

(11) Número de Publicação: **PT 1756320 E**

(51) Classificação Internacional:

C21B 3/00 (2011.01) **C21C 1/00** (2011.01)
F28F 3/12 (2011.01) **C22B 1/00** (2011.01)

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: **2005.03.08**

(30) Prioridade(s): **2004.04.20 US 828044**

(43) Data de publicação do pedido: **2007.02.28**

(45) Data e BPI da concessão: **2012.02.22**
101/2012

(73) Titular(es):

AMERIFAB, INC.

3501 EAST 9TH STREET INDIANAPOLIS, IN
46201

US

(72) Inventor(es):

DAVID P. KINCHELOE
RICHARD J. MANASEK

US
US

(74) Mandatário:

JOSÉ EDUARDO LOPES VIEIRA DE SAMPAIO
R DO SALITRE 195 RC DTO 1250-199 LISBOA

PT

(54) Epígrafe: **SISTEMA DE PERMUTADOR DE CALOR USADO NO FABRICO DE AÇO**

(57) Resumo:

O INVENTO DIZ RESPEITO A UM SISTEMA DE PERMUTADOR DE CALOR ADEQUADO PARA FORNOS DE FABRICO DE AÇO E PARA OS SEUS SISTEMAS DE SUPORTE DE ESCAPE E DE REFRIGERAÇÃO. O PERMUTADOR DE CALOR TEM PELO MENOS UM PAINEL COM UMA TUBAGEM COM ENROLAMENTO SINUOSO TENDO UMA ENTRADA E UMA SAÍDA, UM COLECTOR DE ENTRADA EM COMUNICAÇÃO FLUÍDICA COM A ENTRADA DE PELO MENOS UM PAINEL, UM COLECTOR DE SAÍDA EM COMUNICAÇÃO FLUÍDICA COM A SAÍDA DO PAINEL, UM FLUIDO DE REFRIGERAÇÃO QUE CORRE ATRAVÉS DA TUBAGEM, E UM FLUXO DE EFLUENTES GASOSOS QUENTES QUE CORREM NA TUBAGEM. EM APLICAÇÃO, O SISTEMA DE PERMUTADOR DE CALOR TEM PELO MENOS UM PAINEL QUE ESTÁ MONTADO NUM LADO INTERIOR DE UMA PAREDE, E ESTÁ EM COMUNICAÇÃO FLUÍDICA COM OS COLECTORES DE SAÍDA E DE ENTRADA QUE ESTÃO NO LADO EXTERIOR DA PAREDE. A PAREDE É TIPICAMENTE UMA PAREDE DE UM FORNO DE FABRICO DE AÇO, UMA ABÓBODA DO FORNO, UMA PORTA DE ESCAPE DE ANEL DE FUMO, UMA SECÇÃO DIREITA DE UMA CONDUTA DE ESCAPE, E UMA SECÇÃO CURVA DE UMA CONDUTA DE ESCAPE. PREVÊ-SE QUE O PERMUTADOR DE CALOR TENHA OUTRAS APLICAÇÕES, TAIS COMO A REFRIGERAÇÃO DE EFLUENTES GASOSOS DE INSTALAÇÕES DE FABRICO DE PAPEL, INSTALAÇÕES DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA COM COMBUSTÃO DE CARVÃO E DE GÁS, E OUTROS GERADORES DE EFLUENTES GASOSOS, EM QUE OS GASES SÃO REFRIGERADOS COM O OBJECTIVO DE CAPTURAR UM OU MAIS COMPONENTES DO GÁS, EM QUE A CAPTURA É EFECTUADA POR CONDENSAÇÃO, POR ABSORÇÃO EM LEITO DE CARVÃO, OU POR FILTRAGEM. O SISTEMA DE PERMUTADOR DE CALOR É FABRICADO, DE PREFERÊNCIA, USANDO UMA LIGA DE BRONZE DE ALUMÍNIO. DESCOBRIU-SE QUE AS LIGAS DE BRONZE DE ALUMÍNIO TÊM UMA CONDUTIVIDADE TÉRMICA SUPERIOR À ESPERADA, RESISTÊNCIA AO ATAQUE QUÍMICO DO FLUXO DE GASES QUENTES, E BOA RESISTÊNCIA À OXIDAÇÃO. A VIDA ÚTIL DO PERMUTADOR DE CALOR É AUMENTADA. A CORROSIÃO E A EROSÃO DO

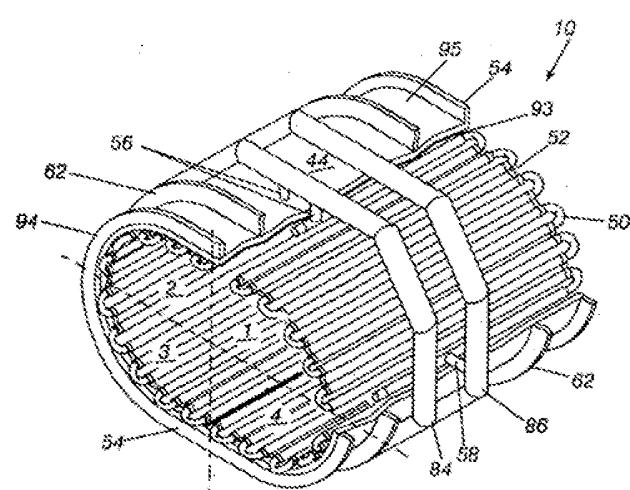
PERMUTADOR DE CALOR E COMPONENTES RELACIONADOS É MENOR QUANDO SÃO FABRICADOS COM UMA LIGA DE BRONZE DE ALUMÍNIO.

RESUMO

Sistema de permutador de calor usado no fabrico de aço

O invento diz respeito a um sistema de permutador de calor adequado para fornos de fabrico de aço e para os seus sistemas de suporte de escape e de refrigeração. O permutador de calor tem pelo menos um painel com uma tubagem com enrolamento sinuoso tendo uma entrada e uma saída, um colector de entrada em comunicação fluídica com a entrada de pelo menos um painel, um colector de saída em comunicação fluídica com a saída do painel, um fluido de refrigeração que corre através da tubagem, e um fluxo de efluentes gasosos quentes que correm na tubagem. Em aplicação, o sistema de permutador de calor tem pelo menos um painel que está montado num lado interior de uma parede, e está em comunicação fluídica com os colectores de saída e de entrada que estão no lado exterior da parede. A parede é tipicamente uma parede de um forno de fabrico de aço, uma abóboda do forno, uma porta de escape de anel de fumo, uma secção direita de uma conduta de escape, e uma secção curva de uma conduta de escape. Prevê-se que o permutador de calor tenha outras aplicações, tais como a refrigeração de efluentes gasosos de instalações de fabrico de papel, instalações de geração de energia eléctrica com combustão de carvão e de gás, e outros geradores de efluentes gasosos, em que os gases são refrigerados com o objectivo de capturar um ou mais componentes do gás, em que a captura é efectuada por condensação, por absorção em leito de carvão, ou por filtragem. O sistema de permutador de calor é fabricado, de preferência, usando uma liga de bronze de alumínio. Descobriu-se que as ligas de bronze de alumínio têm uma condutividade térmica superior à esperada,

resistência ao ataque químico do fluxo de gases quentes, e boa resistência à oxidação. A vida útil do permutador de calor é aumentada. A corrosão e a erosão do permutador de calor e componentes relacionados é menor quando são fabricados com uma liga de bronze de alumínio.



DESCRIÇÃO

Sistema de permutador de calor usado no fabrico de aço

CAMPO DO INVENTO

O presente invento refere-se a um aparelho para o processamento metalúrgico, em particular o fabrico de aço e de ferro. Mais em particular, o invento refere-se a um sistema de permutador de calor usado em fornos metalúrgicos e nos seus componentes de suporte, em que o sistema de permutador de calor compreende uma tubagem em liga de bronze de alumínio. O sistema de permutador de calor inclui tubagem montada na parede do forno, abóboda do forno, e no sistema de efluentes gasosos, em que o sistema de efluentes gasosos compreende conduta de efluentes gasosos e um anel de fumo. O sistema de permutador de calor proporciona a refrigeração, e a tubagem de liga de bronze de alumínio aumenta a vida útil do forno.

ENQUADRAMENTO DO INVENTO

Actualmente, o aço é fabricado fundindo e refinando ferro e sucata de aço num forno metalúrgico. Tipicamente, o forno é um forno de arco eléctrico ou um forno de oxigénio básico. Em relação aos fornos de arco eléctrico, o forno é considerado por quem tem experiência na técnica da produção de aço como sendo o aparelho mais crítico numa siderurgia ou fundição. Consequentemente, é de vital importância que cada forno de arco eléctrico permaneça operacional tanto tempo quanto possível.

Os danos estruturais causados durante o processo de carga afectam a operação de um forno de arco eléctrico. Uma vez que a

sucata tem uma densidade efectiva inferior à do aço fundido, o forno de arco eléctrico tem de ter suficiente volume para acomodar a sucata e produzir ainda a quantidade pretendida de aço. À medida que a sucata funde, forma um banho de metal quente na área da soleira ou de fundição na parte inferior do forno. À medida que o volume do aço no forno diminui, no entanto, o volume livre no forno de arco eléctrico aumenta. A parte do forno por cima da área da soleira ou da fundição tem de ser protegida contra as elevadas temperaturas internas do forno. A parede do vaso, tampa ou abóboda, conjunto de conduta e câmara de efluentes gasosos estão particularmente em risco devido às enormes tensões térmica, química, e mecânica provocadas pela carga e fusão da sucata e refinação do aço resultante. Estas tensões limitam muito a vida útil do forno.

Historicamente, os fornos de arco eléctrico eram normalmente concebidos e fabricados como uma estrutura de aço soldado que era protegida contra as elevadas temperaturas do forno por meio de um revestimento refractário. No final dos anos de 1970 e início dos anos de 1980, a indústria do aço começou a combater as tensões operacionais substituindo o tijolo refractário dispendioso por painéis de abóboda refrigerados com água, e painéis laterais refrigerados com água localizados em partes do vaso do forno por cima da área de fundição. Os componentes refrigerados com água também têm sido usados para revestir condutas do forno nos sistemas de efluentes gasoso. Os componentes refrigerados com água existentes são feitos com vários graus e tipos de placas e tubos. Um exemplo de um sistema de refrigeração está revelado na patente US 4,207,060 que usa uma série de espiras de refrigeração. Geralmente, as espiras são formadas a partir de troços de tubos adjacentes com uma tampa de extremidade curva,

que forma um percurso para um fluido de refrigeração líquido que corre através das espiras. Este fluido de refrigeração é forçado através dos tubos sob pressão para maximizar a transferência de calor. A técnica actual usa aço carbono e aço inoxidável para formar as placas e tubos.

Para além disso, os fornos de arco eléctrico modernos actuais exigem controlo de poluição para capturar os efluentes gasosos que são criados durante o processo de fabrico de aço. Os fumos do forno são capturados geralmente de duas formas. Ambos estes processos são utilizados durante a operação do forno. Uma forma de capturar os efluentes gasosos é através de uma cúpula de forno. A cúpula é semelhante à abóboda de um forno. É uma parte do edifício e captura gases durante a carga e fundição. A cúpula também captura emissões fugitivas que podem ocorrer durante o processo de fundição. Tipicamente, a cúpula está ligada a uma câmara de filtros através de uma conduta não refrigerada com água. A câmara de filtros é composta por filtros de manga e vários ventiladores que empurram ou puxam o ar e os efluentes gasosos através dos filtros de manga para limpar o ar e o gás de quaisquer poluentes.

A segunda forma de capturar as emissões de efluentes gasosos é através da linha principal do forno. Durante o ciclo de fundição do forno, um registo fecha a conduta da cúpula e abre uma conduta na linha principal. Isto é uma ligação directa ao forno e é o principal método de capturar as emissões do forno. A linha principal é usada também para controlar a pressão do forno. Esta linha é constituída por um conjunto de condutas refrigeradas com água, uma vez que as temperaturas podem atingir os 2204°C (4000°F) e então baixar para a temperatura ambiente em poucos segundos. Os fluxos de gás

incluem normalmente vários elementos químicos, incluindo ácidos clorídrico e sulfúrico. Também existem muitas partículas sólidas e do tipo areia. A velocidade do fluxo de gás pode atingir os 45,7 m/s (150 ft/s). Estes gases serão encaminhados para o câmara de filtros principal para limpeza, como está descrito acima.

Os ambientes acima descritos colocam um elevado nível de tensão nos componentes refrigerados com água das condutas principais do forno de arco eléctrico. Os intervalos de temperatura variável provocam questões de dilatação e contracção nos componentes, o que conduz a uma falha do material. Além disso, as partículas de poeira desgastam continuamente a superfície do tubo de uma forma semelhante ao jacto de areia. Os ácidos que correm através do sistema também aumentam o ataque ao material, diminuindo adicionalmente o tempo de vida útil global.

No que diz respeito aos sistemas de forno de oxigénio básico, as melhorias nos refractários de forno de oxigénio básico e processos de fabrico de aço aumentaram a vida útil. No entanto, a vida útil está limitada por, e relacionada com, a durabilidade dos componentes do sistema de efluente gasoso, em particular o conjunto de condutas do sistema de efluentes gasosos. Em relação a este sistema, quando há falha, o sistema tem de ser desligado para reparação, para evitar a libertação de gás e fumos para a atmosfera. As taxas de falha actuais provocam uma paragem média do forno de 14 dias. Tal como com os fornos do tipo de arco eléctrico, os componentes têm sido constituídos historicamente por painéis do tipo aço carbono ou aço inoxidável refrigerado com água.

A utilização de componentes refrigerados com água nos fornos do tipo arco eléctrico ou oxigénio básico baixou os

custos dos refractários, e também permitiu que alguns fabricantes de aço operem cada forno para um maior número de ciclos de aquecimentos do que era possível sem estes componentes. Além disso, o equipamento refrigerado com água permitiu que os fornos funcionem com maiores níveis de potência. Consequentemente, a produção aumentou e a disponibilidade do forno ganhou importância. Não obstante os benefícios dos componentes refrigerados com água, estes componentes têm problemas consistentes de desgaste, corrosão, erosão e outros danos. Outro problema associado aos fornos é que a sucata disponível para o forno é menor em termos de qualidade, sendo criados mais gases ácidos. Isto é, geralmente, o resultado de uma maior concentração de plásticos na sucata. Estes gases ácidos têm de ser evacuados do forno para um sistema de limpeza de gás, para que possam ser libertados para a atmosfera. Estes gases são direcionados para a câmara de efluentes gasosos, ou sistema de limpeza de gás, por meio de uma pluralidade de condutas de fumo contendo tubos refrigerados com água. No entanto, com o tempo, os componentes refrigerados com água e as condutas de fumo dão origem a ataque ácido, fadiga de metal, ou erosão. Têm sido utilizados determinados materiais (isto é, aço carbono e aço inoxidável) numa tentativa para resolver a questão do ataque ácido. Têm sido usadas mais água e temperaturas de água superiores com aço carbono numa tentativa de reduzir a concentração de água na sucata, e reduzir o risco da poeira ácida se agarrar às paredes laterais de um forno. A utilização de um tal aço carbono desta forma provou ser ineficaz.

Também se tentou o aço inoxidável em vários graus. Enquanto o aço inoxidável é menos atreito a ataque ácido, não tem as características de transferência de calor do aço

carbono. Os resultados obtidos foram uma temperatura elevada dos efluentes gasosos, e a formação de tensões mecânicas que levaram a que determinadas partes se partissem e se separassem.

As avarias críticas de um ou mais componentes ocorrem vulgarmente em sistemas existentes devido aos problemas definidos acima. Quando ocorrem estas avarias, o forno tem de ser retirado de produção para manutenção não planeada, para reparar os componentes refrigerados com água danificados. Uma vez que o aço fundido não está a ser produzido pela siderurgia durante os tempos de paragem, podem verificar-se perdas de oportunidade até 5000 dólares/minuto para a produção de determinados tipos de aço. Para além da menor produção, as interrupções não planeadas aumentam significativamente as despesas de operação e de manutenção.

Para além dos componentes refrigerados com água, a corrosão e a erosão está a tornar-se um problema sério com as condutas de fumo e sistemas de efluentes gasosos de ambos os sistemas de arco eléctrico e oxigénio básico. Os danos nestas áreas do forno resultam em perda de produtividade e outros custos de manutenção para os operadores da siderurgia. Além disso, as fugas de água aumentam a humidade nos efluentes gasosos, e reduzem a eficiência da câmara de filtros à medida que os filtros de manga ficam húmidos e colmatados. A erosão acelerada destas áreas usadas para descarregar efluentes gasosos do forno deve-se às elevadas temperaturas e velocidades do gás provocadas pela maior energia no forno. As maiores velocidades de gás devem-se a maiores esforços para evacuar todos os fumos, para cumprimento da legislação de emissões gasosas. A corrosão das condutas de fumo deve-se à formulação ácida/ataque ácido no interior da conduta, provocado pelo encontro de vários materiais nos fornos. A técnica anterior

revela actualmente a utilização de equipamento de conduta de fumo e outros componentes feitos em aço carbono ou aço inoxidável. Pelos mesmos motivos referidos acima, estes materiais provaram proporcionar resultados insatisfatórios e ineficientes.

Existe por isso a necessidade de um melhor sistema de painel de forno refrigerado com água para o fabrico de aço. Especificamente, existe a necessidade de um processo e sistema melhorados em que os componentes refrigerados com água e as condutas de fumo permaneçam operacionais durante mais tempo do que os componentes existentes comparáveis.

A patente US 2003/0053514 revela um forno do tipo arco eléctrico com um sistema de escape que compreende, normalmente, uma pluralidade de condutas de fumo e painéis feitos de tubagem. Um painel é uma forma de realização de tubo tendo vários tubos dispostos axialmente. As curvas em forma de U ligam entre si tubos adjacentes para formar um sistema de tubagem contínuo. Podem ser proporcionados opcionalmente espaços entre tubos adjacentes para proporcionar uma integridade estrutural do painel.

RESUMO DO INVENTO

O presente invento é um sistema de permutador de calor de acordo com a reivindicação 1. As ligações acrescentam rigidez ao sistema, e estabelecem a curvatura global do painel. Ajustando a relação lado a lado dos tubos ligados, para que estejam deslocados ligeiramente vários graus a partir do zero, o efeito cumulativo produz um painel sólido que tem uma curvatura, em vez de ser liso. O facto das ligações separarem tubos adjacentes para que exista um espaço entre tubos

adjacentes, ao contrário da US2003/0053514, permite que os painéis sejam dispostos mais facilmente para terem uma curvatura. Além disso, a separação dos tubos permite uma maior refrigeração dos gases quentes através do aumento da área de superfície do tubo em contacto com os gases quentes. A parede é normalmente uma parede de um forno de fabrico de aço, um abóboda do forno, uma porta de escape de anel de fumo, uma secção direita de uma conduta de escape, e uma secção curva de uma conduta de escape. Por exemplo, uma conduta de escape do forno é normalmente elipsoidal ou redonda, dependendo dos parâmetros de concepção. O lado interior da parede da conduta de escape pode ter um, ou uma pluralidade de painéis, em que os painéis têm uma curvatura que é comparável à curvatura da conduta. A pluralidade dos painéis é alimentada individualmente com líquido de refrigeração proveniente do colector de saída, que envolve o lado exterior da conduta de escape. A probabilidade de painéis retorna o líquido de refrigeração ao colector de saída, que envolve o lado exterior da conduta de escape.

O sistema de permutador de calor pode ser usado para recolher e refrigerar escória formada na parede do forno. O permutador de calor reduz a formação de picos de tensão. De preferência, os tubos têm pelo menos uma estria que é uma nervura alongada. Os tubos são fabricados, de preferência, em painéis, onde os tubos têm uma orientação que é substancialmente horizontal com o material fundido no forno. Um tubo pode seguir em torno de toda a circunferência interior da parede do forno, no entanto, uma configuração de temperatura uniforme, mais eficaz, consiste em dividir a circunferência em arcos, e utilizar troços seccionais de tubagem que estão ligados em série com tubos adjacentes ligados. Uma montagem dos

troços seccionais dos tubos ligados montados lado a lado forma um painel. A pluralidade de painéis são alimentados individualmente por líquido de refrigeração proveniente do colector de saída, que está no lado exterior da parede do forno. A pluralidade de painéis retorna o líquido de refrigeração ao colector de saída, que está no lado exterior da parede do forno. Numa versão modificada, o sistema de permutador de calor pode ter mais do que uma entrada, e mais do que uma saída dentro do conjunto de tubos ligados, em que o conjunto é curvo para acompanhar o contorno do lado interior da parede do forno. O conjunto pode ser configurado para que um primeiro conjunto de tubos ligados circule dentro de um segundo conjunto de tubos ligados.

O sistema de permutador de calor pode ser ainda constituído por uma placa de base à qual a tubagem com enrolamento sinuoso está ligada. O fluxo de ar por cima e em torno da tubagem deste sistema não é tão completo como aquele em que a tubagem está fixa apenas por ligações, no entanto, podem conseguir-se grandes resistências de corte, e este sistema é particularmente adequado quando se recolhe o ar transportado pelos sólidos projectados (escória), ou quando existe muita vibração. A utilização de uma placa de base é bem adequada para aplicações nas quais o sistema de permutador de calor é usado para recolher escória.

O sistema de permutador de calor pode ser ainda constituído por uma placa frontal assim como uma placa de base, em que o tubo com enrolamento sinuoso está intercalado entre a placa de base e a placa frontal. A placa frontal é fabricada, de preferência, em ligas de bronze de alumínio, em que a liga de bronze de alumínio é escolhida pelo seu elevado coeficiente de condutividade térmica, especialmente com temperaturas

operacionais maiores. A utilização de duas placas permite que a tubagem com enrolamento sinuoso seja substituída por pás ou barragens, que actuam para que o fluido de refrigeração corra de uma forma semelhante aos tubos. O fluido corre sinuosamente através de um canal definido pelas pás entre a placa frontal e a placa de base. As placas são placas alongadas substancialmente perpendiculares. Numa construção preferida, um bordo longitudinal da pá está soldado ao lado traseiro da placa frontal, e a placa de base está fixa a um bordo longitudinal oposto da pá. Como foi referido previamente, a combinação de placas e pás forma um canal com enrolamento sinuoso, em que o canal é substancialmente comparável a um tubo fabricado. Um lado dianteiro da placa frontal está exposto aos gases de escape quentes.

O sistema de permutador de calor pode ser constituído, em alternativa, por uma placa frontal e uma placa de base, em que a tubagem é ajustada com bicos de pulverização que dirigem uma pulverização do fluido de refrigeração para o lado traseiro da placa frontal. A placa frontal é fabricada, de preferência, numa liga de bronze de alumínio, em que a liga de bronze de alumínio é escolhida pela sua resistência à oxidação, assim como pelo seu elevado coeficiente de condutividade térmica. A placa de base serve principalmente como uma plataforma de suporte para os tubos equipados com os bicos. A placa frontal está descentralizada dos bicos, que estão dirigidos para o lado traseiro da placa frontal. O lado dianteira da placa em bronze de alumínio está exposto ao calor, e a pulverização é recolhida e retornada através do colector de saída. Os colectores de entrada proporcionam o fluido de refrigeração sob pressão. O fluido de refrigeração é, de preferência, água, devido ao seu baixo custo e elevada capacidade térmica. Os bicos dispersam os

fluidos de refrigeração como um motivo de pulverização e é necessária menos tubagem, reduzindo desta forma a necessidade dos tubos terem um enrolamento sinuoso. O sistema de permutador de calor que usa bicos está configurado para que a purga seja sempre para o fundo do painel, para evitar que uma formação de fluido de refrigeração obstrua os bicos.

O sistema de permutador de calor está configurado para que, cumulativamente, o número total de painéis seja suficiente para cobrir uma área que arrefece os gases de escape até à temperatura pretendida. No caso de gases de escape de um forno de arco eléctrico, a temperatura de saída dos gases é de cerca de 2204°C - 2760°C (4000°F - 5000°F). Estes gases são filtrados numa câmara de filtros para remover metais vaporizados, tais como zinco, e certas cinzas voláteis. As câmaras de filtro funcionam a cerca de 93°C - 176°C (200°F - 350°C) e, assim, os gases de escape de entrada têm de ser refrigerados. Os painéis são fabricados para serem curvos ou planos, produzindo desta forma a superfície necessária para uma determinada exigência de refrigeração.

Prevê-se que o presente sistema de permutador de calor possa ser usado em combinação com outro equipamento de transferência de calor, tais como condensadores, permutadores do tipo carcaça e tubo, permutadores com alheta, permutadores de calor com placa e quadro, e permutadores refrigerados com ar forçado.

Prevê-se ainda que o permutador de calor tenha outras aplicações, tal como a refrigeração de gases de escape de instalação de conversão, instalação de fabrico de papel, instalações de geração de energia eléctrica com combustão de carvão e de gás, e outros geradores de gás de escape, em que os gases são refrigerados com o objectivo de capturar um ou mais

componentes do gás, em que a captura é efectuada por condensação, por absorção de leito de carvão, ou por filtragem. O sistema de permutador de calor é fabricado, de preferência, usando uma liga de bronze de alumínio. Descobriu-se que as ligas de bronze de alumínio têm uma condutividade térmica superior ao esperado, resistência ao ataque químico do fluxo de gases quentes (módulo de elasticidade) e boa resistência à oxidação. Assim, a vida útil do permutador de calor é aumentada. A corrosão e erosão do permutador de calor e componentes relacionados é menor quando são fabricados em bronze de alumínio.

OBJECTIVOS DO INVENTO

Um primeiro objectivo do invento consiste em proporcionar um sistema de permutador de calor feito em ligas de bronze de alumínio, tendo-se descoberto que as ligas de bronze de alumínio têm uma condutividade térmica superior ao esperado, resistência ao ataque químico do fluxo de gases quentes e boa resistência à oxidação.

Um segundo objectivo do presente invento consiste em proporcionar um sistema de permutador de calor em que a vida útil do permutador de calor seja maior, uma vez que a corrosão e erosão do permutador de calor e componentes relacionados é menor quando são fabricados em liga de bronze de alumínio.

Um terceiro objectivo do presente invento consiste em proporcionar um sistema de permutador de calor, em que o sistema seja adaptável para refrigeração de gases de escape proveniente de um forno de fabrico de aço, em que o sistema de permutador de calor possa ser ajustado às paredes do forno, uma abóboda do forno, uma porta de escape de anel de fumo, uma

secção direita de uma conduta de escape, e uma secção curva de uma conduta de escape. Prevê-se ainda que o permutador de calor tenha outras aplicações, tal como a refrigeração de gases de escape de instalações de conversão, instalações de fabrico de papel, instalações de geração de energia eléctrica com combustão de carvão e de gás, e outros geradores de gás de escape, em que os gases são refrigerados com o objectivo de capturar um ou mais componentes do gás, em que a captura é efectuada por condensação, por absorção de leito de carvão ou por filtragem.

Um quarto objectivo do invento consiste em proporcionar um sistema de permutador de calor que possa ser montado alinhado em unidades essencialmente semelhantes para refrigerar os gases de escape que saem dos fornos metalúrgicos, tais como fornos de arco eléctrico ou oxigénio básico, de $2204^{\circ}\text{C} - 2760^{\circ}\text{C}$ para $93^{\circ}\text{C} - 176^{\circ}\text{C}$ ($4000^{\circ}\text{F} - 5000^{\circ}\text{F}$ para $200^{\circ}\text{F} - 350^{\circ}\text{F}$).

Um quinto objectivo do invento consiste em proporcionar um melhor sistema de permutador de calor para a recolha e refrigeração de escória, em que a tubagem com enrolamento sinuoso é uma tubagem extrudida sem costura tendo uma nervura alongada, em que a tubagem resiste melhor à corrosão, erosão, pressão e tensão térmica.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Estes e outros objectivos serão tornados mais facilmente evidentes com referência à descrição detalhada seguinte e desenhos anexos nos quais:

A figura 1 é uma vista em perspectiva parcialmente em corte ilustrando o invento. O sistema de permutador de

calor tem pelo menos um painel com tubagem com enrolamento sinuoso tendo uma entrada e uma saída que estão em comunicação fluídica com um par de colectores. Os painéis ilustrados estão montados no interior de uma conduta de escape.

A figura 1a é uma vista em perspectiva do invento ilustrado na figura 1. A conduta de escape é ajustada com o sistema de permutador de calor. A conduta é usada na indústria do fabrico de aço para transportar e refrigerar gases de escape retirados do forno de fabrico de aço. A tubagem com enrolamento sinuoso, que está parcialmente ilustrada em fantasma, é feita numa liga de bronze de alumínio. A conduta pode também ser feita numa liga de bronze de alumínio.

A figura 1b é uma vista lateral de uma conduta de escape em curva ligada a uma conduta de escape direita, que por seu lado está ligada a uma câmara de efluentes gasosos.

A figura 1c é um alçado das condutas e da câmara de efluentes gasosos ilustrada na figura 1b.

A figura 1d é um alçado descentrado de uma série de condutas de escape de refrigeração. A série de condutas de escape de refrigeração estão ligadas à câmara de efluentes gasosos, e a conduta de escape em curva que está ligada à abóboda do forno. A série proporciona refrigeração e transporte dos gases de fumo quentes e poeira que são arrastados para fora do forno.

A figura 2 é uma planta do sistema de permutador de calor configurado como um anel de fumo, em que o anel de fumo é constituído por uma tubagem com enrolamento sinuoso que enrola para trás e para a frente formando um painel curvo que é um anel elipsoidal. O anel elipsoidal tem uma

entrada e uma saída para água de refrigeração. Em alternativa, o anel de fumo pode estar configurado para ter mais do que uma entrada e saída.

A figura 3 é uma vista em corte do invento ilustrado na figura 2, ao longo da linha de corte 3 - 3.

A figura 4 é uma vista lateral do sistema de permutador de calor configurado como um anel de fumo ilustrado na figura 2.

A figura 5 é uma vista lateral de um painel de tubagem de enrolamento sinuoso com uma entrada e uma saída. A tubagem está afastada e ligada com ligações de brasagem.

A figura 6 é uma vista em corte da tubagem com enrolamento sinuoso, em que a tubagem tem estriadas e uma base. A base está fixa à placa de base que está ligada a um lado interior de uma parede.

A figura 7 é uma vista em corte da tubagem com enrolamento sinuoso, ilustrando como os tubos estão afastados e ligados através de ligações.

A figura 8 é uma vista em corte de um forno de fabrico de aço ajustado com inúmeros componentes do sistema de permutador de calor. O sistema é usado no forno, assim como nas condutas para refrigerar os gases de escape.

A figura 9 é uma vista em corte do sistema de permutador de calor que usa pás, em que o sistema proporciona refrigeração a uma conduta. O sistema tem um canal criado pelas pás, no qual as pás encaminham o fluxo do fluido de refrigeração para correr numa forma em serpentina.

A figura 10 é uma vista lateral parcialmente em corte de um sistema de permutador de calor que utiliza pás, em que o permutador de calor está ajustado na parede de um forno de fabrico de aço. O permutador de calor tem uma placa

frontal em bronze de alumínio, pás, e uma placa de base. A placa frontal está directamente exposta ao calor, gases de escape, e escória produzida pelo forno.

A figura 11 é uma vista em corte de um sistema de permutador de calor que utiliza bicos de pulverização, em que o permutador de calor está ajustado na parede de um forno de fabrico de aço. O permutador de calor tem uma placa frontal em bronze de alumínio, tubos ajustados com bicos, e uma placa de base. A placa frontal está exposta directamente ao calor, gases de escape e escória produzida pelo processo de fabrico de aço. Os bicos pulverizam o fluido de refrigeração da placa de base para o lado traseiro da placa frontal. A placa frontal está deslocada suficientemente dos bicos para que o fluido de refrigeração se espalhe numa área maior.

A figura 12 é uma vista em corte de um sistema de permutador de calor que utiliza bicos de pulverização, em que o permutador de calor é uma câmara de inversão de gases. A placa frontal em bronze de alumínio está no interior da câmara de inversão de gases, e tubos, ajustados com bicos, estão montados na placa de base. Os bicos pulverizam o fluido de refrigeração proveniente dos tubos fixos à placa de base para o lado traseiro da placa frontal. A placa frontal está suficientemente deslocada dos bicos para que o fluido de refrigeração seja pulverizado num motivo de sobreposição. A sobreposição é suficiente para cobrir uma área. De notar que existem duas entradas e duas saídas.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Como pretendido, as formas de realização detalhadas do presente invento são aqui reveladas, no entanto, deve entender-se que as formas de realização reveladas são apenas exemplificativas do invento, que pode ser materializado em várias formas. Assim, os detalhes estruturais e funcionais específicos aqui revelados não devem ser interpretados como limitativos.

O sistema permutador de calor 10 comprehende pelo menos um painel de tubagem com enrolamento sinuoso 50 tendo pelo menos uma entrada 56 e uma saída 58, um colector de entrada 84 em comunicação fluídica com a entrada de pelo menos um painel, um colector de saída 86 em comunicação fluídica com a saída do pelo menos um painel, e um fluido de refrigeração que corre através da tubagem. O sistema de permutador de calor 10 arrefece os gases de fumo quentes 36 e a poeira que estão a ser evacuados de um forno metalúrgico 80 e dos seus componentes de apoio. A tubagem é um conjunto de troços seccionais e tubos ligados montados lado a lado, em que os tubos ligados estão fixos entre si por meio de uma ligação 82, formando o pelo menos um painel 54. Os inventores determinaram empiricamente que uma composição preferida para fabricar a tubagem 50 é uma liga de bronze de alumínio. Descobriu-se que as ligas de bronze de alumínio têm uma condutividade térmica superior ao esperado, resistência ao ataque químico do fluxo de gases quentes (módulo de elasticidade) e boa resistência à oxidação. Assim, a vida útil do permutador de calor é aumentada. A corrosão e a erosão do permutador de calor e componentes relacionados é menor quando são fabricados com bronze de alumínio. A tabela 1 compara a condutividade térmica do bronze de alumínio, P22 (Fe ~96%, C 0~, 1%, Mn 0~, 45%, Cr 2~, 65%, Mo 0, 93%) e aço carbono (A 106B). O bronze de alumínio tem uma condutividade térmica que é

41% superior à do P22 e 30,4% superior à do aço carbono. Os permutadores de calor fabricados utilizando bronze de alumínio e suas ligas são mais eficientes, e têm uma vida útil maior do que o forno construído em materiais refratários e/ ou outras ligas metálicas.

Tabela 1

Propriedade	Bronze de alumínio	P22	A106B
Dureza (HRB)	149	110	108
Resistência à tracção (KSi)	78	60	60
Alongamento (% em 2")	42	20	19
Carga de ruptura (KSi)	35	30	35
Condutividade térmica (W/mK)	32,6	23	25

Determinou-se também que a tubagem é, de preferência, extrudida, a tubagem resistindo à corrosão, erosão, pressão, e tensão térmica. O desempenho melhora particularmente quando a tubagem tem uma nervura alongada que serve como uma aleta. A aleta pode servir para melhorar a refrigeração e recolher escória. Não existem linhas de soldadura que possam falhar, e a tubagem sem costura extrudida distribui o calor mais

uniformemente, o que por seu lado melhora o desempenho global do sistema de permutador de calor. A tubagem pode ser curva ou dobrada para corresponder à curvatura de uma parede à qual vai ser fixa, se necessário. Mais tipicamente, as secções individuais de tubagem são fixas entre si com uma ligação numa configuração angular para que o painel resultante tenha uma curvatura que é comparável à curvatura da parede.

O sistema de permutador de calor, tal como está ilustrado nos desenhos, utiliza colectores e painéis múltiplos para melhorar ainda mais a eficiência de refrigeração. A combinação garante que a água fria corre através de toda a tubagem, optimizando desta forma a transferência de calor. A tubagem com um enrolamento sinuoso optimiza a área de superfície. A tubagem é normalmente fixa usando ligações e elementos de espaçamento, que permitem que os gases de fumo corram essencialmente ao longo de quase todo o perímetro da tubagem.

Com referência à figura 1, o presente invento 10 está ilustrado numa conduta de efluentes gasosos de fumo 44 tendo uma parede 94 com um lado interior 93 da parede e um lado exterior 95 da parede. A parede 94 está parcialmente em corte para se ver o interior da conduta 44. A conduta ilustrada 44 é elíptica, uma construção de engenharia escolhida para aumentar a área de superfície versus uma conduta circular. A conduta está dividida em quatro quadrantes, numerados de 1 - 4, tal como está indicado pelas as abcissas e ordenadas a tracejado. No presente invento, o permutador de calor utiliza quatro painéis com uma tubagem com enrolamento sinuoso, cada um com uma entrada 56 e uma saída 58. Cada painel é montado com ligações 52 que servem como elementos de afastamento e de fixação para fixar os tubos 50, e estabelecendo aí a posição relativa de um troço seccional da tubagem em relação aos troços

seccionais adjacentes da tubagem. Os painéis 1 - 4 estão montados na parede interior 93 da conduta 44. Cada painel está em comunicação fluídica com um colector de entrada 84 e um colector de saída 86. Os colectores 84 e 86 estão montados no lado exterior 95 da parede 94, e envolvem substancialmente a conduta 44. A tubagem 55 está orientada para ser substancialmente colinear com a parede da conduta 44. A orientação é escolhida porque é mais fácil fabricar e criar menos queda de pressão ao longo do comprimento da conduta. Ambas as extremidades da conduta 44 terminam com uma flange 54 que permite que a conduta de refrigeração seja acoplada a outra conduta. Cada conduta é, substancialmente, uma unidade de refrigeração modular autocontida. A modularização permite que o fabrico da conduta seja, até um certo ponto, genérico. Cada conduta tem uma capacidade de refrigeração, e as condutas são combinadas em número suficiente para se conseguir a refrigeração pretendida. A modularização deve-se, em parte, ao facto do sistema de permutador de calor ser constituído por painéis refrigerados individualmente tendo uma capacidade de refrigeração conhecida, que quando combinados determinam a capacidade de refrigeração da conduta. A capacidade de refrigeração cumulativa é, em última análise, por isso, uma função do tipo, número e configuração dos painéis, e a temperatura e caudal do fluido de refrigeração proporcionados pelos colector. Os painéis são substancialmente componentes modulares bastante autocontidos, que também são relativamente genéricos. A conduta de escape de fumos 44 tem, tipicamente, um par de suportes de montagem numerados com 62 para fixação da conduta a uma estrutura ou suporte.

Os elementos externos da conduta e o sistema de permutador de calor estão ilustrados nas figuras 1a, 1b, 1c e 1d. A

conduta 44 pode ser ajustada com suportes de montagem 60 para fixação da conduta à abóboda do forno, a uma câmara de efluentes gasosos (que é referida, por vezes, como uma câmara de inversão de gases 48), ou para proporcionar suporte à flange 54. Com referência à figura 1b, a conduta em curva 45 é ligada a uma conduta de escape direita 44, que por seu lado está ligada a uma câmara de efluentes gasosos 48. A conduta em forma de curva 45 tem suportes de abóboda 60 para fixação da curva 45 a uma abóboda do forno. Um anel de fumo 66 ressalta da entrada da conduta em curva 66. Como pode ver-se nas figuras 2 - 4 e figura 8, o anel de fumo 66 é o permutador de calor 10 tendo uma configuração circular. A conduta em curva tem um colector de entrada 84 e um colector de saída 86. O colector de entrada 84 está ligado a uma fonte de água de refrigeração 88 e o colector de saída 86 está ligado a uma saída de recirculação 90. A conduta em curva 45 e a conduta direita 44 estão acopladas através das suas flanges respectivas 54. A conduta direita 44 e a câmara de efluentes gasosos 48 estão acopladas através das suas flanges respectivas 54. A câmara de efluentes gasosos 48 tem, de preferência, um mecanismo de libertação de pressão na hipótese improvável de se desenvolver uma explosão no forno. A câmara de efluentes gasosos 48 também serve com uma caixa de ligação se for necessária mais capacidade num momento posterior. Com referência à figura 1c, os gases de fumo parcialmente refrigerados provenientes do forno são desviados 90° para o restante sistema de escape 16. O comprimento do sistema é suficiente para arrefecer os gases de escape que saem do forno metalúrgico, tal como um forno de arco eléctrico ou de oxigénio básico, de $2204^\circ\text{C} - 2760^\circ\text{C}$ até $93^\circ\text{C} - 176^\circ\text{C}$ ($4000^\circ\text{F} - 5000^\circ\text{F}$ a $200^\circ\text{F} - 350^\circ\text{F}$). Tal como está ilustrado na figura 1d, todo o sistema de refrigeração fora do forno é constituído por

8 pares de colectores após a câmara de efluentes gasosos 48, mais dois pares antes da câmara de efluentes gasosos 48, e um anel de fumo. Cada par de colectores tem quatro painéis permutadores de calor, elevando o número total a 40 painéis, mais o painel de anel de fumo 166. O anel de fumo pode ser montado na abóboda do forno, em vez de numa conduta, seguindo-se uma discussão desta configuração.

Com referência às figuras 2 - 4, que ilustram ainda o sistema de permutador de calor configurado como um anel de fumo, em que o anel de fumo 66 é constituído por uma tubagem com enrolamento sinuoso que enrola para trás e para a frente formando um painel curvo que é um anel elipsoidal. O anel elipsoidal tem uma entrada e uma saída para a água de refrigeração. Em alternativa, o anel de fumo pode ser configurado para ter mais do que uma entrada e uma saída. Na forma de realização ilustrada, o permutador de calor 10 tem três suportes de anel de fumo 64 ou o permutador de calor é montado na abóboda do forno. A tubagem 50, tal como está ilustrado na figura 3, é mais comprimida no lado direito do que no esquerdo, e o suporte 64 no lado esquerdo está mais baixo no lado esquerdo do que no lado direito. A compressão e a diferente colocação do suporte compensam a inclinação do tecto, o que resulta num perfil que é substancialmente vertical. As ligações 82 estabelecem, não só a curvatura do painel de tubagem com enrolamento sinuoso 50, como também o perfil.

Com referência à figura 8, o forno ilustrativo está ilustrado como um forno 80 do tipo arco eléctrico. Deve entender-se que o forno de arco eléctrico revelado se destina apenas a explicação, e que o invento pode ser rapidamente aplicado em fornos do tipo oxigénio básico e semelhante. Na figura 8, um forno de arco eléctrico 80 inclui uma cuba de

forno 12, uma pluralidade de eléctrodos 14, um sistema de escape 16, uma plataforma de trabalho 18, um mecanismo de inclinação de berço 80, um cilindro de inclinação 22, e uma câmara de efluentes gasosos b. A cuba de forno 12 está disposta de forma móvel no mecanismo de inclinação de berço 20 ou outro mecanismo de inclinação. Além disso, o mecanismo de inclinação de berço 20 tem energia proveniente do cilindro de inclinação 22. O mecanismo de inclinação de berço 20 está ainda fixa à plataforma de trabalho 18.

A cuba de forno 12 é constituída por uma soleira em forma de prato 24, uma parede lateral geralmente cilíndrica 26, um alimentador 28, uma porta de alimentador 30, e uma abóboda circular geralmente cilíndrica 32. O alimentador 28 e porta de alimentador 30 estão localizados num lado da parede lateral cilíndrica 26. Na posição aberta, o alimentador 28 permite que o ar de intrusão 34 entre na soleira 24 e queime parcialmente os gases 36 produzidos pela fundição. A soleira 24 é feita num material refractário adequado que é conhecido na técnica. Numa extremidade da soleira 24 existe uma caixa de vazamento tendo meios de válvula 38 na sua extremidade inferior. Durante uma operação de fusão, os meios de válvula 38 são fechados por um tampão refractário, ou porta adequada. Seguidamente, a cuba de forno 12 é inclinada, os meios de válvula 38 são destapados ou abertos e o metal fundido é despejado numa panela de vazamento pelo fundo, numa panela intermédia ou outro dispositivo, de acordo com o pretendido.

A parede interior 26 da cuba de forno 12 é ajustada com painéis refrigerados com água 40 da tubagem com enrolamento sinuoso 50. Os painéis servem, de facto, como uma parede interior do forno 80. Os colectores, que abastecem água de refrigeração e um retorno, estão em comunicação fluídica com os

painéis 40. Tipicamente, os colectores estão posicionados perifericamente numa forma semelhante às condutas de escape ilustradas 44. A secção transversal dos colectores está ilustrada fora da cuba de forno 12 na figura 8. O sistema de permutador de calor 10 produz uma operação mais eficiente e prolonga a vida útil do forno de arco eléctrico 10. Numa forma de realização preferida, os painéis 40 são montados para que a tubagem com enrolamento sinuoso tenha uma orientação geralmente horizontal, comparável ao anel de fumo ilustrado nas figuras 2 - 4. A tubagem 50 pode ser ligada com uma ligação 82, tal como está ilustrado na figura 7, ou pode ter uma base 92 que está montada na parede 94. Tipicamente, com esta última configuração, a tubagem tem nervuras alongadas 96 para recolher escória e acrescentar mais área de superfície à tubagem. Em alternativa, os painéis 40 são montados para que a tubagem com enrolamento sinuoso 50 tenha uma orientação geralmente vertical, tal como está ilustrado na figura 5. As extremidades superiores dos painéis 40 definem um rebordo circular na margem superior da parte de parede lateral 26 do forno 80.

O sistema de permutador de calor 10 pode ser ajustado ao tecto 32 do forno 80, os painéis refrigerados com água 40 tendo uma curvatura que segue substancialmente o contorno em abóbada do tecto 32. O sistema de permutador de calor 10 desenvolve-se no interior da parede lateral 26 do forno 80, o tecto 32 e a entrada do sistema de escape 16, assim como através do sistema de escape 16. Cumulativamente, o sistema de permutador de calor protege o forno e arrefece os efluentes gasosos quentes 36 à medida que são conduzidos para um câmara de filtros ou outras instalações de filtragem e de tratamento de ar, onde a poeira é recolhida e os gases são ventilados para a atmosfera.

Em operação, os efluentes gasosos quentes 36, poeira e fumos são removidos da soleira 24 através do ventilador 46 na cuba de forno 12. O ventilador 46 comunica com o sistema de escape 16 constituído por condutas de fumo 44, tal como está ilustrado nas figuras 1 e 1a - 1d.

Com referência à figura 5, o painel 40 tem múltiplos tubos 50 dispostos axialmente. As curvas 53 em forma de U ligam em conjunto troços seccionais adjacentes de tubagem ou tubos 50 para formar um sistema de tubagem contínuo. As ligações 82 que servem adicionalmente como elementos de espaçamento estão entre tubos adjacentes 50, e proporcionam integridade estrutural ao painel 40 e são determinantes da curva do painel 40.

A figura 7 é uma vista em corte da forma de realização do painel da figura 5. A figura 6 ilustra uma variante, na qual os tubos 50 têm uma secção transversal tubular, uma base 92, uma nervura alongada 96, e uma placa de base 93. A placa de base 93 está fixa à parede de forno 26, ou à abóboda do forno 32. A combinação da tubagem e, opcionalmente, da placa de base, forma o painel 40, que cria uma parede interior do forno. Os painéis 40 arrefecem a parede 26 do forno por cima da soleira num forno de arco eléctrico ou a cúpula e condutas de fumo de um forno de oxigénio básico.

Os painéis são arrefecidos com água, e são feitos numa liga de bronze de alumínio que é fundida e processada de acordo com as necessidades num tubo sem costuras 50. As condutas de refrigeração 44 são incorporadas no sistema de escape 16. Além disso, a tubagem 50 é formada nos painéis de refrigeração 40 e colocada através da abóboda 32 e condutas 44. A liga de bronze de alumínio tem, de preferência, uma composição nominal de: 6,5% de Al, 2,5% de Fe, 0,25% de Sn, 0,5%, no máximo, de outros, e cobre para completar. No entanto, será tomado em

consideração que a composição pode variar, para que o teor de Al seja de pelo menos 5%, e não mais de 11%, o restante respectivo compreendendo o composto de bronze.

A utilização da liga de bronze de alumínio proporciona melhores propriedades mecânicas e físicas relativamente aos dispositivos da técnica anterior (isto é, sistemas de refrigeração de aço carbono ou aço inoxidável) por a liga proporcionar melhores condutividade térmica, dureza e módulo de elasticidade para os efeitos de fabrico de aço num forno. Utilizando estas melhorias, a vida útil do forno aumenta directamente.

Para além das superiores características de transferência de calor, as capacidades de alongamento da liga são maiores do que as do aço ou aço inoxidável, permitindo desta forma que a tubagem e conjunto de condutas 44 se expandam e contraiam sem fissuras. Além disso, a dureza de superfície é superior relativamente à técnica anterior por reduzir os efeitos de erosão do efeito de jacto de areia dos detritos dos efluentes gasosos.

O processo de formação da tubagem é, de preferência, a extrusão, no entanto, que tem competência na técnica tomará em consideração que podem ser utilizadas outras técnicas de formação que confirmaram o mesmo resultado, isto é, um componente sem costura. Durante a extrusão, a liga de bronze de alumínio é trabalhada a quente, resultando desta forma numa estrutura compacta, que possui melhores propriedades físicas.

Nos tubos ilustrados na figura 6, a nervura alongada 96 é uma estria particularmente adequada para recolher escória. A massa em cada lado da linha central da secção tubular é equivalente, pelo que a massa da nervura alongada 96 é aproximadamente igual à massa da base 92. Equilibrando a massa

e utilizando ligas de bronze de alumínio extrudidas, o tubo resultante está substancialmente isento de picos de tensão. O tubo revelado tem melhores características de tensão, e os painéis permutadores de calor fabricados com estes tubos estão menos sujeitos a danos provocados por grandes mudanças de temperatura, por exemplo, durante os ciclos do forno.

A composição do sistema de permutador de calor difere da da técnica anterior pelo facto da tubagem e placas da técnica anterior serem feitas em aço carbono ou aço inoxidável, por oposição à composição revelada da liga de bronze de alumínio. A composição da liga de bronze de alumínio não é propensa a ataque ácido. Além disso, os requerentes determinaram que o bronze de alumínio tem uma taxa de transferência térmica superior à do aço carbono ou aço inoxidável, e que a liga tem a capacidade de se dilatar e contrair sem partir. Finalmente, a dureza da superfície da liga é maior do que a do outro aço, reduzindo desta forma os efeitos de erosão da superfície devido aos efeitos do jacto de areia do gás de escape que se desloca através da conduta/sistema de refrigeração.

FORMA DE REALIZAÇÃO ALTERNATIVA

Consegue-se um fluxo semelhante do fluido de refrigeração através do sistema de permutador de calor com a utilização de um canal com enrolamento sinuoso. O canal 122 é formado intercalando pás 124 entre uma placa frontal 120 e a placa de base 93. A figura 9 ilustra uma forma de realização do sistema de permutador de calor 10 usando pás. Na forma de realização ilustrada, o sistema de permutador de calor 10 é uma conduta 54, em que a placa frontal 120 está no interior da conduta 45. Na forma de realização ilustrada, a placa de base 93 também

funciona como a parede exterior da conduta 45. A conduta tem flanges 54 para acoplamento de uma conduta a outra conduta, ou acoplamento a uma câmara de inversão de gases 48, ou acoplamento à abóboda 32 do forno 80. Na forma de realização ilustrada, o fluido de refrigeração corre para dentro e para fora do plano do painel. Tal como está ilustrado, existe apenas um painel 141 que este está em comunicação fluídica com um colector de entrada (não ilustrado) e um colector de saída (não ilustrado). Os colectores estão montados no lado exterior da placa de base 93.

A figura 10 ilustra o sistema de permutador de calor 10 configurado como uma parede interior de forno 47, que é um painel de refrigeração 141. A parede interior de forno 47 é fabricada para seguir o contorno da parede 26 da cuba de forno 12. O painel 41 tem pás 124 montadas entre a placa frontal 120 e placa de base 93. O sistema tem uma entrada 56 e uma saída 58 para o fluido de refrigeração. Os colectores, que fornecem água de refrigeração e um retorno, estão em comunicação fluídica com o painel 41. Embora só esteja ilustrado um painel, o aplicação poderia ser configurada para ter vários painéis. A placa frontal 120 e as pás 124 têm uma composição em liga de bronze de alumínio. As pás estão soldadas à placa frontal ao longo de um bordo longitudinal 126. A placa de base está fixa ao bordo longitudinal oposto, formando aí o canal 122. O canal 122 pode ver-se no canto do lado esquerdo da figura 10. De notar que o fluxo do fluido de refrigeração tem um enrolamento sinuoso numa forma em serpentina, muito semelhante ao fluxo através do conjunto de tubos montados lado a lado, tal como está ilustrado na figura 5. Os colectores não estão ilustrados na forma de realização 45 ou 47, mas estão posicionados perifericamente, tal como foi ilustrado previamente na figura 2.

Com referência à figura 11, que ilustra uma parede interior de forno 49 refrigerada com um painel 43 tendo uma pluralidade de bicos de pulverização 125. O permutador de calor tem uma placa frontal em bronze de alumínio 120, tubos 50 ajustados com bicos 125 e uma placa de base 93. A placa frontal 120 está exposta directamente ao calor, gases de escape, e escória produzida pelo processo de fabrico de aço. Os bicos 50 pulverizam o fluido de refrigeração da placa de base na direcção do lado traseiro da placa frontal 120.

A figura 12 é uma vista em corte de uma câmara de inversão de gases 48 que é arrefecida usando um sistema de permutador de calor que utiliza bicos de pulverização 125. As quatro placas dianteiras em bronze de alumínio 120 definem o interior da câmara de inversão de gases 48. A pluralidade de bicos 125 no tubo 50 dirigem um motivo de pulverização de fluido de refrigeração para o lado traseiro da placa frontal 120. A placa de base 93 serve como um suporte para os tubos 50, assim como uma parede exterior para a câmara de inversão de gases 48. A placa frontal 120 está deslocada suficientemente da pluralidade de bicos para que o fluido de refrigeração seja pulverizado de uma forma sobreposta. A sobreposição é suficiente para cobrir uma área, o que reduz o número necessário de enrolamentos em serpentina para refrigerar a placa frontal. Na forma de realização ilustrada na figura 12, está ilustrada uma montagem com apenas dois tubos, cada um com uma entrada 56 e uma saída 58. Não ilustrados, poderia haver muito mais tubos com bicos. Revendo a figura 11, os tubos estão ligados com curvas 53 em forma de U, e podem ser usadas ligações semelhantes na câmara de inversão de gases 48. Tal como está ilustrado, existe apenas um painel 43 tendo pelo menos uma entrada e uma saída.

Embora tenham sido descritas em detalhe formas de realização específica do invento, deve entender-se que o invento não tem o âmbito limitado de forma correspondente, mas inclui todas as mudanças e alterações provenientes do espírito e termos das reivindicações anexas. Deverá ser óbvio que o sistema de permutador de calor, quer utilizando tubagem com enrolamento sinuoso, pás ou bicos de pulverização e placas, pode ser utilizado em ambientes extremamente hostis para arrefecer gases e condensar muitos materiais vaporizados.

RESUMO DO ATINGIMENTO DOS OBJECTIVOS DO INVENTO

Do que foi referido acima, é facilmente evidente que FOI inventado um melhor sistema de permutador de calor construído em ligas de bronze de alumínio, tendo-se descoberto que as ligas de bronze de alumínio têm uma condutividade térmica maior do que o esperado, resistência ao ataque químico do fluxo de gases quentes, e boa resistência à oxidação. Além disso, proporcionou-se um sistema de permutador de calor em que a vida útil do permutador de calor é aumentada, uma vez que a corrosão e erosão do permutador de calor e componentes relacionados é menor quando são fabricados em liga de bronze de alumínio.

Também é proporcionado um sistema de permutador de calor que é adaptável para a refrigeração de gases de escape provenientes de um forno de fabrico de aço, em que o sistema de permutador de calor pode ser ajustado às paredes do forno, abóboda do forno, orifício de escape de anel de fumo, secção direita de uma conduta de escape, e uma secção curva de uma conduta de escape. O sistema de permutador de calor arrefece os gases de escape que saem de um forno metalúrgico, tal como um

forno de arco eléctrico ou de oxigénio básico, entre 2204°C – 2760°C até 93°C – 176°C (4000°F – 5000°F até 200°F – 350°F).

O invento proporciona um sistema de permutador de calor que pode ser adaptado para recolher e arrefecer escória, em que a tubagem com enrolamento sinuoso é uma tubagem sem costura extrudida tendo uma nervura alongada, e a tubagem resiste à corrosão, erosão, pressão, e tensão térmica.

É também proporcionado um permutador de calor que tem outras aplicações, tal como o arrefecimento de gases de escape de instalações de conversão, instalações de fabrico de papel, e outros geradores de gás de escape, em que os gases são arrefecidos com o objectivo de capturar um ou mais componentes do gás, em que a captura é feita por condensação, por absorção de leito de carvão, ou por filtragem.

Lisboa, 18 de Maio de 2012.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de permutador de calor (10), o dito sistema compreendendo:

pelo menos um painel de permuta de calor feito numa tubagem (50) com um enrolamento sinuoso tendo uma entrada (56) e uma saída (58);
um colector de entrada (84) em comunicação fluídica com a entrada (56) do pelo menos um painel;
um colector de saída (86) em comunicação fluídica com a saída (58) do pelo menos um painel;
a tubagem (50) sendo configurada para ter um escoamento de fluido de refrigeração passando pela tubagem (50);
a tubagem (50) estando situada para ter um escoamento de um fluxo de gases quente (36) na tubagem (50);
no qual a tubagem (50) com enrolamento sinuoso é essencialmente uma montagem de troços seccionais de tubos ligados, montados lado a lado; e
os tubos ligados são fixos uns aos outros através de ligações (52) aí dispostas, formando o pelo menos um painel;
no qual o pelo menos um painel está montado num lado interior de uma parede, e está em comunicação fluídica com os colectores de saída e de entrada (86; 84) que se encontram no lado exterior da parede; caracterizado por a parede apresentar uma curvatura e por os tubos ligados serem fixos uns aos outros com uma ligação fazendo um ângulo, de forma que o painel

resultante apresente uma curvatura comparável à curvatura da parede.

2. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1, no qual o pelo menos um painel está fixo a uma placa de base (93) e os tubos ligados são fixos uns aos outros e à placa de base (93) com uma ligação no seu seio, formando o pelo menos um painel.
3. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 2, no qual a placa de base (93) é curva, e os tubos ligados estão fixos uns aos outros com uma ligação configurada em ângulo, de forma que o painel resultante apresente uma curvatura comparável à curvatura da parede.
4. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, no qual existe uma pluralidade de painéis e pelo menos dois painéis estão montados em torno do lado interior de uma conduta de escape do forno (80), para que a pluralidade seja alimentada individualmente pelo fluido de refrigeração proveniente do colector de saída (86) que envolve o lado exterior da conduta de escape (44); e no qual cada fluido retorna o fluido de refrigeração ao colector de saída (86) que envolve o lado exterior da conduta de escape (44).
5. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, no qual o sistema compreende ainda um forno compreendendo meios para aquecer um volume interior do forno e gerar efluentes gasosos numa gama de temperatura compreendida entre cerca de 2204°C (4000°F) e

2760°C (5000°F), existindo uma pluralidade de painéis e pelo menos dois painéis estão montados em torno do lado interior da abóboda do forno, no qual cada painel é alimentado individualmente pelo fluido de refrigeração proveniente do colector de saída (86) situado no lado exterior da abóboda do forno; e no qual cada painel retorna o fluido de refrigeração ao colector de saída (86) situado no lado exterior da abóboda do forno.

6. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, no qual o sistema compreende ainda um forno compreendendo os meios para aquecer um volume interior do forno e gerar gases de escape numa gama de temperaturas compreendida entre cerca de 2204°C (4000°F) e 2760°C (5000°F), existindo uma pluralidade de painéis e pelo menos dois painéis são montados em torno do lado interior da parede do forno, no qual cada painel é alimentado individualmente pelo fluido de refrigeração proveniente do colector de saída (86) que envolve o lado exterior da parede do forno; e no qual cada painel retorna individualmente o fluido de refrigeração ao colector de saída (86) que envolve o lado exterior da parede do forno.
7. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, no qual existe uma pluralidade de painéis e pelo menos dois painéis estão montados em torno do lado interior da porta de escape do anel de fumo, no qual cada painel é alimentado individualmente pelo fluido de refrigeração proveniente do colector de saída (86) que envolve o lado exterior do orifício de escape do anel de fumo; e no qual cada painel retorna o fluido de refrigeração

ao colector de saída (86) que envolve o lado exterior do orifício de escape do anel de fumo.

8. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 4, no qual os tubos ligados são montados numa direcção longitudinal nas condutas de escape (44).
9. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, no qual o sistema comprehende ainda um forno compreendendo meios para aquecer um volume interior do forno e gerar gases de escape numa gama de temperaturas compreendida entre cerca de 2204°C (4000°F) e 2760°C (5000°F), uma pluralidade de condutas de escape (44), ligadas em conjunto alinhado e os painéis dispostos nas condutas de escape (44) e o orifício de escape do anel de fumo, tendo como efeito baixar a temperatura do fluxo de gases quentes (36) extraídos do forno (80) de uma temperatura de cerca de 2200°C (4000°F) a 2760°C (5000°F) para uma temperatura de cerca de 93°C (200°F) a 117°C (350°F).
10. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, no qual os tubos ligados comprehendem uma estria.
11. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 10, no qual a estria é uma nervura (96) alongada que melhora a área de superfície, permitindo recolher as escórias e reduzindo os picos ou concentração de tensões.

12. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, compreendendo ainda uma alimentação de água de refrigeração, acoplada ao colector de entrada (84).
13. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, no qual o pelo menos um painel de tubagem (50) com enrolamento sinuoso é composto por uma liga do tipo bronze de alumínio.
14. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 13, no qual a dita liga compreende pelo menos 89% de cobre e não mais de 95% de cobre.
15. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 13, no qual a liga de bronze de alumínio compreende Cu, Al, Sn e Fe.
16. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 9, no qual a forma e dimensão de cada conduta de escape (44) estão dispostas de forma a obter uma área de superfície desejada, em que a conduta de escape (44) tem uma capacidade de refrigeração conhecida.
17. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 9, no qual a tubagem (50) com enrolamento sinuoso é composta por uma liga do tipo bronze de alumínio.
18. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com a reivindicação 17, no qual a tubagem com enrolamento sinuoso (50) é formada por extrusão.

19. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com as reivindicações 1 ou 2, no qual o sistema de permutador de calor (10) é adequado para refrigerar os gases de escape (36) gerados pelas instalações de fabrico de ferro e de aço, convertidores, instalações de fabrico de papel, instalações de geração de energia eléctrica com combustão de carvão e de gás, e outras instalações que geram efluentes gasosos.
20. Sistema de permutador de calor (10) de acordo com as reivindicações 1 ou 2, no qual o sistema de permutador de calor (10) é adequado para utilização nas paredes de fornos de fabrico de ferro e de aço.

Lisboa, 18 de Maio de 2012.

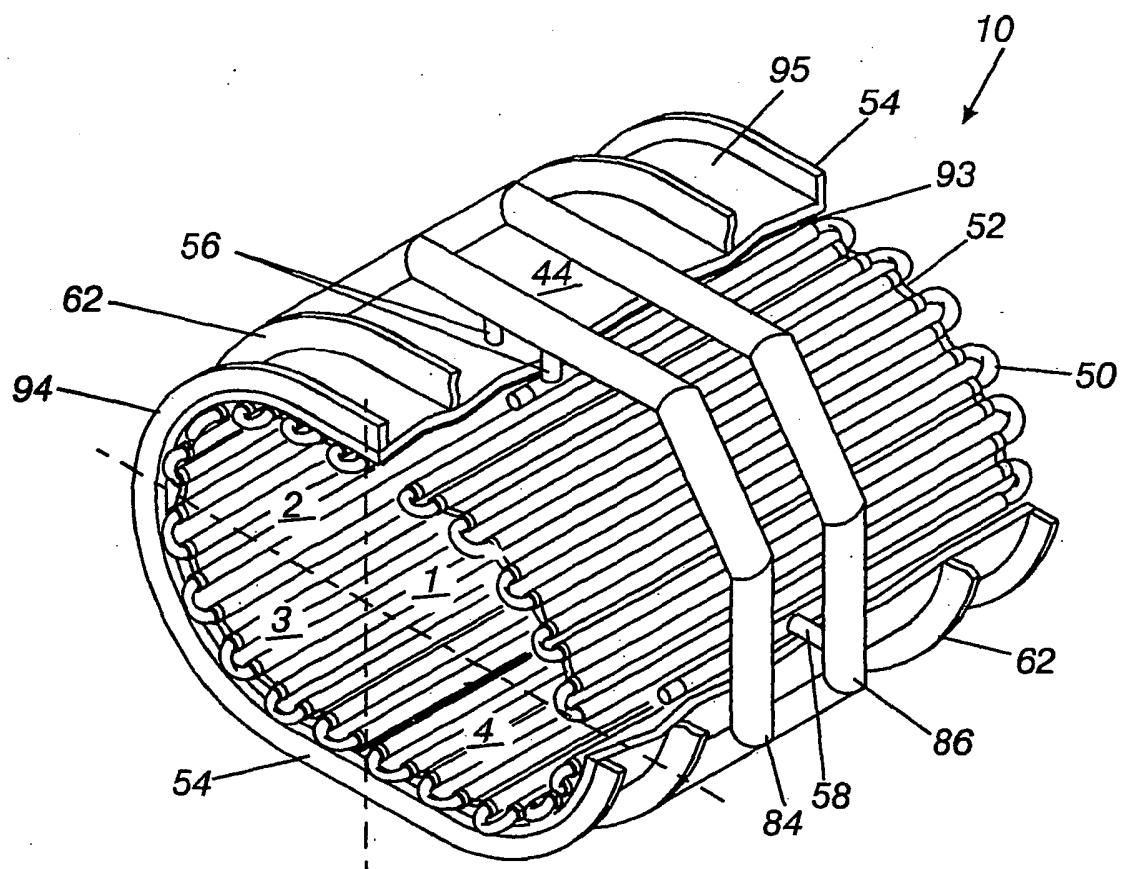
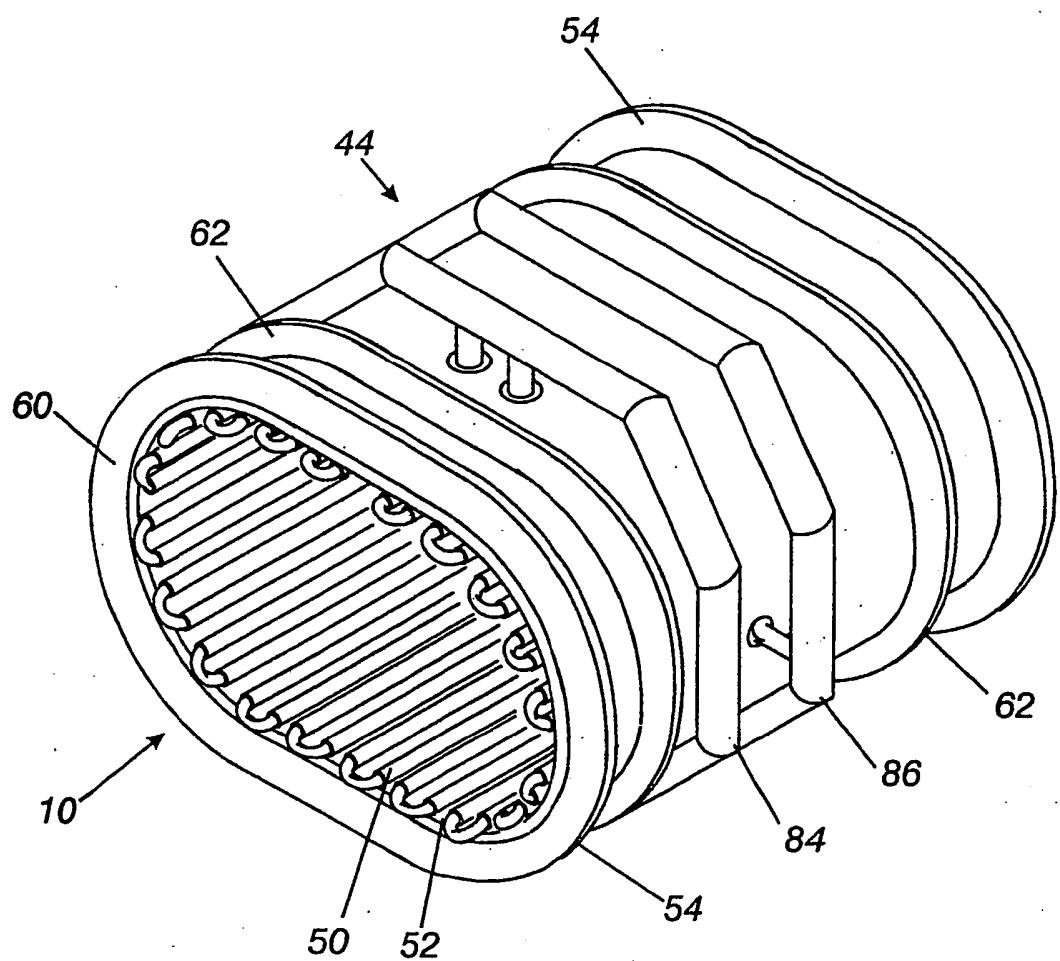
Fig. 1

Fig.1a

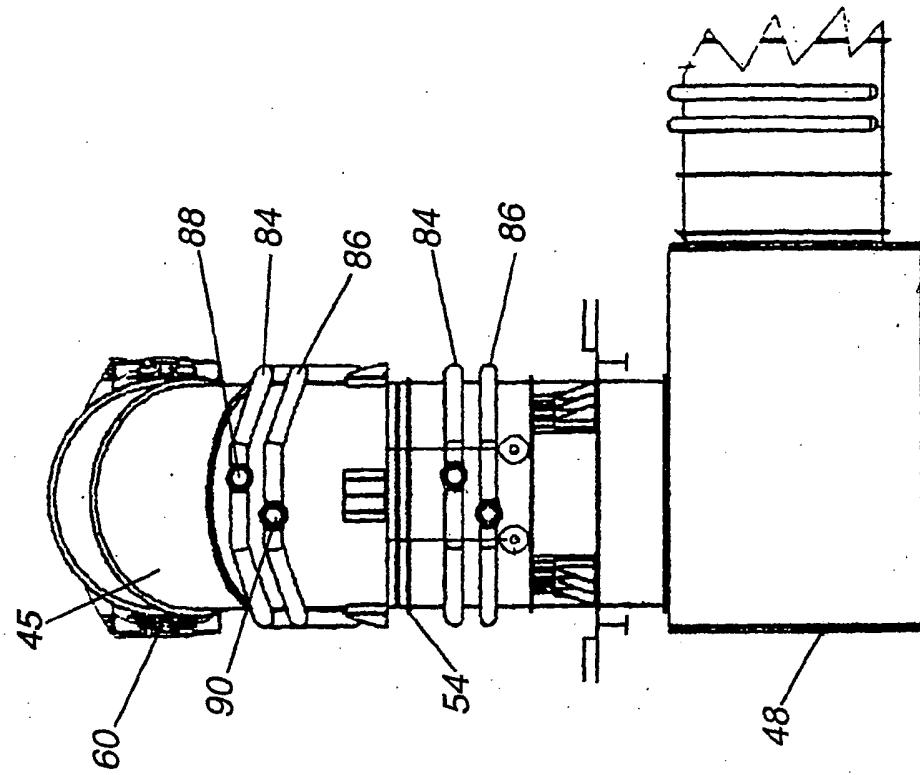


Fig. 1c

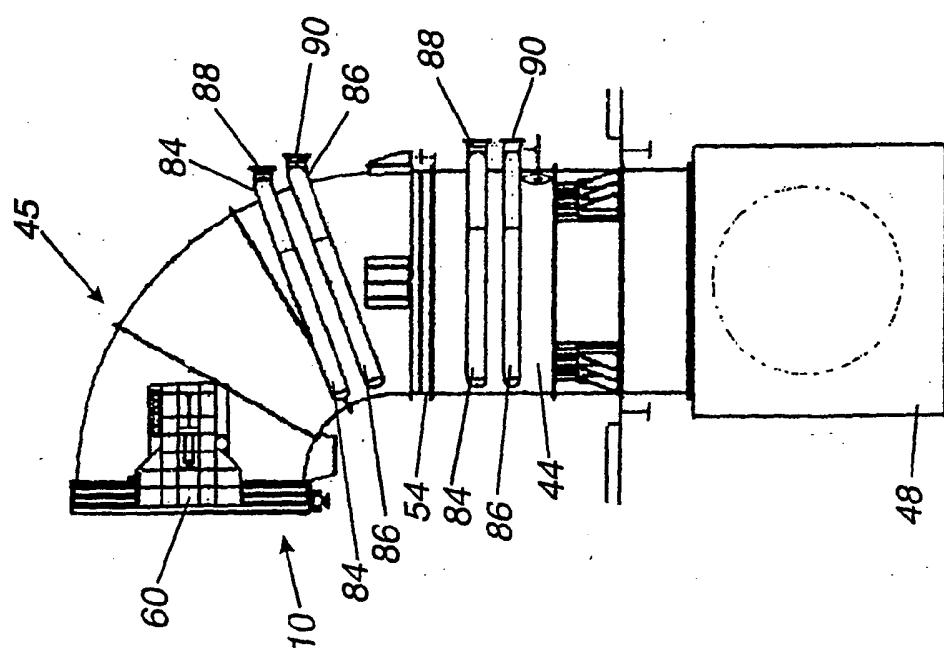


Fig. 1b

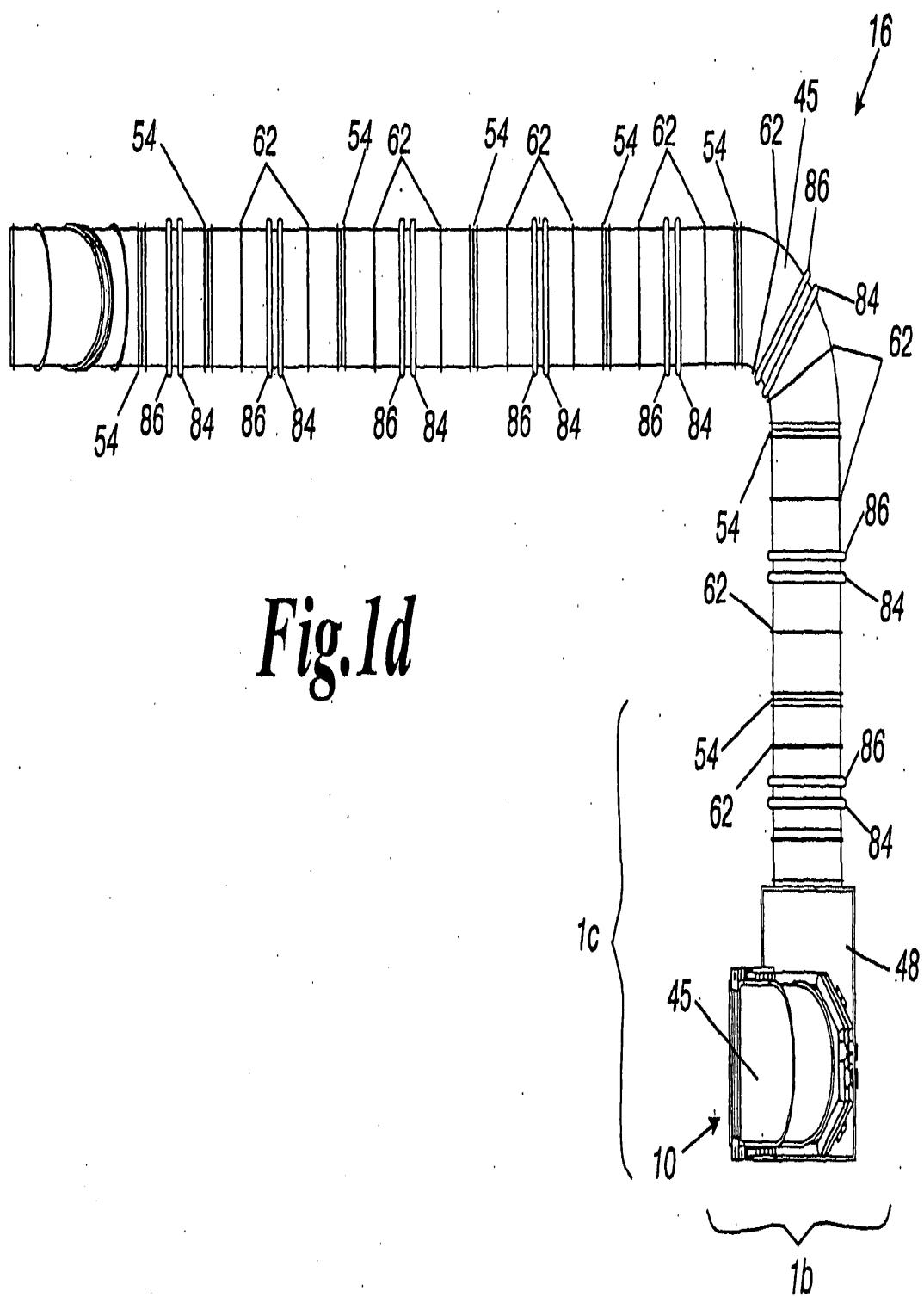


Fig. 1d

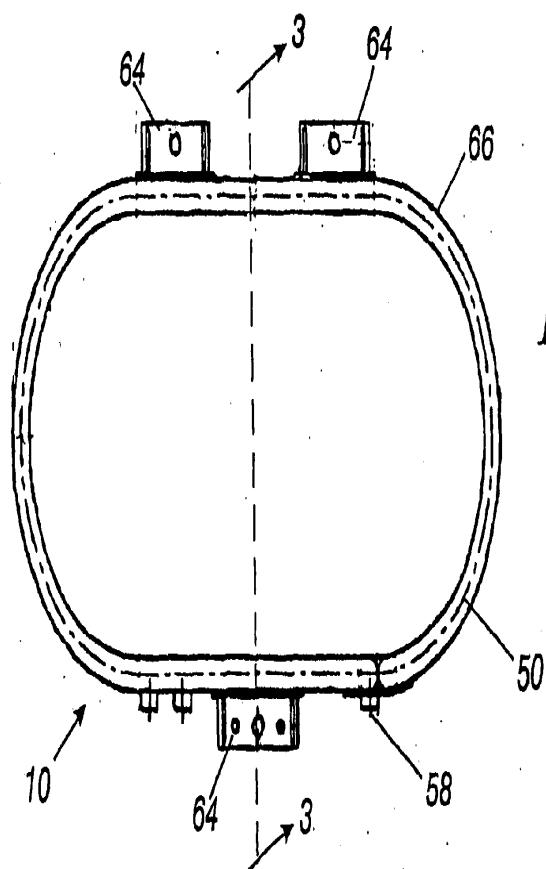


Fig.2

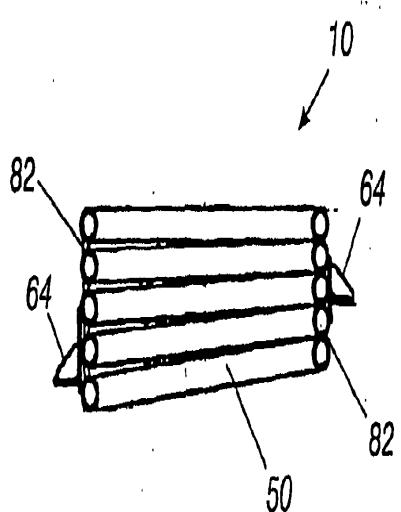


Fig.3

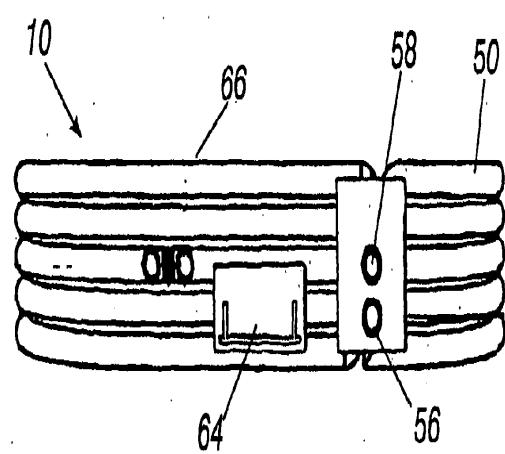
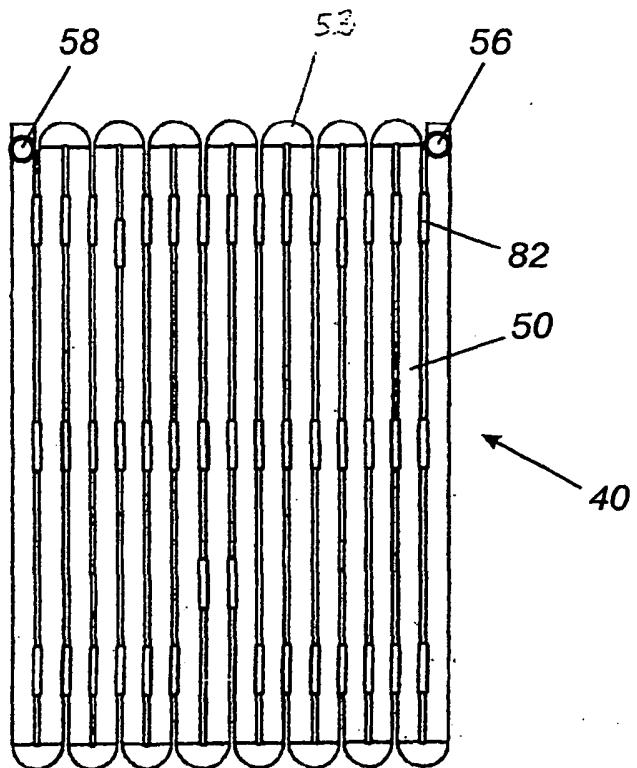
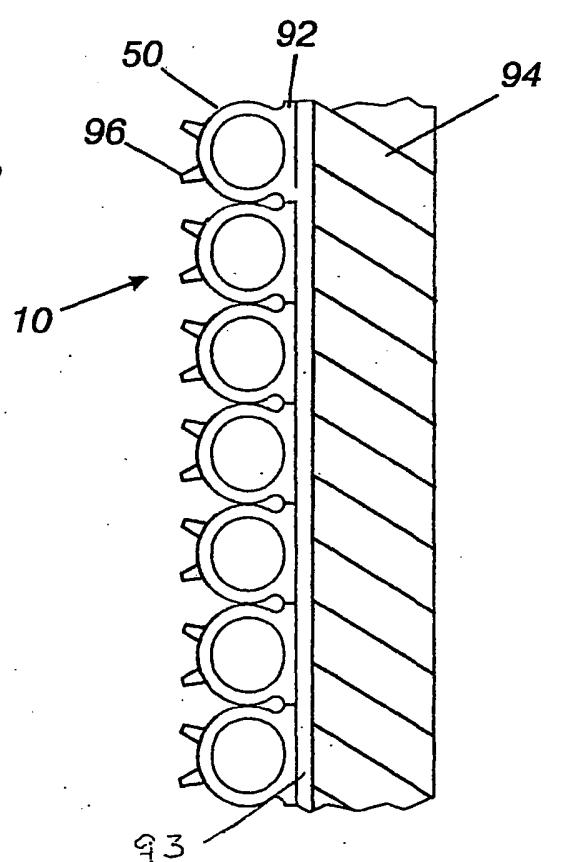
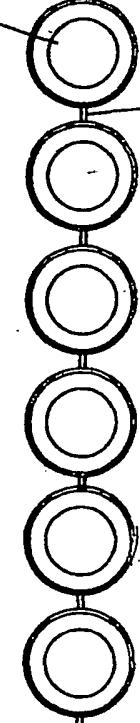


Fig.4

***Fig. 5******Fig. 7***

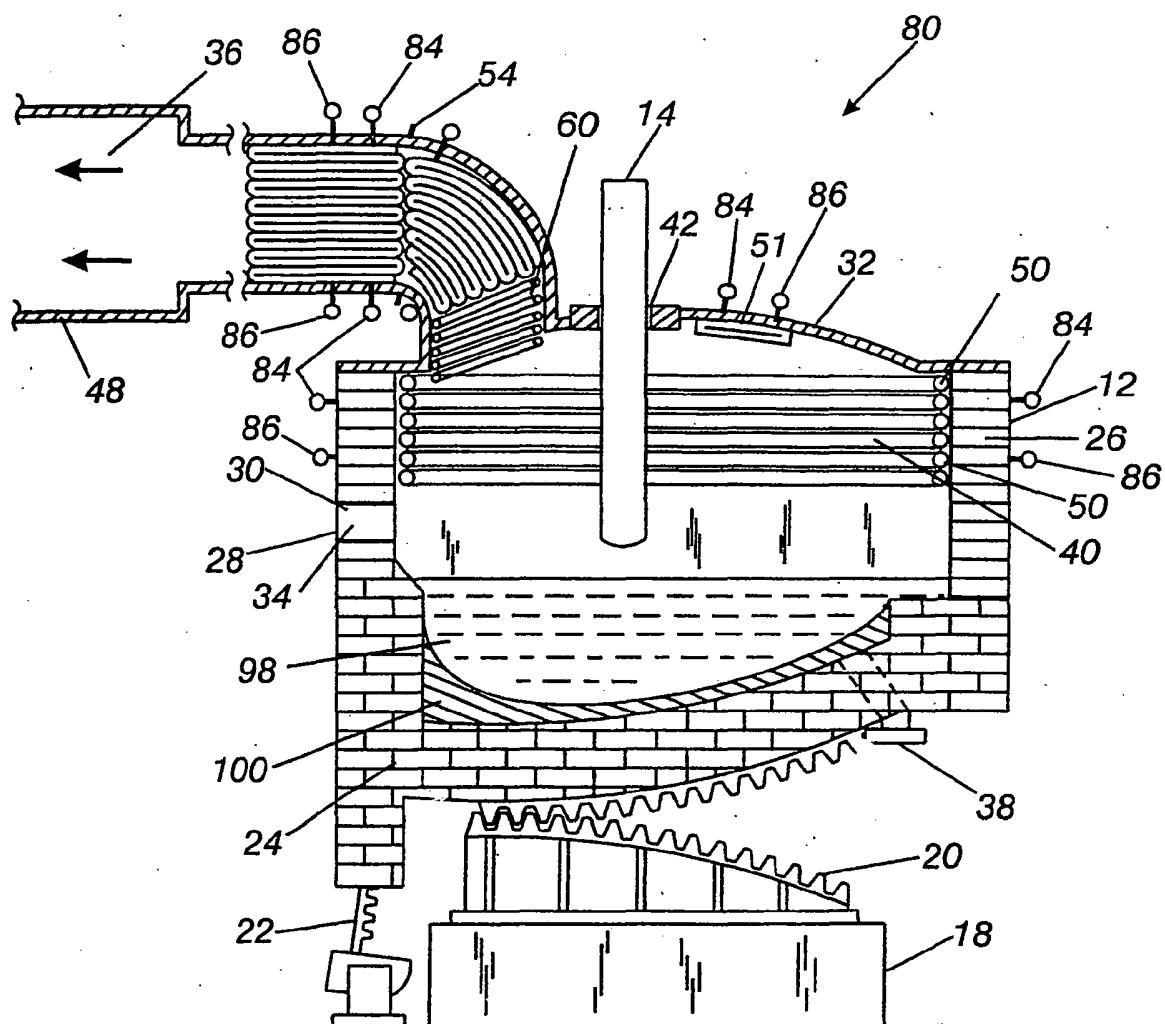
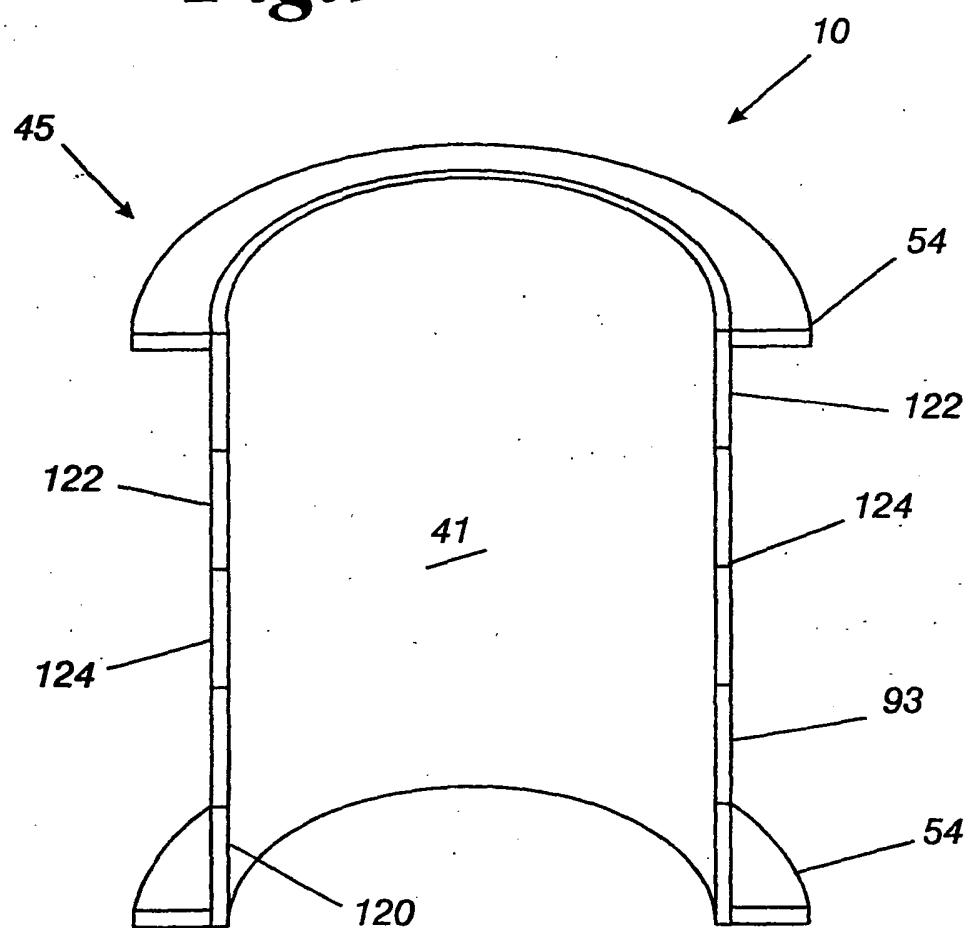


Fig. 8

Fig.9

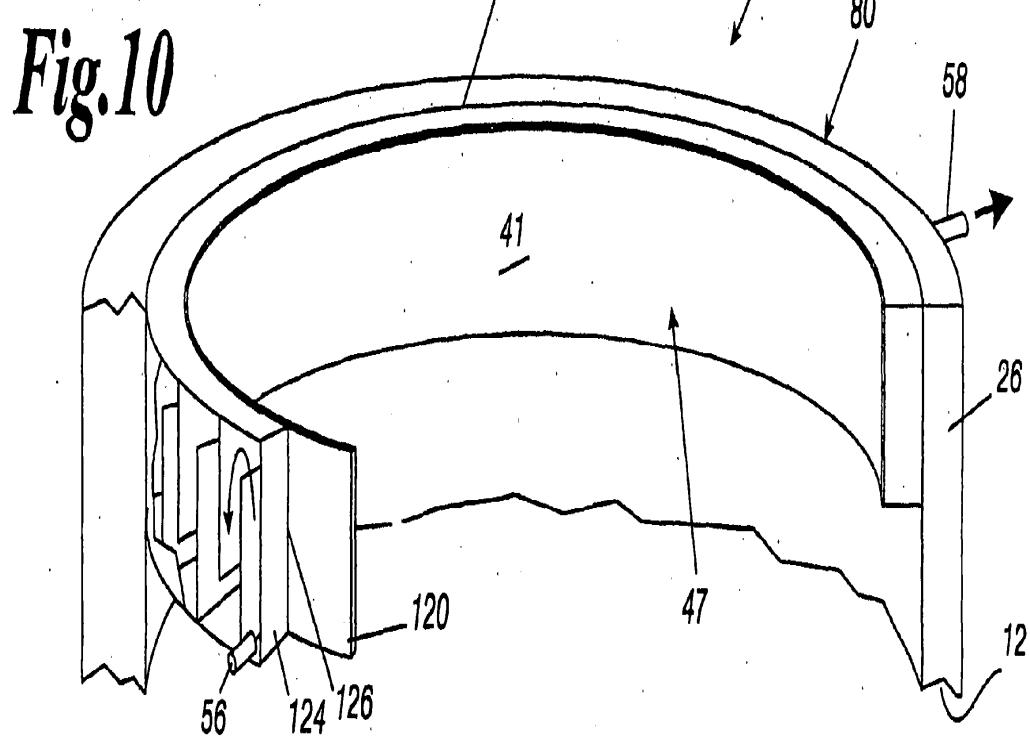
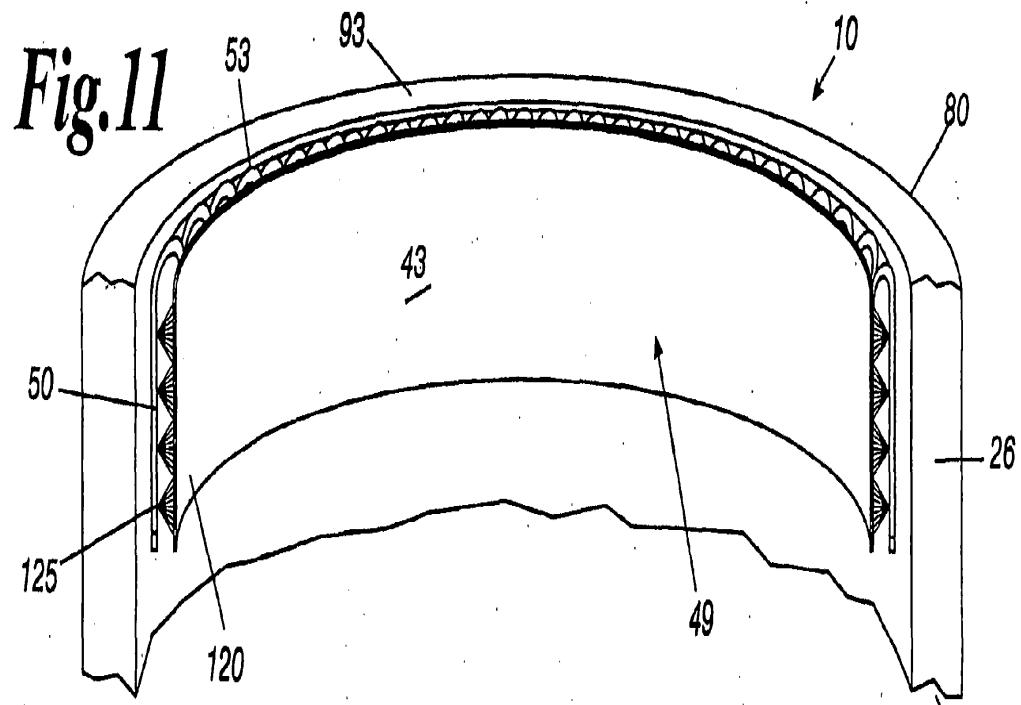


Fig.12

