 1312, 1314, 1412, 1414, 1512, 1514, 1612, 1614, 1712, 1714 são formadas de uma tira de metal em folha de alumínio ou de liga de alumínio tendo uma espessura de material de em torno de 0,10 mm (0,003937 in). Qualquer um dos tubos planos 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 pode ter um revestimento de material de brasagem em um ou em ambos os lados, onde cada camada do revestimento de material de brasagem pode ter uma espessura de em torno de 10 a 20% da espessura da tira de metal em folha.

Usando as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro pequeno d de pelo menos 0,8 mm (0,031496 in) para os tubos planos ilustrados 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, usando as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro pequeno d de não mais do que em torno de 2,0 mm (0,07874 in) para os tubos planos ilustrados 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Contudo, em algumas modalidades, um diâmetro pequeno d máximo de não mais do que em torno de 1,5 mm (0,059055 in) para os tubos planos ilustrados 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 é usado. Mais ainda, um diâmetro grande D para qualquer um dos tubos planos ilustrados 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 usualmente é

selecionável livremente em certos limites de fabricação. Em algumas modalidades, por exemplo, o diâmetro grande D é de aproximadamente 50 mm (1,969 in). Contudo, os tubos planos em uma peça 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 tendo diâmetros maiores ou menores D, d (incluindo aqueles descritos com respeito a todas as modalidades de tubo plano mostradas aqui) e as espessuras de parede descritas anteriormente também podem ser fabricados, em cujos casos a largura original W do material (veja a FIG. 16, por exemplo) usada para a formação dos tubos planos 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 é tornada disponível na linha de fabricação.

Conforme mencionado acima, os vários tipos de dobras de lado estreito e dobras internas descritos em relação às modalidades das FIG. 1 a 15 podem ser empregados nos tubos planos em uma peça descritos aqui. Em algumas modalidades de tubo em uma peça, tais como aquelas mostradas nas FIG. 19 a 24, um ou ambos os lados estreitos 1218, 1220, 1318, 1320, 1418, 1420, 1518, 1520, 1618, 1620, 1718, 1720 do tubo plano 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 podem incluir múltiplas dobras 1230, 1330, 1430, 1530, 1630, 1730, as quais podem prover lados estreitos relativamente mais estáveis e fortes 1218, 1220, 1318, 1320, 1418, 1420, 1518, 1520, 1618, 1620, 1718, 1720. Como resultado, os lados estreitos relativamente mais estáveis 1218, 1220, 1318, 1320, 1418, 1420, 1518, 1520, 1618, 1620, 1718, 1720 podem prover uma proteção suficiente dos tubos planos 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 contra danos devido à fadiga por temperatura e/ou pressão, impacto de objetos e corrosão, desse modo provendo uma

melhor performance quando usados em um trocador de calor para veículos motores (por exemplo).

Com referência, agora, à FIG. 16, um exemplo da maneira pela qual um tubo em uma peça 910 pode ser fabricado é mostrado. Em particular, a FIG. 16 ilustra pelo menos parte de um processo de fabricação para a formação de um tubo plano em uma peça 910. Dobras únicas e/ou múltiplas são feitas em uma folha de material de partida, e definirão pelo menos parcialmente as dobras internas 928 do tubo plano 910 e canais de fluxo 916 no tubo plano 910. Em algumas modalidades, a folha de material de partida é uma folha sem fim que é alimentada a partir de uma bobina de material a jusante dos elementos de fabricação usados para a produção das dobras. Ao mesmo tempo ou em um diferente, dobras adicionais são criadas que definirão pelo menos parcialmente dobras em um lado estreito 920 do tubo plano 910. Por exemplo, um conjunto 932 de múltiplas dobras 930 é produzido no ou próximo do centro da tira de metal em uma peça ilustrada na FIG. 16, para a definição de um lado estreito 920 pelo dobramento da tira na direção mostrada pela seta substancialmente adjacente ao conjunto 932 de múltiplas dobras 930. Como resultado desta dobra indicada pela seta, os primeiro e segundo lados estreitos 912, 914 do tubo plano 910 são definidos. O outro lado estreito 918 e as dobras 930 do outro lado estreito 918 podem assumir qualquer uma das formas mostradas nas FIG. 19 a 23 ou aquelas descritas e/ou ilustradas acima em relação aos lados estreitos dos tubos planos em duas peças 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810. As FIG. 17 e 18 ilustram recursos de construções alternativas de tubo plano em uma

peça (lados estreitos não mostrados), que podem ser empregadas. Mais especificamente, a FIG. 17 provê um exemplo de como as dobras internas únicas 1028 e conjuntos 1032 de múltiplas dobras internas 1028 em um ou em ambos os lados largos 1022, 1024 podem ser utilizados no mesmo tubo plano em uma peça 1010, para a definição de canais de fluxo 1016 do mesmo tamanho ou de um diferente. A FIG. 18 provê um exemplo de como várias dobras internas únicas 1128 podem ser feitas em localizações em particular em um ou ambos os lados largos 1122, 1124 para a definição de canais de fluxo 1116 de tamanho de seção transversal variável, tais como tamanhos de seção transversal que aumentam gradualmente em uma direção ao longo da largura do tubo plano em uma peça 1110.

As FIG. 19 a 24 mostram ainda outros exemplos de tubos planos em uma peça 1210, 1310, 1410, 1510, 1610 de acordo com outras modalidades da presente invenção. Como as modalidades de tubo em uma peça ilustradas nas FIG. 16 a 18, cada um dos tubos planos em uma peça 1210, 1310, 1410, 1510, 1610 ilustrado nas FIG. 19 a 24 tem dobras internas 1228, 1328, 1428, 1528, 1628, 1728 dispostas individualmente e/ou em conjuntos para a definição de canais de fluxo 1216, 1316, 1416, 1516, 1616, 1716. Em alguns casos, o arranjo de dobras internas individuais 1228, 1328, 1428, 1528, 1628, 1728 e/ou conjuntos 1232, 1332, 1532 dessas dobras 1228, 1328, 1528 é determinado com base em um ou mais fatores (por exemplo, fluidos únicos ou múltiplos através dos tubos 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710, temperaturas previstas, tensões térmicas e ciclos térmicos aos quais as diferentes porções da largura e/ou do

comprimento de tubo estarão expostas, pressões internas de fluido, e similares).

Com referência em particular, primeiramente, à FIG. 19, múltiplas dobras internas 1228 próximas do centro do tubo plano 1210 definem uma espessura de material de quatro vezes aquela do material de tubo não dobrado (isto é, duas dobras únicas 1228 dispostas firmemente ou imediatamente adjacentes uma à outra, tal como de uma forma de confinamento). O tubo plano em uma peça 1210 ilustrado na FIG. 19 tem dois desses conjuntos 1232 de dobras internas 1228, cada um dos quais sendo formado em um lado largo diferente 1222, 1224 do tubo plano 1210. Na modalidade da FIG. 20, quatro conjuntos 1332 de múltiplas dobras internas 1328, cada um, definem uma espessura de material de seis vezes aquela do material de tubo não dobrado (isto é, três dobras únicas 1328 dispostas firmemente ou imediatamente adjacentes umas às outras, tal como de uma forma com confinamento). As dobras internas 1328 na modalidade da FIG. 20 são posicionadas para a definição de canais de fluxo 1316 de tamanho variável, diferentemente daquelas da FIG. 19, as quais têm substancialmente o mesmo tamanho. Será apreciado que qualquer outro número de conjuntos de dobra interna 1232, 1332 pode ser provido em um ou em ambos os lados largos 1222, 1224, 1322,1324 dos tubos planos em uma peça 1210, 1310 ilustrados nas FIG. 19 e 20, com ou sem dobras internas adicionais individuais 1228, 1328 (isto é, as dobras internas 1228, 1328 não em conjuntos 1232, 1332 conforme também mostrado nas FIG. 19 e 20).

As modalidades das FIG. 21, 22 e 23 provêem exemplos de tubos planos em uma peça 1410, 1510, 1610 nos quais

apenas dobras únicas 1428, 1528, 1628 são usadas para a formação de canais de fluxo 1416, 1516, 1616. A título de exemplo, as dobras internas 1428, 1528 dos tubos planos em uma peça 1410, 1510 ilustrados nas FIG. 21 e 22 são posicionadas para a definição de canais de fluxo 1416, 1516 de tamanho variável (aumentando em direção ao centro de cada tubo plano 1410, 1510, 1610), diferentemente daquelas da FIG. 23, as quais têm substancialmente o mesmo tamanho, com exceção de um canal de fluxo ligeiramente maior 1616 imediatamente adjacente a um ou ambos os lados estreitos 1618, 1620. Deve ser notado que as dobras internas 1228, 1328, 1428, 1528, 1628, 1728 de qualquer um dos tubos planos em uma peça 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 ilustrados nas FIG. 19 a 24 podem ser posicionadas para a definição de canais de fluxo 1216, 1316, 1416, 1516, 1616, 1716 do mesmo tamanho ou de um diferente, e que as larguras dos canais de fluxo 1216, 1316, 1416, 1516, 1616, 1716 podem aumentar ou diminuir em direção ao centro dos tubos planos 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 gradualmente na mesma direção através da maior parte ou de toda a largura de tubo, ou de qualquer outra maneira desejada. Também, outras construções dos tubos planos 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 podem incluir números diferentes de dobras únicas 1228, 1328, 1428, 1528, 1628, 1728 e conjuntos de múltiplas dobras internas 1228, 1328, 1428, 1528, 1628, 1728, conforme desejado.

Com referência continuada às modalidades de tubo plano em uma peça ilustradas nas FIG. 19 a 24, cada tubo plano 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710 tem um lado estreito 1220, 1320, 1420, 1520, 1620, 1720 definido por uma porção

dobrada de folha de material usada para a construção do tubo plano 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710, e um lado estreito oposto 1218; 1318, 1418, 1518, 1618, 1718 em que duas bordas longitudinais livres da folha de material são colocadas em conjunto e dobradas para fechamento do tubo plano 1210, 1310, 1410, 1510, 1610, 1710. Este lado estreito oposto 1218, 1318, 1418, 1518, 1618, 1718 e as dobras 1230, 1330, 1430, 1530, 1630, 1730 do lado estreito oposto 1218, 1318, 1418, 1518, 1618, 1718 pode assumir qualquer uma das formas mostradas nas FIG. 19 a 24 ou aquelas descritas e/ou ilustradas acima em relação aos lados estreitos dos tubos planos de duas peças 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810.

Com respeito ao lado estreito 1220, 1320, 1420, 1520, 1620, 1720 formado pela porção dobrada contínua, conforme descrito acima, este lado estreito pode assumir qualquer uma das formas mostradas nas FIG. 19 a 24. Contudo, este mesmo lado estreito 1220, 1320, 1420, 1520, 1620, 1720 também pode assumir qualquer um dos formatos descritos e/ou ilustrados acima em relação aos lados estreitos dos tubos planos em duas peças 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810, em cujos casos as extremidades terminais das primeiras e segundas porções 12, 14, 112, 114, 212, 214, 312, 314, 412, 414, 512, 514, 612, 614, 712, 714, 812, 814 nos lados estreitos 18, 118, 218, 318, 418, 518, 618, 718 dos tubos planos 10, 110, 210, 310, 410, 510, 610, 710, 810 seriam unidas como parte da mesma peça contínua de material em folha. Assim sendo, os benefícios únicos de cada forma de lado estreito descrita acima em relação às FIG. 1 a 11, 14, e 15 podem existir para um ou ambos os lados estreitos

1218, 1220, 1318, 1320, 1418, 1420, 1518, 1520, 1618, 1620, 1720 das modalidades ilustradas nas FIG. 19 a 24.

Com referência em particular à modalidade ilustrada na FIG. 19, o tubo plano em uma peça 1210 ilustrado ali tem lados estreitos 1218, 1220 formados com dobras 1230 que são dispostas de forma substancialmente perpendicular aos lados largos 1222, 1224 do tubo plano 1210. As múltiplas dobras 1230 que formam os lados estreitos 1218, 1220 são diferenciadas umas das outras pelo fato de as dobras 1230 formando o segundo lado estreito 1220 serem formadas a partir de uma porção contínua da tira em uma peça de material usada para a criação do tubo plano 1210, enquanto as dobras 1230 formando o primeiro lado estreito 1218 são formadas a partir de duas bordas longitudinais da tira de material em uma peça. Em outras modalidades, contudo, o tubo plano 1210 ao invés disso pode ter primeiro e segundo lados estreitos 1218, 1220 com dobras 1230 que sejam substancialmente paralelas aos lados largos 1222, 1224 do tubo plano 1210.

O tubo plano em uma peça 1310 ilustrado na FIG. 20 também tem um segundo lado estreito 1320 com múltiplas dobras 1330 substancialmente perpendiculares aos lados largos 1322, 1324 do tubo plano 1310, ao passo que o primeiro lado estreito 1318 tem múltiplas dobras 1330 dispostas substancialmente paralelas aos lados largos 1322, 1324 do tubo plano 1310. Em outras modalidades, contudo, o tubo plano 1310 ao invés disso pode ter um lado estreito 1318 com dobras 1330 que sejam substancialmente perpendiculares aos lados largos 1322, 1324 e um segundo lado estreito 1320 com dobras 1330 que sejam

substancialmente paralelas aos lados largos 1322, 1324.

O tubo plano em uma peça 1410 ilustrado na FIG. 21 tem primeiro e segundo lados estreitos 1418, 1420 com múltiplas dobras 1430 que são substancialmente paralelas aos lados largos 1422, 1424 do tubo plano 1410. Em outras modalidades, as múltiplas dobras 1430 de um ou ambos os lados estreitos 1418, 1420 ao invés disso são substancialmente perpendiculares aos lados largos 1422, 1424 do tubo plano 1410. Embora cada uma das múltiplas dobras 1430 em ambos os lados estreitos 1418, 1420 ilustrados na FIG. 21 seja substancialmente do mesmo comprimento, aqueles de um ou ambos os lados estreitos 1418, 1420 ao invés disso podem ser de comprimentos L diferentes (por exemplo, veja as FIG. 22 e 23). Nessas modalidades, os comprimentos variáveis dos 1518, 1520, 1618 podem assumir qualquer uma das formas descritas acima em relação à modalidade da FIG. 8, e, portanto, podem produzir qualquer um dos benefícios também descritos aqui. Com referência às modalidades das FIG. 22 e 23, o arranjo ilustrado de dobras de comprimento variável 1530, 1630 dos lados estreitos 1518, 1520, 1630 (isto é, dobras mais curtas 1530, 1630 flanqueadas por bordas mais longas 1530, 1630), pode ser geralmente efetivo no suporte de cargas de mudança de temperatura. Também, transições súbitas na pressão a partir dos lados estreitos 1518, 1520, 1618 para os lados largos 1522, 1524, 1622, 1624 podem ser evitados com este arranjo. Adicionalmente, como com as outras modalidades de tubo plano em uma peça descritas aqui, um ou mais conjuntos de múltiplas dobras internas 1528 (tal como o conjunto único mostrado na FIG. 22) e/ou um número

relativamente alto de canais de fluxo 1616 (tais como aqueles mostrados na FIG. 23) podem ser utilizados para ajudarem no suporte de cargas de mudança de temperatura e para ajudarem a suportarem transições súbitas de pressão. Ainda uma outra medida com o objetivo de melhorar a resistência à carga de mudança de temperatura é variar a distância "a" entre as dobras para a definição de canais de fluxo crescentemente mais largos 1516 em direção ao centro do tubo plano 1510.

A FIG. 24 mostra um exemplo da maneira pela qual qualquer uma das construções de lado estreito mostradas nas modalidades de tubo plano em duas peças das FIG. 6 a 11, 14 e 15 pode ser empregada no lado estreito de um tubo plano em uma peça tendo uma folha de material contínua, conforme mencionado acima. O lado estreito 1718 mostrado na FIG. 24 é similar em muitos aspectos àquele da FIG. 11 descrita acima, com a exceção das dobras adjacentes de confinamento 1730 e uma folha de material contínua única (ou duas porções sobrepostas da mesma folha de material). Neste exemplo em particular, as distâncias "a" entre as dobras 1730 e a primeira dobra interna 1728 e entre as outras dobras internas 1728 são relativamente pequenas, e podem variar em algumas modalidades de 0,5 mm (0,019685 in) a 2 mm (0,07874 in) ou mais - mesmo tão grandes quanto 1 cm (2,54 in). Mais ainda, em algumas modalidades, este tubo plano 1610 tem uma largura em torno de 42 mm (0,16535 in) permitindo múltiplas dobras 1728 e canais de fluxo 1716.

Os tubos planos de acordo com algumas modalidades da presente invenção podem incluir uma inserção interna que reforça pelo menos um dos lados estreitos do tubo plano,

enquanto também potencialmente realiza uma ou mais outras funções (por exemplo, reforço dos lados largos do tubo, definição de múltiplos canais de fluxo em comunicação de fluido ou não em comunicação de fluido uns com os outros, definição de turbuladores de fluxo, e similares). A inserção pode ser definida por uma porção em separado de material que é conectada à folha ou às folhas de material definindo as paredes externas de tubo na fabricação de tubos planos, e pode ser usada como um complemento às ou ao invés das dobras internas, conforme descrito em várias das modalidades acima. Os exemplos de inserção já foram providos em relação às modalidades ilustradas das FIG. 14 e 15.

Embora inserções possam ser empregadas com tubos planos em uma peça de acordo com algumas modalidades da presente invenção (descritas em maiores detalhes abaixo), várias das vantagens únicas são obtidas pelo uso de inserções em tubos planos de duas peças. Em algumas modalidades, tais vantagens são obtidas no uso de inserções em tubos planos em duas peças construídos de material em folha tendo uma espessura relativamente pequena. Em algumas modalidades, o material de parede dos tubos planos tem uma espessura não maior do que em torno de 0,20 mm (0,007874 in). Contudo, em outras modalidades, os inventores descobriram que um material de parede dos tubos planos tendo uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in) provê resultados de performance significativos em relação à performance geral do trocador de calor, à fabricabilidade e a possíveis construções de parede (conforme mostrado aqui) que não são possíveis

usando-se materiais de parede mais espessos. A espessura de material de parede relativamente pequena pode resultar em boas propriedades térmicas dos tubos planos em duas peças tendo inserções. Em algumas modalidades, uma espessura de material de parede desses tubos planos de não menos do que em torno de 0,050 mm (isto é, não menos do que em torno de 0,0019685 in) provê boa performance de resistência e resistência à corrosão, ao passo que em outras modalidades uma espessura de material de parede desses tubos planos de não menos do que em torno de 0,030 mm (isto é, não menos do que em torno de 0,00118 in) pode ser usada. Também, os tubos planos em duas peças tendo inserções descritas abaixo podem ter dimensões similares aos tubos planos em duas peças descritos acima em relação às FIG. 1 a 15.

Conforme explicado em maiores detalhes abaixo, os tubos de troca de calor e outras porções de trocadores de calor descritos aqui podem ser fabricados usando-se várias técnicas e processos de fabricação, e podem incluir recursos de proteção contra corrosão, tais como, por exemplo, aquelas técnicas e processos descritos abaixo e ilustrados nas FIG. 92 a 95. Vários processos de fabricação e técnicas e os recursos de proteção contra corrosão referenciados aqui adiante são particularmente vantajosos, quando aplicados a tubos de troca de calor e porções de trocadores de calor tendo espessura de material significativamente reduzida. Além disso, tais técnicas, processos e recursos de proteção contra corrosão provêem vantagens significativas em relação à performance geral de tubos planos e trocadores de calor feitos desse material.

As FIG. 25 a 34 ilustram vários tubos planos em duas

peças 1810, 1810A, 1910, 2010, 2110, 2210, 2310, 2410, 2510, 2610, 2710, 2810, 2910, 3010, 3110, 3210 cada um incluindo uma primeira porção 1812, 1812A, 1912, 2012, 2112, 2212, 2312, 2412, 2512, 2612, 2712, 2812, 2912, 3012, 3112, 3212, uma segunda porção 1814, 1814A, 1914, 2014, 2114, 2214, 2314, 2414, 2514, 2614, 2714, 2814, 2914, 3014, 3114, 3214, e uma inserção 1834, 1834A, 1934, 2034, 2134, 2234, 2334, 2434, 2534, 2634, 2734, 2834, 2934, 3034, 3134, 3234, todas as quais podendo ser construídas de folhas de material, tais como tiras de metal ou de outro material. Para facilidade de descrição, a descrição a seguir se refere apenas à modalidade ilustrada das FIG. 25 e 26, sendo entendido que a descrição a seguir se aplica igualmente a todas as modalidades ilustradas nas FIG. 25 a 34 (salvo uma descrição inconsistente ou incompatível).

Em algumas modalidades do tubo plano em duas peças 1810 ilustrado nas FIG. 25 e 26, as primeira e segunda porções 1812, 1814 e a inserção 1834 podem ser construídas de um material (por exemplo, alumínio, liga de alumínio, ou outro material descrito aqui) tendo espessuras de folha relativamente baixas. Por exemplo, os inventores descobriram que uma espessura de material para estes elementos de não mais do que em torno de 0,15 mm (0,0098425 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Em algumas modalidades, o material para estes elementos também tem uma espessura de não menos do que em torno de 0,03 mm (0,0011811 in). Em muitas modalidades, é preferido que uma espessura de folha relativamente menor seja usada para a inserção 1834 do que para as primeira e segunda porções 1812, 1814 do tubo plano em duas peças

1810. Apesar das espessuras de folha relativamente pequenas, os lados estreitos 1818, 1820 do tubo plano em duas peças 1810 podem ter uma estabilidade relativamente melhorada, particularmente quando usados em conjunto com recursos do tubo plano em duas peças 1710 descrito abaixo.

Na modalidade ilustrada das FIG. 25 e 26, cada lado largo 1822, 1824 do tubo plano 1810 é formado de uma porção em separado de material (tal como uma tira em separado). As porções de material se sobrepõem em duas localizações para a definição de duas costuras longitudinais 1844, 1846. Estas costuras longitudinais 1844, 1846 do tubo plano em duas peças 1810 se estendem a partir de respectivos lados estreitos 1818, 1820 do tubo plano 1810 até lados largos opostos 1822, 1824, em contraste com outras modalidades ilustradas (por exemplo, veja a FIG. 27 descrita em maiores detalhes abaixo), onde as costuras longitudinais se estendem a partir de respectivos lados estreitos do tubo plano até o mesmo lado largo do tubo plano. Na modalidade ilustrada das FIG. 25 e 26, as costuras longitudinais 1844, 1846 estão ambas localizadas e se estendem a partir de um respectivo lado estreito 1818, 1820 do tubo plano 1810 até os lados largos 1822, 1824 do tubo plano 1810. Mais especificamente, as costuras longitudinais 1844, 1846, especificamente aquelas porções do tubo plano 1810 nas quais o material em folha do tubo plano 1810 é sobreposto, estendem-se em torno de pelo menos parte dos (e, em algumas modalidades, pela maior parte ou por todos os) lados estreitos 1818, 1820, e ficam parcialmente em um lado largo correspondente 1822, 1824 do tubo plano 1810. A largura da costura 1844, 1846 pode ser determinada de acordo com

finalidades de fabricação desejáveis.

Em algumas modalidades, as costuras longitudinais 1844, 1846 do tubo plano 1810 apresentam uma superfície externa alinhada ou substancialmente alinhada do tubo plano 1810 (por exemplo, provêem um lado largo substancialmente plano 1822, 1824 do tubo plano 1810). Para esta finalidade, a borda longitudinal de cada costura longitudinal 1844, 1846 que é sobreposta pela outra borda longitudinal pode ser em recesso pela formação da borda longitudinal sobreposta com um recuo 1848, 1850. Assim sendo, a borda longitudinal de uma porção de tubo 1812, 1814 pode ser envolvida por e receber a borda longitudinal correspondente da outra porção de tubo 1814, 1812 em um recesso 1848, 1850 para a definição da costura longitudinal 1844, 1846. Assim, para abas as costuras 1844, 1846, a borda longitudinal subjacente das duas porções de tubo sobrepostas 1812, 1814 pode terminar no interior do tubo plano 1810, e pode ser livre antes da brasagem, soldagem ou de outras técnicas de fixação. Como resultado desta construção, os tubos planos 1810 podem ser produzidos com larguras desejadas precisas (embora sem corte ou outras operações de usinagem, em algumas modalidades), apesar do fato de as tolerâncias mais soltas serem mantidas para as larguras de material de partida para as porções de tubo individuais 1812, 1814, uma vez que as costuras longitudinais sobrepostas 1844, 1846 permitem um posicionamento relativo lateral das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 em um estado montado. Em particular, em algumas modalidades, uma borda longitudinal terminal 1854, 1856 de cada porção de tubo 1812, 1814 não se confina com a outra porção de tubo 1812, 1814, desse

modo se permitindo esse ajuste.

O uso de costuras longitudinais sobrepostas, tais como aquelas ilustrada na modalidade das FIG. 25 e 26 provê reforço significativo do tubo plano 1810 nos primeiro e segundo lados estreitos 1818, 1820 - um recurso que pode ser altamente importante em muitas aplicações em que tensões térmicas, cargas de mudança de temperatura e falhas devido a um carregamento de pressão e impacto de resíduos são comuns em tubos planos. Em algumas modalidades, um reforço adicional dos primeiro e/ou segundo lados estreitos 1818, 1820 é provido por uma ou mais dobras das primeira e/ou segunda porções de tubo 1812, 1814 nos lados estreitos 1818, 1820 (isto é, nas bordas longitudinais dessas porções 1812, 1814). Geralmente, o dobramento das bordas longitudinais das primeira e/ou segunda porções de tubo 1812, 1814 pode aumentar a resistência do tubo plano 1810 e a resistência do tubo plano 1810 a danos. Naquelas modalidades em que um lado estreito 1818, 1820 é definido pelo menos em parte pela superposição de bordas longitudinais das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 (uma se estendendo em torno de, recebendo ou envolvendo a outra), uma ou ambas as bordas longitudinais sobrepostas (por exemplo, as bordas envolvida e de envolvimento) podem ser dobradas para trás para aumento da espessura daquela borda longitudinal no lado estreito 1818, 1820.

Por exemplo, é previsto que uma ou ambas as bordas longitudinais de superposição de porções de tubo 1812, 1814 em um ou ambos os lados estreitos 1818, 1820 podem incluir dobras adjacentes à gradação correspondente 1858, 1860

(descritas em maiores detalhes abaixo). Por exemplo, em algumas modalidades, a espessura combinada das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 pode ser de em torno de 0,25 mm (0,0098425 in) ou menos em algumas modalidades, com uma ou ambas as bordas longitudinais sobrepostas tendo pelo menos uma dobra para aumento da espessura do lado estreito 1818, 1820, e com uma espessura de material da inserção 1834 sendo de em torno de 0,10 mm (0,003937 in) ou menos. Nessas modalidades, a espessura das primeira e segunda porções de tubo 1818, 1820 pode estar, cada uma, na faixa de 0,05 a 0,15 mm (0,0019685 a 0,0059055 in), e pode estar na faixa de 0,03 a 0,15 mm (0,0019685 a 0,0059055 in) em outras modalidades.

Deve ser notado que a construção de costura longitudinal sobreposta do tubo plano em duas peças ilustrada nas FIG. 25 e 26 pode ser empregada nas modalidades de tubo plano não tendo uma inserção interna. Por exemplo, uma construção de costura longitudinal como essa pode ser empregada em tubos planos em duas peças tendo dobras internas tais como aquelas descritas acima em relação às modalidades das FIG. 1 a 13 e 16 a 24 ou em outros tubos planos em duas peças.

Embora não requerido, em muitas das modalidades as porções de tubo (por exemplo, as porções de tubo 1812, 1814 nas FIG. 25 e 26) têm substancialmente o mesmo formato e podem ser mesmo idênticas. Quando montadas conforme descrito, as porções de tubo 1812, 1814 são dispostas com suas bordas longitudinais revertidas umas com respeito às outras. Por exemplo, uma borda longitudinal de uma das duas porções de tubo 1812, 1814 inclui uma gradação 1856, 1860

definindo um recesso 48, 50, conforme descrito acima, seguida por uma porção definindo um arco 1862, 1864, enquanto uma borda longitudinal de superposição correspondente da outra porção de tubo 1814, 1812 inclui uma porção com um arco maior 1866, 1868 recebendo o arco menor 1862, 1864. Assim sendo, na modalidade ilustrada das FIG. 25 e 26, uma porção de arco menor 1862, 1864 e uma porção de arco maior 1866, 1868 formam um dos lados estreitos 1818, 1820 como parte do processo de fabricação do tubo plano em duas peças 1810. É para ser entendido que o termo "arco" conforme usado aqui e nas reivindicações em apenso não está restrito a uma forma meio arredondada. Mais ainda, o termo "arco" conforme usado aqui e nas reivindicações em apenso é inclusivo de qualquer geometria adequada para a formação dos lados estreitos 1818, 1820, os quais podem incluir formatos quadrados, triangulares ou outros poligonais abertos, formatos de onda e outras formações.

Pelo emprego das porções de tubo que são substancialmente do mesmo formato ou idênticas, menos tipos de parte (e, em alguns casos, um único tipo de parte) podem ser usados para a construção do tubo plano em duas peças 1810, resultando em um inventário menor, uma montagem mais simples e reduções significativas de custo.

A inserção interna 1834 parcialmente ilustrada na FIG. 25 e plenamente ilustrada na FIG. 26 é formada por um terceiro pedaço de material, e geralmente inclui duas bordas longitudinais 1838, 1840, uma ou ambas as quais podendo ficar em um respectivo lado estreito 1818, 1820 do tubo plano 1810. Em algumas modalidades, as bordas

longitudinais 1838, 1840 são formadas com um formato para esta finalidade, de modo que as bordas longitudinais 1838, 1840 possam ser recebidas no formato interno dos lados estreitos 1818, 1820. Também, em algumas modalidades, pelo menos parte de uma ou ambas as bordas longitudinais 1838, 1840 tem um formato correspondente aos lados estreitos 1818, 1820. Por exemplo, uma ou ambas as bordas longitudinais 1838, 1840 podem ser formadas no formato de um laço 1842, de modo que pelo menos parte do laço 1842 combine com o formato correspondente do lado estreito correspondente 1818, 1820 do tubo plano 1810. Em algumas modalidades, esta correspondência de formato pode resultar em um reforço do tubo plano nos lados estreitos 1818, 1820. Um reforço adicional pode ser obtido pela conexão de uma ou ambas as bordas longitudinais 1838, 1840 com os lados estreitos 1818, 1820, tal como por brasagem, soldagem ou de qualquer outra maneira adequada.

Com referência à FIG. 26, a qual ilustra a maneira pela qual o tubo plano em duas peças 1810 pode ser montado, a inserção interna 1834 é mostrada recebida em porções de arco 1862, 1864 das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 conforme as primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 forem colocadas em conjunto durante uma montagem. Mais particularmente, as bordas longitudinais 1838, 1840 da inserção interna 1834 são suportadas pelas porções de arco 1862, 1864 das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814, e estarão dentro dos lados estreitos definidos mais tarde 1818, 1820 do tubo 1810 para reforço dos lados estreitos 1818, 1820 uma vez que a montagem esteja completada. O tubo plano em duas peças resultante

1810 tem lados estreitos 1818, 1820 com uma espessura de parede dupla devido às costuras longitudinais de superposição 1844, 1846 se estendendo sobre e além dos lados estreitos 1818, 1820, e também podem ter uma espessura adicional definida por aquela das bordas longitudinais aninhadas 1838, 1840 da inserção interna 1834. Em alguns casos, por exemplo, o tubo plano em duas peças 1810 incluir as primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 coletivamente definindo uma espessura de parede de em torno de 0,20 mm (0,007874 in) para ajudarem a prevenir uma corrosão ou deterioração, e/ou para a provisão de resistência contra impacto de resíduos, e cargas de mudança de pressão e temperatura.

Conforme explicado em maiores detalhes abaixo, os tubos de troca de calor e outras porções de triagem de correio de voz descritas aqui podem ser fabricados usando-se várias técnicas de fabricação e processos, e podem incluir recursos de proteção contra corrosão, tais como, por exemplo, aquelas técnicas e processos descritos abaixo e ilustrados nas FIG. 92 a 95. Vários processos de fabricação e técnicas e os recursos de proteção contra corrosão referenciados aqui adiante são particularmente vantajosos quando aplicados a tubos de troca de calor e porções de trocadores de calor tendo espessura de material significativamente reduzida. Além disso, essas técnicas, processos e recursos de proteção contra corrosão provêem vantagens significativas em relação à performance geral de tubos planos e trocadores de calor feitos a partir desse material.

A inserção interna 1834 ilustrada na modalidade das

FIG. 25 e 26 tem várias corrugações 1852 através da largura do tubo plano 1810. Estas corrugações 1852 podem ser unidas ao interior dos lados largos 1822, 1824 das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 para a formação de canais de fluxo 1816 correndo na direção longitudinal do tubo plano 1810. Pelo uso deste arranjo, canais de fluxo 1816 podem ser definidos no tubo plano 1810 de uma maneira efetiva em termos de custos, enquanto também se simplifica o processo de fabricação do tubo plano em duas peças 1810. Apesar da baixa espessura de parede da inserção interna 1834 (a qual pode ser a mesma ou menor do que as espessuras mencionadas acima das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 descritas acima), os canais de fluxo 1816 formados dentro do tubo plano em duas peças 1810 podem prover uma estabilidade melhorada à pressão interna do tubo plano 1810.

O diâmetro hidráulico dos canais de fluxo 1816 pode ser determinado por um projeto apropriado das corrugações 1852 descritas acima. Em algumas modalidades, por exemplo, o diâmetro hidráulico dos canais de fluxo 1816 é relativamente pequeno, considerando-se que o diâmetro pequeno d do tubo plano em duas peças 1810 pode ser de em torno de 0,8 mm (0,031496 in), e que o número de corrugações 1852 pode ser relativamente grande.

Em algumas modalidades, pelo menos algumas das corrugações 1852 são conformadas para terem um flanco de corrugação perpendicular ou substancialmente perpendicular aos lados largos 1822, 1824 do tubo plano em duas peças 1810, e um flanco de corrugação adjacente inclinado com respeito aos lados largos 1822, 1824 (por exemplo, veja as

corrugações centrais 1852 ilustradas na FIG. 25, por exemplo). Em outras modalidades, pelo menos algumas das corrugações 1852 são conformadas para terem, cada uma, flancos de corrugação em uma inclinação substancial com respeito aos lados largos 1822, 1824 (por exemplo, vejas as corrugações à esquerda 1852 ilustradas na FIG. 25, por exemplo). Ainda em outras modalidades, pelo menos algumas das corrugações 1852 são conformadas para terem ambos os flancos perpendiculares ou substancialmente perpendiculares aos lados largos 1822, 1824 do tubo plano em duas peças 1810.

Um exemplo de uma modalidade como essa é mostrado na FIG. 33, a qual ilustra um tubo plano em duas peças 2210 que é substancialmente o mesmo que aquele das FIG. 25 e 26 com exceção do formato de inserção. Como a modalidade das FIG. 25 e 26, a inserção 2234 ilustrada na FIG. 33 reforça os lados estreitos 2218, 2220 pelas bordas longitudinais 2238, 2240 da inserção 2234 revestindo pelo menos uma porção da superfície interna de cada porção de tubo 2212, 2214 nos lados estreitos 2218, 2220. Em outras modalidades, apenas uma das bordas longitudinais 2238, 2240 da inserção 2234 se estende para um lado estreito correspondente 2218, 2220. Deve ser notado que a montagem de tubo plano em duas peças mostrada na FIG. 33 pode ter qualquer um dos mesmos recursos descritos aqui em relação à modalidade das FIG. 25 e 26. Ainda em outras modalidades, pelo menos algumas das corrugações 1852 podem definir um padrão de onda curva (por exemplo, senoidal), ou qualquer outra superfície perfilada, na qual as corrugações são idênticas ou diferentes através da largura do tubo plano em duas peças 1810.

Em algumas modalidades, a inserção 1834 define vários canais de fluxo 1816 tendo o mesmo formato e tamanho através da largura do tubo plano em duas peças 1810. Em outras modalidades, a inserção 1834 pode ser conformada de modo que o formato e/ou o tamanho dos canais de fluxo 1816 variem através da largura do tubo plano em duas peças 1810 (por exemplo, pelo uso de uma inserção 1834 com tipos diferentes de corrugações 1852 em localizações diferentes através da largura do tubo plano em duas peças 1810). Um exemplo disto é mostrado na FIG. 25, em que ambos os tipos de corrugações descritos acima para a inserção ilustrada 1834 são usados. Em outras modalidades, qualquer número de formatos e tamanhos de corrugação diferentes pode ser usado através da largura do tubo plano em duas peças 1810. Esta variância através da largura pode prover vantagens significativas em relação a tubos planos convencionais pela adaptação de porções diferentes do tubo plano 1810 para condições diferentes de fluxo e/ou ambientais (por exemplo, fluidos ou direções de fluxo diferentes através de seções diferentes do mesmo tubo plano 1810, vazões internas ou externas diferentes, temperaturas, e/ou pressões em localizações diferentes através da largura do tubo plano 1810, ou similares).

A inserção interna 1834 ilustrada nas FIG. 25 e 26 é formada de um pedaço único de material. Contudo, deve ser notado que em outras modalidades, a inserção interna 1834 pode ser formada, ao invés disso, por mais de uma parte (em cujo caso a montagem de tubo plano ilustrada nas FIG. 25 e 26 pode incluir quatro ou mais partes).

Com referência continuada à modalidade das FIG. 25 e

26, a espessura de pelo menos um lado estreito 1818, 1820 geralmente corresponde à soma das espessuras dos dois lados largos 1822, 1824 (e, mais precisamente das bordas longitudinais das primeira e segunda porções 1812, 1814) e da inserção 1834. Por exemplo, a espessura combinada das bordas longitudinais de superposição das primeira e segunda porções 1812, 1814 e da inserção 1834 pode ser de em torno de 0,25 mm (0,0098425 in) ou menos em algumas modalidades. Também deve ser notado que, em alguns casos, cada uma primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 e a inserção 1834 podem ter substancialmente a mesma espessura (em qualquer uma das faixas de espessura descritas acima), tal como em casos em que o mesmo material em folha é usado para a construção de todas as três peças. Nesses casos, um ou ambos os lados estreitos 1818, 1820 podem ser definidos por uma espessura que é aproximadamente três vezes a espessura de material das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 (isto é, quando um laço 1842 em uma ou ambas as bordas longitudinais da inserção 1834 é recebido em um lado estreito correspondente 1818, 1820 para aumento da espessura do mesmo, conforme descrito acima). Em algumas modalidades, uma ou ambas as bordas longitudinais da inserção 1834 podem ser dobradas sobre si mesmas e, então, providas com um laço 1842 ou conformadas de outra forma para corresponderem, pelo menos parcialmente, ao interior do lado estreito 1818, 1820, desse modo se reforçando o material de parede das primeira e segunda porções 1812, 1814 nos lados estreitos 1818, 1820. Qualquer número dessas dobras de borda longitudinal para a inserção 1834 pode ser feito para a obtenção de uma espessura desejada, um reforço

e estabilidade dos lados estreitos 1818, 1820.

Em algumas modalidades tendo uma inserção de reforço de lado estreito 1834, conforme descrito acima, cada uma das primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 pode ter uma espessura de menos de 0,15 mm (0,00591 in), e a espessura da inserção 1834 pode ser não maior do que em torno de 0,10 mm (0,003937 in), tal como um tubo plano 1810 no qual as primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 cada uma têm uma espessura de em torno de 0,12 mm (0,0047224 in), e em que a inserção 1834 tem uma espessura não maior do que em torno de 0.10 mm (0.003937 in). Em outras modalidades, a espessura de cada uma dentre a primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 e a inserção 1834 pode ser não menor do que em torno de 0,05 mm (0,0019685 in) e não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in) para a provisão de um trocador de calor relativamente efetivo em termos de custos com boas propriedades de transferência de calor e resistência. Em outras modalidades, a espessura de cada uma dentre as primeira e segunda porções de tubo 1812, 1814 e a inserção 1834 pode ser não menor do que em torno de 0,03 mm (0,00118 in) em outras modalidades.

Pelo menos uma dentre as primeira e segunda porções 1812, 1814 e a inserção 1834 pode ter um revestimento de material de brasagem em um ou ambos os lados da mesma, de modo a se permitir que tais partes da montagem de tubo ilustrada sejam unidas por brasagem. Na modalidade ilustrada das FIG. 25 e 26 a título de exemplo apenas, as primeira e segunda porções 1812, 1814 e a inserção 1834 do tubo plano 1810 são fabricadas a partir de uma folha de

alumínio ou de liga de alumínio tornada disponível em tiras sem fim de material revestidas em pelo menos um lado com um material de brasagem.

Conforme mostrado nas FIG. 25 e 26, o tubo plano em duas peças 1810 da modalidade ilustrada define um diâmetro pequeno d e um diâmetro grande D. Usando as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro pequeno d de pelo menos em torno de 0,7 mm (0,027559 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações, tais como em radiadores. Também, usando-se as espessuras de parede descritas anteriormente, os inventores descobriram que um diâmetro pequeno d não maior do que em torno de 1,5 mm (aproximadamente 0,059055 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações, tal como em radiadores. No caso de arrefecedores de ar de carga e outras aplicações, os inventores descobriram que o diâmetro pequeno d pode ser maior do que em torno de 1 cm (0,3937 in) para a provisão de bons resultados de performance. Embora essas dimensões de diâmetro pequeno possam ser empregadas em várias modalidades, qualquer uma das dimensões de diâmetro pequeno descritas acima com respeito às modalidades de tubo plano mostradas aqui pode ser usada. O diâmetro grande D do tubo plano em duas peças 1810 ilustrado nas FIG. 25 e 26 pode ter qualquer tamanho desejado (incluindo aqueles também descritos acima com respeito a todas as modalidades de tubo plano mostradas aqui), com base pelo menos em parte na largura do material de partida usado para a construção do tubo plano 1810.

Conforme mencionado acima, em algumas modalidades, uma ou ambas as bordas longitudinais da inserção 1834 podem ser

providas com qualquer número de dobras para a obtenção de uma espessura desejada para um reforço e estabilidade aumentados das primeira e segunda porções 1812, 1814 nos lados estreitos 1818, 1820. Um exemplo de uma modalidade como essa é ilustrado nas FIG. 28 e 29. O tubo plano em duas peças 1910 ilustrado nas FIG. 28 e 29 é substancialmente o mesmo que aquele das FIG. 25 e 26, com exceção do formato de inserção.

A FIG. 28 ilustra o tubo plano 1910 com um lado estreito 1918 em um estágio no qual a porção de arco grande 1968 não foi completamente fabricada. Em outras palavras, uma borda longitudinal da segunda porção de tubo 1914 não está envolvida em torno da porção de arco menor já formada 1962 formada por uma borda longitudinal correspondente da primeira porção de tubo 1912. Esta borda longitudinal da segunda porção de tubo 1914 é deslocada ou movida em torno da porção de arco menor 1962 para completar o lado estreito 1918. Como uma conseqüência, a costura longitudinal 1944 fica em um lado largo 1922, com uma outra das duas costuras longitudinais 1946 ficando no outro lado largo 1924. Estas costuras longitudinais 1944, 1946 estão localizadas nos lados estreitos 1918, 1920 do tubo plano em duas peças 1910 conforme descrito em modalidades anteriores.

Na modalidade ilustrada das FIG. 28 e 29, as bordas longitudinais 1938, 1940 da inserção 1934 foram dobradas várias vezes, conforme mais bem mostrado na FIG. 29. As bordas longitudinais 1938 com estas dobras 1970 são recebidas nos lados estreitos 1918, 1920 do tubo plano em duas peças 1910, e podem prover um reforço significativo para as bordas longitudinais sobrepostas das primeira e

segunda porções de tubo 1912, 1914 nos lados estreitos 1918, 1920. Em outras modalidades, apenas uma das bordas longitudinais 1938, 1940 da inserção 1934 tem essas dobras 1970.

O número de dobras 1970 das bordas longitudinais 1938, 1940 pode depender, pelo menos em parte, das dimensões do tubo plano 1910. Em algumas modalidades a título de exemplo apenas, o tubo plano em duas peças 1910 tem um diâmetro pequeno d de em torno de 1,0 mm (0,03937 in), as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 cada uma têm uma espessura de material de em torno de 0,15 mm (0,0059055 in), e a espessura de material da inserção 1934 é de em torno de 0,05 mm (0,0019685 in), onde em torno de 10 dobras são criadas em cada borda longitudinal 1938, 1940 da inserção 1934. Embora estas múltiplas dobras 1970 possam ter comprimentos variáveis, em algumas modalidades o comprimento máximo L destas dobras é de em torno de 1,0 mm (0,03937 in). Também, estas múltiplas dobras 1970 podem correr em uma direção paralela ou substancialmente paralela aos lados largos 1922, 1924 do tubo plano em duas peças 1910 em algumas modalidades (veja as FIG. 28 e 29), e podem correr em outras direções (por exemplo, perpendiculares aos lados largos 1922, 1924) em outras modalidades. É para ser entendido que as espessuras de parede das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 e da inserção 1934 podem variar, como o podem as distâncias d e L, com base nas especificações desejadas do tubo plano 1910.

Deve ser notado que a montagem de tubo plano em duas peças mostrada nas FIG. 28 e 29 pode ter qualquer um dos mesmos recursos descritos em relação às FIG. 25 e 26.

FIG. 27 ilustra um tubo plano em duas peças de acordo com uma modalidade adicional da presente invenção. Esta modalidade emprega muito da mesma estrutura e tem muitas das mesmas propriedades que as modalidades do tubo plano descrito acima em relação às FIG. 25, 26, 28, 29 e 33. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 25, 26, 28, 29 e 33. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 25, 26, 28, 29 e 33 para uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos, e a possíveis alternativas à estrutura e aos recursos do tubo plano em duas peças ilustrado na FIG. 27 e descrito abaixo. Estruturas e recursos da modalidade mostrada na FIG. 27 que correspondam à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 25, 26, 28, 29 e 33 são designados aqui adiante na série 1800 de números de referência.

Como as modalidades da presente invenção descritas em relação às FIG. 25 e 26, a montagem de tubo ilustrada na FIG. 27 tem as primeira e segunda porções 1812A, 1814A e uma inserção 1834A. As bordas longitudinais opostas 1838A, 1840A da inserção 1834A revestem as superfícies internas de ambos os pares de lados longitudinais sobrepostos das primeira e segunda porções de tubo 1812A, 1814A, desse modo reforçando os lados estreitos 1818A, 1820A do tubo plano 1810A.

O tubo plano em duas peças 1810A ilustrado na FIG. 27 é um exemplo da maneira pela qual ambas as costuras longitudinais 1844A, 1846A unindo as primeira e segunda

porções 1812A, 1814A do tubo plano 1810A podem se estender para e no mesmo lado largo 1822A, 1824A do tubo plano 1810A. Na modalidade ilustrada da FIG. 27, ambas as costuras longitudinais 1844A, 1846A se estendem para e no segundo lado largo 1824A do tubo plano 1810A. Alternativamente as costuras longitudinais 1844A, 1846A podem ser formadas no primeiro lado largo 1822A, se desejado. Na modalidade ilustrada, o segundo lado largo 1824A definido primariamente pela segunda porção de tubo 1814A é capaz de absorver tolerâncias relativamente soltas (isto é, capaz de uma equalização de tolerância) em suas bordas longitudinais opostas. Contudo, em algumas modalidades, o primeiro lado largo 1822A definido primariamente pela primeira porção de tubo 1812A não tem a mesma capacidade ou o mesmo grau de capacidade, porque cada uma de suas bordas longitudinais pode ficar contra ou imediatamente adjacente a uma gradação 1858A, 1860A da segunda porção de tubo 1814A.

Com referência continuada à modalidade ilustrada da FIG. 27, as costuras longitudinais 1844A, 1846A se estendem a partir dos respectivos lados estreitos 1818A, 1820A em direção ao centro do tubo plano 1810A. Uma porção significativa da costura longitudinal 1818A, 1820A (isto é, as gradações 1858A, 1860A), Contudo, fica no mesmo lado largo 1824A, em que o comprimento de seção transversal e de cada gradação 1858A, 1860A medido na borda distal dos lados estreitos 1818A, 1820A pode ser determinado de acordo com o processo de fabricação desejado usado para a produção das porções de tubo 1812A, 1814A. Na modalidade ilustrada da FIG. 27, o diâmetro pequeno d do tubo plano em duas peças

1810A está na faixa de em torno de 0,7 a 1.5 mm (0,027559 a 0,059055 in) quando o tubo plano em duas peças 1810A é incorporado em um radiador, embora outros diâmetros pequenos d sejam possíveis para as mesmas aplicações e diferentes, incluindo os diâmetros d descritos acima em relação à modalidade das FIG. 25 e 26, e aquelas descritas acima em relação aos diâmetros grandes e pequenos para todos os tubos planos da presente invenção mostrada aqui. Por exemplo, em outras construções, o diâmetro pequeno d do tubo plano 1810A pode ser maior do que 1,0 cm (aproximadamente 0,3937 in).

Como com as outras modalidades descritas aqui de tubo plano em duas peças, é previsto que um processo de fabricação do tubo plano 1910 inclua pelo menos parcialmente a formação das duas porções de tubo 1912, 1914 a partir de respectivas tiras de material em folha, e, então, a junção das tiras pelo menos parcialmente formadas umas às outras, conforme descrito aqui no fim da linha de fabricação.

As FIG. 30 a 32 ilustram duas construções adicionais de tubos planos de acordo com modalidades adicionais da presente invenção. Estas modalidades empregam muito da mesma estrutura e têm muito das mesmas propriedades que as modalidades do tubo plano descritas acima em relação às FIG. 25 a 29 e 33. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 25 a 29 e 33. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 25 a 29 e 33 para uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos,

e possíveis alternativas para a estrutura e os recursos dos tubos planos ilustrados nas FIG. 30 a 32 e descritos abaixo. A estrutura e os recursos dos tubos planos ilustrados nas FIG. 30 a 31 e 32 que correspondem à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 25-29 e 33 são designados a partir deste ponto nas séries 2000 e 2100 de números de referência, respectivamente.

A montagem de tubo ilustrada nas FIG. 30 e 31 é substancialmente a mesma que aquela mostrada na FIG. 27, com exceção do formato de inserção. A montagem de tubo ilustrada nas FIG. 30 e 31 é um exemplo da maneira pela qual a inserção 2034 pode assumir diferentes formatos para a definição de canais de fluxo 2016 de formatos e tamanhos diferentes. A título de exemplo, a inserção interna ilustrada 2034 inclui corrugações 2052 tendo flancos que são substancialmente perpendiculares aos lados largos 2022, 2024 do tubo plano em duas peças 2010. Os flancos de corrugação são unidos em conjunto pelas seções substancialmente planas que podem ser brasadas, soldadas ou presas de qualquer outra maneira adequada nas superfícies internas dos lados largos 2022, 2024 das primeira e segunda porções de tubo 2012, 2014. Esta construção em particular de lamelas ou inserção interna 2034 é geralmente referida como lamelas de topo plano.

Com referência continuada às FIG. 30 e 31, as bordas longitudinais 2038, 2042 da inserção interna 2034 são conformadas para incluírem, cada uma, uma gradação 2072 e um arco de conexão 2074 recebido substancialmente dentro e reforçando os lados estreitos 2018, 2020 do tubo plano em duas peças 2010. Em outras modalidades, apenas uma das

bordas longitudinais 2038, 2042 é provida com estes recursos.

Em qualquer uma das modalidades de inserção descritas aqui, as inserções podem ser providas com recursos que aumentem ou sustentem a turbulência dentro dos canais de fluxo definidos pelo menos em parte pelas inserções. Um exemplo desses recursos é mostrado nas FIG. 32A e 32B. Nesta modalidade, os flancos e as seções planas das corrugações 2152 na inserção ilustrada 2134 incluem pequenas asas 2176 (não mostradas na FIG. 32A) posicionadas para aumentarem ou sustentarem a turbulência de fluxo nos canais de fluxo 2116. As pequenas asas 2176 podem ser dispostas ou distribuídas em intervalos ao longo do comprimento do tubo plano 2110 de qualquer maneira padronizada ou sem padrão, e podem estar localizadas em qualquer recurso ou combinação de recursos das corrugações 2152. Também, deve ser notado que as pequenas asas 2176 podem incluir outros formatos além daqueles mostrados nas FIG. 32A e 32B.

A montagem de tubo plano ilustrada nas FIG. 32A e 32B também provê um exemplo de como uma ou ambas as bordas longitudinais de uma inserção em qualquer uma das modalidades aqui não precisam necessariamente ser recebidas ou estar localizadas de outra forma nas bordas longitudinais sobrepostas das primeira e segunda porções de tubo, e não precisam necessariamente fazer parte de ou se estenderem para os lados estreitos do tubo plano. Na construção em particular mostrada nas FIG. 32A e 32B a título de exemplo, a inserção interna 2134 inclui pelo menos uma borda longitudinal 2140 que termina antes do lado

estreito 2120. Ao invés disso, a borda longitudinal 2140 é adjacente a um dos lados largos 2124. Outras construções da inserção 2124 podem incluir uma ou ambas as bordas longitudinais 2138, 2140 adjacentes ao outro lado largo 2122 do tubo plano 2110, uma ou ambas as bordas longitudinais enroladas 2138, 2140 não dentro ou aninhadas em um lado estreito correspondente 2118, 2120 do tubo plano 2110, e similares.

A FIG. 34 ilustra dez construções de tubos planos de acordo com modalidades adicionais da presente invenção. Estas modalidades empregam muito empregam muito da mesma estrutura e têm muitas das mesmas propriedades que as modalidades do tubo plano descritas acima em relação às FIG. 25-33. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 25-33. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 25-33 quanto a uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos, e possíveis alternativas para a estrutura e os recursos dos tubos planos ilustrados na FIG. 34 e descritos abaixo. A estrutura e os recursos das modalidades mostradas nas FIG. 34 que correspondem à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 25 a 33 são designados aqui adiante nas respectivas séries começando com 2300.

Conforme descrito acima em relação à modalidade ilustrada das FIG. 25 e 26, um reforço adicional dos primeiro e/ou segundo lados estreitos de um tubo plano pode ser provido por uma ou mais dobras das primeira e/ou segunda porções de tubo nos lados estreitos (isto é, nas

bordas longitudinais dessas porções). Geralmente, o dobramento das bordas longitudinais das primeira e/ou segunda porções de tubo pode aumentar a resistência do tubo plano e a resistência do tubo plano a danos. Este recurso pode ser empregado em qualquer uma das modalidades descritas em relação às FIG. 25 a 33. Os exemplos de tubos planos tendo bordas longitudinais dobradas são ilustrados na FIG. 34, onde inserções definindo canais de fluxo geralmente retangulares e não se estendendo para ou dobrados dentro das dobras dos lados estreitos de tubo são ilustrados a título de exemplo apenas. Qualquer um dos outros tipos de inserções (ou nenhuma inserção de forma alguma) ou uma construção de inserção longitudinal e posição descritas aqui pode ser usado, ao invés disso, conforme desejado.

Cada um dos tubos planos 2310, 2410, 2510, 2610, 2710, 2810, 2910, 3010, 3110, 3210 ilustrados na FIG. 34 inclui pelo menos uma borda longitudinal de pelo menos uma das primeira e segunda porções de tubo 2312, 2412, 2512, 2612, 2712, 2812, 2912, 3012, 3112, 3212 e 2314, 2414, 2514, 2614, 2714, 2814, 2914, 3014, 3114, 3214 tendo uma dobra 2330, 2430, 2530, 2630, 2730, 2830, 2930, 3030, 3130, 3230. Cada uma das construções ilustradas na FIG. 34 tem uma borda envolvida 2380, 2382 ... 3280, 3282 (isto é, a borda longitudinal 2380, 2382 ... 3280, 3282 que é pelo menos parcialmente circundada por uma borda longitudinal 2378, 2384 ... 3278, 3284 da outra porção de tubo 2312, 2314 ... 3212, 3214) com pelo menos uma dobra 2330 ... 3230. Algumas das construções na FIG. 34 ilustram uma borda envolvente 2978, 2984, 3078, 3074, 3178, 3174, 3278, 3274 (isto é, a

borda longitudinal 2978, 2984, 3078, 3074, 3178, 3174, 3278, 3274 que circunda, pelo menos parcialmente, a borda longitudinal 2980, 2982, 3080, 3082, 3180, 3182, 3280, 3282 da outra porção de tubo 2912, 2914, 3012, 3014, 3112, 3114, 3212, 3214) com pelo menos uma dobra 2930, 3030, 3130, 3230. Embora as extremidades estreitas opostas de cada tubo plano em duas peças ilustrado na FIG. 34 empreguem a mesma construção dobrada, em outras modalidades (com ou sem inserções) apenas uma das duas extremidades estreitas tem uma construção como essa, em cujo caso a outra extremidade estreita pode ter qualquer uma das outras construções dobradas descritas aqui ou não tem porções de borda de tubo dobradas longitudinais de forma alguma. Em outras modalidades, cada uma das bordas longitudinais de pelo menos uma das extremidades estreitas do tubo plano em duas peças (com ou sem uma inserção) tem pelo menos uma dobra.

Em algumas modalidades, uma das extremidades estreitas de qualquer um dos tubos planos ilustrados in FIG. 34 pode ter qualquer uma das construções de borda longitudinal dobrada descritas e/ou ilustradas em relação a qualquer uma das modalidades mostradas nas FIG. 1 a 24 (com ou sem inserções). Nesses casos, a outra extremidade estreita pode ser definida por uma folha de material contínua dobrada, conforme descrito acima em relação às modalidades de tubo em uma peça das FIG. 16 a 22, desse modo resultando em um tubo em uma peça.

A combinação das construções dobradas longitudinais das primeira e segunda porções de tubo descritas aqui com dimensões de espessura relativamente pequenas do material que pode ser empregada em algumas modalidades (conforme

descrito acima) pode produzir tubos planos tendo um peso significativamente reduzido, sem comprometimento da resistência e da estabilidade.

Para facilidade de descrição, as construções dos tubos planos 2310 ... 3210 ilustrados nas FIG. 34 incluem uma configuração similar àquela do tubo plano 1810 mostrado nas FIG. 25 e 26 com respeito à orientação das primeira e segunda porções 2312, 2314 ... 3212, 3214, e são classificadas em três grupos: B, C, e D. Cada um dos grupos B, C, e D ilustra características alternativas do tubo plano 2310...3210. Conforme mencionado acima, é para ser entendido que os recursos ilustrados na FIG. 34 também são aplicáveis a outras configurações de tubos planos em duas peças ou em uma peça descritos e/ou ilustrados aqui, e podem ser utilizados com ou sem uma inserção. Os tubos planos 2310, 2410, 2510, 2610, 2710, 2810 dos Grupos B e C incluem, cada um, uma borda longitudinal de envolvimento não dobrada 2378, 2384, 2478, 2484, 2578, 2584, 2678, 2684, 2778, 2784, 2878, 2884 das primeira e segunda porções de tubo 2312, 2314, 2412, 2414, 2512, 2514, 2612, 2614, 2712, 2714, 2812, 2814 respectivamente. Mais especificamente, as bordas de envolvimento 2378, 2384, 2478, 2484, 2578, 2584, 2678, 2684, 2778, 2784, 2878, 2884 envolvem pelo menos parcialmente as bordas envolvidas 2382, 2380, 2482, 2480, 2582, 2580, 2682, 2680, 2782, 2780, 2882, 2880 tendo pelo menos uma dobra 2330, 2430, 2530, 2630, 2730, 2830. As dobras 2330, 2430, 2530, 2630, 2730, 2830 das bordas envolvidas 2382, 2380, 2482, 2480, 2582, 2580, 2682, 2680, 2782, 2780, 2882, 2880 podem ser substancialmente paralelas aos lados largos 2322, 2324, 2422, 2424, 2522, 2524, 2622,

2624, 2722, 2724, 2822, 2824 (por exemplo, Grupos B e C). Também, as dobras 2330, 2430, 2530 podem incluir uma porção paralela à borda envolvente 2378, 2384, 2478, 2484, 2578, 2584 (por exemplo, Grupo B).

Os tubos planos 2910, 3010, 3110 de Grupo D incluem lados estreitos 2918, 2920, 3018, 3020, 3118, 3120, onde ambas as bordas de envolvimento 2978, 2984, 3078, 3084, 3178, 3184 e as bordas envolvidas 2982, 2980, 3082, 3080, 3182, 3180 das primeira e segunda porções de tubo 2912, 2914, 3012, 3014, 3112, 3114 têm dobras 2930, 3030, 3130. Como resultado, a estabilidade dos lados estreitos 2918, 2920, 3018, 3020, 3118, 3120 pode ser aumentada com respeito aos lados estreitos 2318, 2320, 2418, 2420, 2518, 2520, 2618, 2620, 2718, 2720, 2818, 2820 dos tubos planos 2310, 2410, 2510, 2610, 2710, 2810 nos Grupos B e C. Mais ainda, as bordas envolvidas e de envolvimento 2982, 2980, 3082, 3080, 3182, 3180 e 2978, 2984, 3078, 3084, 3178, 3184 de cada um dos tubos planos 2910, 3010, 3110 no Grupo D definem apenas uma dobra 2930, 3030, 3130 (embora mais dobras sejam possíveis em outras modalidades), ao passo que as bordas envolvidas 2382, 2380, 2482, 2480, 2582, 2580, 2682, 2680, 2782, 2780, 2882, 2880 dos tubos planos 2310, 2410, 2510, 2610, 2710, 2810 dos Grupos B e C definem mais de uma dobra 2330, 2430, 2530, 2630, 2730, 2830. Também com referência aos tubos planos 2910, 3010, 3110 do Grupo D, uma dobra 2930, 3030, 3130 de cada borda envolvente 2978, 2984, 3078, 3084, 3178, 3184 é substancialmente paralela à porção mais externa do tubo plano 2910, 3010, 3110, e pelo menos uma porção da dobra 2930, 3030, 3130 de cada borda envolvida 2982, 2980, 3082, 3080, 3182, 3180 é

substancialmente paralela aos lados largos 2922, 2924, 3022, 3024, 3122, 3124 dos tubos planos 2910, 3010, 3110.

Com referência continuada às várias modalidades de tubo plano ilustradas na FIG. 34, é para ser entendido que o número de dobras 2330 ... 3230 nas bordas de envolvimento e envolvidas 2382, 2380 ... 3282, 3280 e 2378, 2384 ... 3278, 3284, e o projeto ou formato das dobras 2330...3230 podem ser ajustados de acordo com um conjunto desejado de parâmetros. Mais ainda, embora a inserção interna 2334 ... 3234 das modalidades de tubo plano ilustradas na FIG. 34 não seja usada para reforço dos lados estreitos 2318, 2320 ... 3218, 3220, em outras modalidades, uma ou ambas as bordas longitudinais 2338, 2340 ... 3238, 3240 da inserção 2334 ... 3234 são dobradas com e dentro das bordas longitudinais 2382, 2380 ... 3282, 3280 e 2378, 2384 ... 3278, 3284 das primeira e segunda porções de tubo 2312, 2314 ... 3212, 3214. Ainda outras construções do tubo plano podem incluir a formação de dobras com as bordas longitudinais de uma tira em uma peça, conforme mencionado acima.

Em qualquer uma das modalidades do tubo plano de tubo em duas peças descritas em relação às FIG. 25-34, é previsto que por todo o processo de fabricação do tubo plano 1710 ... 3210, a largura de qualquer uma das costuras longitudinais 1744, 1746 ... 3244, 3246 ou das gradações 1716 ... 3216 pode ser ajustada para tubos diferentes 1710 ... 3210. Como resultado, uma mudança abrupta de espessura dos lados largos 1722, 1724 ... 3222, 3224 pode ser compensada, reduzida ou mesmo evitada. Para fins de ilustração, pode ser observado que a distância e ilustrada nas FIG. 31 e 32B (representando a distância a partir da borda longitudinal

terminal 2156, 2256 até a extremidade distal do lado estreito de tubo correspondente 2120, 2220) é significativamente maior na modalidade da FIG. 31 do que é na modalidade das FIG. 32A e 32B. Esta distância e pode ser variada em qualquer uma das modalidades, conforme desejado.

As FIG. 35-45 ilustram várias inserções de tubo plano de acordo com várias modalidades da presente invenção, qualquer uma das quais podendo ser usada em qualquer uma das modalidades de tubo plano descritas e/ou ilustradas aqui. Em muitas modalidades, uma inserção pode ser descrita como tendo várias colinas e vales pelo menos parcialmente definindo canais de fluxo ao longo de um tubo plano.

Os tubos planos 3310, 3410, 3510, 3610 ilustrados nas FIG. 35-45 incluem, cada um, uma inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634 com várias aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686 geralmente definidas nas colinas 3388, 3488, 3588, 3688 e/ou vales 3390, 3490, 3590, 3690 da inserção 3334, 3434, 3534, 3634. As aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686 se estendem em uma direção longitudinal geralmente ao longo da inserção 3334, 3434, 3534, 3634 (isto é, em uma direção que se estenderá geralmente de forma longitudinal ao longo do interior de um tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 no qual a inserção 3334, 3434, 3534, 3634 será instalada). Em algumas construções do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610, as aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686 podem ser interrompidas pelas pontes 3392, 3492, 3592, 3692. As pontes 3392, 3492, 3592, 3692 podem ser orientadas para serem substancialmente paralelas aos lados largos 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610, e podem ser espaçadas em

qualquer intervalo regular ou irregular ao longo da direção longitudinal da inserção 3334, 3434, 3534, 3634.

Pela provisão das aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686 na inserção 3334, 3434, 3534, 3634 conforme descrito acima, o peso da inserção 3334, 3434, 3534, 3634 (e, conseqüentemente, de um trocador de calor equipado com os tubos planos 3310, 3410, 3510, 3610 tendo essas inserções 3334, 3434, 3534, 3634) pode ser significativamente reduzido em relação a uma inserção 3334, 3434, 3534, 3634 que não inclua essas aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686. Com base no projeto da inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634, é previsto que o peso de uma inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634 possa ser reduzido em até 50% com a inclusão das aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686, se comparado com uma inserção interna corrugada continuamente 3334, 3434, 3534, 3634 de dimensões similares.

Em algumas modalidades, as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 descritas acima e ilustradas nas FIG. 35-45 são produzidas pelo corte de uma folha de material (por exemplo, comprimentos sem fim ou discretos de alumínio, liga de alumínio, cobre, latão ou outro metal, ou outro material), e pela flexão de porções da folha cortada para fora do plano com respeito à folha original. Por exemplo, nas construções das inserções 3334, 3434, 3534, 3634 mostradas nas FIG. 35-45, as inserções internas 3334, 3434, 3534, 3634 podem ser produzidas a partir de uma espessura de metal em folha relativamente fina de em torno de 0,03 mm (0,0011811 in). As porções alongadas podem incluir fendas alongadas as quais são abertas pelo material em folha se

flexionando adjacente às fendas fora do plano com respeito à folha original. As flexões podem ser feitas em ambas as direções fora do plano da folha original, ou em apenas uma direção fora do plano, desse modo se produzindo as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 tendo formatos diferentes. Cortes adicionais podem ser feitos para facilitação desta flexão, tais como fendas perpendiculares a e unidas às fendas alongadas recém descritas. Em algumas modalidades, as porções flexionadas incluem bordas tipo de arco 3394, 3494, 3594, 3694 conforme ilustrado nas modalidades das FIG. 35-45, por exemplo. Em algumas modalidades, os cortes feitos na folha de material (antes de uma flexão) e as aberturas alongadas resultantes 3386, 3486, 3586, 3686 e pontes 3392, 3492, 3592, 3692 definem um formato de T duplo.

Os inventores descobriram que uma estabilidade de pressão interna desejada pode ser obtida nos tubos planos incluindo as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 ilustradas nas FIG. 35-45. Mais especificamente, as superfícies de brasagem das inserções 3334, 3434, 3534, 3634 ilustradas nas FIG. 35-45 (definidas pelas porções superiores das bordas tipo de arco 3394, 3494, 3594, 3694) são suficientemente grandes para proverem ligações fortes entre as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 e os lados largos 3322, 3324, 3422, 3424, 3522, 3524 do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610. Os flancos das bordas tipo de arco 3394, 3494, 3594, 3694 também podem ser unidos pela brasagem das bordas tipo de arco 3394, 3494, 3594, 3694 aos lados largos correspondentes 3322, 3324, 3422, 3424, 3522, 3524, 3622, 3624 do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610. Essas

construções de lamelas ou inserções internas 3334, 3434, 3534, 3634 são freqüentemente denominadas lamelas de topo plano.

O uso das inserções 3334, 3434, 3534, 3634 descritas acima em conjunto com os tubos planos ilustrados nas FIG. 35-45 e descritos em qualquer lugar aqui provê excelentes resultados. Por exemplo, as ligações recém descritas provêem resistência adicional àqueles tubos planos da presente invenção construídos do material em folha relativamente fino tendo dimensões descritas anteriormente. Vantagens também foram encontradas com referência à perda de pressão experimentada quando se usam tais inserções internas 3334, 3434, 3534, 3634. Mais ainda, inserções internas 3334, 3434, 3534, 3634 tendo as aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686 e pontes 3392, 3492, 3592, 3692 conforme descrito acima podem ajudar a evitar que as primeira e segunda porções 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 sejam facilmente deslocadas transversalmente umas para longe das outras. Por exemplo, esta estrutura pode ajudar a evitar que uma dentre as primeira e segunda porções de tubo plano 3312, 3412, 3512, 3612 se desloque na direção longitudinal do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 com respeito à outra porção de tubo plano 3314, 3414, 3514, 3614 no decorrer dos processos de fabricação realizados para a criação da montagem de tubo plano completada. Uma razão é que as colinas 3388, 3488, 3588, 3688 e vales 3390, 3490, 3590, 3690 tendo as aberturas alongadas 3386, 3486, 3596, 3696 descritas acima podem exercer uma força elástica a partir do interior do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 sobre os

lados largos 3322, 3324, 3422, 3424, 3522, 3524, 3622, 3624, desse modo colocando os lados largos 3322, 3324, 3422, 3424, 3522, 3524, 3622, 3624 sob tração, para se evitar ou reduzir esse deslocamento.

Em cada uma das modalidades ilustradas nas FIG. 35-45 as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 são recebidas em tubos planos em duas peças 3310, 3410, 3510, 3610 em que as costuras longitudinais 3344, 3346, 3444, 3446, 3544, 3546, 3644, 3646 unindo as duas porções do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 se estendem para e estão pelo menos parcialmente localizadas em porções diferentes 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614. Em cada modalidade, as duas porções 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 são substancialmente idênticas umas às outras. Contudo, em outras modalidades, as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 podem ser utilizadas em qualquer um dos tubos planos em uma peça ou em duas peças da presente invenção descritos aqui. Por exemplo, as duas porções 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 podem ser dispostas de modo que uma costura longitudinal 3344, 3444, 3544, 3644 esteja em um lado largo 3324, 3424, 3524, 3624 e a outra costura longitudinal 3346, 3446, 3546, 3646 esteja no outro lado largo 3322, 3422, 3522, 3622 do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610, tal como na modalidade da presente invenção ilustrada nas FIG. 25 e 26. Nessas modalidades, uma borda longitudinal 3354, 3356, 3454, 3456, 3554, 3556, 3654, 3656 de cada uma das duas porções 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 se estende de forma substancialmente livre dentro do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610. Como uma conseqüência, as duas porções 3312, 3314, 3412, 3414, 3512,

3514, 3612, 3614 podem ter tolerâncias relativamente grandes em suas larguras, conforme descrito anteriormente em relação à modalidade ilustrada das FIG. 25 e 26. Em outras modalidades, ambas as costuras longitudinais 3344, 3346, 3444, 3446, 3544, 3546, 3644, 3646 estão localizadas para se estenderem no mesmo lado largo 3322, 3422, 3522, 3622 ou 3324, 3424, 3524, 3624, tal como na modalidade da presente invenção ilustrada na FIG. 27.

Em algumas modalidades, uma ou ambas as bordas longitudinais 3338, 3340, 3448, 3440, 3548, 3540, 3648, 3640 da inserção 3334, 3434, 3534, 3634 podem se estender para um lado estreito correspondente 3318, 3320, 3418, 3420, 3518, 3520, 3618, 3620, e podem ser conformadas para revestirem pelo menos uma porção do interior do lado estreito 3318, 3320, 3418, 3420, 3518, 3520, 3618, 3620 de qualquer uma das maneiras descritas acima em relação às modalidades ilustradas das FIG. 25-34. Por exemplo, uma ou ambas as bordas longitudinais 3338, 3340, 3448, 3440, 3548, 3540, 3648, 3640 da inserção 3334, 3434, 3534, 3634 podem incluir uma gradação 3472, 3672 (veja, por exemplo, as modalidades das FIG. 39-42 e 45) e/ou uma borda em formato de arco 3374, 3474, 3574, 3674 para reforço de um ou ambos os lados estreitos 3318, 3320, 3418, 3420, 3518, 3520, 3618, 3620.

Uma relação como essa entre a inserção 3334, 3434, 3534, 3634 e o tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 pode prover vantagens significativas de resistência e estabilidade, conforme descrito anteriormente. Nessas modalidades, a espessura dos lados estreitos reforçados 3318, 3320, 3418, 3420, 3518, 3520, 3618, 3620 corresponde

à soma das espessuras das primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 e da espessura da inserção 3334, 3434, 3534, 3634. Em algumas modalidades tendo esta relação, cada uma das primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 pode ter uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (0,00591 in). Mais ainda, cada uma das primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 pode ter uma espessura maior do que em torno de 0,10 mm (0,003937 in). Também ou alternativamente, nessas modalidades a espessura da inserção 3334, 3434, 3534, 3634 não é maior do que em torno de 0,10 mm (0,003937 in). Por exemplo, o tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 pode ter as primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 cada uma com uma espessura de em torno de 0,12 mm (0,0047224 in), e em que a inserção 3334, 3434, 3534, 3634 tem uma espessura não maior do que em torno de 0,10 mm (0,003937 in). Em outras modalidades, a espessura de cada uma das primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 e a inserção 3334, 3434, 3534, 3634 não é maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055) para a provisão de um trocador de calor relativamente efetivo em termos de custos com boas propriedades de transferência de calor e de resistência. Também, em algumas modalidades a espessura de cada uma das primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 e/ou da inserção 3334, 3434, 3534, 3634 não é menor do que em torno de 0,03 mm (0,0011811 in). Em outras modalidades, as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 podem ter qualquer uma das espessuras de inserção descritas

acima em relação às modalidades ilustradas das FIG. 25-34.

Conforme mais bem mostrado nas FIG. 35, 39, 44, e 45, em algumas modalidades as inserções 3334, 3434, 3534, 3634 ilustradas nas FIG. 35-45 são conformadas de modo que as colinas 3388, 3488, 3588, 3688 e vales 3390, 3490, 3590, 3690 descritos acima definam corrugações 3352, 3452, 3552, 3652 correndo na direção longitudinal das inserções 3334, 3434, 3534, 3634. Os flancos destas corrugações 3352, 3452, 3552, 3652 podem ser perpendiculares ou substancialmente perpendiculares aos lados largos 3322, 3324, 3422, 3424, 3522, 3524 dos tubos planos 3310, 3410, 3510 (veja as FIG. 35, 39, e 44) ou podem formar um ângulo de inclinação com respeito aos lados largos 3622, 3624 do tubo plano 3610. Em qualquer uma das modalidades ilustradas das FIG. 35-45, flancos de corrugação perpendiculares ou em ângulo podem ser usados, conforme desejado. Adicionalmente, a inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634 pode ser feita de mais de uma parte, de modo que a montagem de tubo plano resultante inclua quatro ou mais partes em algumas modalidades.

Em algumas modalidades (incluindo modalidades em que a inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634 é construída a partir de uma única folha de material conforme descrito acima), a inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634 é geralmente enrolada na direção longitudinal da inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634 ou do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610. Em alguns processos de fabricação do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610, por exemplo, dois tipos de rolos são providos para enrolamento da inserção interna 3334, 3434, 3534, 3634 e geram as aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686, as colinas 3388, 3488, 3588, 3688 e os vales

3390, 3490, 3590, 3690 na direção longitudinal conforme descrito acima. Um primeiro rolo pode ser um rolo de corte para a formação de fendas na folha substancialmente plana. Um segundo rolo pode ser um rolo de formação para a formação das colinas 3388, 3488, 3588, 3688 e vales 3390, 3490, 3590, 3690 definindo as bordas tipo de arco 3394, 3494, 3594, 3694 na FIG. 35-45. De modo similar às construções descritas acima, as costuras longitudinais 3344, 3346, 3444, 3446, 3544, 3546, 3644, 3646 das primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 formando o tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 atingem a partir dos lados estreitos 3318, 3320, 3418, 3420, 3518, 3520, 3618, 3620 nos lados largos 3322, 3324, 3422, 3424, 3522, 3524, 3622, 3624 do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610. Como com as modalidades de tubo em duas peças descritas anteriormente, as gradações 3316, 3416, 3516, 3616, contudo, podem ficar nos lados largos 3322, 3324, 3422, 3424, 3522, 3524, 3622, 3624. Conforme também descrito em modalidades anteriores, a largura da gradação 3316, 3416, 3516, 3616 (medida até a extremidade distal do lado estreito correspondente 3318, 3320, 3418, 3420, 3518, 3520, 3618, 3620) pode ser determinada com base no processo de fabricação e nas especificações desejadas do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610.

Com referência continuada às modalidades ilustradas das FIG. 35-45, em algumas construções do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610 tendo uma inserção 3334, 3434, 3534, 3634 com as aberturas alongadas 3386, 3486, 3586, 3686 e pontes 3390, 3492, 3590, 3690 conforme descrito aqui (incluindo aquelas modalidades tendo os materiais de parede de tubo

relativamente finos descritos acima), os inventores descobriram que um pequeno diâmetro d de tubo plano de pelo menos em torno de 0,7 mm (0,027559 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações, tal como em radiadores. Os inventores também descobriram que um pequeno diâmetro d de tubo plano não maior do que em torno de 1,5 mm (0,059055 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações, tal como em radiadores, e particularmente naquelas modalidades de tubo plano da presente invenção tendo os materiais de parede de tubo relativamente finos descritos acima. No caso de arrefecedores de ar de carga e outras aplicações, os inventores descobriram que o diâmetro pequeno d pode ser maior do que em torno de 10,0 mm (0,3937 in) enquanto ainda provê bons resultados de performance. Também, deve ser notado que em outras modalidades qualquer um dos diâmetros pequeno e grande D, d descritos acima em relação a todas as modalidades de tubo plano mostradas aqui podem ser usados, ao invés disso. O diâmetro grande D dos tubos planos em duas peças 3310, 3410, 3510, 3610 ilustrado nas FIG. 35, 39, 44, e 45 pode ter qualquer tamanho desejado (também incluindo aqueles descritos acima em relação a todas as modalidades de tubo plano mostradas aqui), com base, pelo menos em parte, na largura do material de partida usado para a construção do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610. Nesse sentido, se rolos de laminação forem usados para a produção dos tubos planos, esses rolos (não mostrados) poderão ser ajustados para a produção de tubos planos mais largos ou mais estreitos 3310, 3410, 3510, 3610. Em outras construções, os rolos para fabricação dos tubos planos

3310, 3410, 3510, 3610 podem ser substituídos de acordo com as dimensões desejadas do tubo plano 3310, 3410, 3510, 3610.

Em algumas construções dos tubos planos 3310, 3410, 3510, 3610 ilustrados nas modalidades das FIG. 35-45, as primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 e/ou a inserção 3334, 3434, 3534, 3634 podem incluir um revestimento de material de brasagem para fins de junção de duas ou mais destas partes e/ou, em alguns casos, um outro elemento (por exemplo, uma grade de resfriamento de um trocador de calor). Embora em algumas modalidades, as primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314, 3412, 3414, 3512, 3514, 3612, 3614 e/ou a inserção 3334, 3434, 3534, 3634 sejam construídas de alumínio ou de uma liga de alumínio, em outras modalidades qualquer uma ou todas estas partes podem ser construídas a partir de outros materiais adequados ou não para brasagem.

Com referência em particular, agora, à modalidade ilustrada das FIG. 35-38, em algumas modalidades as pontes 3390 interrompendo as aberturas alongadas 3386 não são contínuas ou alinhadas com as outras pontes cobrindo a largura inteira da inserção 3334. Ao invés disso, pontes 3390 interrompendo uma abertura alongada podem ser alternadas (isto é, localizadas em posições longitudinais diferentes ao longo da inserção 3334) com respeito às pontes adjacentes 3390 em um ou ambos os lados da abertura alongada 3386. Em outras modalidades, tais como aquelas mostradas nas FIG. 39-42, as pontes 3492 interrompendo as aberturas alongadas 3486 podem ser alinhadas de modo que duas ou mais pontes 3492 interrompendo aberturas alongadas

adjacentes 3486 sejam alinhadas ou substancialmente alinhadas na mesma posição longitudinal ao longo da inserção 3444. Em qualquer modalidade, a distância ao longo de cada canal de fluxo 3316, 3416 entre pontes 3390, 3492 pode ser discreta (isto é, não em comunicação de fluido com canais de fluxo adjacentes 3316, 3416), uma vez que os lados largos 3322, 3324, 3422, 3424 podem fechar as aberturas alongadas 3386, 3486. Embora os arranjos de ponte ilustrados nas modalidades das FIG. 35-42 provejam vantagens dos pontos de vista de fabricação, ainda em outras modalidades as pontes podem ser dispostas de qualquer outra maneira desejada.

O diâmetro hidráulico definido pelos canais de fluxo 3316, 3416 é definido pelo projeto correspondente das colinas 3388, 3488 e vales 3488, 3490 da inserção 3334, 3434. O diâmetro hidráulico pode ser relativamente pequeno, considerando-se um diâmetro pequeno d de em torno de 0,8 mm (0,031496 in) e um número relativamente grande de canais de fluxo 3316, 3416 através da largura da inserção 3334, 3434, por exemplo.

Com referência continuada à modalidade mostrada nas FIG. 35-38, as corrugações ilustradas 3352 "oscilam" aproximadamente em torno de um plano médio da inserção 3334 (ou tubo plano 3310). Em outras palavras, os flancos e bordas em formato de arco 3374 da inserção 3334 se estendem em direções opostas em direção às primeira e segunda porções de tubo 3312, 3314 a partir de uma porção da inserção 3334 definida entre eles e substancialmente paralelos aos lados largos 3322, 3324 do tubo plano 3310. Embora esta porção entre os lados largos 3322, 3324 possa

estar localizada em um plano médio da inserção 3334, tal como aquele mostrado na FIG. 37, esta porção a partir da qual as colinas 3390 e vales 3388 pode estar localizada em qualquer lugar entre as extremidades da inserção 3334 para qualquer lado da folha plana original. Também, deve ser notado que a construção da inserção 3334 mostrada na FIG. 35 tem aberturas alongadas 3386 formadas nas colinas 3390 e vales 3388 das corrugações ilustradas 3352, embora essas aberturas 3386, 3388 não precisem necessariamente ser definidas em colinas 3390 e vales 3388 em outras modalidades.

Na modalidade das FIG. 38-42, as corrugações 3452 são formadas, ao invés disso em um lado da inserção 3434. Em particular, a inserção 3434 não está em um plano médio com respeito aos lados largos 3422, 3424 do tubo plano 3410, mas, ao invés disso, fica aproximadamente no lado largo inferior 3424 do tubo plano 3410. Mais ainda, a construção da inserção 3434 mostrada na FIG. 39 tem aberturas alongadas 3486 apenas nas colinas 3488 das corrugações ilustradas 3452.

Em algumas modalidades, qualquer uma das inserções descritas aqui pode ser separada em duas ou mais seções ao longo da largura das inserções, de modo a se definirem dois ou mais canais de fluxo que, em algumas modalidades, são isolados em termos de fluido uns dos outros. Esta separação pode ser produzida por uma ou mais divisórias que se estendem longitudinalmente definidas no todo ou em parte pela inserção. Por exemplo, nas modalidades das FIG. 44 e 45, cada uma das inserções internas 3534, 3634 é formada com pelo menos uma 3596, 3696 para a provisão do tubo plano

3510, 3610 com pelo menos duas câmaras de fluxo tendo qualquer número de canais de fluxo 3516, 3616 desejado. Desta maneira, uma separação de dois meios de fluxo fluindo dentro do tubo plano 3510, 3610 é realizada. Cada um dos tubos planos 3510, 3610 ilustrados nas FIG. 44 e 45 inclui duas dessas câmaras de fluxo, permitindo (por exemplo) que um meio flua para frente em uma câmara de fluxo em uma direção, e permitindo que o mesmo meio ou um diferente flua para trás na outra câmara de fluxo em uma direção oposta.

Vários tubos planos de acordo com várias modalidades da presente invenção foram descritos como sendo construídos de um pedaço de material único (veja, por exemplo, as modalidades ilustradas das FIG. 16-23, as quais mostram vários tubos planos 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610 cada um tendo várias dobras internas 928, 1028, 1128, 1228, 1328, 1428, 1528, 1628 definidas pelas primeira e segunda porções 912, 914, 1012, 1014, 1112, 1114, 1212, 1214, 1312, 1314, 1412, 1414, 1512, 1514, 1612, 1614 do mesmo pedaço de tubo usado para a construção do tubo 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610). Conforme descrito em maiores detalhes acima, as dobras internas 928, 1028, 1128, 1228, 1328, 1428, 1528, 1628 definem, pelo menos parcialmente, vários canais de fluxo 916, 1016, 1116, 1216, 1316, 1416, 1516, 1616 através dos tubos planos 910, 1010, 1110, 1210, 1310, 1410, 1510, 1610.

Em outras modalidades da presente invenção, um tubo plano em uma peça pode ser provido com uma inserção construída de um pedaço de material em separado recebido dentro (e em algumas modalidades, preso dentro) do tubo plano em uma peça. Dois exemplos desses tubos planos 3710,

3810 tendo inserções 3734, 3834 são mostrados nas FIG. 46-47 e 48. Como os tubos planos em uma peça descritos anteriormente, o tubo plano 3710, 3810 pode ser construído de uma folha (por exemplo, uma tira) de material relativamente fino definindo os lados largos 3722, 3724, 3822, 3824 e dois lados estreitos reforçados 3718, 3720, 3818, 3820 do tubo plano 3710, 3810. Em algumas modalidades, os inventores descobriram que a espessura da folha de material pode ser menor do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in) para prover bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, em algumas modalidades, os inventores descobriram que a espessura da folha de material pode ser maior do que em torno de 0,03 mm (aproximadamente 0,0011811 in) para prover bons resultados de performance em muitas aplicações. É para ser entendido que a espessura da folha de material pode ter outras dimensões não listadas aqui.

Com referência continuada à FIG. 46-48, as bordas longitudinais 3778, 3782, 3878, 3882 da folha de material são conformadas e movidas em conjunto de modo que uma borda longitudinal 3778, 3878 se confine contra a borda longitudinal 3782, 3882 para a formação de um lado estreito 3718, 3818 do tubo plano 3710, 3810. Este lado estreito 3718, 3818 pode ser definido por pelo menos uma flexão a 180° da folha de material no lado estreito 3718, 3818 ou por um ou mais outros tipos de dobras (descritos em maiores detalhes abaixo) usados para fechamento do lado estreito 3718, 3818. O outro lado estreito 3720, 3820 é formado pelo menos em parte pelo dobramento da folha de material para se colocarem em conjunto as primeira e segunda bordas

longitudinais 3778, 3782, 3878, 3882 conforme recém descrito. Em algumas modalidades, este outro lado estreito 3720, 3820 pode incluir pelo menos uma espessura de parede tripla gerada pelo dobramento da folha de material sobre si mesma duas vezes na localização do lado estreito 3720, 3820.

Em algumas modalidades, o processo de fabricação do tubo plano 3710, 3810 pode incluir a formação ou o dobramento de outra forma das bordas longitudinais 3778, 3782, 3878, 3882 que serão colocadas em conjunto para fechamento do tubo plano 3710, 3810 antes do dobramento da folha de material para produção de dobras de reforço 3730, 3830 (indicadas em F nas FIG. 46-48) no lado estreito 3720, 3820 conforme descrito acima. Em outras modalidades, estes processos são realizados ao mesmo tempo ou substancialmente ao mesmo tempo.

Em algumas modalidades do tubo plano em uma peça, tal como o tubo plano em uma peça 3710 mostrado nas FIG. 46 e 47, uma borda longitudinal 3778 da folha de material usada para produção do tubo 3710 define um formato de arco maior do que um formato de arco da outra borda longitudinal 3782. Uma vantagem de uma construção como essa é que quando a borda longitudinal em formato de arco maior 3778 é conformada em torno da borda longitudinal em formato de arco menor 3782, o tubo plano acabado 3710 geralmente não forma brechas ou é resistente a uma formação de brechas. Contudo, em outras modalidades, as bordas longitudinais 3778, 3782 podem ter outros formatos além daqueles arqueados. Por exemplo, as bordas longitudinais 3878, 3882 ilustradas nas FIG. 48 podem ser unidas em conjunto e ter

vários formatos diferentes, incluindo sem limitação qualquer um dos formatos de borda longitudinal ilustrados e/ou descritos acima em relação às FIG. 2 e 6-11. Também, as bordas longitudinais 3878, 3882 ilustradas nas FIG. 48 podem ser unidas em conjunto com uma ou ambas as bordas longitudinais 3738, 3740 e terem junto com elas formatos diferentes, incluindo sem limitação qualquer um dos formatos de borda longitudinal ilustrados e/ou descritos acima em relação às FIG. 14 e 15.

Os lados estreitos 3718, 3720, 3818, 3820 dos tubos planos em uma peça 3710, 3810 mostrados nas FIG. 46-48, cada um, têm uma espessura de pelo menos duas vezes aquela do material em folha usado para a construção dos tubos 3710, 3810. Dois dos lados estreitos ilustrados 3720, 3820 têm uma espessura que é de pelo menos três vezes aquela do material em folha com base nas dobras extras 3730, 3830 criadas nas áreas destes lados estreitos 3720, 3820. Em outras modalidades, um reforço adicional de qualquer lado estreito 3718, 3720, 3818, 3820 pode ser obtido pela formação de uma ou mais dobras adicionais 3730, 3830 nas localizações dos lados estreitos 3718, 3720, 3818, 3820. Qualquer um dos tipos de dobras descritos em relação a qualquer uma das modalidades das FIG. 1-24 para reforço de um lado estreito definido pelas duas bordas longitudinais unidas pode ser usado para reforço do primeiro lado estreito 3718, 3818 ilustrado nas FIG. 46-48. De modo similar, qualquer um dos tipos descritos em relação a qualquer uma das modalidades das FIG. 16-24 para reforço de um lado estreito definido por uma folha de material contínua pode ser usado para reforço do segundo lado

estreito 3720, 3820 ilustrado nas FIG. 46-48.

Em cada uma das duas modalidades ilustradas das FIG. 46-48, uma inserção interna 3734, 3834 é recebida no tubo plano 3710, 3810 conforme o tubo plano 3710, 3810 é fabricado. Em algumas modalidades, a inserção 3734, 3834 pode ser inserida após a produção do segundo lado estreito 3720, 3820 (definindo as dobras de reforço 3730, 3830 descritas acima), enquanto o tubo plano 3710, 3810 ainda está parcialmente aberto, conforme mostrado nas FIG. 46-48. De forma alternativa ou adicional, um ou ambos os lados largos 3722, 3724 do tubo plano 3710, 3810 podem ter dobras internas similares àquelas ilustradas nas FIG. 1-13 e 16-24 (por exemplo) pelo menos parcialmente formando os canais de fluxo.

Um processo de exemplo para a formação de um tubo plano em uma peça 3710 com uma inserção 3734 é ilustrado na FIG. 46 a título de exemplo. Em primeiro lugar, uma dobra 3730 (indicada em F) é criada, e as bordas longitudinais 3778, 3782 são conformadas simultaneamente. De forma alternativa, apenas uma borda longitudinal 3778, 3782 é conformada, enquanto a outra borda longitudinal 3782, 3778 permanece não conformada. Na modalidade ilustrada da FIG. 46, no estágio de fabricação mostrado na ilustração (a) da FIG. 46, uma borda longitudinal 3782 com um arco 3762 já está completada, e a outra borda longitudinal 3778 foi provida com uma flexão simples, a qual será mais tarde adicionalmente conformada em um arco maior 3766 estendendo-se pelo menos parcialmente em torno do arco 3762 definido pela primeira borda longitudinal 3782.

No estágio de fabricação mostrado na ilustração (b) da

FIG. 46, duas dobras de reforço 3730 foram completadas pela adição de uma dobra 3730 à dobra 3730 mostrada na ilustração (a). Portanto, na área destas dobras 3730, uma espessura tripla do material em folha usado para formação do tubo plano em uma peça 3710 é formada.

No estágio de fabricação mostrado na ilustração (c) da FIG. 46, as dobras 3730 estão começando a formar o segundo lado estreito 3720 do tubo plano 3710 pela flexão das dobras 3730. Nesta etapa intermediária do processo de fabricação, a gradação 3758 é formada em um dos lados largos 3722 substancialmente adjacente às dobras 3730 para a provisão de uma superfície externa lisa do tubo plano em uma peça 3710. A gradação 3758 também pode ser formada no outro lado largo 3724 substancialmente adjacente às dobras 3730 em uma construção alternativa do tubo 3710. A superfície lisa do tubo 3710 produzido por essas gradações 3758 e sua capacidade de receber uma dobra 3730 ou uma borda longitudinal 3778 de uma maneira em recesso podem ser vantajosas em casos em que o tubo 3710 precisa ser brasado, soldado ou colado a outros elementos.

Em seguida, no estágio de fabricação mostrado na ilustração (d) da FIG. 46, uma inserção interna corrugada 3734 é inserida no tubo plano 3710, embora inserções tendo qualquer um dos outros formatos descritos aqui possam ser usadas, ao invés disso. Uma das bordas longitudinais 3738 da inserção interna corrugada 3734 pode ser colocada primeiramente no pequeno arco 3762 da borda longitudinal 3782. Alternativamente, uma borda longitudinal 3740 de uma inserção interna 3734 pode ser primeiramente colocada no lado estreito 3720 oposto ao pequeno arco 3762, conforme

mostrado nas FIG. 46 e 47. A inserção interna 3734 pode estar sob uma certa tração preliminar, quando inserida no estágio mostrado na ilustração (d) da FIG. 46 e na FIG. 47. Mais especificamente, a inserção 3734 pode ter uma tração arqueando a inserção 3734 ligeiramente para longe do lado largo 3724 ou forçando uma expansão da inserção 3734 contra uma compressão necessária para colocar a inserção 3734 dentro do tubo plano 3710, e, portanto, é empurrada para os lados estreitos 3718, 3720 durante o fechamento completo do tubo plano em uma peça 3710. No estágio de fabricação mostrado na ilustração (e) da FIG. 46, um arco grande 3766 é formado na borda longitudinal 3778 e é colocado em torno do pequeno arco 3762 na outra borda longitudinal 3782, desse modo fechando o tubo plano em uma peça 3710. A curvatura pequena mencionada anteriormente da inserção interna 3734 (se existente) desse modo é removida, e ambas as bordas longitudinais conformadas 3738, 3740 da inserção interna 3734 são instaladas dentro dos lados estreitos 3718, 3720 do tubo plano 3710.

O processo para formação do tubo plano em uma peça 3810 ilustrado na FIG. 48 é similar em muitos aspectos àquilo descrito acima com referência à modalidade das FIG. 46 e 47. Portanto, com a exceção de recursos descritos aqui adiante e qualquer descrição inconsistente ou incompatível acima, uma referência é feita desse modo à descrição acima com referência à fabricação do tubo plano 3710 para maiores informações com referência à fabricação do tubo plano 3810.

No estágio de fabricação mostrado na ilustração (a) da FIG. 48, a única folha de material usada para a formação do tubo plano 3810 inclui uma dobra 3830 de definirá

parcialmente o segundo lado estreito 3820 do tubo plano em uma peça 3810. Após a produção de uma outra dobra de superposição na mesma localização da única folha de material, a folha de material é flexionada na localização conforme mais bem mostrado na ilustração (c) da FIG. 48. O primeiro lado estreito reforçado 3818 é formado pelo menos parcialmente a partir das bordas longitudinais opostas 3878, 3882 colocadas em conjunto para fechamento do tubo plano em uma peça 3810 (veja as ilustrações (d) e (e) da FIG. 48). Um fechamento do tubo plano em uma peça 3810 ocorre através de uma flexão conjunto ou de um dobramento das bordas longitudinais opostas 3878, 3882 e uma borda longitudinal 3838 da inserção interna 3834. Mais especificamente, a borda longitudinal 3838 da inserção interna 3834 fica entre as duas bordas longitudinais 3878, 3882. Deve ser notado que o tubo plano 3810 mostrado na ilustração (f) da FIG. 48 não está necessariamente em um estágio de fabricação final. As dobras definidas pelas bordas 3878, 3882, 3838 podem ser dispostas umas contra as outras FIG. 14 e 15. Contudo, conforme mencionado acima, qualquer uma das outras construções de dobra de lado estreito reforçado descritas e/ou ilustradas aqui pode ser usada, ao invés disso, conforme desejado. Em geral, o número de dobras ou flexões feitas para produção do lado estreito 3818 pelo menos parcialmente determina a estabilidade do lado estreito 3818.

Se desejado, os tubos planos 3710, 3810 ilustrados nas FIG. 46-48 podem ser providos com reforços colocados em áreas predeterminadas, tais como localizações em um ou ambos os lados largos 3722, 3724, 3822, 3824 dos tubos

planos 3710, 3810, onde se espera que uma troca de calor ocorra. Os reforços podem assumir qualquer número de formas diferentes, tais como uma ou mais camadas de material em folha separadas da folha de material definindo os tubos planos 3710, 3810 e afixadas por brasagem, soldagem, ou de qualquer outra maneira adequada, uma ou mais dobras adicionais da folha de material usadas para a construção dos tubos planos 3710, 3810, e similares.

Em virtude do material de parede relativamente fina descrito acima usado em algumas modalidades para construção dos tubos planos 3710, 3810 (com ou sem reforços), o peso de um trocador de calor formado com os tubos planos 3710, 3810 pode ser significativamente reduzido, enquanto se melhora a capacidade de troca de calor do mesmo. Uma razão para um peso reduzido e uma capacidade de troca de calor aumentada é que os lados largos 3722, 3724, 3822, 3824 do tubo plano 3710, 3810 são formados de modo que os tubos 3710, 3810 assegurem boas conexões brasadas com aletas, nervuras ou outros elementos de troca de calor (não mostrados), os quais podem ser dispostos em um trocador de calor entre dois ou mais dos tubos planos 3710, 3810. Com base nos recursos do tubo plano em uma peça 3710, 3810 descritos acima, os tubos planos 3710, 3810 têm uma área de superfície externa substancialmente plana para conexão com esses elementos de troca de calor.

Adicionalmente, é para ser entendido que as características dos tubos planos 3710, 3810 descritos com respeito às FIG. 46-48 também podem ser aplicadas a qualquer uma das outras construções dos evaporadores (3) descritos neste pedido.

Com respeito à maneira pela qual os tubos planos 3710, 3810 podem ser fabricados, em algumas modalidades, duas tiras sem fim de material em folha são alimentadas para uma linha de transportador de rolo 3701, tal como aquela ilustrada na FIG. 49. Em muitos casos, alumínio ou uma liga de alumínio é considerado um material preferido para a fabricação dos tubos planos 3710, 3810. Contudo, outros metais e materiais são adequados para a fabricação do tubo plano 3710, 3810. Com referência aos tubos 3710, 3810 mostrados nas FIG. 46-48, a folha de material que forma as primeira e segunda porções 3712, 3714, 3812, 3814 do tubo plano 3710, 3810 pode ser recebida a partir de uma tira sem fim de material (por exemplo, metal em folha), e a inserção interna 3734, 3834 pode ser formada a partir de uma outra tira sem fim de material (por exemplo, metal em folha). Em um dos estágios de começo da linha de transportador de rolo 3701 (antes da conformação das tiras de material, em algumas modalidades), perfurações podem ser adicionadas às tiras de material em distâncias que correspondem aos comprimentos individuais de tubo. Em algumas modalidades, as folhas de material podem ser conformadas após a perfuração das tiras de metal em folha, embora essa perfuração possa ocorrer durante ou após a conformação de folha. Conforme mostrado na FIG. 49, uma área de inserção 3703 na qual a inserção interna 3734, 3834 é inserida no tubo plano 3710, 3810 está localizada em uma parte de jusante da linha de transportador de rolo 3701. Antes da inserção da inserção interna 3734, 3834 no tubo plano em uma peça 3710, 3810, as perfurações mencionadas acima devem ser substancialmente alinhadas umas com as outras (isto é,

todas ficando em um plano comum substancialmente perpendicular ao tubo plano em uma peça 3710, 3810 em algumas modalidades) de modo que tubos individuais 3710, 3810 possam ser separados depois disso.

As modalidades em uma peça de tubo plano ilustradas nas FIG. 46-48 têm, cada uma, uma inserção 3734, 3834 que é separada de e recebida com um respectivo tubo plano 3710, 3810. Em outras modalidades, contudo, os inventores descobriram que é possível construir um tubo plano em uma peça tendo uma inserção integralmente formada com o tubo em uma peça (isto é, isto é, formada do mesmo pedaço unitário de material em folha usado para a construção do tubo plano 3710, 3810). Cinco desses tubos planos 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 são ilustrados nas FIG. 50-54 a título de exemplo. Deve ser notado que os recursos descritos abaixo com referência às FIG. 50-54 também são aplicáveis a qualquer uma das outras modalidades de tubo plano descritas aqui, salvo recursos que sejam inconsistentes ou incompatíveis com isso.

Em cada uma das modalidades ilustradas das FIG. 50 a 54, um único pedaço de material em folha (por exemplo, uma tira de metal em folha, por exemplo) é formado para o tubo plano 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 e uma inserção 3934, 4034, 4134, 4234, 4334. Os tubos planos 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 ilustrados nas FIG. 50-54 incluem lados estreitos reforçados opostos 3918, 3920, 4018, 4020, 4118, 4120, 4218, 4220, 4318, 4320 espessuras de parede relativamente baixas. Em algumas modalidades, os inventores descobriram que a espessura da folha de material pode ser menor do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in) para prover

bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, em algumas modalidades, os inventores descobriram que a espessura da folha de material pode ser maior do que em torno de 0,03 mm (aproximadamente 0,0011811 in) para prover bons resultados de performance em muitas aplicações. É para ser entendido que a espessura da folha de material pode ter outras dimensões não listadas aqui. Como resultado dessas espessuras de material em folha relativamente finas que podem ser usadas em algumas modalidades, trocadores de calor com estes tubos planos 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 podem ter um peso comparativamente baixo e uma taxa de troca de calor melhorada. Também, em virtude do fato que ambos os lados estreitos 3918, 3920, 4018, 4020, 4118, 4120, 4218, 4220, 4318, 4320 dos tubos planos em uma peça 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 podem ser reforçados, conforme será descrito em maiores detalhes abaixo, a necessidade de notar a orientação dos tubos planos em uma peça 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 durante a montagem de um trocador de calor pode ser reduzida ou eliminada.

Cada um dos tubos descritos abaixo em relação à FIG. 50 a 54 pode ter qualquer uma das dimensões descritas acima com referência às modalidades das FIG. 1 a 34. Por exemplo, em algumas modalidades, qualquer um dos tubos planos em uma peça 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 ilustrados na FIG. 50 a 54 pode ter um diâmetro pequeno d maior do que em torno de 0,7 mm (0,027559 in). Também, em algumas modalidades, qualquer um destes tubos 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 pode ter um diâmetro pequeno d de menos de em torno de 15 mm (0,59055 in). Como um outro exemplo, qualquer um dos tubos planos em uma peça 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 ilustrados

na FIG. 50-54 pode ter um diâmetro grande D maior do que em torno de 8 mm (0,31496 in). Também, em algumas modalidades, qualquer um destes tubos 3910, 4010, 4110, 4210, 4310 pode ter um diâmetro grande D de menos de em torno de 300 mm (11,811 in). Contudo, deve ser notado que em outras modalidades, qualquer um dos diâmetros pequeno e grande d, D descritos acima em relação a todas as modalidades de tubo plano mostradas aqui pode ser usado.

Com referência em particular primeiramente à modalidade ilustrada da FIG. 50, o tubo plano 3910 mostrado ali é formado de uma única folha de material tendo uma porção central 3905 conformada de uma maneira tipo de onda para formar canais de fluxo 3916 no tubo plano em uma peça resultante 3910. A porção central 3905 da folha de material é flanqueada em ambos os lados por conjuntos de dobras 3930 usados para reforço de um lado estreito correspondente 3918, 3920 do tubo plano em uma peça 3910. Em outras modalidades, a porção central 3905 é flanqueada em apenas um dos lados pelos conjuntos de dobras 3930 (tal como em casos em que apenas um lado estreito 3918, 3920 do tubo plano em uma peça 3910 precisa ser reforçado dessa maneira). Também, deve ser notado que a porção central 3905 pode ser flanqueada em qualquer um lado pode qualquer número de dobras de reforço, e que as dobras não precisam necessariamente ser do mesmo número, formato ou tamanho nos lados opostos da porção central 3905. Na modalidade ilustrada da FIG. 50, a folha de material também tem porções externas 3907 definindo os lados largos 3922, 3924 do tubo plano em uma peça 3910. As porções externas 3907 se estendem a partir de e são integrais com os conjuntos de

dobras 3930 descritos acima e são conformada para envolverem, pelo menos parcialmente os conjuntos de dobras 3930. Em outras modalidades, as porções externas 3907 não envolvem ou não envolvem plenamente as dobras 3930, em cujos casos as porções externas 3907 são flexionadas para pelo menos fecharem os canais de fluxo 3916 dentro do tubo plano em uma peça 3910. Também, deve ser notado que a folha de material é formada para a definição de apenas uma porção externa (por exemplo, estendendo-se a partir das dobras em apenas um dos lados da porção central 3905), a qual pode se estender em torno da porção central 3905 para fechamento das câmaras de fluxo 3916.

Em algumas modalidades, o tubo plano 3910 mostrado na FIG. 50 pode ser eficientemente produzido em uma linha de rolo (tal como a linha de rolo 3701 mostrada na FIG. 49) a partir de uma folha sem fim de material, tal como uma tira ou cinta sem fim 3909 de metal em folha ou outro material adequado, conforme mostrado na FIG. 50(a). A tira de material 3909 inclui duas bordas longitudinais 3938, 3940. Em primeiro lugar, e conforme mostrado na FIG. 50(b), dois conjuntos de múltiplas dobras 3930 são criados na tira de material 3909 para formarem lados estreitos 3918, 3920 do tubo plano 3910 a ser criado mais tarde. Cada conjunto ilustrado de dobra múltipla 3930 é formado por seis flexões a 180° na tira de material 3909, onde dobras adjacentes 3930 se confinam uma com a outra com pouco ou nenhum espaço entre as dobras adjacentes 3930 entre as flexões definindo as dobras 3930. Os espaços mostrados entre as dobras 3930 ilustrados na FIG. 50 são para fins de ilustração apenas para mostrarem dobras individuais 3930 em maiores detalhes.

Mais ainda, embora seis dobras 3930 sejam mostradas em cada conjunto ilustrado na FIG. 50, deve ser notado que qualquer outro número de dobras 3930 pode existir adjacente à porção central 3905 conforme descrito anteriormente, determinado em muitas modalidades pelo menos em parte pelas especificações desejadas (por exemplo, dimensões) do tubo plano 3910.

Conforme mostrado na FIG. 50(c), uma seção tipo de onda 3911 então é formada entre os conjuntos de múltiplas dobras 3930. Contudo, em outras modalidades, a seção tipo de onda 3911 ao invés disso pode ser formada ao mesmo tempo ou subseqüentemente à formação das dobras 3930. A seção tipo de onda 3911 pode ter qualquer número de corrugações com qualquer formato desejado, incluindo sem limitação corrugações com flancos inclinados com respeito aos lados largos 3922, 3924 do tubo plano em uma peça 3910 uma vez montado, corrugações tendo um formato de onda quadrada, corrugações tendo um formado de onda curva (por exemplo, uma onda seno), corrugações tendo qualquer outro formato descrito aqui, e qualquer combinação desses formatos.

O processo de fabricação para formação do tubo plano 3910 na FIG. 50(d) prossegue de acordo com as setas mostradas com linhas tracejadas. Em particular, subseqüentemente à formação das dobras 3930 e da seção tipo de onda 3911, seções de cinta 3913 conectadas aos conjuntos de múltiplas dobras 3930 são colocadas em torno de múltiplas dobras correspondentes 3930 e através da seção tipo de onda 3911, desse modo formando canais de fluxo que se estendem longitudinalmente 3916 do tubo plano em uma peça. Em outras palavras, cada seção de cinta 3913 envolve

ou envolve pelo menos parcialmente um conjunto de múltiplas dobras 3930 a partir do exterior e se estende ainda para cobrir a seção tipo de onda 3911. Também, uma borda longitudinal 3978 é flexionada para ficar no primeiro lado estreito 3918 e para se estender em torno e envolver as múltiplas dobras 3230 no primeiro lado estreito 3918, e a outra borda longitudinal 3980 é flexionada para ficar no segundo lado estreito 3920 e para se estender em torno de e envolver as múltiplas dobras 3230 no segundo lado estreito 3920, conforme mostrado nas ilustrações (c) e (d) da FIG. 50. Em algumas modalidades do tubo plano 3910, as bordas longitudinais 3978, 3980 não cobrem ou cobrem apenas parcialmente os lados estreitos correspondentes 3918, 3920, porque os lados estreitos 3928, 3920 podem ser suficientemente estáveis através da provisão das múltiplas dobras 3930 descritas acima.

Em uma versão completa do tubo plano 3910, tal com aquela ilustrada na FIG. 50(d), os picos de onda e os vales de onda da seção tipo de onda 3911 (ou outros recursos de porções centrais 3905 tendo formatos diferentes definindo os canais de fluxo 3916) são brasados, soldados, ou presos de qualquer outra maneira adequada a um ou ambos os lados largos 3922, 3924 do tubo plano em uma peça 3910. Mais especificamente, os pontos nos picos de onda e vales de onda mostrados na FIG. 50(d) ilustram esquematicamente as conexões brasadas que podem ser feitas entre a seção tipo de onda 3911 e os lados largos adjacentes 3922, 3924.

A FIG. 51 ilustra um tubo plano em uma peça com uma inserção integral de acordo com uma modalidade adicional da presente invenção. Esta modalidade emprega muito da mesma

estrutura e tem muitas das mesmas propriedades que as modalidades do tubo plano descritas acima em relação às FIG. 50. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 50. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 50 quanto a uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos, e possíveis alternativas para a estrutura e os recursos do tubo plano em uma peça com uma inserção integral ilustrada na FIG. 51 e descritos abaixo. A estrutura e os recursos da modalidade mostrada na FIG. 51 que correspondem à estrutura e aos recursos da modalidade da FIG. 50 são designados aqui adiante nos números de referência da série 4000.

Com referência em particular, agora, à FIG. 51, o tubo plano em uma peça 4010 mostrado ali é formado a partir de uma folha de material (por exemplo, a tira de metal em folha). Nesta modalidade em particular, uma porção central 4005 da folha de material é conformada de uma maneira tipo de onda para produzir uma seção tipo de onda pelo menos parcialmente formando os canais de fluxo 4016 localizados entre os lados largos 4022, 4024 do tubo plano 4010. A porção central 4005 pode ter qualquer um dos formatos descritos acima com referência à modalidade ilustrada da FIG. 50.

Como uma alternativa para ou além do uso de múltiplas dobras 3930 para reforço das extremidades estreitas 3918, 3920 do tubo plano em uma peça 3910 (veja a FIG. 50), o tubo plano em uma peça 4010 ilustrado na FIG. 51 utiliza perfis 4015 (isto é, bobinas de fio, mandris, inserções

ocas ou sólidas, e similares) nos lados estreitos 4018, 4020. Um perfil 4015 pode estar localizado em um ou ambos os lados estreitos 4018, 4020, e em algumas modalidades pode suplementar uma ou mais dobras produzidas em um ou ambos os lados estreitos 4018, 4020, onde essas dobras são similares às dobras 3030 descritas acima em relação às FIG. 50. Durante o processo de fabricação do tubo plano em uma peça 4010, o perfil 4015 pode ser desenrolado ou depositado de outra forma longitudinalmente paralelo à folha de material 4009. Subseqüentemente ao processamento da seção tipo de onda 4011 entre os perfis colocados 4015, seções de cinta 4013 da folha de material adjacentes aos perfis 4015 são envolvidas em torno dos perfis 4015 a partir do exterior, e são depositadas através da seção tipo de onda 4011 para formar os lados largos 4022, 4024 do tubo plano em uma peça 4010 conforme mostrado pelas setas tracejadas na FIG. 51. As seções de cinta 4013 são conectadas à seção tipo de onda 4011, e também podem ser conectadas aos perfis 4015 nos lados estreitos 4018, 4020. Também, cada uma das bordas longitudinais 4078, 4080 da folha de material 4009 é flexionada em torno de um perfil correspondente 4015 e colocado sobre um respectivo lado estreito 4018, 4020.

Assim sendo, os lados estreitos 4018, 4020 do tubo plano em uma peça 4010 in FIG. 51 são formados, cada um, a partir de um perfil 4015, de modo que os lados estreitos 4018, 4020 sejam envolvidos por uma borda longitudinal correspondente 4078, 4080 da folha de material 4009.

As FIG. 52 a 54 ilustram tubos planos em uma peça com inserções integrais de acordo com modalidades adicionais da presente invenção. Estas modalidades empregam muito da

mesma estrutura e têm muitas das mesmas propriedades que as modalidades do tubo plano descritas acima em relação às FIG. 50 e 51. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 50 e 51. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 50 e 51 quanto a uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos, e possíveis alternativas para a estrutura e os recursos dos tubos planos em uma peça com inserções integrais ilustrada nas FIG. 52-54 e descrita abaixo. A estrutura e os recursos das modalidades mostradas nas FIG. 52, 53, e 54 que correspondem à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 50 e 51 são designados aqui adiante nas séries de números de referência 4100, 4200, e 4300, respectivamente.

As FIG. 52 a 54, cada uma, ilustram modalidades de exemplo de um tubo plano 4110, 4210, 4310 formado a partir de uma única folha de material 4109, 4209, 4309 (por exemplo, uma tira de alumínio, liga de alumínio ou outro metal ou material adequado), e mostram esses tubos planos 4110, 4210, 4310 antes da formação completa. Nestas modalidades em particular do tubo plano 4110, 4210, 4310, uma porção 4105, 4205, 4305 da folha de material 4109, 4209, 4309 é conformada de uma maneira tipo de onda e se estende entre os lados largos 4122, 4222, 4322 do tubo plano 4110, 4210, 4310 de modo a formar canais de fluxo 4116, 4216, 4316. Adicionalmente, cada um dos lados estreitos 4118, 4120, 4218, 4220, 4318, 4320 é formado pelo menos parcialmente por uma seção de conexão 4117, 4119, 4217, 4219, 4317, 4319 da folha de material 4109, 4209,

4309 e a borda longitudinal 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380 envolvendo a seção de conexão 4117, 4119, 4217, 4219, 4317, 4319.

Nas modalidades ilustradas das FIG. 52 e 53, as bordas longitudinais de superposição 4178, 4180, 4278, 4280 e as seções de conexão 4117, 4119, 4217, 4219 provêem uma espessura de parede dupla nos lados estreitos 4118, 4120, 4218, 4220, o que é geralmente estável o bastante para numerosas aplicações do tubo plano 4110, 4210, 4310 em que os materiais de parede relativamente fina (descritos acima) são usados. Em outras modalidades, tal como na modalidade ilustrada da FIG. 54, um reforço relativamente mais forte dos lados estreitos 4118, 4120, 4218, 4220 pode ser obtido através de uma ou mais dobras 4330 das seções de conexão 4317, 4319. Em outras palavras, aquelas porções da folha de material 4309 que serão sobrepostas pelas bordas longitudinais 4378, 4380 nos lados estreitos 4318, 4320 podem ser adicionalmente reforçadas por uma ou mais dobras 4330. Nessas modalidades, estas dobras 4330 são conformadas (por exemplo, arredondadas) para definirem, pelo menos parcialmente, os lados estreitos 4318, 4320 quando a folha de material 4309 for flexionada para se colocarem os primeiro e segundo lados largos 4322, 4324 nas suas posições fechadas. De forma alternativa ou adicional, as bordas longitudinais 4378, 4380 nos lados estreitos 4318, 4320 podem ser providas com uma ou mais dessas dobras de reforço 4330 de uma maneira similar às modalidades de tubo plano do Grupo D ilustradas na FIG. 34, por exemplo. Nestas modalidades utilizando dobras de reforço 4330, os lados estreitos 4318, 4320 incluem uma espessura relativamente

maior do que as espessuras da seção tipo de onda 4311 e dos lados largos 4322, 4324. Assim sendo, é possível prover reforço suficiente para as partes tensionadas de forma relativamente mais forte do tubo plano 4310, tais como os lados estreitos 4318, 4320, e deixar partes relativamente menos tensionadas, tais como os lados largos 4322, 4324 e/ou a seção tipo de onda 4311 com paredes relativamente mais finas.

Embora as dobras de reforço 4330 possam ser empregadas em qualquer uma das localizações de lado estreito descritas acima com relação às FIG. 52-54, deve ser notado que qualquer um dos lados estreitos 4118, 4120, 4218, 4220, 4318, 4320 pode ser desprovido dessas dobras de reforço em outras modalidades. Também, o número dessas dobras de reforço 4130, 4230, 4330 em um dos lados estreitos 4138, 4238, 4318 pode ser diferente do número no outro lado estreito 4120, 4220, 4320, e/ou a localização das dobras de reforço 4130, 4230, 4330 em um dos lados estreitos (por exemplo, apenas na seção de conexão 4117, 4119, 4217, 4219, 4317, 4319 ou apenas em uma borda longitudinal 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380 sobrepondo-se à seção de conexão 4117, 4119, 4217, 4219, 4317, 4319) pode ser diferente da localização das dobras de reforço 4130, 4230, 4330 no outro lado estreito (por exemplo, apenas na borda longitudinal 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380 ou apenas na seção de conexão 4117, 4119, 4217, 4219, 4317, 4319 sobreposta pela borda longitudinal 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380, respectivamente).

Em qualquer uma das modalidades recém descritas em relação aos tubos planos em uma peça 4110, 4210, 4310

ilustrados nas FIG. 52-54, as bordas longitudinais de superposição 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380 da folha de material 4109, 4209, 4309 podem ficar em uma gradação de parede 4158, 4160, 4258, 4260, 4358, 4360, temperatura ambiente como uma gradação de parede 4158, 4160, 4258, 4260, 4358, 4360 localizada próximo de ou no lado estreito 4118, 4218 no qual a borda longitudinal 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380 fica. Desta maneira, quando as bordas longitudinais 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380 são movidas em direção a suas posições fechadas para formação do tubo plano em uma peça 4110, 4210, 4310 (mostrado pelas setas tracejadas em cada uma das FIG. 52-54), as bordas longitudinais 4178, 4180, 4278, 4280, 4378, 4380 podem ser recebidas nas gradações de parede 4158, 4160, 4258, 4260, 4358, 4360 envolvidas dessa forma. Em algumas modalidades, uma gradação de parede 4158, 4160, 4258, 4260, 4358, 4360 é provida em cada lado largo 4122, 4124, 4222, 4224, 4322, 4324 do tubo plano 4110, 4210, 4310.

Como com a modalidade ilustrada da FIG. 51, os picos de onda e os vales de onda das seções tipo de onda 4111, 4211, 4311 (ou outros recursos da porção central 4105, 4205, 4305 tendo formatos diferentes definido os canais de fluxo 4116, 4216, 4316) ilustrados nas FIG. 52-54 podem ser brasados, soldados ou presos de qualquer outra maneira adequada a um ou ambos os lados largos 4122, 4124, 4222, 4224, 4322, 4324 do tubo plano em uma peça 4110, 4210, 4310.

Conforme mencionado acima, cada um dos tubos planos em uma peça 4110, 4210, 4310 ilustrados nas FIG. 52-54 tem uma seção tipo de onda 4111, 4211, 4311 para a definição dos

canais de fluxo 4116, 4216, 4316. A porção 4105, 4205, 4305 definido esta seção tipo de onda 4111, 4211, 4311 pode ter qualquer um dos formatos descritos acima com referência à modalidade ilustrada da FIG. 50. Nas modalidades ilustradas das FIG. 52 e 54, por exemplo, a seção tipo de onda 4111, 4311 define vários canais de fluxo 4116, 4316 com um projeto geralmente triangular e tendo geralmente os mesmos formato e tamanho de área de seção transversal (embora um ou ambos possam variar através da largura do tubo plano em uma peça 4110, 4310). A FIG. 53 ilustra uma seção tipo de onda 4211 provida com mais de um projeto de onda, de modo que a seção tipo de onda 4211 forme canais de fluxo 4216 de pelo menos dois tamanhos de seção transversal diferentes. A seção tipo de onda 4211 mostrada na FIG. 53 inclui um grupo de sete canais de fluxo 4216 cada um tendo uma área de seção transversal relativamente grande, e um outro grupo de seis canais 4216 cada um tendo uma área de seção transversal relativamente menor. Em outras modalidades, qualquer outra combinação de formatos e tamanhos de canal de fluxo dispostos em seções do tubo plano em uma peça 4210 pode ser empregada. Certas exigências para uma troca de calor podem ser mais bem consideradas com essas ilustrações do tubo de trocador de calor 4210. Embora o formato de seção transversal desses canais de fluxo 4216 de tamanho variável seja geralmente retangular na FIG. 53, é previsto que a seção tipo de onda 4216 possa definir canais de fluxo 4216 com outros formatos, com base, pelo menos em parte, nas especificações desejadas do tubo plano 4210. Conforme indicado acima, o projeto da seção tipo de onda W não está limitado ao projeto ilustrado aqui.

Qualquer um dos tubos planos descritos aqui pode ser produzido de várias maneiras diferentes. Contudo, pela utilização de um ou mais melhoramentos de fabricação descobertos pelos inventores e descritos em maiores detalhes abaixo, esses tubos podem ser produzidos com economias de custo significativas, com eficiência melhorada, a uma velocidade maior, e/ou de uma maneira mais confiável e reprodutível, se comparado com muitas técnicas de fabricação de tubo plano mais convencionais.

Um melhoramento como esse descoberto pelos inventores se refere à maneira pela qual os tubos planos de acordo com a presente invenção podem ser separados de um comprimento sem fim de tubulação plana (isto é, a partir de um suprimento contínuo de materiais alimentados através do equipamento de fabricação), desse modo resultando em tubos planos discretos tendo comprimentos desejados. Conforme usado aqui e nas reivindicações em apenso, o termo "tubo sem fim" é usado para se referir a uma tubulação plana de acordo com qualquer uma das modalidades descritas aqui produzidas pela formação de uma ou mais folhas de material correndo a partir de respectivos suprimentos (por exemplo, bobinas) antes da separação em tubos discretos em comprimentos desejados e, portanto, incorpora a definição anterior de "sem fim" descrita acima. Será apreciado por aqueles versados na técnica que existem desafios significativos no corte ou na separação de elementos de outra forma construídos pelo menos em parte de produtos de parede relativamente fina, sem a criação de deformações, borras, brilhos ou outros recursos indesejáveis nos produtos finais. Embora existam problemas similares nos

produtos construídos de materiais de parede mais espessa (os quais podem ser considerados igualmente com alguns melhoramentos descritos abaixo), em muitos casos esses problemas mais freqüentemente resultam inaceitáveis em produtos finais de parede fina. Com referência às modalidades de parede fina do tubo plano descrito aqui, muitas destas modalidades têm uma espessura de parede de tubo não maior do que em torno de 0,15 mm (0,00591 in). As paredes de tubo podem ter uma espessura de pelo menos em torno de 0,03 mm (0,0011811 in) em algumas modalidades. Também, naquelas modalidades de montagem de tubo tendo uma inserção conforme descrito aqui, muitas destas modalidades têm uma espessura de material de inserção não maior do que em torno de 0,10 mm (0,003937 in). A espessura de material da inserção pode ser não menor do que em torno de 0,03 mm (0,00118 in) em algumas modalidades.

Os inventores descobriram que tubos planos individuais (isto é, discretos) podem ser produzidos de uma maneira superior a partir de uma tubulação sem fim de uma ou mais folhas de material alimentadas através de um equipamento de fabricação pela perfuração de pelo menos uma das folhas. Isto é, pelo menos uma parte do tubo pode ser perfurada para facilitação de uma separação melhorada de tubo da tubulação sem fim. Essas perfurações podem ocorrer antes de operações de conformação serem realizadas no material em folha a montante, após o material em folha ter sido formado em um comprimento contínuo de tubulação plana, ou em qualquer outro estágio ou estágios entre isso. Também, as localizações dessas perfurações podem variar entre as diferentes folhas de materiais (ou diferentes localizações

na mesma folha de material) usadas para produção de diferentes partes da tubulação plana contínua.

Uma vantagem da formação de perfurações nas tiras de metal em folha para a feitura de tubos planos é que em algumas modalidades, tubos planos podem ser produzidos substancialmente sem a formação de deformações, borras, brilhos e/ou outros recursos indesejáveis dos produtos finais. O processo de uso de perfurações em um processo de separação de tubo pode ser aplicado a qualquer uma das modalidades de tubo descritas aqui.

Como um exemplo do processo de perfuração e separação usado para produção de tubos planos em uma peça, uma referência é feita desse modo ao processo de separação de tubos planos em uma peça tais como aqueles ilustrados nas FIG. 19-21, 52, e 53, onde o tubo plano em uma peça 1210, 1310, 1410, 4110, 4210 pode ser formado a partir de uma única folha sem fim de material. Nas FIG. 52 e 53, os tubos planos em uma peça 4110, 4210 são mostrados em um estado do processo de fabricação brevemente antes da conclusão, e ainda devem ser fechados na direção das setas mostradas em linhas pontilhadas, antes de serem separados nas preferências já feitas. Assim sendo, perfurações podem ser formadas antes da flexão da folha de material conforme mostrado nas FIG. 52 e 53. Um conceito similar pode ser aplicado aos tubos 1210, 1310, 1410 mostrados nas FIG. 19-21 e em outros tubos planos em uma peça descritos aqui.

Como um exemplo deste processo usado para produção de tubos planos em duas peças, uma referência desse modo é feita ao processo de separação tubos planos em duas peças tal como aquele descrito na FIG. 28. Conforme descrito em

maiores detalhes acima, o tubo plano em duas peças 1910 mostrado na FIG. 28 tem as primeira e segunda porções 1912, 1914 definindo respectivos lados largos 1922, 1924 do tubo plano 1910, e uma inserção 1934 recebida entre eles. Conforme também descrito acima, as primeira e segunda porções 1912, 1914 podem ser idênticas ou substancialmente idênticas, mas invertidas uma com respeito à outra, onde uma das bordas longitudinais de uma porção de tubo 1914 tem uma porção de arco maior 1968 pelo menos parcialmente envolvendo a porção de arco menor 1962 em uma borda longitudinal da outra porção de tubo 1912. Dobras 1970 em uma ou ambas as bordas longitudinais 1938, 1940 da inserção 1934 podem ser usadas para reforço dos lados estreitos 1918, 1920 do tubo plano em duas peças 1910. Embora o processo de perfuração e separação descrito aqui possa ser aplicado a tubos planos em duas peças tendo qualquer uma das dimensões de parte de tubo e tubo descritas acima em relação à modalidade da FIG. 19, a inserção 1934 descrita em relação às FIG. 55-58 tem uma espessura de em torno de 0,03 - 0,09 mm (0,0011811 - 0,0035433 in), as folhas de material que formam as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 têm uma espessura de em torno de 0,03 - 0,15 mm (0,0011811 - 0,0059055 in), e o tubo plano completado em duas peças 1910 tem um diâmetro pequeno d de em torno de 1 - 10 mm (0,03937 - 0,3937 in) a título de exemplo apenas. Na FIG. 28, o tubo plano em duas peças 1910 é ilustrado brevemente antes de uma conclusão, onde as perfurações já estão formadas nas primeira e segunda porções 1912, 1914 e na inserção 1934, e foram conciliadas de modo que as perfurações nas primeira e segunda porções 1912, 1914 e na

inserção 1934 estejam substancialmente alinhadas.

As FIG. 55 a 58 ilustram uma linha de fabricação de exemplo 1900 similar à linha de fabricação 3701 mostrada na FIG. 49. Neste caso em particular, a linha de fabricação 1900 é projetada para formar as montagens de tubo plano em três peças (isto é, tendo um tubo plano em duas peças com primeira e segunda porções 1912, 1914, e também tendo uma inserção 1934), enquanto a linha de fabricação 3701 é projetada para a formação de montagens de tubo plano em duas peças (isto é, tendo um tubo plano em uma peça definindo as primeira e segunda porções 1212, 1214, 1312, 1314, 1412, 1414, 4112, 4114, 4212, 4214, e também tendo uma inserção 1234, 1334, 1434, 4134, 4234). Embora as linhas de fabricação 3701, 1900 sejam descritas aqui com referência à produção de modalidades de tubo plano em particular também descritas neste pedido de patente, isto é a título de exemplo apenas. Assim sendo, é para ser entendido que os processos descritos com referência às FIG. 49 e FIG. 55-58 podem ser aplicados para a fabricação de todos os tubos descritos neste pedido.

Conforme mostrado in FIG. 55, a linha de fabricação 1900 inclui três bobinas de material em folha R1, R2, R3, tais como folhas de alumínio, liga de alumínio, ou outro material adequado para a formação de montagens de tubo plano em três peças. Neste exemplo em particular, um material em folha a partir da primeira bobina R1 é usado para a produção de uma primeira porção 1912 ou 1914, um material em folha a partir da terceira bobina R3 é usado para a produção de uma segunda porção 1914 ou 1912, e um material em folha da segunda bobina R2 é usado para

produção da inserção 1934 para o tubo plano em duas peças 1910. Dependendo, pelo menos em parte, dos percursos das folhas de material, outras posições possíveis das bobinas com respeito a uma linha de fabricação, e a orientação resultante do tubo plano 1910 conforme ele prossegue através do processo de fabricação, cada bobina R1, R2, R3 pode ter um material em folha usado para produção de qualquer uma das porções do tubo plano 1910 em outras modalidades.

A FIG. 55 ilustra conjuntos de rolos 1921, 1923, 1925 para processamento de material em folha provido a partir das bobinas R1, R2, e R3, respectivamente. Cada conjunto de rolos 1921, 1923, 1925 pode ser disposto para a definição de um respectivo laço de curso de material em folha conforme mostrado esquematicamente na FIG. 55, embora qualquer outro arranjo de rolos seja possível. Qualquer um ou mais dos rolos em cada conjunto 1921, 1923, 1925 pode ser acionado por um motor adequado ou movedor primário, de modo a se estirar o material sendo provido pelas bobinas R1, R2, e R3. Também, qualquer um ou mais dos rolos em cada conjunto 1921, 1923, 1925 pode ser de rolos loucos permitindo o curso livre de uma folha de material correspondente sobre eles. Mais ainda, qualquer um dos rolos em cada conjunto 1921, 1923, 1925 pode realizar ambas as funções, tal como por ser seletivamente acionado através de uma embreagem, ou de outra forma sendo seletivamente acionado de qualquer outra maneira convencional. Também será apreciado que as bobinas de material R1, R2, R3 em si podem ser acionadas por motores adequados ou outros movedores primários. A título de exemplo, é previsto que as

folhas de material supridas a partir das bobinas R1, R2, e R3 possam se mover em algumas modalidades a uma velocidade linear de em torno de 100 - 200 m/min. (328,08 - 656,16 ft/min.). Velocidades mais lentas ou mais rápidas são possíveis em outras modalidades.

Pelo controle dos motor(es) acionando cada bobina de material R1, R2, R3 e/ou acionando qualquer um dos rolos nos conjuntos de rolos 1921, 1923, 1925, é possível controlar a velocidade de cada folha de material, tal como pela provisão seletiva de uma força de frenagem sobre qualquer uma das folhas de material. Em algumas modalidades, isto permite que a velocidade de cada folha de material seja controlada independentemente das outras - mesmo até o ponto de parada de uma ou duas das folhas, enquanto se movem as outras. Também, os conjuntos de rolos 1921, 1923, 1925 podem funcionar para permitirem um certo amortecimento do material em folha suprido para localizações a jusante.

A linha de fabricação 1900 ilustrada na FIG. 55 inclui uma primeira estação de perfuração 1927 para a formação de perfurações 1929 na folha de material recebida a partir da segunda bobina R2 (para a produção da inserção 1934 em um tubo plano posterior 1910). Esta estação de perfuração 1927 está localizada no começo da linha de fabricação 1900 in FIG. 55, mas, ao invés disso, pode estar a jusante desta localização em outras modalidades. Subseqüentemente, a folha de material que forma a inserção 1934 é conformada por um conjunto de rolos ilustrado esquematicamente na FIG. 55 como uma seção de formação 1931. As folhas de material a partir das primeira e terceira bobinas R1, R3 (para a

produção das primeira e segunda porções 1912, 1914 em um tubo plano posterior 1910) são transportadas ao longo da distância definida pela seção de formação 1931. Subseqüentemente, a folha de material a partir da primeira bobina R1 atinge uma segunda estação de perfuração 1933, e a folha de material a partir da terceira bobina R3 atinge uma terceira estação de perfuração 1935 adjacente à segunda estação de perfuração 1933. Em outras modalidades, as três estações de perfuração 1927, 1933, 1935 podem estar em localizações diferentes umas com respeito às outras e/ou às outras porções da linha de fabricação 1900. Também, em outras modalidades, uma ou mais das estações de perfuração 1927, 1933, 1935 podem ser usadas para a perfuração de mais de uma folha de material.

Com referência continuada à modalidade ilustrada da FIG. 55, as segunda e terceira estações de perfuração 1933, 1935 formam perfurações 1929 nas primeira e terceira folhas de material para as primeira e segunda porções 1912, 1914 do tubo plano 1910, respectivamente, enquanto a segunda folha para a inserção 1934 é passada entre as primeira e terceira folhas nas segunda e terceira estações de perfuração 1933, 1935. Um exemplo de perfurações produzidas nas segunda e terceira estações de perfurações é mostrado na FIG. 57, e pode ser similar às perfurações produzidas na primeira estação de perfuração 1927 descrita acima. Na modalidade das FIG. 57, as perfurações 1929 são aberturas relativamente finas separadas por almas 1937 localizadas a distâncias predeterminadas entre as perfurações 1929. Contudo, em outras modalidades as perfurações, cada uma, podem ser áreas de espessura reduzida do material, e não

necessariamente precisam ser definidas pelas aberturas através do material. Em qualquer caso, a descrição aqui com referência ao formato, tamanho e a outros recursos das perfurações se aplica igualmente.

As almas 1937 são rompidas como parte do processo de fabricação do tubo plano 1910. Em algumas modalidades, o comprimento das perfurações 1929 se estendendo na direção transversal das folhas de material perfuradas (a partir das primeira, segunda ou terceira bobinas R1, R2, e R3) é de pelo menos 1 cm (0,3937 in). Também, em algumas modalidades o comprimento de cada alma 1937 é menor do que 1 mm (0,03937 in).

O formato (por exemplo, comprimento) e o arranjo das perfurações 1929 ilustrado na FIG. 57 são apresentados a título de exemplo apenas. Perfurações mais longas ou mais curtas 1929 e almas mais longas ou mais curtas 1937 podem ser usadas, conforme desejado, em qualquer uma das folhas de material usadas para a formação do tubo plano 1910. Por exemplo, cada uma das perfurações 1929 ao invés disso pode ser substancialmente arredondada ou pode assumir outros formatos desejados, potencialmente resultando em menos ou mais perfurações através da folha de material. Também, por exemplo, o comprimento ou outros recursos de formato das perfurações 1929 pode variar através da largura da folha de material sendo perfurada, tal como pela provisão de perfurações e/ou almas próximas das bordas longitudinais da folha que sejam mais longas do que aquelas no centro da folha, ou vice-versa. Os tipos e recursos das perfurações 1929 dependem, pelo menos em parte, das propriedades de material da folha sendo perfurada.

Com base nas dimensões de perfuração e nos materiais em folha relativamente finos que podem ser usados, conforme descrito acima, em algumas modalidades almas 1937 entre perfurações 1929 geralmente não são visíveis a olho nu. Para muitas operações de fabricação, vantagens podem ser obtidas pela localização de uma alma 1937 próxima de cada borda longitudinal de uma folha de material sendo perfurada, desse modo se reduzindo a oportunidade de partes da folha de material se acumularem nessas localizações durante um processamento posterior da folha.

Naquelas modalidades de tubo plano descritas aqui na quais uma ou mais folhas de material (por exemplo, tiras de metal em folha) são usadas para a produção de um tubo plano, as folhas de material podem ser perfuradas para separação nas perfurações. Naquelas modalidades nas quais duas ou mais folhas de material são usadas para a produção de um tubo plano, duas ou mais das folhas podem ser perfuradas, após cujo momento as perfurações nas diferentes folhas podem ser alinhadas (por exemplo, em um plano comum substancialmente perpendicular às folhas, a direção de curso das folhas, e/ou o tubo plano produzido pelas folhas), e tubos individuais podem ser separados nas perfurações a partir do comprimento contínuo de material a montante. O alinhamento de perfuração recém escrito pode ser obtido em algumas modalidades pelo controle da velocidade de um ou mais acionamentos alimentando uma ou mais das folhas de material através do processo de fabricação. Mais especificamente, se perfurações de quaisquer duas ou mais folhas de material ainda não estiverem alinhadas, uma ou mais das folhas podem ser

movidas a velocidades diferentes, até que as perfurações estejam alinhadas para serem capazes de separarem tubos individuais em uma localização a jusante. Nesse sentido, deve ser notado que este processo de alinhamento pode ocorrer para qualquer número de folhas de material perfuradas sendo usadas para produção dos tubos planos.

Por exemplo, e com referência continuada à modalidade das FIG. 55 a 58, as perfurações 1929 nas três folhas de material a partir das bobinas R1, R2, e R3 são alinhadas em uma seção de alinhamento 1939 da linha de fabricação 1900 por um ou mais acionamentos controlados para ajuste das velocidades das folhas de material com respeito umas às outras. À luz do fato que os ajustes de velocidade de um ou mais das folhas podem ser necessários para alinhamento das perfurações 1929, a seção de alinhamento 1939 da FIG. 55 é geralmente colocada na linha de fabricação 1900 a montante de uma seção de fusão 1941. A seção de fusão 1941 é uma área da linha de fabricação em que as partes do tubo plano 1910 (por exemplo, as primeira e segunda porções 1912, 1914 e a inserção 1934, na modalidade ilustrada) são conectadas umas às outras para a formação do tubo plano 1910. A seção de fusão 1941 pode incluir rolos ou outros elementos de formação de folha para a fusão das partes do tubo plano 1910 para a formação de um tubo sem fim 1910. Naquelas modalidades em que nenhuma ou apenas algumas das bordas longitudinais das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 não foram ainda formadas em uma ou mais localizações a montante, a seção de fusão 1941 também pode incluir rolos e/ou outros elementos de formação de folha para a realização de outras operações de conformação nas bordas

longitudinais das primeira e segunda porções 1912, 1914.

O comprimento contínuo de material imediatamente a montante desta localização de separação pode ser um comprimento contínuo de tubulação plana completada. Alternativamente, o comprimento contínuo de material imediatamente a montante desta localização de separação pode ser de folha(s) de material usada(s) para a formação da tubulação plana em qualquer estágio dessa formação. Por exemplo, em algumas modalidades, após as perfurações nas folhas de material terem sido alinhadas, folhas de material parcialmente formadas podem ser combinadas em um comprimento contínuo de tubulação plana completada, de modo que aqueles tubos completados estejam disponíveis após a separação. Como resultado, tubos individuais podem ser citados, que não têm impressões nas extremidades de tubo plano.

Em algumas construções da linha de fabricação, as perfurações geralmente são formadas por um ou mais rolos de perfuração. Por exemplo, a linha de fabricação pode incluir pelo menos um par de rolos de perfuração. Um dos rolos do par pode correr com uma ou mais folhas de material sem fim que serão usadas para a formação de pelo menos parte do tubo plano, e o outro rolo do par pode ser equipado com uma ferramenta (por exemplo, uma ou mais lâminas ou estampagens de perfuração) para a formação de perfurações na(s) folha(s) de material. As FIG. 56 e 57 ilustram esquematicamente um processo de perfuração de acordo com uma modalidade da presente invenção. Para facilidade de descrição, a descrição a seguir é com referência à primeira estação de perfuração 1927 descrita acima. Contudo, a mesma

descrição se aplica igualmente às outras estações de perfuração 1933, 1935 na modalidade ilustrada da FIG. 55-58, embora uma ou mais das estações de perfuração possam ser diferentes em outras modalidades (por exemplo, podem ter lâminas diferentes, usar apenas um rolo único ao invés de dois rolos, e similares). Conforme descrito anteriormente, o número e o tipo de perfurações, e as localizações das estações de perfuração podem variar. Mudanças nestes recursos podem ser com base, pelo menos em parte, nas especificações desejadas do tubo plano 1910 produzido na linha de fabricação 1900.

Com referência à modalidade das FIG. 56 e 57, a estação de perfuração 1927 inclui um par de rolos de perfuração tendo um primeiro rolo de perfuração 1943 e um segundo rolo de perfuração 1945. Em algumas modalidades, estes rolos de perfuração 1943, 1945 podem ser dispostos em qualquer outra orientação desejada, dependendo, pelo menos em parte, da orientação da folha perfurada pelos rolos de perfuração 1943, 1945 e porções adjacentes da linha de fabricação 1900. O primeiro rolo 1943 corre paralelo a e guia uma ou mais das folhas de material passando (a partir de bobinas R1, R2, e R3), enquanto o rolo inferior 1945 tem uma estampagem de perfuração projetada 1947.

Para se evitar uma acumulação de folha, conforme as perfurações são criadas, algumas modalidades da presente invenção utilizam rolos de perfuração com uma ou mais lâminas ou estampagens de perfuração tendo uma posição de espera. Na posição de espera, pelo menos um dos rolos de perfuração é rodado ou transladado para uma posição em que a(s) folha(s) de material passam livremente através dos

rolos de perfuração.

Por exemplo, o segundo rolo 1945 ilustrado na FIG. 56 tem um mecanismo de acionamento (não mostrado), de modo que o segundo rolo 1945 possa manter a estampagem de perfuração 1947 em uma posição de espera na qual a estampagem de perfuração 1947 não se encaixa nas folhas de material passando a partir das bobinas R1, R2, e R3. Na posição de espera do segundo rolo 1945, a estampagem de perfuração 1947 pode ser rodada por uma distância a partir da posição mostrada na FIG. 56 para se evitar este encaixe, tal como por ser rodada aproximadamente a 90 graus para uma posição substancialmente horizontal no segundo rolo 1945. Em outras modalidades, um ou ambos os rolos 1943, 1945 podem ser montados sobre respectivos eixos que são movidos com respeito à folha passando, desse modo se permitindo que um ou ambos os rolos 1943, 1945 transladem com respeito à folha passando e definindo posições de espera e perfuração ou ação.

Para a perfuração da folha de material suprida a partir da segunda bobina R2 (de novo com referência à modalidade ilustrada da FIG. 55-58 a título de exemplo), o segundo rolo 1945 pode ser atuado para uma posição de perfuração ou ação, tal como para a posição superior e substancialmente vertical mostrada nas FIG. 56 e 57. Esta atuação pode ser realizada por um motor, atuador, ou outro acionamento conectado ao segundo rolo para rotação do segundo rolo a partir da posição de espera para posição de perfuração ou ação a uma velocidade de rotação. Na posição de perfuração dos primeiro e segundo rolos 1943, 1945, a estampagem de perfuração 1947 se encaixa na folha de

material suprida a partir da segunda bobina R2, e forma perfurações 1929 ali. Em algumas modalidades, a velocidade de rotação (e, portanto, a velocidade circunferencial) do segundo rolo 1945 é mais alta do que a velocidade de transporte da folha de material para se garantir que a folha de material não se acumule durante operações de perfuração. Em outras modalidades, as velocidades de rotação (e, portanto, as velocidades circunferenciais) de ambos os rolos 1943, 1945 são mais altas do que a velocidade de transporte da folha de material para esta finalidade. Deve ser notado que os termos "posição de ação" ou "posição de perfuração" conforme usado aqui e nas reivindicações em apenso não apenas indicam ou implicam que o(s) rolo(s) em questão é (são) estacionário(s), mas, ao invés disso, são indicativos das posições do(s) rolo(s) no momento em que as perfurações são feitas.

Em algumas modalidades, a velocidade de rotação de um ou ambos os rolos 1943, 1945 da estação de perfuração 1927 é mais rápida do que aquela da folha de material passando. Seguindo-se à criação das perfurações na posição de perfuração, um ou ambos os rolos de perfuração 1943, 1945 podem ser movidos para trás para uma posição de espera para serem reativos no próximo processo de perfuração. Em algumas modalidades, um movimento de um ou ambos os rolos de perfuração 1943, 1945 de volta para uma posição de espera é realizado pela rotação do(s) rolo(s) de perfuração 1943, 1945 na mesma direção usada para movimento do(s) rolo(s) 1943, 1945 em direção a uma posição de perfuração (ao invés de pela comutação das direções de rotação do(s) rolo(s) 1943, 1945). Assim sendo, o acionamento do par de

rolos de perfuração 1943, 1945 conforme descrito acima pode ajudar a prevenir uma acumulação da folha de material passando.

É previsto que tubos acabados podem ser separados no fim de um processo de fabricação devido, pelo menos em parte, às perfurações descritas acima. Em algumas modalidades, os tubos são separados nas perfurações no ou próximo do fim de uma linha de fabricação. Uma separação de tubos individuais pode ser realizada algumas modalidades pelo uso de um par de rolos de ruptura ou de um único rolo de ruptura. Na modalidade das FIG. 58, por exemplo, um rolo de ruptura 1949 e uma barra 1951 são usados para separação da tubulação sem fim correndo entre o rolo de ruptura 1949 e a barra 1951 em tubos acabados planos individuais 1910. O rolo de ruptura 1949 é equipado com uma lâmina de ruptura projetada 1951 ou outra ferramenta para rompimento das almas 1937 entre as perfurações 1929 descritas anteriormente.

O rolo de ruptura 1949 e/ou a barra 1951 podem ser controlados para incluírem uma posição de espera em que uma tubulação de passagem não é desacelerada ou operada de outra forma, e uma posição de ruptura em que o rolo de ruptura 1949 e/ou barra 1951 é movido para encaixe com a tubulação de passagem e para separação do tubo nas perfurações 1929. Por exemplo, na modalidade ilustrada da FIG. 58, o rolo de ruptura 1949 é rotativo para e a partir de uma posição de ruptura na qual a lâmina de ruptura 1951 do rolo de ruptura 1949 se encaixa em uma tubulação plana e passa pela barra de ruptura 1951, desse modo rompendo (e, em algumas modalidades, também cortando) a tubulação plana

correndo entre o rolo de ruptura 1949 e a barra de ruptura 1951 em uma linha de perfurações 1929. Em outras modalidades, o rolo de ruptura 1949 e/ou a barra de ruptura 1951 são transladados com respeito à tubulação plana para a definição de posições de ruptura e de espera de uma estação de ruptura.

Embora uma tubulação plana possa ser rompida pelo uso de um rolo de ruptura 1949 e da barra de ruptura 1951 conforme descrito acima, em outras modalidades as almas 1937 definidas pelas perfurações 1929 da tubulação plana não são rompidas ou cortadas por uma lâmina ou uma outra ferramenta similar, mas, ao invés disso, são rasgadas pela geração de uma força sobre a tubulação plana em uma direção longitudinal geral do tubo sem fim, desse modo formando tubos individuais planos 1910. Uma força como essa pode ser gerada, por exemplo, pela passagem da tubulação sem fim por um rolo se encaixando na tubulação e correndo a uma velocidade mais alta do que a tubulação. Através uma experimentação foi descoberto que esta maneira de separação possa resultar em extremidades de tubo desejáveis, conforme descrito acima.

Em algumas modalidades, um ou mais rolos 1949 em uma porção da linha de fabricação usada para ruptura da tubulação podem ser usados para ajúdarem no avanço da tubulação ao longo da linha de fabricação. Isto também é verdadeiro para qualquer uma das estações de perfuração 1927, 1933, 1935 descritas aqui. Também deve ser notado que em qualquer uma das modalidades descritas aqui, a estampagem, a lâmina ou outra ferramenta em um rolo de qualquer estação de perfuração 1927, 1933, 1935 e/ou no

rolo de ruptura 1949 pode ser retrátil, para se permitir que o rolo seja acionado para avanço da tubulação, sem outra ação sobre ele. Nesses casos, a posição retraída da ferramenta também pode definir a posição de espera descrita aqui.

Aspectos adicionais de fabricação de tubos planos descritos aqui também podem permitir que esses tubos sejam produzidos com economias de custo significativas, com eficiência melhorada, a uma velocidade maior e/ou de uma maneira mais confiável e reprodutível, se comparado com muitas técnicas de fabricação de tubo plano convencionais. Conforme será descrito agora, alguns destes aspectos adicionais se referem à maneira pela qual as partes dos tubos planos são formadas e/ou à maneira pela qual estas partes são colocadas em conjunto para a produção dos tubos planos. A título de exemplo apenas, estes processos serão descritos, agora, e ilustrados com referência à produção de tubos em duas peças, e mais especificamente ao tubo em duas peças 1910 ilustrado na FIG. 28 e descrito acima, produzido usando-se a linha de fabricação 1900 ilustrada na FIG. 55 e também descrita acima. A descrição a seguir e os desenhos associados se aplicam igualmente à produção de qualquer um dos outros tubos em duas peças (com ou sem inserções) descritos aqui. Também, com a exceção de uma descrição inconsistente ou incompatível, a descrição a seguir e as ilustrações associadas se aplicam igualmente à produção de qualquer um dos tubos em uma peça (com ou sem inserções) também descritos aqui.

Os inventores descobriram que vantagens significativas podem ser obtidas por certas maneiras de montagem das

primeira e segunda porções 1912, 1914 e da inserção 1934 da montagem de tubo 1910. Em algumas modalidades, por exemplo, a inserção interna 1934 é enrolada de uma maneira corrugada em uma direção longitudinal da linha de fabricação 1900, e é inserida entre as duas porções de tubo plano 1912, 1914 do tubo plano posterior 1910. As bordas longitudinais das duas porções de tubo plano 1912, 1914 podem ser enroladas ou formadas de outra forma com bordas tipo de arco na direção longitudinal, após cujo momento as bordas tipo de arco podem ser colocadas em conjunto para encaixe uma com a outra, de modo a se formar o tubo plano 1910 mostrado na FIG. 28. Este processo é ilustrado esquematicamente nas FIG. 55, 59, e 60, e será descrito, agora, em maiores detalhes.

Conforme descrito anteriormente, a FIG. 55 mostra três bobinas de material em folha R1, R2, e R3 suprindo um material em folha a ser usado na produção do tubo plano 1910. Conforme também descrito acima, as folhas de material das bobinas R1, R2, e R3 são usadas para a fabricação de uma primeira porção de tubo 1912, uma inserção 1934 (usando a folha de material mais larga, em algumas modalidades), e uma segunda porção de tubo 1914. As folhas de material usadas para a formação destas partes correm em direções geralmente paralelas umas com respeito às outras através da linha de fabricação ilustrada 1900.

Embora outros arranjos de linha de fabricação sejam possíveis, a fabricação de tubos planos 1910 na linha de fabricação 1900 ilustrada na FIG. 55 geralmente começa com a formação da inserção 1934 nas primeiras seções da linha de fabricação 1900. Em algumas modalidades, as folhas de

material usadas para a formação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 podem ser guiadas, sem serem deformadas. Nessas modalidades, quando o processo de formação da inserção 1934 tiver sido completado, o processo de formação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 geralmente começará. Alternativamente, uma ou mais operações de formação podem ser realizadas em uma ou ambas estas folhas de material enquanto a inserção 1934 está sendo formada em uma ou mais das mesmas localizações ao longo da linha de fabricação 1900. Em muitos casos, o processo de fabricação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 pode ser significativamente mais curto do que aquele para a fabricação da inserção 1934, devido ao fato de a quantidade de deformação do material usado para a formação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 poder ser relativamente pequena (veja, por exemplo, a montagem de tubo plano mostrada na FIG. 28).

O tubo plano em duas peças 1910 ilustrado na FIG. 28 tem primeira e segunda porções 1912, 1914 idênticas ou substancialmente idênticas. A linha de fabricação 1900 ilustrada na FIG. 55 é adaptada para produzir estas porções 1912, 1914. Em virtude de seus formatos idênticos ou substancialmente idênticos, uma porção 1912 é invertida com respeito à outra, antes de as porções 1912, 1914 serem unidas em conjunto. Conforme descrito acima, a linha de fabricação 1900 ilustrada na FIG. 55 tem rolos de formação ou outros dispositivos de formação adequados para a produção das bordas em formato de arco das porções 1912, 1914 descritas acima.

Em alguns casos, conjuntos de rolos de formação ou

outros dispositivos de formação adequados usados para a criação do mesmo tipo de borda longitudinal em ambas as porções de tubo 1912, 1914 estão localizados no mesmo lado lateral da linha de fabricação 1900 (por exemplo, conjuntos usados para a produção da borda longitudinal em formato de arco maior de ambas as porções 1912, 1914 estando localizadas próximas uma da outra no plano das folhas de material sendo formadas). Nestas e em outras modalidades, os rolos de formação ou outros dispositivos de formação adequados podem ser dispostos de modo que as duas porções 1912, 1914 tenham a mesma orientação, após a formação de algumas ou de todas as bordas longitudinais. Nessas modalidades, a linha de fabricação 1900 pode ser provida com rolos para se virar uma das porções 1912, 1914 em torno de um eixo geométrico longitudinal, de modo que as duas porções 1912, 1914 possam ser unidas na seção de fusão 1941 da linha de fabricação 1900. Em outras modalidades, os rolos de formação ou outros dispositivos de formação adequados podem ser dispostos em uma linha de fabricação 1900 de modo que as duas porções 1912, 1914 já tenham orientações que sejam invertidas uma com respeito à outra (isto é, com seus lados longitudinais revertidos), após a formação de algumas ou de todas as bordas em formato de arco. Nessas modalidades, as duas porções 1912, 1914 podem ser paralelas uma à outra, e podem ser combinadas na seção de fusão 1941 da linha de fabricação 1900.

Conforme descrito em maiores detalhes acima em relação à FIG. 28, uma borda longitudinal da primeira porção de tubo 1912 envolve uma borda longitudinal correspondente da segunda porção de tubo 1914, enquanto uma borda

longitudinal oposta da primeira porção de tubo envolve uma borda longitudinal correspondente oposta da segunda porção de tubo 1914 para junção das porções de tubo 1912, 1914 em conjunto. Nestas e em outras modalidades descritas aqui que podem ser produzidas na linha de fabricação 1900, as primeira e segunda porções de parede 1912, 1914 podem ser idênticas ou substancialmente idênticas. Em outras modalidades descritas aqui que também podem ser produzidas na linha de fabricação 1900, as primeira e segunda porções de parede 1912, 1914 não são idênticas, tal como onde cada uma das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 inclui duas porções de arco menores ou duas porções de arco maiores.

Com referência continuada à modalidade das FIG. 55 a 60 em conjunto com a montagem de tubo plano ilustrada na FIG. 28, a inserção interna 1934 da montagem pode estar fabricando em um terceiro conjunto de rolo para introdução as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 do tubo em duas peças 1910. Este processo é ilustrado esquematicamente in FIG. 59, e pode ocorrer após as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 terem sido formadas ou inteiramente formadas (como o é a modalidade na FIG. 59). Nesta modalidade, as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 não estão em um plano, mas estão em dois planos a uma distância uma da outra, enquanto o conjunto de rolos de formação ou outros dispositivos de formação adequados produzindo a inserção 1934 são posicionados de modo que a folha de material formando a inserção 1934 esteja localizada entre as folhas de material formando as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914. Isto permite que a

inserção interna 1934 seja "roscada" em e entre as duas porções de tubo 1912, 1914. Em outras palavras, o layout da linha de fabricação 1900 ilustrada na FIG. 55 é tal que a folha de material usada para a formação da inserção 1934 esteja localizada entre as folhas de material usadas para a formação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914.

Com referência à FIG. 59, a inserção da inserção interna 1934 conforme recém descrito pode ser realizada entre primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 correndo substancialmente paralelas uma à outra ao longo de uma seção longitudinal das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 na linha de fabricação 1900. Em outras modalidades, contudo, os planos nos quais os primeiro e segundo lados largos 1922, 1924 das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 ficam não precisam necessariamente ser paralelos uns aos outros em qualquer outra localização além de imediatamente a montante da seção de fusão 1941 da linha de fabricação 1900.

Na modalidade ilustrada (veja a FIG. 59(a)) e em outras modalidades, a folha de material usada para a formação da inserção 1934 é substancialmente paralela a uma ou ambas as folhas de material usadas para a formação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 antes do processo de inserção da inserção 1934 nas primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914. Em outras modalidades, outras orientações destas três folhas a montante do processo de inserção são possíveis. Contudo, em algumas modalidades, o processo de inserção da inserção interna 1934 nas primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 começa pela orientação da inserção interna 1934 entre as

primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 em uma inclinação com respeito a pelo menos um dos planos dos primeiro e segundo lados largos 1922, 1924. Por exemplo, na modalidade ilustrada da FIG. 59, a inserção interna 1934 é introduzida nas e entre as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 em uma inclinação com respeito a ambos os planos dos primeiro e segundo lados largos 1922, 1924.

Conforme usado aqui e nas reivindicações em apenso, o termo "inclinado" em suas várias formas expressa a posição da inserção 1934 com respeito aos lados largos 1922, 1924 das porções de tubo 1912, 1914 (os quais podem ser paralelos uns aos outros, em algumas modalidades). Nesse sentido, deve ser notado que um ou ambos os lados largos 1922, 1924 das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 podem estar em respectivos planos que não sejam horizontais, por meio do que a inserção 1934 seria inclinada com respeito a essas orientações não horizontais.

Esta inserção inclinada pode ocorrer em uma faixa de localizações a montagem da seção de fusão 1941 da linha de fabricação 1900, e em algumas modalidades ocorre aproximadamente no começo da linha de fabricação 1900. Em algumas modalidades, o ângulo da inserção 1934 (com respeito ao plano a partir do qual um lado largo 1922, 1924 de pelo menos uma das porções de tubo 1912, 1914 fica) pode ser de pelo menos em torno de 25 graus em pelo menos uma localização da inserção 1934 entre as folhas usadas para a produção das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914, tal como no começo do processo de inserção. Em outras modalidades, este ângulo é de pelo menos em torno de 30 graus para bons resultados de performance. Também, em

algumas modalidades, o ângulo da inserção 1934 conforme descrito acima não é maior do que em torno de 45 graus em pelo menos uma localização da inserção 1934 entre as folhas usadas para a produção das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914, tal como no começo do processo de inserção. Em outras modalidades, este ângulo não é maior do que em torno de 40 graus para bons resultados de performance.

Subseqüentemente, a inserção interna 1934 é colocada em uma orientação na qual a inserção interna 1934 é paralela a ou substancialmente paralela aos lados largos 1922, 1924 das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914. As FIG. 59(b)-(e) mostram um exemplo da mudança ou diminuição da posição inclinada da inserção 1934, bem como a convergência gradual das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 para manterem a inserção 1934 entre elas.

Naquelas modalidades (como aquela da FIG. 28) em que uma ou ambas as bordas longitudinais 1938, 1940 da inserção interna 1934 são recebidas nos lado estreito(s) 1918, 1920 do tubo plano 1910, o formato das bordas longitudinais 1938, 1940 pode prover um ajuste firme contra a superfície interna das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 nos lados estreitos 1918, 1920. Por exemplo, naquelas modalidades em que uma ou ambas as bordas longitudinais 1938, 1940 da inserção 1934 são em formato de arco ou têm uma série de dobras 1970, os recursos podem ser recebidos no interior de bordas longitudinais em formato de arco das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914. Nestas e em outras modalidades da inserção 1934, uma borda longitudinal 1938 da inserção 1934 pode ser colocada em uma borda

longitudinal tipo de arco de uma primeira porção de parede 1912, em cujo momento ou depois a inserção 1934 pode ser inclinada com respeito aos lados largos 1922, 1924 das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914.

Conforme mencionado acima, a inclinação da inserção 1934 pode ser reduzida para zero (isto é, a inserção 1934 pode ser movida para uma posição paralela ou substancialmente paralela aos lados largos 1922, 1924 das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914). Desta maneira a borda longitudinal oposta 1940 da inserção 1934 pode assumir uma posição qualitativamente correta na borda longitudinal tipo de arco da segunda porção de tubo 1914. Ambas as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 podem ser colocadas em conjunto durante qualquer parte deste processo, após cujo momento as bordas longitudinais das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 que circundam a inserção interna 1914 são fechadas, conforme ilustrado esquematicamente na FIG. 59(e). Deve ser notado que pelo fechamento do tubo plano 1910 conforme descrito aqui, a inserção 1934 é deformada em algumas modalidades. A inserção 1934 dentro do tubo plano fechado 1910 pode permanecer sob compressão contra qualquer um dos lados largos ou estreitos 1922, 1924, 1918, 1920 do tubo plano 1910, particularmente naquelas modalidades (tal como nas FIG. 55 a 60) em que a inserção 1934 foi deformada de modo a se inserir a inserção 1934 dentro do tubo plano.

Na modalidade ilustrada, um fechamento das primeira e segunda porções de tubo plano 1912, 1914 é provido pela flexão das bordas longitudinais adjacentes das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 de uma maneira conforme

descrito e mostrado em maiores detalhes acima em relação às modalidades das FIG. 25, 26 e 28 (isto é, pela flexão de porções das bordas longitudinais de arco maiores em torno de porções de arco menores de bordas longitudinais adjacentes do porções de tubo 1912, 1914). Assim sendo, a linha de fabricação 1900 ilustrada na FIG. 55 pode ser usada para a produção de tubos planos 1900 em que uma ou ambas as bordas longitudinais de uma inserção 1934 são recebidas em respectivas bordas flexionadas correspondentes de porções de tubo 1912, 1914 nos lados estreitos 1918, 1920 do tubo plano 1910.

Seguindo-se ao fechamento do tubo plano 1910 na linha de fabricação 1900, tubos acabados planos 1910 podem ser afixados a um ou mais conjuntos de aletas ou outros elementos (não mostrados), e também podem ser presos a um ou mais coletores de um trocador de calor (também não mostrado). Em muitas modalidades, os coletores do trocador de calor são brasados em um forno de brasagem, como o são aletas ou outros elementos de troca de calor para os tubos planos 1910, e os tubos planos 1910 em suas inserções 1934.

A inserção 1934 pode ter qualquer um dos formatos e recursos descritos aqui com respeito a inserções de tubo plano. Em muitas destas modalidades, a inserção 1934 é formada a partir de uma folha de material de partida plana. Portanto, conforme a inserção 1934 é formada com corrugações ou outros recursos to definem, pelo menos parcialmente, os canais de fluxo 1916 através do tubo 1910, a largura da inserção 1934 pode diminuir. Este processo é mostrado esquematicamente na FIG. 60, a qual ilustra a folha de material em que corrugações 1952 são

sucessivamente criadas por rolos de formação 1955 conforme a folha avança em uma direção longitudinal (indicada pela seta reta na FIG. 60) através da linha de fabricação 1900. Embora três desses rolos de formação 1955 sejam mostrados na FIG. 60, a linha de fabricação 1900 pode ter qualquer número de rolos de formação 1955 para produção de qualquer número de corrugações desejadas 1952 ou outros recursos de inserção, conforme descrito com respeito a várias modalidades de inserção aqui. O tipo e a localização das corrugações ou outros recursos de parede podem determinar, pelo menos parcialmente, quantos rolos de formação 1955 são necessários na linha de fabricação 1900. Por exemplo, em algumas modalidades em que a inserção 1934 inclui corrugações contínuas 1952, tais como aquelas ilustradas nas FIG. 25-34, um número correspondente de conjuntos de rolo de formação (por exemplo, cada conjunto de rolo definido por um par de rolos - um em cada lado da folha de material) pode ser necessário para a formação das corrugações 1952 sucessivamente conforme descrito aqui. Assim sendo, em algumas modalidades, a linha de fabricação 1900 pode se estender por um comprimento de em torno de 20 m (65,62 ft.) ou mais.

A linha de fabricação 1900 também pode incluir mais de um tipo de rolo 1955 para a formação da inserção 1934. Por exemplo, rolos diferentes 1955 podem ser usados para a formação de tipos diferentes de corrugações 1952 através da largura da inserção 1934. Como um outro exemplo, um ou mais rolos 1955 podem ser rolos de corte usados para a criação de fendas em uma folha de material para formação posterior das corrugações na folha de material, tal como pela flexão

das porções da folha próximo das fendas, conforme descrito acima em relação a qualquer uma das modalidades das FIG. 35-45. Qualquer número desses rolos 1955 pode ser usado em conjunto com qualquer número de outros tipos de rolos (por exemplo, para flexão de porções da folha de material) para a criação de qualquer tipo de inserção descrito aqui.

Em algumas modalidades, tal como aquela mostrada na FIG. 60, o processo de fabricação da inserção 1934 inclui primeiramente a formação de uma ou mais corrugações centrais 1952 na folha de material, e subseqüentemente a formação de corrugações adicionais 1952 mais próximo das bordas longitudinais da inserção 1934. Mais especificamente, e com referência à modalidade da FIG. 60 a título de exemplo, um primeiro conjunto de rolos 1955 (isto é, o conjunto de rolos mais à esquerda na FIG. 60) inclui duas ranhuras 1957 para a formação de corrugações correspondentes 1952 na folha de material passando. O próximo conjunto de rolos 1955 inclui quatro ranhuras 1957 formando corrugações correspondentes 1952 na folha de material passando. Este processo pode continuar para a produção de tantas corrugações em uma folha de material conforme desejado. Em qualquer ponto antes, durante ou após essa formação de corrugação, uma ou ambas as bordas longitudinais 1938, 1940 da inserção 1934 podem ser formadas para assumirem qualquer formato, incluindo qualquer um dos formatos descritos e/ou ilustrados aqui. Por exemplo, ambas as bordas longitudinais 1938, 1940 da inserção 1934 produzidas na modalidade das FIG. 55 a 60 são providas com formatos tipo de arco subseqüentemente à formação de todas as corrugações 1952, conforme mais bem

mostrado na FIG. 28.

Em algumas modalidades, a largura da folha usada para a formação da inserção 1934 é reduzida até uma extensão maior do que a largura das folhas usadas para a formação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914. Este pode ser o caso, por exemplo, quando as folhas usadas para a formação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 são deformadas apenas (ou primariamente) em suas bordas longitudinais opostas, tal como no caso da modalidade de tubo plano em duas peças ilustrada na FIG. 28. Uma vantagem de construção como essa de tubo plano é que lados largos lisos 1922, 1924 do tubo plano 1910 podem prover superfícies relativamente melhores para juntas de brasagem entre os lados largos 1922, 1924 do tubo plano 1910 e a inserção 1934 e/ou entre os lados largos 1922, 1924 do tubo plano 10 e aletas ou outros elementos (não mostrados) afixados ao tubo plano 1910.

Naquelas modalidades em que uma inserção 1934 is roscada entre duas porções de tubo 1912, 1914 (e, possivelmente, também movida a partir de uma posição inclinada para uma posição paralela ou substancialmente paralela, conforme descrito acima), os rolos de formação ou outros dispositivos de formação adequados para a produção da inserção 1934 podem estar localizados a montante da localização em que duas porções de tubo 1912, 1914 são colocadas em conjunto para fechamento do tubo plano 1910. Portanto, alguns ou todos os recursos da inserção 1934 podem ser formados antes desta localização. Em outras modalidades, contudo, alguns ou todos os dispositivos de formação de inserção podem estar localizados na mesma parte

da linha de fabricação em que as duas porções de tubo 1912, 1914 são colocadas em conjunto para fechamento do tubo plano 1910. Assim sendo, a inserção 1934 ainda pode estar no processo de ser formada conforme as porções de tubo 1912, 1914 são colocadas em conjunto para fechamento, e/ou conforme a inserção 1934 é mudada de uma posição inclinada para uma posição paralela ou substancialmente paralela aos lados largos 1922, 1924 das porções de tubo 1912, 1914 conforme descrito acima.

Em algumas modalidades da linha de fabricação 1900, conjuntos de rolo usados para a produção de qualquer uma ou mais das várias partes do tubo plano 1910 e da inserção 1934 podem ser ajustáveis para a produção de tubos planos 1910 e/ou inserções 1934 com dimensões e características diferentes de seção transversal. De forma alternativa ou adicional, uma vantagem de algumas das modalidades da linha de fabricação 1900 é que um ou mais conjuntos de rolo (também identificados como bancos de rolos) usados para a produção de qualquer uma das partes de montagem de tubo plano podem ser plenamente trocados por outros conjuntos para a formação de tubos planos 1910 e/ou inserções 1934 com dimensões e características diferentes. Deve ser notado que conjuntos de rolo sem uma ajustabilidade individual freqüentemente podem ser produzidos de uma maneira mais efetiva em termos de custos e eficiente.

Um outro recurso da linha de fabricação 1900 que pode definir vantagens de fabricação significativas se refere à flexibilidade nas larguras de folhas usadas para a criação de tubos planos de acordo com modalidades da presente invenção. Em algumas modalidades, uma ou mais das folhas de

material podem ser formadas com dobras adicionais e/ou para a definição de canais de fluxo adicionais, conforme necessário, para uso em uma largura inteira das folhas. Por exemplo (e com referência continuada à modalidade de linha de usinagem ilustrada nas FIG. 55-60), a largura da folha de material usada para a produção da inserção interna 1934 geralmente é maior do que a largura das folhas de material usadas para a fabricação das primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914. Isto pode ser o resultado da inserção 1934 tendo corrugações 1952 e bordas longitudinais deformadas 1938, 1942, enquanto as primeira e segunda porções de tubo 1912, 1914 têm apenas bordas longitudinais deformadas ou de outra forma requer menos largura de material para a formação das porções de tubo 1912, 1914, em algumas modalidades. Qualquer largura adicional da folha de material usada para a formação da inserção 1934 pode ser usada para a criação de recursos adicionais da inserção 1934, tais como uma ou mais dobras adicionais nos lados estreitos 1918, 1920 do tubo plano 1910, e/ou uma ou mais dobras adicionais definindo os canais de fluxo 1916 através do tubo plano 1910.

Ainda outros recursos da presente invenção também se referem à maneira pela qual os tubos planos descritos aqui podem ser produzidos, montagens de tubo plano e aleta e a maneira pela qual essas montagens podem ser produzidas, e/ou montagens de tubo plano e aleta incorporadas em dispositivos de troca de calor. A título de exemplo apenas, estes aspectos da presente invenção serão descritos, agora, e ilustrados com referência à produção de tubos em duas peças, e mais especificamente do tubo em duas peças 1910

ilustrado na FIG. 28 e descrito acima. A descrição a seguir e os desenhos associados se aplicam igualmente à produção de qualquer um dos outros tubos em duas peças (com ou sem inserções) descritos aqui. Também, com a exceção de uma descrição inconsistente e incompatível, a descrição a seguir e ilustrações associadas se aplicam igualmente à produção de qualquer um dos tubos em uma peça (com ou sem inserções) também descritos aqui.

Algumas vantagens da formação de tubos 1910 com aletas de acordo com a presente invenção incluem um método relativamente mais simples de fabricação desses conjuntos para a fabricação de tipos diferentes de trocadores de calor. Em algumas modalidades da presente invenção, um tubo sem fim 1910 (isto é, criado por um suprimento contínuo de material em folha a partir de uma ou mais localizações a montante e a formação do material em folha em um tubo plano contínuo 1910), tal como o tubo sem fim 1910 ilustrado nas FIG. 61, 64, e 65, pode ser transportado ao longo da linha de fabricação para afixação do tubo sem fim 1910 a pelo menos um conjunto de aletas 1959. É para ser entendido que uma referência ao processo de acoplamento de aletas 1959 a um tubo plano ou a um tubo sem fim pode ser usada de forma intercambiável aqui (salvo qualquer indicação em contrário), sem limitação do escopo da presente invenção. Em algumas modalidades, apenas um dos dois lados largos 1922, 1924 do tubo sem fim 1910 é provido com um conjunto de aletas 1959 desta maneira. Tubos planos 1910 produzidos com aletas 1959 em apenas um lado podem ser usados, por exemplo, nas bordas de um núcleo de trocador de calor 1965, em cujos casos o tubo plano 1910 pode ser posicionado para

se voltar para dentro, de modo que o tubo plano 1910 seja adjacente a um conjunto de aletas 1959 de um tubo adjacente 1910, ou para fora, de modo que o conjunto de aletas 1959 seja adjacente a um conjunto de aletas 1959 de um tubo adjacente 1910. Em outras modalidades, tais como aquelas mostradas nas FIG. 61-66, ambos os lados largos 1922, 1924 do tubo sem fim 1910 são providos com um respectivo conjunto de aletas 1959 desta maneira. Em ambos os casos, o(s) conjunto(s) de aletas 1959 pode(m) definir uma interface bidimensional com o(s) lado(s) largo(s) 1922, 1924 do tubo plano 1910.

Muitas das modalidades de tubo plano e aleta descritas abaixo e ilustradas aqui são construídas de folhas de metal incluindo alumínio (por exemplo, alumínio ou uma liga de alumínio), embora outros materiais em folha metálicos ou não metálicos possam ser usados, ao invés disso, em outras modalidades. Em algumas modalidades, a folha de material usada para a produção dos tubos planos 1910 é provida com uma camada de brasagem (não mostrada) em pelo menos um lado da mesma, ao passo que a folha de material para a fabricação das aletas 1959 não tem um revestimento de brasagem. Em outras modalidades, localizações diferentes de revestimentos de brasagem são possíveis.

Embora os vários aspectos de produção de tubo com aletas e recursos de tubo com aletas descritos aqui possam ser aplicados a tubos planos tendo quaisquer dimensões, vantagens únicas são obtidas em sua aplicação a tubos planos 1910 formados do material relativamente fino também descrito aqui. A título de exemplo apenas, o material de tubo relativamente fino pode permitir uma produção de linha

contínua de tubos planos com aletas 1910 (descritos em maiores detalhes abaixo) onde previamente não era possível. Em algumas modalidades, o material de parede do tubo plano tem uma espessura não maior do que em torno de 0,20 mm (0,007874 in). Contudo, em outras modalidades, os inventores descobriram que um material de parede do tubo plano tendo uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in) provê resultados de performance significativos relativos à performance geral de trocadores de calor usando o tubo plano, fabricabilidade e possíveis construções de parede (conforme mostrado aqui), que não são possíveis usando-se materiais de parede mais espessa. Também, em algumas modalidades, uma espessura de material de parede do tubo plano de não menos do que em torno de 0,050 mm (isto é, não menos do que em torno de 0,0019685 in) provê boa performance de resistência e resistência à corrosão, embora uma espessura de material de parede de não menos do que em torno de 0,30 mm (0,00118 in) possa ser usada em outras modalidades.

Conforme explicado em maiores detalhes abaixo, os tubos de trocador de calor e outras porções de trocadores de calor descritos aqui podem ser fabricados usando-se várias técnicas e processos de fabricação, e podem incluir recursos de proteção contra corrosão, tais como, por exemplo, aquelas técnicas e os processos descritos abaixo e ilustrados nas FIG. 92-95. Vários processos de fabricação e técnicas e os recursos de proteção contra corrosão referenciados aqui adiante são particularmente vantajosos quando aplicados a tubos de trocador de calor e porções de trocadores de calor tendo espessura de material

significativamente reduzida. Além disso, tais técnicas, processos e recursos de proteção contra corrosão provêem vantagens significativas em relação à performance geral de tubos planos e trocadores de calor feitos a partir desse material.

O tubo plano 1910 na modalidade ilustrada é um tubo plano em duas peças com uma inserção. Com referência à modalidade ilustrada da FIG. 66 a título de exemplo, cada um dos tubos planos ilustrados 1910 pode ter um diâmetro pequeno d de pelo menos em torno de 0,8 mm (0,031496 in) para prover bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, a diâmetro pequeno d não maior do que em torno de 2,0 mm (0,07874 in) provê bons resultados de performance em muitas aplicações. Contudo, em algumas modalidades, um diâmetro pequeno d máximo de tubo não maior do que em torno de 1,5 mm (0,059055 in) é usado. Qualquer uma das outras modalidades de tubo plano descritas aqui (por exemplo, construído a partir de uma peça única ou qualquer número de peças adicionais) pode ser usada para a criação dos tubos com aletas da presente invenção. Também, em outras modalidades, qualquer um dos outros diâmetros pequeno e grande d, D descritos acima em relação a todas as modalidades de tubo plano mostrados aqui pode ser usado, ao invés disso.

A fabricação dos tubos planos 1910 e conjuntos de aletas 1959 na modalidade ilustrada é mostrada esquematicamente na FIG. 61 apenas por uns poucos pares de rolo 1971, 1973, que representam parte de uma linha de fabricação a montante não mostrada em maiores detalhes. Esta linha de fabricação a montante também pode incluir

amortecedores intermediários (por exemplo, conjuntos de rolo, não mostrados) para controle da taxa de alimentação do tubo plano 1910 e/ou aletas 1959. Mais ainda, embora dois pares de rolos 1973 sejam mostrados na FIG. 61 para representarem esquematicamente a produção de dois conjuntos de aletas 1959, deve ser notado que uma linha de fabricação de aleta a montante única pode ser usada, ao invés disso, em algumas modalidades.

Tubos planos que podem ser usados para a criação de tubos com aletas podem ser fechados por brasagem, soldagem, soldagem com solda fraca, ou de qualquer outra maneira adequada descrita aqui ao longo de uma ou mais costuras longitudinais a montante da localização na qual as aletas são afixadas aos tubos planos. Essa produção de tubo pode ser usada, por exemplo, naquelas modalidades em que uma junta plana entre o tubo plano 1910 e um conjunto de aletas 1959 é uma junta adesiva. Alternativamente, o tubo plano 1910 pode ser unido por brasagem, soldagem, ou soldagem com solda fraca no decorrer da produção de tubos com aletas.

Os tubos planos 1910 ilustrados nas FIG. 61-66, 68, e 69 são descritos em maiores detalhes acima em relação à FIG. 28. Conforme citado acima, a descrição e desenhos associados referentes a tubos planos com aletas e sua fabricação se aplicam igualmente a outros tubos em uma peça e em duas peças (com ou sem inserções) descritos aqui. A título de exemplo apenas, a FIG. 67 ilustra um outro tubo plano 310 que pode ser usado em qualquer uma das modalidades de tubo com aletas descritas aqui, e é descrito em maiores detalhes acima em relação à FIG. 7. Em algumas modalidades, o tubo plano 310 mostrado na FIG. 67 tem uma

espessura de parede de em torno de 0,10 mm (0,003937 in). Uma característica deste tubo plano em particular 310 é que os lados estreitos 318, 320 são projetados para serem muito estáveis. Por exemplo, o lado estreito 318 inclui um conjunto de dobras 330. Uma outra característica deste tubo plano 310 é que o tubo plano 310 é dividido em vários canais de fluxo 316 por dobras únicas 328, ou por conjuntos 332 de múltiplas dobras 328 em outras modalidades. Em algumas modalidades, a distância entre as dobras 330 pode ser menor do que 1,0 mm (0,003937 in). Contudo, esta distância pode ser aumentada para a faixa do centímetro. Conforme descrito em maiores detalhes acima em relação (por exemplo) às modalidades ilustradas nas FIG. 1-13, deve ser notado que as dobras 330 que formam o lado estreito 318 podem ser projetadas com comprimentos e/ou formatos diferentes, desse modo se aumentando relativamente a resistência à carga de mudança de temperatura, a resistência à pressão e/ou a resistência a impacto do tubo plano 310.

As aletas 1959 descritas aqui podem ter qualquer espessura adequada, e podem ser produzidas a partir de uma folha de material sem fim em algumas modalidades. Contudo, o uso de aletas 1959 formadas a partir de uma folha de material com uma espessura não maior do que em torno de 0,09 mm (0,0035433 in) pode prover bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, aletas 1959 formadas a partir de uma folha de material com uma espessura não menor do que em torno de 0,03 mm (0,0011811 in) pode prover bons resultados de performance em muitas aplicações.

A FIG. 63 ilustra construções alternativas das aletas 1959 que podem ser usadas nas várias modalidades da presente invenção. As aletas 1959 ilustradas nas FIG. 61, 62, 64-66, e 68-68 correspondem às aletas 1959 ilustradas na FIG. 63(a). Contudo, é para ser entendido que outros projetos das aletas 1959 são possíveis e caem no espírito e no escopo da presente invenção.

Com referência à FIG. 66 a título de exemplo, a espessura de parede das aletas 1959 pode ser de em torno de 0,06 mm (0,0023622 in), e podem ter uma altura H de em torno de 3,00 mm (0,011811 in). Pode ser observado que uma distância 2H entre dois tubos planos 1910 pode ser, portanto, de em torno de 6,0 mm (0,023622 in) subsequentemente ao o processo de fabricação descrito aqui no qual conjuntos de aleta adjacentes 1959 de tubos planos adjacentes 1910 se confinam uns com os outros.

Os conjuntos de aletas 1959 podem ser presos aos lados largos 1922, 1924 do tubo plano 1910 por adesivo ou por uma junta metálica (por exemplo, soldagem, brasagem, ou soldagem com solda fraca), onde as superfícies planas dos lados largos 1922, 1924 provêem uma área superficial significativa para essas afixações. Em algumas modalidades, a junta plana entre o tubo plano 1910 e um ou mais conjuntos de aletas 1959 define menos área superficial do que os lados largos planos 1922, 1924 do tubo plano 1910.

Os conjuntos de aletas 1959 unidos aos tubos planos 1910 conforme descrito aqui podem ser orientados de várias maneiras diferentes com respeito aos tubos planos 1910. Por exemplo, a direção longitudinal de aletas 1959 em um tubo plano 1910 pode ser substancialmente perpendicular à

direção longitudinal do tubo plano 1910. Contudo, os inventores descobriram que conjuntos de aletas 1959 ao invés disso podem ser unidos ao tubo plano (isto é, nos lados largos 1922, 1924 do mesmo) de modo que a direção longitudinal das aletas 1959 seja inclinada com respeito à direção longitudinal do tubo plano 1910 e uma direção perpendicular a isso (isto é, na direção do fluxo de ar, em muitas aplicações). Exemplos dessas aletas 1959 são mostrados nas FIG. 68 e 69, as quais mostram um conjunto de aleta 1959 brasado ao lado largo 1924 de um tubo plano 1910 (transparente na FIG. 69), e um outro conjunto de aleta 1959 brasado ao lado largo 1922 de um outro tubo plano 1910. Assim sendo, e conforme indicado pelas setas na FIG. 68, um fluxo de ar através de um conjunto de aleta 1959 não é paralelo ao fluxo de ar através do outro conjunto de aleta 1959. Naquelas modalidades em que a FIG. 68 representa uma vista em elevação dos conjuntos de aleta 1959 em uso, o ar de arrefecimento em um conjunto de aleta 1959 é defletido para baixo a partir do ar horizontal entrando e de arrefecimento, enquanto o ar de arrefecimento no outro conjunto de aleta 1959 é dirigido para cima a partir do ar horizontal entrando e de arrefecimento.

Em algumas modalidades, o ângulo de inclinação para cada conjunto de aleta conforme descrito acima não é menor do que em torno de 8° (medido entre a direção longitudinal das aletas 1959 e aquela do tubo plano 1910) para bons resultados de performance em muitas aplicações. Também, em algumas modalidades, este ângulo de inclinação não é maior do que em torno de 8° para bons resultados de performance em muitas aplicações. Em algumas modalidades, incluindo

aquelas em que um conjunto de aletas 1959 em um tubo plano 1910 é adjacente a um outro conjunto de aletas 1959 em um outro tubo plano 1910, conforme descrito em maiores detalhes abaixo, esta inclinação de um conjunto de aletas 1959 pode ser em uma direção que seja diferente de uma inclinação de um outro conjunto de aletas adjacente 1959 (veja, por exemplo, as FIG. 68 e 69).

Em algumas modalidades da presente invenção, um método de brasagem pode ser usado, em que o tubo sem fim plano 1910 e um ou mais conjuntos de aletas 1959 são transportados continuamente ou de uma maneira ininterrupta através de uma estação de junção 1969, um exemplo disso sendo mostrado esquematicamente nas FIG. 61 e 64. Os conjuntos de aletas 1959 podem ser brasados no tubo sem fim plano 1910 em uma ou mais dessas estações de junção 1969, todas ou quaisquer das quais estando localizadas em estágios posteriores de uma linha de fabricação de tubo com aletas em algumas modalidades. Geralmente, a estação de junção pode ser um dispositivo relativamente pequeno produzindo a temperatura de brasagem com uma bobina de indução, por exemplo. Deve ser notado que parâmetros de brasagem (e, portanto, o tipo e a potência da(s) estação (estações) de brasagem 1969 usadas) podem variar de acordo com os parâmetros desejados do tubo plano 1910.

Em algumas modalidades, os conjuntos de aletas 1959 são mantidos contra os lados largos 1922, 1924 do tubo plano 1910 com uma força predeterminada, enquanto os conjuntos de aletas 1959 são brasados a eles, conforme descrito acima. Embora o processo de fabricação de tubo possa ocorrer a montante do processo de afixação de aleta,

vantagens significativas podem ser obtidas pela brasagem ou pela junção de outra forma de várias partes do tubo plano (por exemplo, da inserção 1934 ao tubo plano 1910, pelo menos uma borda longitudinal do tubo plano 1910 para fechamento de tubo, e similares) ao mesmo tempo em que os conjuntos de aletas 1959 são afixados ao tubo plano 1910, tal como através do mesmo processo de brasagem descrito aqui. Em casos em que uma ou mais costuras longitudinais do tubo plano 1910 já foram completadas no momento em que o tubo plano 1910 atinge a porção de afixação de aleta, contudo, o tubo plano 1910 pode ser usado na estrutura do processo de fabricação. Por exemplo, com referência à FIG. 64 e 65, conjuntos de aletas 1959 podem ser unidos de uma maneira sem fim aos lados largos 1922, 1924 de um tubo sem fim plano completado 1910 de qualquer uma das maneiras descritas aqui.

Em algumas modalidades, o processo de fabricação também inclui a formação de seções de montagens de tubo e aleta (referidas de outra forma aqui como "tubos com aletas", e indicados geralmente pelo número de referência 1961) pela separação dos comprimentos desejados dos tubos com aletas 1961 de um tubo sem fim 1910 tendo um ou mais conjuntos de aletas 1959. Por exemplo, um conjunto de aletas 1959 suprido para conexão a um tubo sem fim plano 1910 pode ser cortado para um comprimento desejado e removido do tubo sem fim plano 1910 antes da ou após a junção do conjunto de aletas 1959 ao tubo sem fim plano 1910 (por exemplo, por brasagem ou de qualquer outra maneira descrita acima).

Em outras modalidades, um suprimento contínuo de

aletas 1959 a partir de um processo de fabricação a montante pode ser cortado nos comprimentos desejados, por meio do que os comprimentos de aletas 1959 podem ser colocados em intervalos e unidos a uma superfície do tubo sem fim plano 1910 de qualquer maneira como essa. Com referência à modalidade ilustrada da FIG. 61, ainda em outras modalidades um ou mais separadores 1975 (por exemplo, blocos) podem ser colocados entre conjuntos de aletas 1959 no tubo plano 1910, e, desse modo, podem ser usados para posicionamento das aletas 1959 para o estabelecimento de uma distância desejada entre os conjuntos de aletas 1959 acoplados ao mesmo lado largo do tubo sem fim 1910. Conforme mostrado in FIG. 61, os separadores 1975 podem ser removidos do tubo plano 1910 in a localização a jusante, permitindo a formação de seções de tubo com aletas com extremidades livres de tubo plano em uma ou ambas as extremidades do tubo plano 1910.

Em qualquer caso e ainda em outras modalidades, interrupções entre os conjuntos de aletas 1959 podem prover porções do tubo plano expostas 1910 que podem ser úteis para outros processos de corte ou de separação do tubo entre os intervalos formados e/ou para perfuração ou outras operações realizadas no tubo plano 1910 nessas localizações. Assim sendo, as seções individuais de tubo com aletas formadas podem incluir um tubo plano 1910 e conjuntos de aletas 1959 localizados em um ou ambos os lados planos do tubo plano 1910.

Os tubos com aletas 1961 produzidos de acordo com a presente invenção podem ser incorporados em uma ampla variedade de trocadores de calor de qualquer maneira

desejada. Em algumas modalidades, contudo, características únicas de trocador de calor e recursos de montagem de trocador de calor foram identificados pelos inventores. Por exemplo, o trocador de calor 1963 ilustrado nas FIG. 61, 62, e 66 pode incluir tubos com aletas conforme descrito acima, onde um conjunto de aletas 1959 de um tubo com aletas 1961 é posicionado próximo a um outro conjunto de aletas 1959 de um tubo com aletas adjacente 1961. A FIG. 62 (a qual é uma vista explodida de um bloco ou núcleo de tubo e aleta 1965) ilustra quatro tubos com aletas 1961 de um núcleo de aleta 1965. O número de tubos com aletas 1961 pode ser determinado, pelo menos em parte, com base na aplicação do trocador de calor. Assim sendo, o arranjo de tubo com aletas descrito acima pode ser repetido tantas vezes quanto desejado para a definição do núcleo 1965 de tubos com aletas 1961. Um núcleo 1965 como esse pode ser montado e, então, adaptado com um ou mais tanques de coleta 1967. Em particular, as extremidades dos tubos planos 1910 do núcleo 1965 podem ser livres e podem se encaixar tanques de coleta 1967 (por exemplo, recebidos em respectivas fendas ou aberturas nos tanques de coleta 1967 ou conectadas em comunicação de fluido com o interior dos tanques de coleta 1967 de qualquer outra maneira adequada) para serem presas e seladas a ele usando-se qualquer adesivo ou selante adequado. Por exemplo, a FIG. 62 inclui setas indicando a direção geral para montagem dos tanques de coleta 1967 no núcleo 1965 de tubos com aletas 1959.

Conforme descrito acima, tubos com aletas podem ser dispostos em um trocador de calor de modo que um conjunto de aletas 1959 de um tubo com aletas 1961 seja posicionado

próximo de um outro conjunto de aletas 1959 de um tubo com aletas adjacente 1961. Estes conjuntos de aletas 1959 podem estar em contato uns com os outros. Em algumas modalidades de trocador de calor empregando este arranjo de tubos com aletas 1961, há uma zona neutra desta estrutura, a qual não participa na troca de calor, porque a temperatura dos tubos com aletas 1959 na zona neutra é substancialmente similar, ou em algumas modalidades é mesmo a mesma. Dependendo do número de tubos com aletas 1961 dispostos desta maneira, qualquer número dessas zonas neutras pode existir em um núcleo 1965 entre conjuntos de aleta adjacentes 1959.

Como resultado, quando da montagem de um trocador de calor 1963 a partir de vários tubos com aletas 1961 nestas e em outras modalidades, é possível afixar um conjunto de aletas em um tubo com aletas 1961 às aletas 1959 de um outro tubo com aletas adjacente 1961, desse modo se possibilitando que um núcleo de trocador de calor 1965 tendo uma construção como essa de tubo com aletas seja manipulado como uma unidade estrutural única. Em trocadores de calor relativamente grandes, uma vantagem de junção dos conjuntos de aletas adjacentes 1959 desta maneira é que vibrações ou oscilações (e ruído gerado desse modo) entre tubos com aletas adjacentes 1961 podem ser suprimidas. A afixação de tubos com aletas adjacentes 1959 conforme recém escrito pode ser obtida, em algumas modalidades, por um material de ligação (por exemplo, adesivo, soldagem com solda fraca, brasagem, soldagem, e similares) aplicado entre os conjuntos de aletas adjacentes 1959 de tubos com aletas adjacentes 1961, de modo que o núcleo de trocador de calor 1965 possa ser manipulado como uma unidade estrutural

única. Em outros casos, os conjuntos de aleta 1959 de tubos com aletas adjacentes 1961 podem ser unidos para a produção de núcleos de trocador de calor 1965 a partir desses tubos com aletas 1961. Por exemplo, em algumas modalidades, uma folha intermediária (por exemplo, uma folha de metal ou de outro material relativamente fino) pode estar localizada entre e unir os conjuntos de aleta adjacentes 1959. Em outras modalidades, um espaço de ar estreito pode existir entre os conjuntos de aleta adjacentes 1959 de tubos com aletas adjacentes 1961. Em outras palavras, um conjunto de aletas 1959 de um tubo com aletas 1961 pode ser "adjacente" a um conjunto de aletas 1959 de um outro tubo com aletas 1961 em um trocador de calor de acordo com algumas modalidades da presente invenção, mesmo sem uma camada de material ou elemento unindo os conjuntos de aletas 1959.

Uma vez que vários tubos com aletas 1961 tenham sido montados em um arranjo desejado, a montagem pode ser presa em conjunto de várias maneiras diferentes, tal como por soldagem com solda fraca, soldagem, e/ou brasagem. Em algumas modalidades, o processo de fabricação de um núcleo de tubo-aleta 1965 pode incluir o uso de tecnologia de brasagem de CAB. Núcleos de tubo-aleta 1965 conforme descrito aqui podem ser fabricados com consumo de energia relativamente reduzido. Naquelas modalidades em que os núcleos de tubo-aleta 1965 são construídos com tubos planos 1910 formados dos materiais em folha relativamente finos descritos aqui, os vários estágios de fixação dos tubos com aletas 1961 em conjunto (por exemplo, em um processo de brasagem de CAB) podem ser significativamente reduzidos. Por exemplo, a velocidade ou as velocidades de curso desses

núcleos de tubo-aleta 1965 através de zonas de temperatura diferente de um forno de brasagem de CAB podem ser significativamente aumentadas em relação àquelas necessárias para núcleos de tubo-aleta convencionais. Uma razão para esses processos de fixação mais rápidos é a espessura de parede relativamente baixa dos tubos planos 1910 (e também das aletas 1959), permitindo que as temperaturas de brasagem (ou temperatura elevadas necessárias para outros processos de fixação) sejam atingidas de forma significativamente mais rápida em casos em que materiais em folha mais espessos são brasados. As velocidades de transporte e/ou os tempos de exposição em vários estágios do processo de fabricação podem ser otimizados pelo ajuste seletivo de regulagens de temperatura, por exemplo, com base no uso desses materiais mais finos. Adicionalmente, o uso de suspensores adequados, acessórios ou dispositivos auxiliares no processo de fabricação pode ajudar a reduzir a oportunidade e/ou o grau de deformação de núcleo de tubo-aleta, tal como subseqüentemente à conclusão de um processo de brasagem para fixação do conjunto de tubo-aleta. Mais especificamente, uma expansão e uma contração dos núcleos de tubo-aleta 1965 ocorrendo durante um aquecimento e um resfriamento não precisam causar atrasos inaceitáveis.

Aspectos adicionais da presente invenção se referem ao uso de tubos planos mostrados aqui em trocadores de calor tendo um ou mais tanques usados para o estabelecimento de uma comunicação de fluido entre os canais de fluxo dos vários tubos planos e/ou para um suprimento de fluido ou uma conexão de saída do trocador de calor a um outro

equipamento. Estes aspectos da presente invenção são adaptados para os tubos planos mostrados aqui tendo os materiais de parede relativamente finos descritos acima (por exemplo, não maior do que em torno de 0,20 mm (0,007874 in) em algumas modalidades, e não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in) em outras modalidades). Contudo, os inventores descobriram que os aspectos da presente invenção descritos em maiores detalhes abaixo podem ser utilizados em aplicações em que os tubos planos construídos de materiais mais espessos são usados. Portanto, os vários aspectos da presente invenção descritos abaixo se aplicam a trocadores de calor tendo outros tipos de tubos planos, incluindo qualquer um dos tubos planos descritos e/ou ilustrados aqui.

Conforme explicado em maiores detalhes abaixo, os tubos de trocador de calor e outras porções de trocadores de calor descritos aqui podem se fabricados usando-se várias técnicas e processos de fabricação e podem incluir recursos de proteção contra corrosão, tais como, por exemplo, aquelas técnicas e os processos descritos abaixo e ilustrados nas FIG. 92-95. Vários processos de fabricação e técnicas e os recursos de proteção contra corrosão referenciados aqui adiante são particularmente vantajosos quando aplicados a tubos de trocador de calor e porções de trocadores de calor tendo espessura de material significativamente reduzida. Além disso, essas técnicas, processos e recursos de proteção contra corrosão provêem vantagens significativas em relação à performance geral de tubos planos e trocadores de calor feitos a partir desse material.

Conforme descrito acima, os tubos planos descritos e ilustrados aqui podem ser usados em conjunto com trocadores de calor tendo um ou mais tanques, coletores, e outros fechamentos de fluido adaptados para o estabelecimento de uma comunicação de fluido entre os tubos planos e/ou entre os tubos planos e um suprimento de fluido ou uma saída dos tanques. Esses tanques são coletivamente referidos aqui como "tanques de coleta" para facilidade de descrição, sendo entendido que esses tanques podem realizar outras funções, podem ser maiores ou menores e podem ter qualquer outro formato desejado, enquanto ainda incorporam aspectos da presente invenção descritos abaixo.

Uma modalidade de um tanque de coleta de acordo com a presente invenção é ilustrada nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77, e é indicada geralmente pelo número de referência 4467. Embora o trocador de calor 4463 ilustrado na FIG. 77 seja mostrado com dois tanques de coleta 4467, deve ser notado que qualquer número de tanques de coleta 4467 possa ser empregado em vários trocadores de calor possíveis, incluindo um único tanque de coleta 4467 e mais de dois tanques de coleta 4467. Ambos os tanques de coleta 4467 mostrados na FIG. 77 têm substancialmente os mesmos recursos e são conectados ao tubo plano 4410 substancialmente da mesma forma como descrito abaixo e ilustrado nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77.

O tanque de coleta 4467 pode ser construído a partir de qualquer número de partes diferentes. Por exemplo, o tanque de coleta 4467 ilustrado nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77 é formato a partir de um corpo unitário único, tal como por moldagem por injeção ou por um outro processo adequado.

Nesta e em outras modalidades, pelo menos uma fileira de aberturas de recebimento 4479 (descritas em maiores detalhes abaixo) é integralmente formada com o tanque de coleta 4467. Em outras construções, tal como a modalidade de tanque de coleta ilustrada nas FIG. 72-75 e descritas abaixo, o tanque de coleta é formado a partir de duas ou mais peças separadas por moldagem por injeção ou de qualquer outra maneira adequada e conectadas em conjunto, e tendo pelo menos uma fileira de aberturas de recebimento em uma ou mais das peças. Nessas modalidades, por exemplo, o tanque de coleta 4467 pode ter uma ou mais paredes nas quais as aberturas de recebimento 4479 são definidas, e uma ou mais outras paredes definidas por partes separadas do tanque de coleta 4467, de modo que as outras paredes possam ser montadas em um estágio posterior àquele no qual tubos planos 4410 são recebidos nas aberturas de recebimento 4479.

O tanque de coleta ilustrado 4467 inclui uma série de aberturas de recebimento 4479 ao longo de uma superfície do mesmo. Cada abertura de recebimento 4479 é circundada por uma parede integralmente formada com pelo menos uma porção do tanque de coleta 4467 e conformada para receber uma extremidade livre correspondente 4477 de um tubo plano 4410. Os tubos planos 4410 podem assumir qualquer uma das formas descritas aqui, e podem ser cortados em um comprimento especificado pelos parâmetros desejados do tubo plano 4410 ou uma aplicação correspondente. Com referência às FIG. 70, 7A, e 71, parte do processo de fabricação um trocador de calor 4463 inclui a colocação de extremidades livres 4477 de tubos planos 4410 (de acordo com qualquer

uma das modalidades descritas aqui) em aberturas de recebimento 4479 do tanque de coleta 4467. Em algumas modalidades, este processo pode ser realizado ao se empurrar o tanque de coleta 4467 sobre as extremidades livres de tubo plano 4477 de uma maneira similar àquela mostrada esquematicamente na FIG. 62. Alternativamente, as extremidades livres 4477 dos tubos planos 4410 podem ser empurradas para as aberturas de recebimento 4479, ou os tubos planos 4410 e o tanque de coleta 4467 podem ser movidos uns em direção aos outros e empurrados em conjunto para o estabelecimento destas conexões.

Em algumas modalidades, os tubos planos 4410 conectados ao tanque de coleta 4467 podem ter um ou mais conjuntos de aletas 4459 (veja a FIG. 77) de acordo com qualquer uma das modalidades descritas aqui. A título de exemplo apenas, tubos com aletas 4461 já montados e brasados em etapas de fabricação a montante (tais como aquelas descritas acima) podem ter aletas 4559 com espessuras de parede de em torno de 0,030 - 0,090 mm (0,0011811 - 0,0035423 in.), e subseqüentemente podem ser presos a um tanque de coleta 4467. Por exemplo, extremidades livres projetadas 4477 de tubos planos individuais 4410 com aletas 4459 já brasadas a eles ou desses tubos com aletas 4461 já montados e brasados em um bloco ou núcleo 4465 podem permanecer livres durante uma brasagem (por exemplo, enquanto em um forno de brasagem), e, portanto, não têm aletas 4559 para interferirem com sua inserção posterior em aberturas de recebimento 4479 de um tanque de coleta 4467. Ambas as extremidades dos tubos planos 4410 em qualquer modalidade como essa podem se

projetar e serem livres, exatamente conforme descrito para conexão a tanques de coleta opostos 4467.

Naquelas modalidades em que o núcleo 4465 é conectado conforme recém descrito, o núcleo 4465 pode ser formado a partir de tubos planos 4410 e conjuntos de aletas 4459 pelo empilhamento alternado dos tubos planos 4410 e conjuntos de aletas 4459. Um exemplo de uma construção de núcleo como essa é ilustrado na FIG. 77, a qual mostra um tubo plano-núcleo de aleta brasado 4465 tendo dois tanques de coleta 4467 cada um com uma janela para conexão a um outro equipamento, onde ar de arrefecimento flui através das aletas 4459 para arrefecimento de um fluido dentro dos tubos planos 4410. O trocador de calor 4463 ilustrado na FIG. 77 é apenas um dos muitos tipos possíveis de trocadores de calor aos quais um ou mais dos tanques de coleta 4467 podem ser conectados. A título de exemplo apenas, qualquer um dos tanques de coleta ilustrados 4467 pode ser um tanque de reversão, de modo que ambas as janelas de entrada e de saída sejam dispostas no mesmo tanque de coleta 4467.

Os tubos planos 4410 (com ou sem aletas conectadas a eles, conforme descrito em modalidades anteriores acima) podem ser individualmente inseridos em respectivas aberturas de recebimento 4479 de um tanque de coleta 4467. Contudo, vantagens significativas podem ser obtidas pela inserção de dois ou mais dos tubos planos 4410, e em alguns casos todos os tubos planos 4410 de um núcleo 4465, em suas respectivas aberturas de recebimento 4479 ao mesmo tempo ou substancialmente ao mesmo tempo, como em uma etapa única. Este processo pode ser realizado quando dois ou mais dos

tubos planos are 4410 já estão conectados em conjunto, tal como por um processo de brasagem ou outros processos de afixação (incluindo aqueles descritos aqui) para a definição de um núcleo de trocador de calor de tubo plano inteiro 4465 ou de uma porção do mesmo. Um processo como esse pode tornar possível o uso de um número maior de materiais de tanque de coleta. Contudo, dependendo, pelo menos em parte, do material usado para o tanque de coleta 4467 e do processo usado para a fixação das aletas 4459 aos tubos planos 4410, em algumas modalidades é desejável introduzir as extremidades livres 4477 dos tubos planos 4410 em respectivas aberturas de recebimento 4479 do tanque de coleta 4467 subseqüentemente a um resfriamento pós-brasagem do núcleo de tubo-aleta 4465.

Muitos processos de fabricação de trocador de calor requerem a exposição dos tubos e do tanque de coleta a temperaturas elevadas para soldagem com solda fraca, soldagem, brasagem, e outros processos de afixação, tal como o recebimento dos tubos planos e do tanque de coleta em um forno ou um outro ambiente aquecido para a junção dos tubos planos ao tanque de coleta. Esses processos, portanto, impedem o uso de muitos materiais de tanque de coleta - pelo menos aqueles materiais usados para as partes dos tanques de coleta definindo as localizações de conexão para os tubos planos (por exemplo, a parede ou paredes do tanque de coleta definindo as aberturas de recebimento). Portanto, estas partes de tanques de coleta tipicamente são compreendidas por metal. Pela conexão do o tanque de coleta a dois ou mais tubos planos que já foram soldados com solda fraca, soldados, brasados ou já conectados em conjunto de

outra forma, conforme descrito acima, um plástico ou outros materiais de temperatura mais baixa podem ser usados para muitas partes, para todo ou substancialmente todo o tanque de coleta 4467. Por exemplo, a parte ou partes do tanque de coleta 4467 definindo as aberturas de recebimento 4479 podem compreender um plástico. O tanque de coleta inteiro 4467 na modalidade ilustrada das FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77 é fabricado a partir de um material de plástico, embora outros materiais possam ser usados em outras modalidades. Naquelas modalidades em que parte ou todo o tanque de coleta 4467 compreende um plástico, essas partes podem ser fabricadas por moldagem por injeção, por exemplo.

Com referência, de novo, às FIG. 70 e 71, as aberturas de recebimento 4479 do tanque de coleta 4467 mostrado aqui têm superfícies curvas 4481 para ajudarem na inserção das extremidades de tubo plano 4477. Em outras modalidades, outros formatos (por exemplo, superfícies inclinadas planas, superfícies de canto perpendicular, e similares) são usadas, ao invés disso.

Quando plenamente inserido em respectivas aberturas de recebimento 4479, as extremidades de tubo plano 4477 atingem respectivas localizações abaixo da superfície interna 4483 do tanque de coleta 4467, conforme mais bem mostrado na FIG. 71, desse modo se evitando uma perda de pressão indesejável criada pelas extremidades de tubo plano 4477 durante uma operação do trocador de calor 4463.

Na modalidade ilustrada das FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77, as aberturas de recebimento 4479 do tanque de coleta 4467 são conformadas para a definição de uma porção traseira 4485 (com referência à direção de inserção de tubo

plano nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77) que é substancialmente a mesma que o formato de seção transversal das extremidades de tubo plano 4477. Embora a porção traseira 4485 de cada abertura de recebimento 4479 possa ser dimensionada para a definição de um ajuste com folga com uma extremidade de tubo plano 4477, em outras modalidades (tais como aquelas mostradas nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77) um ajuste com interferência é usado. Naquelas modalidades em que um ajuste com interferência é empregado, uma ligeira pressão exercida sobre o tanque de coleta 4467 e/ou no tubo plano 4410 para a inserção plena da extremidade de tubo plano 4477 na porção traseira 4485 da abertura de recebimento 4479, desse modo se provendo um selo entre o tanque de coleta 4467 e a extremidade de tubo plano 4477 que pode ser estanque a fluido ou substancialmente estanque a fluido.

Em algumas modalidades, um recurso do tanque de coleta 4467 e/ou das extremidades de tubo plano 4477 é usado para controle ou limitação da quantidade de inserção das extremidades de tubo plano 4477 nas aberturas de recebimento 4479. Por exemplo, um batente (não mostrado nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77, mas visível na FIG. 80, indicado pelo número de referência 4675) pode ser formado sobre a extremidade de tubo plano 4477 e/ou na superfície interna da abertura de recebimento 4479 para limitação da profundidade de inserção da extremidade de tubo plano 4477.

Em outras modalidades, uma ou mais das extremidades de tubo plano 4477 podem se estender através de uma abertura de recebimento correspondente 4479 e para uma câmara interna 4487 do tanque de coleta 4467. Nessas modalidades,

a extremidade de tubo plano 4477 pode ser deformada de qualquer maneira, tal como ao ser flexionada sobre as superfícies das paredes de câmara interna 4483 adjacentes à abertura de recebimento 4479 para combinarem, pelo menos parcialmente, com o formato dessas superfícies.

Na modalidade ilustrada das FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77, um adesivo 4489 é usado para fixação das extremidades de tubo plano 4477 dentro das aberturas de recebimento 4479 (veja a FIG. 71) do tanque de coleta 4467. Vários adesivos diferentes podem ser usados, incluindo aqueles que endurecem imediatamente ou ao longo do tempo, e aqueles que retêm um grau de flexibilidade após a fixação. Por exemplo, adesivos de silicone produzidos pela Dow Corning® podem ser usados em muitas modalidades. Em algumas modalidades, o adesivo 4489 assegura uma junta permanente e firme entre as extremidades de tubo plano 4477 e as superfícies internas das aberturas de recebimento 4479.

O adesivo 4489 ainda podem funcionar como um selante para prevenirem uma perda de fluido a partir do tanque de coleta 4467. Em outras modalidades, as extremidades de tubo plano 4477 são suficientemente presas dentro das aberturas de recebimento 4479 por sua inserção nas porções traseiras 4485 das aberturas de recebimento 4479, em cujos casos um selante não tendo ou substancialmente não tendo propriedades adesivas pode ser usado, no lugar de um adesivo 4489. Para facilidade de descrição, o termo "adesivo" com referência às conexões de tubo plano em tanque de coleta se refere a um adesivo que pode ou não funcionar como um selante, sendo entendido que em outras modalidades esse material pode funcionar, ao invés disso,

apenas ou primariamente como um selante.

Conforme mais bem mostrado na FIG. 71, o adesivo 4489 pode cobrir substancialmente uma porção significativa da extremidade de tubo plano 4477, e em algumas modalidades circunda a periferia inteira da extremidade de tubo plano 4477 em pelo menos uma localização ao longo do comprimento do mesmo. Na modalidade ilustrada das FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77, uma porção terminal da extremidade de tubo plano 4477 não é coberta com um adesivo 4489, devido a sua localização dentro da porção traseira 4485 da abertura de recebimento 4479. Em virtude do ajuste relativamente próximo entre as porções traseiras 4485 das aberturas de recebimento 4479 e as extremidades de tubo plano 4477 conforme descrito acima, um fluido passando através do tanque de coleta 4467 (por exemplo, um arrefecedor líquido ou um outro fluido usado como um meio de troca de calor) pode ser impedido de entrar em contato com o adesivo 4489.

O adesivo 4489 pode ser introduzido entre as extremidades de tubo plano 4477 e as superfícies internas das aberturas de recebimento 4479 de várias maneiras diferentes, de acordo com várias modalidades da presente invenção, muitas das quais incluindo a introdução de adesivo 4489 depois de ou enquanto as extremidades de tubo plano 4477 são recebidas em suas respectivas aberturas de recebimento 4479. Antes de uma descrição adicional dessas modalidades, deve ser notado que o adesivo 4489 pode ser aplicado ao interior das aberturas de recebimento 4479 e/ou ao exterior das extremidades de tubo plano 4477 de qualquer maneira (por exemplo, por aspersão, rolo ou outro aplicador, e similares) antes da inserção das extremidades

de tubo plano 4477 dentro das aberturas de recebimento 4479.

Uma introdução de adesivo 4489 entre as extremidades de tubo plano 4477 e superfícies internas das aberturas de recebimento 4479 durante ou após a inserção de extremidade de tubo pode prover maior controle sobre a quantidade e/ou as localizações resultantes adesivo 4489 no trocador de calor acabado 4463, e podem resultar em uma conexão mais confiável e/ou selos entre as extremidades de tubo plano 4477 e o tanque de coleta 4467.

De modo a prover espaço para que o adesivo 4489 seja introduzido entre as extremidades de tubo plano 4477 e as superfícies internas das aberturas de recebimento 4479, as aberturas de recebimento 4479 e/ou extremidades de tubo plano 4477 podem ser conformada para a definição de um ou mais espaços 4493 entre elas. Para facilidade de descrição, o termo "espaço" (quando usado aqui para se referir ao espaço em que o adesivo 4489 é recebido conforme descrito aqui) se refere a um ou mais desses espaços, independentemente de uma localização periférica em particular em torno da extremidade de tubo plano 4477 e independentemente de dois ou mais desses espaços para a mesma extremidade de tubo plano 4477 estarem em comunicação de fluido uns com os outros.

Em algumas modalidades, o espaço 4493 entre a extremidade de tubo plano 4477 e a superfície interna adjacente definindo a abertura de recebimento 4479 pode ter uma largura de pelo menos em torno de 0,3 mm (0,011811 in) para permitir uma injeção de adesivo apropriada (descrita abaixo). Também, através de experimentação, os inventores

descobriram que esta largura de espaço não maior do que em torno de 1,0 mm (0,03937 in) provê bons resultados de performance. Várias considerações podem definir, pelo menos parcialmente, o tamanho do espaço 4493, de modo que a quantidade de adesivo necessária, as características do o adesivo (por exemplo, viscosidade e tempo de fixação), e limitações quanto à distância entre tubos planos adjacentes 4410. Uma outra consideração se refere à necessidade, em algumas modalidades de o tanque de coleta 4467 ter uma espessura ou profundidade que seja minimizada. Por exemplo, em algumas modalidades o tanque de coleta 4467 se sobressai do núcleo de tubo plano 4465 por uma quantidade mínima, de modo a se reduzir a quantidade de espaço perdido pelo trocador de calor 4463 em um veículo.

Em algumas construções, os tanques de coleta 4467 não têm nenhuma parte sobressaída na direção da profundidade do o núcleo de tubo-aleta 4465 para se evitar a perda do espaço disponível requerido para a instalação de um trocador de calor 4463 em um veículo. Por exemplo, na modalidade ilustrada das FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77, e com referência em particular à FIG. 76, uma extremidade não deformada de tubo plano 4477 requer uma parte sobressaída mínima ou substancialmente nenhuma do tanque de coleta 4467 diante do tubo plano-núcleo de aleta 4465, o que se dirige à necessidade de uma exigência de espaço reduzido do trocador de calor 4463. Em algumas modalidades, a parte sobressaída também pode ser reduzida (por exemplo, da ordem de uns poucos milímetros) quando o processo de fabricação do trocador de calor 4463 incluir o uso de extremidades deformadas de tubo plano 4477 (descrito abaixo).

Em algumas modalidades, o adesivo 4489 é introduzido por injeção através de uma ou mais aberturas no tanque de coleta 4467 ou através de um ou mais espaços entre as extremidades de tubo plano 4477 e o tanque de coleta 4467 acessíveis a partir do exterior do tanque de coleta 4467 e tubos planos 4410, uma vez que essas partes sejam montadas, pelo menos parcialmente. Por exemplo, o tanque de coleta 4467 ilustrado nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77 tem várias aberturas de injeção 4491, cada uma se estendendo através da parede 4495 do tanque de coleta 4467 para um espaço 4493 definido entre a extremidade de tubo plano 4477 e uma ou mais paredes definindo a abertura de recebimento 4479.

Essas aberturas de injeção 4491 podem estar localizadas em um ou ambos os lados longitudinais do tanque de coleta 4467. Também, mais de uma abertura de injeção 4491 pode se estender até a mesma abertura de recebimento 4479. Nesses casos, o adesivo 4489 pode ser injetado simultaneamente na mesma abertura de recebimento 4479, tal como através de duas aberturas de injeção 4491 lados longitudinais opostos do tanque de coleta 4467. Um adesivo também pode ser injetado no espaço 4493 correspondente a cada tubo plano 4410 um de cada vez, em bancos de espaços 4493 (correspondendo a respectivos tubos planos 4410) ao mesmo tempo ou substancialmente ao mesmo tempo em todos os espaços 4493 de um núcleo 4465 ao mesmo tempo ou substancialmente ao mesmo tempo. Em algumas modalidades, o adesivo 4489 reveste a periferia inteira de cada extremidade de tubo plano 4477, e/ou pode preencher o espaço 4493 entre a extremidade de tubo plano 4477 e as paredes adjacentes definindo a abertura de recebimento

4479. Também, em algumas modalidades (por exemplo, naquelas das FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77) as extremidades terminais dos tubos planos 4410 podem ser deixadas não revestidas com um adesivo 4489.

Uma maneira alternativa pela qual se introduz adesivo entre a extremidade de tubo plano 4477 e paredes internas das aberturas de recebimento 4479 é injetar adesivo através de uma abertura de fundo ou espaço 4497 entre estas partes e em comunicação de fluido com o espaço 4493 descrito acima. Este tipo de introdução de adesivo pode ser usado além de ou no lugar de uma injeção através de aberturas de injeção 4491 conforme também descrito acima, e pode eliminar a necessidade das aberturas de injeção 4491.

A FIG. 84 é um diagrama de blocos que descreve um processo de fabricação de um trocador de calor 4463 de acordo com uma modalidade da presente invenção, e referenciando estações ou etapas de fabricação, e é acompanhado por uma vista esquemática de um trocador de calor 4463 sendo fabricado por este processo. O termo "estação" é usado aqui apenas para facilidade de descrição, e sozinho não indica ou implica que haja uma separação física entre essas "estações" na linha de fabricação. Por exemplo, os tanques de coleta 4467 podem estar colocados nas extremidades livres de tubo plano 4477 (Estação III) na mesma localização ou em uma diferente do processo de aplicação do adesivo 4489 (Estação IV).

As FIG. 72 a 75 ilustram um tanque de coleta 4467 de acordo com uma modalidade adicional da presente invenção. Esta modalidade emprega muito da mesma estrutura e tem muitas das mesmas propriedades que as modalidades do tanque

de coleta 4467 descritas acima em relação às FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77. Assim sendo, uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77 quanto a uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos, e possíveis alternativas para a estrutura e os recursos do tanque de coleta ilustrados nas FIG. 72-75 e descritos abaixo. A estrutura e os recursos da modalidade mostrada nas FIG. 72-75 que correspondem à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77 são designados aqui adiante na série 4500 series de números de referência.

Como o tanque de coleta 4467 ilustrado nas FIG. 70, 70A, 71, 76, e 77, o tanque de coleta 4567 mostrado nas FIG. 72-75 tem uma câmara interna 4587 para comunicação de fluido com tubos planos 4510, várias aberturas de recebimento 4579 cada uma tendo a porção traseira 4585 para recebimento das extremidades 4577 de tubos planos 4510, e várias aberturas de injeções 4591 ao longo dos lados longitudinais (apenas uma visível na FIG. 72-75) do tanque de coleta 4567. A FIG. 75 provê detalhes adicionais com referência às aberturas de recebimento 4579, incluindo as porções traseiras 4585 usadas para o recebimento e o suporte das extremidades 4577 dos tubos planos 4510 (não mostrados nas FIG. 75), e as aberturas de injeção 4591 em comunicação de fluido com as aberturas de recebimento 4579.

Os tubos planos 4510 recebidos através das aberturas de recebimento 4579 definem espaços correspondentes 4593 entre as superfícies internas das aberturas de recebimento 4579 e as extremidades de tubo plano 4577. Com referência em particular à FIG. 73, os canais de fluxo 4516 de cada

tubo plano 4510 em uma respectiva abertura de recebimento 4579 estão em conexão de fluido com a câmara interna 4587 do tanque de coleta 4567. A FIG. 73 também ilustra as conexões entre as aberturas de injeção 4591 e as aberturas de recebimento 4579 para injeção de adesivo 4589 (não mostrado) no espaço 4593 conforme descrito acima.

Conforme mais bem mostrado na FIG. 74, a entrada das aberturas de recebimento 4579 pode ser fechada ou substancialmente fechada por um ou mais lados de cada extremidade de tubo plano 4477 por paredes de entrada paredes de entrada 4599 (não mostradas na FIG. 75). As paredes de entrada 4599 podem ser definidas por um ou mais elementos do tanque de coleta 4567, tal como por uma placa na qual são definidas múltiplas aberturas que definem a entrada de cada abertura de recebimento 4579, quando a placa for instalada com as múltiplas aberturas alinhadas com as aberturas de recebimento 4579. Alternativamente, as paredes de entrada 4499 podem ser definidas por extremidades terminais da abertura de recebimento paredes que foram aumentadas, afuniladas, flexionadas ou conformadas de outra forma para fecharem pelo menos parcialmente os espaços 4593 descritos acima. Em algumas modalidades, as paredes de entrada 4599 são conformadas para combinarem ou combinarem substancialmente com o formato de seção transversal das extremidades de tubo plano 4577 recebidas ali. Também, as paredes de entrada 4599 podem ser dimensionadas para definirem um ajuste com folga com a extremidade de tubo plano 4577, ou, ao invés disso, podem definir um ajuste com interferência, de modo que uma pressão ligeira possa ser exercida sobre o tanque de coleta

4567 e/ou sobre os tubos planos 4510 para se empurrarem os tubos planos 4510 diante das paredes de entrada 4599 e para o restante das aberturas de recebimento 4579. Desta maneira, selos nas entradas das aberturas de recebimento 4579 podem ser providos entre o tanque de coleta 4567 e as extremidades de tubo plano 4577. Estes selos podem ser estanques a fluido ou substancialmente estanques a fluido, em algumas modalidades, e podem impedir um vazamento de adesivo durante uma injeção de adesivo, em algumas modalidades.

Deve ser notado que a construção do tanque de coleta 4567 ilustrado nas FIG. 72 a 75 (e nas outras figures) é apenas de exemplo e não é limitante para o escopo da presente invenção.

Em algumas modalidades, as extremidades de tubo plano 4477, 4577 podem ser deformadas. Por exemplo, as extremidades de tubo plano 4477, 4577 podem ser deformadas de modo que o diâmetro grande D do tubo plano 4410, 4510 seja aumentado e o diâmetro pequeno d do tubo plano 4410, 4510 seja diminuído nas extremidades de tubo plano 4477, 4577. Considerando a espessura relativamente pequena de parede dos tubos planos 4410, 4510 em algumas modalidades, essa deformação pode ser realizada sem uma carga significativa sobre as paredes do tubo plano 4410, 4510. Em algumas modalidades, as dimensões da periferia da extremidade não deformada de tubo plano 4477, 4577 permanecem substancialmente as mesmas que aquelas da extremidade deformada de tubo plano 4477, 4577. Como resultado, as paredes do tubo plano 4410, 4510 nessas modalidades não sofrem uma expansão ou uma contração

significativa.

Em algumas modalidades em que as extremidades de tubo plano 4477, 4577 são deformadas, essa deformação pode ser realizada antes da introdução das extremidades de tubo plano 4477, 4577 nas aberturas de recebimento correspondentes 4479, 4579 do tanque de coleta 4467, 4567. Os exemplos de conexão de tubo plano a tanque de coleta em que as extremidades de tubo plano foram deformadas serão descritos, agora, em relação às FIG. 78 a 83.

As FIG. 78 a 83 ilustram conexões de tubo plano a tanque de coleta de acordo com três modalidades adicionais da presente invenção. Estas modalidades empregam muito da mesma estrutura e têm muitas das mesmas propriedades que as modalidades de conexão de tubo plano a tanque de coleta descritas acima em relação às FIG. 70-77. Assim sendo, a descrição a seguir se concentra primariamente na estrutura e nos recursos que são diferentes das modalidades descritas acima em relação às FIG. 70-77. Uma referência deve ser feita à descrição acima em relação às FIG. 70-77 quanto a uma informação adicional referente à estrutura e aos recursos, e possíveis alternativas para a estrutura e os recursos das modalidades de conexão ilustradas nas FIG. 78-83 e descritas abaixo. A estrutura e os recursos das modalidades mostradas nas FIG. 78 a 83 que correspondem à estrutura e aos recursos das modalidades das FIG. 70-77 são designados aqui adiante na série 4600, 4700, e 4800 series de números de referência, respectivamente.

Em cada uma das modalidades ilustradas nas FIG. 78 a 84, as extremidades de tubo plano 4677, 4777, 4877 são deformadas, com os tanques de coleta 4667, 4767, 4867 tendo

aberturas de recebimento conformadas de modo correspondente 4679, 4779, 4879. Uma deformação das extremidades de tubo plano 4677, 4777, 4877 mostradas nas FIG. 78 a 84 foi realizada após a conclusão do processo de brasagem (Estação II na FIG. 84) - antes da colocação das extremidades de tubo plano 4677, 4777, 4877 nas aberturas de recebimento 4679, 4779, 4879.

Na modalidade das FIG. 78 a 80, cada tubo plano 4610 tem uma extremidade 4677 que é recebida firmemente em uma porção traseira correspondente 4685 da abertura de recebimento 4679. Nesta modalidade, os lados largos 4622, 4624 de cada tubo plano 4610 foram expandidos (isto é, flexionados para longe um do outro) para a definição de uma extremidade afunilada de tubo plano 4677, ao passo que os lados estreitos 4618, 4620 foram comprimidos (isto é, flexionados um em direção ao outro). Também, cada abertura de recebimento 4679 também tem batentes 4675 (veja a FIG. 80) para limitação da inserção dos tubos planos 4610 para uma distância desejada.

Como a modalidade das FIG. 78 a 80, nas modalidades das FIG. 81 a 83, os lados largos 4722, 4724, 4822, 4824 de cada tubo plano 4710, 4810 foram expandidas para a definição de uma extremidade afunilada de tubo plano 4777, 4877, ao passo que os lados estreitos 4718, 4720, 4818, 4820 foram comprimidos. Contudo, aquela parte do tanque de coleta 4767, 4867 definindo as aberturas de recebimento 4779, 4879 tem uma ou mais fendas 4773, 4873 que se estendem ao lado de pelo menos uma porção das aberturas de recebimento 4779, 4879, e em algumas modalidades se estendendo em torno da abertura de recebimento 4779, 4879.

Em qualquer caso, as fendas 4773, 4873 são posicionadas e dimensionadas para receberem as extremidades livres 4777, 4877 dos tubos planos 4710, 4810. As fendas 4773, 4873 também funcionam como batentes para limitação da profundidade de inserção das extremidades de tubo plano 4777, 4877.

Seguindo-se à inserção das extremidades de tubo plano 4777, 4877 nas aberturas de recebimento 4779, 4879 e fendas 4773, 4873, adesivo 4789, 4889 (não mostrado) pode ser injetado nos espaços 4793, 4893 entre as extremidades de tubo plano 4777, 4877 e as superfícies internas das aberturas de recebimento 4779, 4879. Esta injeção pode ser realizada de qualquer uma das maneiras descritas aqui, e é realizada pela injeção nas aberturas de injeção 4791, 4891 nas modalidades ilustradas das FIG. 81-83 a título de exemplo. Em algumas modalidades, incluindo aquelas nas quais as extremidades deformadas de tubo plano são utilizadas, uma ou mais inserções 4771 podem ser colocadas entre as extremidades de tubo plano 4777 para ajudarem a evitar uma deformação das extremidades de tubo plano 4777 quando as extremidades de tubo plano 4777 forem expostas às cargas de pressão interna. Por exemplo, dobras internas formadas na modalidade das FIG. 1-5 podem ser protegidas de uma deformação quando expostas a pressões internas pelo uso dessas inserções 4771. Na modalidade ilustrada da FIG. 81 e 83, por exemplo, as inserções 4771 têm um formato de seção transversal geralmente trapezoidal, embora qualquer outro formato de seção transversal possa ser usado, dependendo, pelo menos em parte dos formatos adjacentes das extremidades de tubo plano 4777. As inserções 4771 podem

ser introduzidas para suas posições adjacentes às extremidades de tubo plano 4777, antes ou depois da aplicação do adesivo 4789 (por exemplo, após a Estação III, ou antes da ou após a Estação IV na FIG. 84).

Se usadas, as inserções 4771 podem ser fabricadas a partir de qualquer material, incluindo sem limitação plástico ou metal, podem ser sólidas ou ocas e, em algumas modalidades, podem ser definidas por uma massa facilmente deformável ou fluível que, mais tarde, é endurecida. Também, múltiplas inserções 4771 podem ser conectadas antes de e durante uma inserção, tal como uma barra comum ou trilho para a definição de um formato tipo de pente (não mostrado). Este tipo de inserção, tal como por uma barra ou trilho comum, pode permitir que duas ou mais e, em algumas modalidades, todas as inserções 4771 sejam feitas em uma etapa. Em algumas modalidades, as conexões entre a barra ou trilho comum e as inserções 4771 é frangível, permitindo que a barra ou trilho comum seja removido subseqüentemente à inserção das inserções 4771.

Para se permitir a inserção das inserções 4771 em localizações desejadas entre extremidades adjacentes de tubo plano 4777, uma ou ambas as paredes longitudinais opostas 4795 do tanque de coleta 4767 podem ter aberturas (veja a FIG. 83, por exemplo) alinhadas com essas localizações e dimensionadas para permitir a inserção das inserções 4771. Nesse sentido, deve ser notado que as inserções 4771 não precisam necessariamente ocupar o espaço inteiro entre extremidades adjacentes de tubo plano 4777, e precisam ocupar apenas um espaço suficiente entre as extremidades de tubo plano 4777 para suporte das

extremidades sob pressão, conforme necessário.

Deve ser notado que as maneiras variadas de introdução de adesivo em localizações entre as extremidades de tubo plano 4477, 4577, 4677, 4777, 4877 e as superfícies internas das aberturas de recebimento 4479, 4579, 4679, 4779, 4879 descritas aqui podem ser utilizadas, independentemente de as extremidades de tubo plano 4477, 4577, 4677, 4877 serem deformadas ou não deformadas.

Em algumas modalidades da presente invenção, o tanque de coleta 4467, 4567, 4667, 4767, 4867 pode incluir paredes de enrijecimento 4469, 4569, 4669, 4769, 4869 se estendendo entre e/ou pelo menos parcialmente definindo paredes das aberturas de recebimento 4469, 4569, 4679, 4779, 4879 do tanque de coleta 4467, 4567, 4667, 4677, 4877. Estas paredes de enrijecimento 4469, 4569, 4669, 4769, 4869 podem ser usadas para enrijecimento de partes do tanque de coleta 4467, 4567, 4667, 4767, 4867 conforme necessário, e não são visíveis em todas as modalidades ilustradas de tanque de coleta. Por exemplo, uma ou mais paredes de enrijecimento 4669, 4769, 4869 podem se estender na direção transversal do tanque de coleta 4667, 4767, 4867 (por exemplo, conectando as paredes longitudinais opostas 4695, 4795, 4895 do tanque de coleta 4667, 4767, 4867), e podem prover resistência e/ou rigidez adicional ao tanque de coleta 4667, 4767, 4867. As paredes de enrijecimento 4669, 4769, 4869 podem ser formadas de qualquer maneira, e podem ser integrais com o tanque de coleta 4667, 4767, 4867 ou elementos separados conectados a ele de qualquer maneira adequada. Em algumas modalidades, as paredes de enrijecimento 4669, 4769, 4869 são formadas durante a

moldagem por injeção do tanque de coleta 4667, 4767, 4867, e assim são uma parte integral do tanque de coleta 4667, 4767, 4867.

Algumas modalidades de tanques de coleta 4667, 4767, 4867 de acordo com a presente invenção também, ou invés disso, podem ter paredes de enrijecimento se estendendo longitudinalmente com respeito ao o tanque de coleta 4667, 4767, 4867. Por exemplo, tais paredes de enrijecimento podem ser formadas entre e conectar paredes definindo aberturas de recebimento 4679, 4779, 4879 do tanque de coleta 4667, 4767, 4867. Uma seção transversal de uma parede de enrijecimento longitudinal como essa 4469 é mostrada na FIG. 70A a título de exemplo, e está localizada na metade entre as faces dianteira e traseira do tanque de coleta 4667, 4767, 4867 (embora essas paredes longitudinais de enrijecimento possam estar localizadas em outras posições, conforme desejado). Essas paredes de enrijecimento que se estendem longitudinalmente 4469 podem se estender ao longo de qualquer parte ou de todo o comprimento do tanque de coleta 4667, 4767, 4867 (interrompidas, conforme necessário, pelas aberturas de recebimento 4679, 4779, 4879).

Conforme mencionado acima, o tanque de coleta pode ser construído de qualquer número de partes conectadas em conjunto de qualquer maneira adequada. A título de exemplo, as FIG. 72 e 82 ilustram tanques de coleta 4467, 4867 em que o tanque de coleta 4467, 4867 é formado por duas partes 4467a, 4467b, e 4867a, 4867b. Em ambas as modalidades ilustradas, as partes 4467a, 4467b, e 4867a, 4867b são unidas ao longo de uma interface em formato de Z, e podem

ser unidas por soldagem ou adesivo. Ainda outras maneiras de estabelecimento desta conexão são possíveis, com base, pelo menos em parte, no material usado para a formação do tanque de coleta 4467, 4867. Em algumas modalidades, esta conexão é liberável, tal como aquilo mostrado nas modalidades das FIG. 72 a 75 onde grampos no tanque de coleta 4467 podem ser usados para a fixação de forma liberável de parte do tanque de coleta 4467a no lugar com respeito ao restante do tanque de coleta 4467b.

As várias modalidades de tubo plano descritas aqui podem ser utilizadas em vários trocadores de calor diferentes adaptados para usos diferentes. Ao fazê-lo, os tubos planos podem ser modificados em relação às modalidades ilustradas nas FIG. 1 a 54 e/ou podem ser montados em trocadores de calor em uma variedade de maneiras diferentes, para adaptação dos trocadores de calor a aplicações particulares.

As FIG. 85 a 90 ilustram quatro construções de trocadores de calor de acordo com modalidades diferentes da presente invenção. Embora ainda outras modalidades de trocador de calor sejam possíveis pela modificação do número e do arranjo de tubos planos e/ou pela modificação dos tipos de tubos planos (por exemplo, tamanho e formato de tubo, tamanho e formato de inserção, e similares), cada um dos trocadores de calor ilustrados nas FIG. 85 a 91 provê vantagens únicas em muitas aplicações.

Antes de descrever cada um dos trocadores de calor 4963, 5053, 5163, 5263 ilustrados nas FIG. 85 a 90 em maiores detalhes, deve ser notado que cada um dos tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 ilustrados aqui pode ser

substituído por tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 tendo qualquer um dos formatos e construídos de qualquer uma das maneiras descritas acima com referência às modalidades das FIG. 1-54, e que qualquer um dos recursos de montagem e métodos de montagem de trocador de calor (por exemplo, com respeito aos tubos planos, construção de núcleo, e afixação de núcleo a coletor) também descritos aqui em relação às modalidades das FIG. 1-84 pode ser utilizado na construção e na fabricação dos trocadores de calor 4963, 5063, 5163, 5263 ilustrados nas FIG. 85-90. Por exemplo, cada um dos tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 ilustrados nas FIG. 85-90 é um tubo plano em duas peças 4910, 5010, 5110, 5210 com uma inserção 4934, 5034, 5134, 5234, onde dois pedaços em separado de material em folha são usados para a formação de cada tubo ilustrado 4910, 5010, 5110, 5210, e onde um terceiro pedaço em separado de material em folha é usado para a formação da inserção interna 4934, 5034, 5134, 5234. Embora as construções particulares de tubo plano em duas peças (com inserções) ilustradas nas FIG. 85-90 sejam desejáveis para as aplicações descritas e ainda em outras aplicações, qualquer um destes tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 pode ser substituído por qualquer um dos tubos planos em uma peça ou outros tubos planos em duas peças (com inserções) descritos acima e/ou ilustrados aqui, de modo a se adaptarem os tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 e os trocadores de calor resultantes 4963, 5063, 5163, 5263 para qualquer aplicação desejada. Nesse sentido, uma combinação de tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 com inserções formadas de números diferentes de folhas pode ser usada no mesmo trocador de calor 4963, 5063, 5163, 5263.

Nas construções ilustradas de tubo das FIG. 85 a 91 e em qualquer uma das construções alternativas de tubo recém mencionadas, um ou ambos os lados estreitos do tubo plano podem ser formados pelas bordas longitudinais adjacentes de superposição de material, dependendo, pelo menos em parte, do número de folhas de material usadas para a construção do tubo plano. Cada par de bordas longitudinais de superposição, portanto, define um lado estreito reforçado do tubo plano. Em algumas modalidades, uma ou ambas as bordas longitudinais de superposição do tubo plano podem ser dobradas uma ou mais vezes, para a definição de ainda mais espessura de material no(s) lado(s) estreito(s) do tubo plano. Em algumas dessas modalidades, uma folha de material de reforço definindo a inserção pode ter uma ou ambas as bordas longitudinais conformadas para ficarem adjacentes às bordas longitudinais de superposição do tubo plano, desse modo se provendo uma camada adicional de material para reforço do tubo nos lados estreitos. Também, uma ou ambas as bordas longitudinais da inserção podem ser dobradas para terem uma espessura de camada múltipla adjacente às bordas longitudinais de superposição do tubo plano, desse modo se provendo ainda mais reforço em um ou ambos os lados estreitos. Assim sendo, um ou ambos os lados estreitos dos tubos planos podem exibir uma espessura a qual totaliza pelo menos duas, e, em algumas modalidades, mais de duas vezes a espessura do material em folha usado para a formação do tubo plano paredes, o qual pode ser formado pelo enrolamento de um material em folha mais espesso, em algumas modalidades.

Conforme descrito em maiores detalhes acima, naquelas

modalidades em que tubos planos são construídos de uma parte única (com ou sem uma inserção), um reforço dos lados estreitos pode ser obtido pelo arredondamento de uma ou mais dobras da folha de material para a formação do primeiro lado estreito do tubo plano, e pela superposição das bordas longitudinais opostas da folha de material para a formação do segundo lado estreito do tubo plano (por exemplo, pelo recebimento ou envolvimento de uma flexão de uma borda longitudinal em uma flexão maior da outra borda longitudinal, ou de outras maneiras descritas aqui).

Em algumas modalidades de tubo plano em uma peça, uma folha de material pode formar as paredes externas do tubo plano, bem como o interior dos canais de fluxo. Nessas modalidades, uma gradação pode estar localizada em flexões da folha de material (definindo os lados estreitos do tubo plano) em que a borda longitudinal da folha de material vem a ficar, de modo que a superfície externa do tubo plano permaneça tão lisa quanto possível. Adicionalmente, naquelas modalidades em que a inserção é definida por uma folha de material em separado, as duas bordas longitudinais desta folha de material em separado podem ser arredondadas ou conformadas de outra forma para serem recebidas nos os lados estreitos do tubo plano (por exemplo, veja a modalidade ilustrada da FIG. 46).

Conforme também descrito em maiores detalhes acima, naquelas modalidades em que tubos planos são construídos em duas partes separadas (com ou sem uma inserção), as duas partes separadas podem ser construídas de forma idêntica, em cujos casos uma borda longitudinal de cada parte pode ter uma flexão envolvendo uma flexão menor de uma borda

longitudinal adjacente da outra parte. Estas duas partes separadas, portanto, podem ser transportadas com respeito umas às outras, de modo a formarem o tubo plano. Em outras modalidades, as duas partes separadas não são idênticas uma à outra, e têm bordas longitudinais opostas unidas em conjunto de qualquer uma das maneiras descritas aqui (incluindo sem limitação bordas longitudinais aninhadas em formato de arco).

Também, os lados largos substancialmente planos de qualquer uma das modalidades de tubo descritas e/ou ilustradas aqui podem ser usados para a provisão de juntas brasadas melhoradas para aletas afixadas a isso, desse modo resultando em uma eficiência melhorada de troca de calor do trocador de calor 4963, 5053, 5163, 5263.

Também, em qualquer uma das construções de tubo plano em duas peças e em três peças que podem ser empregadas nos trocadores de calor das FIG. 85-89, a inserção interna pode ser corrugada ou conformada de outra forma para a definição de dois ou mais canais de fluxo através do tubo plano. A inserção interna pode ter corrugações com formatos diferentes e/ou tamanhos em localizações diferentes através da largura da inserção, de modo a se definirem duas ou mais regiões dispostas lateralmente de canais de fluxo tendo formatos diferentes e/ou tamanhos (por exemplo, veja as FIG. 85 a 89, por exemplo). Mais amplamente, a inserção interna pode ser conformada para a definição de regiões de canais de fluxo tendo formatos diferentes e/ou tamanhos em localizações diferentes através da largura do tubo plano em duas peças ou em três peças. Em algumas modalidades, as regiões diferentes de canais de fluxo podem ser isoladas

umas das outras, ao passo que em outras modalidades as regiões diferentes estão em comunicação de fluido umas com as outras (por exemplo, em uma ou mais localizações ao longo do comprimento de um ou mais canais de fluxo). Também, em algumas modalidades, cada um dos canais de fluxo em uma região está isolado dos outros canais de fluxo na mesma região ao longo do comprimento do tubo plano, ao passo que em outras modalidades, os canais de fluxo na mesma região estão em comunicação de fluido uns com os outros (por exemplo, através de aberturas entre canais de fluxo adjacentes), mas são isolados de outros canais de fluxo em outras regiões.

Será apreciado que muitas das vantagens de uso dos tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 de acordo com a presente invenção nas modalidades ilustradas das FIG. 85-89 se referem à capacidade de fabricação desses tubos planos a um custo mais baixo, com quantidades reduzidas de material, e/ou com performance melhorada de troca de calor. Estas vantagens são realizadas pelo uso de materiais em folha tendo as espessuras relativamente baixas descritas acima para a formação dos tubos planos e inserções. Embora qualquer uma das espessuras de material dos tubos planos descritas acima possa ser usada nas modalidades das FIG. 85 a 89, o material em folha usado para formação das paredes dos tubos planos nas modalidades ilustradas tem uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in). Também, este material em folha tem uma espessura de não menos do que em torno de 0,03 mm (0,0011811 in.). Estes tipos de espessuras de parede podem ser usados para suportarem cargas de compressão, e podem exibir uma

estabilidade relativamente boa a uma pressão interna, em muitas modalidades à luz do fato que a inserção pode ser brasada às paredes largas do tubo plano. De modo similar, embora qualquer uma das espessuras de material das inserções descritas acima possa ser usada nas modalidades das FIG. 85 a 89, o material em folha usado para formação das inserções nas modalidades ilustradas tem uma espessura não maior do que em torno de 0,09 mm (0,003543 in). Também, este material em folha tem uma espessura de não menos que em torno de 0,03 mm (0,0011811 in.).

Pela utilização das várias construções de tubo plano para os trocadores de calor ilustrados 4963, 5053, 5163, 5263 e para outros projetos de trocador de calor, vantagens de velocidade de produção aumentada e/ou custos de material e de montagem reduzidos podem ser realizadas. Por exemplo, com base na quantidade relativamente baixa de deformação de folha necessária para a formação dos vários tubos planos em uma ou duas peças de acordo com a presente invenção descrita acima, os tubos planos podem ser produzidos de forma mais econômica em uma laminação de tubo (por exemplo, as linhas de fabricação 3701 e 1900, por exemplo) mesmo a velocidades de operação altas usando folhas de material sem fim. Mais ainda, com um gasto de modificação relativamente baixo, trocadores de calor tendo aproximadamente qualquer profundidade podem ser fabricados usando-se a mesma fonte de tubulação plana (por exemplo, tubulação contínua ou sem fim e tubulação com aletas produzida conforme descrito acima, por exemplo).

Os trocadores de calor 4963, 5063, 5163, 5264 ilustrados nas FIG. 85-90 são apresentados apenas para

ilustração de modalidades de trocador de calor que provêem bons resultados de performance em muitas aplicações, mas também para ilustração de vários recursos de trocador de calor que podem ser utilizados sozinhos ou em combinação em trocadores de calor de acordo com modalidades da presente invenção. Esses recursos incluem, sem limitação, tanques de coleta que são internamente divididos para direcionamento de fluxos separados através de regiões internas diferentes dos mesmos tubos planos e possíveis arranjos de fluxo através do trocador de calor.

Com referência, agora, ao trocador de calor 4963 ilustrado na FIG. 85, o trocador de calor 4963 tem uma fileira única de tubos planos 4910 tendo uma profundidade T (geralmente similar ao diâmetro grande D de cada tubo plano 4910). Embora qualquer um dos outros diâmetros grandes e pequenos D, d descritos acima possa ser usado para os tubos planos 4910, o diâmetro grande D dos tubos planos 4910 mostrado na FIG. 85 não é maior do que em torno de 300 mm (11,811 in). Em algumas modalidades, um diâmetro grande D de não menos do que em torno de 10 mm (0,3937 in) é usado para a provisão de bons resultados de performance. Também, o diâmetro pequeno d dos tubos planos 4910 mostrado na FIG. 85 não é maior do que em torno de 15 mm (0,59055 in). Em algumas modalidades, um diâmetro pequeno d de não menos do que em torno de 0,7 mm (0,02756 in) é usado para a provisão de bons resultados de performance. Estas dimensões dos tubos planos 4910 na modalidade ilustrada da FIG. 85 são particularmente adequadas para trocadores de calor 4963 em veículos motores. Contudo, outras aplicações são possíveis e caem espírito e escopo da presente invenção.

O trocador de calor 4963 ilustrado na FIG. 85 é adaptado para o arrefecimento de dois ou três fluidos por meio de um fluxo comum de fluido de arrefecimento (por exemplo, ar) passando entre os tubos planos 4910. O ar de arrefecimento é ilustrado na Fig. 86 como uma seta de bloco duplo a qual flui através de aletas (não mostradas) entre os tubos planos 4910.

De acordo com a modalidade ilustrada da FIG. 86, o ar de arrefecimento pode fluir a partir da esquerda para a direita ou vice-versa através da rede de arrefecimento definida pelo bloco de tubo-aleta 4965. Cada um dos tubos planos 4910 inclui quatro regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d em localizações diferentes ao longo da largura do tubo plano 4910. As quatro regiões internas ilustradas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d têm a mesma ou substancialmente a mesma largura, embora regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d de larguras diferentes sejam possíveis em outras modalidades. Também, cada região interna ilustrada 4975a, 4975b, 4975c, 4975d tem vários canais de fluxo 4916a, 4916b, 4916c, 4916d, cada um tendo um formato diferente e/ou tamanho em relação aos canais de fluxo 4916a, 4916b, 4916c, 4916d das outras regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d. O formato e o tamanho dos canais de fluxo 4916a, 4916b, 4916c, 4916d em cada região interna 4975a, 4975b, 4975c, 4975d é definido, pelo menos parcialmente, pelo formato da inserção 4934 naquela região interna 4975a, 4975b, 4975c, 4975d. Embora a inserção varie no formato de região interna para região interna 4975a, 4975b, 4975c, 4975d na modalidade ilustrada, cada tubo plano 4410 é substancialmente o mesmo que os outros no

trocador de calor 4963.

Embora quatro regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d sejam empregadas no trocador de calor 4963 ilustrado na FIG. 85, qualquer número de regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d pode ser definido por um ou mais dos tubos planos 4910 em outras modalidades, e pode ter quaisquer tamanhos relativos desejados. Também, embora cada porção da inserção 4934 em cada região interna 4975a, 4975b, 4975c, 4975d do tubo plano 4910 ilustrada na FIG. 85 tenha um formato diferente daquele nas outras regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d (desse modo definindo canais de fluxo 4916a, 4916b, 4916c, 4916d que são diferentes em cada região interna 4975a, 4975b, 4975c, 4975d), em outras modalidades duas ou mais das regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d podem ter canais de fluxo idênticos ou substancialmente idênticos 4916a, 4916b, 4916c, 4916d.

Com referência continuada à FIG. 85, em algumas modalidades, cada tubo plano 4410 em um trocador de calor 4963 ou uma seção do trocador de calor 4963 tem o mesmo número de regiões internas 4975a, 4975b, 4975c, 4975d com canais de fluxo 4916a, 4916b, 4916c, 4916d tendo os mesmos formato e tamanho ou substancialmente os mesmos. Contudo, este não é necessariamente o caso em outras modalidades. O número, o tamanho e os formatos de regiões em cada tubo plano 4910 e em um conjunto de tubos planos 4910 podem ser determinados com base, pelo menos em parte, nas exigências da aplicação.

O trocador de calor 4963 da FIG. 85 inclui dois tanques de coleta 4967a e 4967b. Um tanque de coleta 4967a

inclui três paredes de divisão 4973a, 4973b, e 4973c, as quais se estendem em uma direção substancialmente perpendicular à profundidade T do trocador de calor 4963, e as quais correm no sentido do comprimento com respeito aos tanques de coleta 4967a, 4967b. O outro tanque de coleta 4967b inclui duas paredes de divisão 4973d e 4973e.

A FIG. 85 ilustra várias setas indicando as direções de fluxo através do trocador de calor 4963. No lado esquerdo (com respeito à FIG. 85), um meio flui para o primeiro a tanque de coleta 4967a e através da primeira região interna 4975a de cada tubo plano 4910. Um segundo meio flui no primeiro tanque de coleta 4967a e através da segunda região interna 4975b de cada tubo plano 4910, e é separado do fluxo do primeiro meio através das primeiras regiões internas 4975a por uma primeira parede de divisão 4973a ali. O segundo meio também é separado do primeiro meio no segundo tanque de coleta 4967b pela primeira parede de divisão 4973d ali e de um terceiro meio (o qual pode ser um segundo passe do primeiro meio através do trocador de calor 4963, em algumas modalidades, ou um outro meio em outras modalidades) no segundo tanque de coleta 4967b pela segunda parede de divisão 4973e ali. A parede de divisão do meio 4973b do primeiro tanque de coleta 4967a separa o fluxo do segundo meio entrando no trocador de calor 4963 do fluxo de retorno do segundo meio saindo do trocador de calor 4963 após a passagem através da terceira região interna 4975c de cada tubo plano 4910. O terceiro meio passa através do trocador de calor 4963 ao fluir através da quarta região interna 4975d de cada tubo plano 4910, e é separado do segundo meio no primeiro tanque de coleta 4967a

pela terceira parede de divisão 4973c ali.

Em algumas aplicações do trocador de calor 4963 recém descrito, a seção esquerda do trocador de calor 4963 (com referência à perspectiva da FIG. 85) pode ser uma região de alta temperatura para ar de carga. O ar de carga saindo desta seção do trocador de calor 4963 após passar através da primeira região interna 4975a de cada tubo plano 4910 pode fluir de volta para o trocador de calor 4963 em algumas modalidades, passando através da quarta região interna 4975b de cada tubo plano 4910 na seção direita do trocador de calor 4963. Assim sendo, este fluxo de retorno então pode ser uma região de baixa temperatura para o ar de carga. Nessas modalidades, um fluido de arrefecimento passando entre os tubos planos 4910 pode fluir da direita para a esquerda na modalidade ilustrada da FIG. 85. Na seção do meio do trocador de calor 4963, um fluido de arrefecimento à alta temperatura pode entrar no primeiro tanque de coleta 4967a, passar através da segunda região interna 4975b de cada tubo plano 4910, e retornar através do segundo tanque de coleta 4967b e através da terceira região interna 4975c de cada tubo plano 4910 para sair do trocador de calor 4963. O passe de retorno deste fluido (a montante do primeiro passe, conforme referenciado com respeito à direção de fluxo de fluido de arrefecimento passando entre os tubos planos 4910), portanto, define uma região de arrefecedor à baixa temperatura. Em algumas modalidades, 10% deste fluido passando através das segunda e terceira regiões internas 4975b, 4975c podem fluir através destas regiões de novo, de modo a se reduzir mais sua temperatura, embora outras percentagens (incluindo

nada) sejam possíveis em outras modalidades. Também, em outras modalidades, qualquer número de paredes de divisão 4973a, 4973b, 4973c, 4973d, 4973e em qualquer número de tanques de coleta 4967a, 4967b tendo qualquer número de janelas de entrada e de saída de fluido pode ser disposto de outras maneiras para a provisão de outros projetos e funções de trocador de calor.

A FIG. 86 ilustra um trocador de calor 5063 de acordo com uma outra modalidade da presente invenção, em que tubos planos 5010 tendo os recursos mostrados na FIG. 87 são usados. O trocador de calor ilustrado 5063 é adaptado para uso em um radiador veicular com fluido de arrefecimento, embora outras aplicações para o trocador de calor 5063 sejam possíveis. Este trocador de calor 5063 inclui uma região interna 5075a, a qual pode ser uma região de alta temperatura em algumas modalidades, com base no fato que a temperatura do fluido de arrefecimento ali é relativamente alta. O trocador de calor 5063 também pode incluir uma região interna à baixa temperatura 5075b, em que a temperatura de pelo menos parte do fluido de arrefecimento deixando a primeira região interna 5075a pode ser adicionalmente reduzida.

Maiores detalhes com referência aos tubos planos 5010 ilustrados na FIG. 86 podem ser vistos na FIG. 87, a qual mostra um tubo plano 5010 de acordo com uma modalidade da presente invenção que pode ser usado no trocador de calor 5063 da FIG. 86. Embora o tubo plano 5010 ilustrado na FIG. 87 proveja resultados de performance únicos, deve ser notado que qualquer uma das outras modalidades de tubo plano mostradas aqui pode ser usada, ao invés disso. O tubo

plano 5010 ilustrado na FIG. 87 é formado por duas folhas de material em separado, cada uma das quais formando as primeira e segunda porções 5012, 5014 do tubo em duas peças 5010. Uma terceira folha de material é usada para a formação da inserção 5034. As primeira e segunda porções 5012, 5014 na modalidade ilustrada são idênticas ou substancialmente idênticas, mas podem ser transpostas com uma com respeito à outra. No processo de fabricação, uma flexão maior definindo a porção de arco maior é formada em uma borda longitudinal de cada porção 5012, 5014, e envolve a porção de arco menor formada na borda longitudinal correspondente da outra porção 5014, 5012, de modo que dois lados estreitos 5018, 5020 do tubo plano 5010 tenham, cada um, uma espessura de parede dupla. Mais ainda, as bordas longitudinais opostas 5038, 5040 da inserção 5034 são conformadas para se adaptarem dentro dos lados estreitos 5018, 5020 do tubo plano 5010. Nesta construção em particular, uma espessura de três camadas é definida em um lado estreito 5018. Esta espessura pode ser de três times aquela do material usado para a formação das primeira e segunda porções 5012, 5014 naquelas modalidades em que a espessura de material da inserção 5034 é a mesma que aquela usada para as primeira e segunda porções 5012, 5014, embora a inserção 5034 possa ser feita de um material mais fino em outras modalidades. Deve ser notado que os recursos mostrados na FIG. 87 podem ser aplicados em qualquer uma das outras modalidades de tubo plano descritas e/ou ilustradas aqui.

As duas regiões internas 5075a, 5075b dos tubos planos 5010 no trocador de calor da FIG. 86 são definidas, pelo

menos em parte, pela seção da inserção correspondente 5034 em cada região interna 5075a, 5075b. A primeira região interna 5075a pode ser utilizada em algumas modalidades para suportar pressões relativamente mais altas do fluido na segunda região interna 5075b, em virtude dos canais de fluxo relativamente estreitos 5016 definidos pelos espaços mais estreitos entre corrugações da inserção 5034 na primeira região interna 5075a. Também, o segundo lado estreito 5020 correspondente à segunda região interna 5075b tem reforço maior do que o (primeiro) lado estreito oposto 5018. Este reforço é formado por uma borda longitudinal 5040 da inserção 5034 tendo duas dobras adicionais no segundo lado estreito 5020, desse modo provendo o segundo lado estreito 5020 com cinco camadas de material. Este projeto provê um exemplo de como os tubos planos 5010 de acordo com a presente invenção podem ser reforçados, quando necessário, devido às tensões previstas em áreas selecionadas dos tubos planos 5010, e podem ser providos com áreas de parede mais finas (por exemplo, de 0,03mm - 0,15 mm (0,0011811 - 0,0059055) em algumas modalidades) em outras áreas em que as tensões previstas são relativamente baixas. O peso de materiais usados para a construção dos tubos planos 5010 e perdas de fabricação do trocador de calor 5010, portanto, podem ser consideravelmente reduzidos.

A FIG. 88 ilustra um trocador de calor de acordo com uma outra modalidade da presente invenção, utilizando os tubos planos 5110 ilustrados nas FIG. 89. Na modalidade ilustrada da FIG. 88 e 89, a região interna 5175 de cada tubo plano 5110 tem vários canais de fluxo 5116 definidos,

pelo menos em parte, por uma inserção 5134 que é conformada uniformemente ou de forma substancialmente uniforme através da largura da inserção 5134. Contudo, o trocador de calor 5163 é provido com dois grupos diferentes G1, G2 de tubos planos 5110 tendo canais de fluxo 5116 que são diferentes um do outro. Em outras modalidades, qualquer número desses grupos é possível. Um fluido fluindo para e para fora de cada grupo G1, G2 de tubos planos 5110 é separado daquele do outro grupo G2, G1 por uma parede de divisão transversal 5173 no tanque de coleta 5167 que se estende na direção da profundidade do trocador de calor 5163. Fluidos diferentes podem fluir em cada grupo G1, G2 de tubos planos 5110. Por exemplo, em um grupo G1, um primeiro meio (por exemplo, óleo) pode fluir, enquanto no outro grupo G2, um segundo meio (por exemplo, um fluido de arrefecimento) pode fluir. Os tubos planos 5110 do grupo G2 geralmente são adaptados para um meio o qual está sob uma pressão mais alta do que aquele nos tubos planos 5110 do grupo G1, conforme pode ser visto a partir do uso de canais de fluxo mais estreitos 5116 e distâncias menores entre paredes da inserção 5134 nos tubos planos 5110 do grupo G2, e o grau maior de reforço dos lados estreitos 5118, 5120 nos tubos planos 5110 do grupo G2 para relativamente mais estabilidade. Em algumas aplicações, os tubos planos 5110 do grupo G2 podem definir uma porção do trocador de calor de radiador de fluido de arrefecimento à baixa temperatura 5163, enquanto os tubos planos 5110 do G1 podem definir uma porção do trocador de calor de radiador de fluido de arrefecimento de temperatura alta 5163.

Sob a hipótese que o meio nos tubos planos 5110 do

grupo G2 está sob uma pressão mais alta do que o meio nos tubos planos 5110 do grupo G1, os lados largos 5122, 5124 e os lados estreitos 5118, 5120 dos tubos planos 5110 do grupo G2 são reforçados pelo projeto da inserção 5134 usada ali. Em particular, as corrugações das inserções 5134 nos tubos planos 5110 do grupo G2 são significativamente mais estreitas do que aquelas dos tubos planos 5110 no grupo G1. Adicionalmente, os lados estreitos 5118, 5120 dos tubos planos 5110 no grupo G2 têm cinco camadas de material (duas definidas pelas bordas longitudinais de superposição das primeira e segunda porções de tubo 5112, 5114 nos lados estreitos 5118, 5120, e três definidas por duas dobras em cada borda longitudinal 5138, 5140 da inserção 5134), ao passo que apenas três camadas de material estão localizadas nos lados estreitos 5118, 5120 dos tubos planos 5110 no grupo G1 com base na falta dessas dobras de inserção. Deve ser notado que os tubos planos 5110 em ambos os grupos G1, G2 podem ser idênticos ou substancialmente idênticos, e ambos podem ser igualmente adaptados para receberem os tipos diferentes de inserções 5134 mostrados na FIG. 89. Assim sendo, as duas regiões internas diferentes 5175 nos tubos planos 5110 são criadas nesta modalidade em particular pelas diferentes inserções 5134 definindo dois grupos diferentes de tubos planos 5110 para o trocador de calor 5163.

A FIG. 90 ilustra um trocador de calor de acordo ainda com uma outra modalidade da presente invenção, utilizando tubos planos 5210 similares àqueles da FIG. 53. Nesta modalidade em particular, os tamanhos relativos das regiões internas 5275a, 5275b variam entre os tubos planos 5210 do

trocador de calor 5263. Em algumas modalidades (incluindo a modalidade ilustrada da FIG. 90, por exemplo), os tamanhos relativos das regiões internas 5275a, 5275b variam gradualmente de tubo plano 5210 para tubo plano 5210 através de pelo menos uma porção do trocador de calor 5263. Assim sendo, um tanque de coleta 5267 preso aos tubos planos 5210 pode ter uma parede de divisão 5273a se estendendo de forma oblíqua com respeito às extremidades dos tubos planos 5210. A posição desta parede de divisão 5273a pode corresponder à mudança de tamanho das regiões internas 5275a, 5275b nos tubos planos 5210. Se desejado, uma ou mais paredes de divisão adicionais (por exemplo, a parede de divisão 5273b mostrada na FIG. 90) podem ser incluídas no tanque de coleta 5267 para a provisão de separações adicionais do fluxo através do trocador de calor 5263 conforme desejado.

Um exemplo de um tubo plano em uma peça 5310 que pode ser utilizado em qualquer uma das modalidades de trocador de calor descritas acima é mostrado na FIG. 91 a título de exemplo. O tubo plano em uma peça 5310 in FIG. 91 é substancialmente o mesmo que aquele mostrado na FIG. 54 descrita anteriormente, com a exceção de corrugações de inserção 5252 que são substancialmente retangulares na modalidade das FIG. 91 (em oposição corrugações às substancialmente triangulares 4352 na modalidade das FIG. 54), e com a exceção e canais de fluxo 4316, 5316 tendo o mesmo tamanho FIG. 54, e tendo tamanhos diferentes na FIG. 91. Assim sendo, uma referência desse modo é feita à descrição associada da FIG. 54 quanto a maiores informações com referência à modalidade de tubo plano ilustrada na FIG.

91.

Os tubos planos 4310, 5310 na FIG. 54 e 91 podem ser produzidos a partir de uma única folha de material, e podem ser usados no lugar dos tubos planos nas modalidades descritas acima em relação às FIG. 85-90. Também deve ser notado que qualquer um dos outros tubos planos em uma peça ou em duas peças mostrados aqui pode ser usado no lugar de qualquer um dos tubos planos nas modalidades descritas acima em relação às FIG. 85-90. Os lados estreitos 4318, 4320, 5318, 53210 de ambos os tubos planos 4310, 5310 ilustrados nas FIG. 54 e 91 incluem uma espessura dupla da folha de material usada para a formação do tubo plano 4310, 5310. A folha de material pode ser dobrada duas vezes nas duas áreas da folha de material que serão flexionadas para a formação dos lados estreitos 4318, 4320, 5318, 5320 do tubo plano 4310, 5310 (isto é, as áreas adjacentes e flanqueando aquela porção da folha de material conformada para a definição da inserção integral 4334, 5334), desse modo se aumentando a espessura das áreas estreitas em três vezes aquela da espessura de material original. Mais ainda, cada borda longitudinal da folha de material pode ser flexionada e movida para envolver uma respectiva seção reforçada da maneira mostrada nas FIG. 54 e 91. Ambas estas seções reforçadas podem ser providas com uma gradação 4358, 4360 (não visível na FIG. 91, mas visível na FIG. 54) para recebimento das bordas longitudinais correspondentes de uma maneira em recesso. De modo a reforçar mais os lados estreitos 4318, 4320, 5318, 5320 do tubo plano 4310, 5310, dobras adicionais podem ser incorporadas nas seções reforçadas mostradas nas FIG. 54 e 91. No tubo plano 5310

ilustrado na FIG. 91, dois grupos de canais de fluxo 5316 são definidos, cada um tendo um tamanho que é diferente daqueles do outro grupo. Em contraste, todos os canais de fluxo 4316 na modalidade ilustrada da FIG. 54 são substancialmente do mesmo tamanho.

As FIG. 19 a 23 mostram vários tubos planos diferentes que podem ser produzidos a partir de uma única folha de material. Como os outros tubos planos em uma peça ilustrados aqui, cada uma das modalidades mostradas nas FIG. 19 a 23 é especialmente adequada para os trocadores de calor 4963, 5063, 5163, 5263 discutidos em relação às FIG. 85 a 90. Em particular, os tubos planos descritas acima em relação às FIG. 19 a 23 incluem lados estreitos que são reforçados pela provisão de dobras verticais ou horizontais. Adicionalmente, a FIG. 46 ilustra um tubo plano 3710 que pode ser produzido a partir de uma única folha de material, com uma inserção 3734 que pode ser produzida a partir de uma outra folha de material em separado. Este tubo plano em particular 3710 também pode servir como uma substituição para qualquer um dos tubos planos 4910, 5010, 5110, 5210 descritos acima com respeito às FIG. 85 a 90. Conforme descrito em maiores detalhes acima, na modalidade das FIG. 46, um lado estreito reforçado 3718 é formado pela flexão de uma porção da folha de material tendo dobras adicionais. O outro lado estreito reforçado 3720 é formado por uma borda longitudinal da folha de material envolvendo a borda longitudinal oposta da mesma folha de material. Este outro lado estreito 3720 também pode ser distinguido pelo fato de uma ou ambas as bordas longitudinais da folha de material poderem ser

dobradas para um reforço adicional. A segunda folha de material pode ser provida com várias corrugações conforme descrito acima, e também pode ser provida com flexões ou dobras em uma ou ambas as bordas longitudinais 3738, 3740 para reforço interno adicional de um ou ambos os lados estreitos 3718, 3720.

As FIG. 92 a 95 ilustram estruturas de trocador de calor de exemplo e métodos para conexão das folhas de material para a formação de um trocador de calor ou uma porção de um trocador de calor (por exemplo, um núcleo de trocador de calor, uma porção de um núcleo de trocador de calor, uma inserção de tubo, tubos de trocador de calor, as nervuras ou aletas de um trocador de calor, o coletor de um trocador de calor, e similares). Por exemplo, nas modalidades ilustradas das FIG. 93 a 95, as aletas 8313 são brasadas a um tubo de trocador de calor 8310. Nestas modalidades ilustradas, os tubos de trocador de calor 8310 são formados a partir de uma primeira folha de material geralmente plana 8317, e as aletas 8313 são formadas a partir de uma segunda folha de material 8333 tendo um formato corrugado. Em outras modalidades, as folhas de material sendo brasadas são porções diferentes da mesma folha de material. Também, em outras modalidades e conforme explicado em maiores detalhes abaixo, os tubos de trocador de calor 8310 e/ou as aletas 8313 podem ter formatos diferentes.

Embora os métodos descritos aqui sejam com referência à produção de modalidades em particular de trocador de calor descritas neste pedido de patente, isto é a título de exemplo apenas. Assim sendo, é para ser entendido que os

processos descritos com referência à FIG. 92 a 95 podem ser aplicados à fabricação de todos os trocadores de calor e porções de trocadores de calor descritos neste pedido.

Conforme explicado acima, a espessura de material em folha relativamente pequena dos tubos de trocador de calor 8310 e/ou das aletas 8313 em algumas modalidades da presente invenção pode prover vantagens significativas em relação à performance geral do trocador de calor, à fabricabilidade e possíveis construções de parede (conforme mostrado aqui) que não são possíveis usando-se materiais de parede mais espessa. Também, pela utilização de um ou mais dos recursos do tubo plano descritos aqui, os inventores descobriram que vários tubos planos diferentes tendo várias características adaptadas para uma variedade de aplicações podem ser construídos usando-se um material significativamente reduzido, enquanto se retêm a resistência e as propriedades de troca de calor de tubos planos mais pesados. Mais ainda, embora uma referência seja feita aqui a tubos planos de trocador de calor, a presente invenção também, ou alternativamente, pode ser aplicada a tubos de trocador de calor tendo formatos de seção transversal diferentes, incluindo sem limitação redondos, retangulares, triangulares ou outros formatos poligonais, formatos irregulares, e similares.

Em algumas modalidades, os tubos de trocador de calor 8310, as aletas de trocador de calor 8313, e/ou outras porções de um trocador de calor podem ser formadas a partir de folhas de material tendo a mesma ou substancialmente a mesma espessura. Alternativamente, em outras modalidades, duas ou mais porções do trocador de calor podem ser

formadas a partir de folhas de material tendo espessuras diferentes. Em algumas destas outras modalidades, os tubos de trocador de calor 8310 podem ser formados a partir de folhas de material 8317 tendo uma primeira espessura, e as aletas de trocador de calor 8313 podem ser dispostas entre tubos adjacentes 8310 e podem ser formadas a partir de folhas de material 8333 tendo uma espessura diferente. Nessas modalidades, a primeira porção do trocador de calor (por exemplo, um coletor) pode ser formada a partir de folhas de material tendo a primeira espessura, a segunda porção do trocador de calor (por exemplo, pelo menos um dos tubos) pode ser formada a partir de folhas de material tendo a segunda espessura, e uma terceira porção do trocador de calor (por exemplo, as aletas 8333) pode ser formada a partir de folhas de material tendo uma terceira espessura.

Por exemplo, em algumas modalidades da presente invenção, um tubo plano 8310 pode ser formado a partir de folhas de material 8317 tendo uma espessura não maior do que em torno de 0,20 mm (0,007874 in). Contudo, em outras modalidades e conforme mencionado acima, os inventores descobriram que tubos de trocador de calor formados a partir de folhas de material tendo uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in) provêem vantagens significativas em relação à performance geral de tubos planos e trocadores de calor feitos a partir desse material, fabricabilidade, e possíveis construções de parede (conforme mostrado aqui) que não são possíveis usando-se materiais de parede mais espessa. De forma alternativa ou adicional, as aletas 8313 podem ser formadas

a partir de folhas de material 8333 tendo uma espessura não maior do que em torno de 0,20 mm (0,007874 in). Em outras modalidades, as aletas 8313 podem ser formadas a partir de folhas de material 8333 tendo uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (0,0059055 in). Ainda em outras modalidades, as aletas 8313 podem ser formadas a partir de folhas de material 8333 tendo uma espessura na faixa de 0,03 - 0,15 mm (0,0011811 - 0,0059055 in) ou ligeiramente mais ainda. Ainda em outras modalidades, as aletas de trocador de calor 8313 podem ser formadas a partir de folhas de material 8333 tendo uma espessura não maior do que em torno de 0,03 - 0,09 mm (0,0011811 - 0,0035433 in).

Conforme mostrado nas FIG. 92 a 95, uma primeira folha de material 8317 fabricada de acordo com algumas modalidades da presente invenção pode incluir uma camada de brasagem 8335 provendo pelo menos uma porção de uma superfície externa X1 da primeira folha de material 8317, uma camada interna de sacrifício ou camada de proteção contra corrosão 8337 disposta sob a camada de brasagem 8335 ou uma porção da camada de brasagem 8335, e um núcleo 8315 disposto sob a camada de sacrifício 8337 (mostrada como uma camada única nas FIG. 92 e 94, e como tendo duas ou mais camadas in FIG. 93 e 95). Conforme usado aqui e nas reivindicações em apenso, termos tais como "sob", "abaixo", "sobre", e "acima" são usados apenas para facilidade de descrição, e sozinhos não indicam ou implicam que a estrutura referida deve ter qualquer orientação em particular tomada sozinha ou empregada em qualquer estrutura.

O núcleo 8315 nas modalidades ilustradas das FIG. 92 a

95 compreende uma liga de alumínio a título de exemplo. A liga de alumínio pode ter quantidades adequadas de um ou mais outros materiais, tais como manganês, magnésio, titânio, cobre, e similares, usados para aumento da resistência e/ou da resistência à corrosão do núcleo 8315, ou para mudança de uma ou mais outras características do núcleo 8315 conforme desejado.

Em algumas modalidades, o núcleo 8315 é mudado para produção de uma camada 8339 (às vezes referida aqui como uma subcamada do núcleo 8315) tendo uma ou mais propriedades diferentes do restante do núcleo 8315. Por exemplo, pela difusão de silício em uma porção superior do núcleo 8315 a uma temperatura elevada, tal como durante um processo de brasagem, a estrutura e/ou composição de uma liga de alumínio na porção superior podem mudar para a definição da camada 8339 na qual o silício difundido (veja a FIG. 93, a qual ilustra um processo como esse realizado na estrutura da FIG. 92). Em algumas modalidades, esta mudança pode ocorrer pela produção de compostos intermetálicos compreendendo o silício, tal como um composto intermetálico de silício-manganês alumínio. Ao fazê-lo, um ou mais componentes da liga de alumínio na camada 8339 (por exemplo, manganês, a título de exemplo apenas) podem se acumular enquanto a folha de material 8317 é aquecida o suficiente para se permitir essa acumulação, resultando em uma camada modificada 8339 do núcleo 8315 em que um composto intermetálico se acumulou localizações por toda a camada modificada 8339. Em algumas modalidades, o silício pode facilitar esta acumulação, tal como ao tirar um ou mais componentes de liga da solução sólida, ou

facilitando esta acumulação de outra maneira.

A espessura da camada modificada 8339 pode ser dependente da temperatura na qual a difusão referenciada acima ocorre e do tempo permitido para que essa difusão ocorra (por exemplo, a duração de um ciclo de brasagem). Em algumas modalidades, a camada modificada 8339 é anódica com respeito ao restante do núcleo 8315. Por exemplo, naquelas modalidades em que manganês foi retirado de solução sólida e se acumulou como um intermetálico, como resultado da difusão de silício no núcleo 8315, a camada modificada resultante 8339 pode ser anódica com respeito ao restante do núcleo 8315.

Com referência continuada às modalidades das FIG. 91 a 95, e conforme descrito acima, a folha ilustrada de material 8317 inclui uma ou mais camadas de sacrifício 8337 (uma na FIG. 92 e 93, e duas na FIG. 94 e 95). Cada camada de sacrifício 8337 pode incluir um material metálico, e pode ser um material de metal relativamente puro ou não de liga. Em algumas modalidades, a camada de sacrifício 8337 compreende uma liga de alumínio através da qual silício se difunde a uma taxa mais lenta do que aquela através do material de núcleo subjacente 8315, e tem um potencial de corrosão conforme descrito aqui. Por exemplo, em algumas modalidades, a camada de sacrifício 8337 compreende uma liga de alumínio através da qual silício se difunde a não mais do que 50% da taxa na qual silício se difunde através do material de núcleo subjacente 8315. Em outras modalidades, a camada de sacrifício 8337 compreende uma liga de alumínio através da qual silício se difunde a não mais do que 70% da taxa na qual silício se difunde através

do material de núcleo subjacente 8315. Nesse sentido, a camada de sacrifício 8337 pode ter quantidades de traço de um ou mais materiais adicionais (por exemplo, ferro, cobre, zinco, manganês, magnésio, como metais e combinações desses metais, a título de exemplo). Em algumas modalidades, a camada de sacrifício 8337 tem um potencial de corrosão que é substancialmente similar ao potencial de corrosão do material de brasagem residual adjacente de uma camada de brasagem 8335 seguindo-se a um processo de brasagem. Nesse sentido, deve ser notado que se seguindo a um processo de brasagem, uma quantidade residual de material de brasagem pode permanecer em qualquer porção ou em toda a folha de material 8317. Também, em algumas modalidades, o material de uma camada de sacrifício 8337 é anódico para o material do núcleo 8315 (por exemplo, para a camada modificada 8339 e/ou para o restante do núcleo 8315).

Em algumas modalidades, a camada de brasagem 8335 compreende um material de brasagem de liga de alumínio-silício. Em outras modalidades, outros materiais de brasagem podem ser usados, também ou alternativamente, alguns dos quais compreendendo silício. A camada de brasagem 8335 pode se estender através da superfície externa inteira da folha de material 8317, ou ao invés disso pode se estender através de menos do que a superfície externa inteira (por exemplo, através de localizações de brasagem pretendidas apenas) da folha de material 8317. A camada de brasagem 8335 pode fazer parte da folha de material 8317 a ser usada em uma operação de brasagem, ou pode ser depositada sobre e/ou formada por uma porção da folha de material 8317 durante o processo de brasagem. Em

qualquer caso, o material residual de brasagem de uma camada de brasagem 8335 seguindo-se a um processo de brasagem pode ser anódico para o material de uma camada de sacrifício 8337.

Qualquer uma das camadas e/ou subcamadas da folha de material 8317 descritas aqui e/ou ilustradas nas FIG. 92-95 pode ser presa em conjunto por uma ligação de rolo. A título de exemplo apenas, a subcamada 8339 do núcleo 8315 descrita acima pode ser produzida pela ligação de rolo de uma camada de material tendo as propriedades de subcamada descritas acima sobre uma outra camada de material para produção do núcleo 8317 ilustrado na FIG. 93.

Conforme será explicado, agora, folhas de material 8317 formadas de acordo com a presente invenção podem reduzir e/ou impedir uma corrosão (tal como uma corrosão com microporosidade, a título de exemplo). Em algumas modalidades, uma ou mais das camadas e subcamadas da folha de material 8317 (por exemplo, a camada de brasagem 8335, a camada de sacrifício 8337, a subcamada 8339, e/ou o restante do núcleo 8315) podem ser formados a partir de um material ou em liga com um material de modo que seja anódica para uma ou mais das camadas ou subcamadas subjacentes da folha de material 8317. Por exemplo, em algumas modalidades, cada uma das camadas e subcamadas da folha de material 8317 (isto é, material de brasagem residual de uma camada de brasagem 8335 seguindo-se a um processo de brasagem, a camada de sacrifício 8337, a subcamada 8339, e/ou o restante do núcleo 8315) podem ser formados a partir de um material ou em liga com um material de modo que sejam anódicos para uma camada ou subcamada

subjacente e sejam catódicos para uma camada ou subcamada sobrejacente adjacente após a brasagem.

Em algumas modalidades, uma ou mais camadas e subcamadas da folha de material 8317 (isto é, a camada de brasagem 8335, a camada de sacrifício 8337, a subcamada 8339, e/ou o restante do núcleo 8315) são formadas a partir de um material ou em liga com um material de modo que haja uma diferença de pelo menos em torno de 30 milivolts entre uma ou mais das camadas ou subcamadas subjacentes. Por exemplo, em algumas modalidades, cada uma das camadas e subcamadas da folha de material 8317 (por exemplo, a camada de brasagem 8335, a camada de sacrifício 8337, a subcamada 8339, e/ou o restante do núcleo 8315) pode ser formada a partir de um material ou em liga com um material de modo que haja uma diferença de pelo menos em torno de 30 milivolts entre cada camada adjacente, ou entre camadas ou subcamadas separadas umas das outras.

Conforme mencionado acima, em algumas modalidades o núcleo 8315 inclui titânio. Em quantidades suficientes, titânio pode formar dendritos durante a fundição do núcleo 8315, resultando em camadas de alumínio rico em titânio dispersas por todo o núcleo 8315. Dependendo, pelo menos em parte, da maneira pela qual a folha de material que define o núcleo 8315 é produzida, o alumínio rico em titânio pode estar localizado primariamente na camada de sacrifício 8337, primariamente no restante do núcleo 8315, ou de forma plena por todo o núcleo 8315. Em algumas modalidades, o alumínio rico em titânio pode formar subcamadas no núcleo 8315, e pode servir como uma outra medida de resistência a uma corrosão de material de núcleo. Essas subcamadas também

podem ser anódicas para porções adjacentes do núcleo 8315 para uma resistência à corrosão adicional.

Naquelas modalidades em que alumínio rico em titânio é formado em subcamadas do material de núcleo conforme recém descrito, o alumínio rico em titânio pode ajudar a aumentar resistência à corrosão ao forçar a corrosão a se propagar em direções paralelas ou substancialmente paralelas ao núcleo 8315, ou em direções paralelas ou substancialmente paralelas às subcamadas de alumínio rico em titânio, desse modo ajudando da desacelerar ou reduzir a corrosão com microporosidade. Em algumas modalidades, o material do núcleo 8315 compreende em torno de 0,05 - 0,30 % em peso titânio. Em outras modalidades, a camada de núcleo 8315 tendo em torno de 0,10 - 0,25 % em peso de titânio provê boa performance de resistência e resistência à corrosão. Contudo, em muitas modalidades, a folha de material 8317 tendo a núcleo 8315 com uma camada de núcleo8315 tendo um teor de titânio de aproximadamente 0,20 % em peso ou ligeiramente mais alto provê uma performance geral melhorada.

Em algumas modalidades, a folha de material 8317 tem uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm (sendo notado que qualquer uma das espessuras de parede de tubo e material de inserção relativamente finas pode ser usada). Por exemplo, a folha de material na modalidade ilustrada das FIG. 92 e 93 tem uma espessura de aproximadamente 100 µm (3,937 mil). Conforme descrito acima, algumas modalidades da presente invenção têm uma subcamada de núcleo modificada 8339 que pode ser produzida pela difusão de silício ali. O silício pode se difundir a partir da

camada de sacrifício 8337 ou a partir do material de brasagem 8335 para o núcleo 8315 nessas modalidades. Essa difusão pode ocorrer durante um processo de brasagem. À luz do fato que a taxa de difusão para o núcleo 8315 pode determinar, pelo menos parcialmente, a profundidade resultante da subcamada de núcleo modificada 8339, um controle dessa difusão é possível pela camada de sacrifício 8337. Nesse sentido, a camada de sacrifício 8337 pode impedir (mas não parar) essa difusão de silício, e pode compreender um material (por exemplo, uma liga de alumínio mais resistente à difusão de silício e tendo o potencial de corrosão conforme descrito acima) em que o silício se difunde a uma taxa mais lenta do que o material do núcleo 8315. Pela utilização de uma camada de sacrifício como essa 8337, a difusão de silício pode ser limitada a uma profundidade de 50 µm (1,969 mil) enquanto ainda se permite um tempo de brasagem suficiente a uma temperatura de brasagem suficientemente alta para brasagem da aleta 8313 a uma folha de material 8317. Em algumas modalidades, o processo de fabricação descrito aqui pode impedir ou reduzir significativamente a difusão além de uma profundidade de 30 µm (1,181 mil).

Em modalidades em que duas ou mais porções do trocador de calor são presas em conjunto, a segunda porção do trocador de calor (por exemplo, as aletas 8313) pode incluir, também ou alternativamente, a camada de brasagem formada sobre ou aplicada a uma superfície externa, uma camada interna de sacrifício disposta sob a camada de brasagem ou uma porção da camada de brasagem, e um núcleo disposto sob a camada de sacrifício. De forma alternativa

ou adicional, um núcleo da folha de material usado para a formação da segunda porção do trocador de calor (por exemplo, as aletas 8313) pode incluir uma porção externa ou camada de material de núcleo modificado, conforme descrito acima. Mais ainda, cada uma das camadas e subcamadas das folhas de material usadas para a formação da segunda porção do trocador de calor (por exemplo, as aletas 8313) pode ser anódica para uma ou mais camadas ou subcamadas subjacentes. Em algumas dessas modalidades, cada uma das camadas e subcamadas das folhas de material 8333 usadas para a formação da segunda porção do trocador de calor (por exemplo, as aletas 8313) é formada a partir de um material ou em liga com um material de modo que haja uma diferença de pelo menos em torno de 30 milivolts entre cada camada adjacente da segunda porção do trocador de calor.

Em algumas modalidades em que duas ou mais porções do trocador de calor são presas em conjunto, a primeira porção do trocador de calor pode ser formada a partir de uma folha de material tendo uma porção externa ou camada a qual é substancialmente anódica para uma camada ou porção externa de uma segunda porção do trocador de calor. Por exemplo, conforme mostrado nas FIG. 92 a 95, em algumas dessas modalidades, uma porção externa ou camada da aleta 8313 pode ser formada a partir de uma folha de material 8333 a qual seja anódica para uma folha de material 8317 usada para formação do tubo de trocador de calor 8310.

De forma alternativa ou adicional, a porção externa ou camada da aleta 8313 pode ser formada a partir de uma folha de material 8333 a qual seja anódica para uma camada de fase alfa residual 8341 formada a partir do material de

brasagem entre as superfícies externas do tubo de trocador de calor 8310 e a aleta 8313. Em algumas dessas modalidades, a camada de fase alfa residual 8341 é anódica para a camada de sacrifício 8337 da folha de material 8317 que forma o tubo de trocador de calor 8310.

Em algumas modalidades da presente invenção, as primeira e segunda porções de um trocador de calor podem ser conectadas a lados opostos de uma terceira porção do trocador de calor. Por exemplo, na modalidade ilustrada das FIG. 94 e 95, um tubo de trocador de calor 8310 tendo as primeira e segunda superfícies externas X1, X2 é formado a partir de uma primeira folha de material 8317. Conforme mostrado nas FIG. 94 e 95, cada lado da folha de material 8317 pode incluir uma camada de brasagem 8335 provendo pelo menos uma porção das superfícies externas X1, X2 da primeira folha de material 8317, uma camada interna de sacrifício ou proteção contra corrosão camada 8337 disposta sob a camada de brasagem 8335 ou uma porção de uma camada de brasagem 8335, e a núcleo 8315 disposta entre as camadas de sacrifício 8337. Em algumas modalidades, ambos os lados externos do núcleo 8315 podem incluir a subcamada 8339 de material de núcleo modificado.

Os inventores descobriram que uma proteção contra corrosão para trocadores de calor ou porções de trocadores de calor com espessuras de parede relativamente pequenas (por exemplo, espessuras de parede de menos de em torno de 0.20 mm (0,007874 in)) pode ser melhorada se o tempo de brasagem (isto é, o tempo quando o trocador de calor ou a porção do trocador de calor sendo brasado passa através do forno de brasagem) for reduzido. Os inventores determinaram

que uma redução de aproximadamente 10% no tempo de brasagem mostra os resultados desejados e pode prover, dentre outras vantagens, boa resistência e resistência à corrosão. Mais ainda, os resultados podem ser melhorados se o tempo de brasagem for mais reduzido à metade aproximadamente.

Mais particularmente, os inventores descobriram que um aumento na velocidade de brasagem pode reduzir a difusão de silício a partir de uma camada de brasagem 8335 para as camadas ou subcamadas subjacentes da folha de material 8317. A difusão de silício é ilustrada nas FIG. 93 e 95 com setas tracejadas. A profundidade de difusão do silício pode ser menor do que em torno de 50 µm (1,969 mil), ou em algumas modalidades, pode ser significativamente menor. A FIG. 96 ilustra graficamente esta relação. A curva tracejada na FIG. 96 representa a progressão da difusão do silício, enquanto a curva sólida representa a progressão da difusão de acordo com materiais e técnicas de brasagem convencionais.

Em algumas modalidades da presente invenção, trocadores de calor ou porções de trocadores de calor sendo brasados são colocados em um transportador ou um dispositivo de transporte similar, o qual passa através de diferentes zonas de temperatura de um forno de brasagem de CAB. Em algumas dessas modalidades, a temperatura do forno de brasagem pode estar na faixa de aproximadamente 577 a 610 °C (1070 - 1130 °F).

O tempo ótimo de brasagem para trocador de calor específico ou para uma porção específica de um trocador de calor depende, pelo menos em parte, da massa total do trocador de calor ou da porção do trocador de calor sendo

brasada, da condição de revenido das folhas de material sendo brasadas, da espessura das folhas de material sendo brasada, e da composição das folhas de material sendo brasadas. Por exemplo, em algumas modalidades, a velocidade de transporte for brasagem de trocadores de calor ou porções de trocadores de calor com espessuras de parede de 0,20 mm (0,007874 in) ou mais em um forno de brasagem de CAB é de aproximadamente 0,5 - 1,5 m/min (19,69 - 59,055 in/min).

Antes da brasagem um trocador de calor ou porção de um trocador de calor, os inventores descobriram que amostras de material tendo propriedades de material substancialmente similares ou idênticas às do trocador de calor ou da porção do trocador de calor sendo brasado podem ser usadas para se determinar experimentalmente um perfil de temperatura ótimo para o material específico do trocador de calor ou da porção do trocador de calor sendo brasado. Os inventores também descobriram que pela determinação de um perfil de temperatura ótimo, é possível aumentar a velocidade de transporte do trocador de calor ou da porção do trocador de calor sendo brasado para em torno de 1,5 - 4,0 m/min (4,92 - 13,12 ft/min), desse modo se reduzindo o tempo de brasagem.

Em algumas modalidades, um fluxo não corrosivo pode ser aplicado à superfície externa X1 de uma ou ambas as folhas de material de alumínio 8317, 8333 antes da brasagem. Em algumas modalidades, pode não ser necessário aplicar o material de fluxo à superfície externa X1 de uma ou ambas as folhas de material 8317, 8333, para a obtenção de conexões brasadas de alta qualidade. Mais ainda, em

algumas modalidades, incluindo modalidades em que um material de fluxo não é aplicado às superfícies das folhas de material 8317, 8333 antes da brasagem, os inventores determinaram que conexões de brasagem de alta qualidade interna podem ser criadas em uma atmosfera controlada pela adição de uma ou mais ligas, tais, por exemplo, magnésio e/ou lítio às folhas de material 8317, 8333.

Vários recursos e vantagens da invenção são estabelecidos nas reivindicações a seguir.

PI0707177-9

REIVINDICAÇÕES

1. Tubo trocador de calor **caracterizado** pelo fato de compreender:

um corpo de tubo pelo menos parcialmente definido por uma primeira folha de material, o corpo de tubo tendo uma espessura, uma largura maior do que e substancialmente perpendicular à espessura, uma câmara interna, um primeiro e um segundo lados largos opostos, e um primeiro e um segundo lados estreitos opostos, a primeira folha de material sendo flexionada para definir, pelo menos parcialmente, os primeiro e segundo lados largos e os primeiro e segundo lados estreitos do corpo de tubo; e

uma segunda folha de material que forma uma inserção suportada na câmara interna do corpo de tubo entre os primeiro e segundo lados largos da primeira folha de material;

uma primeira porção da primeira folha de material se sobrepondo a uma segunda porção da primeira folha de material no primeiro lado estreito para fornecer pelo menos uma porção do primeiro lado estreito com uma espessura de material de pelo menos duas vezes aquela da primeira folha de material;

a primeira folha de material dobrada sobre si mesma em uma localização entre as primeira e segunda porções da primeira folha de material, para a provisão de pelo menos uma porção do segundo lado estreito com uma espessura de material de pelo menos duas vezes aquela da primeira folha de material.

2. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato das porções

sobrepostas da primeira folha de material se estenderem e terminarem no primeiro lado largo do corpo de tubo.

3. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da inserção ter extremidades opostas recebidas dentro e reforçando os primeiro e segundo lados estreitos e o segundo lado estreito do corpo de tubo.

4. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato das extremidades opostas da inserção corresponderem, no formato, às superfícies internas dos primeiro e segundo lados estreitos do corpo de tubo.

5. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de pelo menos uma das extremidades opostas da inserção ser dobrada de modo que uma primeira camada e uma segunda camada da inserção sejam substancialmente paralelas a pelo menos um dos primeiro e segundo lados largos do corpo de tubo.

6. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da segunda porção da primeira folha de material definir um recesso, e pelo fato de uma extremidade da primeira porção da primeira folha de material ser pelo menos parcialmente aninhada no recesso, de modo que uma superfície externa da segunda porção adjacente ao recesso seja substancialmente plana com uma superfície externa da primeira porção no recesso.

7. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato do recesso se estender para o interior de um dentre os primeiro e segundo lados largos do corpo de tubo.

8. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da primeira folha de material ter uma espessura não maior do que em torno de 0,15 mm.

9. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da primeira folha de material ter uma espessura não maior do que 0,10 mm.

10. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da primeira folha de material ter uma primeira camada que compreende uma liga de alumínio, uma segunda camada que compreende uma liga de alumínio tendo acumulações de um composto intermetálico incluindo silício, e uma terceira camada compreendendo um material de metal que é anódico com respeito à segunda camada e que é mais resistente à difusão de silício do que a segunda camada, a segunda camada localizada entre as primeira e terceira camadas.

11. Tubo trocador de calor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da primeira folha de material ser dobrada sobre si mesma duas vezes na localização, para a provisão de pelo menos uma porção do segundo lado estreito com uma espessura de material de pelo menos três vezes aquela da primeira folha de material.

12. Método de formação de um Tubo trocador de calor **caracterizado** pelo fato de compreender:

o dobramento da primeira folha de material sobre si mesma em uma localização entre extremidades opostas da folha de material;

a flexão da primeira folha de material na localização para pelo menos parcialmente definir um primeiro lado

estreito de um corpo de tubo que tem uma espessura de pelo menos duas vezes aquela da primeira folha de material;

a superposição de uma primeira porção da primeira folha de material com uma segunda porção da primeira folha de material para a definição pelo menos parcialmente de um segundo lado estreito do corpo de tubo oposto ao primeiro lado estreito e tendo uma espessura de pelo menos duas vezes aquela da primeira folha de material, e o corpo de tubo também tendo dois lados largos opostos conectados pelos dois lados estreitos; e

a formação de uma segunda folha de material em uma inserção recebida em uma câmara interna entre os primeiro e segundo lados largos da primeira folha de material e entre os primeiro e segundo lados estreitos da primeira folha de material.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato da superposição da primeira porção da primeira folha de material com a segunda porção da primeira folha de material compreender a localização de uma extremidade da segunda porção em uma posição sobre o primeiro lado largo do corpo de tubo.

14. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender o reforço do primeiro lado estreito e do segundo lado lateral do corpo de tubo com extremidades opostas da inserção.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender a conformação das extremidades opostas da inserção para corresponderem aos formatos internos dos primeiro e segundo lados estreitos do corpo de tubo.

16. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender o dobramento das extremidades opostas da inserção para a definição de camadas dobradas da inserção que são substancialmente paralelas a pelo menos um dos primeiro e segundo lados largos do corpo de tubo.

17. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de ainda compreender a formação de um recesso em uma extremidade da segunda porção da primeira folha de material com um recesso externo definido na primeira porção da primeira folha de material.

18. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato da espessura da folha de material não ser maior do que em torno de 0,15 mm.

19. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato da espessura da folha de material não ser maior do que em torno de 0,10 mm.

20. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato da primeira folha de material ter uma primeira camada que compreende uma liga de alumínio, uma segunda camada que compreende uma liga de alumínio tendo acumulações de um composto intermetálico incluindo silício, e uma terceira camada compreendendo um material de metal que é anódico com respeito à segunda camada e que é mais resistente à difusão de silício do que a segunda camada, a segunda camada localizada entre as primeira e terceira camadas.

21. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato do dobramento da primeira folha de material sobre si mesma compreender o dobramento da

primeira folha de material sobre si mesma duas vezes na localização, de modo a se prover o primeiro lado estreito com uma espessura de pelo menos três vezes aquela da primeira folha de material.

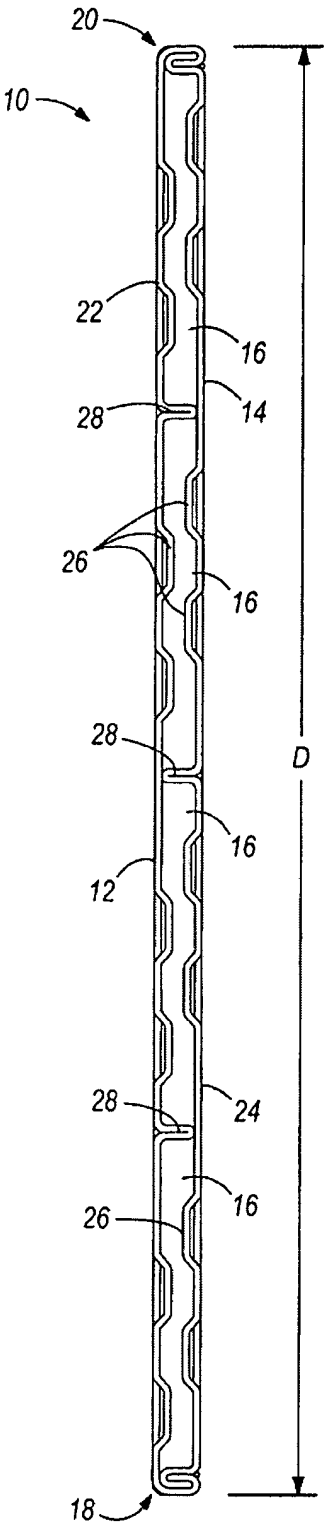

20
10
22
16
28
14
26
16
28
16
12
28
24
16
26
18
D

FIG. 1

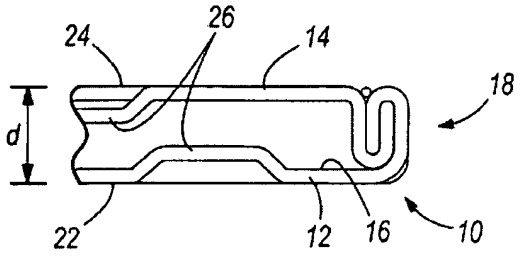

24
26
14
18
d
22
12
16
10

FIG. 2

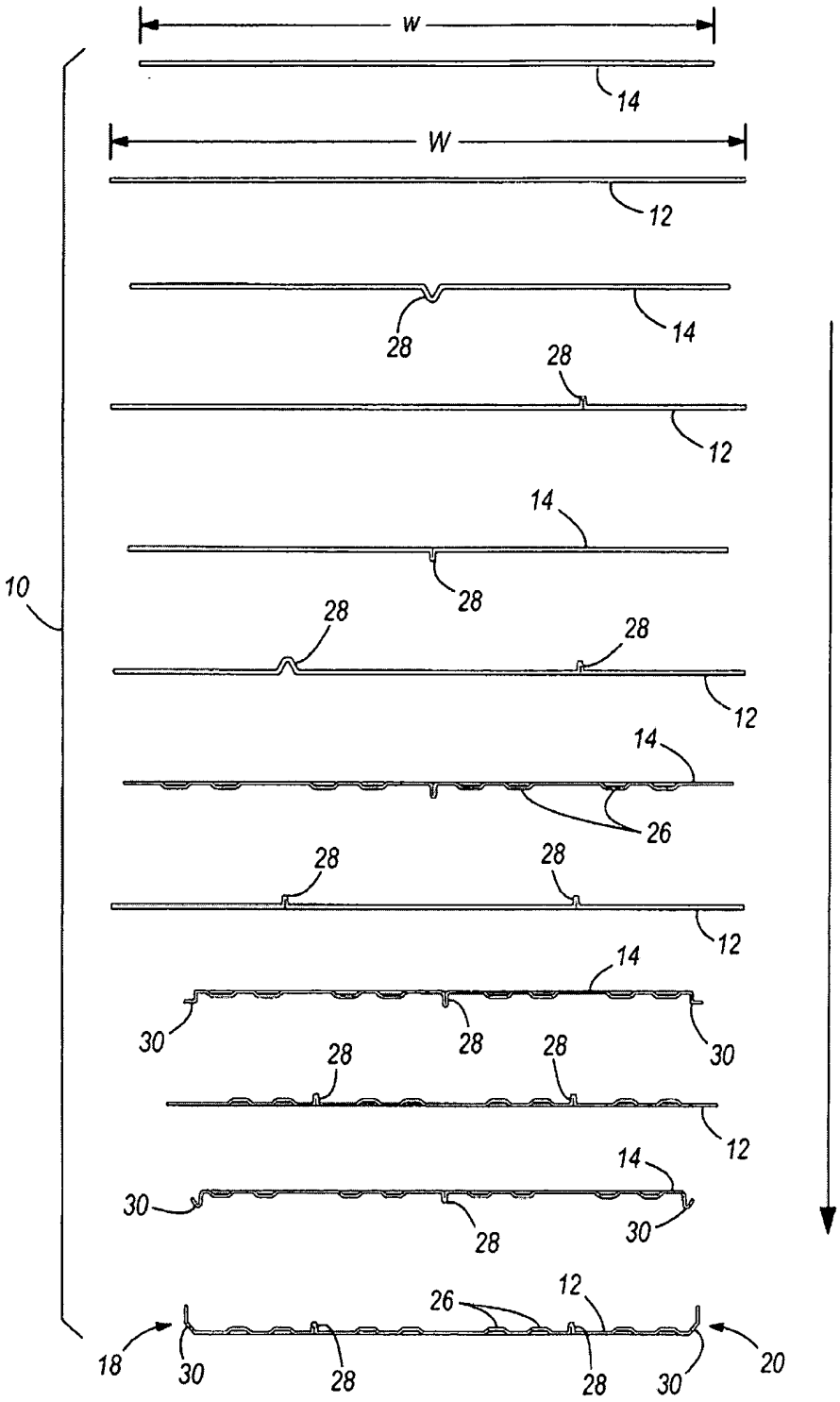

w
14
W
12
28
14
28
28
12
14
28
10
28
28
12
14
26
28
28
12
14
30
28
28
30
28
28
12
14
30
28
30
26
12
18
30
28
28
30
20

FIG. 3

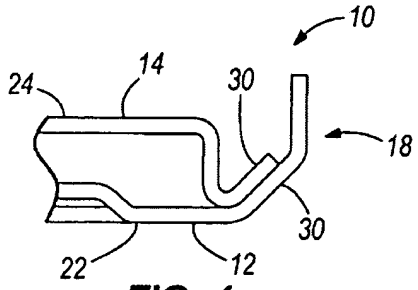


FIG. 4

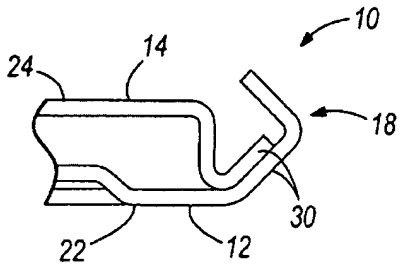


FIG. 5

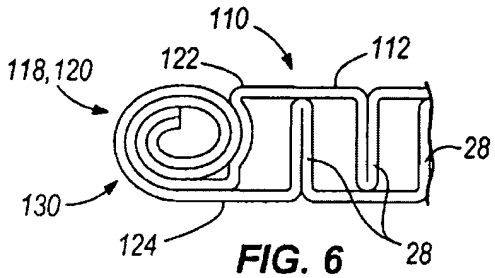


FIG. 6

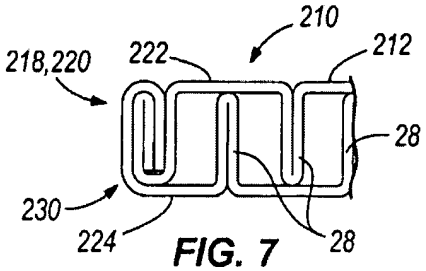


FIG. 7

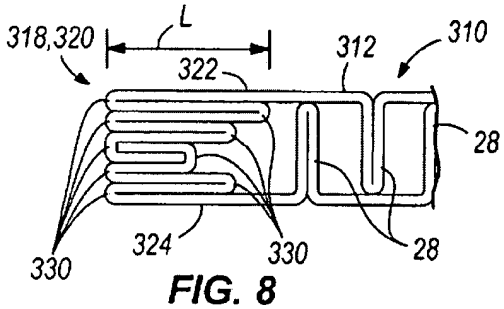


FIG. 8

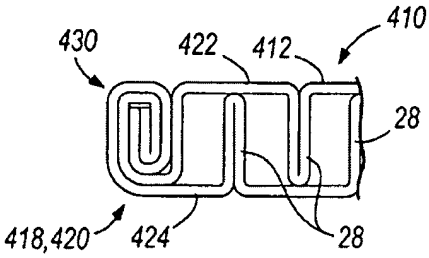


FIG. 9

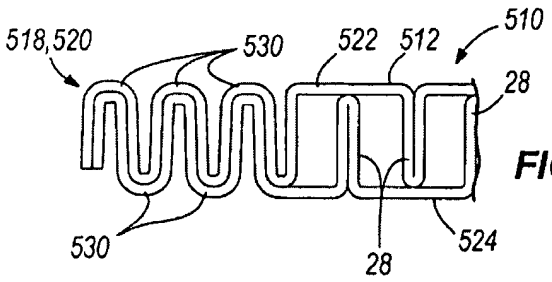


FIG. 10

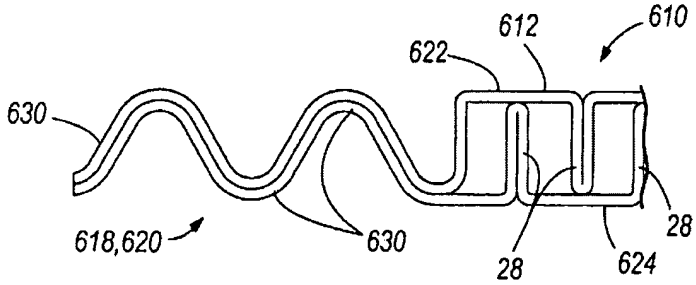


FIG. 11

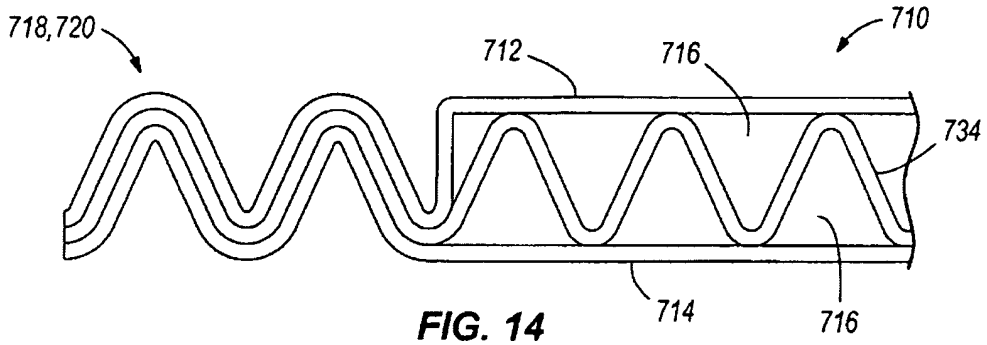


FIG. 14

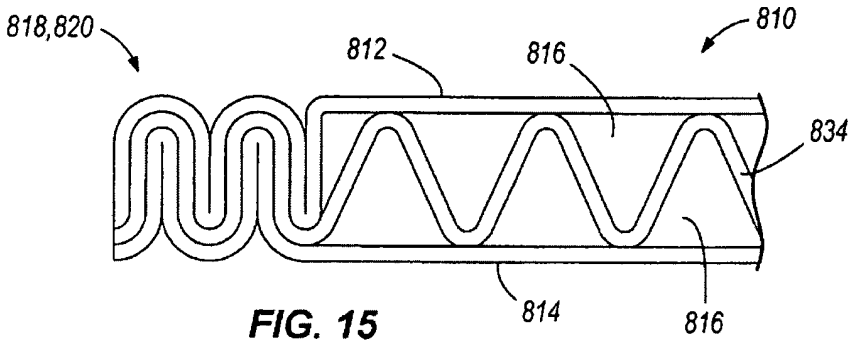


FIG. 15

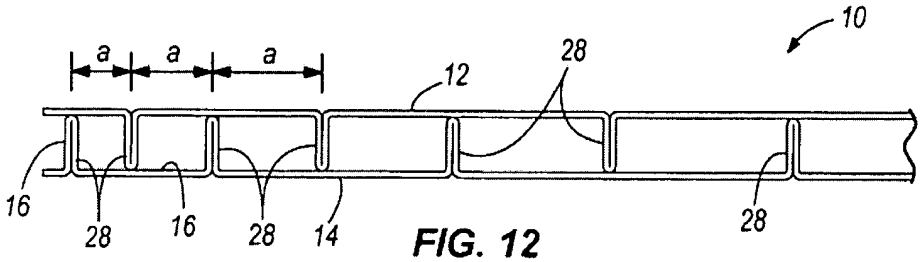


FIG. 12

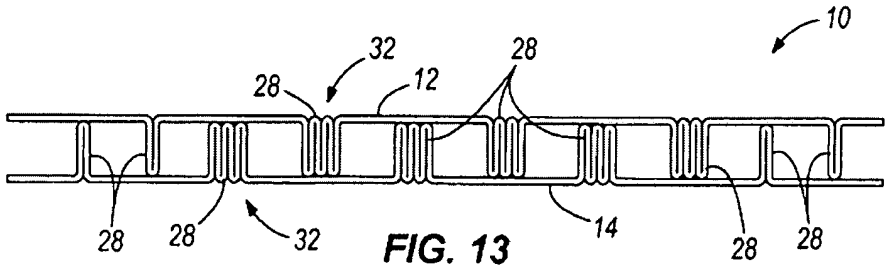


FIG. 13

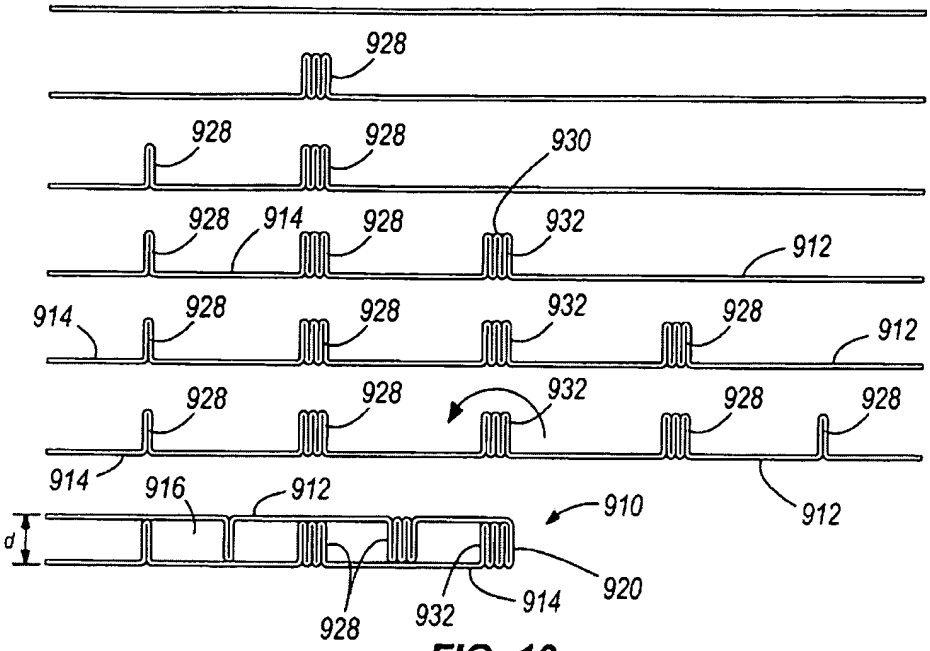


FIG. 16

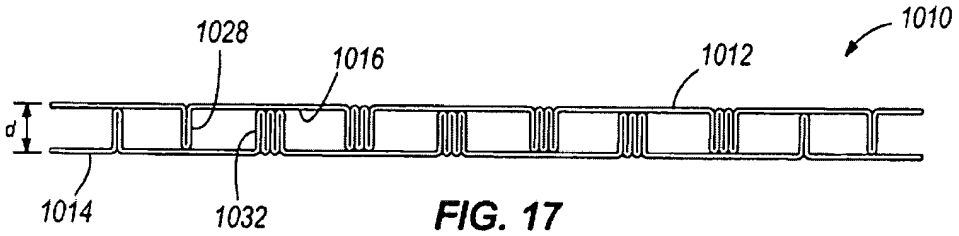


FIG. 17

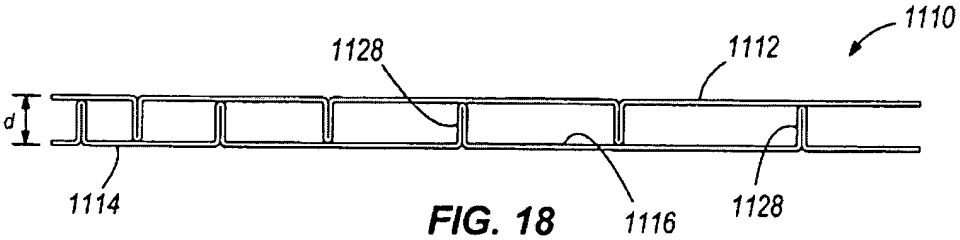


FIG. 18

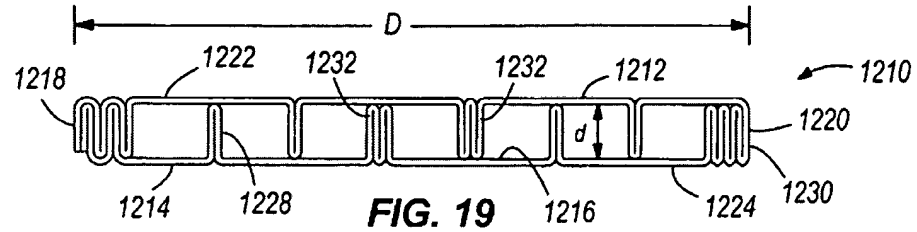


FIG. 19

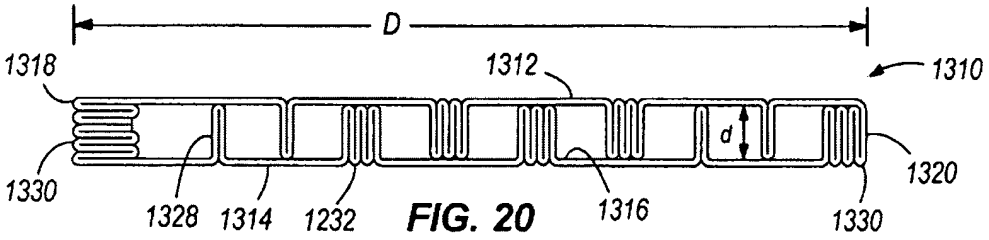


FIG. 20

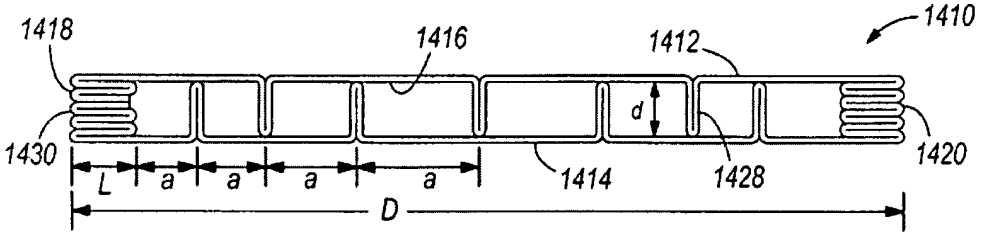


FIG. 21

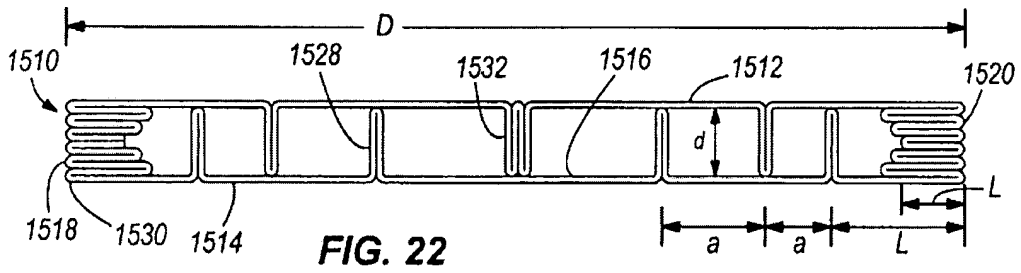


FIG. 22

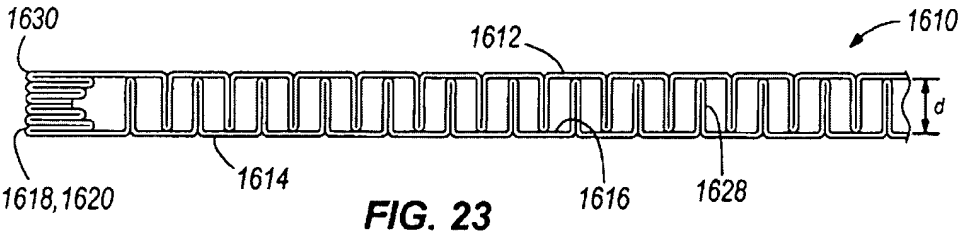


FIG. 23

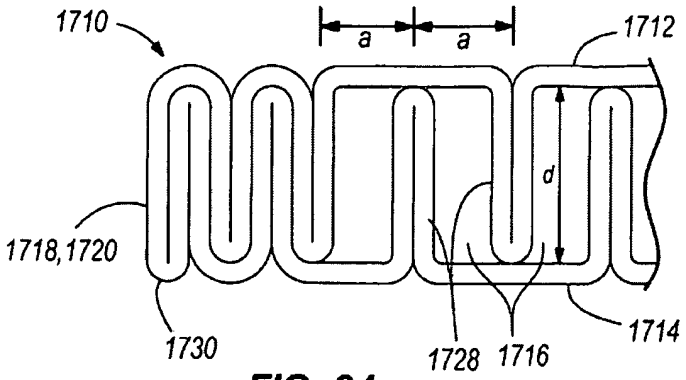


FIG. 24

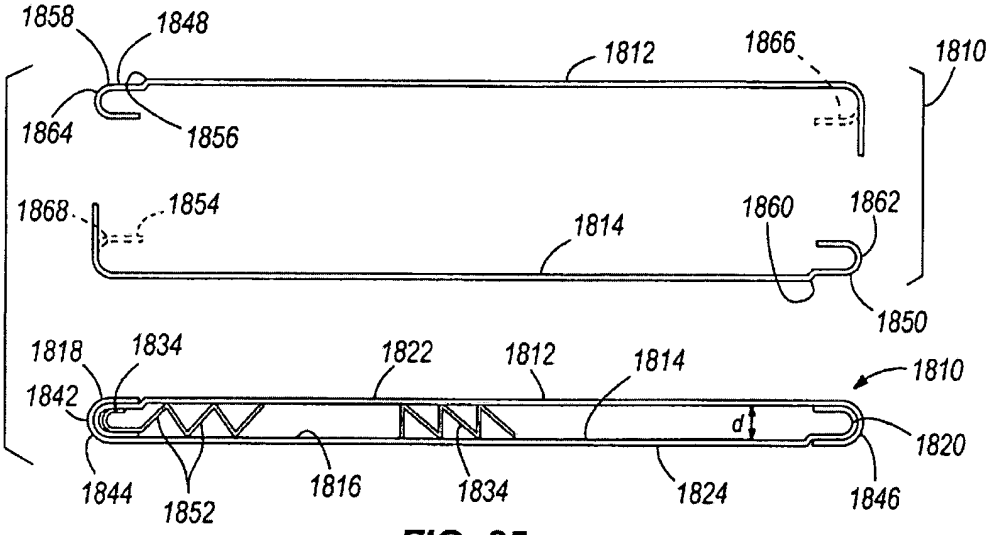


FIG. 25

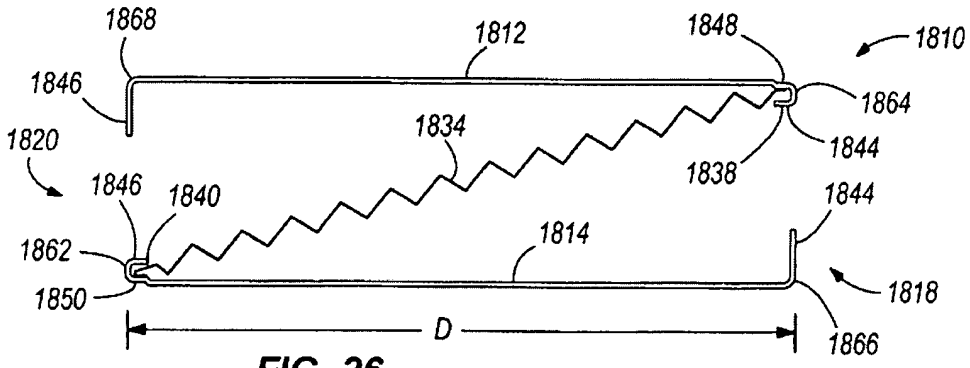


FIG. 26

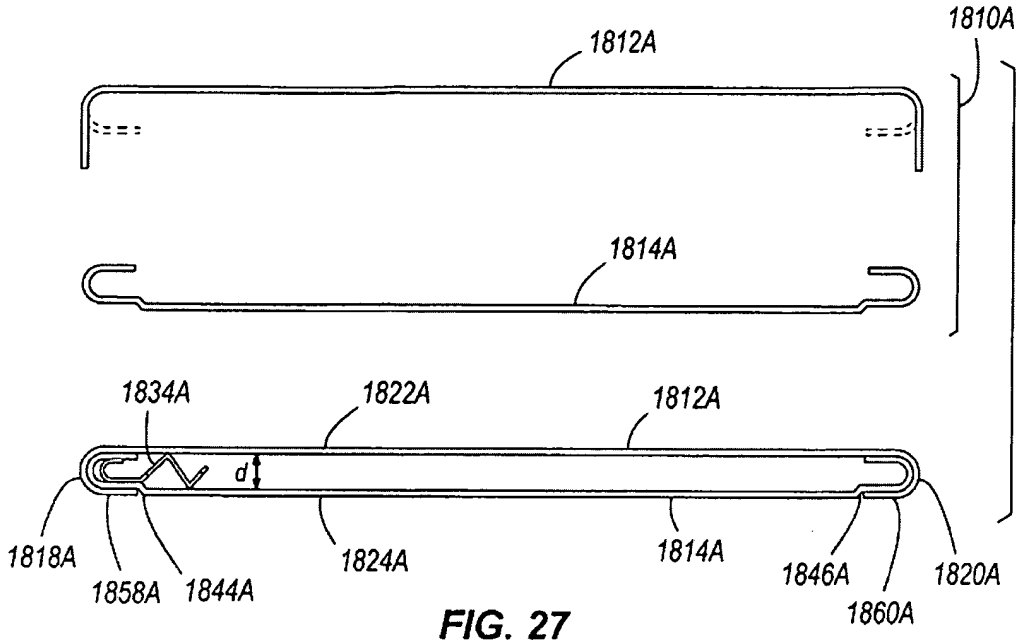

1810A
1812A
1814A
1834A
1822A
1812A
d
1818A
1858A
1844A
1824A
1814A
1846A
1860A
1820A

FIG. 27

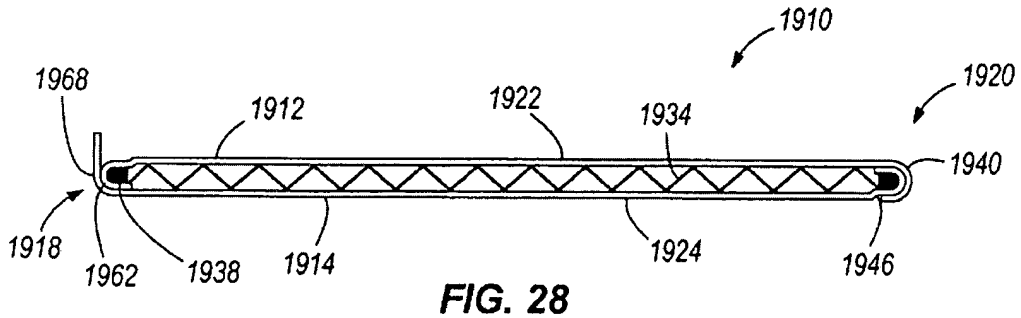

1910
1968
1912
1922
1934
1920
1940
1918
1962
1938
1914
1924
1946

FIG. 28

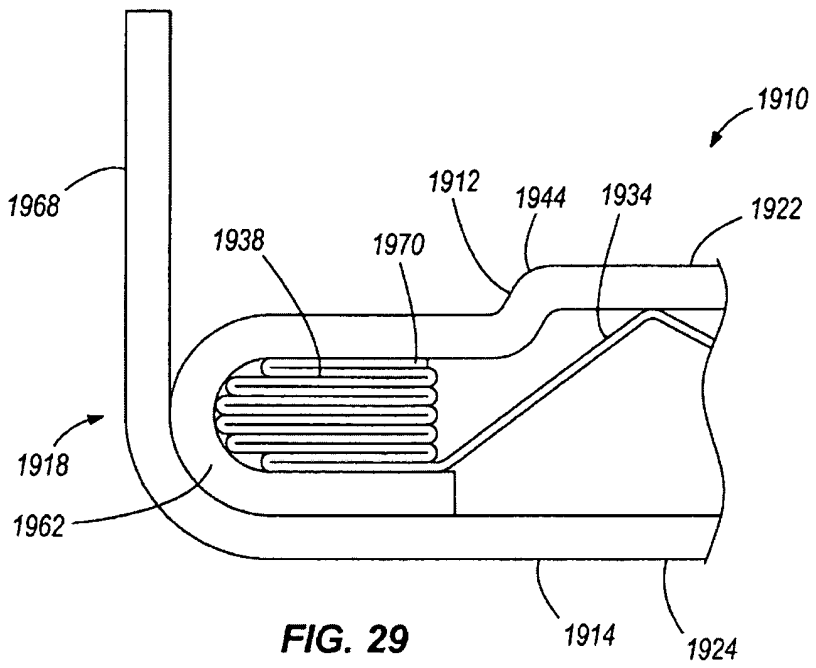


FIG. 29

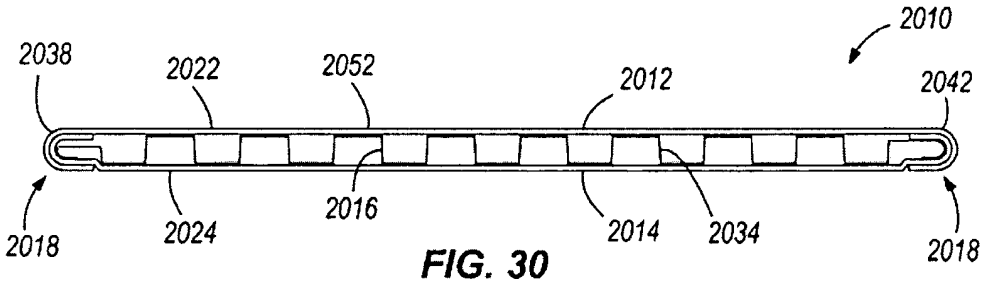


FIG. 30

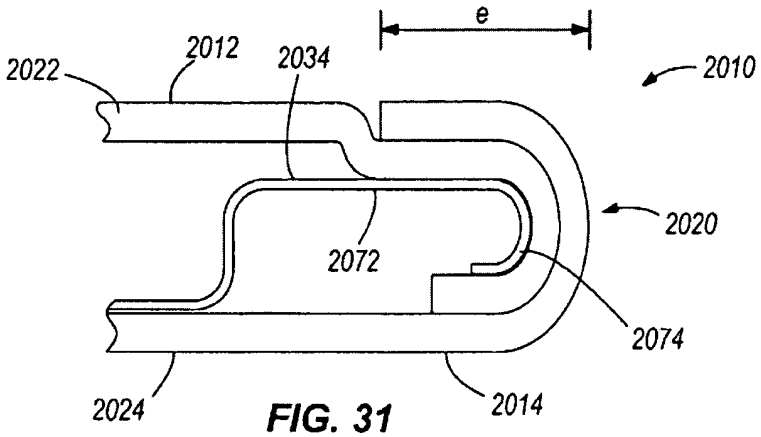


FIG. 31

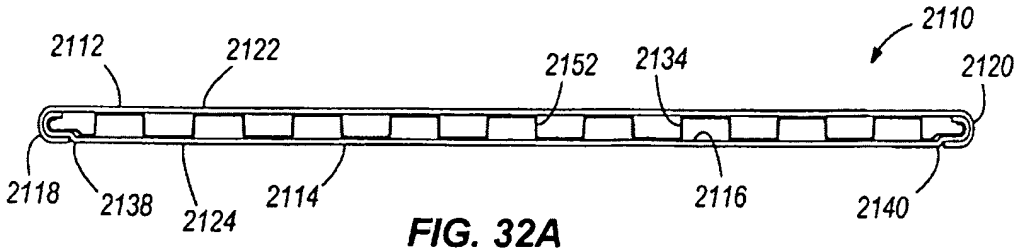


FIG. 32A

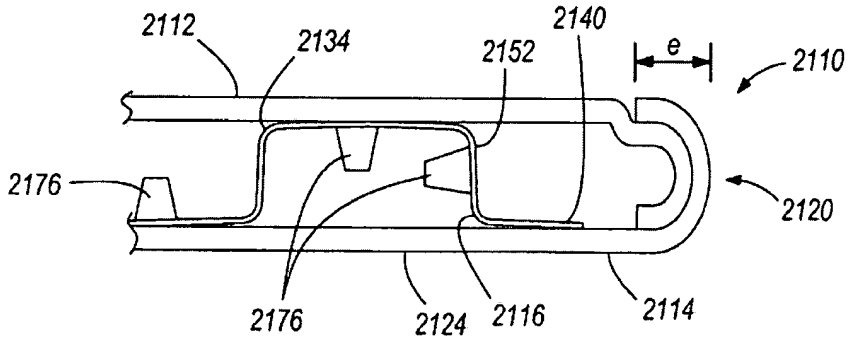


FIG. 32B

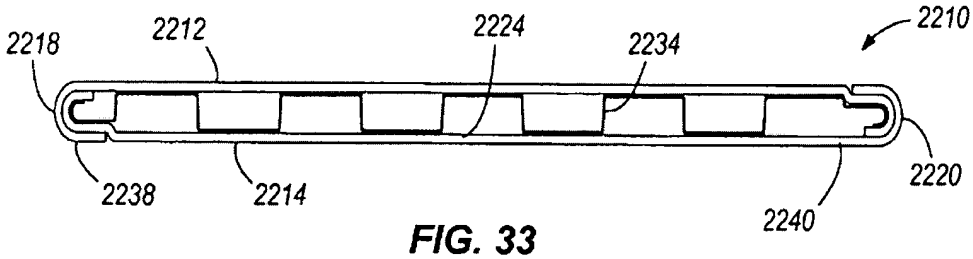


FIG. 33

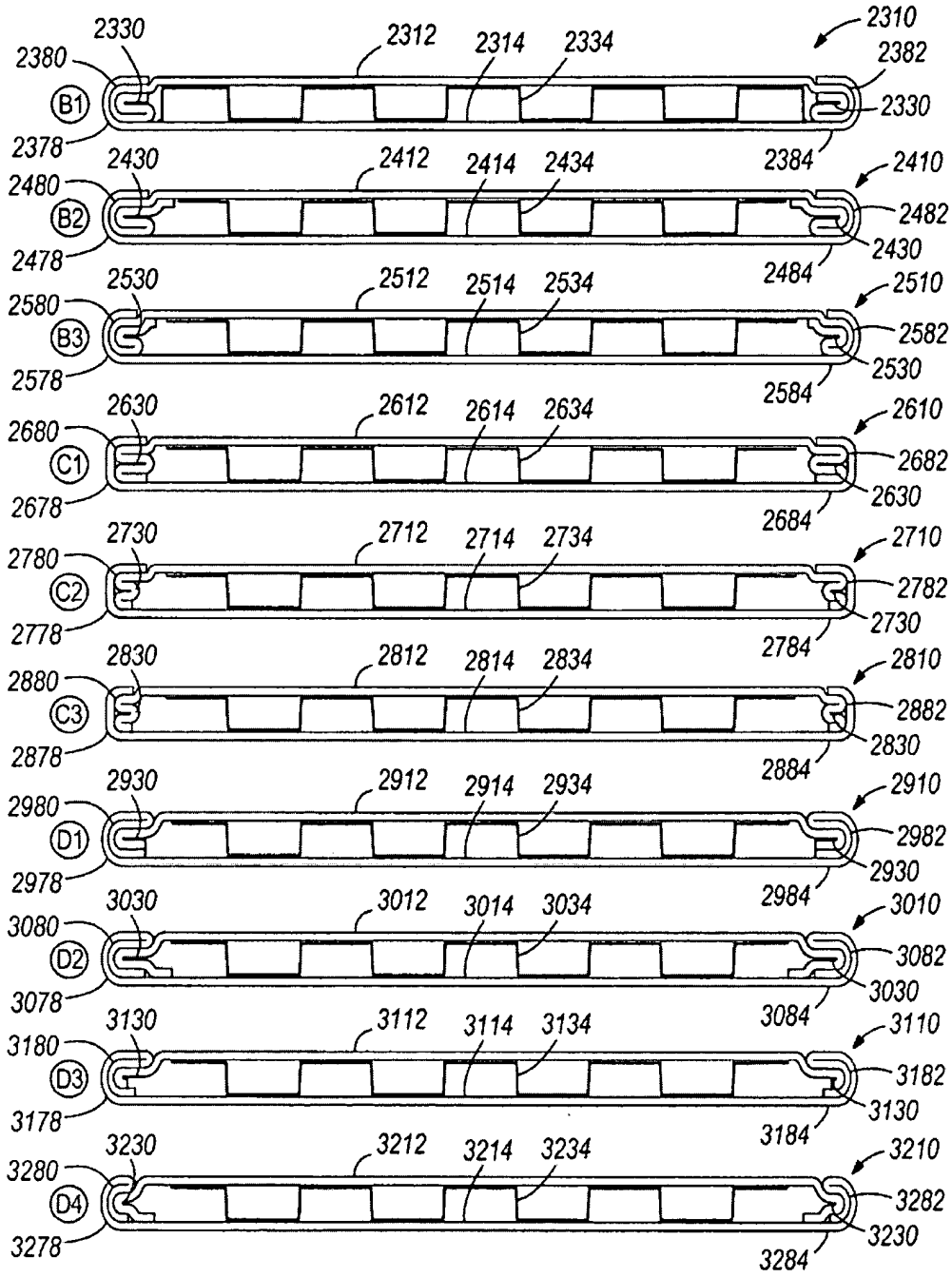

2330
2312
2314
2334
2310
2380
2382
B1
2330
2378
2384
2430
2412
2414
2434
2410
2480
2482
B2
2430
2478
2484
2530
2512
2514
2534
2510
2580
2582
B3
2530
2578
2584
2630
2612
2614
2634
2610
2680
2682
C1
2630
2678
2684
2730
2712
2714
2734
2710
2780
2782
C2
2730
2778
2784
2830
2812
2814
2834
2810
2880
2882
C3
2830
2878
2884
2930
2912
2914
2934
2910
2980
2982
D1
2930
2978
2984
3030
3012
3014
3034
3010
3080
3082
D2
3030
3078
3084
3130
3112
3114
3134
3110
3180
3182
D3
3130
3178
3184
3230
3212
3214
3234
3210
3280
3282
D4
3230
3278
3284

FIG. 34

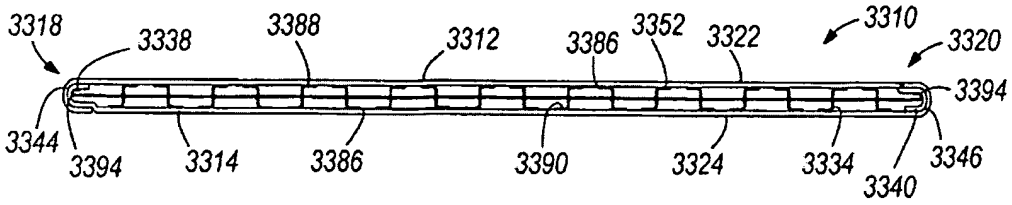


FIG. 35

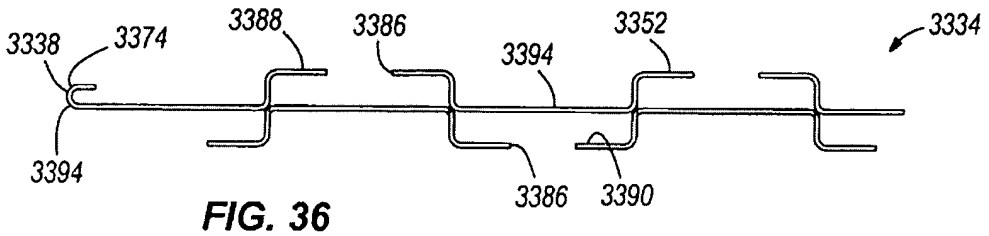


FIG. 36

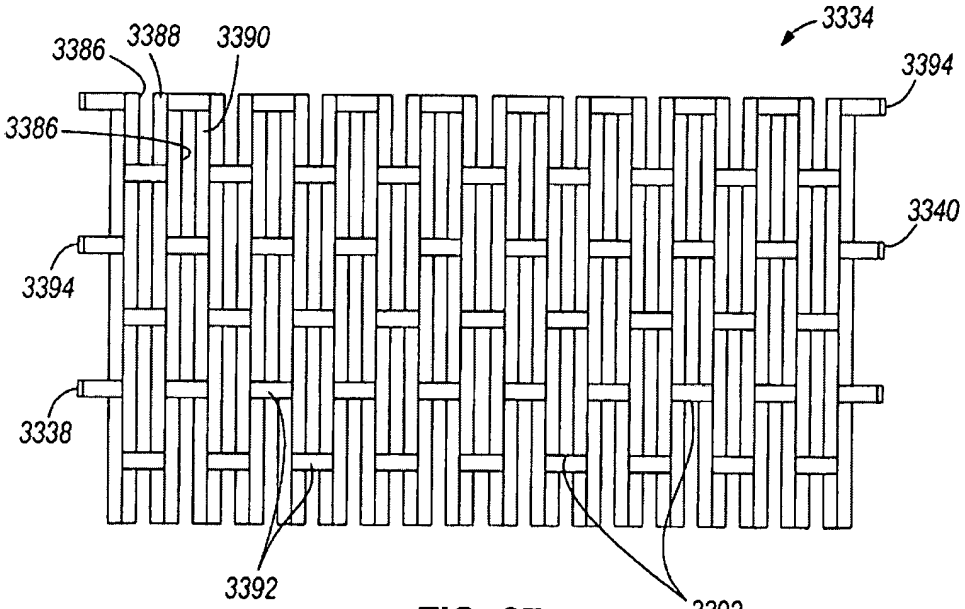


FIG. 37

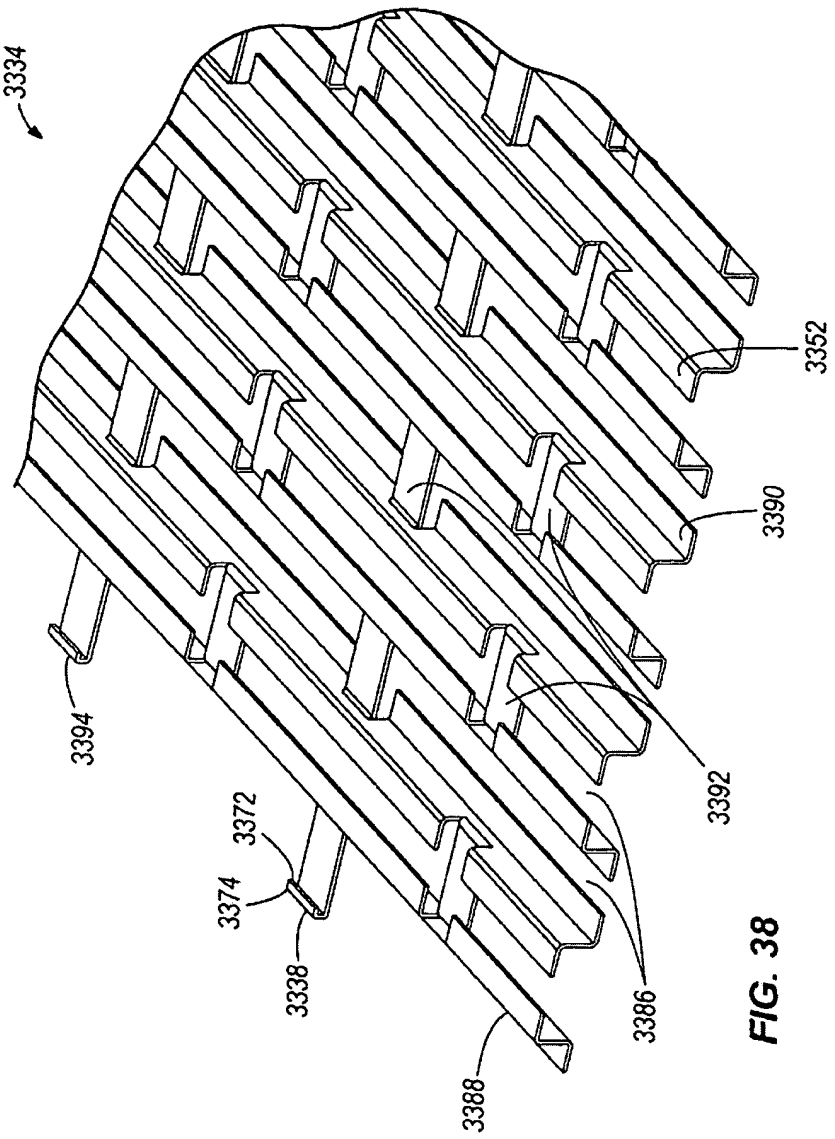


FIG. 38

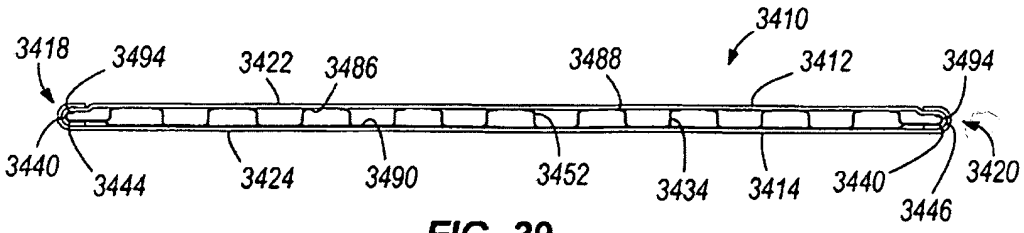


FIG. 39

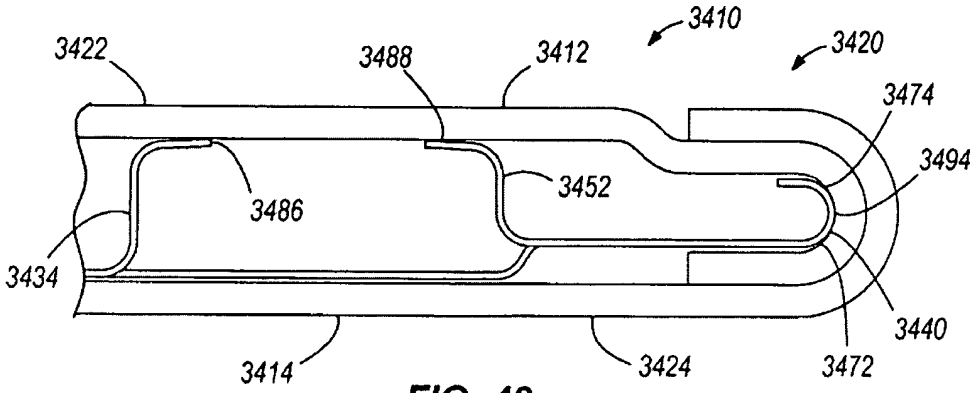


FIG. 40

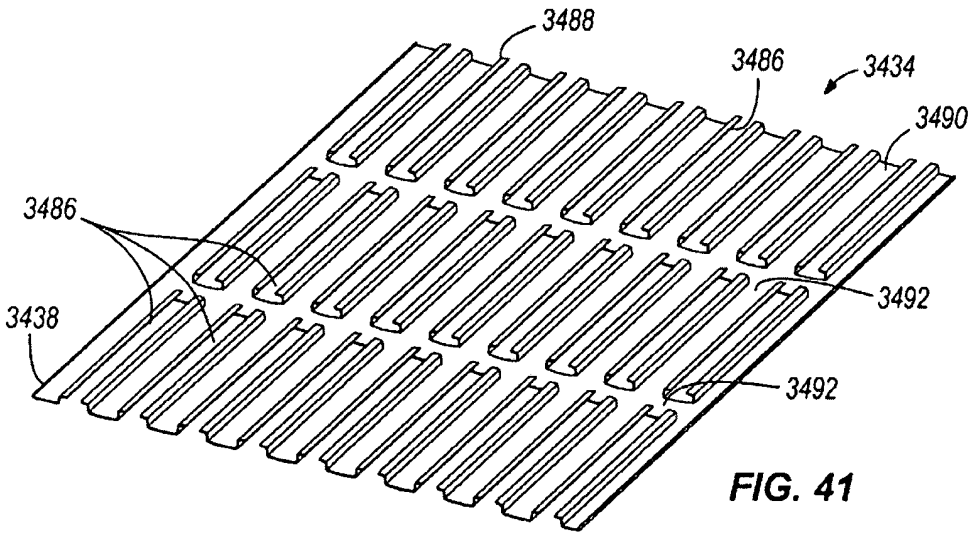


FIG. 41

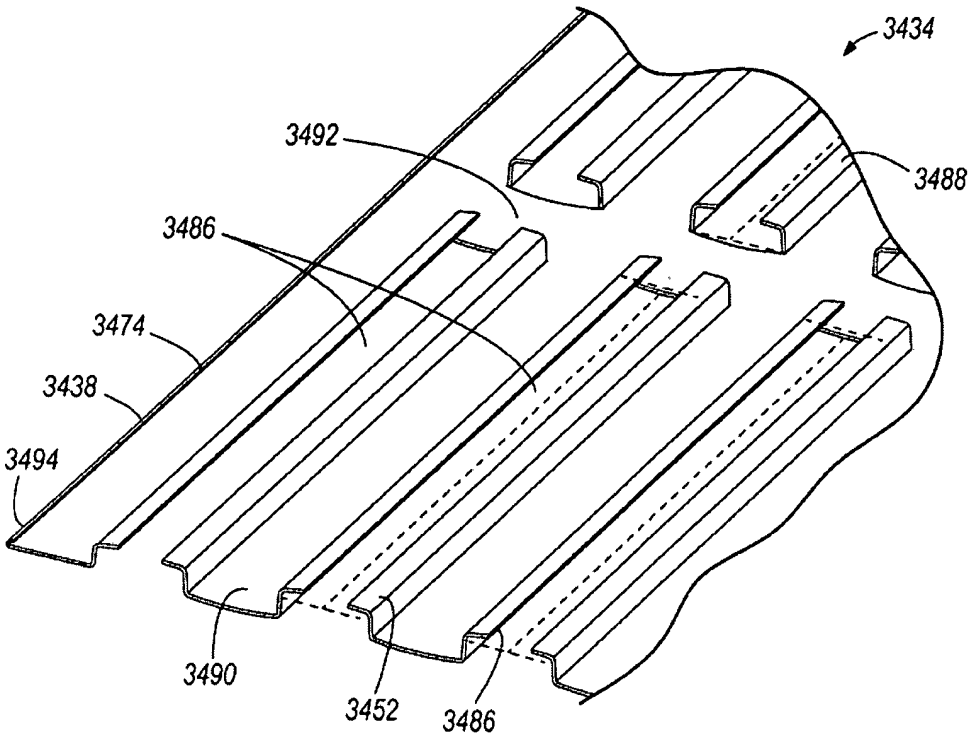


FIG. 42

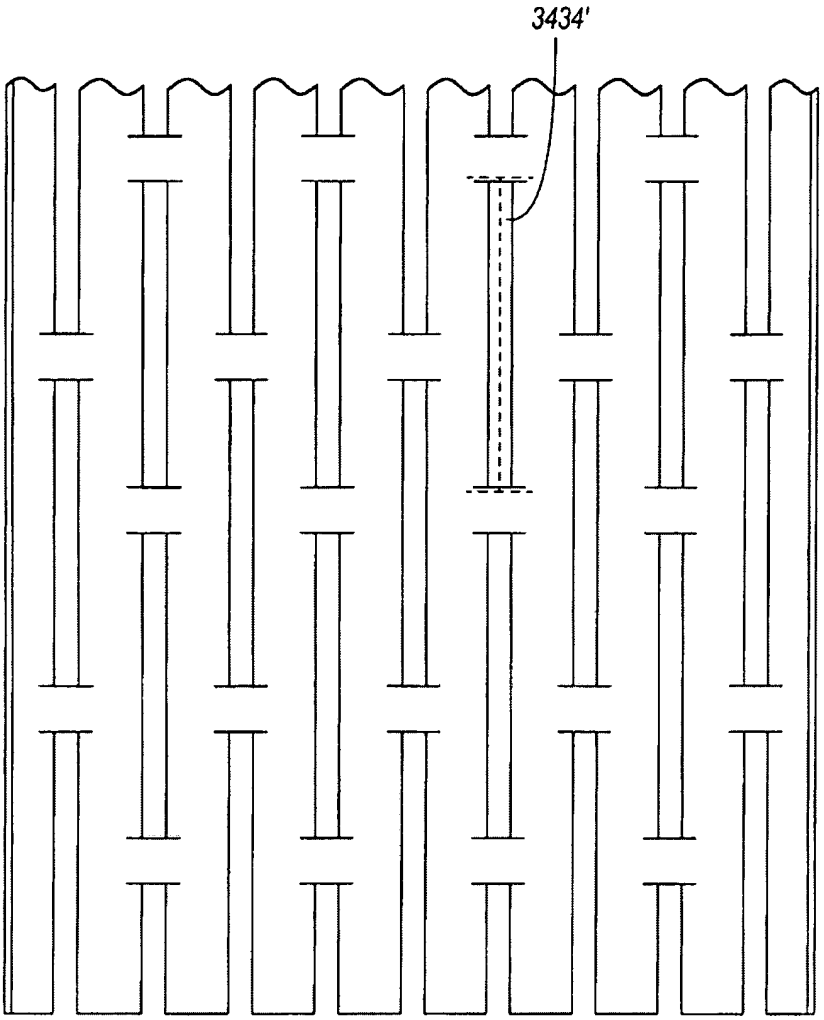


FIG. 43

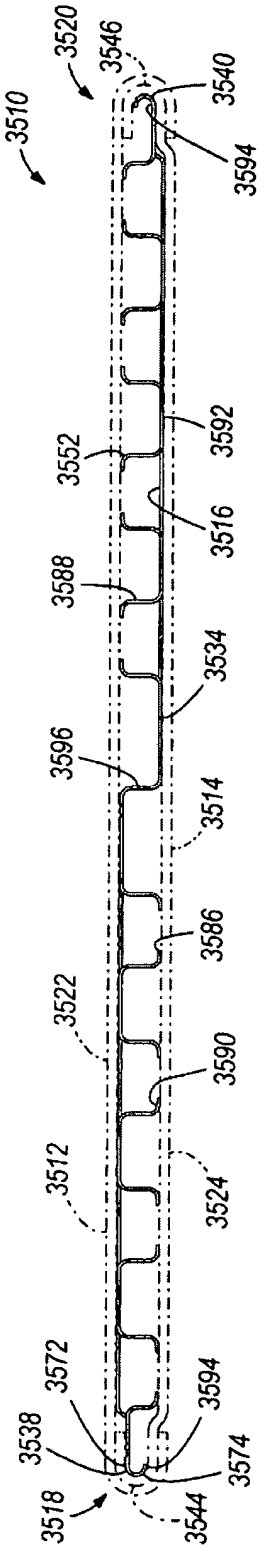

3510
3520
3546
3540
3594
3552
3592
3516
3588
3534
3596
3514
3586
3522
3590
3512
3524
3572
3538
3594
3574
3518
3544

FIG. 44

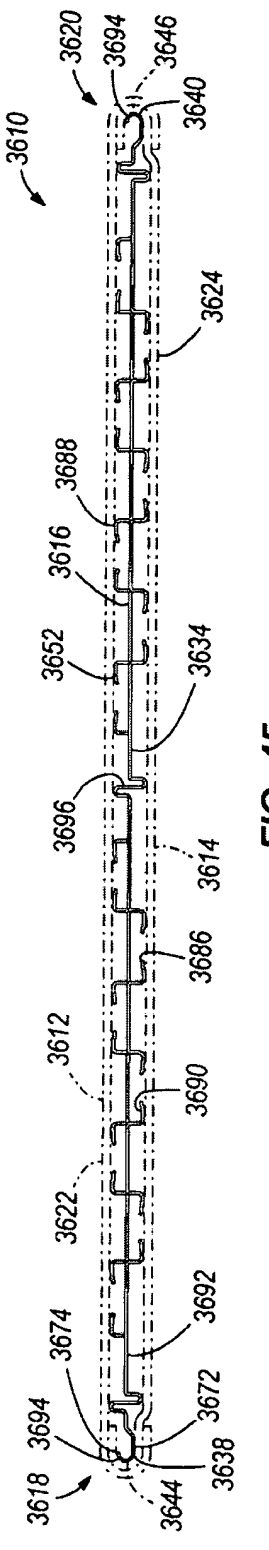

3610
3620
3694
3646
3640
3624
3688
3616
3652
3634
3696
3614
3686
3612
3690
3622
3692
3674
3694
3672
3638
3618
3644

FIG. 45

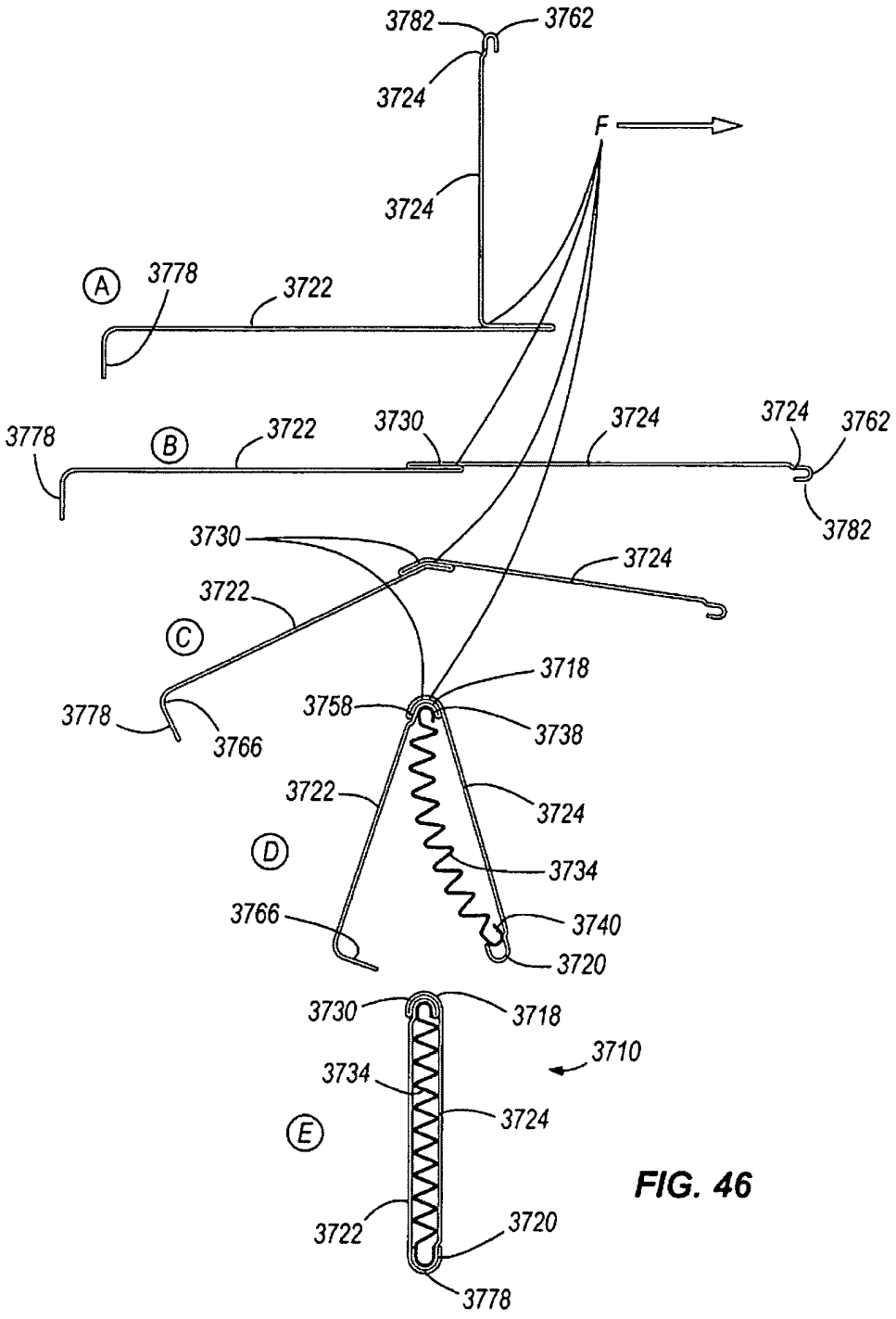

3782
3762
3724
F
3724
A
3778
3722
3778
B
3722
3730
3724
3724
3762
3782
3730
3724
3722
C
3778
3766
3718
3758
3738
3722
3724
D
3734
3766
3740
3720
3730
3718
3710
3734
3724
E
3722
3720
3778

FIG. 46

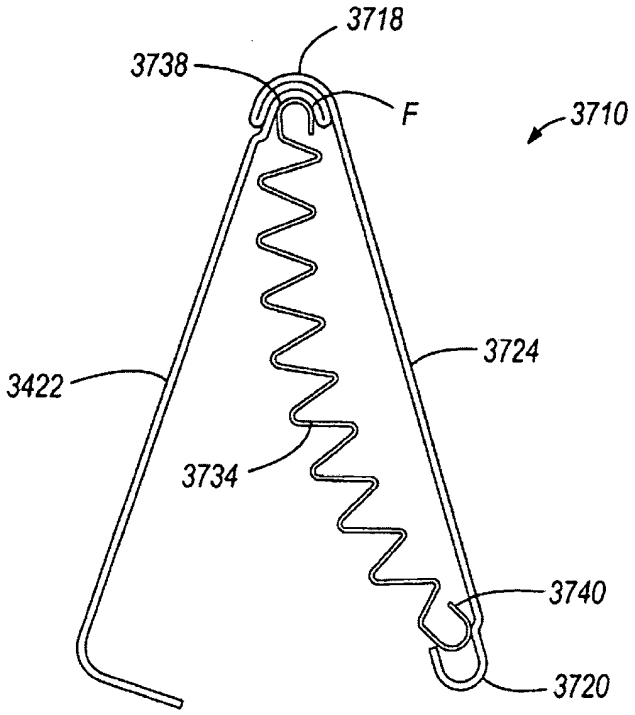


FIG. 47

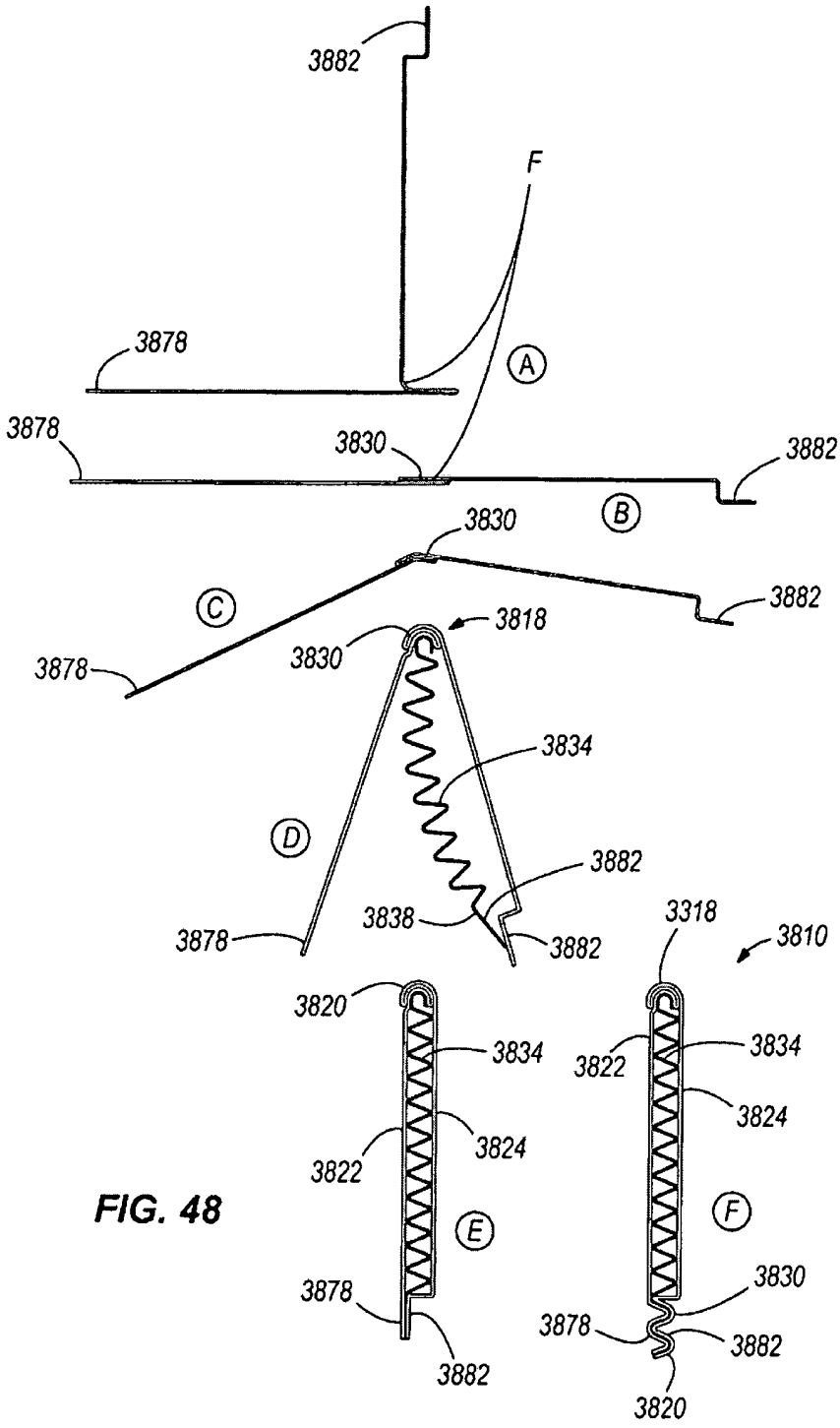

3882
F
3878
A
3878
3830
3882
B
3830
C
3882
3818
3878
3830
3834
D
3882
3838
3878
3882
3318
3810
3820
3834
3822
3834
3824
3822
3824
E
F
3878
3830
3878
3882
3882
3820

FIG. 48

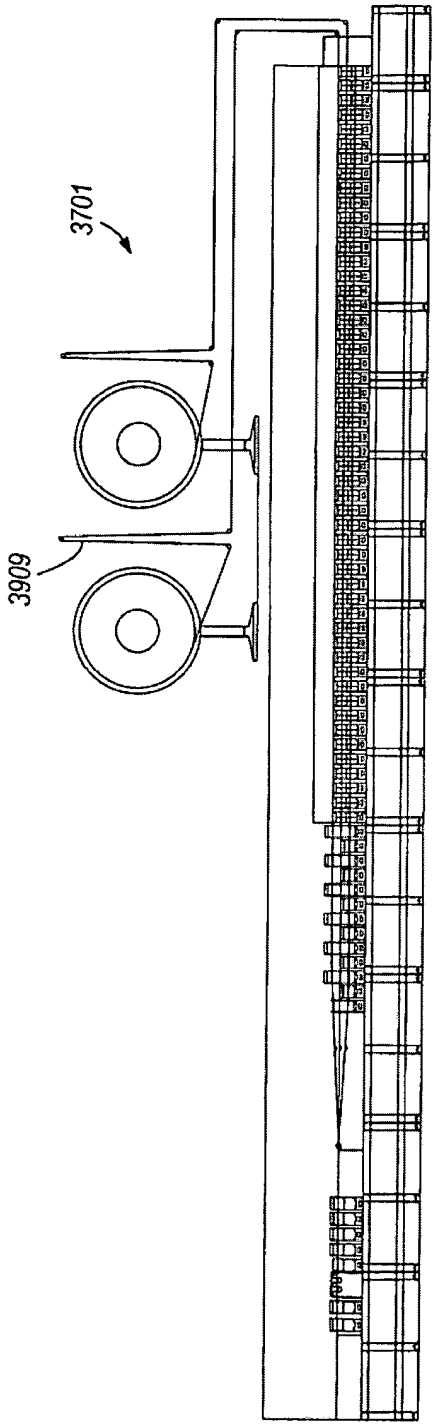


FIG. 49

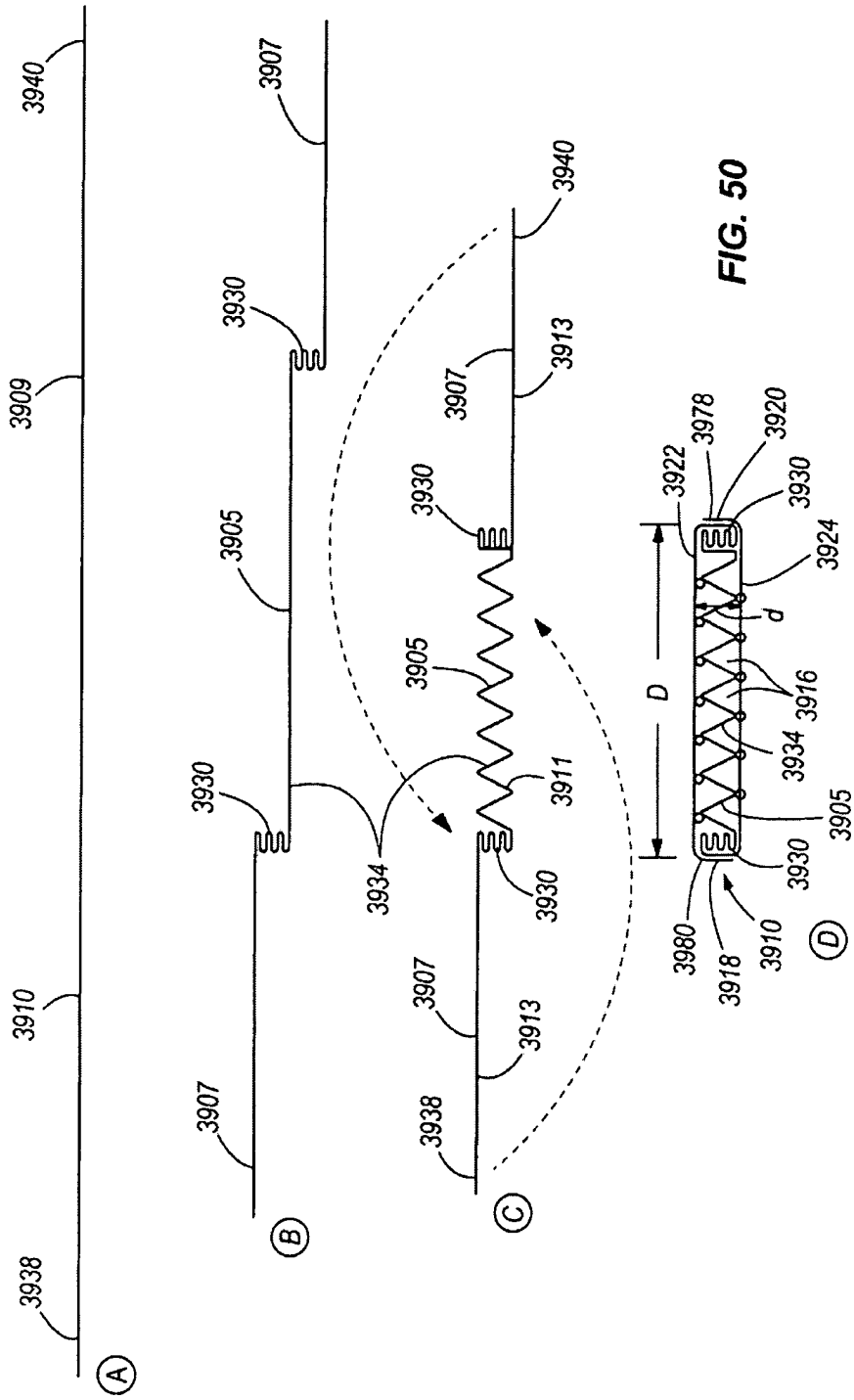

3940
3909
3910
3938
A
3907
3930
3905
3930
3907
B
3940
3913
3907
3930
3905
3911
3934
3930
3907
3913
3938
C
3922
3978
3920
3930
3924
d
D
3916
3934
3905
3930
3980
3918
3910
D

FIG. 50

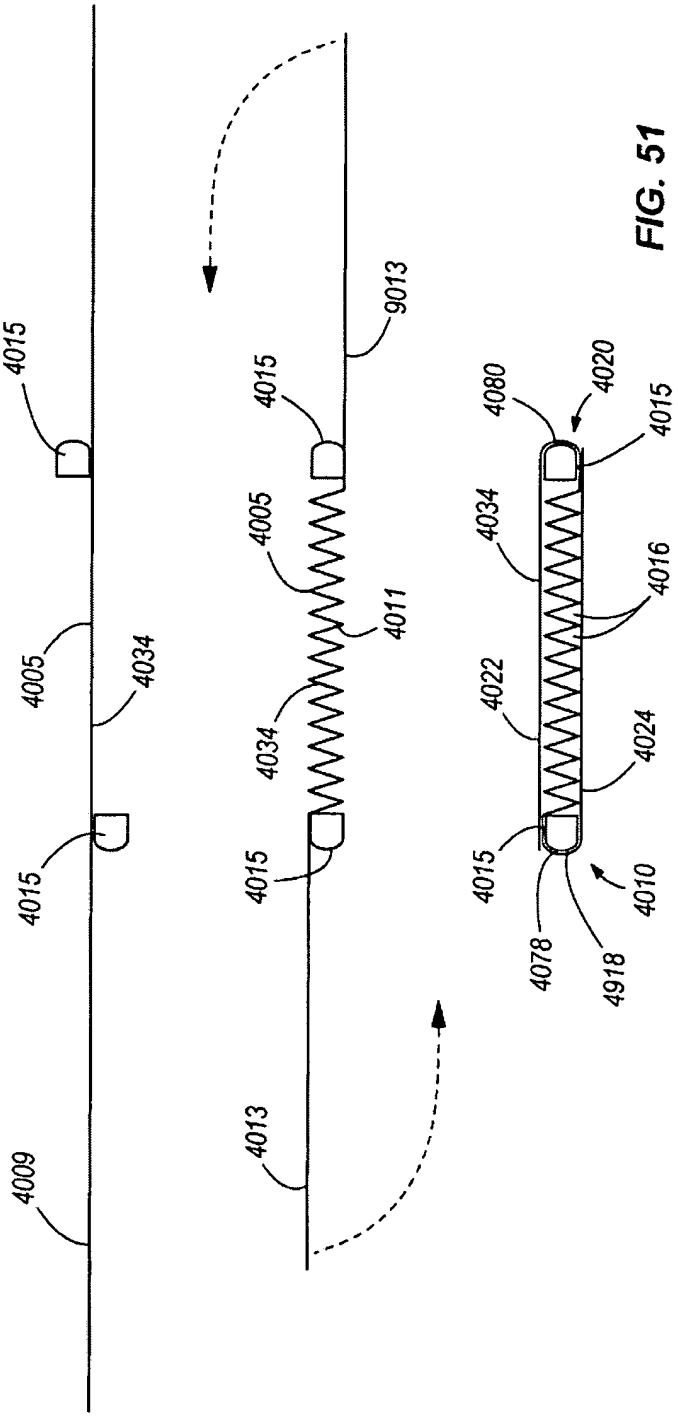

4015
4005
4034
4015
4009
9013
4015
4005
4011
4034
4015
4013
4080
4020
4015
4034
4016
4022
4024
4015
4010
4078
4918

FIG. 51

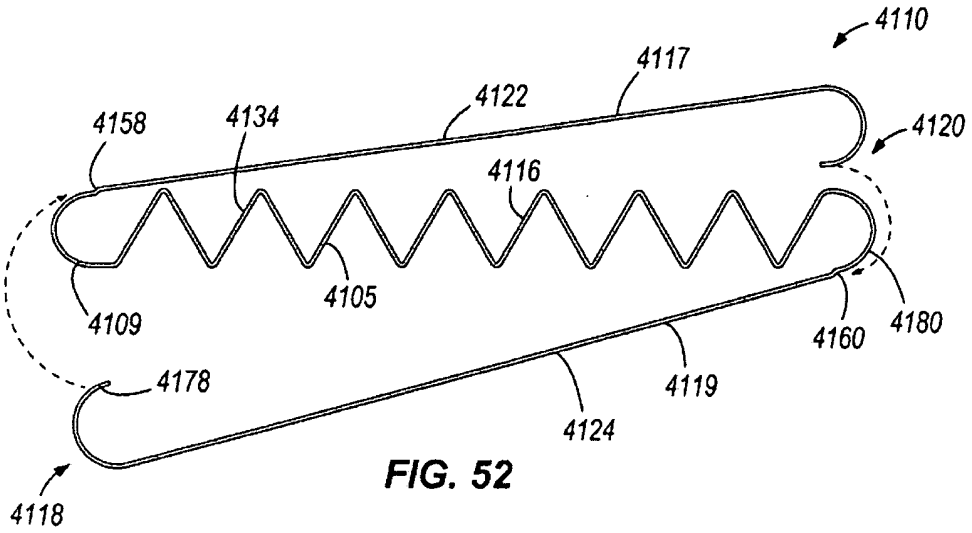

4110
4117
4122
4158
4134
4120
4116
4105
4109
4160
4180
4178
4119
4124
4118

FIG. 52

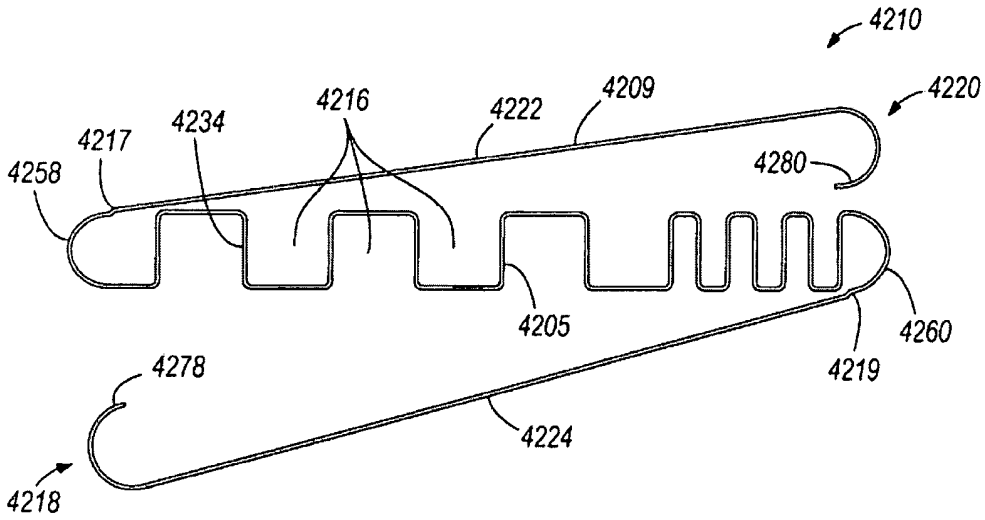

4210
4216
4209
4220
4222
4234
4217
4258
4280
4205
4260
4219
4278
4224
4218

FIG. 53

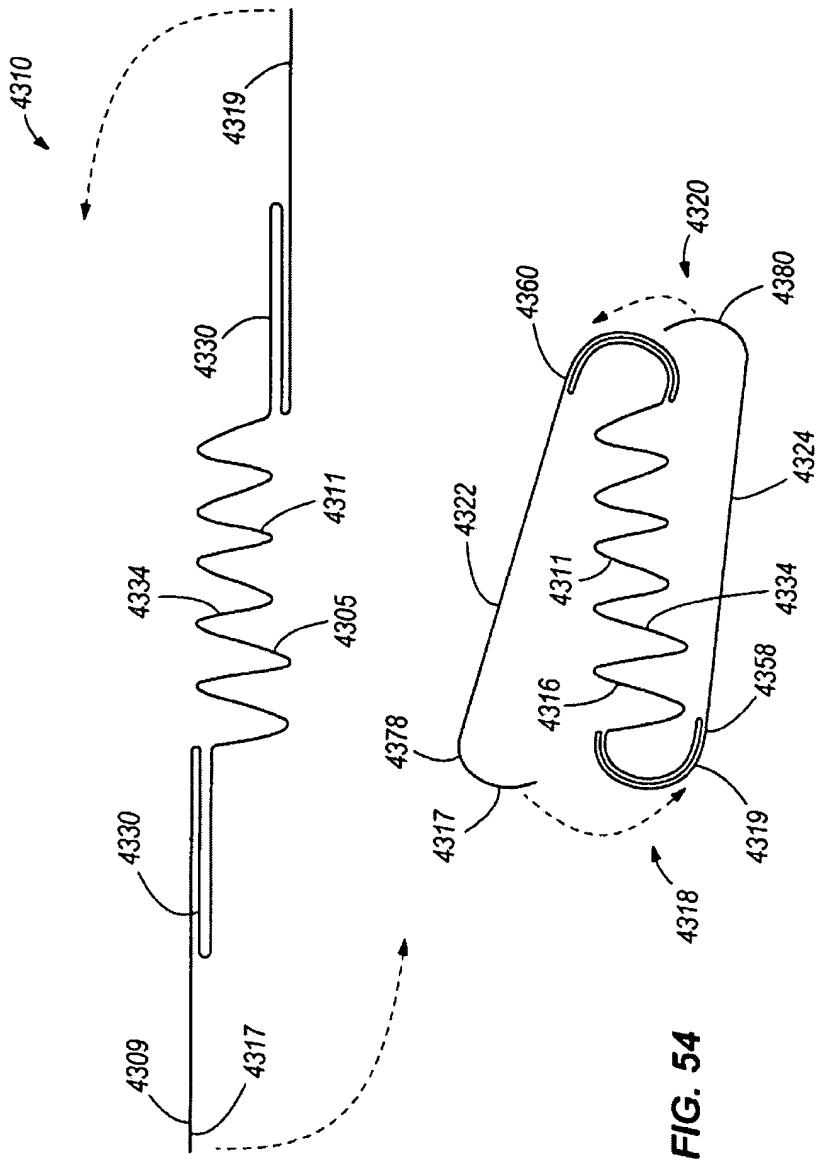

4310
4319
4330
4311
4334
4305
4330
4309
4317
4320
4360
4380
4324
4322
4311
4334
4316
4358
4378
4317
4319
4318

FIG. 54

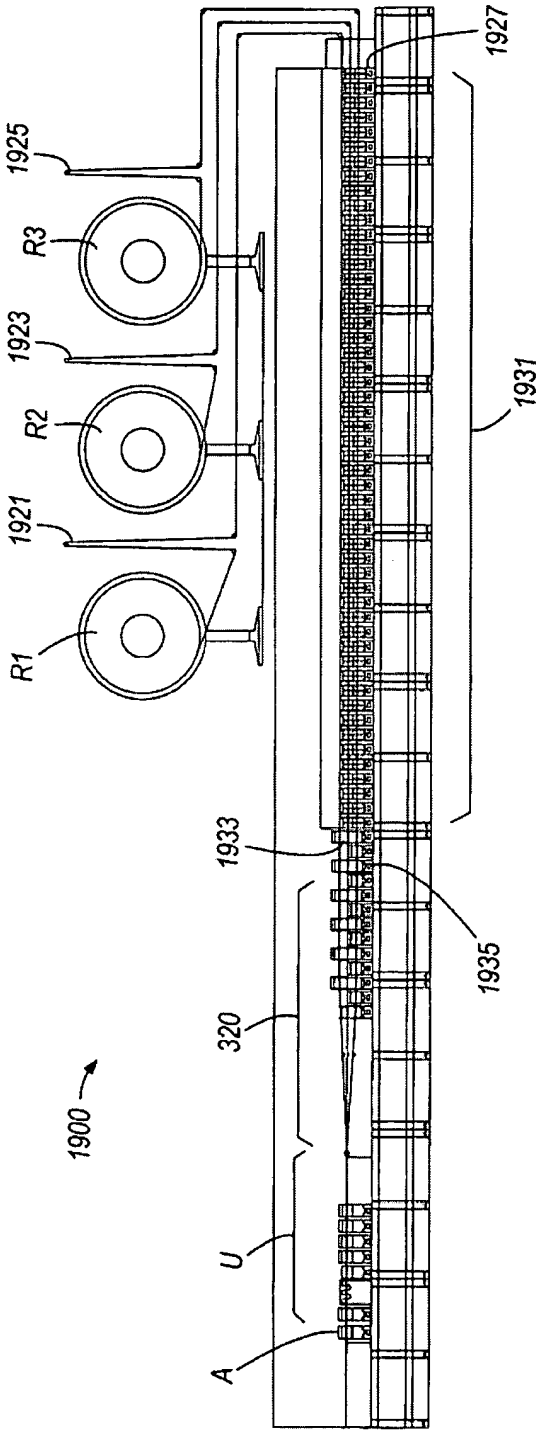


FIG. 55

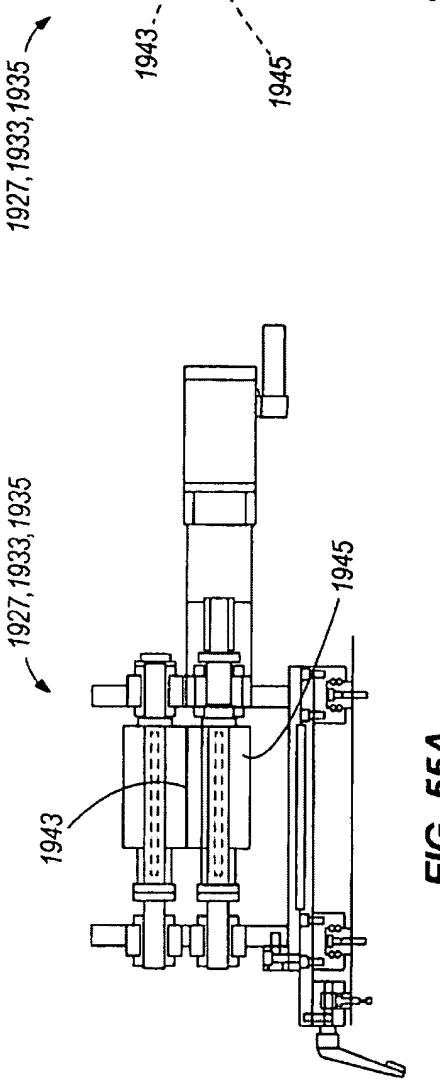


FIG. 55A

FIG. 55B

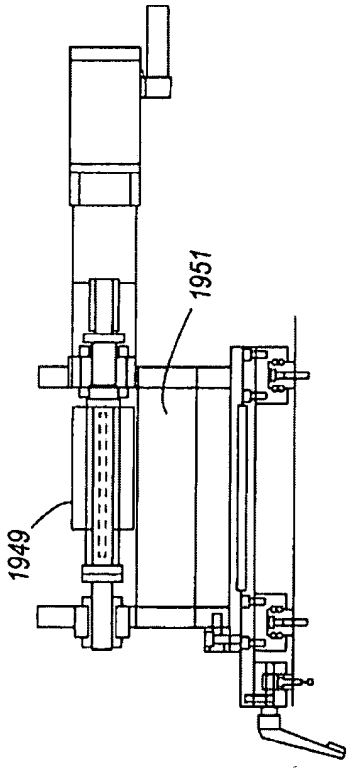


FIG. 55C

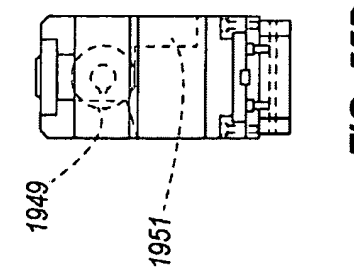


FIG. 55D

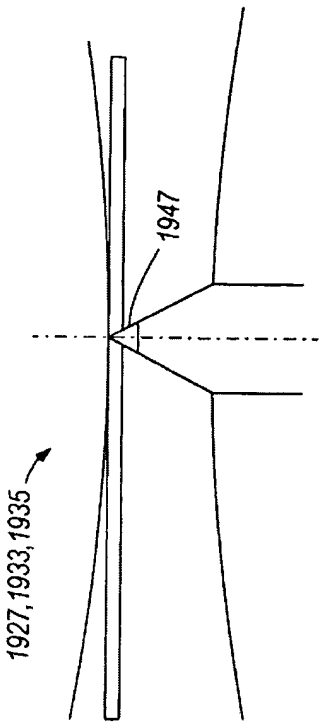


FIG. 57A

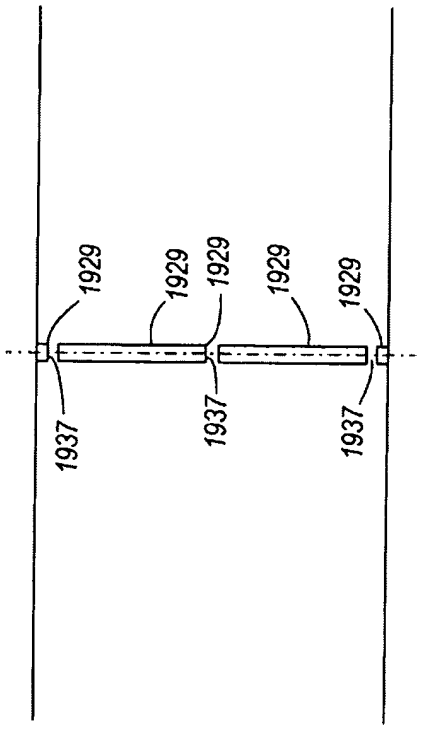


FIG. 57B

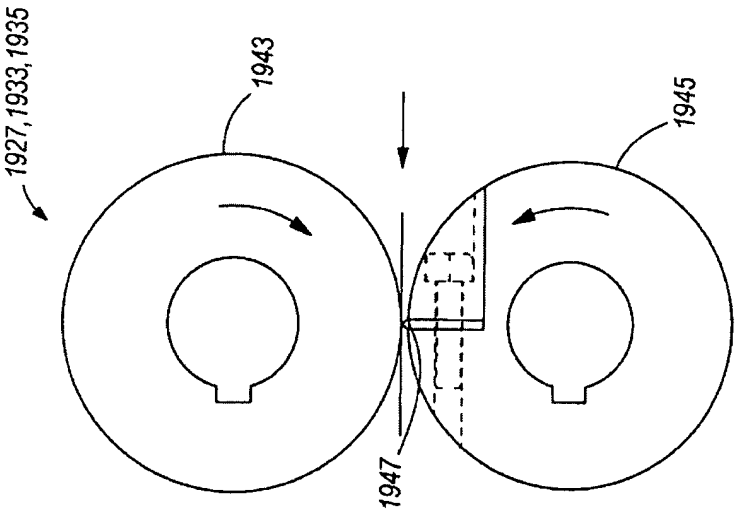


FIG. 56

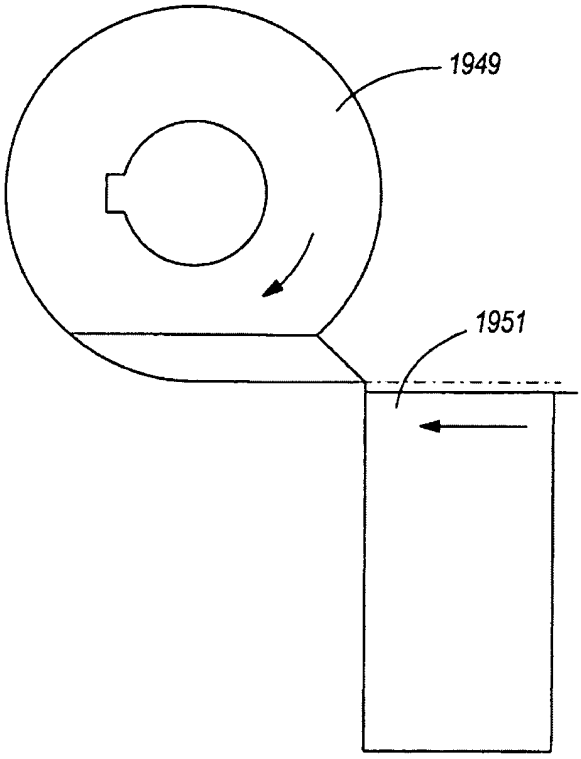


FIG. 58

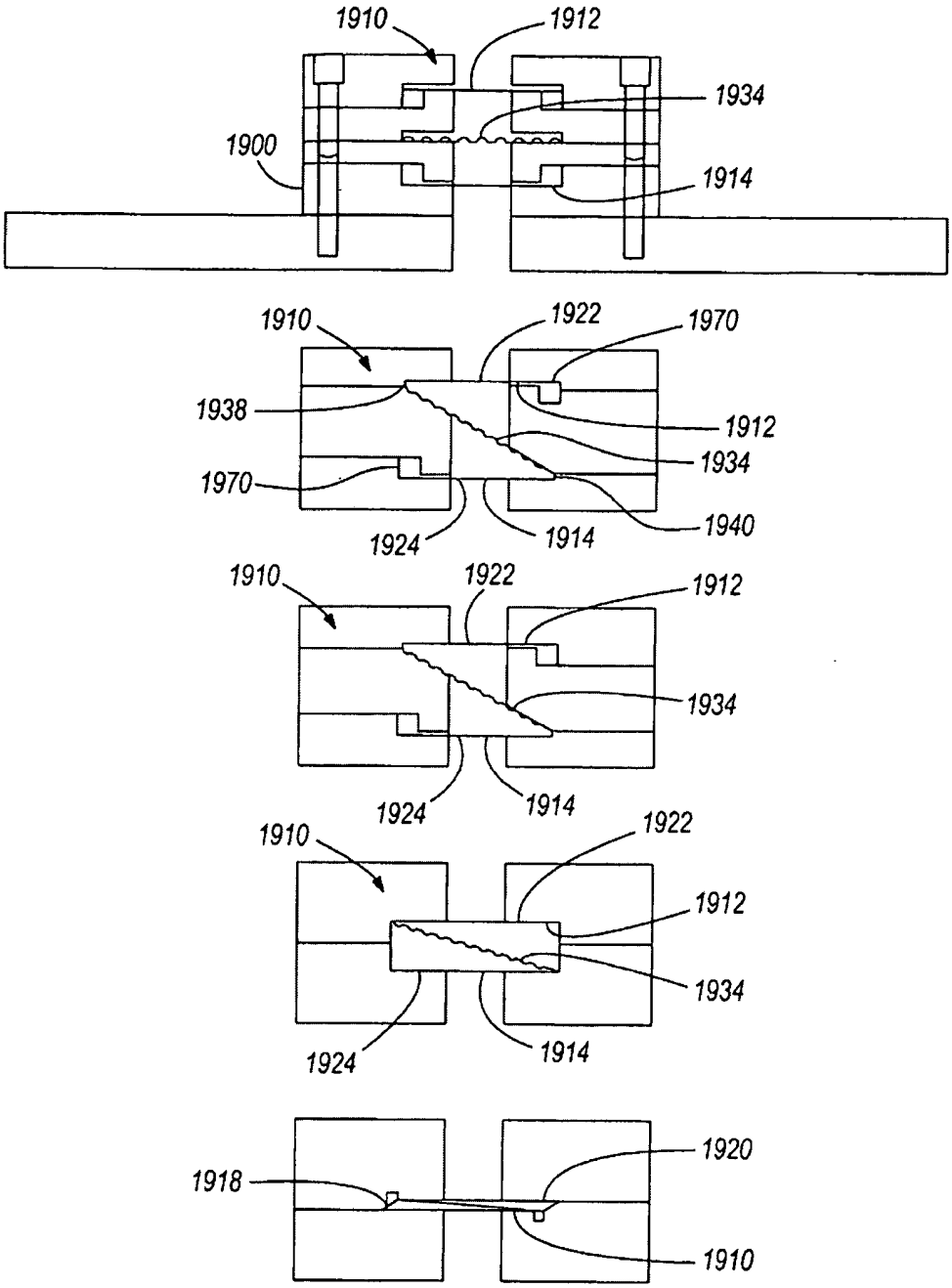

1910
1912
1934
1900
1914
1910
1922
1970
1938
1912
1934
1970
1940
1924
1914
1910
1922
1912
1934
1924
1914
1910
1922
1912
1934
1924
1914
1920
1918
1910

FIG. 59

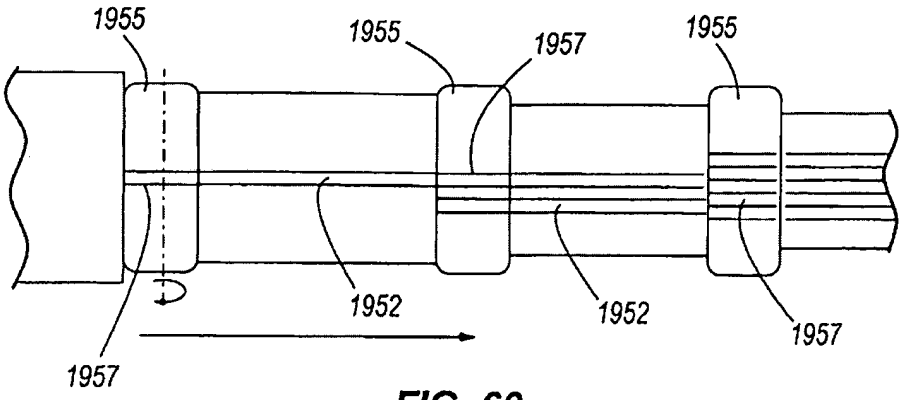


FIG. 60

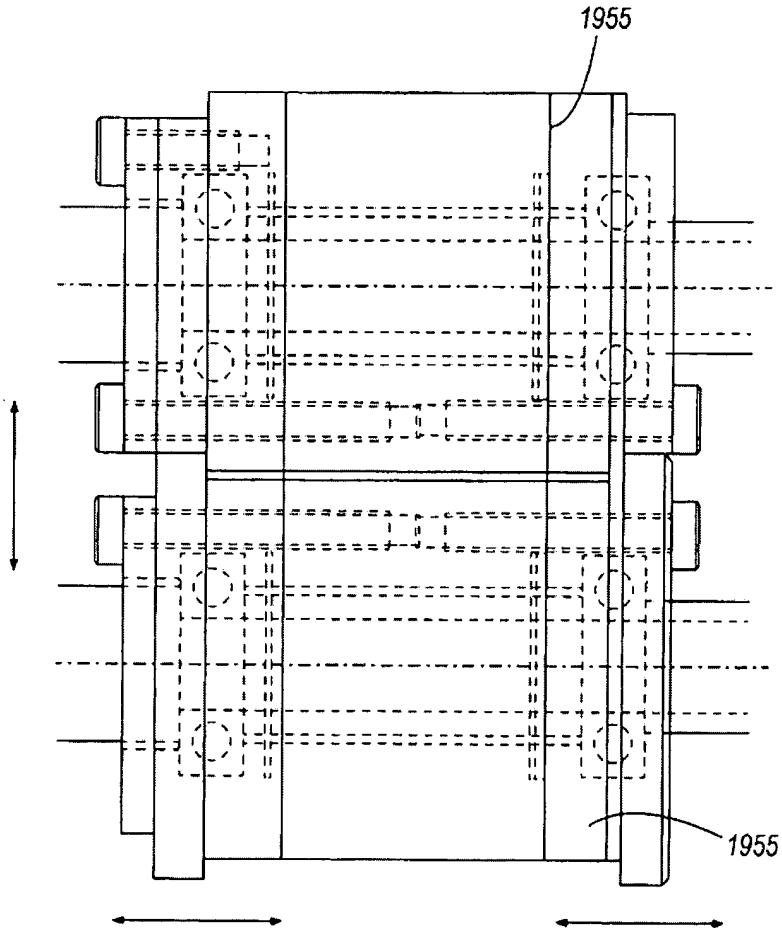


FIG. 60a

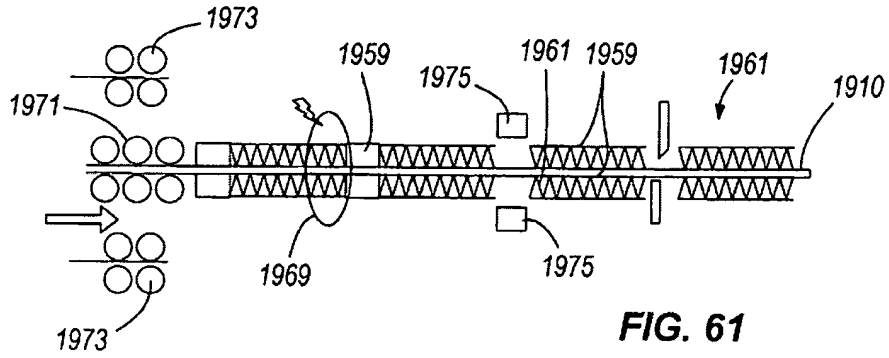


FIG. 61

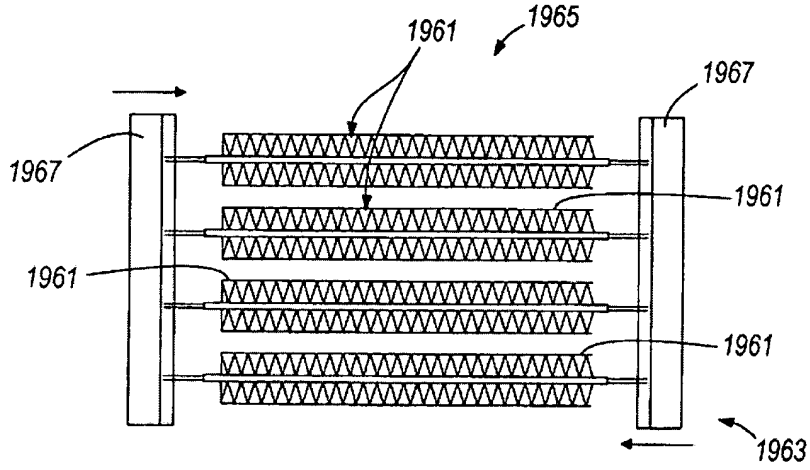


FIG. 62

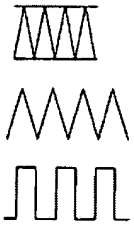


FIG. 63

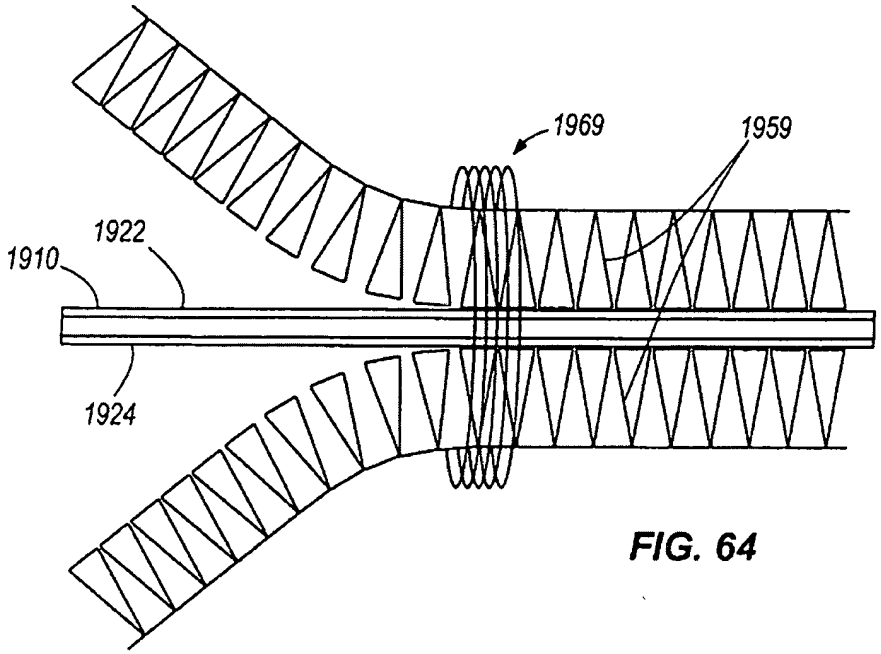


FIG. 64

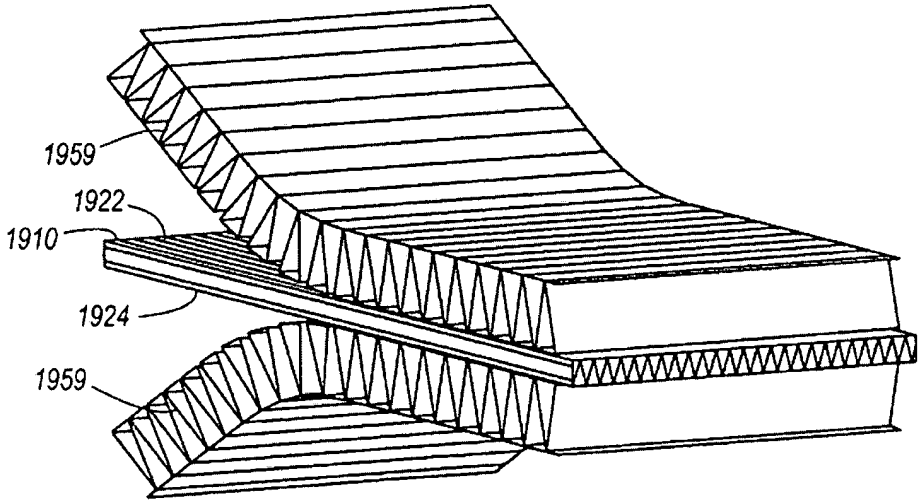


FIG. 65

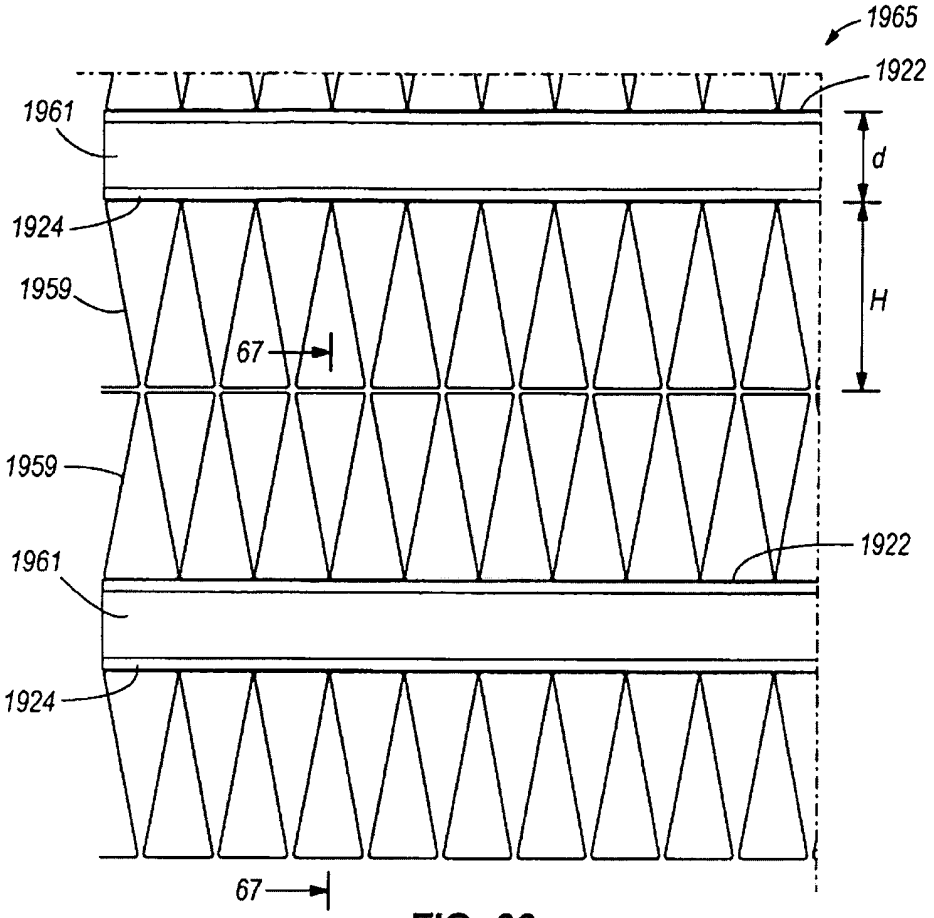

1965
1922
1961
d
1924
H
1959
67
1959
1922
1961
1924
67

FIG. 66

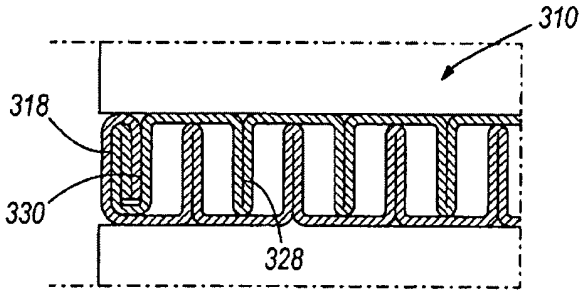

310
318
330
328

FIG. 67

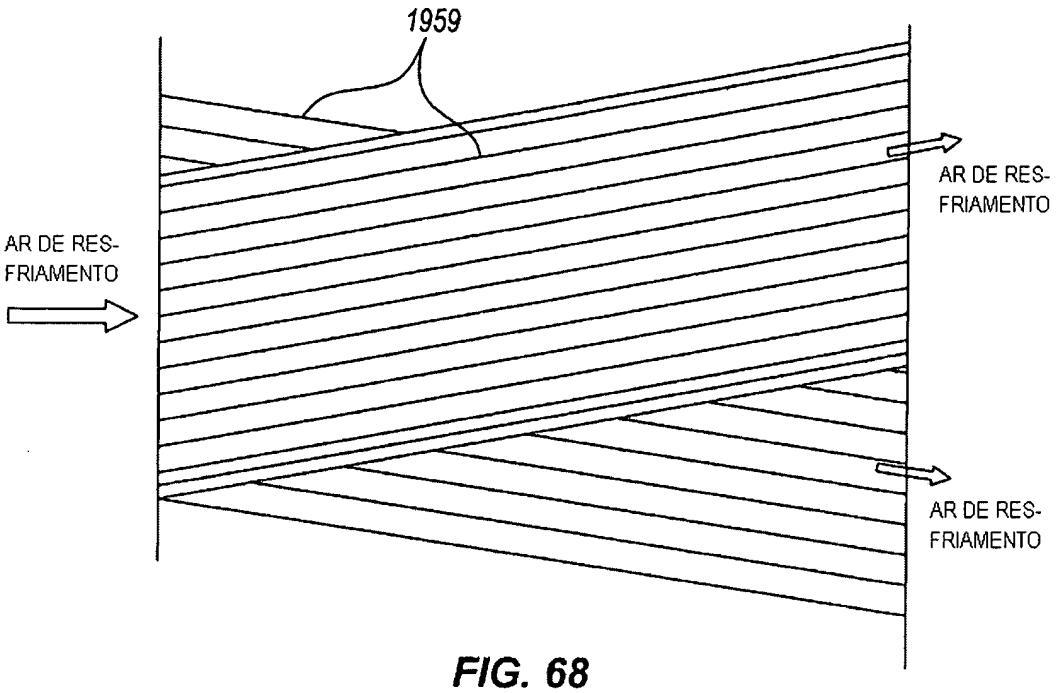

1959
AR DE RES-
FRIAMENTO
AR DE RES-
FRIAMENTO
AR DE RES-
FRIAMENTO

FIG. 68

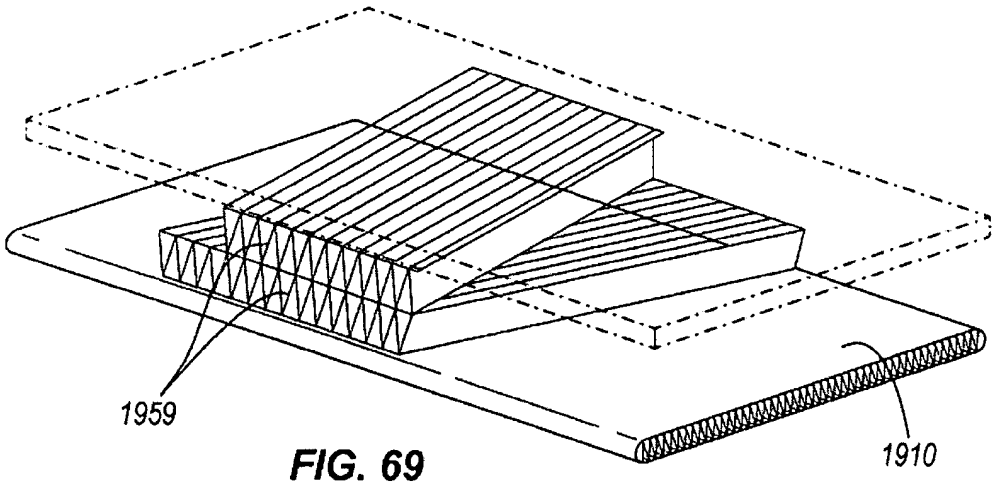

1959
1910

FIG. 69

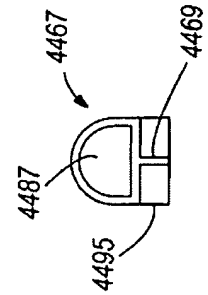


FIG. 70A

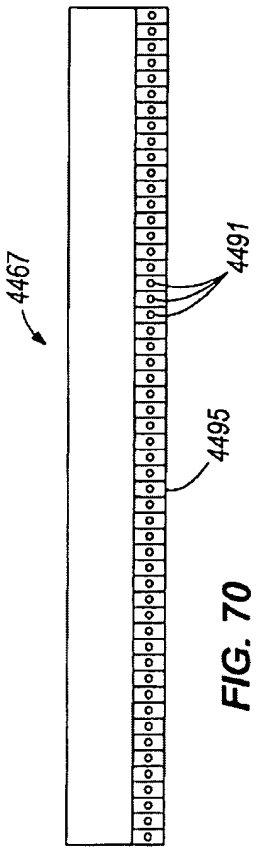


FIG. 70

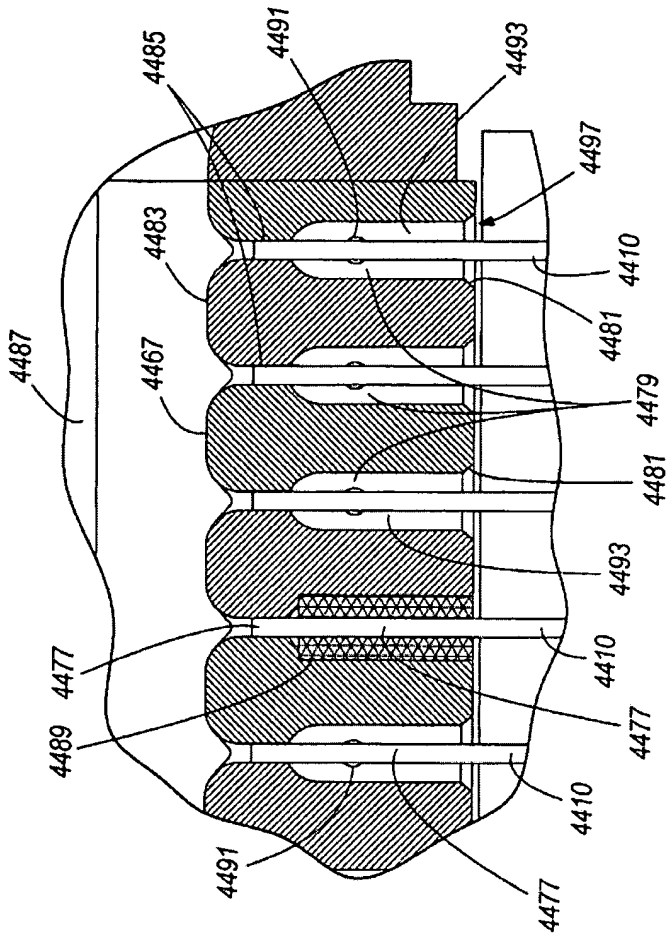


FIG. 71

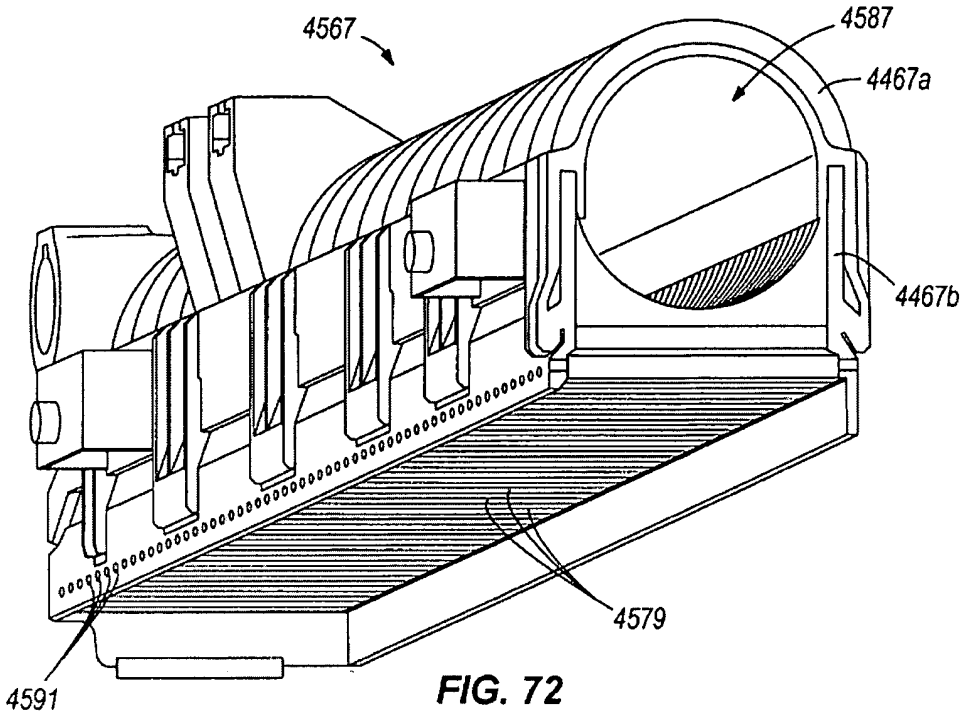

4567
4587
4467a
4467b
4579
4591

FIG. 72

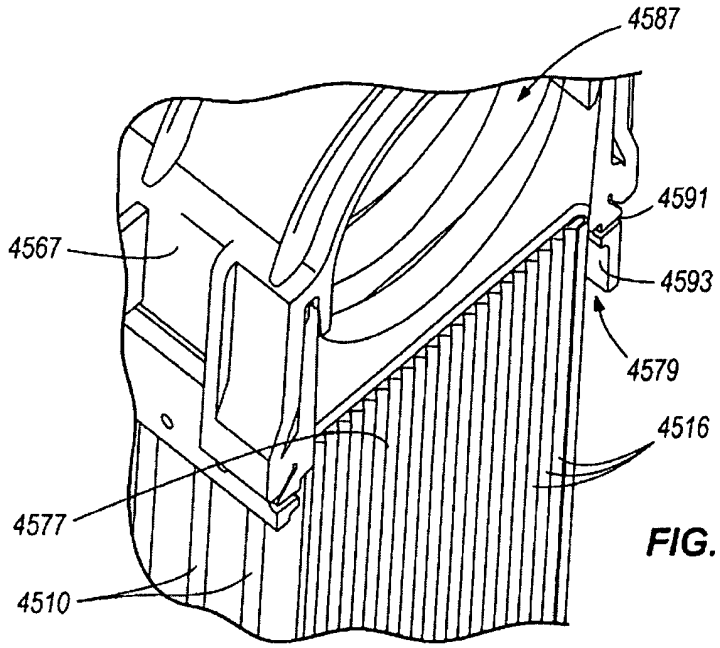

4587
4591
4567
4593
4579
4516
4577
4510

FIG. 73

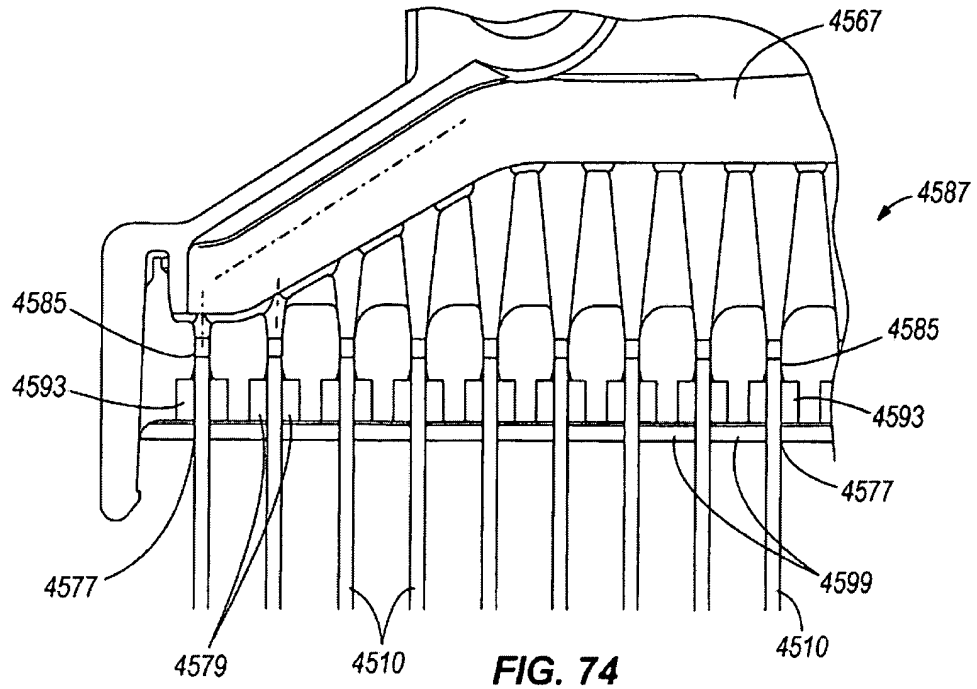

4567
4587
4585
4585
4593
4593
4577
4577
4599
4579
4510
4510

FIG. 74

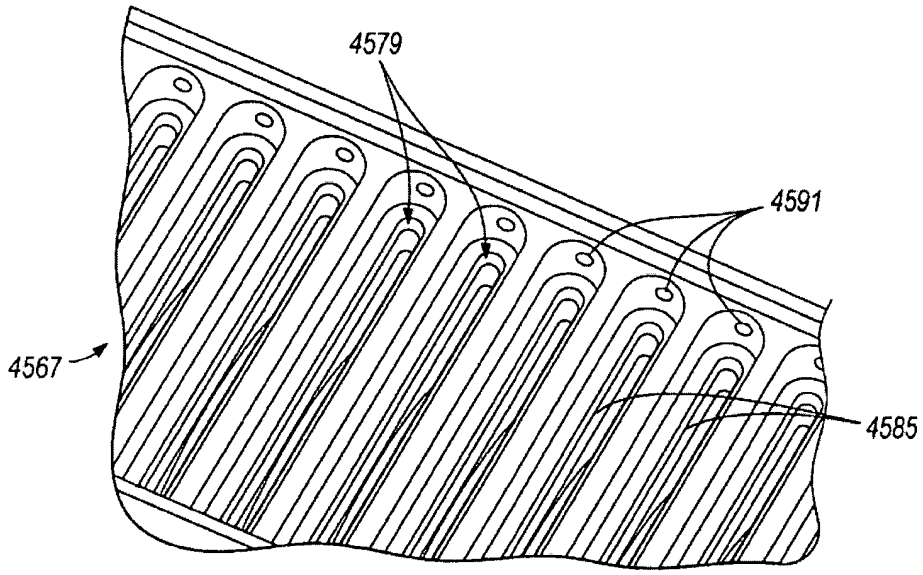

4579
4591
4567
4585

FIG. 75

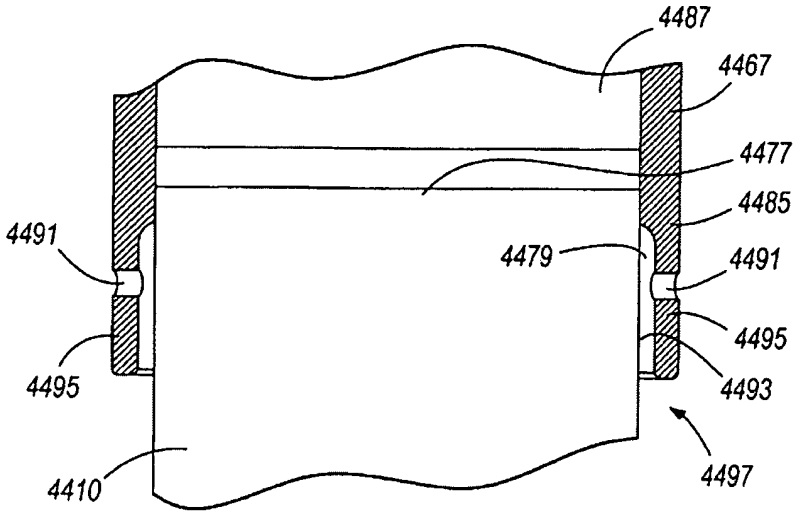

4487
4467
4477
4485
4491
4479
4491
4495
4495
4493
4410
4497

FIG. 76

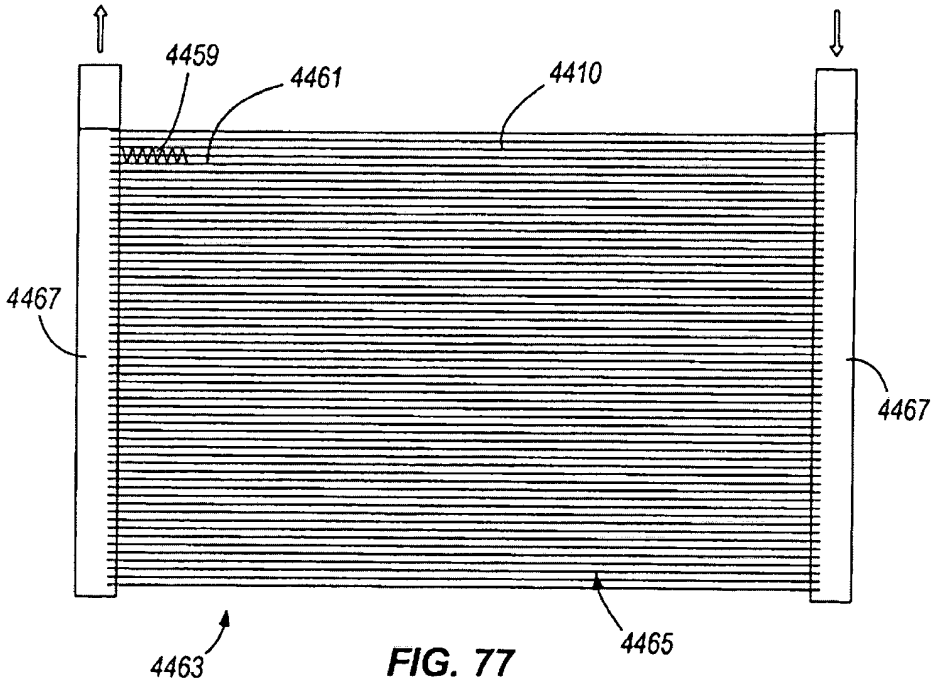

4459
4461
4410
4467
4467
4463
4465

FIG. 77

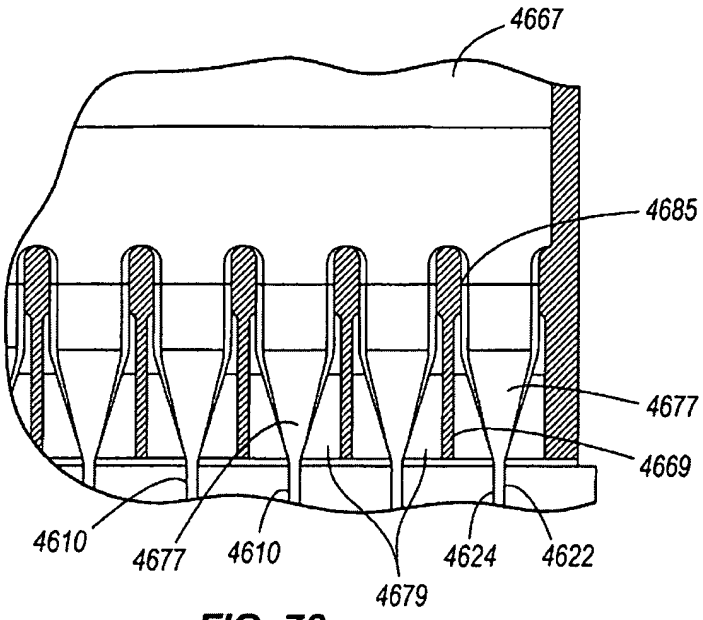

4667
4685
4677
4669
4610
4677
4610
4679
4624
4622

FIG. 78

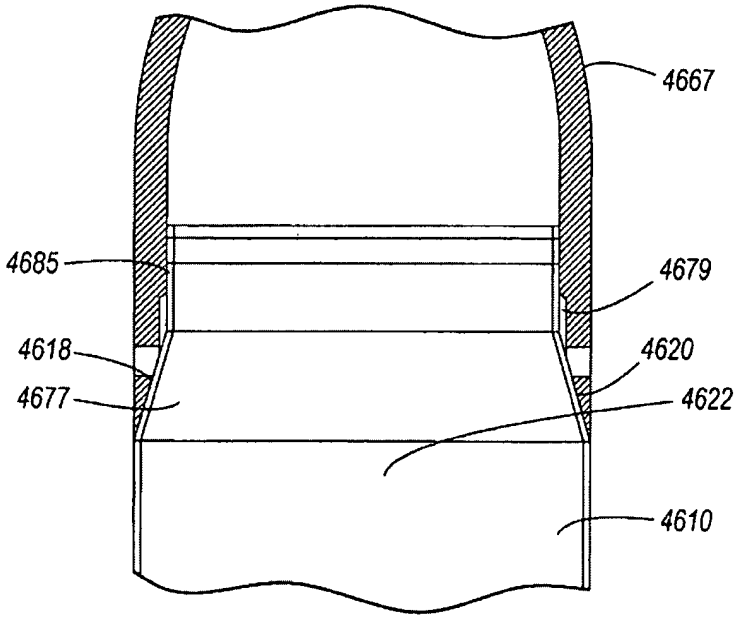

4667
4685
4679
4618
4620
4677
4622
4610

FIG. 79

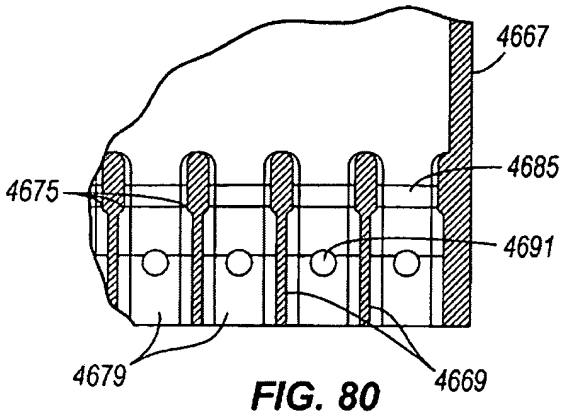


FIG. 80

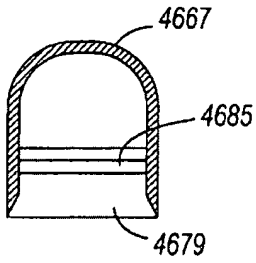


FIG. 80A

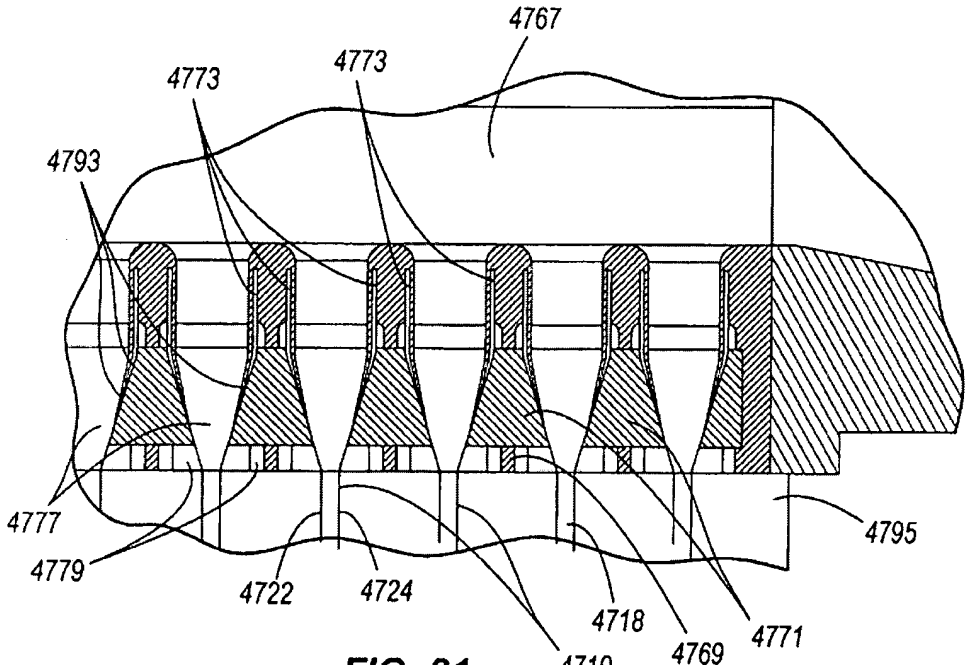


FIG. 81

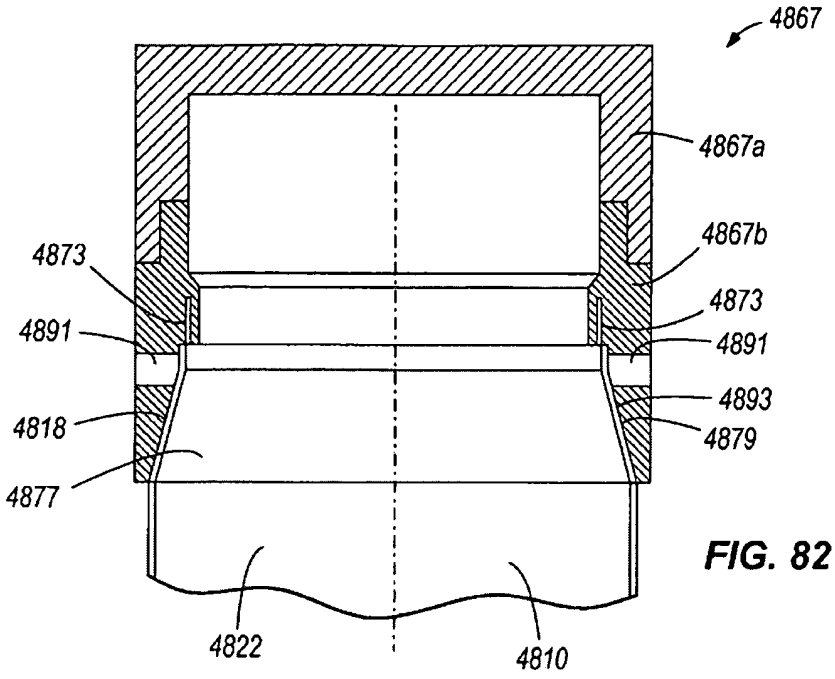

4867
4867a
4867b
4873
4891
4873
4891
4893
4879
4818
4877
4822
4810

FIG. 82

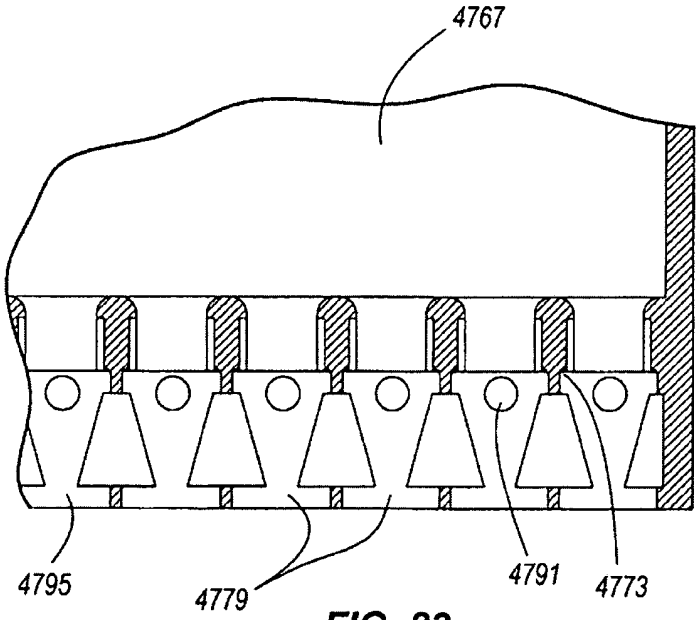

4767
4795
4779
4791
4773

FIG. 83

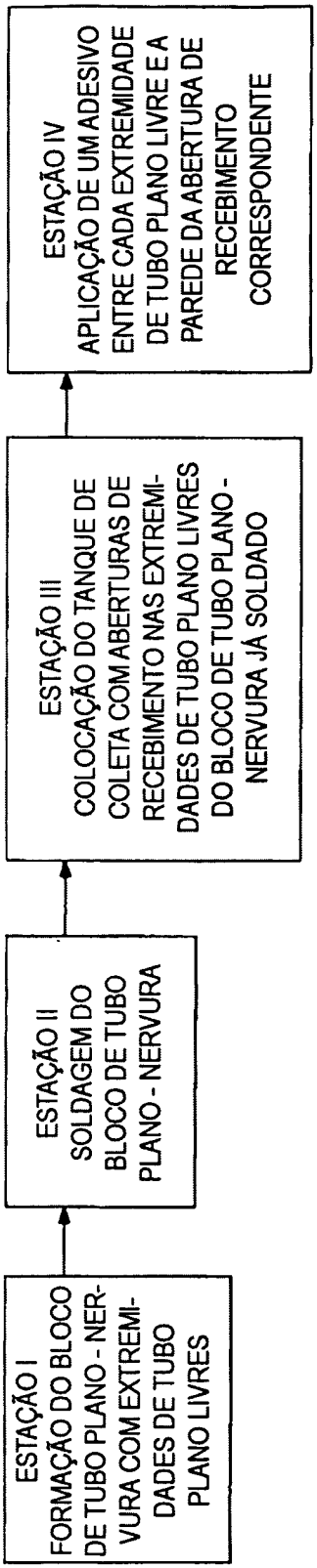


FIG. 84

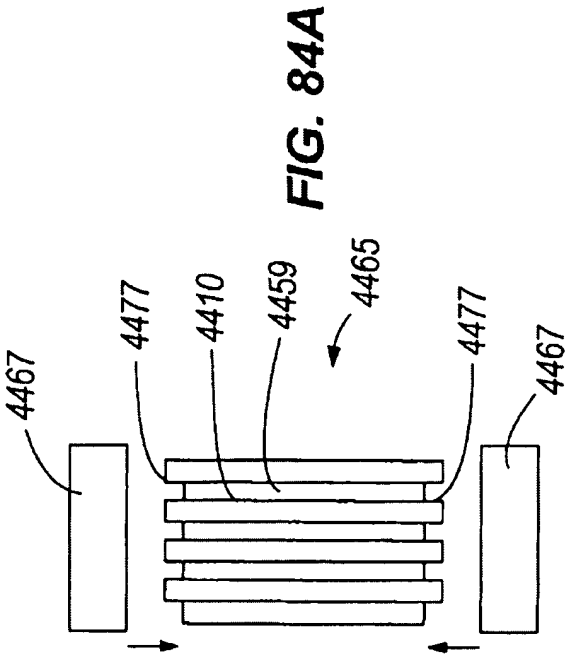


FIG. 84A

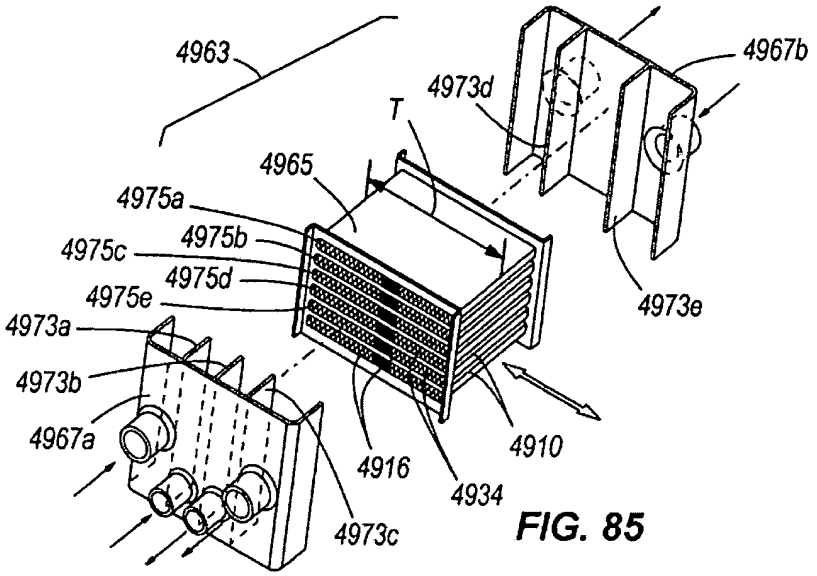


FIG. 85

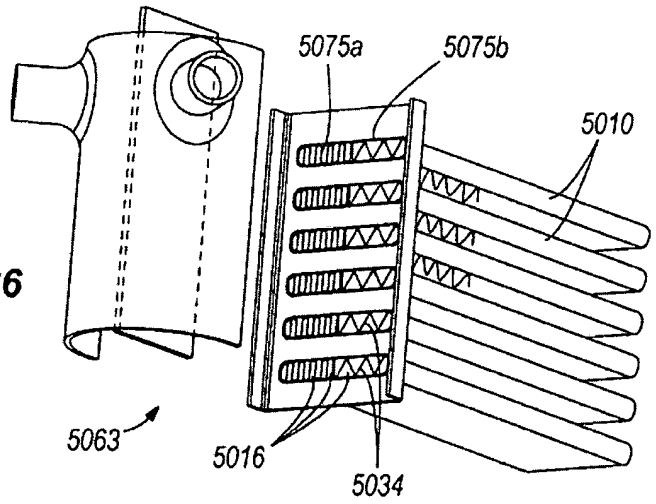


FIG. 86

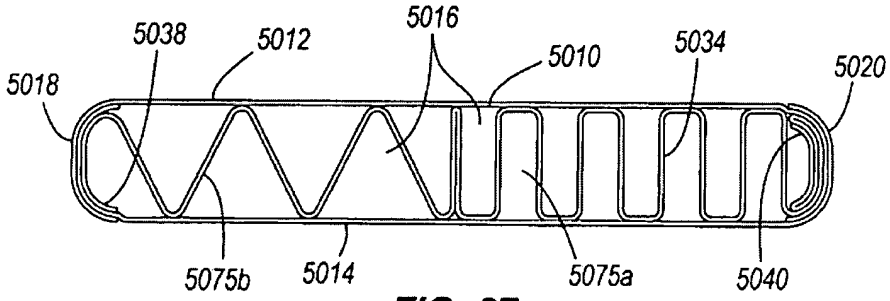


FIG. 87

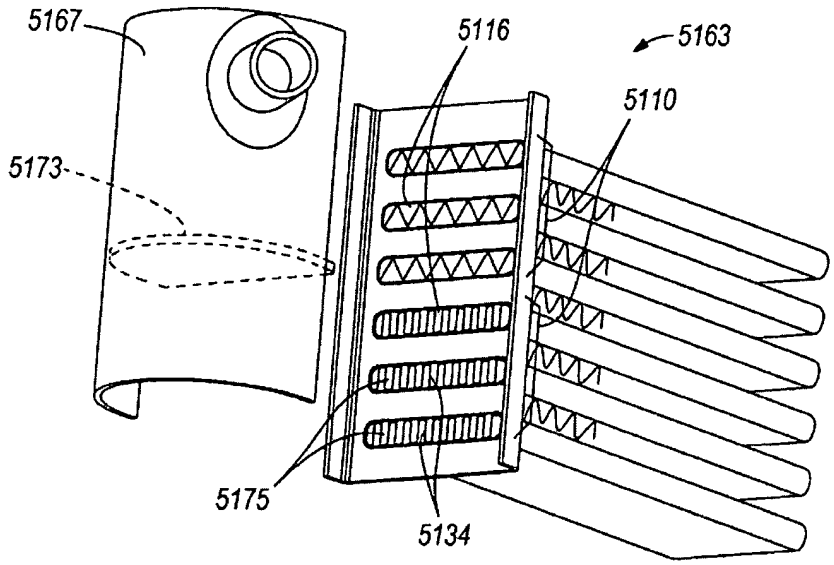

5167
5116
5163
5110
5173
5175
5134

FIG. 88

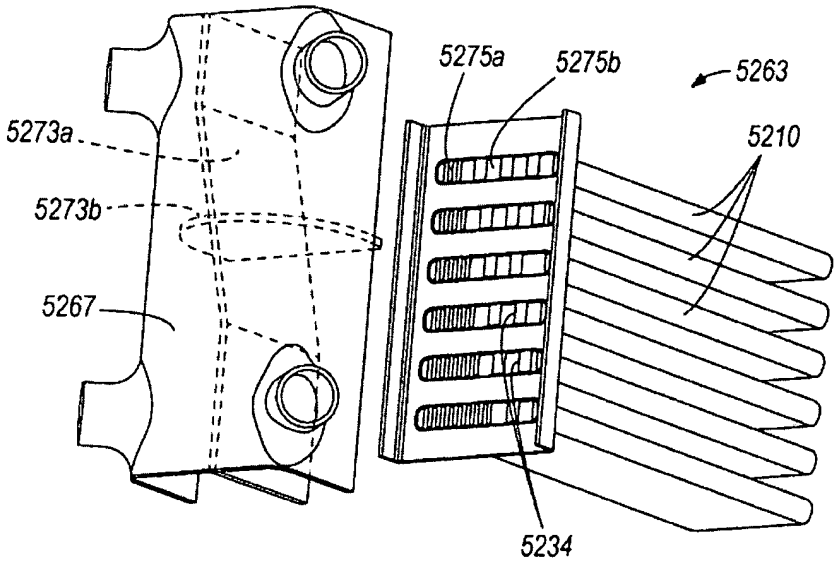

5275a
5275b
5263
5273a
5210
5273b
5267
5234

FIG. 90

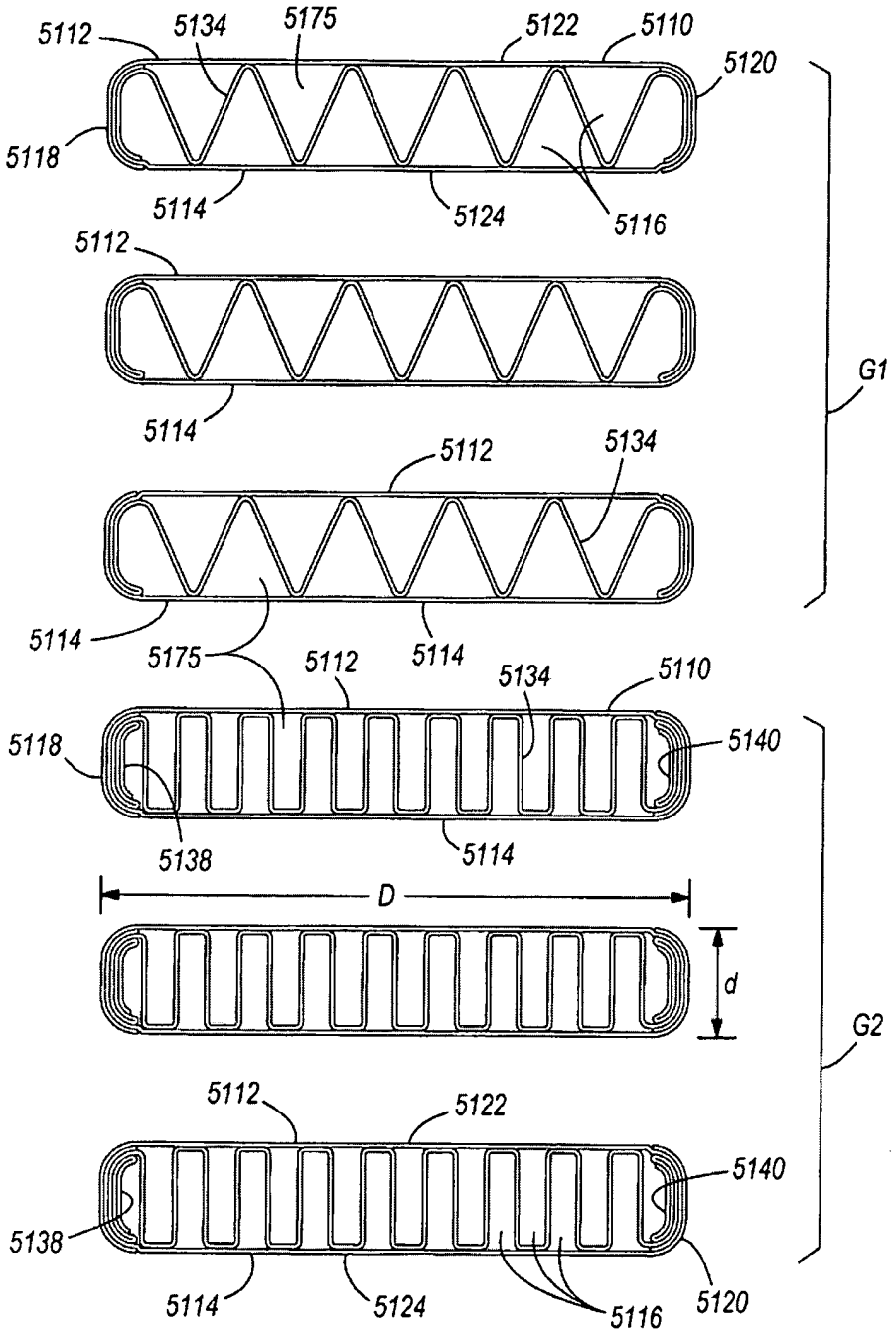

5112
5134
5175
5122
5110
5120
5118
5114
5124
5116
5112
5114
G1
5112
5134
5114
5175
5114
5112
5134
5110
5118
5140
5138
5114
D
d
G2
5112
5122
5140
5138
5114
5124
5116
5120

FIG. 89

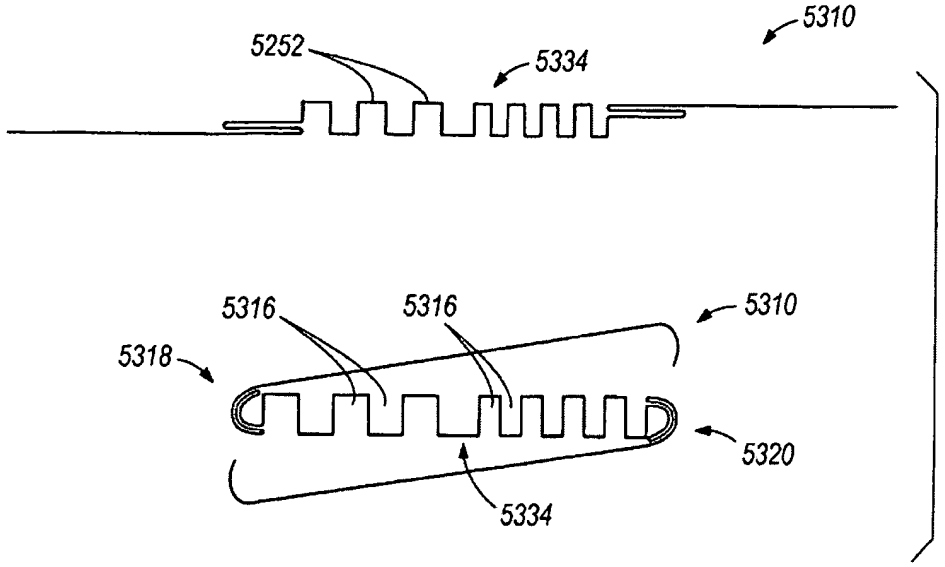

5310
5252
5334
5316
5316
5310
5318
5320
5334

FIG. 91

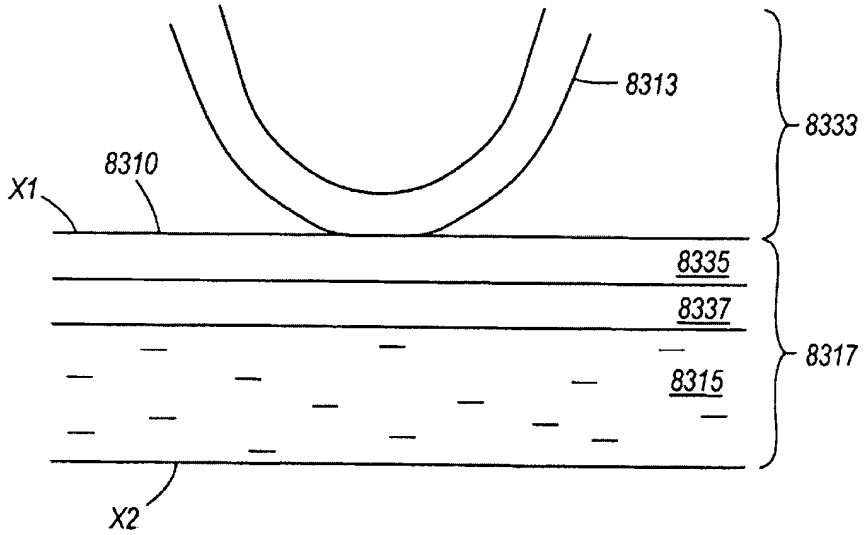

8313
8333
X1
8310
8335
8337
8317
8315
X2

FIG. 92

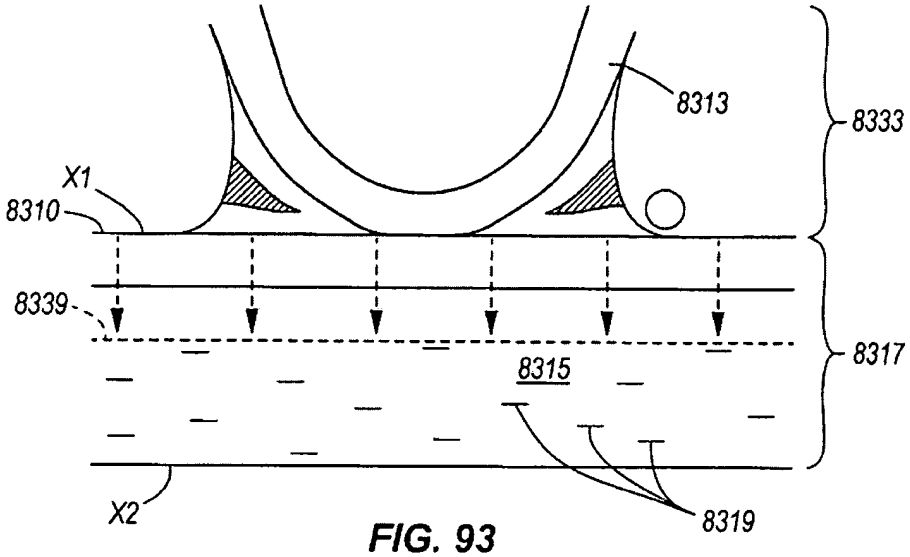

8313
8333
X1
8310
8339
8317
8315
X2
8319

FIG. 93

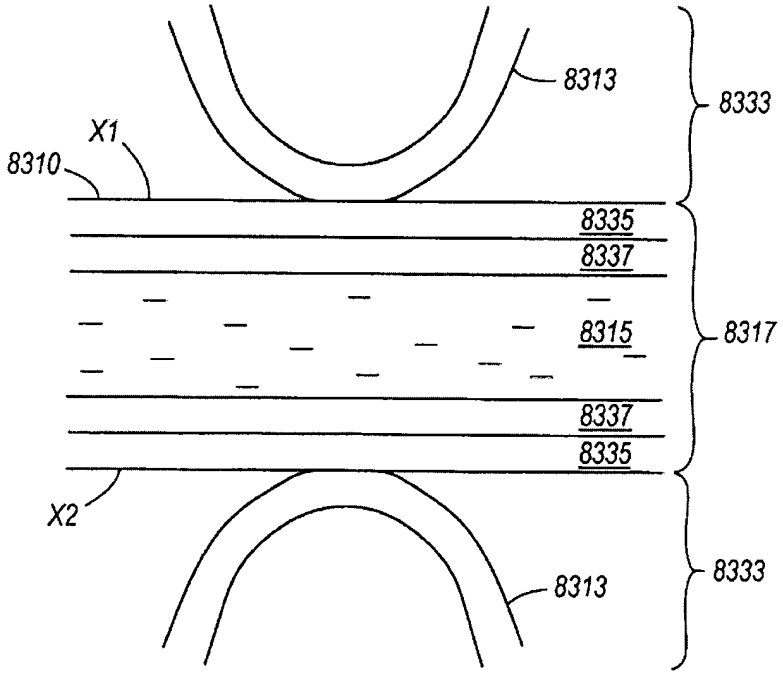

8313
8333
X1
8310
8335
8337
8315
8317
8337
8335
X2
8313
8333

FIG. 94

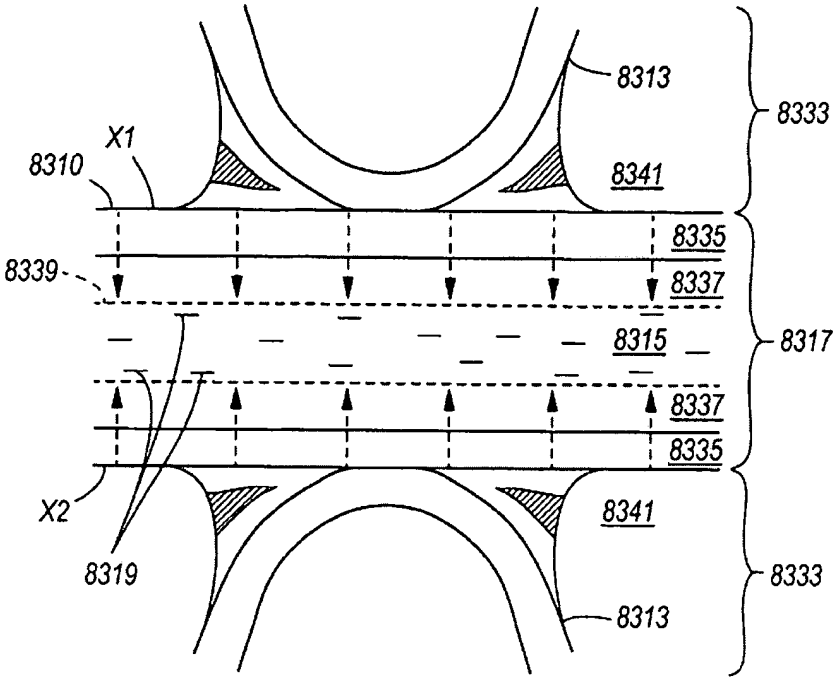

8313
8333
X1
8310
8341
8335
8339
8337
8315
8317
8337
8335
X2
8341
8319
8333
8313

FIG. 95

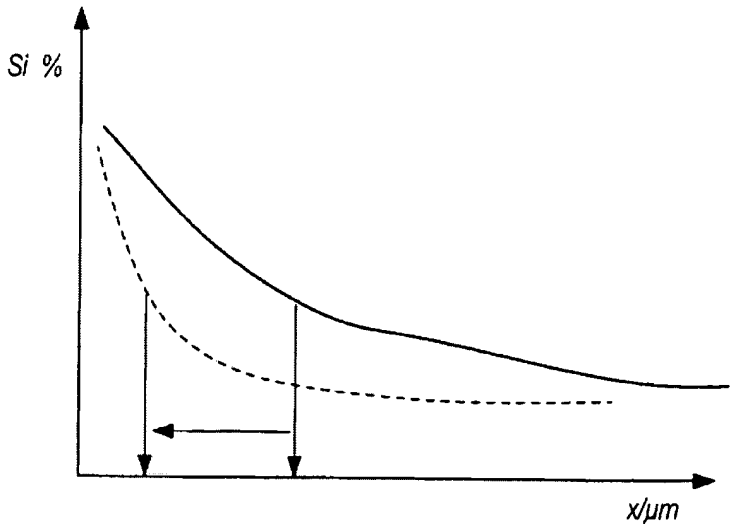

Si %
x/µm

FIG. 96

PI0707177-9

TUBO PLANO, TROCADOR DE CALOR DE TUBO PLANO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DOS MESMOS.

Vários tubos planos, trocadores de calor de tubo plano e métodos de fabricação de ambos são descritos e ilustrados. Os tubos planos podem ser construídos a partir de um, dois ou mais pedaços de material em folha. Uma inserção perfilada integral com o tubo plano ou construída a partir de uma outra folha de material pode ser usada para a definição de múltiplos canais de fluxo através do tubo plano. Os tubos planos podem ser construídos de um material relativamente fino e podem ser reforçados com dobras do material de tubo plano e/ou de uma inserção em áreas sujeitas a uma pressão e a tensões térmicas mais altas. Também, um material de tubo plano relativamente fino pode ter uma camada de corrosão permitindo que o material resista a uma falha devido à corrosão. Os trocadores de calor tendo esses tubos planos conectados a tubos de coleta também são mostrados, como o são maneiras pelas quais esses tubos podem ser providos com aletas.