

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

(21) **PI0619408-7 A2**

(22) Data de Depósito: 22/11/2006
(43) Data da Publicação: 04/10/2011
(RPI 2126)



(51) *Int.Cl.:*
F22B 37/18
F22B 29/06

(54) Título: TUBO GERADOR DE VAPOR, MÉTODO DE PRODUÇÃO ASSOCIADO E GERADOR DE VAPOR CONTÍNUO

(30) Prioridade Unionista: 05/12/2005 EP 05 026487.8

(73) Titular(es): Siemens Aktiengesellschaft

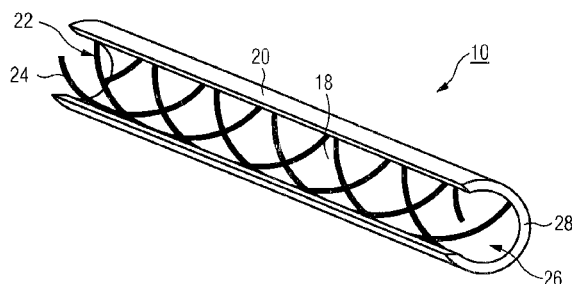
(72) Inventor(es): Holger Schmidt, Joachim Franke, Oliver Herbst

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006068757 de 22/11/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/065790 de 14/06/2007

(57) Resumo: TUBO GERADOR DE VAPOR, MÉTODO DE PRODUÇÃO ASSOCIADO E GERADOR DE VAPOR CONTÍNUO. A invenção refere-se a um tubo gerador de vapor (10) que pode ser produzido de uma maneira simples e econômica e o qual tem comportamento transicional de calor particularmente bom tendo uma grande largura de faixa com várias condições operacionais. De acordo com a invenção, pelo menos um inserto (22) é arranjado na câmara interna do tubo (18) a fim de formar um perfil interno de geração de redemoinho. O inserto (22) compreende uma pluralidade de fios (24) que se enrolam, em uma maneira semelhante a espiral, ao longo da parede interna do tubo (26) na forma de uma espiral de múltiplos caminhos.





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "TUBO GERADOR DE VAPOR, MÉTODO DE PRODUÇÃO ASSOCIADO E GERADOR DE VAPOR CONTÍNUO".

A presente invenção refere-se a um tubo gerador de vapor com
5 um perfil interno de geração de redemoinho. Ela refere-se adicionalmente a um gerador de vapor contínuo com estes tipos de tubos geradores de vapor. A invenção refere-se adicionalmente a um método para produzir um tubo gerador de vapor fornecido com um perfil interno de geração de redemoinho.

Tubos geradores de vapor, usualmente soldados uns aos outros
10 em uma maneira estanque a gás por meio de esteios para formar uma tira-gem de gás circundando a câmara de queima, são usados nas paredes de câmara de combustão de um gerador de vapor contínuo, com os ditos tubos sendo conectados em paralelo ao fluxo direto de um meio circulante. Em vez de tubos com esteios de barra plana separados se estendendo entre eles,
15 também podem ser usados tubos que já tenham sido equipados a partir da fábrica com palhetas formadas sobre eles. Os tubos geradores de vapor podem em tais casos ser arranjados verticalmente ou também inclinados. Para um comportamento de operação segura do gerador de vapor contínuo os tubos geradores de vapor, como uma regra, são projetados de maneira tal
20 que, mesmo com baixas densidades de fluxo de massa do meio fluindo através dos tubos geradores de vapor, é garantido um resfriamento suficiente dos tubos geradores de vapor.

As propriedades de transferência de calor são um importante critério de projeto de um tubo gerador de vapor. Uma alta transferência de
25 calor torna possível um aquecimento especialmente eficaz do meio fluindo através do tubo gerador de vapor com simultâneo resfriamento seguro do tubo gerador de vapor. O comportamento de transferência de calor de um tubo gerador de vapor pode ser afetado adversamente em geradores de vapor convencionais que são operados em pressões subcríticas, pela ocorrência dos assim chamados desvios da ebulição nucleada. Em tais casos a pa-
30 rede do tubo não é mais molhada pelo meio de fluxo líquido - água como uma regra - e assim é resfriado somente de forma inadequada. Como resul-

tado de secar também prematuramente os valores de resistência da parede de tubo podem então ser reduzidos.

Para aperfeiçoar seu comportamento de transferência de calor, tubos geradores de vapor são normalmente usados em que, como resultado de um processo de moldagem (por exemplo, extrusão a frio), têm uma estrutura de superfície ou um perfil interno em seu lado interno na forma de nervuras enroladas em espiral. A forma das nervuras transmite um redemoinho para um meio fluindo através do tubo gerador de vapor, de maneira que a fase líquida pesada, como resultado da ação de forças centrífugas, se junta na parede interna do tubo e forma ali uma película de molhamento do líquido. Isto significa que mesmo com relativas densidades de fluxo de calor altas e baixas densidades de fluxo de massa uma transferência segura de calor da parede interna do tubo para o meio circulante é garantida.

Uma desvantagem dos tubos geradores de vapor conhecidos é que eles são comparativamente caros para produzir, como um resultado da plasticidade limitada do material de tubo. Com aços altamente resistentes ao calor, particularmente com um alto conteúdo de cromo, a plasticidade é restringida de maneira excepcional. Estes tipos de materiais têm sempre uma função a desempenhar mais importante hoje em dia para tubos geradores de vapor, uma vez que eles - pelo menos em princípio - permitem que um tubo gerador de vapor seja equipado para parâmetros de vapor especialmente altos, especialmente para altas temperaturas de vapor vivo, e assim consequentemente permitem altos níveis de eficiência. As restrições relacionadas a material significam na prática que não é mais possível, ou somente possível com grande custo, criar tubos reforçados internamente com nervuras com os perfis de nervura desejados vantajosos para fluxo dentro do tubo a partir de tubos lisos dentro do contexto de um processo de deformação. Particularmente, ângulos de borda suficientemente íngremes e transições de borda aguçada em conjunto com grandes alturas de nervura somente podem ser produzidos com dificuldade ou não ser produzidos de modo algum. Além do mais a altura das nervuras somente pode ser produzida dentro de uma estrutura estreita. Além do mais somente um pequeno grau de flexibilidade é

permitido em relação ao projeto do perfil ao longo do tubo.

Como alternativas, tipos diferentes de partes encaixadas de geração de redemoinho já têm sido propostos para aperfeiçoar um tubo gerador de vapor. Estes incluem especialmente os que são referidos como "fitas torcidas": fitas produzidas de uma tira de metal que são torcidas ou enroladas conjuntamente. Entretanto, um aspecto comum para todos os insertos de tubo conhecidos até esta data é que por um lado eles bloqueiam a seção transversal (originalmente) livre no centro do tubo e assim resultam em perda de pressão muito alta, e que por outro lado eles transmitem um redirecionamento pronunciado ao fluxo total e assim em alguns casos "redemoinho em excesso". Uma simples fita torcida, por exemplo, conduz maior conteúdo de vapor no fluxo de duas fases para uma acumulação da fase de água na placa de ligação entre a parede de tubo e a fita com secagem simultânea e assim resfriamento inadequado das áreas de parede interna no lado de sotavento da fita. Tubos geradores de vapor com insertos do tipo fita torcida não são assim igualmente apropriados para todas as condições de operação que usualmente ocorrem com geradores de vapor.

O objetivo subjacente da invenção é assim especificar um tubo gerador de vapor do tipo mencionado no início que, com produção mantida simples e de baixo custo, e para uma ampla largura de faixa de diferentes condições de operação, apresente um comportamento de transição de calor especialmente favorável. Além do mais, um método adequado de produção de um tubo gerador de vapor como este assim como um gerador de vapor contínuo é para ser especificado que, com segurança operacional mais alta e um alto nível de eficiência, possui uma construção especialmente simples.

Com respeito ao tubo gerador de vapor, o dito objeto é inventivamente alcançado por pelo menos um inserto sendo arranjado no lado de dentro do tubo para formar um perfil interno de geração de redemoinho, com o inserto compreendendo diversos fios que são enrolados ao longo da parede interna e como um tipo de múltiplas espiras em uma espiral na parede interna do tubo.

A invenção é baseada neste caso na idéia de que as múltiplas fa-

ses que fluem através de um tubo gerador de vapor devem apresentar um redemoinho a fim de aperfeiçoar a transferência de calor, de maneira que a fase líquida é dirigida como resultado de uma rotação na parede interna do tubo e molha a última tão uniformemente quanto possível. Para estabelecer e manter

5 explicitamente este tipo de fluxo redemoinhado elementos de direcionamento de fluxo adequados devem ser assim arrançados no lado de dentro do tubo. À medida que ele é girado na direção de fluxo é especialmente favorável se por um lado nem um "redemoinho em excesso" causar também grandes perdas de pressão para ocorrer ao longo do caminho de fluxo, por outro lado o efeito de

10 redemoinho é ainda intensivo o suficiente para dirigir a fase líquida do meio circulante sobre a circunferência total na parede interna do tubo.

Para evitar altas perdas de pressão que resultam em uma alta demanda de energia inerente para a bomba de água de alimentação, e para salvaguardar a saída do vapor no lado de dentro do tubo os elementos de

15 direcionamento de fluxo devem ser essencialmente arrançados como um tipo de perfil interno na parede interna do tubo e não obstruir a seção transversal de tubo no centro ou somente a obstruir ligeiramente. Na seqüência, além disto, para contornar as limitações de produção associadas com projetos convencionais de tubos reforçados com nervuras, o perfil interno de geração

20 de redemoinho deve ser implementado por um tubo e encaixes ou insertos que possam ser produzidos independentemente dos tubos geradores de vapor na forma desejada e possam ser inseridos depois no tubo. Com este propósito, no conceito inédito apresentado aqui, fios ou faixas são fornecidos, os quais depois da incorporação dentro do tubo gerador de vapor são

25 enrolados longitudinalmente em uma forma de espiral na parede interna do tubo, de maneira que uma parte significativa da seção transversal de tubo (mais que 50%) permanece livre e o vapor pode assim acumular e fluir para longe no lado de dentro do tubo.

Além disso, tem sido reconhecido que uma simples, isto é, uma

30 mola espiral de um único início somente gera um redemoinho fraco como uma regra. O fluxo pode cisalhar neste caso sobre o fio presente na parede interna do tubo. Por causa do baixo nível de rotação isto causa então um princípio

premature do desvio da ebulição nucleada. Embora este efeito possa ser compensado por meio de um maior diâmetro de fio (similar a uma maior altura de nervura), por exemplo, entretanto com um arranjo de fio na forma de uma simples mola espiral isto facilmente resulta em um acúmulo ou congestionamento da fase de água na placa de ligação entre a parede de tubo e o inserto de fio com secagem simultânea das áreas de parede interna no lado de sota-vento do fio, isto é, para resfriamento inadequado das correspondentes áreas de parede. Estes tipos de desvantagens são evitados de acordo com o conceito apresentado aqui por uma pluralidade de fios na forma de uma espiral de múltiplos inícios se apoiando na parede interna do tubo em cada caso. Nesta versão, mesmo com moderadas resistências de redemoinho e perdas de pressão comparativamente baixas um molhamento uniforme da parede interna do tubo com o meio circulante líquido é alcançado e um redemoinho em excesso do fluxo é completamente evitado por outro lado.

Também como vantagem particular é que, em contraste com tubos reforçados com nervuras de construção convencional que são produzidos usando um processo de modelagem empregando força de modelagem significativa a partir de tubos lisos, existe grande flexibilidade com relação aos parâmetros relevantes de influxo, tais como altura de perfil, número de inícios, ângulo de inclinação, ângulo de borda e agudeza de bordas. Exigências de projeto correspondentes podem ser especialmente implementadas de forma fácil e precisa na modalidade como uma parte de inserto, uma vez que como uma regra somente fios ou fitas de metal com o perfil seccional transversal apropriado são fornecidos como uma regra aqui e têm que ser colocados no arranjo desejado, por exemplo, por torção e/ou dobramento.

Com tubos geradores de vapor com dimensões e medidas normais um arranjo dos fios na forma de uma espiral de dois ou três inícios é particularmente útil. Entretanto, versões de quatro a seis inícios podem ser vantajosas; com tubos geradores de vapor com um diâmetro especialmente grande variantes mesmo de oito inícios são concebíveis. Vantajosamente o ângulo de inclinação do respectivo fio atinge pelo menos 30° e preferivelmente no máximo 70° em relação a um plano de referência perpendicular ao eixo geométrico do tubo.

Especialmente vantajoso é um ângulo de inclinação entre 40° e 55°.

Para capacitá-lo para ser produzido especialmente de forma simples e de custo baixo, o respectivo fio tem uma seção transversal redonda ou uma essencialmente retangular. Com a última modalidade as bordas
5 podem ser especialmente processadas de maneira que ângulos de borda comparativamente íngremes e transições de borda aguçada podem ser realizados. Os fios podem variar em seus diâmetros dependendo do diâmetro do tubo gerador de vapor e dependendo do fluxo e condições de temperatura pretendidos. Em geral, um diâmetro de fio ou uma extensão seccional
10 transversal média de 5% a 15% do diâmetro interno do tubo liso é vantajoso.

Vantajosamente, o respectivo fio ou o inserto de tubo formado a partir dos fios é assentado para a temperatura de operação pretendida do tubo gerador de vapor como resultado da sua inerente tensão em uma maneira não deslizante dentro do tubo. O material de fio e a tensão interna são
15 assim casados para as condições geométricas de maneira tal que um deslizamento ou um movimento dos enrolamentos individuais de um em relação ao outro é suprimido.

Se comprovado ser necessário os fios posicionados na parede interna do tubo podem ser conectados por meio de redes de reforço radiais
20 uns aos outros e/ou a um fio central se desenvolvendo ao longo do eixo geométrico do tubo. Este tipo de núcleo de suporte impede um deslizamento dos inícios de mola individuais mesmo com um possível afrouxamento do fio ou tensão de mola de maneira que o inserto de fio mantém permanentemente a sua forma e posição original no tubo gerador de vapor. Além do mais, ou
25 como uma alternativa, diversos fios de retenção se desenvolvendo na direção do eixo geométrico de tubo podem ser fornecidos, os quais são fixados, em cada caso no lado dos fios enrolados na forma de uma espiral, aos ditos fios no lado voltado para o lado de dentro do tubo. Deste modo um efeito similar é produzido tal como com a modalidade com os esteios de reforço
30 radiais. O núcleo de suporte, compreendendo os esteios de reforço e/ou os fios de retenção e/ou o fio central, pode ser produzido de um material que seja de valor menor do que o dos fios de geração de redemoinho se esten-

dendo na parede interna do tubo, uma vez que ele somente tem que ser protegido contra desgaste por corrosão ou oxidação, e não está diretamente sujeito às temperaturas muito altas da parede interna do tubo.

Embora o inserto de tubo já esteja assentado de forma relativamente firme e segura no tubo gerador de vapor como resultado da tensão interna de seus fios, uma fixação adicional é preferivelmente fornecida na qual o fio formando o respectivo perfil é conectado em pelo menos um ponto, preferivelmente nas proximidades das suas duas extremidades, firmemente à parede interna do tubo. A conexão firme é feita vantajosamente em tais casos por meio de uma conexão soldada altamente resistente ao calor. Uma variante que é ligeiramente mais cara para produzir, mas que, entretanto, garante uma fixação especialmente segura, compreende uma pluralidade de soldas a ponto distribuídas ao longo da extensão longitudinal do respectivo tubo. A fixação soldada pode ser produzida especialmente bem se pelo menos os fios do inserto, se estendendo contra a parede interna do tubo, forem produzidos de um material com uma composição similar a do material de tubo.

Além disso, é desejável precisamente com um tubo gerador de vapor comparativamente longo se estendendo sobre a altura total do vaso de vapor fornecer diferentes perfis de guia no interior do tubo ao longo da sua extensão longitudinal dependendo da localização, a qual considera o desenvolvimento espacial ou variação tanto do componente de vapor quanto também do perfil de aquecimento. Um conceito como este pode ser realizado vantajosamente por uma pluralidade de insertos sendo inseridos no tubo gerador de vapor que são arranjados em seções de tubo separadas em cada caso, com os respectivos insertos sendo adaptados com os seus parâmetros geométricos ao aquecimento local fornecido durante operação e/ou às condições locais de fluxo. Uma vez que também tem-se comprovado que, uma vez que o redemoinho é gerado, mesmo com um fluxo de duas fases ele é mantido pelo menos sobre uma distância de fluxo de cinco diâmetros de tubo, uma completa equipagem sem interrupção do tubo não é necessária. Em vez disto os insertos podem ser construídos dentro dos tubos geradores de vapor separados uns dos outros por espaços.

Convenientemente os tubos geradores de vapor são usados com um gerador de vapor contínuo aquecido com combustível fóssil. O perfil interno de geração de redemoinho dos tubos e os aperfeiçoamentos associados no comportamento de transferência de calor significam que mesmo com construções de vaso com arranjos de tubo vertical (tubulação perpendicular) uma transferência de calor suficiente para o meio circulante ou um resfriamento das paredes de tubo é garantido. Uma tubulação perpendicular com um grande número de tubos e comprimentos de tubo comparativamente pequenos, por causa das menores velocidades de fluxo e menor fluxo de massa quando comparado à tubulação de forma inclinada ou em espiral, torna a operação do gerador de vapor com reduzida perda de pressão e com um reduzido fluxo direto mínimo possível. Isto capacita a estação de energia incluída no gerador de vapor para ser projetada para uma carga mínima inferior. Os efeitos de separação conhecidos a partir de tubos geradores de vapor inclinados nos quais água e vapor, se uma velocidade de fluxo mínima ou uma carga mínima estiver errada, somente ainda fluem em camadas de maneira que áreas de parte das paredes de tubo não podem mais ser molhadas não ocorrem com tubulação perpendicular. Além do mais, construções de suporte mais caras para o vaso de vapor associadas com soldagem complexa e de alto custo não são necessárias uma vez que uma parede de vaso com tubulação perpendicular pode como uma regra ser projetada para ser autoportante.

Além disso, os ditos encaixes de tubo, mesmo com aquecimento convectivo tal como ocorre no vaso de aquecimento de estações de energia de ciclo combinado, podem, como resultado da transferência de calor aperfeiçoada, resultar em uma redução da superfície de trocador de calor e assim em significativa economia de custo.

Em relação ao método de produção, o objetivo indicado anteriormente é alcançado por uma pluralidade de fios sob tensão sendo inseridos em um tubo liso com os fios sendo arranjados tal como um tipo de múltiplas espiras, com a tensão nos fios sendo relaxada depois da inserção até que seus enrolamentos sejam posicionados contra o lado de dentro do tubo. Em outras palavras: as molas espirais de múltiplos inícios formadas pelos fios

alinhados são antecipadamente pré-tensionadas, por exemplo, ao serem puxadas para longe ou torcidas conjuntamente. Neste estado com diâmetro reduzido o inserto é puxado para dentro do tubo. Depois da sua liberação parcial ele pressiona automaticamente sobre a parede interna do tubo. A

5 tensão inerente remanescente dos fios é selecionada neste caso de maneira que nenhum movimento gradual não possa ocorrer na temperatura de operação pretendida do tubo gerador de vapor. Além do mais, os fios são vantajosamente soldados em pelo menos uma extremidade à parede interna do tubo depois da sua liberação parcial.

10 As vantagens obtidas com a invenção se situam especialmente no fato de que com os inéditos insertos de tubo uma orientação de fluxo flexível capaz de ser empregada para todos os materiais de tubo é produzida dentro do tubo, a qual pode ser adaptada para atender à demanda para melhorar transição de calor. Como resultado da flexibilidade de projeto realizada

15 do pelo diâmetro de fio de parâmetros capazes de serem designados livremente, número de inícios do arranjo de fio, ângulo de inclinação, ângulo de borda e da agudeza de borda, um perfil de redemoinho que varia sobre o comprimento do tubo gerador de vapor pode ser estabelecido que seja adaptado precisamente ao respectivo aquecimento local. Tais projetos evitam as

20 limitações de produção de tubos reforçados com nervuras convencionais. Acima de tudo, nos novos aperfeiçoamentos de estação de energia com valores de projeto mais altos para os parâmetros de vapor a produção de tubos reforçados com nervuras está se tornando sempre mais cara, como resultado do conteúdo de cromo mais alto dos novos materiais necessários para

25 temperaturas e pressões mais altas. Aqui os encaixes de geração de redemoinho inéditos podem substituir o tubo reforçado com nervuras ou mesmo tornar tais aplicações possíveis pela primeira vez.

Diferentes modalidades exemplares da invenção são explicadas com mais detalhes a seguir com referência a um desenho. As figuras mostram:

30 A figura 1 mostra um gerador de vapor contínuo em um diagrama simplificado com uma parede de câmara de combustão na forma de tubo vertical,

A figura 2 mostra uma vista seccional de um tubo gerador de vapor com um inserto incorporando um perfil interno de geração de redemoinho,

A figura 3 mostra uma vista seccional e uma seção transversal através de um tubo gerador de vapor de acordo com uma modalidade alternativa, e

A figura 4 mostra uma vista seccional e uma seção transversal através de um tubo gerador de vapor de acordo com uma modalidade adicional.

Partes que são as mesmas têm o mesmo número de referência em todas as figuras.

A figura 1 mostra um diagrama esquemático de um gerador de vapor contínuo 2 com uma seção transversal retangular, do qual a tiragem de gás vertical está incorporada por uma parede circundante ou a parede de câmara de combustão 4 que se transforma na sua extremidade inferior em um fundo em forma de funil 6.

Em uma área de queima V da tiragem de gás diversos queimadores para um combustível são, cada um, acomodados em uma abertura 8, das quais somente duas estão visíveis na parede de câmara de combustão 4 elaborada de tubos geradores de vapor 10. Os tubos geradores de vapor arranjados verticalmente 10 são soldados conjuntamente em uma maneira estanque a gás na área de queima V para formar uma superfície de aquecimento de evaporação contínua 12.

Acima da área de queima V da tiragem de gás são localizadas as superfícies de aquecimento por convecção 14. Acima destas está localizado um ducto de saída de gás de combustão 16, por meio do qual o RG de gás de combustão criado pela combustão de um combustível fóssil deixa a tiragem de gás vertical. O meio circulante fluindo nos tubos geradores de vapor 10 é aquecido pelo calor radiante das chamas de queimador e pela transferência de calor convectivo do RG de gás de combustão e é assim evaporado. Água ou uma mistura de água e vapor é fornecida como o meio circulante na modalidade exemplar.

Assim como o vaso de tiragem única mostrado na figura 1 (assim chamado de vaso de torre) configurações de vaso adicionais, por exem-

plo, na forma de um vaso de duas tiragens também são possíveis. Os tubos geradores de vapor a ser descritos a seguir podem ser empregados com todas estas variantes, e podem ser usados tanto na área de queima quanto no restante do ducto de gás de combustão. O uso em um gerador de vapor de recuperação de calor também é concebível.

A figura 2 mostra uma vista com uma parte recortada de uma seção de um tubo gerador de vapor 10 usado para tubulação da parede de câmara de combustão 4 do gerador de vapor contínuo 2. Um inserto 22 é introduzido no interior 18 de um tubo liso 20, o qual é incorporado para aperfeiçoar o comportamento de transferência de calor de um perfil interno de geração de redemoinho. O inserto 22 compreende na modalidade exemplar os três fios 24, os quais se enrolam ao longo da parede interna do tubo 26 tal como uma espiral do tipo de três inícios com ângulo de inclinação constante (e assim com altura de início constante). Como resultado da sua tensão interna os fios 24 se estendem firmemente contra a parede interna do tubo 26. Além do mais, cada um dos fios 24 é fixado em diversos pontos, especialmente nas proximidades das suas duas extremidades, por soldagem a ponto à parede do tubo 26.

Na modalidade exemplar os fios 24, como a parede de tubo 28 do tubo liso 20 que os acomoda, consistem em um material metálico altamente resistente ao calor com uma alta proporção de cromo. Certamente, outros materiais adequados existem igualmente, os quais são familiares para os versados na técnica, por exemplo, 13CrMo44. Assim como o número dos fios 24 (número de inícios da mola espiral) e o ângulo de inclinação, o perfil seccional transversal dos fios 24 é um importante critério de projeto. Particularmente, por causa da produção separada do respectivo fio 24 do tubo liso 20, sua altura e largura assim como o ângulo de borda em relação à parede interna do tubo 26 e a agudeza das bordas podem ser predeterminados em qualquer dado modo. Em uma primeira aproximação, os parâmetros geométricos como uma regra são selecionados para ser similares àqueles das nervuras de tubos reforçados com nervuras convencionais. Além do mais, também pode existir uma adaptação e otimização dependente de localização que considere o curso do perfil de aque-

cimento ao longo da parede de câmara de combustão 4.

A figura 3 mostra um desenvolvimento da modalidade conhecida dos tubos geradores de vapor 10 da figura 2, no qual os fios 24 se estendendo contra a parede interna do tubo 26 são conectados por meio dos esteios de reforço radiais 30 soldados a um fio central 32 se desenvolvendo ao longo do eixo geométrico do tubo, de maneira que o balanço solto dos inícios de mola ou enrolamentos de fio individuais de um em relação ao outro é eficazmente impedido mesmo que o efeito de mola enfraqueça. Uma vez que aqui o núcleo de suporte compreendendo os esteios de reforço 30 e o fio central 32 não está sujeito às tais altas temperaturas, tal como os fios de geração de redemoinho 24 presentes na parede interna do tubo 26, ele é feito de um material mais econômico.

Na modalidade exemplar representada na figura 3 três dos esteios reforço radiais finos 30 são combinados em uma estrela regular se estendendo em um plano seccional comum através do tubo gerador de vapor 10. Diversas destas estrelas são arranjadas em intervalos regulares uma depois da outra na direção longitudinal do tubo gerador de vapor 10. Como pode ser visto a partir da seção superior de lado direito da seção transversal através do tubo gerador de vapor 10 mostrado na figura 3, todas as estrelas estão alinhadas, de maneira que os esteios de reforço 30 correspondendo uns com os outros de estrelas arranjadas uma atrás da outra chegam a se estender de maneira que eles coincidem em seção transversal. Isto significa que a corrente de redemoinho no lado de dentro do tubo 18 é perturbada somente de forma insignificante.

A figura 4 finalmente mostra uma variante adicional de uma modalidade que também pode ser combinada com a variante conhecida da figura 3. Neste caso os três fios de retenção 34 são fornecidos paralelos ao eixo geométrico de tubo, o que impede os fios de geração de redemoinho enrolados na forma de uma espiral 24 de balançarem soltos. Os fios de retenção 34, quando vistos em seção transversal, são distribuídos uniformemente sobre a circunferência interna do tubo e são fixados em cada caso aos fios 24 formando o perfil no lado dos ditos fios voltado na direção do lado de dentro do tubo 18.

REIVINDICAÇÕES

1. Tubo gerador de vapor (10) no qual, para formar um perfil interno de geração de redemoinho, pelo menos um inserto (22) é arranjado no lado de dentro do tubo (18), com o inserto (22) compreendendo uma pluralidade de fios (24) que se enrolam em uma forma de espiral como um tipo de
5 espiral de múltiplos inícios ao longo da parede interna do tubo (26).

2. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com a reivindicação 1, no qual o ângulo de inclinação do respectivo fio (24) atinge pelo menos 30° e preferivelmente no máximo 70° em relação a um plano de referência orientado em ângulos retos com o eixo geométrico de tubo.
10 -

3. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, no qual o respectivo fio (24) tem uma seção transversal redonda.

4. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, no qual o respectivo fio (24) tem uma seção transversal essencialmente retangular.
15 -

5. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, no qual o respectivo fio (24), como resultado da sua tensão interna, é assentado na temperatura de operação pretendida em uma maneira não deslizante no lado de dentro do tubo (18).

20 6. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, no qual os fios (24) se estendendo contra a parede interna do tubo (26) são conectados uns aos outros e/ou a um fio central (32) se desenvolvendo ao longo do eixo geométrico do tubo por meio de esteios de reforço radiais (30).

25 7. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, no qual diversos fios de retenção se desenvolvendo na direção do eixo geométrico de tubo são fornecidos, cada um dos quais é fixado aos fios (24) no lado dos ditos fios (24) voltado na direção do lado de dentro do tubo (18).

30 8. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, no qual o respectivo fio (24) é conectado firmemente em pelo menos um ponto, preferivelmente nas proximidades das suas duas extremi-

dades, à parede interna do tubo (26).

9. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com a reivindicação 8, no qual a conexão firme é uma conexão soldada.

5 10. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, no qual pelo menos a parte do inserto (22) se estendendo contra a parede interna do tubo (26) é produzida de um material com uma composição similar à do material de tubo.

10 11. Tubo gerador de vapor (10) de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, com uma pluralidade de insertos (22), os quais são arranjados em seções de tubo separadas em cada caso, com o respectivo inserto (22) sendo adaptado com seus parâmetros geométricos ao aquecimento local fornecido durante operação e/ou às condições locais de fluxo.

15 12. Gerador de vapor contínuo (2), o qual compreende diversos tubos geradores de vapor (10) que são incorporados de acordo com uma das reivindicações 1 a 11.

20 13. Método para produzir tubos geradores de vapor (10) fornecidos com um perfil interno de geração de redemoinho, no qual uma pluralidade de fios (24) sob tensão é introduzida em um tubo liso (20), com os fios (24) sendo arranjados em uma forma de uma espiral de múltiplos inícios, e com os fios (24) sendo liberados depois da introdução até que seus enrolamentos se estendam na parede interna do tubo (26).

14. Método de acordo com a reivindicação 13, no qual os fios (24) depois da sua liberação parcial são soldados pelo menos em uma extremidade à parede interna do tubo (26).

FIG 1

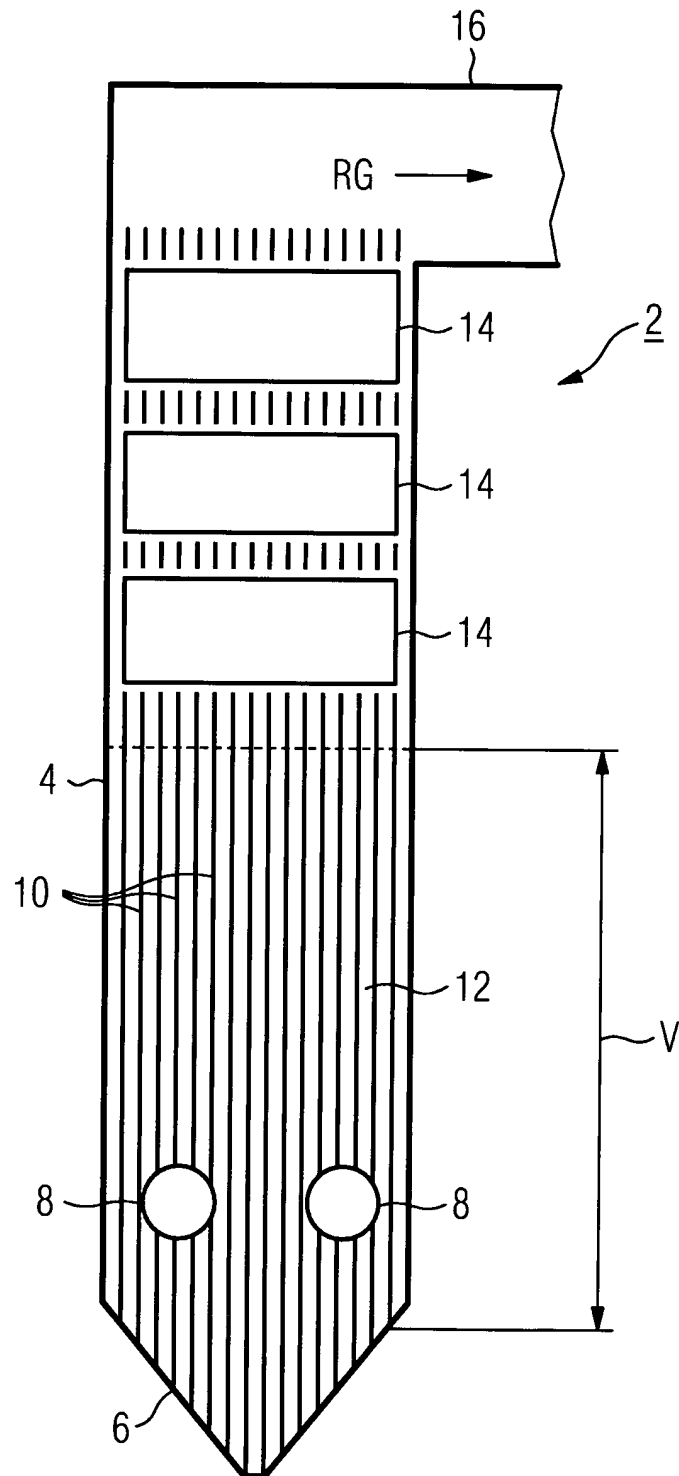


FIG 2

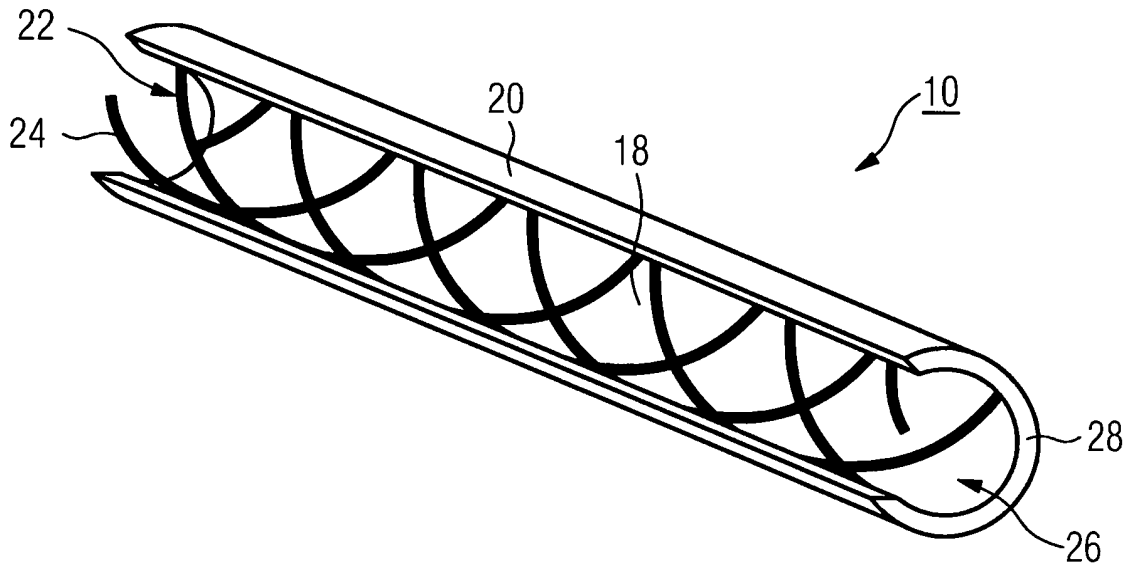


FIG 3

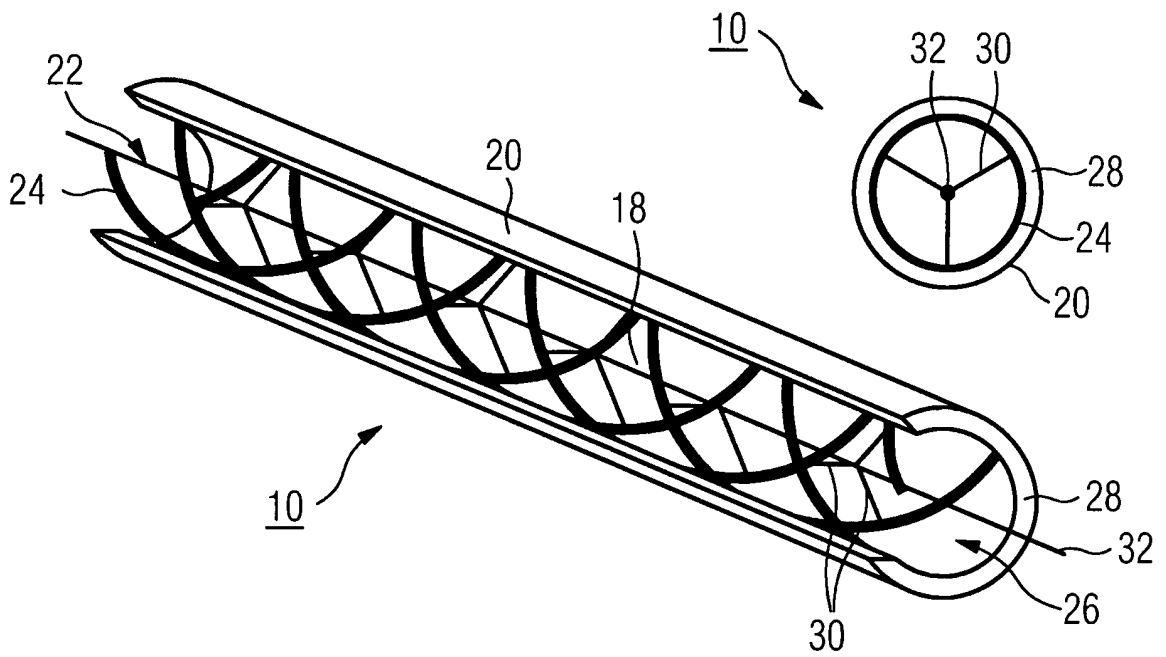
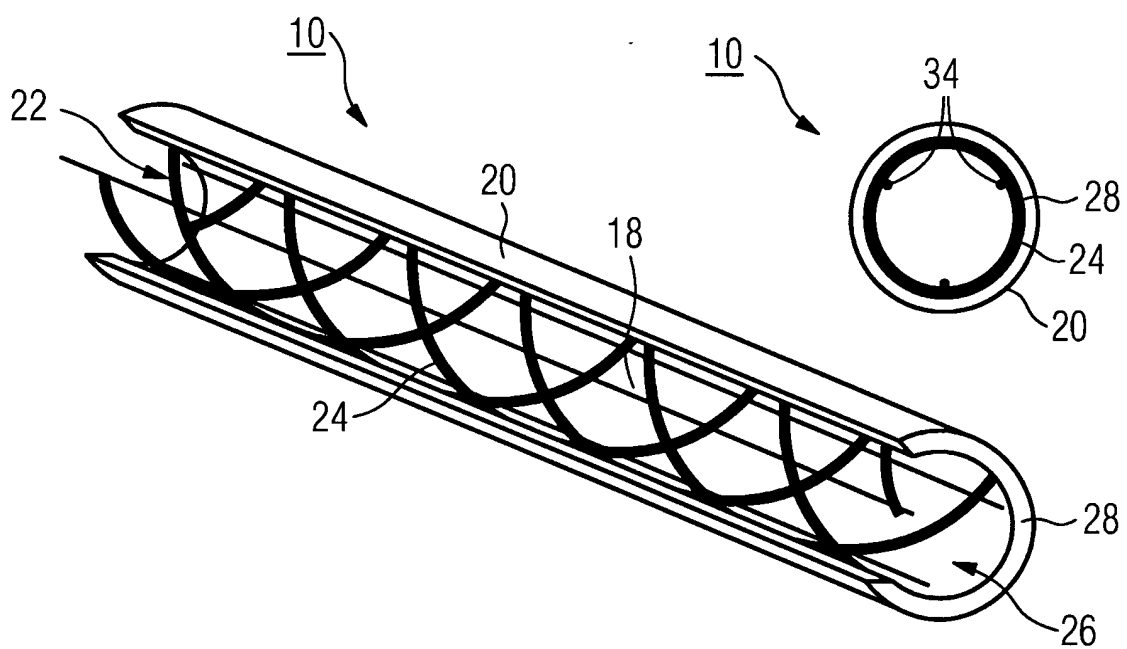


FIG 4



P: 0619408-7

RESUMO

Patente de Invenção: **"TUBO GERADOR DE VAPOR, MÉTODO DE PRODUÇÃO ASSOCIADO E GERADOR DE VAPOR CONTÍNUO".**

- 5 A invenção refere-se a um tubo gerador de vapor (10) que pode ser produzido de uma maneira simples e econômica e o qual tem comportamento transicional de calor particularmente bom tendo uma grande largura de faixa com várias condições operacionais. De acordo com a invenção, pelo menos um inserto (22) é arranjado na câmara interna do tubo (18) a fim de formar um perfil interno de geração de redemoinho. O inserto (22) compre-
- 10 ende uma pluralidade de fios (24) que se enrolam, em uma maneira semelhante a espiral, ao longo da parede interna do tubo (26) na forma de uma espiral de múltiplos caminhos.