



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112022015102-0 B1

(22) Data do Depósito: 30/03/2020

(45) Data de Concessão: 12/11/2024

(54) Título: APARELHO PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS, FORNO DE COQUE, SISTEMA PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS E MÉTODO PARA FABRICAR UM APARELHO

(51) Int.Cl.: C10B 45/00; C10B 41/00; G01L 19/04.

(73) Titular(es): ARCELORMITTAL.

(72) Inventor(es): MATTHIEU LANDREAU; YANNICK HERGALANT.

(86) Pedido PCT: PCT IB2020053018 de 30/03/2020

(87) Publicação PCT: WO 2021/198727 de 07/10/2021

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/07/2022

(57) Resumo: APARELHO PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS, FORNO DE COQUE, SISTEMA PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS E MÉTODO PARA FABRICAR UM APARELHO. A invenção refere-se a um aparelho (20) para medir a pressão interna de um gás de um forno de coque (31), o aparelho (20) compreendendo uma guia (24) recebendo três sondas de pressão (21, 22, 23), cada uma se estendendo de uma parte traseira para uma parte frontal, e cada uma sendo conectada a um sensor de pressão (61, 62, 63), em que a guia (24) tem uma seção transversal circular formando então uma guia tubular (24), que recebe as três sondas de pressão (21, 22, 23) que são dispostas em forma de um triângulo isósceles, a guia tubular (24) sendo configurada para receber, guiar e manter as três sondas de pressão (21, 22, 23) compreendendo duas extremidades (2411, 2412) e duas partes de fechamento (242, 243), cada parte de fechamento (242, 243) sendo configurada para fechar uma das duas extremidades (2411, 2412) da guia tubular (24), cada parte de fechamento (242, 243) compreendendo três furos de passagem (242a, 242b, 242c) dispostos em forma de um triângulo isósceles.

“APARELHO PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS, FORNO DE COQUE, SISTEMA PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS E MÉTODO PARA FABRICAR UM APARELHO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] O campo técnico da invenção é o campo da medição da pressão interna do gás em fornos de coque.

[002] A presente invenção refere-se principalmente a um aparelho que compreende um arranjo particular de sondas para medir a pressão interna do gás de um forno de coque.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[003] Na produção de aço pela rota dos altos-fornos, o coque é necessário, pois é utilizado como fonte de combustível nos altos-fornos siderúrgicos.

[004] O coque é fabricado aquecendo o carvão a temperaturas muito altas, de forma geral em torno de 1000°C, nos chamados “fornos de coque”, que são câmaras termicamente isoladas. Durante o cozimento do carvão, substâncias orgânicas na mistura de carvão vaporizam ou se decompõem, produzindo gás de carvão e alcatrão de carvão (um líquido escuro e espesso usado na indústria e na medicina). Alguns dos fornos de coque são feitos para coletar esses subprodutos para uso posterior (tipo de forno “subproduto”), enquanto alguns queimam os subprodutos para fornecer calor ao forno de coque.

[005] Durante a transformação do carvão em coque, a mistura de carvão amolece durante os estágios plásticos consecutivos. Devido ao aquecimento dos fornos, duas camadas plásticas paralelas aparecem durante a coqueificação e após várias horas, aproximadamente 13 horas, ocorre a junção dessas duas camadas. Neste ponto, a pressão máxima do gás dentro do forno de coque é atingida e podem ocorrer danos nas paredes do forno. A pressão

interna do gás medida para um determinado carvão sob condições convencionais de carga de topo também pode aumentar após a carga de carvão ter se densificado e sua densidade aparente ter aumentado, ou seja, quando a técnica de adição de óleo ou processo de carga de estampagem é empregada, ou quando uma mudança na umidade e/ou tamanho de grão da carga leva a uma mudança na densidade aparente do carvão. Além disso, a taxa de carbonização tem influência nos valores medidos da pressão interna do gás.

[006] A medição da pressão do gás no interior dos fornos de coque industriais, também chamada de medição da pressão interna do gás, é uma das poucas possibilidades de se obter dados experimentais sobre o comportamento de expansão da carga de carvão, evitando assim a ameaça de possíveis danos nas paredes do forno ou falhas de operação devido a uma sobrepressão gerada pelo carvão nos ciclos de produção de coque.

[007] As sondas de pressão de gás são tubos que têm, em uma extremidade, pontas horizontais ou verticais comprimidas ou pontas fechadas que possuem séries de furos ou fendas localizadas na ponta dos tubos. Essas sondas são com base no mesmo princípio dos tubos de Pitot. Algumas plantas usam sondas de tubo duplo ou mesmo de tubo triplo. As sondas são inseridas na carga do lado do coque ou do lado do empurrador do forno.

[008] As sondas de medição de pressão de gás conhecidas compreendem um sensor de pressão que fornece um sinal elétrico contínuo, sendo esse sinal então para um registrador.

[009] A mera vantagem das sondas com pontas espremidas é seu baixo custo de fabricação, mas quando a sonda é inserida ou em uso, o carvão pode entupir a ponta da sonda, tornando a sonda habilitada para fornecer uma medição de pressão confiável.

[010] Outra questão encontrada pode estar ligada ao comprimento das sondas, por exemplo, algumas sondas possuem mais de 3 metros de

comprimento, o que dificulta seu posicionamento no centro geométrico do forno. Esta centralização é de grande importância, pois uma sonda que não está bem centralizada pode fornecer medições errôneas.

[011] Mesmo quando a sonda está bem posicionada no centro geométrico do forno de coque, outro problema pode ocorrer: as paredes aquecidas do forno de coque não possuem a mesma temperatura. Nesse caso, o centro térmico da carga de carvão não corresponde ao centro geométrico do forno de coque e, portanto, a sonda não está bem posicionada. Isso também pode levar a medições errôneas da pressão interna do gás.

[012] Para resolver este problema, foram desenvolvidos dispositivos que compreendem três sondas mantidas a uma distância constante uma da outra. A utilização de três sondas permite observar três picos de pressão, quase sempre diferentes. Apenas o pico mais alto é considerado, sendo o pico mais alto medido pela sonda mais próxima do centro térmico do forno de coque carregado, reduzindo assim o risco de medições errôneas. Por exemplo, tal configuração é descrita na publicação KR1007117810000 para a qual as três sondas são dispostas regularmente em uma linha oblíqua, sendo a sonda central mais longa que as outras.

[013] A Figura 1 mostra os resultados de uma medida da pressão interna do gás e da temperatura dentro de um forno industrial de coque com design conhecido de sondas triplas. A temperatura é medida por um termopar inserido dentro de cada sonda. A pressão do gás de cada uma das três sondas é medida por três sensores de pressão, um sensor de pressão por sonda. As três curvas de pressão interna do gás mostram os três diferentes picos de pressão medidos por cada sensor). Como mencionado anteriormente, os três picos de pressão (11, 12 e 13) têm valores diferentes. O primeiro valor de pico, correspondente à pressão mais alta atingida pelo primeiro pico (11), é de cerca de 10,8 kPa, o segundo valor de pico é de cerca de 12 kPa e o terceiro valor de

pico é de cerca de 14,4 kPa. Apenas é considerado o valor de pico mais alto que corresponde ao terceiro pico (13). Com o conhecido projeto de tripla sonda, é medida uma pressão máxima de 14,4 kPa, o que não é considerado crítico quanto aos danos que pode implicar para o forno de coque. Os três picos estão ligeiramente deslocados no tempo, o que é característico de uma má centralização das sondas. Além disso, como mostrado na Figura 1, a curva de temperatura mostra dois pontos de inflexão (14 e 15) que também é consequência de uma má centragem.

[014] Outra desvantagem do projeto de sondas triplas é que as três sondas precisam ser mantidas a uma distância constante uma da outra. Para isso, é necessário, por exemplo, soldar um espaçador de metal triangular às sondas. Esta etapa de soldagem danifica ou pelo menos enfraquece a estrutura das sondas. Além disso, as sondas sofrem com o calor extremo no forno e ficam distorcidas, principalmente nos pontos de soldagem com os espaçadores. A distorção não é a mesma de uma sonda para outra, o que introduz um viés na medição de pressão. Perde-se então o interesse de ter várias sondas.

[015] Há, portanto, a necessidade de fornecer uma solução que permita a medição da pressão do gás dentro da carga de carvão durante o ciclo de carbonização que seja resistente ao calor, confiável e fácil de inserir e centralizar.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[016] De acordo com um primeiro aspecto da invenção, esta necessidade é satisfeita fornecendo um aparelho que compreende uma guia que recebe pelo menos três sondas, cada uma conectada a um sensor de pressão, e em que a referida guia tem uma seção transversal circular formando então uma guia tubular.

[017] A guia permite melhorar a resistência ao calor das sondas e a facilidade de inserção dentro do forno. A invenção permite, em primeiro lugar,

fornecer um aparelho que é mais resistente ao calor do que o aparelho conhecido do estado da técnica. De fato, a guia adiciona de forma vantajosa uma camada protetora contra o calor do forno de coque às sondas. Assim, as sondas ficam menos distorcidas e podem ser reutilizadas várias vezes, ao contrário dos aparelhos existentes. A medição é melhorada como resultado da presença do guia, quanto menos distorção as sondas tiverem que enfrentar, melhor será a medição.

[018] Além disso, a forma tubular da guia ajuda a guiar facilmente as sondas dentro do forno de coque e a ter o mesmo posicionamento de um forno de coque para outro. Graças à invenção, a medição é precisa, pois as sondas são menos distorcidas do que no estado da técnica e são melhor centralizadas.

[019] O aparelho de acordo com o primeiro aspecto da invenção também pode ter uma ou mais das seguintes características, consideradas individualmente ou de acordo com quaisquer combinações tecnicamente possíveis das mesmas:

- a guia tubular recebe três sondas de pressão dispostas em forma de um triângulo isósceles;
- A guia mantém as sondas em forma de triângulo para uma medição mais precisa da pressão dentro de um forno de coque. De fato, a forma triangular permite ter uma melhor centralização das sondas e medir com precisão em torno do centro térmico real da carga e não apenas no centro geométrico do forno de coque. Além disso, a forma específica de um triângulo isósceles permite evitar interferências prejudiciais entre as sondas;
- cada uma das sondas de pressão é deslocada longitudinalmente uma da outra;
- a guia tubular é configurada para receber, guiar e manter as três sondas de pressão compreendendo duas extremidades e duas partes de

fechamento, cada parte de fechamento sendo configurada para fechar uma extremidade das duas extremidades da guia tubular, cada parte de fechamento compreendendo três buracos dispostos em forma de um triângulo isósceles;

- as partes de fechamento são paredes perfuradas para formar os furos de passagem, sendo cada parede soldada a uma extremidade das duas extremidades da guia tubular;

- de forma alternativa, uma parte de fechamento das duas partes de fechamento é uma parede perfurada para formar os furos de passagem e soldada a uma extremidade das duas extremidades da guia tubular e em que a outra parte de fechamento das duas partes de fechamento é uma peça cônica compreendendo uma ponta, a peça cônica sendo perfurada para formar os furos de passagem e tendo uma periferia circular hermeticamente soldada à outra extremidade das duas extremidades da guia tubular, de forma que a ponta da peça cônica se estenda para fora da guia tubular;

- pelo menos um termopar é inserido em pelo menos uma das três sondas de pressão;

- a parte frontal de cada uma das sondas de pressão compreende pelo menos duas fendas voltadas uma para a outra;

- a parte frontal de cada uma das sondas de pressão compreende uma extremidade fechada de forma cônica;

- cada sensor de pressão é conectado à parte traseira das sondas de pressão correspondentes através de pelo menos um tubo de borracha.

[020] Um segundo aspecto da invenção refere-se a um forno de coque compreendendo pelo menos um furo através do qual um aparelho para medir a pressão interna do gás do referido forno de coque compreendendo uma guia que recebe pelo menos três sondas de pressão, cada uma se estendendo de uma parte traseira para uma parte frontal, e cada um sendo conectado a um

sensor de pressão, em que a referida guia tem uma seção transversal circular formando então uma guia tubular, é inserida horizontalmente de forma que uma parte frontal de cada uma das pelo menos três sondas de pressão esteja dentro do forno de coque e uma parte traseira de cada das pelo menos três sondas de pressão está fora do forno de coque.

[021] O forno de coque de acordo com o segundo aspecto da invenção também pode ter uma ou mais das seguintes características, consideradas individualmente ou de acordo com quaisquer combinações tecnicamente possíveis das mesmas:

- a guia tubular recebe três sondas de pressão dispostas em forma de um triângulo isósceles;
- a parte frontal de cada uma das sondas de pressão compreende pelo menos duas fendas voltadas uma para a outra;
- a parte frontal de cada uma das sondas de pressão do aparelho compreende uma extremidade fechada de forma cônica;
- cada sensor de pressão é conectado à parte traseira da sonda de pressão correspondente através de pelo menos um tubo de borracha.

[022] Um terceiro aspecto da invenção refere-se a um sistema para medir a pressão interna do gás de um forno de coque compreendendo:

- pelo menos um aparelho como acima citado,
- pelo menos um módulo de transmissão configurado para transmitir o pelo menos um sinal gerado por cada um dos três sensores de pressão,
- pelo menos um módulo de gravação configurado para gravar o sinal de pressão recebido do módulo de transmissão.

[023] O sistema de acordo com o primeiro aspecto da invenção também pode ter uma ou mais das seguintes características, consideradas individualmente ou de acordo com quaisquer combinações tecnicamente

possíveis dos mesmos:

- o módulo de transmissão está configurado para transmitir o sinal de pressão sem fio;
- Um terceiro aspecto da invenção refere-se a um método para fabricar o aparelho de acordo com o primeiro aspecto da invenção compreendendo as etapas de:
 - perfurar uma parede para formar pelo menos três furos de passagem,
 - soldar a parede a uma periferia de uma extremidade das duas extremidades da guia tubular,
 - perfuração de uma peça cônica, a peça cônica compreendendo pelo menos uma parede cônica tendo uma periferia circular, sendo a perfuração realizada para formar três furos de passagem na parede cônica,
 - realizar uma soldagem hermética da periferia circular da parede cônica da peça cônica a uma periferia da outra extremidade das duas extremidades da guia tubular de forma que a ponta da peça cônica se estenda para fora da guia tubular e de forma que a disposição dos furos de passagem da peça cônica corresponde à disposição dos furos de passagem da parede,
 - inserir as pelo menos três sondas na guia tubular, cada sonda sendo inserida através de um furo de passagem dos furos de passagem da parede e através de um furo de passagem dos furos de passagem da peça cônica combinando com o de passagem furo da parede através do qual a sonda foi inserida,
 - realizar uma soldagem hermética das sondas à peça cônica.

[024] De forma vantajosa, há três furos de passagem e um furo de passagem dos três furos de passagem é deslocado de um eixo linear no qual dois outros furos de passagem dos três furos de passagem estão alinhados e

um furo de passagem dos três furos de passagem é equidistante dos dois furos de passagem dos três furos de passagem para ter um arranjo dos furos de passagem na forma de um triângulo isósceles.

[025] Como todas as sondas possuem comprimentos diferentes, elas não interagem entre si, permitindo com vantagem medições mais precisas.

[026] A guia também permite não ter que soldar as sondas a espaçadores para manter as sondas a uma distância constante umas das outras graças às suas partes de fechamento compostas por furos para inserir as sondas. Graças à peça cônica que fecha a extremidade da guia que se encontra no interior do forno de coque, e graças à soldadura hermética, evita-se também o entupimento desta zona do aparelho e potencia-se a inserção no interior do forno de coque.

[027] Finalmente, é fácil na presente invenção adaptar um forno de coque para usar o aparelho, pois apenas um furo do diâmetro da guia deve ser feito em uma porta do forno de coque.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[028] Outras características e vantagens da invenção irão se tornar claras a partir da descrição que se faz a seguir, a título indicativo e não limitativo, com referência às Figuras anexas, entre as quais:

- A Figura 1 mostra uma medida da pressão e temperatura interna do gás dentro de um forno de coque industrial com design de sondas triplas do estado da técnica;
- A Figura 2 é uma representação esquemática de uma forma de realização de um aparelho de acordo com a invenção;
- A Figura 3 é uma vista em corte transversal das sondas de pressão do aparelho de acordo com a invenção;
- A Figura 4 é uma vista lateral de um aparelho de acordo com a invenção quando inserido em um forno de coque;

- As Figuras 5a e 5b mostram uma extremidade cônica da guia de um aparelho de acordo com a invenção;
- A Figura 6 é uma representação esquemática de um sistema de acordo com a invenção;
- A Figura 7 é uma representação esquemática de um método de fabricação de um aparelho de acordo com a invenção;
- A Figura 8 mostra uma medida da pressão e temperatura interna do gás dentro de um forno de coque industrial com o aparelho de acordo com a invenção.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[029] Para maior clareza, elementos idênticos ou semelhantes são marcados por sinais de referência idênticos em todas as Figuras.

[030] A Figura 2 é uma representação esquemática de uma forma de realização de um aparelho de acordo com a invenção.

[031] O aparelho (20) de acordo com a invenção representado na Figura 2 compreende três sondas de pressão (21, 22 e 23) e uma guia tubular (24).

[032] O aparelho (20) permite medir a pressão interna do gás de um forno de coque. Conforme explicado no estado da técnica, o objetivo principal é medir a pressão interna máxima do gás de um forno de coque carregado durante o aquecimento do carvão para coque, a fim de evitar qualquer dano ao próprio forno de coque.

[033] O aparelho (20) compreende de forma vantajosa a guia tubular (24) compreendendo duas extremidades opostas (2411 e 2412), duas partes de fechamento (242 e 243) e um corpo tubular (241).

[034] Por “tubular” entende-se ter uma seção transversal circular com duas extremidades circulares abertas (2411 e 2412). A forma tubular da guia (24) permite uma fácil inserção do aparelho (20) dentro de um forno de

coque, uma fácil adaptação a qualquer forno de coque e uma boa centralização do aparelho (20) dentro do forno de coque para uma medição precisa. Isto é obtido por ter uma seção circular, o que permite ainda ter uma disposição específica da sonda que é vantajosa para a medição. Esta disposição é melhor descrita na descrição que se segue.

[035] Quando o aparelho (20) é inserido em um forno de coque, a extremidade (2422) está localizada dentro do forno de coque, assim como a parte de fechamento (242).

[036] De acordo com esta forma de realização, o aparelho (20) compreende três sondas de pressão (21, 22 e 23). Uma sonda é um dispositivo para medir uma quantidade física dentro de um ambiente. Por exemplo, uma sonda de pressão é um dispositivo para medir a pressão. No aparelho (20) de acordo com a invenção, as sondas de pressão (21, 22 e 23) permitem medir a pressão no interior de um forno de coque. Cada uma das três sondas de pressão (21, 22 e 23) mede a pressão dentro do forno de coque independentemente das outras.

[037] Cada sonda de pressão (21, 22 e 23) compreende uma extremidade fechada respectivamente (212, 222 e 232) e um corpo tubular respectivamente (213, 223 e 233). De preferência, as extremidades fechadas (212, 222 e 232) são de formato cônico para facilitar a inserção das sondas (21, 22 e 23) dentro do forno de coque e para evitar entupimento pelo carvão. Por “cônico” entende-se a forma de um cone, tal cone tendo uma periferia circular. Como mencionado anteriormente, por “tubular” significa ter uma seção transversal circular. Cada corpo tubular (213, 223 e 233) compreende duas fendas retangulares voltadas uma para a outra, respectivamente (211, 221 e 231). Conforme representado na Figura 2, as fendas retangulares (211, 221 e 231) começam na extremidade fechada (212, 222 e 232) e se estendem em um comprimento predeterminado ao longo do eixo longitudinal do corpo tubular (213,

223 e 233). Por exemplo, as fendas retangulares (211, 221 e 231) podem ter um comprimento ao longo do eixo longitudinal do corpo tubular (213, 223 e 233) de 30 milímetros e um largura de 1 milímetro. As fendas retangulares (211, 221 e 231) também podem ser colocadas em qualquer outro lugar no corpo tubular (213, 223 e 233), desde que as fendas retangulares (211, 221 e 231) estejam dentro do forno de coque e fora da guia tubular (24).

[038] A Figura 3 ilustra uma vista em corte transversal da disposição das sondas de acordo com a invenção.

[039] Uma seção transversal das sondas (21, 22 e 23) em um plano perpendicular ao eixo longitudinal ao longo do qual o corpo tubular (213, 223 e 233) da Figura 2 se estende é representada na Figura 3. A seção transversal de cada sonda (21, 22 e 23) mostrado na Figura 3 é uma seção transversal na metade do comprimento de cada uma das fendas retangulares respectivamente (211, 221 e 231).

[040] Conforme divulgado acima, cada corpo tubular (213, 223 e 233) respectivamente das sondas de pressão (21, 22 e 23) compreende duas fendas retangulares respectivamente (211, 221, 231). As fendas são furos retangulares de passagem, um de frente para o outro. Por exemplo, conforme representado na Figura 3, os dois furos (211) estão voltados um para o outro, pois o eixo ao longo do qual eles se estendem é perpendicular ao eixo vertical B. Os dois furos (221) estão voltados um para o outro, pois o eixo ao longo do qual eles se estendem é perpendicular à vertical. eixo C. Os dois furos (231) estão virados um para o outro como o eixo ao longo do qual eles se estendem é perpendicular ao eixo vertical D. Dois furos estão virados um para o outro se um dos furos estiver em um lado do corpo tubular e o outro furo estiver no outro lado, simetricamente em relação ao centro do círculo. As fendas retangulares permitem ter sondas de pressão funcionando como tubos de Pitot para medir com precisão a pressão dentro do forno de coque.

[041] As sondas estão dispostas de forma a medir com precisão a pressão, qualquer que seja a localização do centro térmico do forno de coque. Esta disposição particular está representada nas Figuras (2, 3 e 4) e é possível graças à parte de fecho (242) representada em detalhe nas Figuras 5a e 5b.

[042] A disposição particular das sondas é uma forma triangular formada pelas três sondas, um triângulo isósceles. Conforme representado na Figura 3, duas das três sondas de pressão estão alinhadas em um eixo linear e a última sonda é deslocada desse eixo e é equidistante das outras duas. As duas sondas de pressão (21 e 23) estão alinhadas no eixo linear (A). A terceira sonda de pressão (22) é deslocada do eixo linear (A) de uma distância determinada (d3). O centro (224) da sonda de pressão (22) é equidistante do centro (214 e 234) das sondas de pressão (21 e 23), que é a distância (d1) entre o centro (224) da sonda de pressão (22) e o centro (234) da sonda de pressão (23) é igual a distância (d2) entre o centro (224) da sonda de pressão (22) e o centro (214) da sonda de pressão (21). Ao mencionar que “a sonda de pressão (22) é equidistante das sondas de pressão (21 e 23)”, entende-se que o centro (224) da sonda de pressão (22) é equidistante do centro (214 e 234) das sondas de pressão respectivamente (21 e 23). Ter uma disposição das sondas (21, 22 e 23) em forma triangular permite ter uma melhor centralização da medição de pressão em comparação com o estado da técnica.

[043] Em uma forma de realização preferencial, em uma vista em corte transversal da guia tubular (24) em um plano perpendicular ao eixo ao longo do qual a guia tubular (24) se estende, o centro da guia (24) é tomado no ponto de cruzamento do eixo horizontal linear (A) e o eixo vertical linear (C) da Figura 3, que é o ponto (2413).

[044] A guia (24) do aparelho (20) de acordo com a invenção, conforme representado na Figura 2, permite manter as sondas em tal disposição em forma de triângulo. Para isso, a guia (24) compreende uma parte de

fechamento (242) tendo uma forma cônica e outra parte de fechamento (243). Cada uma das extremidades (2411 e 2412) do corpo tubular (241) da guia tubular (24) compreende um meio para fechar a referida extremidade, o meio compreendendo tantos furos de passagem quanto as sondas (21, 22 e 23), de forma que as sondas (21, 22 e 23) possam ser inseridas através desses furos. De preferência, os meios para fechar as extremidades (2411 e 2412) são peças de fechamento (242 e 243) que são soldadas respectivamente às extremidades (2412 e 2411) do corpo tubular (241) da guia tubular (24). De preferência, a parte de fechamento (243) é uma parede circular, mas a invenção também abrange as formas de realização em que a parte de fechamento (243) é qualquer outra parte de fechamento (243) que permite fechar a extremidade (2411). A parede circular (243) compreende três furos de passagem, um para cada sonda de pressão (21, 22 e 23). A parte de fechamento (242) para fechar a extremidade (2412) é uma peça de forma cônica representada nas Figuras 5a e 5b. A invenção também abrange as formas de realização em que a parte de fechamento (242) é uma parede circular ou qualquer outro meio de fechamento da extremidade (2412). A vantagem de usar uma peça de formato cônico (242) é facilitar a inserção do aparelho (20) no forno de coque e evitar entupimento pelo carvão.

[045] Cada parte de fechamento (242 e 243) é perfurada e compreende tantos furos quantos são as sondas de pressão. De preferência, o aparelho (20) compreende três sondas de pressão (21 a 23), mas pode compreender mais sondas de pressão do que as representadas. Nesses casos, as sondas não estão dispostas em forma de triângulo, mas sim em forma de quadrado ou em forma de pentágono em torno do centro da guia (24) ao visualizar em uma vista em corte transversal de acordo com um plano perpendicular ao eixo ao longo qual o corpo tubular (241) da guia tubular (24) se estende.

[046] As perfurações são feitas de modo a criar furos de passagem nas partes de fechamento (242 e 243). Os furos de passagem feitos em cada parte de fechamento devem coincidir com os furos de passagem da outra parte de fechamento. Entende-se por “combinar” que o centro de cada furo de passagem está alinhado com o centro de seu furo de passagem correspondente na outra parte de fechamento quando as peças de fechamento são soldadas ao corpo tubular (241) da guia tubular (24). Fazendo assim, as sondas (21 a 23) estão dispostas em um triângulo isósceles e as sondas (21 a 23) podem ser inseridas de uma parte de fechamento (243) até a parte de fechamento (242) e se projetam da parte de fechamento (242). As sondas de pressão (21 a 23) se projetam o suficiente para que as fendas retangulares (211, 221 e 231) estão totalmente dentro do forno de coque e medem a pressão dentro do forno de coque e não estão dentro da guia (24).

[047] A Figura 4 é uma vista lateral de um aparelho de acordo com a invenção quando inserido em um forno de coque.

[048] A guia de tubular (24) está configurada para receber as sondas de pressão (21 a 23) de forma que a parte frontal do corpo de tubular (213, 223 e 233) de cada uma das três sondas de pressão esteja localizada dentro do forno de coque (31) e a parte traseira oposta do tubular os corpos (213, 223 e 233) estão fora do forno de coque. Como tal, a extremidade fechada (212, 222 e 232) de cada uma das três sondas de pressão está dentro do forno de coque, assim como cada uma das fendas retangulares (211, 221 e 231) dos corpos tubulares, e a extremidade fechada (243) está fora do forno de coque (31), assim como os sensores de pressão (não representados). ligados a cada uma das sondas (21, 22 e 23). As fendas retangulares estão assim localizadas na parte frontal das sondas de pressão (21 a 23), assim como as extremidades fechadas (212, 222 e 232) de cada uma das três sondas de pressão. De preferência, os furos de passagem nas partes de fechamento (242 e 243)

permitem que a guia (24) receba e guie as sondas de pressão (21 a 23) no forno de coque. De preferência, novamente, a parte de fechamento (243) tem um diâmetro maior do que o furo na porta do forno (30) para bloquear a inserção do aparelho (20) quando um comprimento de inserção desejado é alcançado. Isto permite ter um comprimento de inserção predeterminado dentro do forno de coque (31) e melhorar a qualidade e precisão das medições de pressão por ter uma melhor centralização.

[049] Ao fazê-lo, as fendas retangulares (211, 221 e 231) encontram-se no interior do forno de coque (31) e os sensores de pressão (não representados) encontram-se no exterior do forno de coque (31), evitando assim a sua deterioração. A guia (24) cobre de forma preferencial pelo menos metade do comprimento das sondas de pressão (21 a 23) que estão localizadas no interior do forno de coque, de modo a evitar distorções térmicas das sondas de pressão (21 a 23).

[050] Um furo (301) é feito na porta do forno de coque (30) para permitir a inserção horizontal da guia (24) dentro do forno de coque (31) através do furo. De preferência, o furo tem o mesmo diâmetro que o corpo tubular (241) da guia tubular (24). Por “inserção horizontal” entende-se uma inserção de acordo com um eixo perpendicular à porta do forno de coque (30), paralela ao plano ao longo do qual o piso do forno de coque (31) se estende quando o forno de coque (31) é colocado no chão, o eixo se estendendo dentro do forno de coque (31), quando a porta do forno de coque (30) é colocada em um lado do forno de coque (31).

[051] As partes dos corpos tubulares (213, 223 e 233) de cada uma das três sondas de pressão que estão dentro do forno de coque (31) têm comprimentos diferentes entre si. As sondas (21 a 23) são assim deslocadas longitudinalmente umas das outras. Ao fazer isso, qualquer interação entre as sondas em termos de calor e medição é evitada.

[052] O aparelho (20) também compreende sensores de pressão (não representados), um para cada sonda de pressão (21 a 23). De preferência, os sensores de pressão são conectados à extremidade (215, 225, 235) do corpo de tubular (213, 223, 233) de cada uma das sondas (21 a 23) que está fora do forno de coque, de preferência novamente através de tubos de borracha. Os sensores de pressão são configurados para medir uma pressão e gerar pelo menos um sinal em função da referida pressão medida. O aparelho (20) também pode compreender pelo menos um termopar para medir a temperatura dentro do forno de coque (31).

[053] A peça cônica (242) está representada nas Figuras 5a e 5b. Conforme representado na Figura 5a, a peça cônica (242) compreende três furos de passagem dispostos em forma de um triângulo isósceles para manter as sondas nesta disposição em forma de triângulo. Dois dos três furos de passagem estão alinhados em um eixo linear (A) e o outro furo de passagem dos três furos de passagem é deslocado do eixo linear (A) e é equidistante dos dois furos de passagem. Os dois furos de passagem (242a e 242c) estão alinhados no eixo linear (A). O furo de passagem (242c) é deslocado do eixo linear (A) de uma distância predeterminada (d4). O centro do furo de passagem (242c) é equidistante do centro dos furos de passagem (242a e 242c), que é a distância entre o centro do furo de passagem (242c) e o centro do furo de passagem (242a) é igual à distância entre o centro do furo de passagem (242c) e o centro do furo de passagem (242b). Ter uma disposição dos furos de passagem (242a, 242b e 242c) em forma triangular permite manter as sondas de pressão (21 a 23) em forma triangular e, assim, uma melhor centralização da medição de pressão do que no estado da técnica.

[054] A Figura 5b mostra uma vista lateral em corte transversal da peça cônica (242). Os furos (242a, 242b e 242c) são furos de passagem

[055] Conforme representado na Figura 2, a peça cônica (242) tem

uma periferia circular (2422) hermeticamente soldada na extremidade 2412 do corpo tubular (241) da guia tubular (24), de forma que a ponta (2423) da peça cônica (242) se estende para fora da guia tubular (24). Quando inserida dentro do forno de coque, a ponta (2423) da peça cônica (242) é a primeira parte da guia tubular (24) a ser inserida dentro do forno de coque (31). Esta parte de fechamento (242) tem formato cônico para evitar entupimento pelo carvão durante inserção.

[056] Além disso, a periferia de cada um dos três furos da peça cônica (242) é de forma preferencial soldada hermeticamente nas sondas de pressão correspondentes (21 a 23) quando inseridas dentro da guia (24). Portanto, as sondas (21 a 23) não podem se mover dentro da guia (24) e podem fornecer medição precisa da pressão.

[057] A Figura 6 representa esquematicamente um sistema de acordo com a invenção.

[058] O sistema (60) representado na Figura 6 compreende pelo menos um aparelho (20) para medir a pressão interna do gás dentro de um forno de coque, pelo menos um sensor de pressão (61, 62 e 63) por sonda de pressão (21 a 23) do aparelho (20), pelo menos um módulo de transmissão (64) para transmitir o sinal de pressão gerado pelos sensores de pressão (61 a 63) em resposta à pressão medida pelos sensores de pressão (61 a 63) e pelo menos um registrador (65). O registrador (65) é configurado para armazenar o sinal, por exemplo, armazenando-o em um banco de dados para uso posterior. O registrador (65) pode opcionalmente ser conectado a um visor (651) para exibir em tempo real ou em tempo retardado as medições de pressão de gás interna. Em uma forma de realização preferencial, o módulo de transmissão (64) permite transmitir sem fio os dados de pressão, por exemplo, usando protocolos sem fio conhecidos, como Wi-fi®, Bluetooth®, LoRa® ou qualquer outro protocolo sem fio conhecido. A transmissão também pode ser com fio. Embora não ilustrado,

um termopar é inserido dentro de cada sonda (21 a 23) para medir a temperatura.

[059] A invenção também diz respeito a um método para fabricar o aparelho (20) de acordo com a invenção.

[060] A Figura 7 representa esquematicamente um método para fabricar o aparelho (20) de acordo com a invenção.

[061] O método (70) representado na Figura 7 compreende uma etapa (71) de perfuração de uma parede para formar três furos de passagem em que dois dos três furos de passagem estão alinhados em um eixo linear e o terceiro furo de passagem é deslocado do referido eixo e é equidistante dos outros dois furos. Esta etapa permite criar a extremidade fechada (243) que será soldada em uma extremidade da guia tubular (24) em uma etapa adicional do método (70). A parede perfurada pode ser de qualquer forma ou formato, de forma preferencial é uma parede circular. A parede (243) também pode ser quadrada, ou de qualquer outra forma que permita fechar a guia tubular (24) enquanto permite parar a sua inserção no interior do forno de coque (31) quando inserida de um comprimento predeterminado.

[062] Outra etapa (72) do método (70) compreende soldar a parede (243) a uma periferia de uma extremidade da guia tubular (24). Assim, a parede (243) pode atuar como suporte e guia para as sondas graças aos seus furos perfurados na etapa (71), bem como um batente para parar a inserção da guia (24) dentro do forno de coque quando inserida em um comprimento pré-determinado.

[063] O método (70) compreende ainda uma etapa (73) de perfuração de uma peça cônica (242), a peça cônica (242) compreendendo pelo menos uma parede cônica tendo uma periferia circular (2422), sendo a perfuração realizada para formar três furos de passagem (242a, 242b e 242c) na parede em que dois dos três furos de passagem estão alinhados em um eixo linear e o outro furo de passagem dos três furos de passagem é deslocado do

eixo linear e é equidistante dos dois furos de passagem. Esta etapa permite criar a outra extremidade fechada (242) que será soldada na outra extremidade da guia tubular (24) em uma etapa futura do método (70).

[064] O método (70) compreende ainda uma etapa (74) de realizar uma soldagem hermética da periferia (2422) da parede cônica da peça cônica (242) a uma periferia da outra extremidade (2412) da guia tubular (24) de forma que a ponta (2423) da peça cônica (242) seja estendendo-se para fora da guia tubular (24) e de forma que a disposição dos furos de passagem da peça cônica (242) corresponda à disposição dos furos de passagem da parede (243). Como explicado anteriormente, o termo “combina” significa as duas formas formadas por a disposição dos furos de passagem de cada parte de fechamento (242 e 243) está alinhada e que o centro de cada furo de passagem está alinhado com seu furo correspondente. Isso permite inserir as sondas de pressão (21, 22 e 23) e manter as sondas de pressão dentro da guia (24) em uma forma particular com apenas dois pontos de suporte: as duas partes de fechamento (242 e 243). furos e depois pelas sondas de pressão (21 a 23) quando inseridas é um triângulo isósceles, para uma melhor centralização das medições de pressão.

[065] O método (70) compreende ainda uma etapa (75) de inserção das três sondas (21 a 23) na guia tubular (24), cada sonda sendo inserida através de um furo de passagem da parede (242) e através do furo de passagem da peça cônica (243) combinando com o furo de passagem da parede (242) no qual a sonda foi inserida. Conforme explicado anteriormente, isso permite que a guia tubular (24) receba as sondas de pressão (21 a 23), as mantenha em uma disposição específica e as guie para o interior do forno de coque (31).

[066] Finalmente, o método (70) compreende ainda uma etapa (75) de realizar uma soldagem hermética das sondas (21 a 23) à peça cônica (242), a fim de manter as sondas de forma que a medição de pressão não seja

impactada por um movimento das sondas.

[067] A Figura 8 mostra uma medida da pressão e temperatura interna do gás dentro de um forno de coque industrial com o aparelho de acordo com a invenção.

[068] Graças à invenção, as curvas de pressão se sobrepõem. Isso é o resultado de uma boa centralização das sondas de pressão (21 a 23) dentro do forno de coque (31). Portanto, há apenas um pico de pressão (71) que é maior do que ao medir a pressão com o design de sondas triplas de última geração, em seguida, ilustrando a centralização efetiva das sondas. Nesse caso, a presente invenção detecta um risco potencial para o forno de coque, enquanto o projeto de sondas triplas do estado da técnica não detectou níveis de pressão críticos.

[069] Além disso, a curva de temperatura (72) não mostra os dois pontos de inflexão como no estado da técnica, ilustrando também a centragem das sondas. As medições de pressão com o aparelho (20) de acordo com a invenção são assim mais precisas, permitindo evitar danos nas paredes do forno devido à alta pressão interna do gás.

REIVINDICAÇÕES

1. APARELHO (20) PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS de um forno de coque (31), o aparelho (20) compreendendo uma guia (24) recebendo três sondas de pressão (21, 22, 23), cada uma se estendendo de uma parte traseira para uma parte frontal, e cada uma sendo conectada a um sensor de pressão (61, 62, 63), em que a guia (24) tem uma seção transversal circular formando então uma guia tubular (24), que recebe as três sondas de pressão (21, 22, 23) que são dispostas em forma de um triângulo isósceles, a guia tubular (24) sendo configurada para receber, guiar e manter as três sondas de pressão (21, 22, 23) compreendendo duas extremidades (2411, 2412) e duas partes de fechamento (242, 243), cada parte de fechamento (242, 243) sendo configurada para fechar uma das duas extremidades (2411, 2412) da guia tubular (24), cada parte de fechamento (242, 243) compreendendo três furos de passagem (242a, 242b, 242c) dispostos em forma de um triângulo isósceles,

o aparelho (20) sendo caracterizado por uma parte de fechamento (243) das duas partes de fechamento (242, 243) ser uma parede perfurada para formar os furos de passagem (242a, 242b, 242c) e soldada a uma extremidade (2411) das duas extremidades (2411, 2412) da guia tubular (24), e em que a outra parte de fechamento (242) é uma peça cônica (242) compreendendo uma ponta (2423), a peça cônica (242) sendo perfurada para formar os furos de passagem (242a, 242b, 242c) e tendo uma periferia circular (2422) hermeticamente soldada à outra extremidade (2412) da guia tubular (24) de forma que a ponta (2423) da peça cônica (242) se estenda para fora da guia tubular (24).

2. APARELHO (20), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por cada uma das sondas de pressão (21, 22, 23) ser deslocada longitudinalmente uma da outra.

3. APARELHO (20), de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 2, caracterizado por compreender ainda pelo menos um termopar inserido em pelo menos uma das três sondas de pressão (21, 22, 23).

4. APARELHO (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pela parte frontal de cada uma das sondas de pressão (21, 22, 23) compreender pelo menos duas fendas (211, 221, 231) uma de frente para a outra.

5. APARELHO (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pela parte frontal de cada uma das sondas de pressão (21, 22, 23) compreender uma extremidade fechada (212, 222, 232) possuindo uma forma cônica.

6. APARELHO (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado por cada sensor de pressão (61, 62, 63) estar conectado à parte traseira da sonda de pressão correspondente (21, 22, 23) através de pelo menos um tubo de borracha.

7. FORNO DE COQUE (31), caracterizado por compreender pelo menos um furo (301) através do qual um aparelho (20), conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, é inserido horizontalmente, de forma que a parte frontal de cada uma das três sondas de pressão (21, 22, 23) esteja dentro do forno de coque (31) e a parte traseira de cada uma das três sondas de pressão (21, 22, 23) esteja fora do forno de coque (31).

8. SISTEMA (60) PARA MEDIR A PRESSÃO INTERNA DE UM GÁS de um forno de coque (31), o forno de coque (31) sendo conforme definido na reivindicação 7, o sistema (60) sendo caracterizado por compreender:

- pelo menos um módulo de transmissão (64) configurado para transmitir pelo menos um sinal de pressão gerado por cada um dos três sensores de pressão (61, 62, 63),

- pelo menos um módulo de gravação (65) configurado para gravar o sinal de pressão recebido do módulo de transmissão (64).

9. MÉTODO (70) PARA FABRICAR UM APARELHO (20), o aparelho (20) sendo conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, o método (70) sendo caracterizado por compreender as etapas de:

- perfurar (71) a parede (243) para formar três furos de passagem,
- soldar (72) a parede (243) à periferia da extremidade (2411) da guia tubular (24),

- perfurar (73) a peça cônica (242), a peça cônica (242) compreendendo pelo menos uma parede cônica tendo a periferia circular (2422) e a ponta (2423), sendo a perfuração (73) realizada para formar três furos de passagem (242a, 242b, 242c) na parede cônica,

- realizar (74) uma soldagem hermética da periferia circular (2422) da parede cônica da peça cônica (242) a uma periferia da outra extremidade (2412) da guia tubular (24) de forma que a ponta (2423) da peça cônica (242) se estende para fora da guia tubular (24) e de forma que a disposição dos furos de passagem (242a, 242b, 242c) da peça cônica (242) corresponda à disposição dos furos de passagem da parede (243),

- inserir (75) as três sondas (21, 22, 23) na guia tubular (24), cada sonda (21, 22, 23) sendo inserida através de um furo de passagem dos furos de passagem da parede (243) e através de um furo de passagem dos furos de passagem (242a, 242b, 242c) da peça cônica (242) combinando com o furo de passagem da parede (243) através do qual a sonda (21, 22, 23) foi inserida,

- realizar (76) uma soldagem hermética das sondas (21, 22, 23) à peça cônica (242).

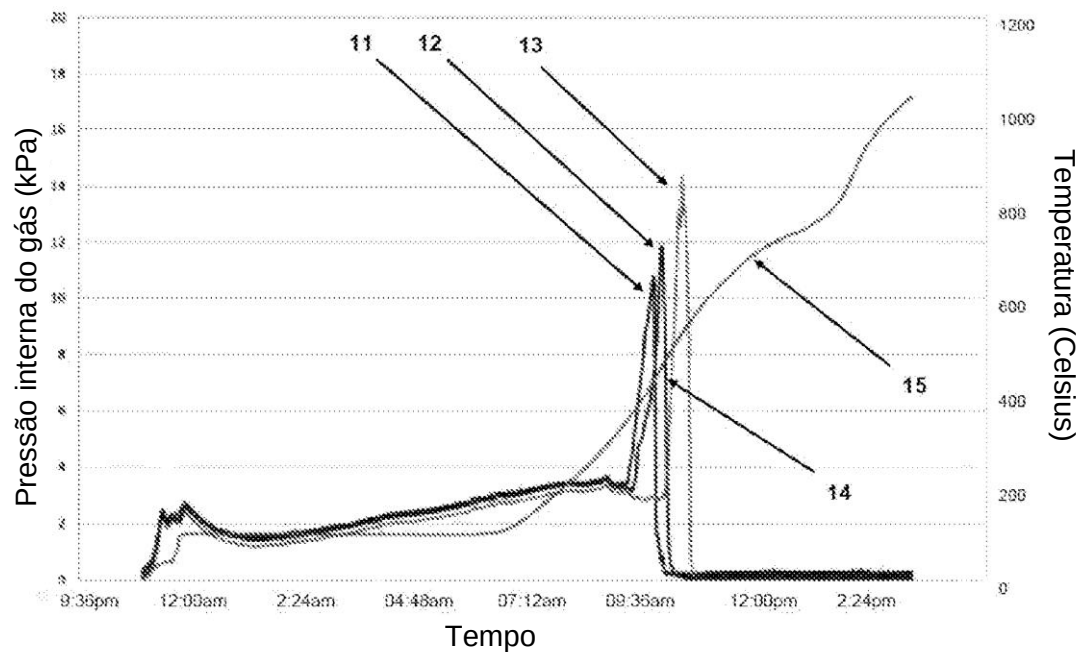


Figura 1

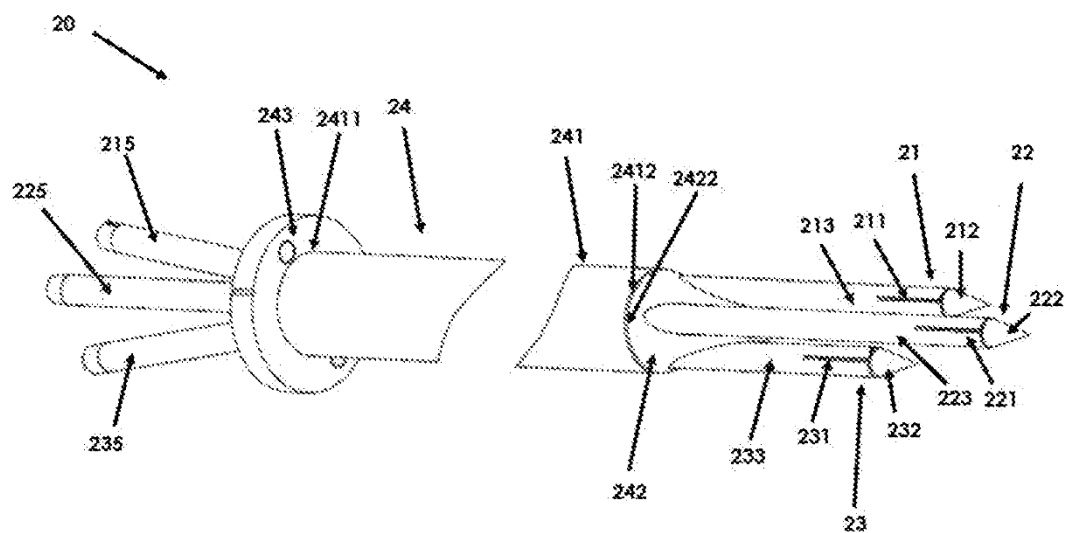


Figura 2

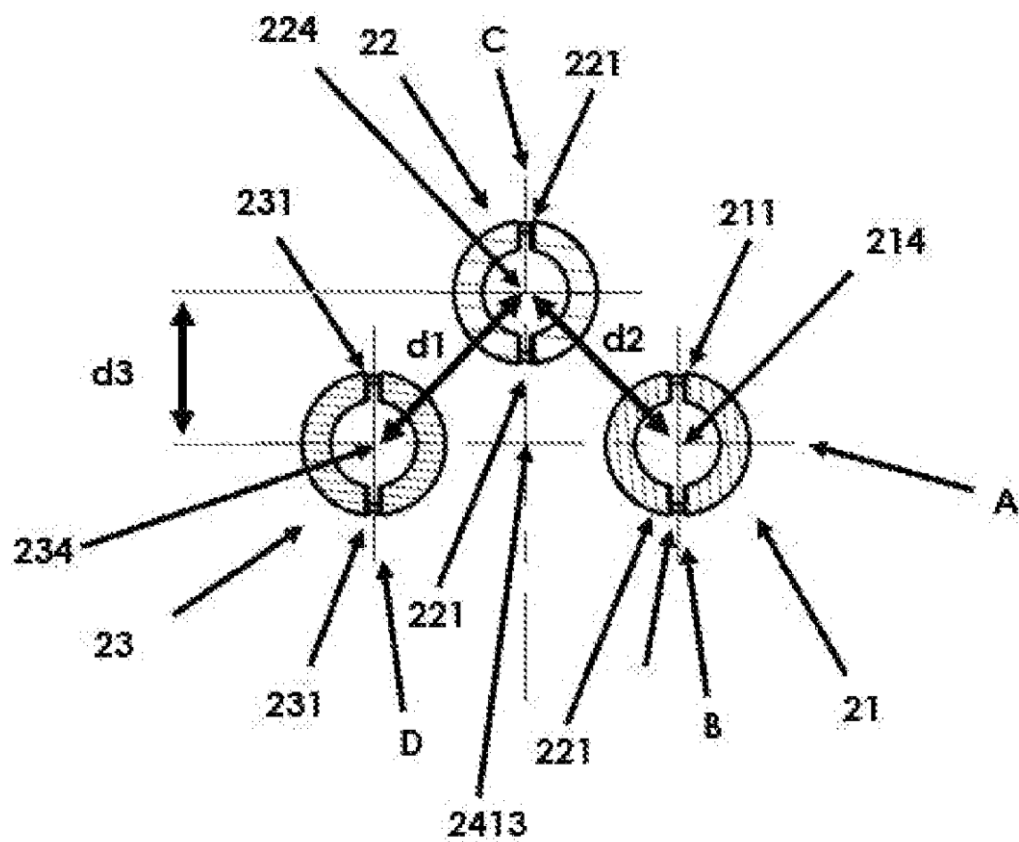


Figura 3

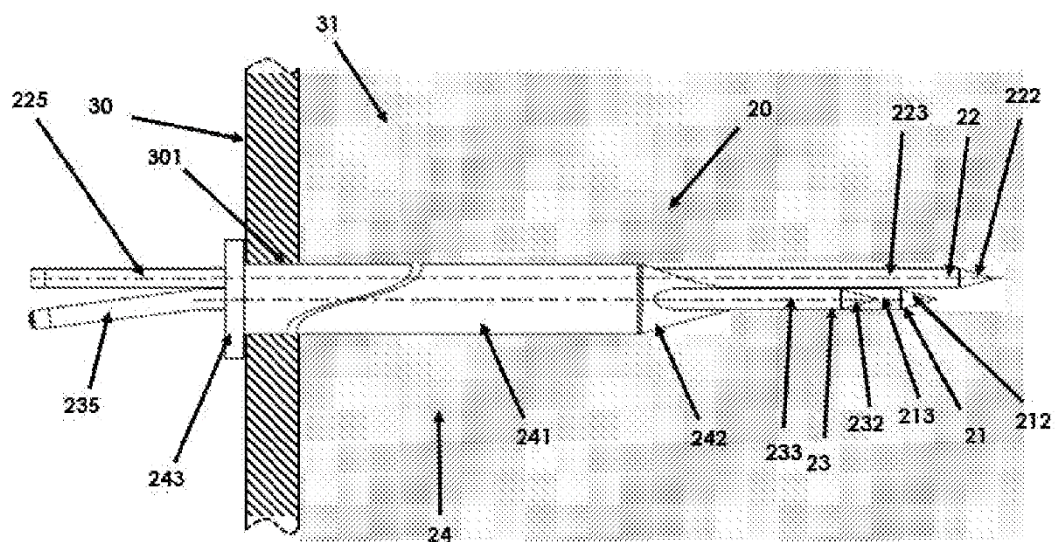


Figura 4

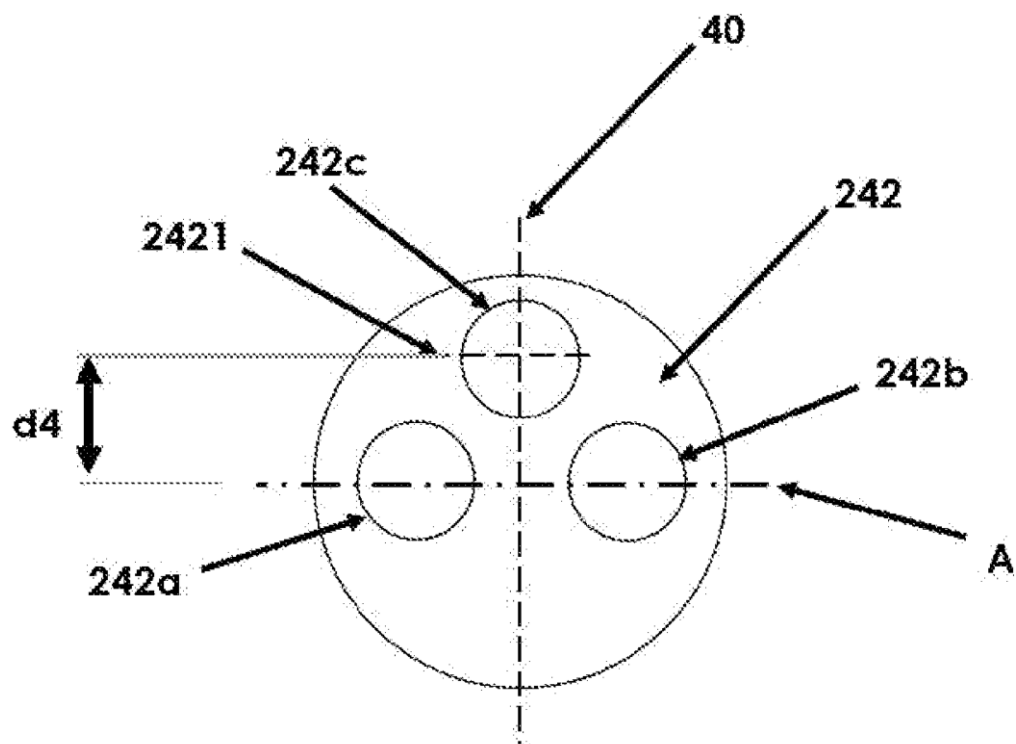


Figura 5A

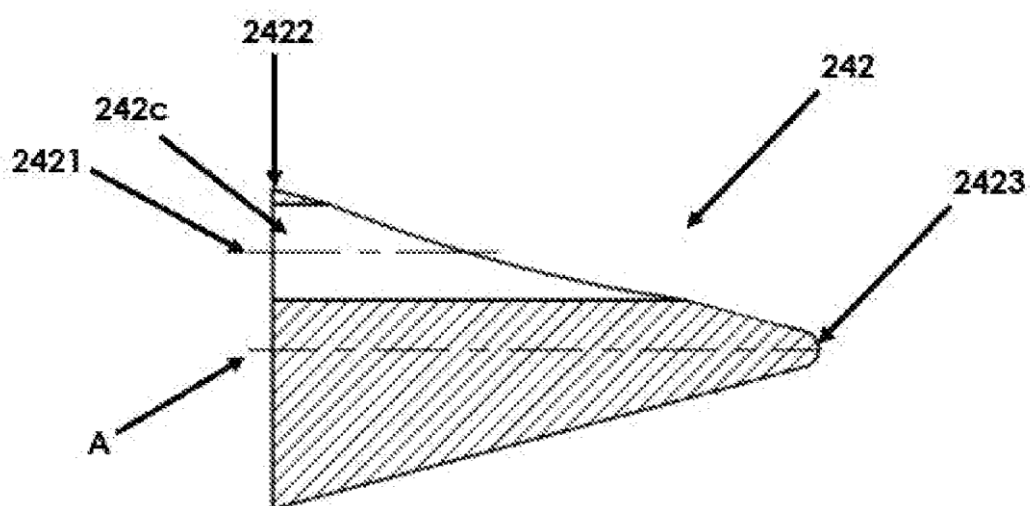
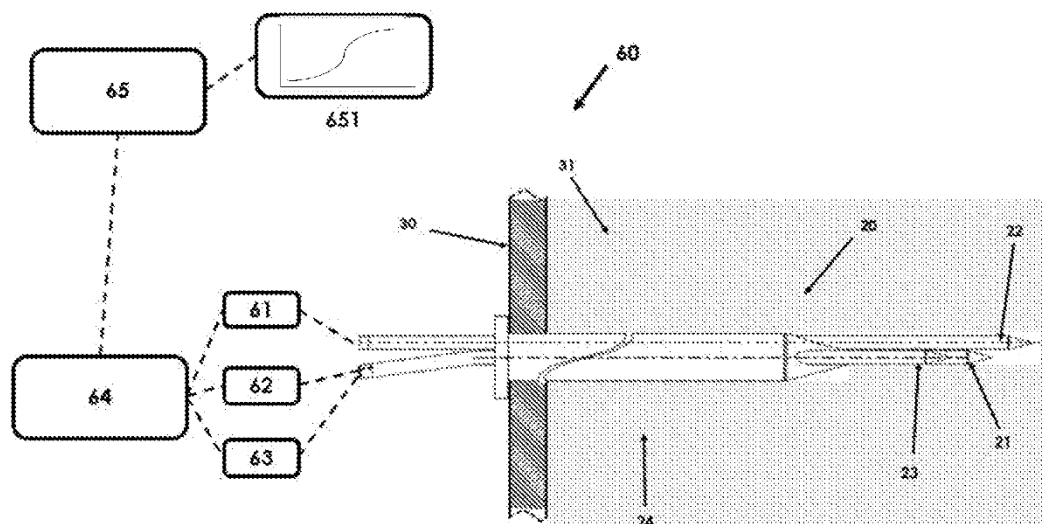
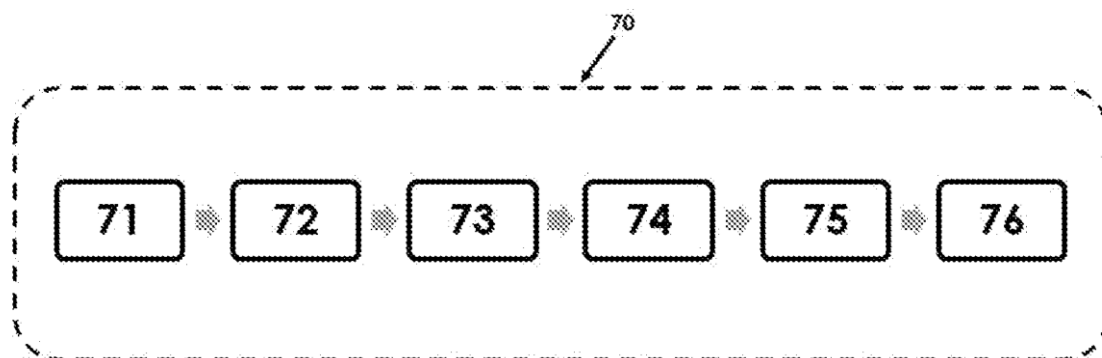
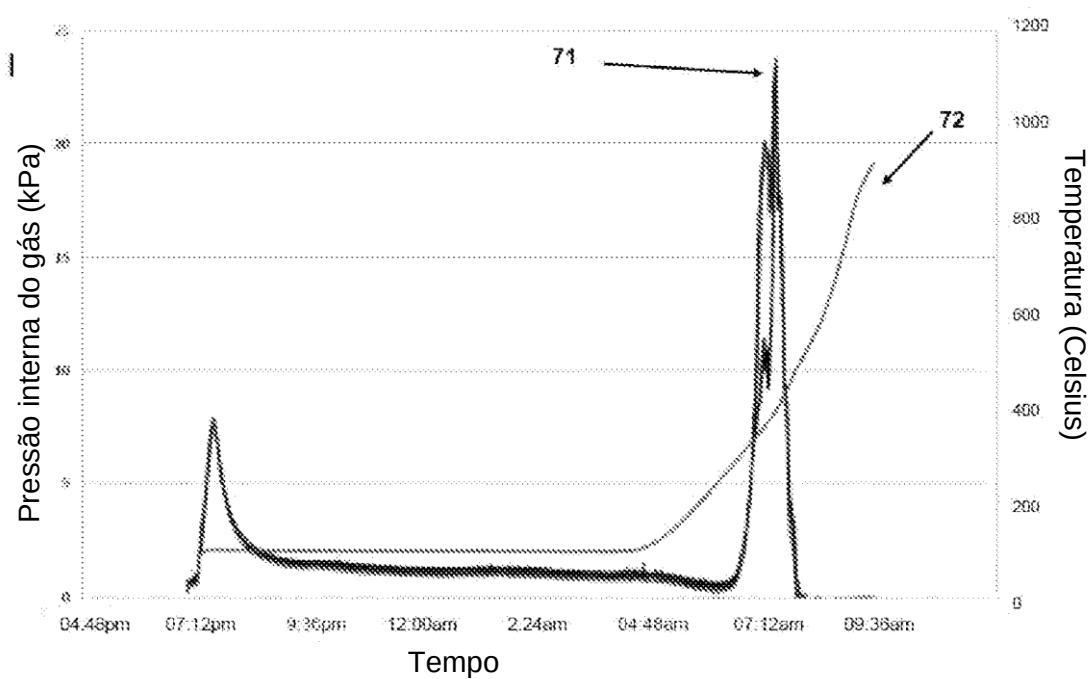


Figura 5B

**Figura 6****Figura 7**

**Figura 8**