



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

**(11) PI 0511273-7 B1**

**(22) Data do Depósito:** 16/05/2005

**(45) Data de Concessão:** 24/04/2018



---

**(54) Título:** TROCADOR DE CALOR, E, MÉTODO PARA RESFRIAR UM FORNO DE FUNDIÇÃO

**(51) Int.Cl.:** F27D 9/00; F27D 1/12; C21B 9/10

**(30) Prioridade Unionista:** 18/05/2004 NZ 533006

**(73) Titular(es):** AUCKLAND UNISERVICES LIMITED

**(72) Inventor(es):** MARK P. TAYLOR; ROBERT JOHN WALLACE; JOHN J.J. CHEN; MOHAMMED FARID

“TROCADOR DE CALOR, E, MÉTODO PARA RESFRIAR UM FORNO DE FUNDIÇÃO”

**Referência cruzada a pedidos relacionados**

O presente pedido reivindica prioridade do Pedido de Patente Provisório da Nova Zelândia Número 533.006, depositado em 16 de maio de 2004, cujo conteúdo é aqui com isto incorporado para referência.

**Campo da invenção**

Esta invenção é relativa a um trocador de calor. A invenção é relativa particularmente, porém não necessariamente de maneira exclusiva, a um trocador de calor para utilização no resfriamento de fornos de fundidores de metal. Será facilmente apreciado que o trocador de calor poderia também ser utilizado em uma ampla faixa de outras aplicações

**Fundamento da invenção**

Em fundidores de metal e, em particular, fundidores de alumínio, o fundidor compreende uma pluralidade de painéis ou fornos, cada um tendo uma casca dentro da qual um eletrólito de metal derretido é contido. Alumínio é produzido por um processo de eletrólise e a temperatura do eletrólito pode alcançar temperaturas de aproximadamente 1000 °C. Isto resulta em temperaturas substancialmente elevadas na casca de cada painel. Portanto, é necessário reduzir a temperatura destas cascas para proteger a casca de corrosão e falha catastrófica.

No passado isto foi conseguido direcionando o fluido de resfriamento, tal como ar, sobre a casca em localizações que se tornaram excessivamente quentes. Isto requer quantidades muito grandes de ar comprimido, é extremamente ineficiente e gera riscos de ruído e de poeira para os operadores. Além disto, o ar pode somente ser aplicado desta maneira para as partes superaquecidas localizadas de uma casca de forno. A temperatura da casca para a grande maioria dos fornos não é resfriada por este meio e não há qualquer benefício global derivado para o fundidor.

Em um outro desenvolvimento (Patente U.S. No. 6.251.237 a Bos e outros), foi proposta a instalação de dutos permanentes como uma parte integrada de cada casca. Isto não somente necessita um sistema de condutos complexos, mas também é requerida alguma forma de acionamento forçado do fluido.

Em adição, para modificar fundidores para resfriá-los, em certas circunstâncias pode ser necessário que cada forno primeiro seja parado. Isto é economicamente desvantajoso como qualquer tempo de parada do fundidor tem conseqüências econômicas adversas. Mais importante, quando um forno é parado por qualquer período de tempo significativo, o eletrólito solidifica, resultando em procedimentos importantes de parada que têm que ser realizados para dar partida ao forno novamente.

### **Sumário da invenção**

De acordo com um primeiro aspecto da invenção é fornecido um trocador de calor de forno de fundição que inclui:

um conduto para transportar fluido de refrigeração em relação a um forno a ser resfriado; e

um arranjo de transferência de calor em comunicação com o interior do conduto, o arranjo de transferência de calor e o conduto definindo conjuntamente um conjunto que pode ser montado adjacente ao forno a ser resfriado, ocorrendo em utilização troca de calor por convecção, devido ao movimento do fluido de refrigeração em relação ao forno e ao arranjo de transferência de calor do conjunto e ocorrendo troca de calor por irradiação entre o forno e no mínimo parte do arranjo de transferência de calor do conjunto.

Preferivelmente o conjunto é formado em seções que podem ser arranjadas em relação de extremidade com extremidade, com o conduto formando uma passagem através da qual o fluido de resfriamento escoar como um resultado de um efeito como chaminé. Com este arranjo, não é requerida qualquer parte móvel para o trocador de calor e troca de calor ocorre devido

aos diferenciais de temperatura e escoamento de fluido através do conjunto. No mínimo, o arranjo de transferência de calor é de um material absorvedor de calor e pode ser um duto negro. Um duto negro deve ser entendido como um duto que tem uma característica de absorção de calor elevada, uma característica de reflexão de calor por irradiação baixa e pode ser metálico. Para aprimorar as capacidades de absorção de calor do conjunto, o duto metálico pode ser revestido com um revestimento de absorção de calor tal como uma tinta negra absorvedora de calor.

Para encorajar ainda mais a troca de calor entre fluido no conduto e o corpo do próprio conduto, uma região operacionalmente interna do conduto pode conter elementos de troca de calor. Os elementos de troca de calor podem ser na forma de meio de transferência de calor para efetuar troca de calor por convecção aumentada entre o conduto e o fluido de resfriamento dentro do conduto.

Controle de escoamento de fluido através do conduto pode ser efetuado por meio de elementos de controle arranjados no conduto. Por exemplo, o trocador de calor pode incluir um ou mais registros arranjados no conduto para controlar escoamento do fluido através do conduto.

Em uma primeira configuração da invenção, o arranjo de transferência de calor pode compreender uma pluralidade de aletas arranjadas em uma superfície externa do conduto. Espaços entre aletas adjacentes pode servir como bloqueios de calor irradiante para auxiliar na transferência de calor por irradiação entre o forno e o conjunto. As aletas podem ser colocadas horizontalmente e espaçadas verticalmente. Ao invés disto, em utilização, as aletas podem ser colocadas verticalmente e espaçadas horizontalmente, em ambos os casos para fornecer uma área de superfície aumentada para efetuar a troca de calor por convecção entre o forno, o fluido de resfriamento e o conjunto.

Em fundidores, energia elétrica é fornecida por meio de barras

condutoras para os fornos dos fundidores. Na primeira configuração da invenção, o trocador de calor pode incluir um defletor arranjado, em utilização, operacionalmente abaixo do conjunto para desviar o fluido de resfriamento para contato com os fornos a serem resfriados. O defletor pode ser na forma de uma placa defletora em forma de V quando vista da extremidade, montada nas barras condutoras. A placa defletora pode servir para desviar fluido para contato com paredes dos fornos. Aquecimento por convecção do fluido encoraja escoamento de fluido para cima ao longo das laterais dos fornos em contato com o conjunto. Aberturas podem ser definidas em uma parede do conduto intermediária a aletas, de modo que fluido aquecido de maneira por convecção pelos fornos é trazido para o interior do conduto para ser arrastado nele.

Para facilitar a colocação do conjunto em posição em relação aos fornos a serem resfriados, cada seção do conjunto pode ser montada sobre roletes que, por sua vez, são suportados na placa defletora.

O trocador de calor pode incluir um elemento de aprisionamento de fluido arranjado operacionalmente acima do conduto, para inibir escapamento ou desvio de ar aquecido. O elemento de aprisionamento de fluido pode compreender uma coifa, ou placa de cobertura, montada acima do conjunto, que também protege o conjunto de derramamento de poeira que pode, de outra forma, acumular sujeira no trocador de calor.

O conduto pode conificar para fora no sentido de sua extremidade a jusante para encorajar o efeito como chaminé, e arrastar um escoamento equilibrado de fluido de resfriamento para cada seção do conduto. Uma extremidade a jusante do conduto é conectada a um arranjo de extração de fluido do forno ou estrutura na qual o trocador de calor está contido. Por exemplo, no caso de um forno de fundição de alumínio, a extremidade a jusante do duto pode ser conectada a um arranjo de ventilador extrator do fundidor para fornecer escoamento por convecção natural auxiliado por força

de fluido através do conduto. Fluido que escoar no conduto pode então resfriar de maneira convectiva o conduto com um escoamento maior do que o obtido de outra forma a partir de um efeito de chaminé puramente natural.

5 Em certos projetos de fundidores o espaço entre células adjacentes ou fornos é restrito devido a diversos tubos ascendentes que são utilizados para trazer corrente para uma célula ou forno seguinte na linha. Em um trocador de calor de acordo com uma variação da primeira configuração da invenção, para utilização em tais fundidores, o conduto pode ser posicionado no nível do, ou em lugar de um gradeamento de piso arranjado  
10 acima de barras de barramento para os fornos.

Se desejado, um acessório de absorção de calor é montado ao conduto em um lado inferior do conduto montado no gradeamento do piso. O acessório pode ser na forma de um elemento de captura de calor irradiante na forma de uma lente. A lente pode focalizar calor irradiante a partir das  
15 paredes dos fornos sobre o conduto, para auxiliar na transferência de calor por irradiação a partir das paredes para o conduto. Ao invés disto, o acessório pode ser na forma de uma ou mais placas verticais para aumentar escoamento de calor por convecção para o ar que então escoar para o interior do conduto.

Em uma segunda configuração da invenção, o arranjo de  
20 transferência de calor pode compreender uma pluralidade de dutos espaçados, conectados por meio de um coletor ao conduto, os dutos sendo arranjados a intervalos espaçados ao longo de cada coletor.

Cada duto pode ser na forma de uma seção em forma substancialmente de canal, a qual, em utilização, é posicionada adjacente a  
25 uma parede do forno para formar uma passagem através da qual o fluido de resfriamento pode passar. Uma abertura de entrada de cada duto é conformada para reduzir uma queda de pressão associada com a entrada do fluido de resfriamento no duto. Além disto, o duto pode conectar a um coletor através de uma abertura de saída. Cada duto pode definir uma abertura de saída

secundária para permitir escapamento de algo do fluido de resfriamento para a atmosfera, para fornecer escoamento por convecção natural quando nenhum escoamento auxiliado está presente.

5 Ao invés disto, cada duto pode ser na forma de um tubo a ser  
arranjado adjacente à parede do forno a ser resfriado. Cada tubo pode ser  
substancialmente retangular em seção transversal que tem uma relação de  
aspecto elevada de profundidade para largura. A largura do tubo pode ser  
aquela dimensão do tubo paralela a um eixo longitudinal do coletor e a  
10 profundidade do tubo pode ser aquela dimensão do tubo normal ao eixo  
longitudinal do coletor. Assim, a relação de aspecto elevada de profundidade  
para largura do tubo significa que a largura do tubo é substancialmente menor  
do que a profundidade do tubo. Desta maneira, espaços entre tubos adjacentes  
podem atuar como bloqueios de irradiação térmica para auxiliar na  
transferência de calor por irradiação.

15 Uma parte de cada tubo em proximidade ao forno pode definir,  
no mínimo, uma abertura para aprimorar transferência de calor entre o tubo e  
o forno devido a camadas limite térmicas reduzidas. A abertura pode ser uma  
fenda que se estende paralela a um eixo longitudinal do tubo, a fenda sendo  
definida naquela parede mais curta da fenda adjacente à parede do forno em  
20 utilização.

Nesta configuração da invenção o trocador de calor pode  
incluir um elemento de proteção para proteger aquelas partes de uma estrutura  
na qual o forno a ser resfriado está localizado, arranjado em um lado oposto  
do elemento de proteção a partir do forno, de transferência de calor por  
irradiação a partir do forno. O elemento de proteção pode ser na forma de  
25 uma placa de proteção que, juntamente com a parede do forno, define um  
canal através do qual o fluido de resfriamento pode passar e auxiliar em  
transferência de calor por convecção natural a partir da parede do forno  
àquelas partes do arranjo de transferência de calor arranjadas dentro do canal.

Uma parte que se eleva de cada duto pode ser arranjada no canal, de modo que transferência de calor a partir do forno para os tubos ocorre em ambos por radiação e por convecção. Devido à utilização de um ventilador extrator, uma região de baixa pressão é criada dentro do trocador de calor para provocar escoamento de fluido no trocador de calor. Transferência de calor por convecção entre o fluido no trocador de calor pode, portanto, ser efetuada como um resultado do escoamento auxiliado de fluido através do trocador de calor.

Em uma versão desta configuração, cada duto pode ter uma seção vertical que penetra em seu coletor através de uma região a jusante encurvada do duto. Fluido de resfriamento pode penetrar na seção vertical para ser direcionado para o interior do coletor para efetuar a transferência de calor por convecção.

Em uma outra versão desta configuração, cada duto pode ter uma porção a montante horizontal que conduz a uma porção vertical arranjada entre a placa de proteção e o forno. A transição entre porções vertical e horizontal dos tubos pode induzir perturbações no fluido para inibir a acumulação de camadas limite térmicas e hidrodinâmicas para aprimorar transferência de calor. O comprimento da porção vertical de cada tubo pode ser relativamente curto ainda mais para inibir a acumulação de camadas limite térmicas e hidrodinâmicas.

Além disto, cada seção do arranjo de transferência de calor pode compreender uma pluralidade de unidades, cada unidade compreendendo um coletor com seus dutos associados, com os coletores sendo empilhados verticalmente e os dutos de uma unidade superior sendo intercalados com os dutos de uma unidades subjacente fornecendo comprimentos curtos de porções verticais dos dutos voltadas para a parede do forno, para aprimorar transferência de calor.

Um interior de cada duto pode carregar componentes que

aumentam superfície, para aprimorar no mínimo uma das taxas de transferência de calor por convecção e taxas de transferência de calor por irradiação. Os componentes podem ser selecionados dentre o grupo que consiste de aletas, elementos de indução de vórtice e combinações do que precede. Ao invés disto, ou em adição, os componentes podem incluir elementos foraminosos tal como meio poroso.

De acordo com um segundo aspecto da invenção, é fornecido um trocador de calor de forno de fundidor que inclui, no mínimo, um duto a ser colocado em proximidade de um forno a ser resfriado, troca de calor entre o forno e o no mínimo um duto ocorrendo devido à transferência de calor por irradiação entre o forno e o no mínimo um duto e devido à transferência de calor por convecção para um fluido que absorve calor de ambos, do forno e do no mínimo um duto.

De acordo com um terceiro aspecto da invenção é fornecido um método para resfriar um forno de fundição que inclui:

montar um arranjo de transferência de calor de um conjunto trocador de calor, o conjunto incluindo um conduto de material absorvedor de calor em proximidade ao forno, de modo que ocorre troca de calor por irradiação entre o forno e no mínimo uma parte do arranjo de transferência de calor; e

direcionar fluido de resfriamento depois do forno para contato com o arranjo de transferência de calor e para o interior do conduto, de modo que ocorra troca de calor por convecção entre o fluido, o forno, e o arranjo de transferência de calor.

O método pode incluir auxiliar escoamento por convecção do fluido através do arranjo de transferência de calor e do conduto. Assim, o método pode incluir efetuar o auxílio criando uma região de baixa pressão em uma passagem do conduto, por exemplo, conectando uma extremidade a jusante da passagem a um ventilador extrator de uma instalação na qual o

trocador de calor está montado.

Isto pode incluir formar o conjunto trocador de calor em seções e arranjar as seções em relação de extremidade com extremidade, com o conduto formando a passagem através da qual o fluido escoar como um resultado de um efeito como chaminé.

Além disto, o método pode incluir efetuar a troca de calor por convecção aumentada entre o conduto e o fluido no conduto, passando o fluido sobre elementos de troca de calor contidos no conduto.

Em adição, o método pode incluir controlar escoamento de fluido através do conduto por meio de elementos de controle arranjados no conduto.

Em uma primeira configuração, o arranjo de transferência de calor pode compreender uma pluralidade de aletas arranjadas sobre uma superfície externa do conduto, e o método pode incluir passar o fluido através de espaços entre aletas adjacentes, os espaços servindo como bloqueios de calor irradiante para auxiliar em transferência de calor por irradiação entre o forno e o conjunto.

O método pode incluir montar o conjunto entre uma pluralidade de fornos a serem resfriados, e desviar fluido para contato com paredes dos fornos e trazer o fluido para o interior do conduto através de aberturas definidas intermediárias às aletas nas paredes do conduto.

O método também pode incluir arranjar um elemento de aprisionamento de fluido operacionalmente acima do conduto, para inibir o escapamento e o desvio de ar aquecido.

Ainda mais, o método pode incluir conectar uma extremidade a jusante do conduto com um arranjo de extração de fluido.

Em uma variação desta configuração, o método pode incluir posicionar o conduto em proximidade a um piso de uma estrutura na qual o forno está contido. O método pode incluir montar um acessório absorvedor de

calor ao conduto.

Em uma segunda configuração, o método pode incluir montar uma pluralidade de dutos do arranjo de transferência de calor em intervalos espaçados ao longo do forno, adjacente a uma parede do forno, e conectando  
5 uma pluralidade dos dutos ao conduto por no mínimo um coletor. Além disto, o método pode incluir conformar uma abertura de entrada de cada duto para reduzir uma queda de pressão associada com a entrada de fluido de resfriamento no duto. Em adição, o método pode incluir conectar uma abertura de saída do duto ao coletor. O método também pode incluir fornecer  
10 escoamento por convecção natural quando nenhum escoamento auxiliado está presente, permitindo escapamento de algo do fluido de resfriamento para a atmosfera através de uma abertura de saída secundária definida em cada duto.

O método pode incluir aprimorar transferência de calor entre o duto, o qual está na forma de um tubo, e o forno passando fluido através de  
15 uma abertura definida em uma parede do tubo.

O método pode incluir montar um elemento de proteção em relação espaçada com relação a uma parede do forno para proteger aquelas partes de uma estrutura na qual o forno a ser resfriado está localizado, arranjado em um lado oposto do elemento de proteção a partir do forno, de  
20 transferência de calor por irradiação a partir do forno. Então, o método pode incluir passar o fluido através de um canal definido entre o elemento de proteção e a parede do forno, para auxiliar em transferência de calor por convecção natural a partir da parede do forno àquelas partes do arranjo de transferência de calor arranjadas dentro do canal.

O método pode incluir arranjar uma parte que sobe de cada duto no canal, de modo que transferência de calor a partir do forno para os dutos ocorre por ambos, por irradiação e por convecção. Devido à utilização do ventilador extrator, uma região de baixa pressão é criada dentro do trocador de calor para provocar escoamento de fluido no trocador de calor.  
25

Transferência de calor por convecção entre o fluido no trocador de calor pode, portanto, ser efetuada como um resultado do escoamento de fluido auxiliado através do trocador de calor.

5 O método pode incluir aprimorar no mínimo um dentre transferência de calor por convecção, e transferência de calor por irradiação passando o fluido sobre componentes de aumento de superfície arranjados em um interior de cada duto.

#### Breve descrição dos desenhos

10 Configurações tomadas como exemplo da invenção estão descritas agora com referência aos desenhos diagramáticos que acompanham, nos quais:

A Figura 1 mostra uma vista extrema esquemática de um trocador de calor de acordo com uma primeira versão de uma primeira modalidade da invenção;

15 A Figura 2 mostra uma vista extrema tridimensional esquemática de um trocador de calor de acordo com uma segunda versão da primeira configuração da invenção;

A Figura 3 mostra uma vista lateral esquemática de parte do trocador de calor da Figura 2;

20 A Figura 4 mostra uma vista em planta esquemática de parte do trocador de calor das Figuras 2 e 3;

A Figura 5 mostra uma vista extrema esquemática de uma variação do trocador de calor de acordo com a primeira configuração da invenção;

25 A Figura 6 mostra uma vista extrema esquemática de uma outra variação do trocador de calor de acordo com a primeira configuração da invenção;

As Figuras 7 a 9 mostram três vistas dimensionais de trocadores de calor de acordo com uma segunda configuração da invenção;

A Figura 10 mostra uma vista tridimensional de uma seção de trocador de calor de uma primeira versão do trocador de calor de acordo com a segunda configuração da invenção;

5 A Figura 11 mostra uma vista extrema esquemática da seção da Figura 10;

A Figura 12 mostra uma vista tridimensional de uma outra versão de uma seção de trocador de calor do trocador de calor de acordo com a segunda configuração da invenção;

10 A Figura 13 mostra uma vista tridimensional de uma unidade da seção da Figura 12;

A Figura 14 mostra uma vista extrema esquemática da seção da Figura 12;

15 A Figura 15 mostra uma vista tridimensional esquemática de uma parte de um arranjo de trocador de calor do trocador de calor de acordo com ainda uma outra modalidade de configuração da invenção;

A Figura 16 mostra uma vista em planta em corte esquemática da parte do trocador do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

As Figuras 17A a 17C mostram três variações de aberturas da entrada da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

20 As Figuras 18A e B mostram variações de aberturas de saída da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

A Figura 19 mostra uma vista esquemática tridimensional de uma primeira variação da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

25 A Figura 20 mostra uma vista em planta em corte, esquemática, da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 19;

A Figura 21 mostra uma vista tridimensional esquemática de uma segunda variação da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

A Figura 22 mostra uma vista em planta esquemática da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 21;

5 A Figura 23 mostra uma vista tridimensional esquemática de uma terceira variação da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

A Figura 24 mostra uma vista em planta em corte, esquemática, da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 23;

A Figura 25 mostra uma vista tridimensional esquemática de uma quarta variação do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

10 A Figura 26 mostra uma vista em planta em corte, esquemática, da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 25;

A Figura 27 mostra uma vista tridimensional esquemática de uma quinta variação da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 15;

15 A Figura 28 mostra uma vista em planta em corte, esquemática, da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 27;

A Figura 29 mostra uma vista lateral em corte, esquemática, de uma outra configuração de uma parte de um arranjo de transferência de calor do trocador de calor; e

20 A Figura 30 mostra uma vista em planta em corte, esquemática, da parte do arranjo de transferência de calor da Figura 29.

#### Descrição detalhada de configurações tomadas como exemplo

Nas Figuras 1 a 6 dos desenhos, o numeral de referencia 10 designa genericamente um trocador de calor de acordo com uma primeira  
25 configuração da invenção. O trocador de calor 10 inclui um conduto 12 que, em utilização, é arranjado entre dois corpos na forma de fornos e ilustrados esquematicamente em 14, a serem resfriados. O conduto 12 define uma passagem 16.

Um arranjo de transferência de calor, na forma de uma

pluralidade de aletas espaçadas 18, está ligado a uma superfície exterior do conduto 12. Um conjunto que compreende o conjunto 12 e as aletas 18 é referido abaixo, para facilidade de explicação, como um duto 20.

5 Em uma configuração ilustrada na Figura 1 dos desenhos, as aletas 18 são espaçadas verticalmente e colocadas substancialmente horizontalmente ou em um ligeiro ângulo com a horizontal.

O duto 20 é de um material absorvedor de calor. Mais particularmente, o duto 20 é de um material alumínio e é revestido com material absorvedor de calor para aprimorar as características de absorção de calor do duto 20. Por exemplo, o duto 20 é revestido com uma tinta negra absorvedora de calor.

A passagem 16 do conduto 12 do duto 20 é conectada em uma extremidade de saída a um arranjo de extração de fluido de um fundidor no qual os fornos 14 estão contidos. Mais particularmente, a passagem 16 é conectada a um ventilador extrator (não mostrado) para criar uma região de baixa pressão no trocador de calor 10 para encorajar escoamento de fluido através da passagem 16.

O conduto 12 tem uma pluralidade de aberturas ilustradas esquematicamente em 22, através das quais ar pode escoar para o interior da passagem 16 do duto 20.

O trocador de calor 10 inclui um defletor na forma de uma placa defletora 24 conformada em V, arranjada abaixo do duto 20.

Tipicamente, os fornos 14 do fundidor são supridos de energia elétrica por meio de barras de barramento 26. A placa defletora 24 é montada sobre as barras de barramento 26 para desviar ar, ilustrado esquematicamente em 28 ao redor da placa defletora 24 para contato com paredes laterais 30 dos fornos, como será descrito em maior detalhe abaixo.

Um dispositivo de aprisionamento de fluido, na forma de uma coifa ou placa de cobertura 32, é montado acima do duto 20 para aprisionar ar

20 e direcioná-lo no sentido das aletas 18 do duto 20. A coifa 32 também cobre o trocador de calor 10 contra entrada de poeira a partir de cima.

Uma malha 34 é montada acima da coifa 32 de modo que qualquer ar 28 que escape pode atravessar a malha 34.

5            Como descrito acima, na configuração ilustrada na Figura 1 dos desenhos, as aletas 18 são espaçadas verticalmente. Na configuração ilustrada nas Figuras 2 a 4 dos desenhos, nos quais numerais de referência iguais se referem a partes iguais a menos que especificado de outra forma, as aletas 18 são colocadas verticalmente e espaçadas substancialmente  
10            horizontalmente.

Fazendo referência novamente à Figura 1 dos desenhos, deve ser observado que o duto 20 é montado por meio de roletes isolados 36 na placa defletora 24.

O duto 20 é preferivelmente formado em comprimentos ou  
15            seções a serem giradas com rodas para a posição entre dois fornos 14 e presas em relação de extremidade com extremidade com um comprimento ou seção a mais extrema tendo sua extremidade a jusante conectada ao ventilador extrator do fundidor, preferivelmente através dos dutos de extração de forno individual já no lugar para os fornos.

20            Para encorajar escoamento de ar, como indicado por setas 38, através da passagem 16 do duto 20, a passagem 16 se abre para fora no sentido de sua extremidade a jusante, como mostrado em maior detalhe na Figura 3 dos desenhos. Também fazendo referência à Figura 3 dos desenhos, deve ser observado que a placa defletora 24 é montada por meio de roletes 40  
25            sobre as barras de barramento 26 para facilitar a colocação da placa defletora 24 e do duto 20 posicionado em relação aos fornos 14. Os roletes 40 também isolam eletricamente o duto 20 das barras de barramento 26.

Fazendo referência agora às Figuras 5 e 6 dos desenhos, duas variações da primeira configuração estão ilustradas. Uma vez novamente com

referência às Figuras 1 a 4 dos desenhos, numerais de referência iguais se referem a partes iguais a menos que especificado de outra forma.

No projeto de certos fundidores, diversos tubos ascendentes laterais são utilizados para trazer corrente para uma célula ou forno seguinte na linha. Como resultado destes tubos ascendentes, existe espaço muito limitado para instalar o duto 20.

Em tais fundidores as barras de barramento que fornecem energia para os fornos 14 são arranjadas abaixo do nível do piso abaixo de um gradeamento ou tijolos de piso.

Nas duas variações da primeira configuração ilustradas nas Figuras 5 e 6 dos desenhos, o gradeamento existente para cada forno é substituído por um novo gradeamento 46 com um duto 20 do trocador de calor 10 montado no plano do gradeamento 46.

É previsto que com este arranjo transferência de calor entre as paredes externas 30 dos fornos 14 e o duto 20 poderia ocorrer de maneira convectiva sem necessidade por quaisquer outros dispositivos de transferência de calor.

Contudo, na variação mostrada na Figura 5 dos desenhos, para encorajar troca de calor por irradiação entre as paredes 30 dos fornos 14 e o duto 20, um acessório na forma de uma lente 48 é montado no duto 20. A lente 48 encoraja a captura de calor irradiante a partir das paredes 30 dos fornos 14 para ser liberado para o interior da passagem 16 do conduto 12 do duto 20.

Na variação mostrada na Figura 6 dos desenhos, um acessório como placa 50 é preso ao duto 12, para encorajar escoamento de calor por convecção a partir das paredes 30 dos fornos 14 para o interior da passagem 16 do conduto 12 do duto 20.

Em utilização, nas configurações ilustradas nas Figuras 1 a 4 dos desenhos, seções do duto 20 do trocador de calor 10 são posicionadas em

relação conectada extremidade com extremidade entre dois fornos 14 a serem resfriados. A extremidade a jusante da passagem 16 do duto 20 é conectada ao ventilador extrator do fundidor. Isto cria uma zona de baixa pressão na passagem e encoraja escoamento de ar através da passagem 16, como  
5 indicado pelas setas 38. Um efeito como chaminé é portanto criado na passagem 16 do duto 20. Nas configurações ilustradas nas Figuras 5 e 6 dos desenhos, seções do duto 20 do trocador de calor 10 e o novo gradeamento 46 são posicionados no lugar dos gradeamentos originais. As seções do duto 20 são conectadas juntas em relação extremidade com extremidade ao longo do  
10 comprimento de cada forno 14 a ser resfriado. A extremidade a jusante da passagem 16 do duto é, como é o caso com relação a outras configurações, conectada ao ventilador extrator do fundidor para criar escoamento de ar através da passagem 16 do duto 20.

Ar frio, a partir de um subsolo (não mostrado) do fundidor, escoa entre os fornos 14, como indicado pelas setas 28, até que se choque na placa defletora 24 onde ele é forçado a divergir para choque com as paredes 30 de cada um dos fornos 14 a ser resfriado. Isto cria um primeiro estágio de resfriamento por meio de escoamento de calor por convecção natural auxiliado por ventilador.

20 Devido ao ventilador extrator que traz ar através da passagem 16 do duto 20, uma área de baixa pressão é criada na passagem 16 em comparação com o exterior do duto 10. Como resultado, o ar aquecido pelas paredes 30 dos fornos 14 é acelerado para cima das paredes do forno 30 e é trazido para dentro através das aberturas 22 do conduto 12 para o interior da  
25 passagem 16 como indicado pelas setas 42.

Antes que o ar penetre no interior do conduto 12 do duto 20 o ar deve passar entre as aletas 18 ou entre os acessórios como placa 50, ou através das lentes ir radiantes 48, conforme o caso. Estes itens 18, 48, 50 absorvem calor irradiante emitido a partir das paredes 30 do forno 14 como

indicado, por exemplo, por setas 44 na Figura 4 dos desenhos. Em adição, os itens relevantes 18, 48, 50 atuam como um dissipador de calor para o próprio conduto 12. O ar que se choca nos itens 18, 48, 52 os resfria de maneira convectiva no segundo estágio de transferência de calor.

5 Quando o ar penetra na passagem 16 do conduto 12 do duto 20 ele é arrastado na tiragem e trazido no sentido da extremidade de saída da passagem 16. Quando ele passa através da passagem 16 o ar resfria o conduto 12 de maneira convectiva. Para aprimorar resfriamento do conduto 12 do duto 20, o interior do conduto 12 tem uma malha de transferência de calor 46 ou  
10 outro meio de transferência de calor contido nele, como mostrado na Figura 1 dos desenhos. Isto aprimora ainda mais transferência de calor entre o duto 20 e o ar que passa através da passagem 16 para efetuar resfriamento do duto 20 para manter um gradiente térmico suficiente entre o duto 20 e as paredes 30 do forno 14, de modo que troca de calor por irradiação pode ocorrer entre as  
15 paredes 30 dos fornos 14 e o duto 20 do trocador de calor 10.

Fazendo referência às Figuras 7 a 14 dos desenhos, uma segunda configuração do trocador de calor 10 está ilustrada e descrita. Com referência aos desenhos anteriores, numerais de referência iguais se referem a partes iguais, a menos que especificado de outra forma. No exemplo mostrado  
20 na Figura 7 dos desenhos, o trocador de calor 10 compreende duas fileiras 60 de seções de trocador de calor 62. As seções de trocador de calor 62 são conectadas através de ramais de duto 64 e conectores de duto 66 ao conduto 12 que define a passagem 16. Na versão mostrada na Figura 7 dos desenhos, o conduto 12 é mantido em um nível de subsolo e sai do lado de fora de um  
25 edifício de forno fora de uma zona de trabalho de operadores da forno. Assim, ar aquecido no trocador de calor 10 é descarregado como indicado pela seta 68 através da passagem 16 do conduto 12.

Fazendo referência à Figura 8 dos desenhos, uma vez novamente o trocador de calor 10 é feito de duas fileiras 60 de seções de

trocador de calor 62. Nesta configuração, cada fileira 60 é bifurcada para ter duas pilhas 71 em cada extremidade da fileira 60, através das quais ar aquecido é expelido acima da zona de trabalho de operadores.

De maneira similar, na versão do trocador de calor mostrada na Figura 9 dos desenhos, as fileiras 60 são bifurcadas para ter uma pilha 70 em cada extremidade, através das quais ar é expelido como indicado pelas setas 68. Deve ser observado que o duto 20 na configurações mostrada nas Figuras 5 e 6 poderia ser conectado a pilhas similares 70, para carregar ar aquecido para longe do ambiente de trabalhadores.

No caso das versões em ambas as Figuras 8 e 9, portanto, ar aquecido no trocador de calor 10 é expelido em uma região acima da zona de trabalho de operadores. Em todas as três versões a exposição dos operadores a tensões térmicas que surgem da operação do trocador de calor 10 é reduzida.

Fazendo referência às Figuras 10 e 11 dos desenhos, uma das seções 62 do trocador de calor 10 de acordo com uma primeira versão da segunda configuração da invenção está descrita em maior detalhe.

Nesta configuração da invenção, cada seção 62 do trocador de calor 10 compreende um arranjo de transferência de calor que está na forma de uma pluralidade de tubos espaçados 72. Os tubos 72 são conectados a um coletor 74. O coletor 74 conecta os tubos 72 de cada seção 62 aos ramais de duto 64, os quais, por sua vez, estão conectados através dos conectores 66 ao conduto 12.

Cada tubo 72 tem uma relação elevada de aspecto de profundidade para largura como definido. Desta maneira, espaços entre tubos adjacentes atuam como bloqueios de irradiação térmica auxiliando no processo de transferência de calor por irradiação.

Cada tubo 72 tem uma parte vertical ou ascendente 76 e é conectado a seu coletor 74 através de uma parte encurvada 78.

A parte vertical 76 de cada tubo 72 é contida atrás de uma

placa de proteção 80. A placa de proteção 80 é arranjado substancialmente paralela à parede 30 do forno 14 para criar um canal 82, no qual o ar de resfriamento 22 sobe devido a escoamento por convecção natural. Este escoamento de calor por convecção natural no canal 82 auxilia no resfriamento do forno 14 e pode ser de benefício se o escoamento de ar forçado na passagem 16 do conduto 12 falha por qualquer razão permitindo que períodos de tempo aumentados recomecem o escoamento de ar auxiliado por força na passagem 16 do conduto 12 do trocador de calor 10.

Deve ser observado que os tubos 72 são localizados em proximidade junto à parede 30 do forno 14. Mecanismos de transferência de calor por irradiação e de convecção natural transferem calor da parede 30 do forno 14 para os tubos do trocador de calor 72. Estas tubos de trocador de calor 72 tem uma condutividade térmica elevada e absorvem níveis elevados de calor a partir das paredes 30 do forno 14. Como indicado acima, a relação de aspecto elevada de profundidade para largura dos tubos de trocador de calor 72 fornece espaços entre tubos adjacentes 72, os espaços atuando como bloqueios de irradiação térmica que auxiliam o processo de transferência de calor por irradiação. Em adição, convecção natural a partir da parede 30 do forno 14 transfere algum calor para os tubos do trocador de calor 72.

Como descrito acima, a extremidade a jusante do conduto 12 é conectada ao ventilador extrator do edifício do forno, o ventilador criando uma região de baixa pressão na passagem 16. Será apreciado que isto também cria uma região de baixa pressão em todas as partes do trocador de calor 10 a montante da passagem 16. Assim, o ar de resfriamento 20 é trazido para o interior dos tubos 72, como mostrado na Figura 11 dos desenhos. Ao invés da extremidade a jusante do conduto 12 ser conectada ao ventilador extrator do edifício, um ventilador ou ventiladores separados podem ser fornecidos para a única finalidade de extrair o fluido a partir do trocador de calor 10. Uma extremidade a jusante do conduto 12 poderia, ao invés disso, ser conectada a

uma chaminé externa acionada termicamente e utilizando um efeito chaminé para fornecer uma região de baixa pressão para encorajar escoamento de ar através do conduto 12.

5 O ar de resfriamento 28 se move verticalmente dentro dos tubos de trocador de calor 72 os quais foram aquecidos de maneira irradiante pela parede 30 do forno 14. Calor é transferido a partir dos tubos de trocador de calor 72 para o ar que escoar dentro dos tubos 72 através de convecção forçada. A velocidade do ar dentro do trocador de calor 10 é tal que provoca altas taxas de transferência de calor a partir das superfícies dos tubos de trocador de calor 72 para o ar 28 que escoar nos tubos 72.

10 Para auxiliar nesta transferência de calor, superfícies internas de cada um dos tubos 72 podem incluir aspectos de superfície estendida (não mostrado) tais como meio poroso para aumentar taxas de transferência de calor.

15 Ar 28 que deixa os tubos 72 encontra a região encurvada 78 de cada tubo 72. Esta região encurvada 78 auxilia em quebrar as camadas limites hidrodinâmicas e térmicas, a quebra das camadas limite auxiliando a promover a transferência de calor por convecção a partir dos tubo 72 para o ar 28.

20 Fazendo referência às Figuras 12 a 14 dos desenhos, uma outra versão da segunda configuração do trocador de calor 10 é descrita. Cada seção de trocador de calor 62 compreende uma pluralidade de unidades 84, uma das quais está mostrada em maior detalhe na Figura 13 dos desenhos. Cada unidade 84 compreende um coletor 74 e uma pluralidade de tubos de trocador de calor 72 arranjados em intervalos espaçados ao longo do comprimento do coletor 74.

25 Nesta versão da segunda configuração, cada tubo 72 tem uma seção a montante horizontal 86 que alimenta para o interior de uma parte vertical 88 a qual, por sua vez, alimenta para o interior de uma parte

encurvada 90 antes da entrada no coletor 74.

Como mostrado mais claramente na Figura 14 dos desenhos, a parte vertical 88 de cada tubo 72 é mantida no canal 82 entre a parede 30 do forno 14 e a placa de proteção 80.

5 Além disto, nesta modalidade de configuração, os coletores 74 das unidades 84 são empilhados em relação espaçada verticalmente, de modo que as partes horizontais 86 dos tubos 72 de uma unidade superior 84 são intercaladas com os tubo 72 de uma unidade subjacente com as partes horizontais 86 dos tubos 74 sendo arranjadas abaixo dos coletores 74 da  
10 unidade subjacente 84.

Os coletores 74 são conectados a um coletor a jusante 92 que tem uma passagem de saída 94 que conecta aos ramais de duto 64 e, através dos conectores de duto 66, ao conduto 12.

Nesta versão da segunda configuração do trocador de calor 10,  
15 ar 28 é trazido para o interior das partes horizontais dos tubos 86 devido ao escoamento forçado na passagem 16 do conduto 12. O ar atravessa a parte vertical 88 de cada um dos tubo 72. A mudança na direção de escoamento de ar aprimora transferência de calor por meio de perturbação das camadas limite térmica e hidrodinâmica. Em adição, o comprimento vertical 88 é curto em  
20 relação ao comprimento total do tubo 72. Isto aprimora ainda mais transferência de calor inibindo a acumulação de camadas térmicas e hidrodinâmicas nas partes verticais 88 dos tubo 72.

Fazendo referência agora às Figuras 15 a 28, ainda uma outra variação da segunda configuração do trocador de calor 10 está descrita. Uma  
25 vez novamente com referência aos desenhos anteriores, numerais de referência iguais se referem a partes iguais, a menos que especificado de outra forma.

Nesta variação da segunda configuração da invenção, cada seção 62 do arranjo de transferência de calor do trocador de calor 10

compreende, no mínimo, um duto em forma de canal 100 (um dos quais está mostrado) que tem um par de flanges que se estendem para fora 102. Estes flanges 102, em utilização, são colocados contra uma superfície externa da parede 30 do forno 14 a ser resfriado, como mostrado nas Figuras 15 e 16 dos  
5 desenhos. Fazendo assim, é formada uma passagem 104. O fluido de resfriamento ou ar passa através da passagem na direção da seta 106.

Para encorajar troca de calor entre a parede 30 do forno 14 e o duto 100, superfícies internas do duto 100 são preparadas ou revestidas para fornecer uma superfície de emissividade elevada para encorajar a absorção de  
10 calor a partir da parede do forno 30. Tipicamente o duto 100 é de um metal adequado e é revestido com tinta negra de absorção de calor para encorajar transferência de calor.

Troca de calor por irradiação ocorre entre a parede de forno 30 e, particularmente, a parede 108 do duto de trocador de calor 100 espaçado da  
15 parede do forno 30. Troca de calor por convecção ocorre devido à passagem de ar através da passagem 104 através de uma abertura de saída 110 (Figuras 18A e 18B) para o interior do coletor 74 (não mostrado nas Figuras 15 a 28). Como descrito acima, o ar a partir do coletor é trazido para o interior da  
20 passagem 16 do conduto 12 para expulsão a partir da estrutura na qual os fornos 14 são arrançados. Uma vez novamente, troca de calor por convecção ocorre devido a escoamento auxiliado do ar através dos dutos 100 dos coletores 74 e dos condutos 12 conectando uma extremidade de saída do conduto 12 a um ventilador extrator adequado. Adicionalmente, escoamento  
25 por convecção natural é aprimorado devido ao efeito como de chaminé criado pelas chaminés 70.

Uma abertura de entrada 112 de cada duto 100 pode ser quadrada como mostrado na Figura 17A dos desenhos. Ao invés disto, a abertura de entrada 112 pode ser conformada (como mostrado nas Figuras 17B e 17C dos desenhos) para reduzir a queda de pressão associada com a

entrada para o interior do duto 100. Para uma abertura de entrada padrão de aresta reta 112 como mostrado na Figura 17A dos desenhos, o coeficiente de perda de pressão é 1, porém pode cair a menos do que 0,1 para uma abertura de entrada com raio ou inclinada, como mostrado nas Figuras 17B e 17C que tem uma relação de raio de entrada para diâmetro hidráulico maior do que 0,2.

O requisito para a forma de entrada depende de um ótimo entre o custo de fornecer escoamento forçado através do duto 100, a velocidade do ar através da passagem 104 de cada duto 100 e o custo adicional de fornecer a forma específica.

Uma única abertura de saída 110 para cada duto 100 pode ser fornecida como mostrado na Figura 18A dos desenhos, para conexão ao coletor 74, de modo que todo o ar de resfriamento passa para o interior do coletor 74. Ao invés disto, como mostrado na Figura 18B dos desenhos, uma abertura de saída secundária 114 pode ser fornecida, através da qual uma parte do ar de resfriamento escoar, como mostrado pela seta 116. Este escoamento de ar parcial 116 pode ser de auxílio onde, por alguma razão, o escoamento por convecção forçado através dos dutos 100 cessa por alguma razão. O escoamento de ar 116 mantém resfriamento por convecção natural da parede 30 do forno 14. Isto deveria fornecer tempo suficiente para possibilitar que ação corretiva seja tomada para restabelecer o escoamento forçado de ar através dos dutos 100 para reduzir a probabilidade que ocorra dano significativo à parede 30 do forno 14.

Se desejado, a abertura de saída secundária 114 poderia ser fechada por uma aba controlada por pressão (não mostrado) a qual, enquanto existe escoamento forçado de ar através do duto 100 é mantida em uma posição que fecha a abertura de saída secundária 114. Perda de pressão devido à falha do escoamento forçado faz com que a aba se mova para uma posição que abre a abertura de saída secundária e que permite escoamento através da abertura de saída secundária 114.

Um duto completamente fechado como mostrado na Figura 18A tem a vantagem que todo o ar aquecido a partir das seções 62 é removido da vizinhança do forno 14, que inclui a zona de trabalho de operador. Isto tem o potencial para reduzir tensão térmica do operador.

5 O duto parcialmente aberto 100, como mostrado na Figura 18B dos desenhos, permite a uma porção do ar aquecido passar para o interior dos ramais e conduto principal 12 para ser removido do ambiente do local do forno. Como descrito acima, a porção remanescente do ar escoa na direção da seta 116, depois da parede do forno 30, para manter uma medida de  
10 resfriamento por convecção da parede do forno 30.

Para aprimorar transferência de calor entre cada seção 62 e a parede de forno 30, cada duto 100 contém superfícies de aprimoramento de transferência de calor 118. Na variação ilustrada nas Figuras 19 e 20 dos desenhos, as superfícies de aprimoramento de transferência de calor 118 são  
15 definidas por aletas 120 que se estendem paralelas à direção de escoamento de ar através da passagem 104 de cada duto 100. Estas aletas 120 não criam uma queda de pressão significativa. As aletas 120 atuam como dissipadores de calor para aceitar a transferência de calor por irradiação e por convecção a partir da parede do forno 30 e para transferir este calor para o fluido de  
20 resfriamento que passa através dos espaços entre aletas adjacentes 120. Como com o duto 100, as aletas 120 são tratadas para terem superfícies de emissividade elevada.

Na variação mostrada nas Figuras 21 e 22 dos desenhos, ao invés de aletas planas 120, cada aleta é ranhurada para fornecer aletas de  
25 comprimento curto 122, as quais são deslocadas uma em relação à outra para formar estruturas substancialmente conformadas em V, arranjadas em um sistema escalonado de comprimentos curtos, como mostrado nas Figuras 21 e 22 dos desenhos.

Este arranjo auxilia a reduzir camadas limite térmicas e,

fazendo assim, a aprimorar transferência de calor por convecção.

Nas Figuras 23 e 24 dos desenhos, as superfícies de aprimoramento de transferência de calor 118 compreendem geradores de vórtice 124 presos a uma superfície interna da parede 108 de cada duto 100 para se situarem dentro da passagem 104, em utilização. Os geradores de vórtice 124 impedem escoamento de fluido através da passagem 104 e fazem com que vórtices se desenvolvam. Estes vórtices, uma vez novamente, reduzem a acumulação de camadas limite térmicas, aprimorando transferência de calor por convecção. Como um outro aprimoramento, orifícios podem ser cortados na parede 108 de cada duto 100, como mostrado de maneira esquemática em 126 na Figura 23 dos desenhos. Estes orifícios 126 trazem fluido mais frio para o interior da passagem 104 da seção 62 para aprimorar ainda mais transferência de calor.

Ainda uma outra variação das superfícies de transferência de calor 118 está mostrada nas Figuras 25 e 26 dos desenhos. Nesta variação os geradores de vórtice 124 são arranjados em intervalos verticalmente espaçados nas aletas 120. Os geradores de vórtice 124 auxiliam a transferir calor das aletas 120 para o fluido de resfriamento, e servem para manter as aletas 120 em uma temperatura mais baixa. Isto permite que ambas, transferência de calor por irradiação a partir da parede do forno 30 ocorra, bem como transferência de calor por convecção a partir das superfícies de aprimoramento de transferência de calor 118 para o fluido de resfriamento que escoar através da passagem 104.

Na variação mostrada nas Figuras 27 e 28 dos desenhos, as superfícies de aprimoramento de transferência de calor são definidas por aletas corrugadas 128. Em adição, as aletas 128 são perfuradas. As aletas 128 são assim arranjadas para formar passagens alternativas mais largas e mais estreitas entre aletas adjacente 128. O fluido de resfriamento se move através destas seções mais larga e mais estreita alternadas criando diferenciais de

pressão localizados que promovem escoamento de fluido através das aletas perfuradas 128.

A combinação das superfícies estendidas definidas pelas aletas 128, as seções mais estreitas e mais largas alternadas que reduzem camadas limite térmicas e escoamento de fluido através das perfurações das aletas 28, todos aprimoram transferência de calor.

A seção 62 mostrada nas Figuras 29 e 30 dos desenhos e uma variação da seção 62 descrita acima com referência às Figuras 10 e 11 dos desenhos, também poderia ser aplicada às configurações mostradas nas Figuras 12 a 14 dos desenhos.

Nesta variação, cada tubo 72 tem uma fenda 130 definida na parede a mais estreita do tubo 72 mais próxima à parede do forno 30. A fenda 130 se estende longitudinalmente.

Um diferencial de pressão é criado através do tubo 72 para encorajar escoamento de fluido na direção das setas 132 (Figura 30). O fluido de resfriamento se choca na superfície externa da parede 30 do forno 14 e é trazido para o interior das fendas 130 do tubo 72 de cada seção 62. Este fluido de resfriamento é então, como descrito acima com referência às Figuras 10 e 11, alimentado através do coletor 74 para o interior do conduto 12 para extração. O fluido que choca na parede do forno 30 reduz camadas limite térmicas o que aprimora transferência de calor. Transferência de calor também é aprimorada pelo suprimento de fluido mais frio externo às seções de trocador de calor 62. Este escoamento de fluido é em adição ao escoamento de fluido através dos tubos 72 na direção do eixo longitudinal do tubo 72 como descrito acima com referência às Figuras 10 e 11.

Embora esta variação tenha sido descrita com referência a uma fenda que se estende longitudinalmente, as fendas podem ou ser do comprimento total do tubo 72, ou de comprimentos curtos ao longo do comprimento do tubo 72. Uma outra variação poderia ser a utilização de uma

pluralidade de tubos curtos, cada um definindo uma fenda 130, com os tubos sendo arranjados em relação horizontalmente e verticalmente espaçada, para cobrir a parede do forno 30. Este arranjo poderia ser similar àquele descrito acima com referência às Figuras 12 a 14 dos desenhos.

5                   Uma vantagem da segunda configuração da invenção é a utilização de escoamento por convecção natural fora dos tubos do trocador de calor 72. Como indicado acima, caso o escoamento por convecção forçado na passagem 16 pare por alguma razão, o escoamento por convecção natural irá, acredita o Requerente, reduzir a elevação de temperatura da parede 30 do  
10 forno 14, possibilitando que a ação de correção seja tomada, com a probabilidade de dano ao forno devido a superaquecimento ser reduzida.

                  É uma vantagem particular da invenção, que um trocador de calor 10 seja fornecido, o qual utiliza um único fluido de troca de calor. Troca de calor entre o trocador de calor 10 e os fornos 14 ocorre ao mesmo tempo  
15 de maneira convectiva e de maneira irradiante para aprimorar transferência de calor.

                  Uma outra vantagem importante da invenção é que um trocador de calor 10 é fornecido, o qual pode ser montado "in situ", sem a necessidade por qualquer modificação dos fornos 14. Assim, o trocador de  
20 calor 10 pode ser montado em posição relativa aos fornos 14 sem parar as fornos 14. Assim, tempo parado dos fornos 14 é reduzido se não totalmente eliminado, o que tem benefícios econômicos importantes.

                  Em adição, o fornecimento do trocador de calor 10 em comprimentos ou seções, facilita a instalação do trocador de calor 10.  
25 Nenhuma modificação significativa do fundidor é requerida além de, onde aplicável, a instalação de um sistema de ventilador para o trocador de calor 10, a qual pode incluir opcionalmente uma conexão da extremidade de saída do conduto 12 ao ventilador extrator do fundidor.

                  Com relação à configuração desta invenção ilustrada nas

Figuras 5, 6 e 7 a 30 dos desenhos, é ainda uma outra vantagem da invenção que a carga térmica nos operadores no fundidor é reduzida quando o calor é trazido através do conduto 12 e sai afastado da zona de trabalho dos operadores.

- 5                      Será apreciado por pessoas versados na técnica que inúmeras variações e/ou modificações podem ser feitas à invenção como mostrado nas configurações específicas, sem se afastar do espírito ou escopo da invenção como amplamente descrita. As presentes configurações devem, portanto, ser consideradas em todos os aspectos como ilustrativas e não restritivas.

REIVINDICAÇÕES

1. Trocador de calor de forno de fundição, caracterizado pelo fato de incluir:

um conduto para transportar fluido de resfriamento em relação a um forno a ser resfriado; e

um arranjo de transferência de calor em comunicação com um interior do conduto, o arranjo de transferência de calor e o conduto definindo conjuntamente um conjunto que pode ser montado adjacente ao forno a ser resfriado, ocorrendo troca de calor por convecção em utilização, devido ao movimento do fluido de resfriamento em relação ao forno e ao arranjo de transferência de calor do conjunto e troca de calor por irradiação ocorrendo entre o forno e no mínimo parte do arranjo de transferência de calor do conjunto.

2. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ser formado em seções que podem ser arranjadas em relação de extremidade com extremidade com o conduto, formando uma passagem através da qual escoo o fluido de resfriamento.

3. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, caracterizado pelo fato de no mínimo o arranjo de transferência de calor ser de um material de absorção de calor.

4. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de uma região operacionalmente interna do conduto conter elementos de troca de calor.

5. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de os elementos de troca de calor serem na forma de meio de transferência de calor para efetuar troca de calor por convecção aumentada entre o conduto e o fluido de resfriamento dentro do conduto.

6. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de o controle de

escoamento de fluido através do conduto ser efetuado por meio de elementos de controle arranjados no conduto.

5 7. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de o arranjo de transferência de calor compreender uma pluralidade de aletas arranjadas sobre uma superfície externa do conduto.

10 8. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de incluir um arranjo ou um defletor arranjado em utilização operacionalmente abaixo do conjunto, para desviar o fluido de resfriamento para contato com o forno a ser resfriado

9. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de cada seção do conjunto ser montada sobre roletes.

15 10. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de incluir um elemento de aprisionamento de fluido arranjado operacionalmente acima do conduto, para inibir escapamento ou desvio do ar aquecido.

11. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de uma extremidade a jusante do conduto ser conectada a um arranjo de extração de fluido.

20 12. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de um acessório absorvedor de calor ser montado no conduto.

25 13. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de o arranjo de transferência de calor compreender uma pluralidade de dutos espaçados, conectados por um coletor ao conduto, os dutos sendo arranjados em intervalos espaçados ao longo de cada coletor.

14. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de cada duto ser na forma de uma seção

substancialmente em forma de canal, a qual em utilização, é posicionada adjacente a uma parede do forno para formar uma passagem através da qual pode passar o fluido de resfriamento.

5 15. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 13 ou reivindicação 14, caracterizado pelo fato de uma abertura de entrada de cada duto ser conformada para reduzir uma queda de pressão associada com a entrada do fluido de resfriamento no interior do duto.

10 16. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 15, caracterizado pelo fato de o duto conectar ao coletor através de uma abertura de saída.

15 17. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de cada duto definir uma abertura de saída secundária para permitir escapamento de algo do fluido de resfriamento para a atmosfera, para fornecer escoamento por convecção natural quando nenhum escoamento auxiliado está presente.

18. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de cada duto ser na forma de um tubo a ser arranjado adjacente à parede do forno a ser resfriado.

20 19. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de cada tubo ser substancialmente retangular em seção transversal tendo uma relação de aspecto elevada de profundidade para largura.

25 20. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 18 ou reivindicação 19, caracterizado pelo fato de uma parte de cada tubo em proximidade ao forno definir no mínimo uma abertura para aprimorar transferência de calor entre o tubo e o forno devido a camadas limite térmicas reduzidas.

21. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das reivindicações 13 a 20, caracterizado pelo fato de incluir um elemento de

proteção para proteger aquelas partes de uma estrutura na qual o forno a ser resfriado está localizado, arranjado sobre um lado oposto do elemento de proteção a partir do forno, de transferência de calor por irradiação a partir do forno.

5                    22. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de o elemento de proteção ser na forma de uma placa de proteção que, juntamente com a parede do forno, definem um canal através do qual o fluido de resfriamento pode passar para auxiliar em transferência de calor por convecção natural a partir da parede do forno para aquelas partes do  
10 arranjo de transferência de calor arranjadas dentro do canal.

                  23. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de uma parte ascendente de cada duto ser arranjada no canal, de modo que transferência de calor a partir do forno para os tubos ocorre ao mesmo tempo por irradiação e por convecção.

15                    24. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de cada duto ter uma seção vertical que penetra seu coletor através de uma região a jusante encurvada do duto.

                  25. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de cada duto ter uma porção a montante horizontal que  
20 conduz a uma porção vertical arranjada entre a placa de proteção e o forno.

                  26. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de cada seção do arranjo de transferência de calor compreender uma pluralidade de unidades, cada unidade compreendendo um coletor com seus dutos associados com os coletores sendo empilhados  
25 verticalmente, os dutos de uma unidade superior sendo intercalados com os dutos de uma unidade subjacente e que fornece comprimentos de porções verticais dos dutos voltadas para a parede do forno para aprimorar transferência de calor.

                  27. Trocador de calor de acordo com qualquer uma das

reivindicações 13 a 26, caracterizado pelo fato de um interior de cada duto carregar componentes de aumento de superfície para aprimorar no mínimo um dentre taxas de transferência de calor por convecção e taxas de transferência de calor por irradiação.

5                   28. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de os componentes serem selecionados a partir de um grupo que consiste de aletas, elementos de indução de vórtice e combinações do que precede.

10                   29. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 27 ou reivindicação 28, caracterizado pelo fato de os componentes incluírem elementos foraminosos.

15                   30. Trocador de calor de forno de fundição, caracterizado pelo fato de que inclui no mínimo um duto a ser colocado em proximidade de um forno a ser resfriado, troca de calor entre o forno e no mínimo um duto ocorrendo devido à transferência de calor por irradiação entre o forno e no  
mínimo um duto e devido à transferência de calor por convecção para um fluido que absorve calor de ambos, do forno e do no mínimo um duto.

                    31. Método para resfriar um forno de fundição, caracterizado pelo fato de incluir:

20                   montar um arranjo de transferência de calor de um conjunto trocador de calor, o conjunto incluindo um conduto de material absorvedor de calor em proximidade ao forno, de modo que troca de calor por irradiação entre o forno de fundição e no mínimo uma parte do arranjo de transferência de calor ocorra; e

25                   direcionar fluido de resfriamento depois do forno para contato com o arranjo de transferência de calor e para o interior do conduto, de modo que a troca de calor por convecção entre o fluido, o forno e o arranjo de transferência de calor, ocorra.

                    32. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado

pelo fato de incluir auxiliar escoamento por convecção do fluido através do arranjo de transferência de calor e do conduto.

5 33. Método de acordo com a reivindicação 32, caracterizado pelo fato de incluir efetuar a assistência criando uma região de baixa pressão em uma passagem do conduto.

34. Método de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de incluir formar o conjunto trocador de calor em seções e arranjar as seções em relação de extremidade com extremidade, com o conduto formando a passagem através da qual escoo o fluido.

10 35. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 31 a 34, caracterizado pelo fato de incluir efetuar a troca de calor por convecção aumentada entre o conduto e o fluido no conduto, passando o fluido sobre elementos de troca de calor contidos no conduto.

15 36. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 31 a 35, caracterizado pelo fato de incluir controlar escoamento de fluido através do conduto.

20 37. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 31 a 36, caracterizado pelo fato de o arranjo de transferência de calor compreender uma pluralidade de aletas arranjadas em uma superfície externa do conduto e o método incluir passar o fluido através de espaço entre as aletas adjacentes, os espaços servindo como bloqueios de calor irradiante para auxiliar em transferência de calor por irradiação entre o forno e o conjunto.

25 38. Método de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de incluir montar o conjunto entre uma pluralidade de fornos a serem resfriados e desviar fluido para contato com paredes dos fornos, e trazer o fluido para o interior do conduto através de aberturas definidas intermediárias às aletas em paredes do conduto.

39. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 31 a 38, caracterizado pelo fato de incluir arranjar um elemento de

aprisionamento de fluido operacionalmente acima do conduto, para inibir escapamento ou desvio de ar aquecido.

5 40. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 31 a 39, caracterizado pelo fato de incluir conectar uma extremidade a jusante do conduto a um arranjo de extração de fluido.

41. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 31 a 37, caracterizado pelo fato de incluir posicionar o conduto em proximidade a um piso de uma estrutura na qual o forno está contido.

10 42. Método de acordo com a reivindicação 41, caracterizado pelo fato de incluir montar um acessório absorvedor de calor ao conduto.

15 43. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 31 a 34, caracterizado pelo fato de incluir montar uma pluralidade de dutos do arranjo de transferência de calor em intervalos espaçados ao longo do forno, adjacente a uma parede do forno, e conectar uma pluralidade dos dutos ao conduto por no mínimo um coletor.

44. Método de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato de incluir conformar uma abertura de entrada de cada duto para reduzir uma queda de pressão associada com a entrada de um fluido de resfriamento para o interior do duto.

20 45. Método de acordo com a reivindicação 43 ou 44, caracterizado pelo fato de incluir conectar uma abertura de saída do duto ao coletor.

25 46. Método de acordo com a reivindicação 45, caracterizado pelo fato de incluir fornecer escoamento por convecção natural quando nenhum escoamento auxiliado está presente, permitindo escapamento de algo do fluido de resfriamento para a atmosfera através de uma abertura de saída secundária definida em cada duto.

47. Método de acordo com a reivindicação 43, caracterizado pelo fato de incluir aprimorar a transferência de calor entre o duto, que está na

forma de um tubo, e o forno, passando o fluido através de uma abertura definida em uma parede do tubo.

5 48. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 43 a 47, caracterizado pelo fato de incluir montar um elemento de proteção em relação espaçada em relação a uma parede do forno para proteger aquelas partes de uma estrutura na qual o forno a ser resfriado está localizado, arranjado em um lado oposto do elemento de proteção a partir do forno, de transferência de calor por irradiação a partir do forno.

10 49. Método de acordo com a reivindicação 48, caracterizado pelo fato de incluir passar o fluido através de um canal definido entre o elemento de proteção e a parede do forno para auxiliar em transferência de calor por convecção natural a partir da parede do forno para aquelas partes do arranjo de transferência de calor arranjadas dentro do canal.

15 50. Método de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de incluir arranjar uma parte ascendente de cada duto no canal, de modo que transferência de calor a partir do forno para os dutos ocorra ao mesmo tempo por irradiação e por convecção.

20 51. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 43 a 50, caracterizado pelo fato de incluir aprimorar no mínimo um dentre transferência de calor por convecção e transferência de calor por irradiação, passando o fluido sobre componentes de aumento de superfície arranjados em um interior de cada duto.

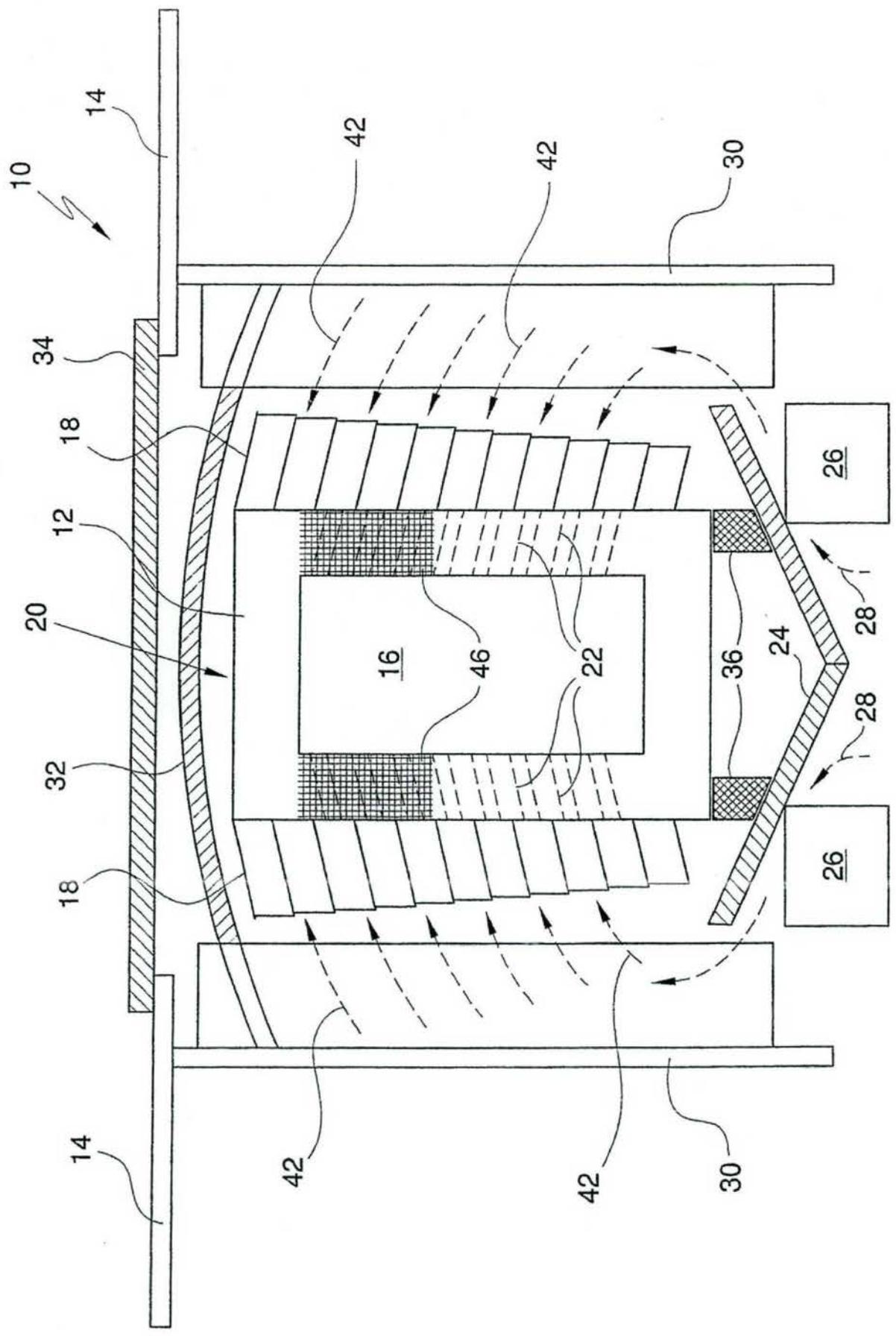


Fig.1

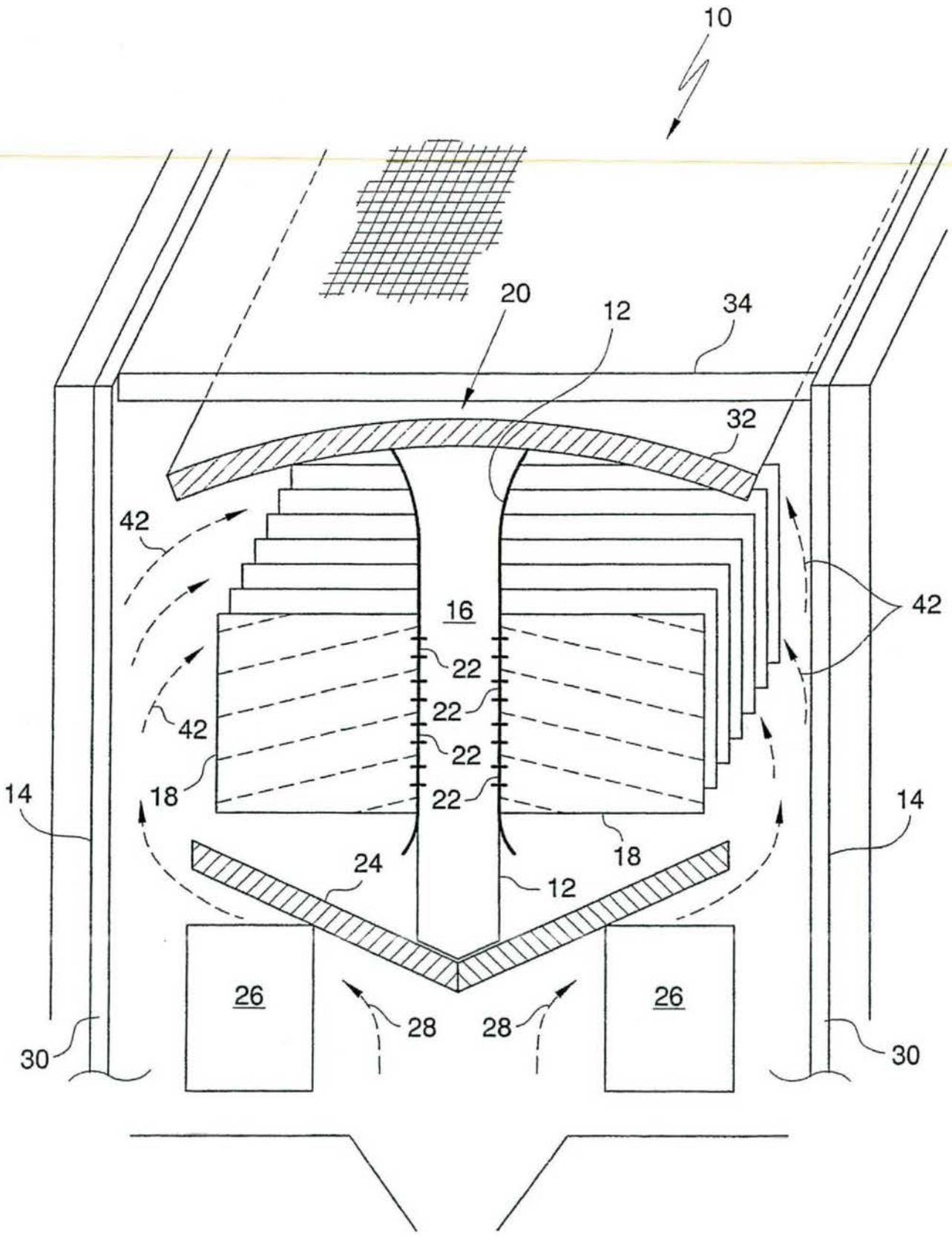


Fig. 2

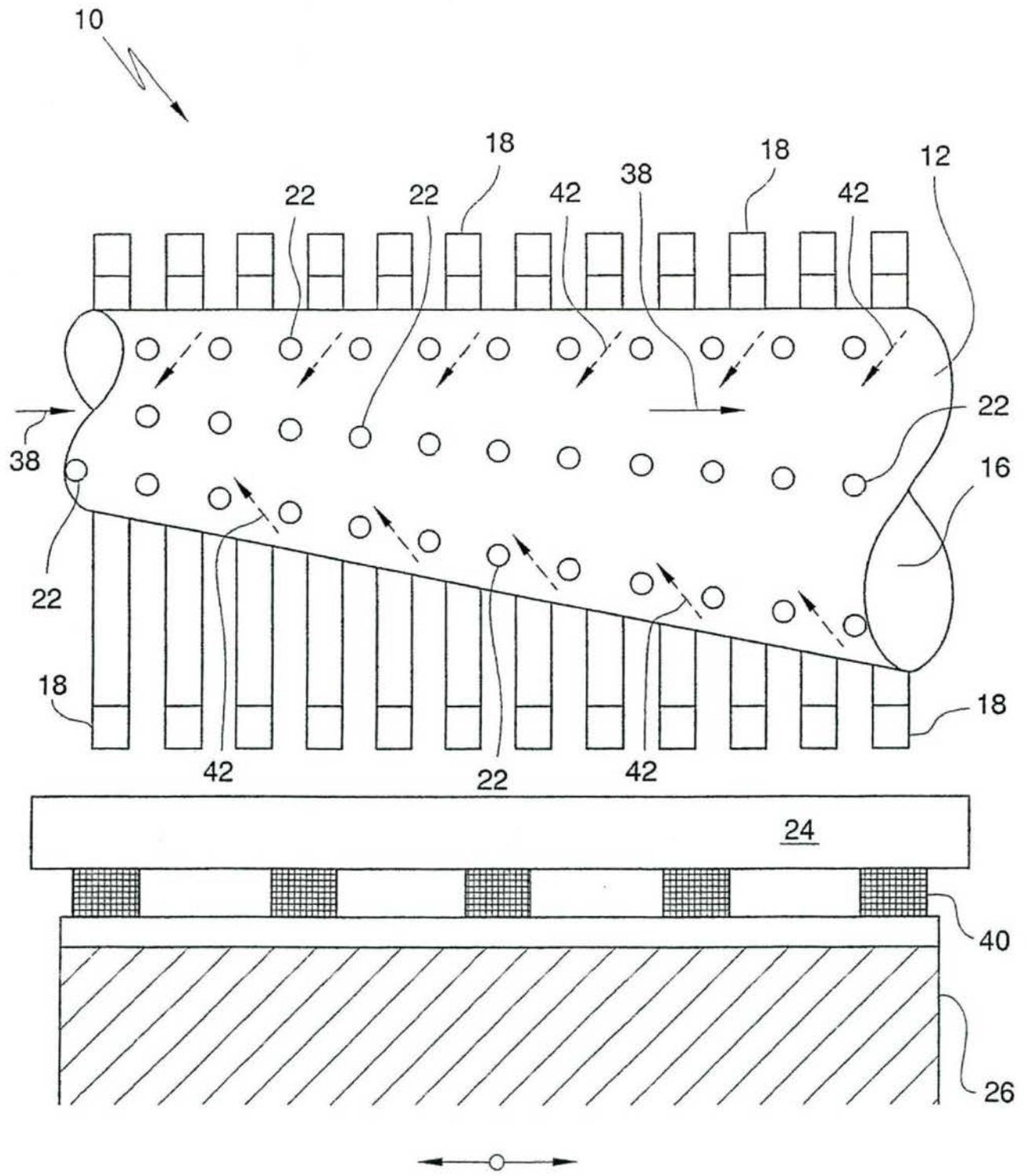


Fig.3

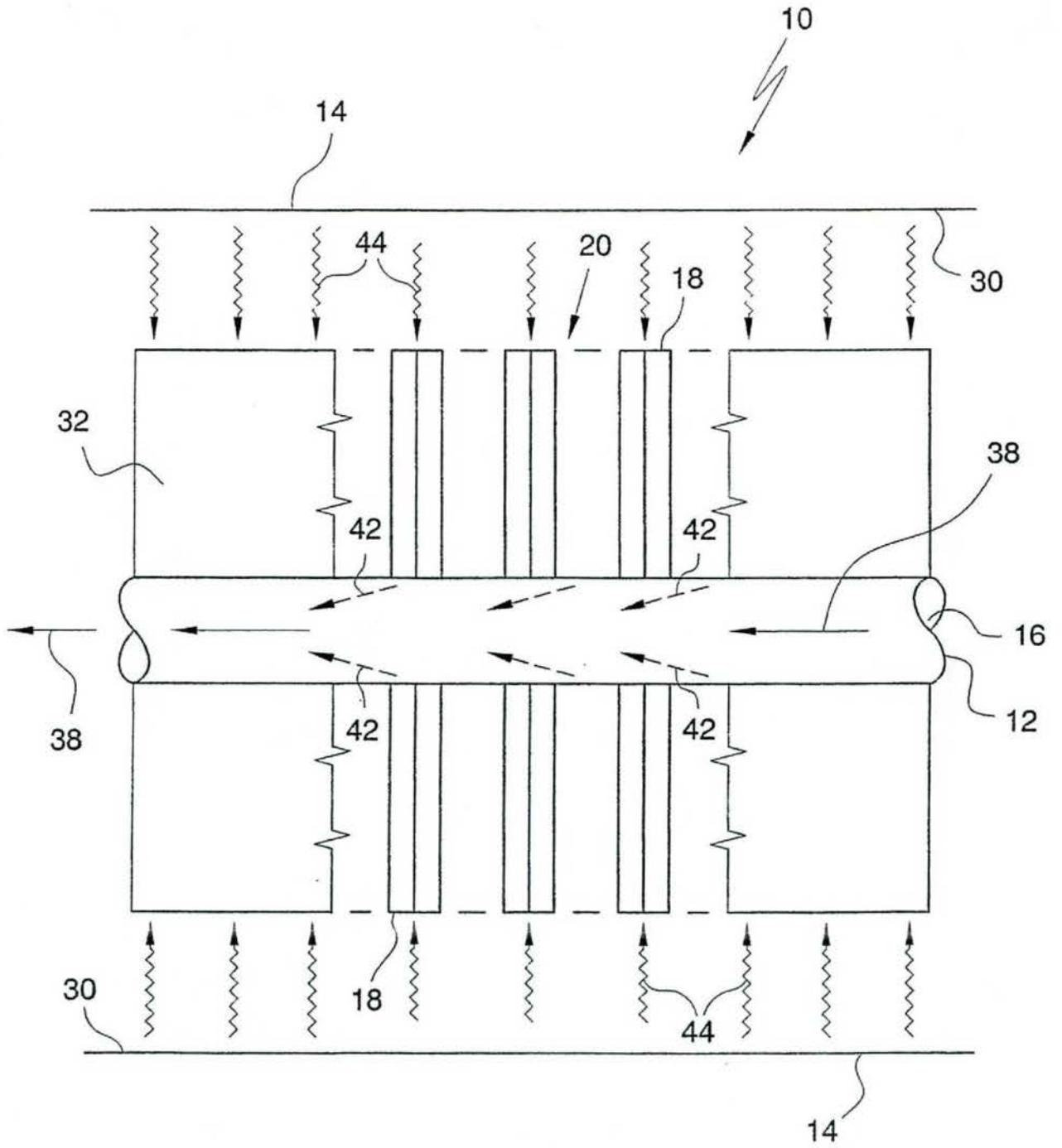


Fig.4

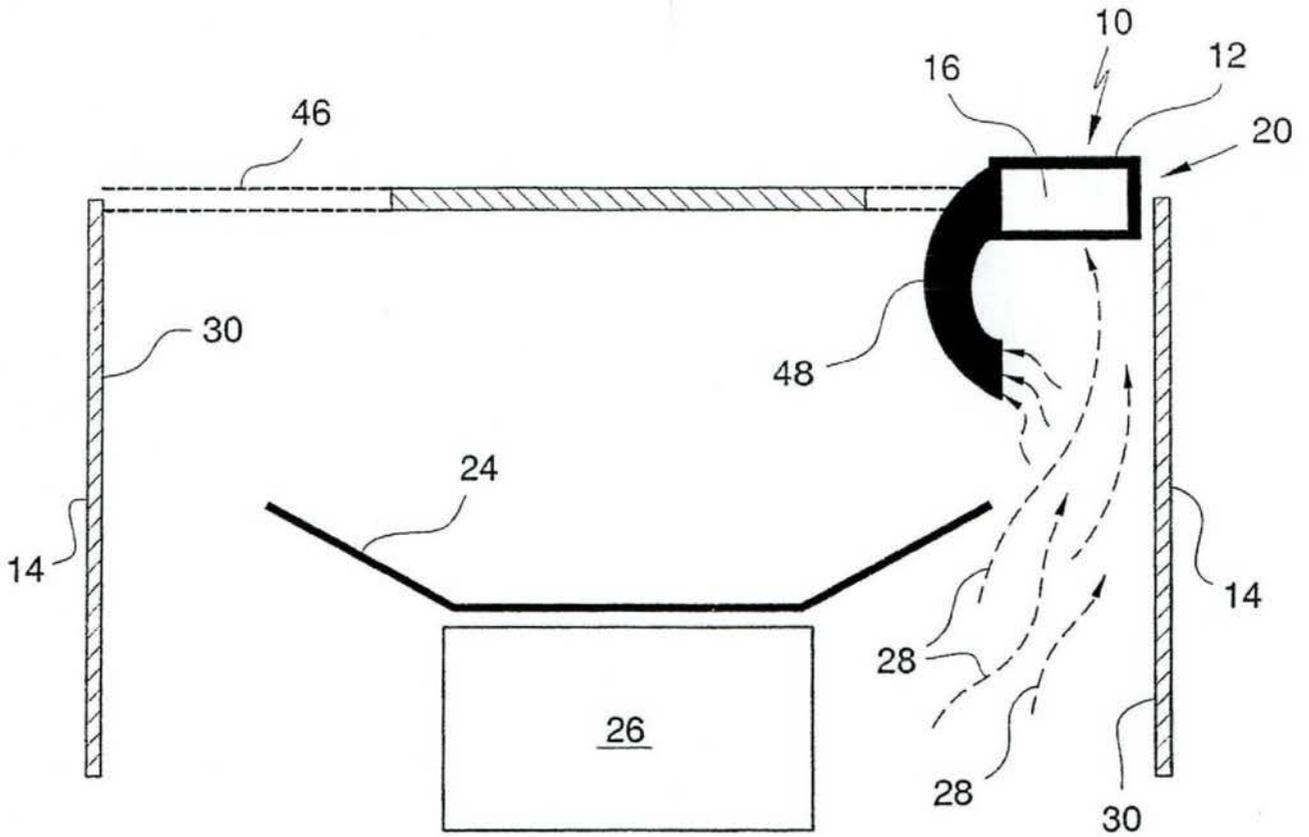


Fig. 5

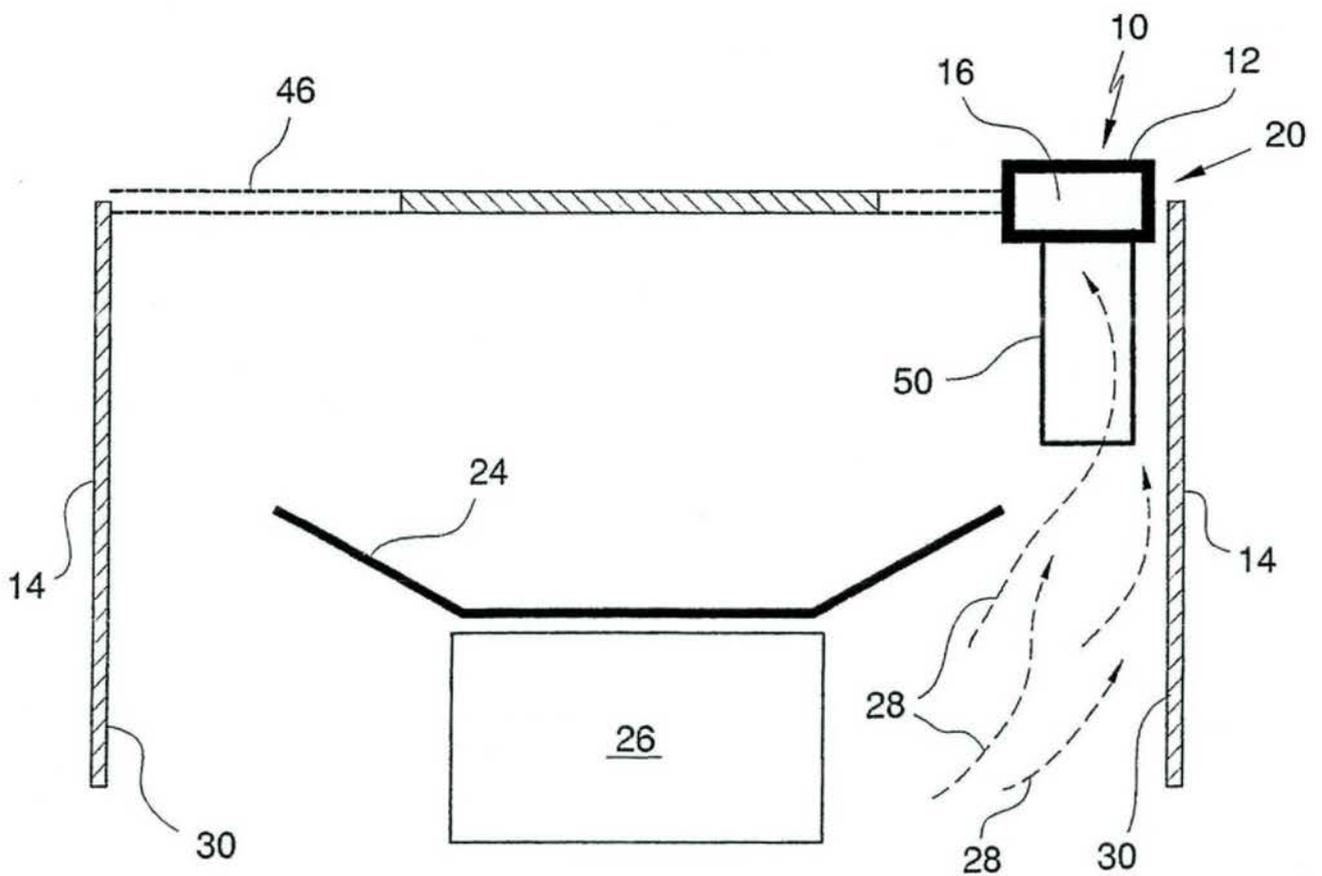


Fig. 6

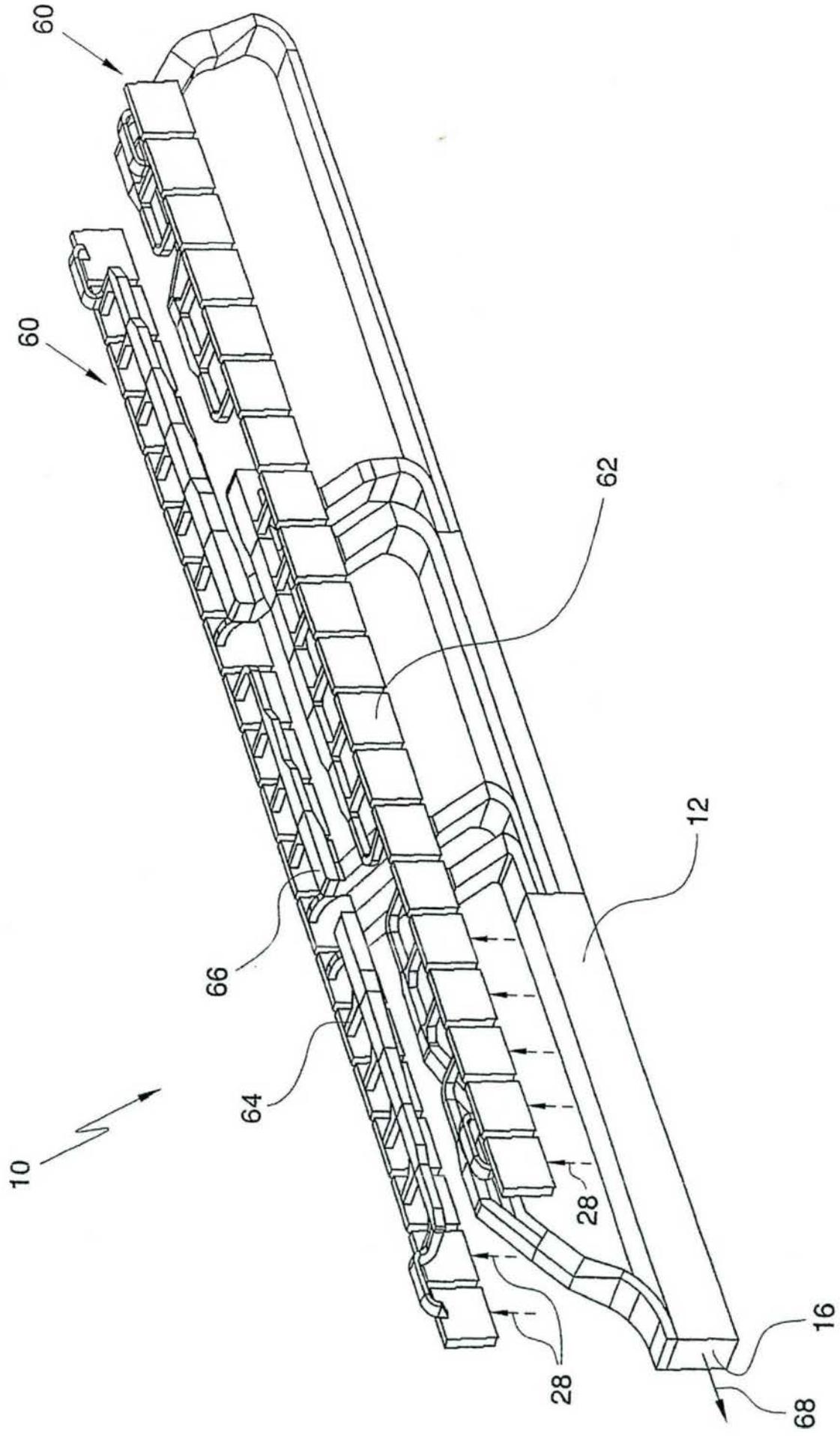


Fig. 7

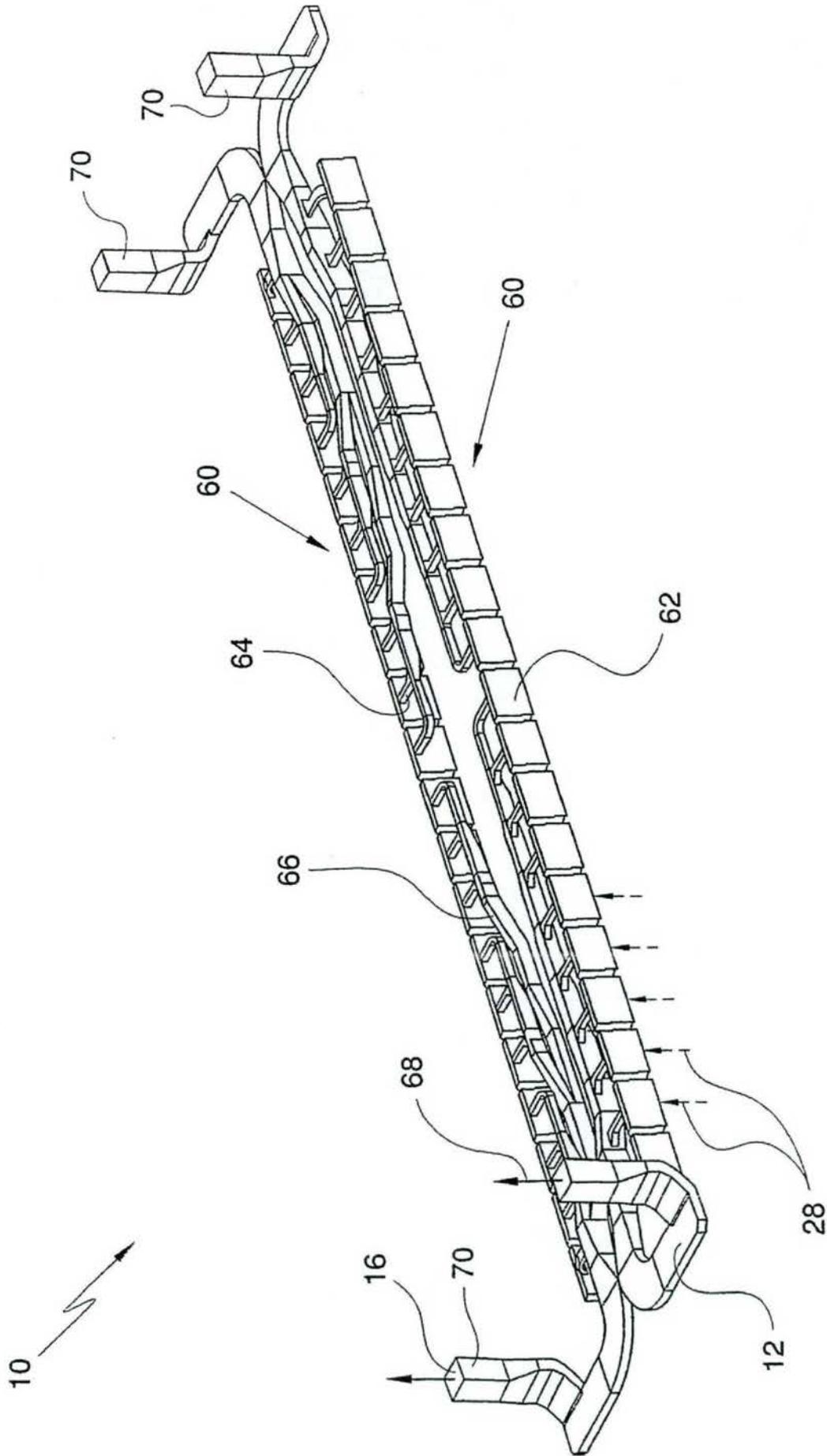


Fig.8

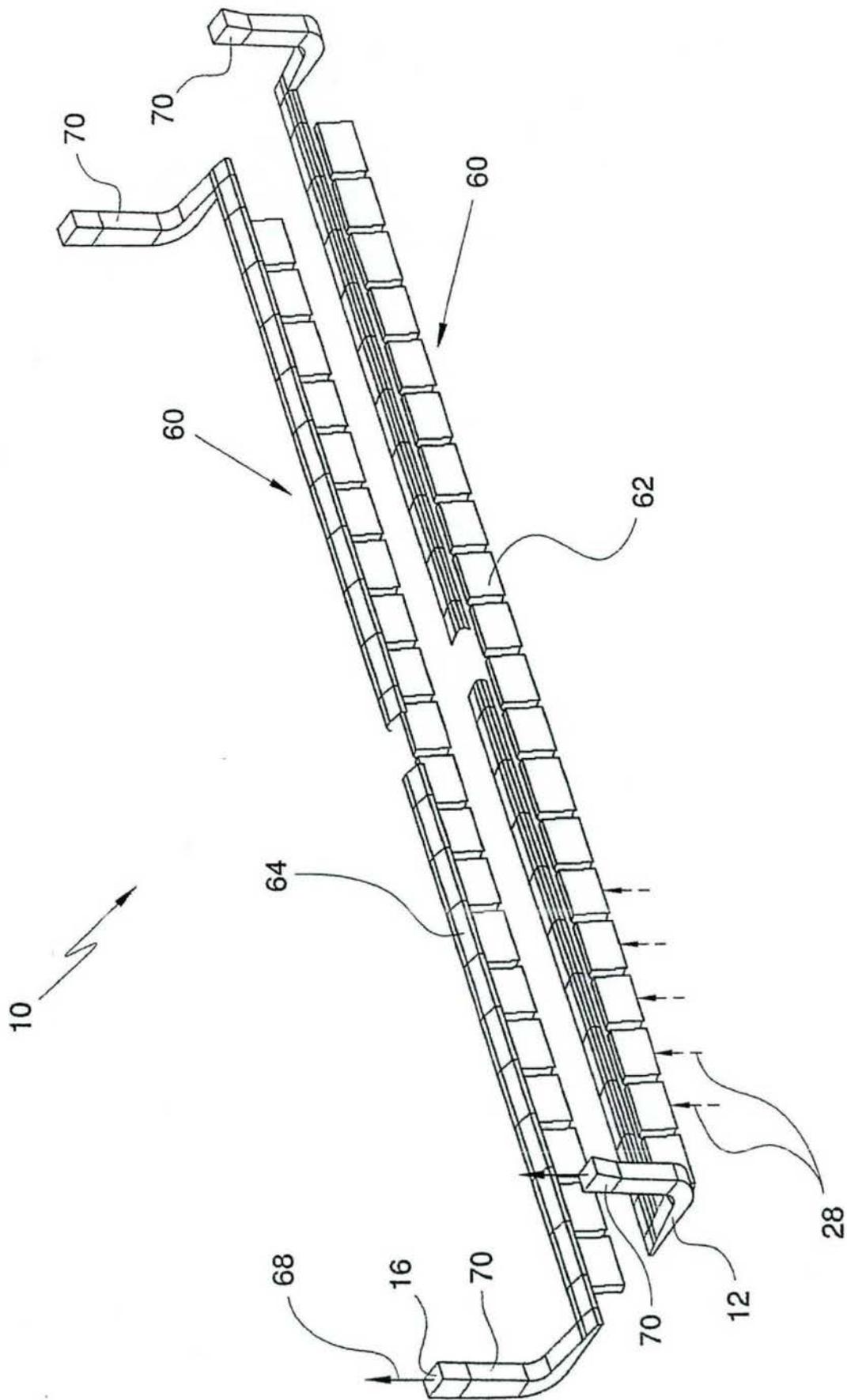


Fig. 9

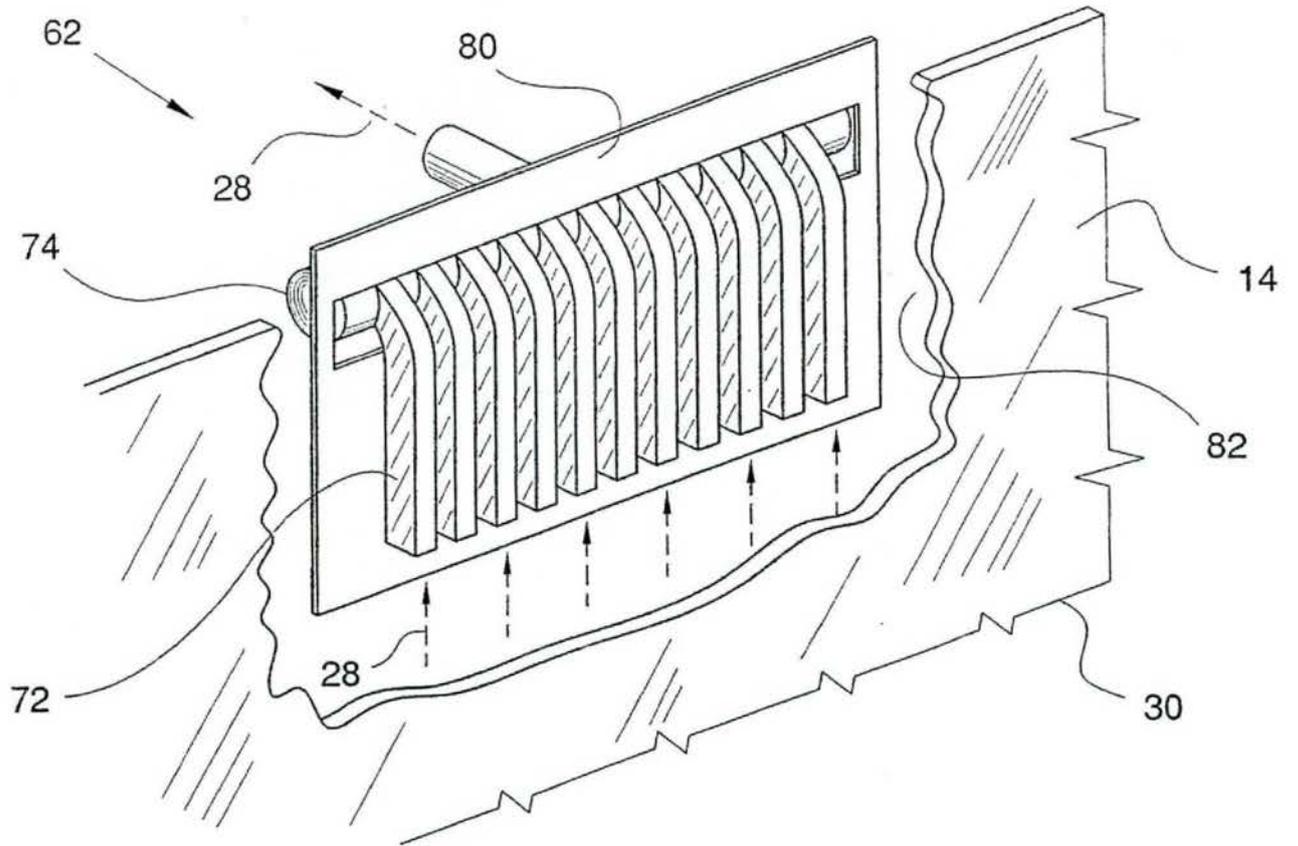


Fig. 10

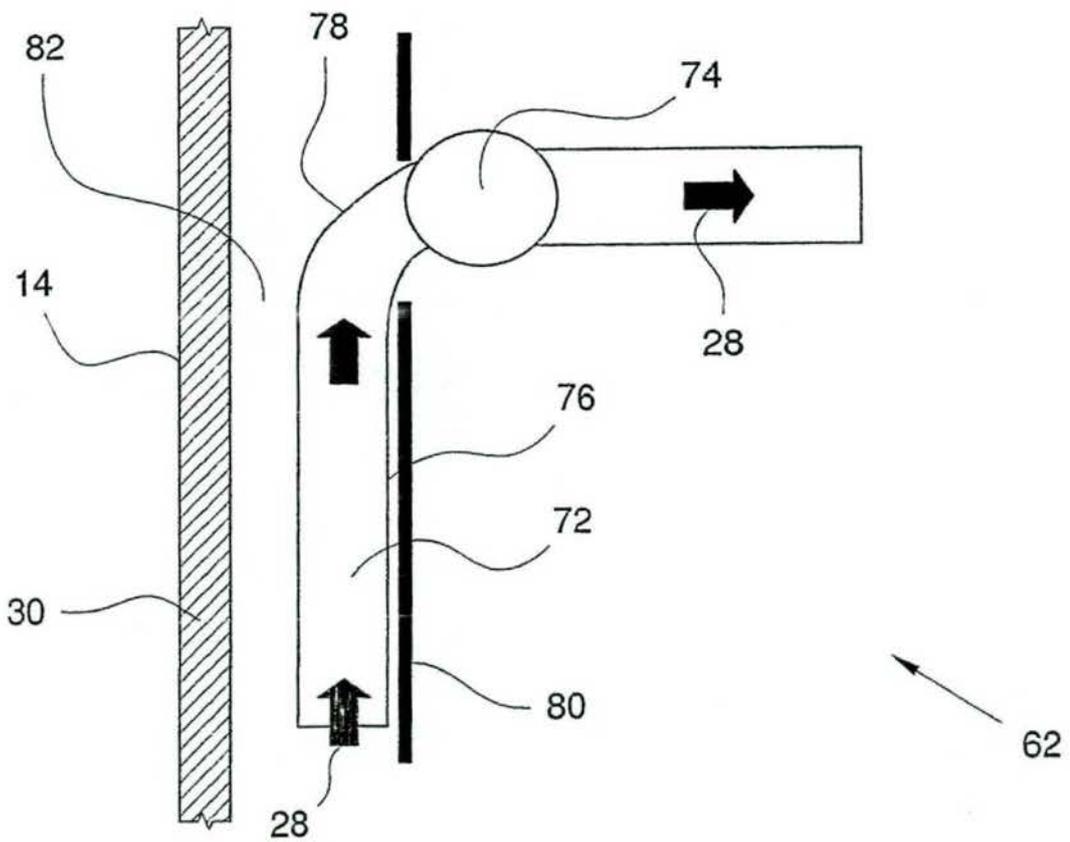
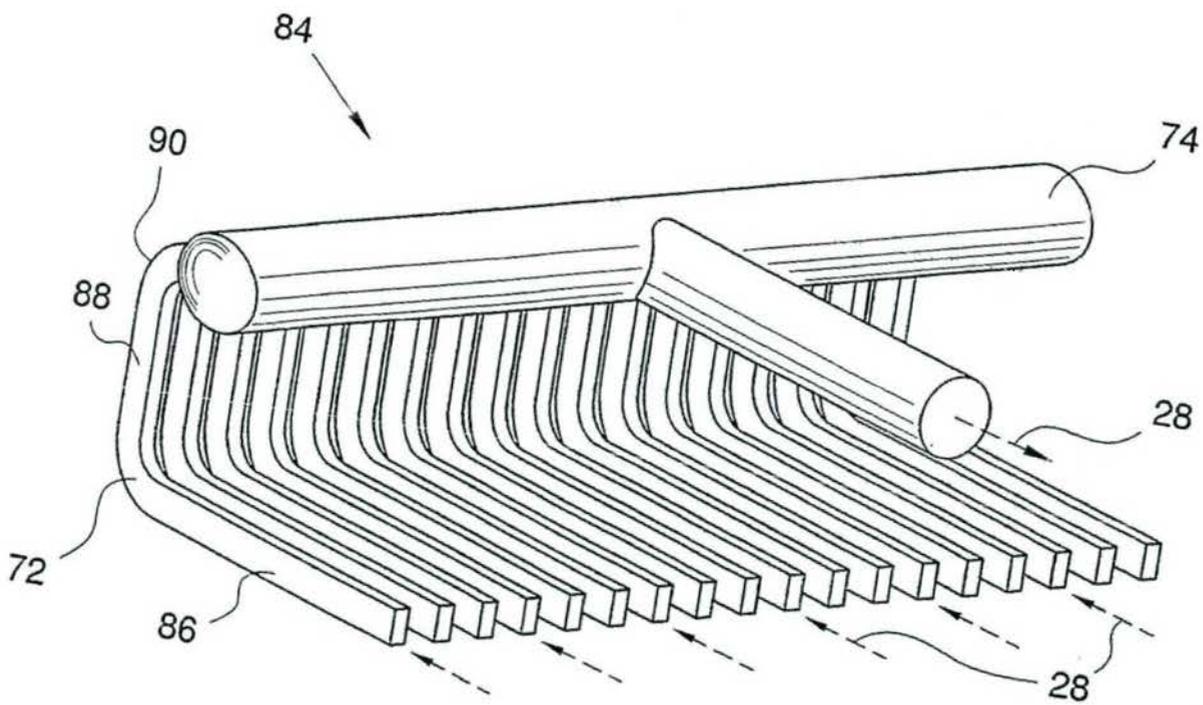
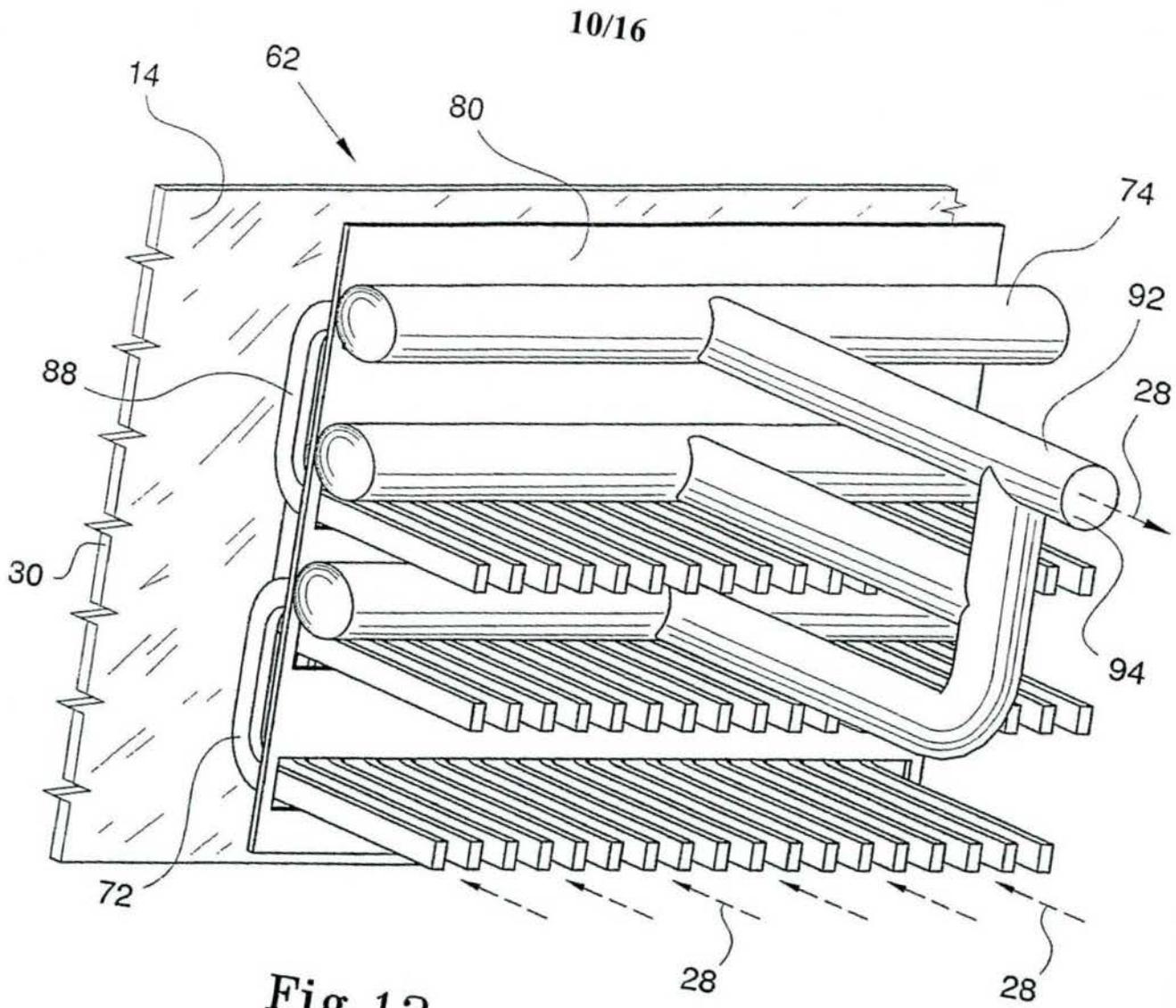


Fig. 11



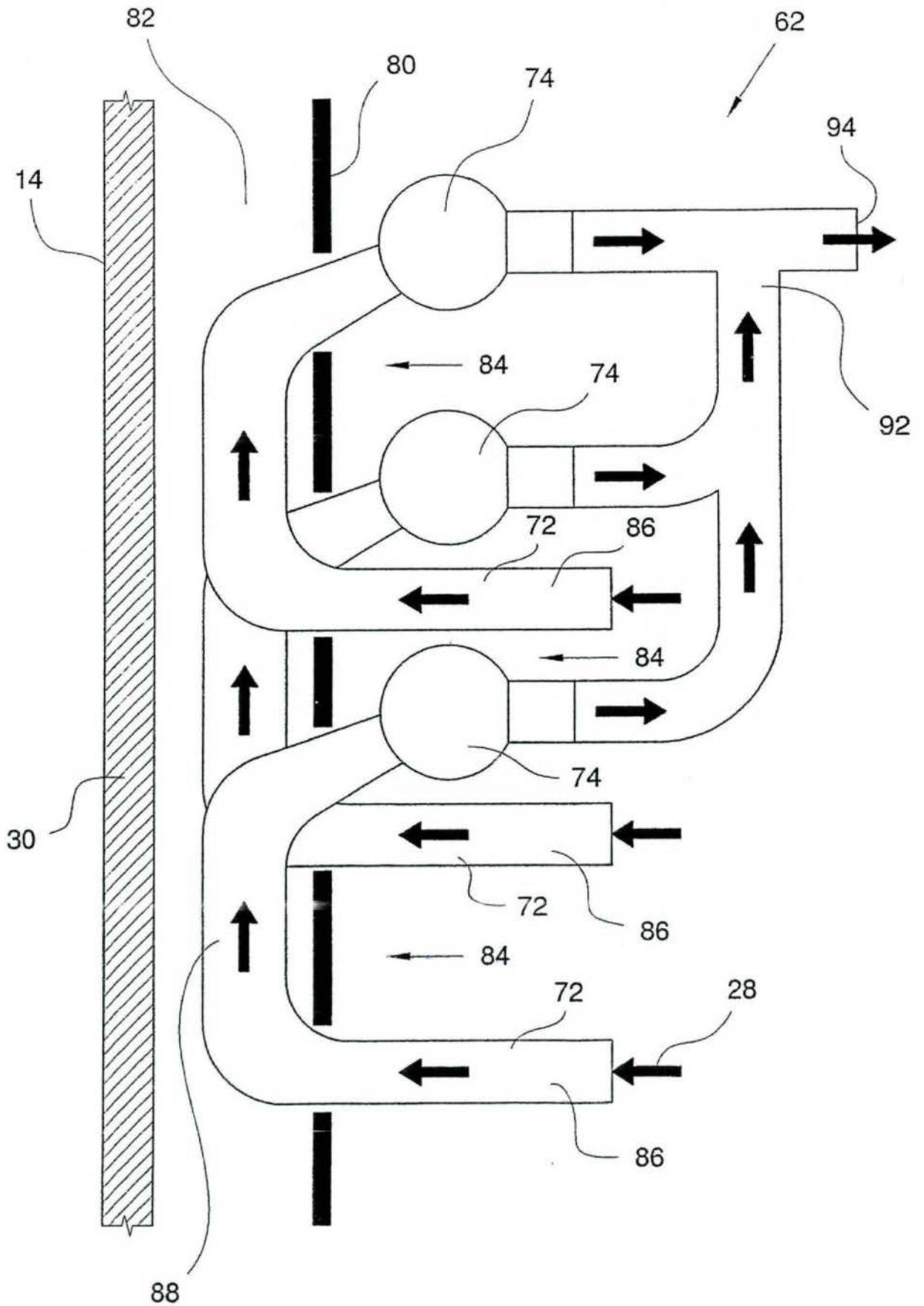


Fig.14

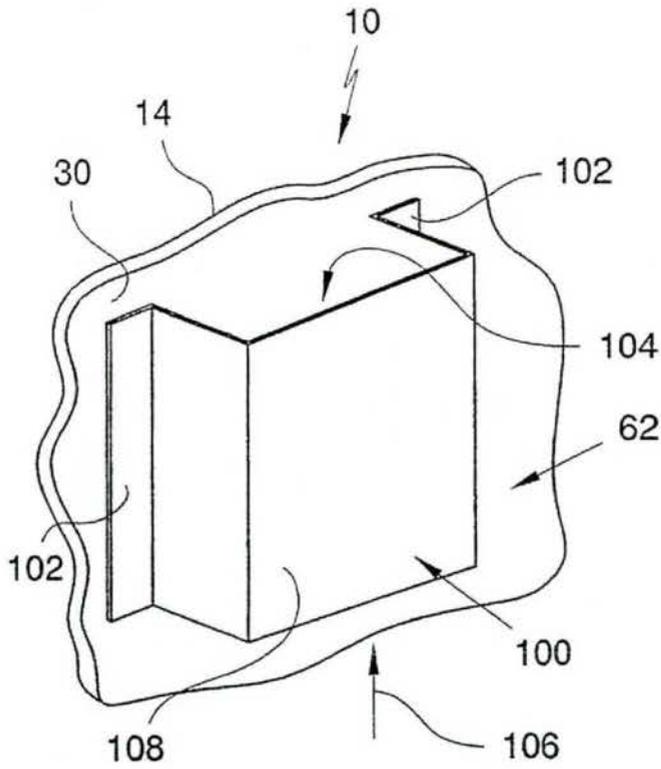


Fig. 15

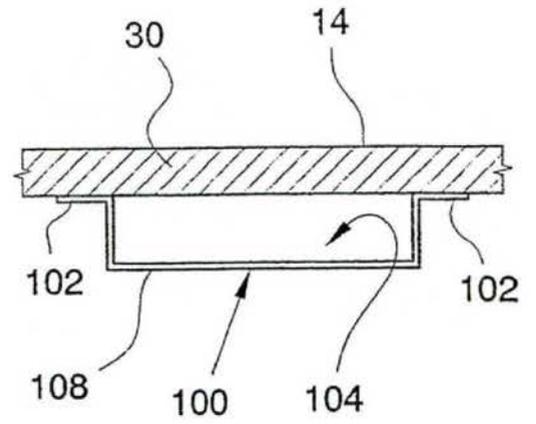


Fig. 16

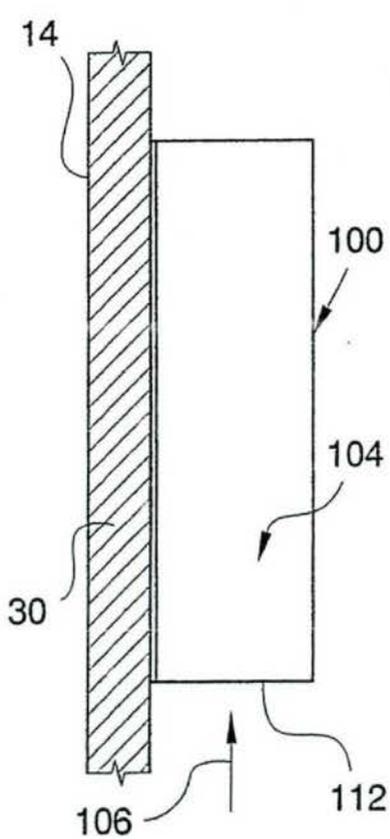


Fig. 17A

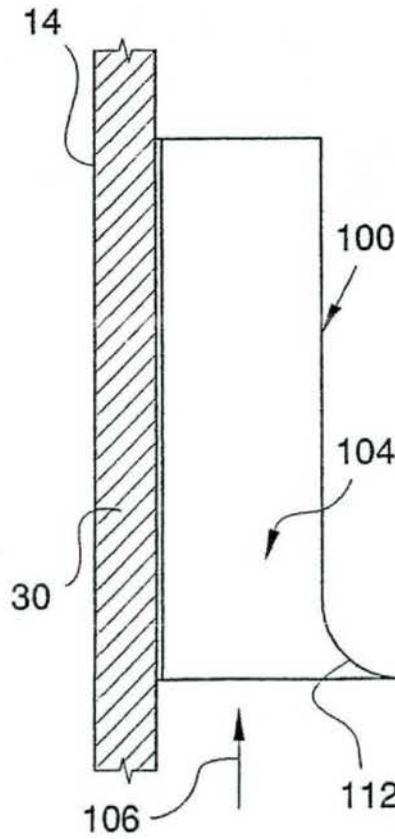


Fig. 17B

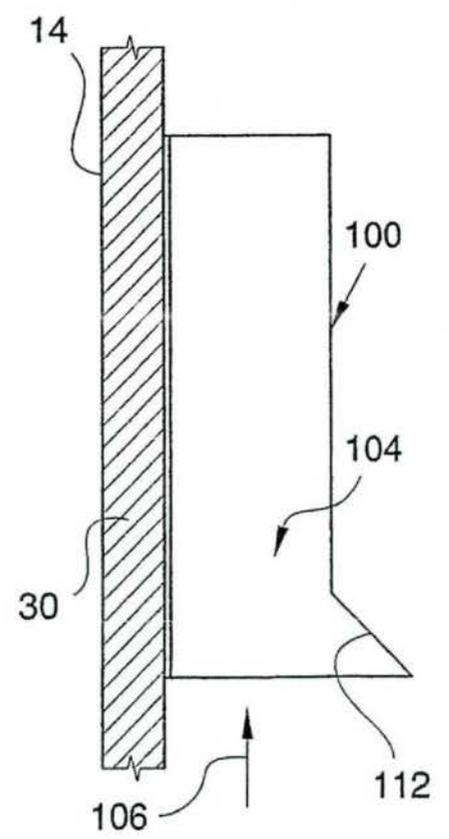


Fig. 17C

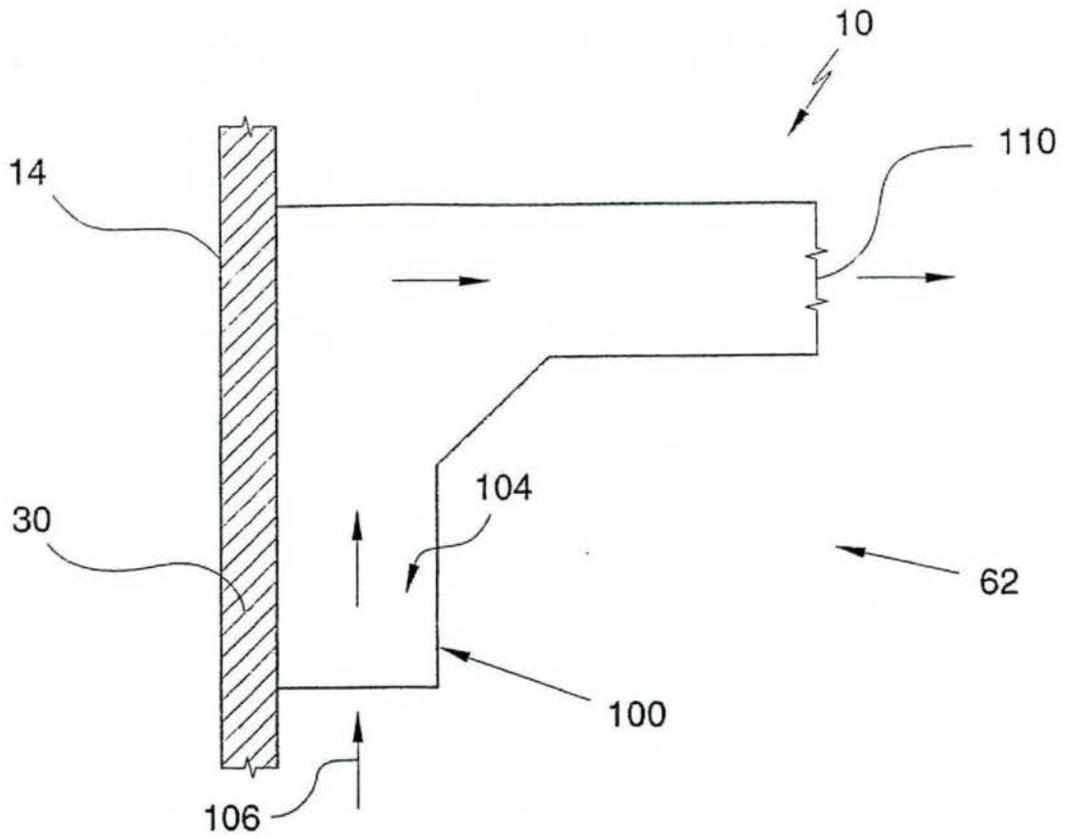


Fig. 18A

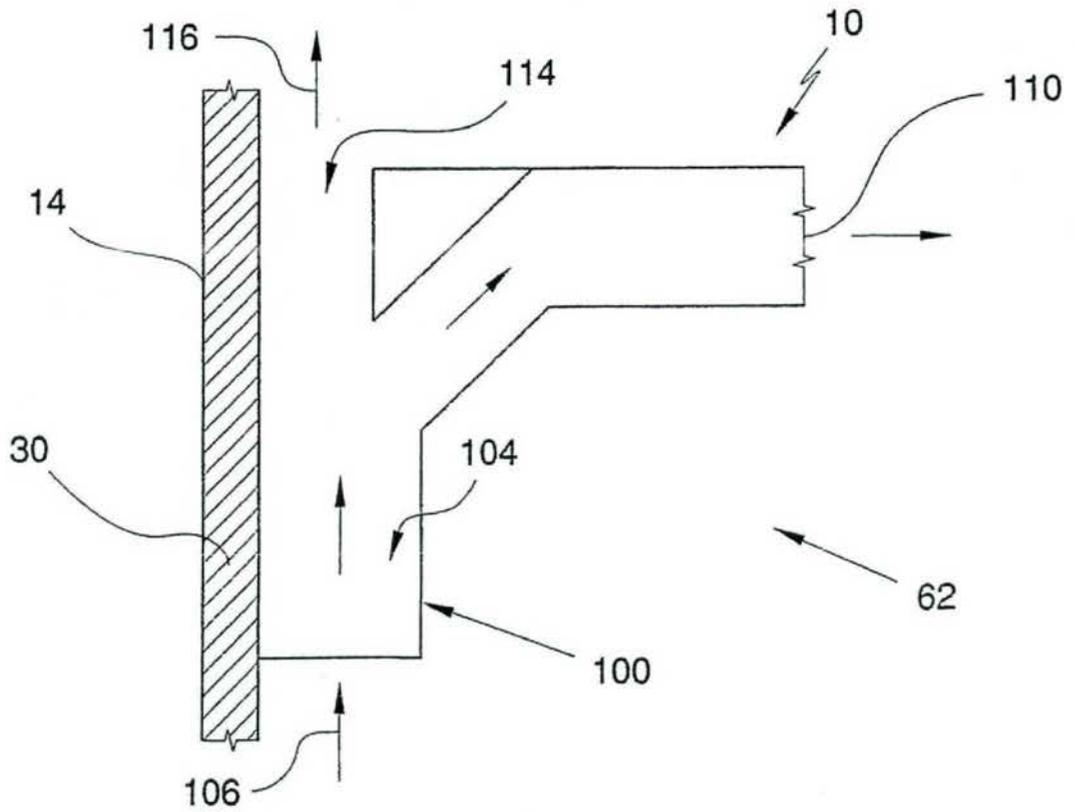


Fig. 18B

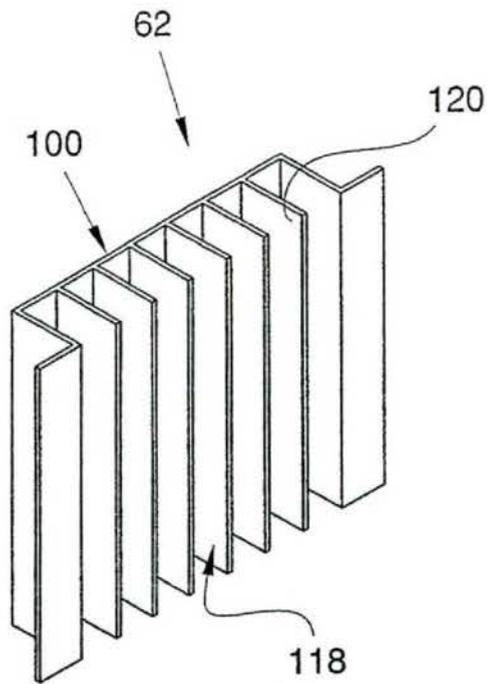


Fig. 19

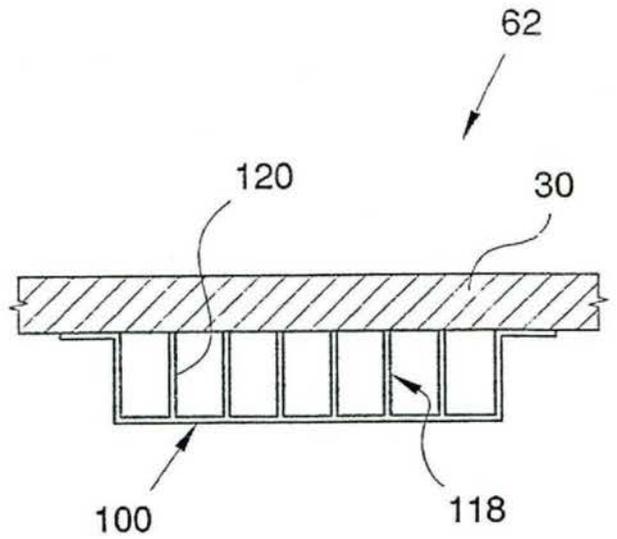


Fig. 20

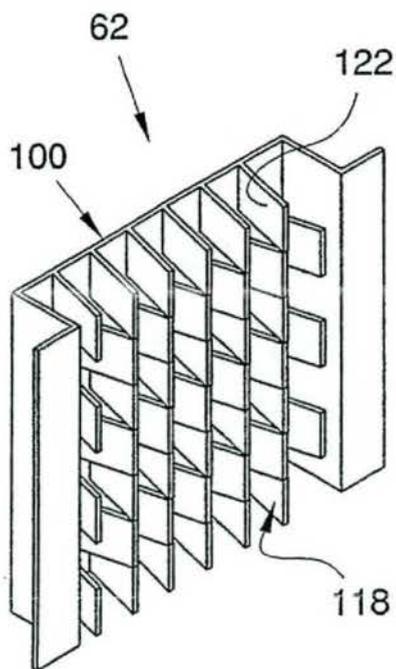


Fig. 21

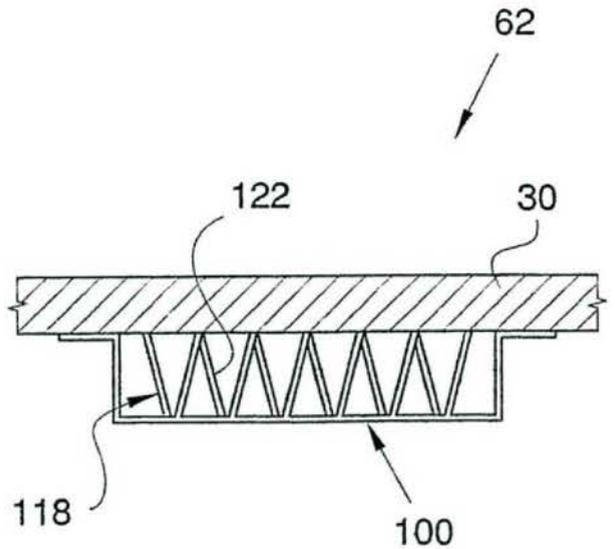


Fig. 22

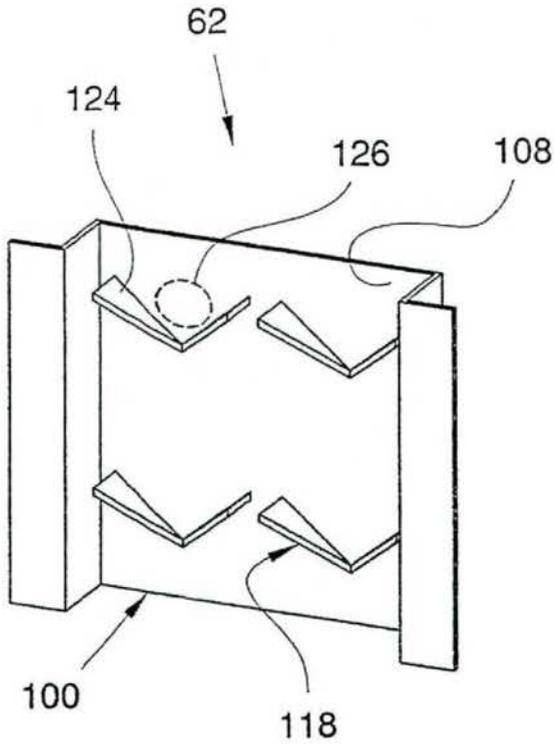


Fig. 23

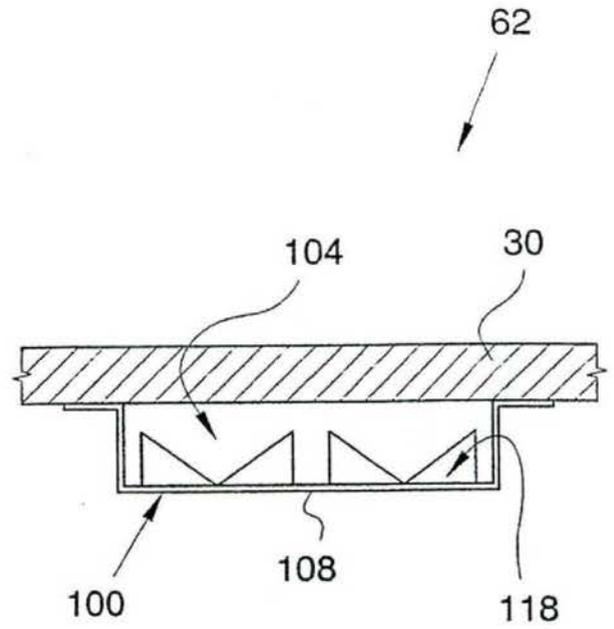


Fig. 24

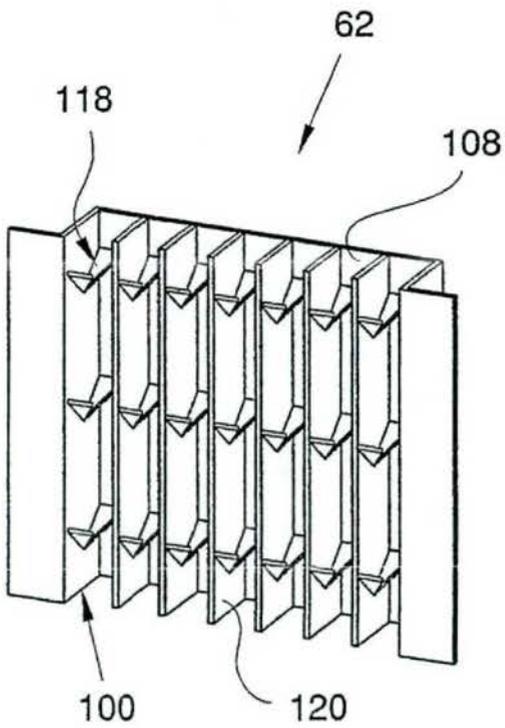


Fig. 25

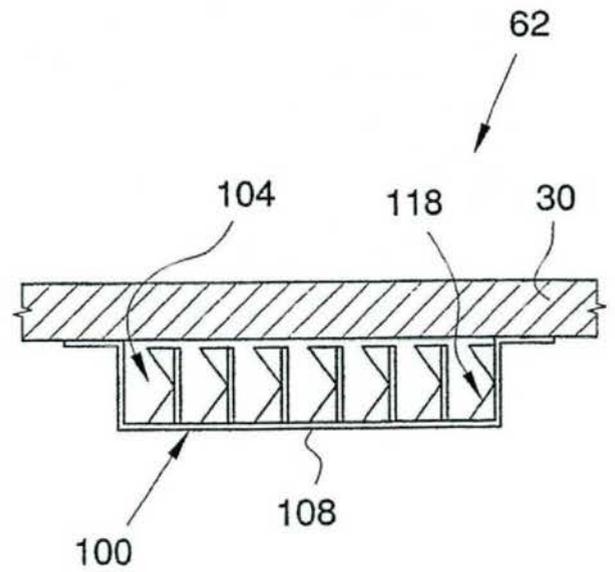


Fig. 26

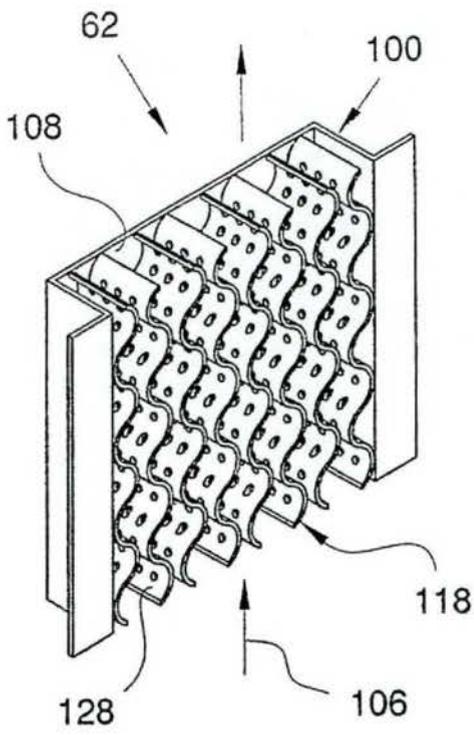


Fig. 27

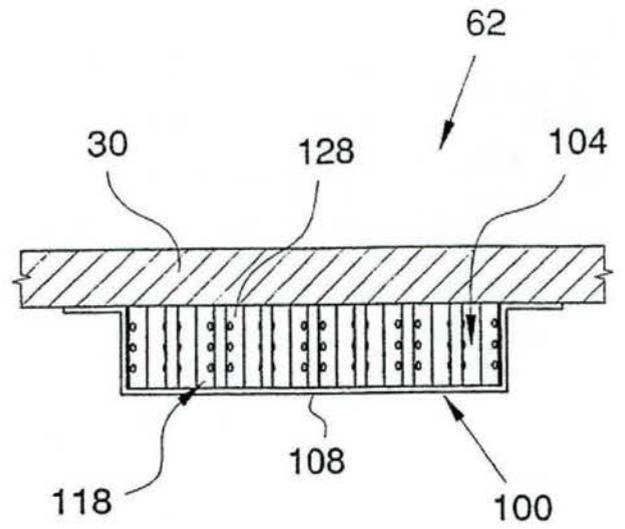


Fig. 28

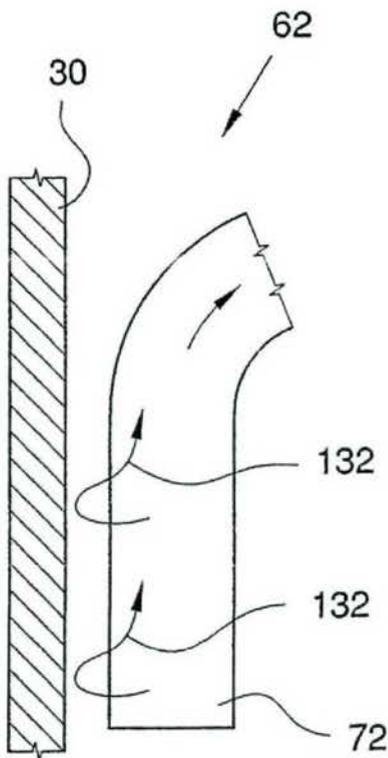


Fig. 29

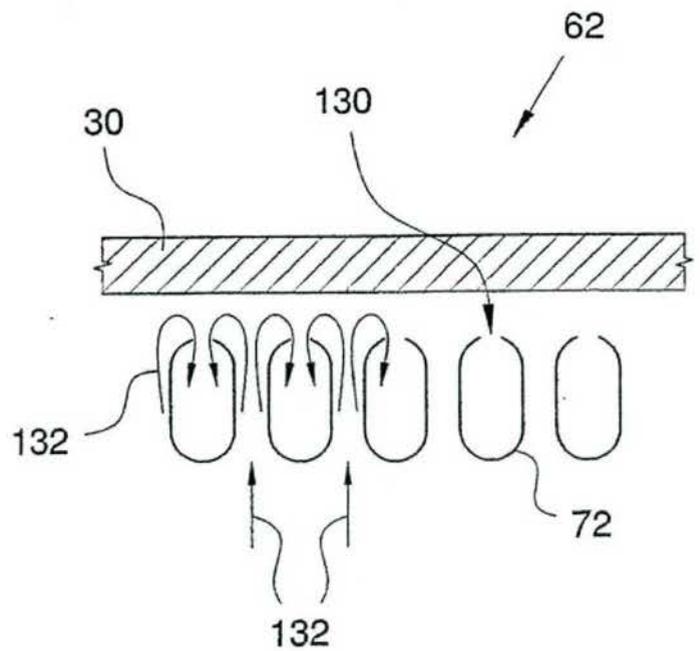


Fig. 30