



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

**(11) PI 0606693-3 B1**



**(22) Data do Depósito:** 12/01/2006

**(45) Data de Concessão:** 14/05/2019

---

**(54) Título:** CALDEIRA DE GERAÇÃO DE VAPOR

**(51) Int.Cl.:** F23D 3/40.

**(30) Prioridade Unionista:** 12/01/2005 US 60/643,219.

**(73) Titular(es):** THE BABCOCK & WILCOX COMPANY.

**(72) Inventor(es):** JOSEPH ROBERT STREMPEK; RONALD C. LENZER.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2006001185 de 12/01/2006

**(87) Publicação PCT:** WO 2006/076549 de 20/07/2006

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 12/07/2007

**(57) Resumo:** CALDEIRA DE GERAÇÃO DE VAPOR. É descrita uma caldeira de geração de vapor que tem um dispositivo de matriz (8) para reduzir o volume de combustão. O dispositivo de matriz (8) é colocado no forno de combustão (5) de uma caldeira de geração de vapor, preferivelmente à jusante da corrente de combustível e oxidante (11, 12). O dispositivo de matriz produz um envelope de combustão mais curto que o de uma caldeira convencional, permitindo caldeiras de geração de vapor de menor volume.

## "CALDEIRA DE GERAÇÃO DE VAPOR"

### CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito no geral a combustão de combustível fóssil e, em particular, a um método e aparelho inédito e útil para combustão de combustível gasoso em uma caldeira de geração de vapor.

### ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Queimadores de combustível fóssil converte energia química armazenada em combustíveis fósseis em energia térmica pela queima do combustível fóssil na presença de um oxidante. Em aplicações de geração de energia, energia térmica pode ser transferido para água a fim de produzir vapor para acionar turbinas de produção de eletricidade. Em aplicações sem ser de geração de energia, a energia térmica pode ser transferido para qualquer quantidade concebível de objetos ou processos.

Caldeiras de geração de vapor convencionais em geral compreendem um ou mais queimadores, um ou mais pontos de injeção de combustível, um ou mais pontos de injeção de oxidante e um dispositivo para impulsionar o combustível injetado e o oxidante para um forno de combustão. Mediante ignição da mistura oxidante/combustível (figura 1), um envelope de combustão 4 é formado compreendendo uma chama 3 e uma zona de mistura oxidante/combustível 2 entre a chama 3 e o queimador 1.

As Figuras 2 e 3 são representações esquemáticas de caldeiras de geração de vapor convencionais que utilizam

queimador simples e múltiplos, respectivamente. As paredes interiores compreendem uma pluralidade de tubos de geração de vapor 6 conectada fluidicamente a um banco de caldeira (não mostrado). A energia térmica produzida no envelope de combustão 4 aquece por radiação os tubos 6 que, por sua vez, conduzem energia térmica para a água nos tubos 6 com o propósito de gerar vapor.

Em muitas caldeiras de geração de vapor, o comprimento e largura do envelope de combustão 4 exerce um papel integral no projeto do forno de combustão 5. Em caldeiras FM, por exemplo, o forno de combustão 5 é preferivelmente projetado suficientemente grande de forma a evitar contato excessivo do envelope de combustão 4 com as paredes do forno 10. Também, conhecido como colisão de chama, visto na figura 3, o contato excessivo da chama 3 com uma parede do forno 10 pode resultar em combustão incompleta, levando a maiores emissões de CO e outros subprodutos da combustão, ou degradação prematura, levando a reparos dispendiosos e paradas da caldeira. Dessa maneira, fornos de combustão 5 são em geral projetados para acomodar um dado envelope de combustão do queimador 4, minimizando ainda a possibilidade de colisão de chama.

Queimadores convencionais em geral utilizam mecanismos de controle de fluxo para controlar a expansão axial e radial do envelope de combustão 4. A expansão radial do envelope de combustão 4 em geral é função do turbilhonamento e expansão natural do combustível, oxidante e chama. Alguns projetos de queimadores convencionais utilizam mecanismos de

controle de fluxo para restringir a expansão radial natural do envelope de combustão 4, resultando em uma chama mais estreita e mais longa. Forças de cisalhamento criadas pelos mecanismos de controle de fluxo podem também ser usadas para afetar a extensão da mistura oxidante/combustível antes da combustão, tendo assim um efeito nas emissões, tais como CO e NOx.

A disponibilidade de oxidante e combustível, e as suas capacidades de misturar antes da combustão, afetam o comprimento de um envelope de combustão 4 dentro de um forno de combustão 5. Chamas mais compridas em geral são resultantes de um suprimento insuficiente de oxidante ou de mistura inadequada do oxidante e combustível no interior do envelope de combustão 4. Chamas mais curtas em geral são resultantes de um suprimento suficiente de oxidante e mistura adequada do oxidante e combustível no envelope de combustão 4. O comprimento da chama pode ser também afetado pela velocidade na qual as correntes de combustível e/ou oxidante entram no envelope de combustão 4. Velocidades excessivas ou interrupções momentâneas de correntes de combustível e/ou oxidante podem fazer com que a chama do queimador 3 perca a ignição. Tal perda de ignição é especialmente indesejável, já que pode resultar em um acúmulo de combustíveis suscetíveis a explosão violenta mediante ré-ignição.

O Departamento de Energia dos Estados Unidos articulou que existe uma necessidade antiga de se reduzir o tamanho e peso das caldeiras de geração de vapor, tais como caldeiras industriais. Caldeiras de geração de vapor conven-

cionais são construídas para acomodar o tamanho do envelope de combustão 4 produzido. Dessa maneira, existe uma necessidade antiga de desenvolver um envelope de combustão 4 capaz de produzir energia térmica suficiente para produção de vapor em um volume significativamente menor, permitindo assim a produção de projetos de caldeiras de geração de vapor menores, mais leves e mais compactas.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção soluciona os problemas supra-mencionados e fornece uma caldeira de geração de vapor capaz de queimar combustíveis líquidos, combustíveis gasosos ou qualquer combinação destes.

Um objetivo da presente invenção é fornecer uma caldeira de geração de vapor compacta.

Um outro objetivo da presente invenção é fornecer uma caldeira de geração de vapor com um envelope de combustão radialmente mais amplo e axialmente mais curto do que de caldeiras de geração de vapor convencionais.

Um outro objetivo da presente invenção é fornecer uma caldeira de geração de vapor de baixo NOx e baixo CO.

Um outro objetivo da presente invenção é fornecer uma caldeira de geração de vapor capaz de manter passivamente uma fonte de ignição constante.

Também um outro objetivo da presente invenção é prover um dispositivo para projetar uma caldeira de geração de vapor de pequeno tamanho e peso, comparado com o de uma caldeira de geração de vapor convencional.

A presente invenção revela uma caldeira de geração

de vapor. Uma caldeira de geração de vapor de acordo com a presente invenção compreende um forno de combustão, uma entrada de oxidante, uma entrada de combustível, um dispositivo de matriz e tubos de vapor.

5 Os vários recursos na novidade que caracteriza a presente invenção são salientados com particularidade nas reivindicações anexas e que formam parte desta revelação. Para um maior entendimento da invenção, suas vantagens operacionais e objetivos específicos alcançados por sua utilização, é feita referência aos desenhos anexas e matéria des-  
10 critiva na qual as modalidades preferidas da invenção estão ilustradas.

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

Nos desenhos anexas, que formam parte desta especificação, em nos quais números de referência mostrados nos  
15 desenhos designam partes iguais ou correspondentes em toda ela:

A Figura 1 é uma representação esquemática de um envelope de combustão.

20 A Figura 2 é uma representação esquemática de uma caldeira industrial convencional utilizando um único queimador.

A Figura 3 é uma representação esquemática de uma caldeira industrial convencional utilizando mais de um quei-  
25 mador.

A Figura 4 é uma representação esquemática de um envelope de combustão indesejável em que ocorre contato excessivo da chama ao longo do comprimento e largura do forno

de combustão.

A Figura 5 é uma modalidade da presente invenção, em que um dispositivo de matriz é adaptado no forno de combustão de uma caldeira de geração de vapor existente.

5 A Figura 6 é uma ilustração de uma modalidade da presente invenção, em que um combustível e um oxidante são introduzidos à montante do dispositivo de matriz.

A Figura 7 é uma ilustração de uma modalidade da presente invenção em que um combustível e um oxidante são  
10 introduzidos nos lados de um dispositivo de matriz.

A Figura 8 é uma ilustração de uma modalidade da presente invenção em que um combustível e um oxidante são introduzidos tanto na frente quanto no(s) lado(s) do dispositivo de matriz.

15 A Figura 9 é uma modalidade preferida de um dispositivo de matriz de acordo com a presente invenção, em que estão ilustradas seções transversais da matriz.

A Figura 10 é uma representação gráfica de uma modalidade da presente invenção onde dois dispositivos de matriz são usados para facilitar a combustão estagiada.  
20

A Figura 11 é uma representação gráfica de uma modalidade de combustão estagiada da presente invenção em que o resfriamento entre estágios é usado em uma caldeira de combustão de dispositivo de matriz de dois estágios.

25 A Figura 12 é uma ilustração gráfica de uma modalidade alternativa de um dispositivo de matriz de acordo com a presente invenção.

A Figura 13 é uma ilustração gráfica de uma outra

modalidade alternativa de um dispositivo de matriz de acordo com a presente invenção.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

A presente invenção utiliza uma combinação de recursos para melhorar o projeto de caldeiras de geração de vapor a óleo e gás convencionais. Caldeiras de geração de vapor a óleo e gás convencionais incluem, mas sem limitações: FM, FM de alta capacidade, PFM, PFI, PFT, SPB e RB, todas as quais estão descritas no Capítulo 27 de Steam/its  
10 Generation and Use, 41th Edition, Kitto e Stultzs, Eds., © 2005 The Babcock & Wilcox Company, cujo texto está por meio desta incorporado pela referência como se estivesse aqui apresentado na íntegra.

Com propósito de explicar a presente invenção, vistas esquemáticas de caldeira FM são aqui usadas. Entretanto, como versados na técnica podem perceber, o objetivo de utilizar esquemas de caldeira FM é meramente por motivo de exemplo, e não se pretende limitar a presente invenção às das modalidades de caldeiras FM.

Referindo-se às figuras 2 e 3, estão mostradas representações esquemáticas de caldeiras FM da tecnologia anterior. Na caldeira FM, uma parede defletora 20 separa um forno de combustão 5 de um banco de caldeira (não mostrado). O envelope de combustão 4 fica localizado dentro do forno de combustão 5. Combustível e oxidante são distribuídos ao  
25 queimador 1, produzindo um envelope de combustão 4 mediante ignição.

As paredes interiores 10 do forno de combustão

compreendem uma série de tubos 6 conectados fluidicamente a um tambor de vapor 7, produzindo vapor usado para processo de geração elétrica. A forma conicamente difusa do envelope de combustão 4 resulta em um volume do forno de combustão não utilizado expressivo lateralmente ao envelope de combustão 4 à medida que ele expande-se.

Um objetivo da presente invenção é reduzir o volume não utilizado do forno de combustão. A presente invenção fornece uma matriz 8, colocada tanto na chama como antes dela do envelope de combustão. Referindo-se à figura 5, está mostrada uma modalidade modernizada da presente invenção. A matriz 8 é colocada com o forno de combustão 5 à jusante do queimador 1. Combustível e oxidante entram na matriz 8, em que o projeto da seção transversal da matriz 8 fornece um dispositivo para misturar passivamente correntes gasosas e dispersar radialmente o envelope de combustão 9 resultante.

Provido para a matriz 8 fica pelo menos uma corrente de combustível gasoso e pelo menos uma corrente de oxidante gasoso, ou combinações destes. As correntes gasosas podem entrar na matriz 8 por qualquer lado. A figura 6 ilustra uma modalidade preferida onde a corrente de combustível 12 e a corrente de oxidante 11 são introduzidas à montante da matriz 8. Alternativamente, conforme mostrado na figura 7 e na figura 8, as correntes gasosas 11, 12 podem entrar na matriz 8 pelo(s) lado(s) somente ou por uma combinação da frente e do(s) lado(s) da matriz 8.

Referindo-se à figura 9, está ilustrada uma modalidade preferida de uma matriz 8 de acordo com a presente

invenção. Nesta modalidade, o aparelho de combustão é uma matriz 8 compreendendo pelo menos uma camada de esferas. As esferas podem ficar arranjadas tanto de uma maneira aleatória como ordenada na matriz 8. As esferas podem ser de natureza oca, sólida ou porosa, ou qualquer combinação destas. As esferas podem variar de tamanho ou podem ser de um tamanho substancialmente similar. As esferas preferivelmente compreendem um metal ou cerâmica de alta temperatura capaz de suportar as extremas temperaturas às quais a matriz 8 pode ser exposta durante a combustão de combustíveis fósseis, entretanto, esferas compreendendo qualquer material conhecido podem ser usadas.

Referindo-se à figura 9, quatro planos de matriz seccional transversal são identificados para representar esquematicamente variações na área aberta para fluxo gasoso na matriz 8. O plano 1 é aproximadamente 46 por cento aberto, o plano dois é aproximadamente 31 por cento aberto, o plano 3 é cerca de 9 por cento aberto e o plano 4 é cerca de 58 por cento aberto.

Um objetivo da presente invenção é melhorar a mistura das correntes gasosas. Uma melhor mistura é alcançada na presença de uma matriz 8 compreendendo pelo menos dois planos seccionais transversais com diferentes percentagens de área aberta, de maneira tal que um primeiro plano seccional transversal possua uma maior percentagem de área aberta para fluxo gasoso do que um segundo plano seccional transversal. O plano 1 e o plano 2 da figura 9 são dois planos seccionais transversais com diferentes percentagens de área

aberta para fluxo gasoso. À medida que as correntes gasosas passam entre os dois planos, um diferencial de pressão é encontrado forçando as correntes de gás a comprimir ou expandir, criando assim forças de cisalhamento e maximizando as correntes gasosas. A mistura superior provida pela matriz 8 minimiza CO e o ar em excesso necessário para completar a combustão.

Um outro objetivo da presente invenção é dispersar radialmente o envelope de combustão. A dispersão radial é conseguida na presença da matriz 8 compreendendo pelo menos dois planos seccionais transversais com diferentes percentagens de área aberta, em que os dois planos são tomados de diferentes eixos, e um primeiro plano seccional transversal possui uma maior percentagem de área aberta para fluxo gasoso do que um segundo plano seccional transversal. O plano 3 e o plano 4 da figura 9 são planos seccionais transversais de diferentes eixos com diferentes percentagens de área aberta para fluxo gasoso. À medida que as correntes gasosas aproximam-se do plano 3, é encontrada resistência por causa da área aberta relativamente pequena para fluxo gasoso através do plano 3, forçando uma parte do gás a mudar seu vetor em direção a um plano de menor resistência ao fluxo, tal como plano 4, dessa forma suprimindo axialmente e dispersando radialmente o envelope de combustão.

A presente invenção fornece um aparelho de combustão que permite melhores projetos de caldeira de geração de vapor, mantendo ainda produção de calor similar. Referindo-se de volta à figura 5, está mostrada uma representação es-

quemática da presente invenção modernizada para uma caldeira FM convencional. A presente invenção expande radialmente o envelope de combustão 4, resultando em um envelope de combustão 9 de menor comprimento, em que o volume de combustão não utilizado é deslocado à jusante do envelope de combustão 9. Em aplicações modernizadas, equipamento de geração de vapor adicional pode ser colocado no volume de combustão não utilizado, maximizando assim o potencial de geração de energia.

Um benefício de reduzir a profundidade de um forno de combustão é a capacidade de desenvolver novos projetos de caldeira compactos sem sacrificar a produção de calor. Fornos de combustão 5 em caldeiras de geração de vapor são em geral projetados para acomodar um dado envelope de combustão 4, minimizando ainda o risco de colisão de chama. A redução do comprimento do envelope de combustão 4 permite redução significativa da profundidade do forno para uma dada produção de calor. O uso da presente invenção reduz o tamanho da caldeira, e assim o peso, já que caldeiras menores utilizam consideravelmente menos matéria-prima para a fabricação das paredes e tubos 6 da caldeira.

Uma matriz 8 de acordo com a presente invenção pode ser colocada em qualquer lugar no envelope de combustão 4. Preferivelmente, a matriz 8 é colocada na zona de mistura 2 e terá uma profundidade suficiente para permitir que a combustão comece na matriz 8 e que as chamas de combustão 3 saiam da matriz 8 à jusante de onde o combustível e oxidante são introduzidos. Nesta modalidade, a largura da chama é ma-

ximizada à medida que a ignição da corrente de combustível cria forças expansivas, permitindo expansão radial adicional na matriz 8.

Um benefício adicional da presente invenção é manter passivamente uma fonte de ignição constante. Nesta modalidade, a matriz 8 é compreendida de um material capaz de reter energia térmica. Quando uma chama de outra forma perder a ignição por causa de velocidades excessivas ou flutuações nas correntes de combustível e/ou oxidante, a energia térmica retida nos elementos da matriz fornece um reservatório térmico suficiente para manter a ignição, evitando-se assim situações indesejáveis associadas com a ré-ignição atrasada.

Em uma outra modalidade da presente invenção, uma caldeira de geração de vapor pode utilizar mais de uma matriz 8. A figura 10 é uma representação gráfica de uma modalidade da presente invenção onde duas matrizes são usadas para facilitar a combustão estagiada. Nesta modalidade, uma segunda matriz 14 fica localizada à jusante de uma primeira matriz 8. A primeira matriz 8 é provida com uma corrente de combustível 18 e oxidante subestequiométrico 17 para inibir a produção de subprodutos de combustão indesejáveis tal como NOx. Uma segunda corrente de oxidante 13, provendo oxigênio suficiente para queimar o combustível remanescente, é provida à jusante da primeira matriz 8 e à montante da segunda matriz 14.

A Figura 11 ilustra uma modalidade de combustão de matriz de dois estágios de acordo com a presente invenção.

Nesta modalidade, tubos de resfriamento 15 são colocados entre as duas matrizes 8, 14 com o propósito de controlar a temperatura da chama e a formação de NOx térmico. Uma chapa perfurada 150 pode também ser colocada à montante da primeira matriz 8, com a função de agir como detentor de chama e/ou de pré-distribuir o oxidante subestequiométrico 17.

Em uma outra modalidade da presente invenção, um sensor 16 pode ser colocado no forno de combustão para monitorar o processo de combustão no forno de combustão 5.

10 Em uma outra modalidade da presente invenção, um ignitor 160 pode ser colocado no forno de combustão para pré-aquecer a matriz 8 ou inflamar um combustível e oxidante.

A Figura 12 fornece uma representação gráfica de uma outra modalidade da presente invenção. Nesta modalidade, 15 a matriz 8 compreende um bloco aleatório ou ordenado de fibras ou partículas entrelaçadas. Entre as fibras e as partículas desta modalidade estão diversas passagens internas com seções transversais de área aberta variada para fluxo gasoso, proporcionando um meio para as correntes de combustível e oxidante gasosos se misturarem passivamente e dispersarem 20 radialmente na matriz 8. A seção A-A fornece uma vista da seção transversal da presente modalidade.

A Figura 13 fornece uma representação gráfica de uma outra modalidade da presente invenção. Nesta modalidade, 25 a matriz 8 compreende azulejos queimados ou montados com furos venturi 19. Uma vista expandida de uma seção B-B desta modalidade está mostrada onde as dimensões seccionais transversais dos furos venturi 19 estão mostrados variando ao

longo da profundidade da matriz 8.

Em uma outra modalidade da presente invenção, oxidante e combustível podem ser alimentados na matriz 8 em múltiplas correntes.

5           Em uma outra modalidade da presente invenção, a matriz 8 pode compreender elementos não esféricos ou uma combinação de elementos esféricos e não esféricos arranjada tanto de uma maneira ordenada como desordenada.

10           Também em uma outra modalidade da presente invenção, as esferas ou elementos alternativamente modelados podem ser revestidos com qualquer quantidade de substratos químicos conhecidos pelos versados na técnica com o propósito de alterar a química do combustível, melhorar a combustão e reduzir emissões de poluentes.

15           Também em uma outra modalidade da presente invenção, a matriz 8 em si pode ser retangular, circular ou de qualquer outro desenho geométrico. Em geral, os elementos da matriz 8 da presente invenção são mantidos cativos por um aparelho adequado para impedir movimento entre as esferas.  
20           Exemplos de aparelho adequado são, mas sem limitações, estruturas de arame e/ou ligação química ou mecânica dos elementos da matriz 8 uns nos outros.

25           Também em uma outra modalidade da presente invenção, múltiplas matrizes podem ser arranjadas em paralelo em uma caldeira. Em uma modalidade como essa, múltiplos combustíveis podem ser queimados simultaneamente, provendo assim flexibilidade de combustível de combustão aos projetos de caldeira.

Também em uma outra modalidade da presente invenção, ventiladores de ar forçado ou de circulação podem ser utilizados para criar um diferencial de pressão na matriz 8 tanto para promover como para restringir o fluxo gasoso nela.

5

REIVINDICAÇÕES

1. Caldeira de geração de vapor, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

um banco de geração;

5 um economizador localizado à jusante do banco de geração; e

um forno de combustão localizado à montante do banco de geração, tendo

uma extremidade de entrada,

10 uma extremidade de saída e

definida adicionalmente por uma parede defletora e

uma pluralidade de paredes do forno, em que cada

uma das paredes do forno compreende uma pluralidade de tubos de vapor alinhados com o comprimento

15 vertical da parede do forno e em conexão fluida com um tambor de vapor localizado no lado oposto da parede do defletor e a jusante da extremidade de saída do forno de combustão

uma entrada de oxidante posicionado perto da extremidade de entrada do forno de combustão para prover um oxidante;

20 uma entrada de combustível posicionado perto da extremidade de entrada do forno de combustão para prover um combustível;

25

um dispositivo de matriz consistindo de esferas metálicas para misturar passivamente o oxidante e o combustível localizado a jusante das entradas de oxidante e entra-

das de combustível, em que as arestas mais exteriores do dispositivo de matriz estão livres de contato com as paredes do forno e a placa defletora.

2. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** por compreender adicionalmente uma segunda entrada de oxidante localizada a jusante do dispositivo de matriz e um segundo dispositivo de matriz consistindo de esferas metálicas localizadas a jusante da segunda entrada de oxidante.

3. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que a segunda entrada de oxidante compreende uma pluralidade de tubos que se estendem horizontalmente ao longo da largura do segundo dispositivo de matriz e cada um da pluralidade de tubos compreende múltiplos furos para dispersão de oxidante..

4. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** por compreender adicionalmente uma placa perfurada consistindo numa pluralidade de furos circulares localizados a montante da entrada de combustível.

5. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de em que a entrada de combustível consiste em um tubo de combustível que se estende horizontalmente ao longo da largura do dispositivo de matriz e compreende uma pluralidade de furos para dispersar combustível.

6. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de em que a pluralidade de furos para dispersão de combustível está localiza-

da em mais de um eixo.

7. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADA** por compreender adicionalmente uma pluralidade de tubos de retenção situados entre o dispositivo de matriz e a segunda entrada de oxidante.

8. Caldeira de geração de vapor, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

um banco de geração;

um economizador localizado à jusante do banco de geração; e

um forno de combustão localizado à montante do banco de geração, tendo

uma extremidade de entrada,

uma extremidade de saída e

adicionalmente definida por uma parede defletora e uma pluralidade de paredes de forno, em que cada uma das paredes do forno compreende uma pluralidade de tubos de vapor alinhados com o comprimento vertical da parede do forno e em conexão fluida com o tambor de vapor localizado no lado oposto da parede defletora e a jusante da extremidade de saída do forno de combustão

uma primeira entrada de oxidante posicionado perto da extremidade de entrada do forno de combustão para prover um primeiro oxidante;

uma entrada de combustível posicionado perto da extremidade de entrada do forno de combustão para prover um combustível;

uma placa perfurada consistindo de uma pluralidade

de furos circulares localizados a montante da entrada de combustível,

uma pluralidade de tubos de vapor anexada a uma parede do forno de combustão, em que os tubos de vapor são  
5 conectados fluidicamente a um tambor de vapor localizado à jusante da câmara de combustão;

um primeiro dispositivo de matriz consistindo de azulejos instalados tendo furos venturi localizados a jusante da primeira entrada de oxidante e da entrada de combustível,  
10 vel,

em que as arestas mais externas do dispositivo de matriz estão livres de contato com as paredes do forno e a placa defletora,

uma segunda entrada de oxidante para prover um segundo oxidante localizado a jusante do primeiro dispositivo de matriz,  
15 de matriz,

um segundo dispositivo de matriz consistindo de azulejos instalados tendo furos venturi localizado à jusante do segundo dispositivo oxidante.

20 9. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende adicionalmente um tubo de resfriamento entre estágios não enrolado localizado entre o primeiro dispositivo de matriz e o segundo dispositivo de matriz.

25 10. Caldeira de geração de vapor, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende adicionalmente um ignitor localizado entre o primeiro dispositivo de matriz e o segundo dispositivo de matriz.

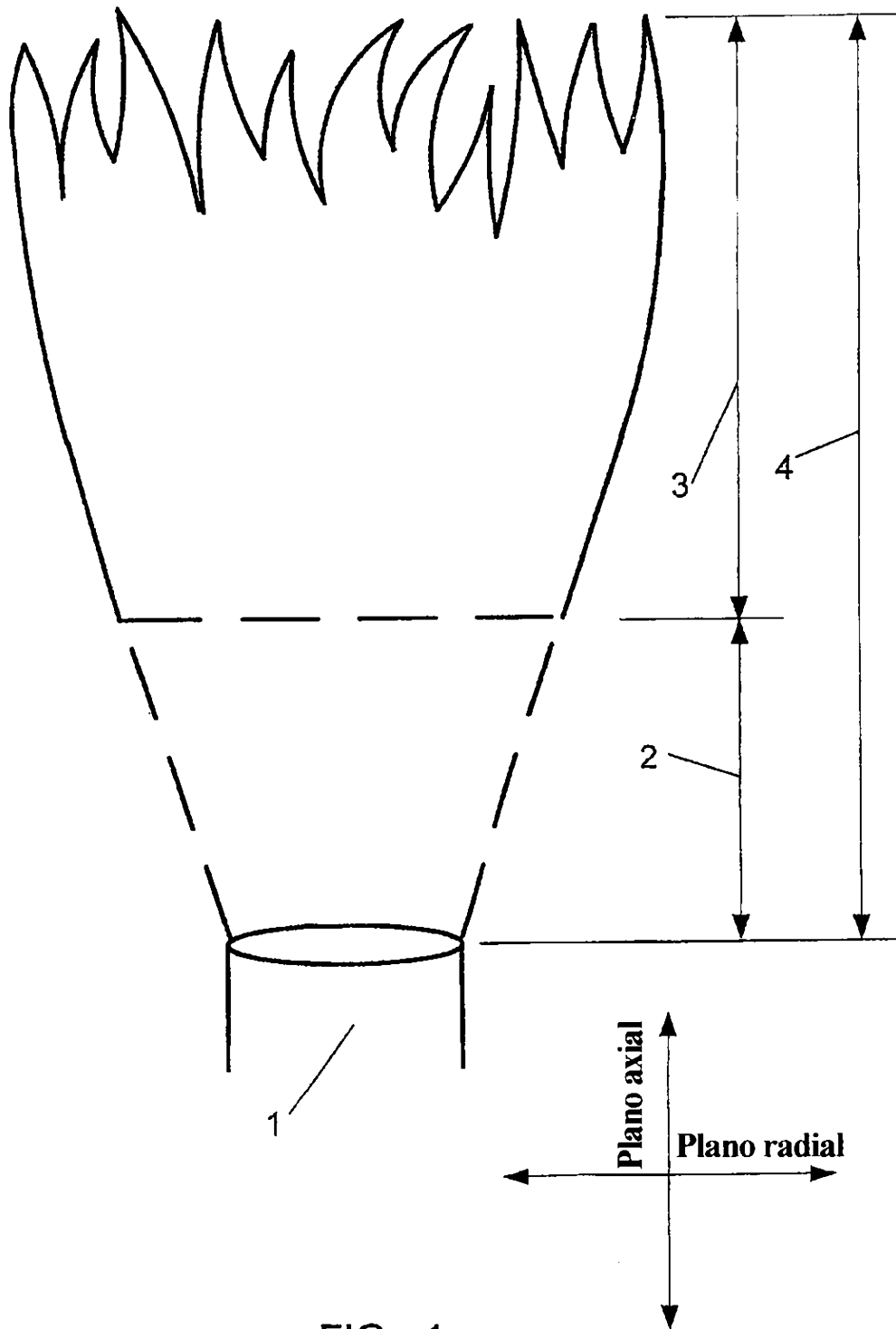


FIG. 1

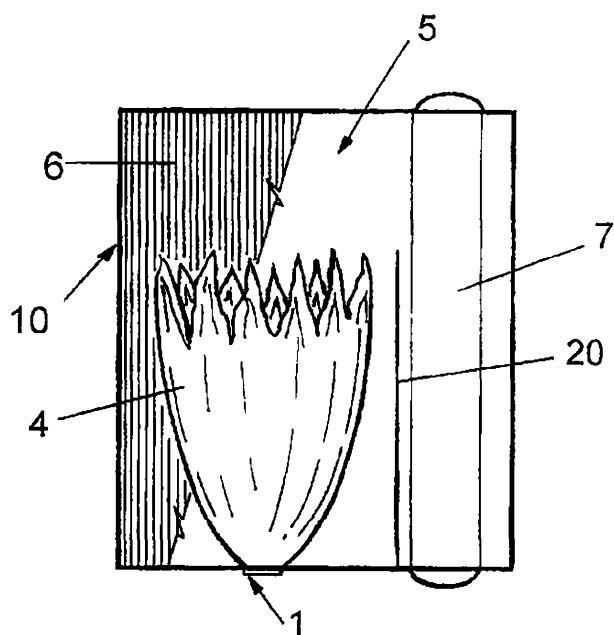


FIG. 2

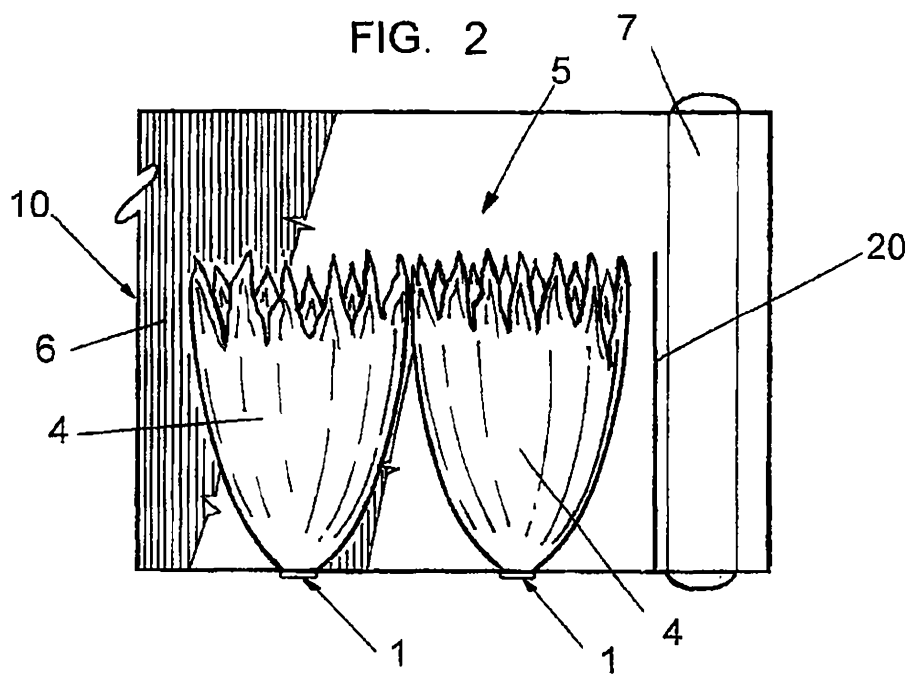
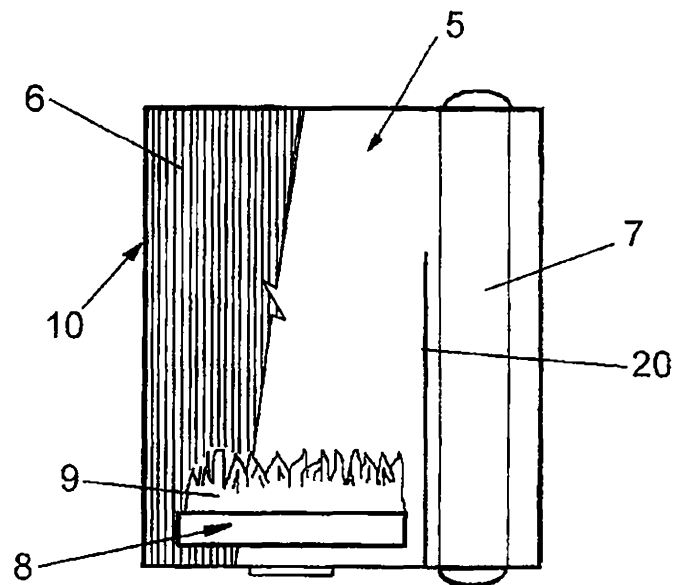
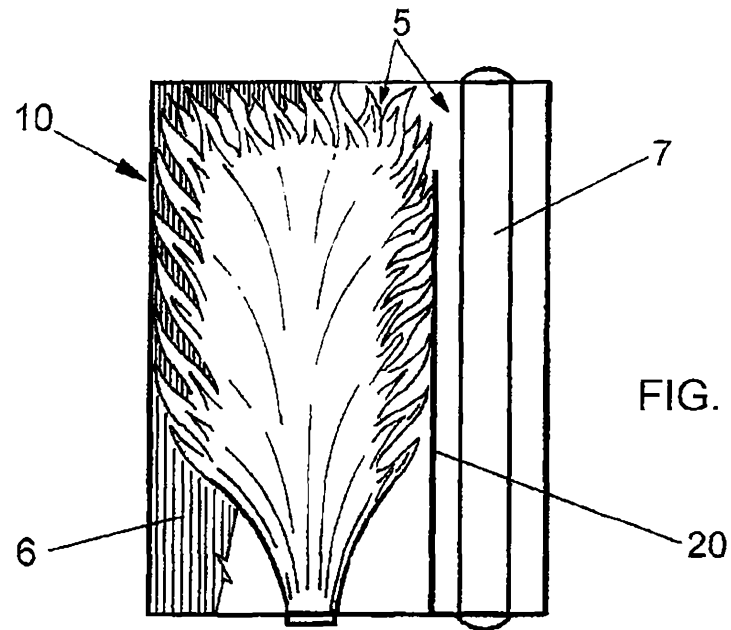
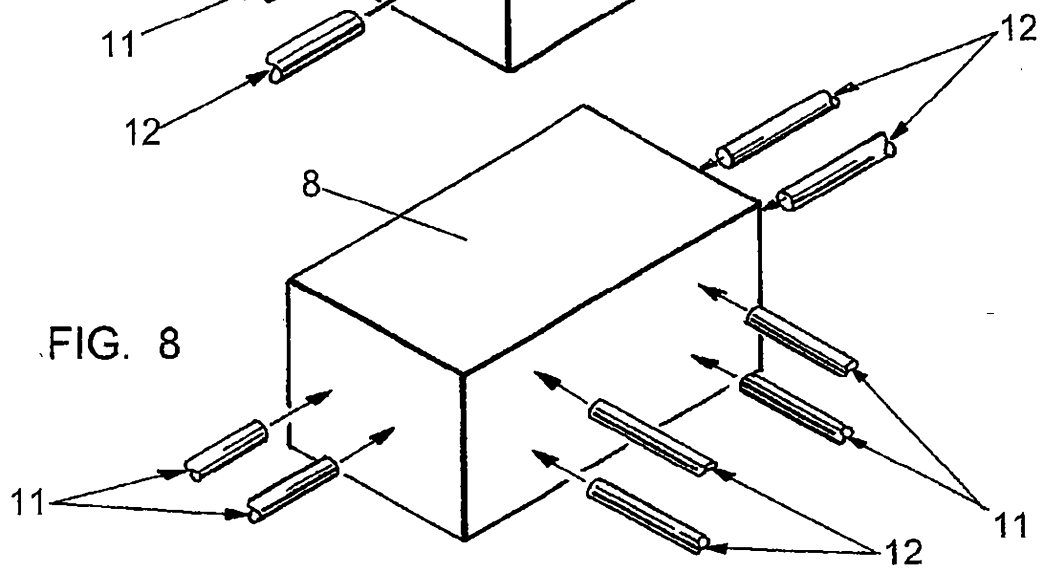
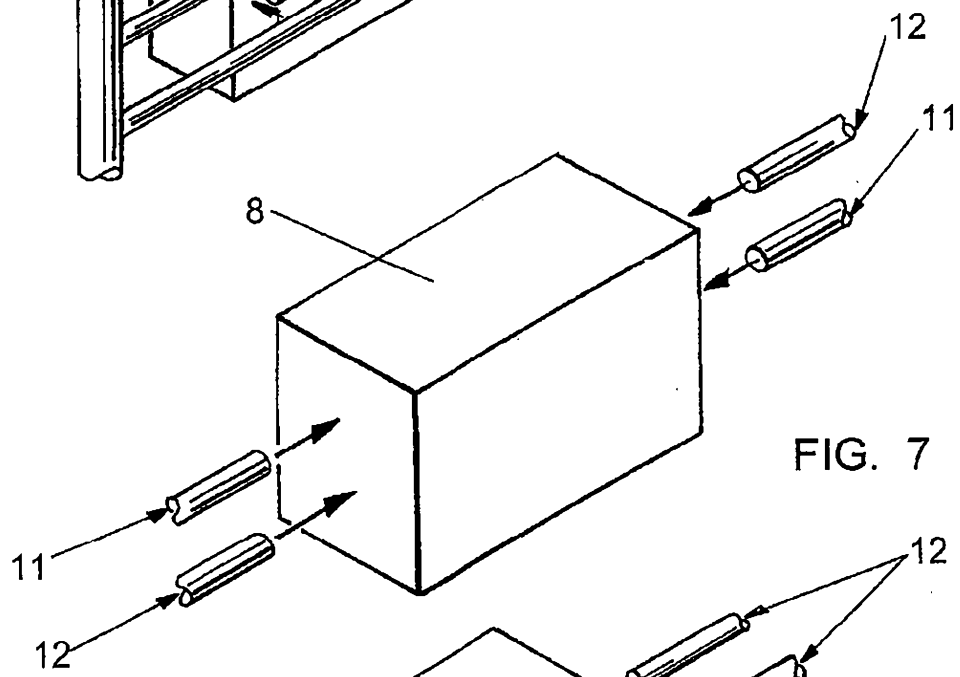
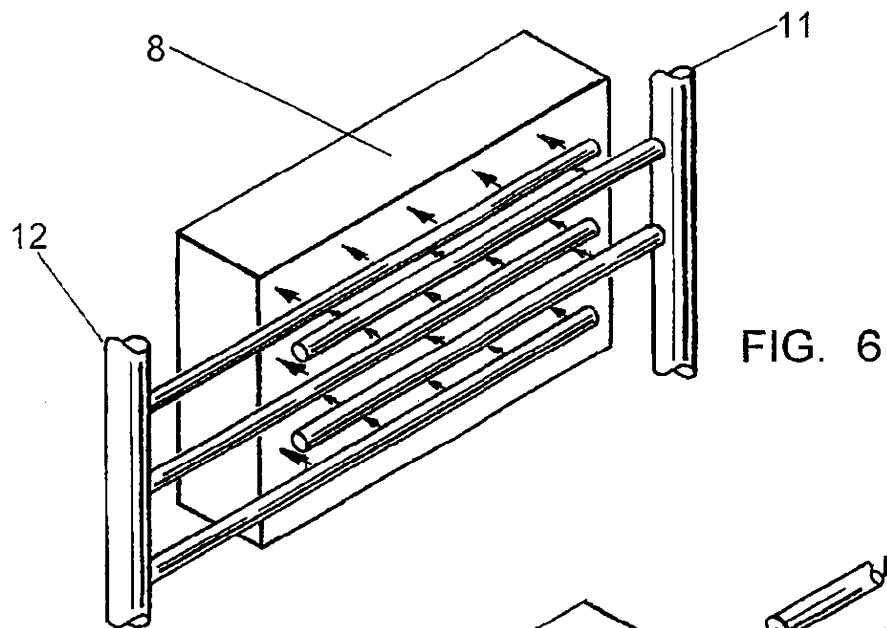
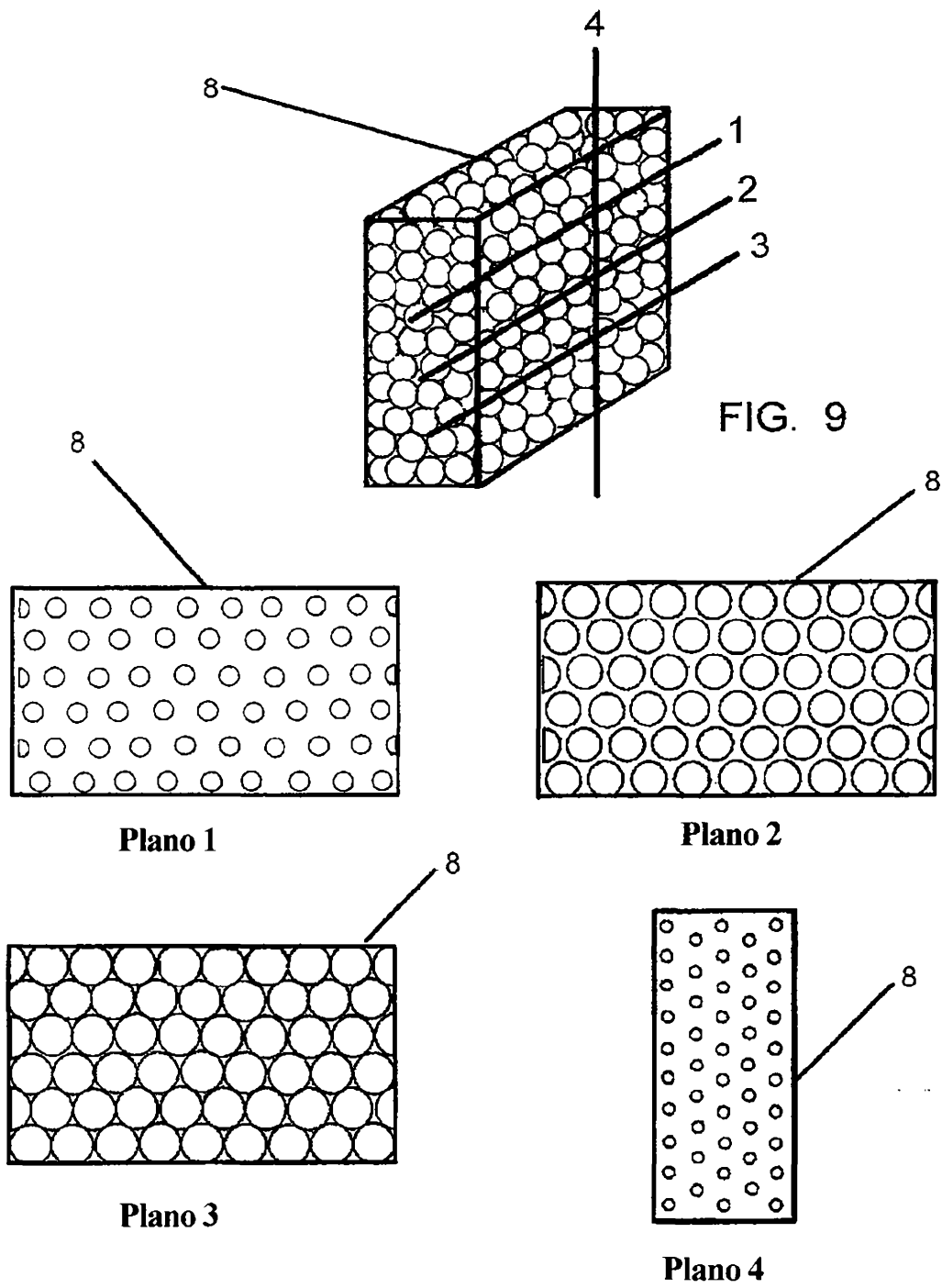


FIG. 3







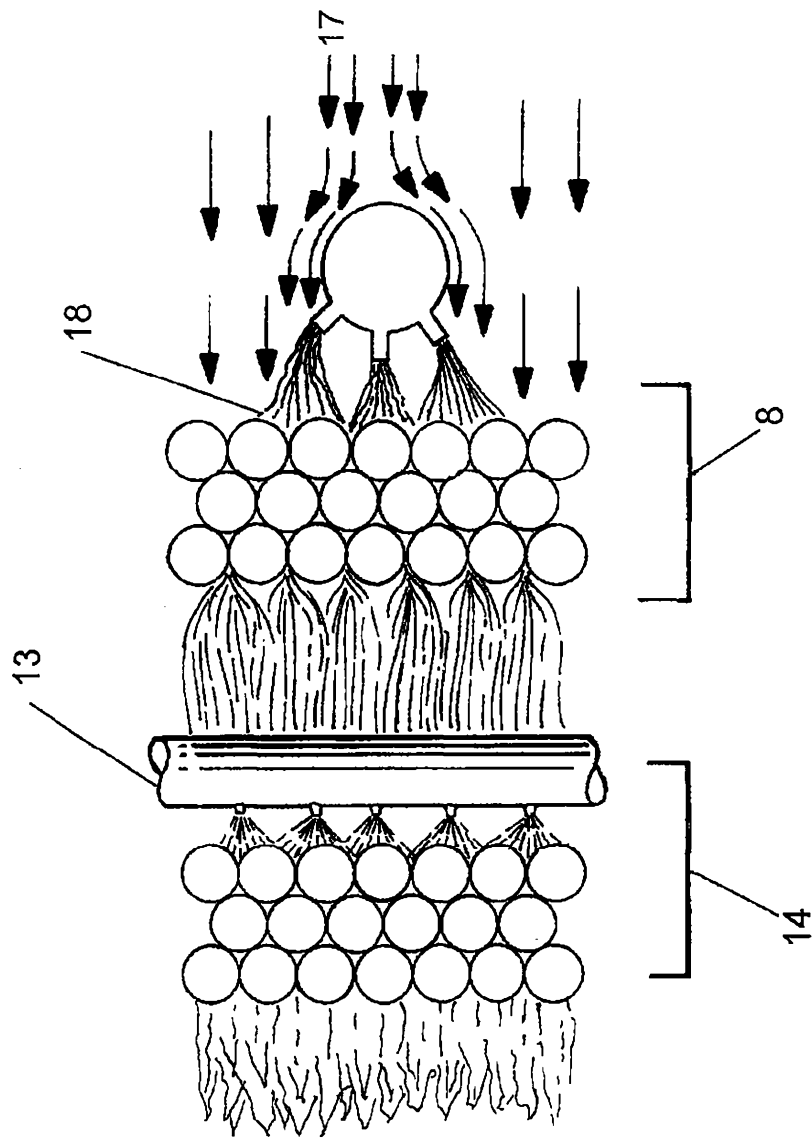


FIG. 10

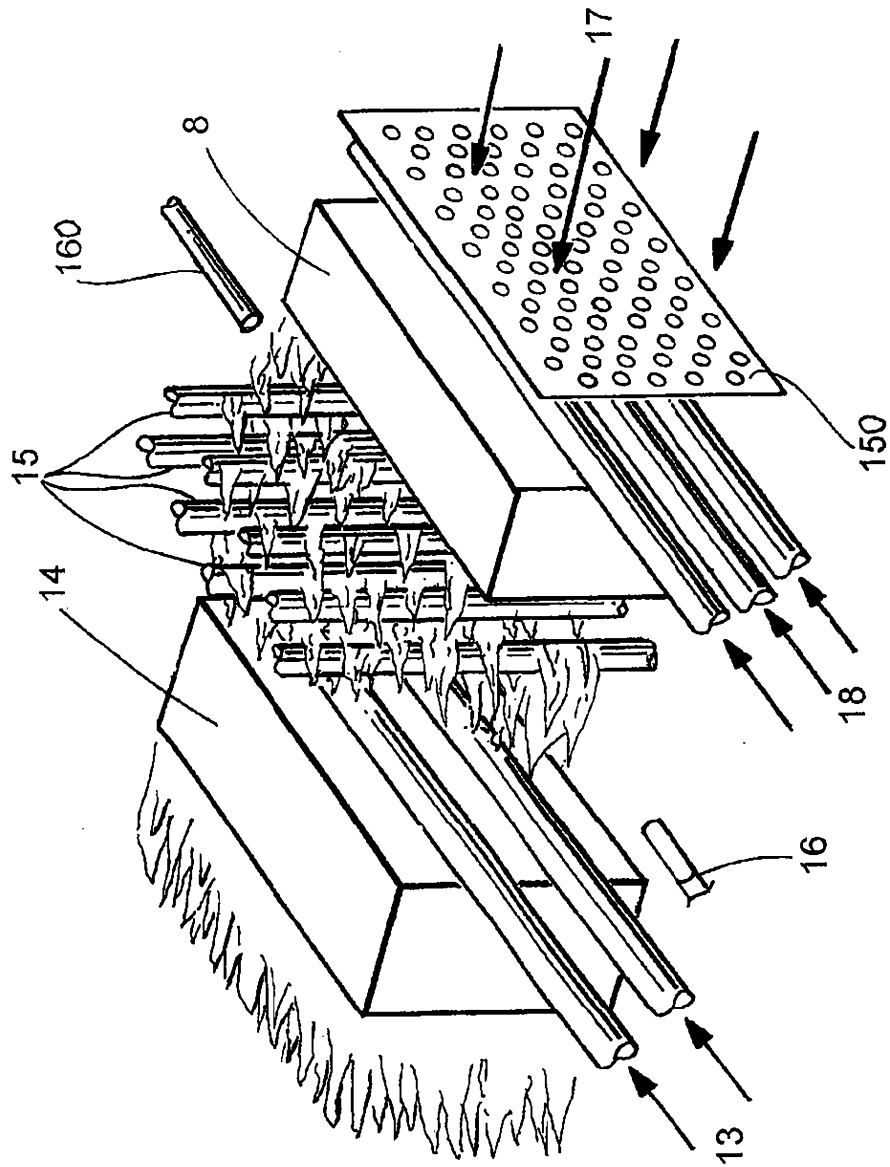
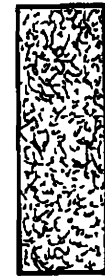
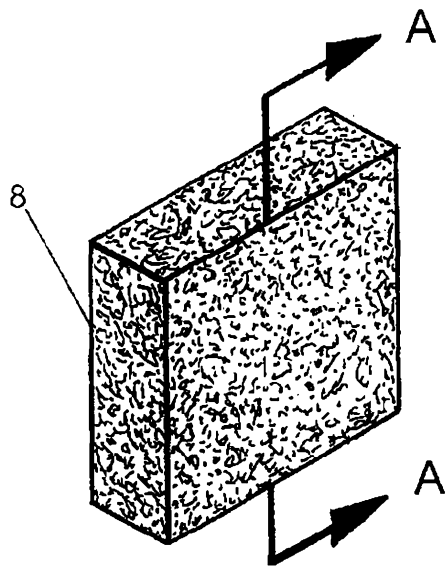
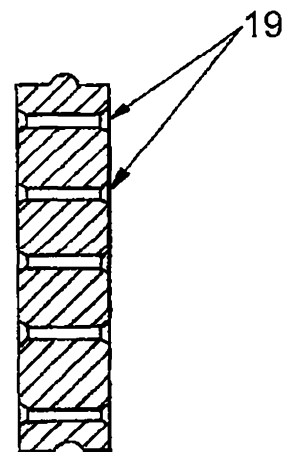
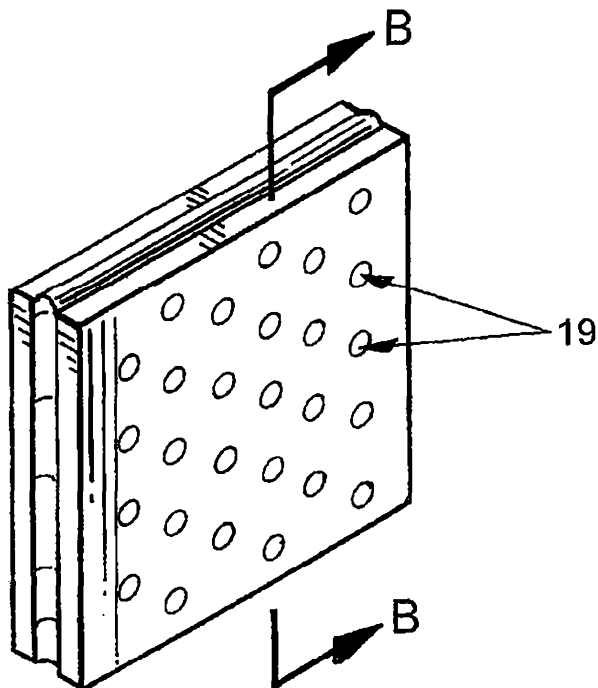


FIG. 11



A - A

FIG. 12



B - B

FIG. 13