



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

(21) **PI 0713811-3 A2**

(22) Data de Depósito: 30/07/2007
(43) Data da Publicação: 06/11/2012
(RPI 2183)



(51) *Int.Cl.:*
E21B 33/06
E21B 33/03

(54) Título: MÉTODOS PARA A FABRICAÇÃO, CERTIFICAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE UMA PREVENTOR DE EXPLOSÕES

(30) Prioridade Unionista: 27/07/2007 US 11/829,697, 27/07/2007 US 11/829,707, 27/07/2007 US 11/829,752, 27/07/2007 US 11/829,811, 28/07/2006 US 60/820,723, 28/09/2006 US 60/847,760, 20/10/2006 US 60/862,392, 19/04/2007 US 60/912,809

(73) Titular(es): HYDRIL USA MANUFACTURING LLC

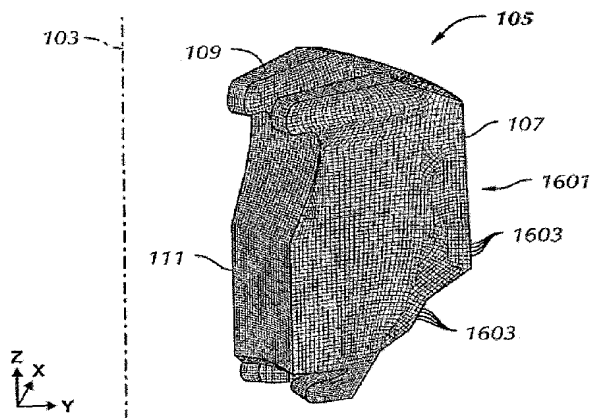
(72) Inventor(es): SHAFIQ KHANDOKER

(74) Procurador(es): Artur Francisco Schaal

(86) Pedido Internacional: PCT US2007074762 de 30/07/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/014517 de 31/01/2008

(57) Resumo: MÉTODOS PARA A FABRICAÇÃO, CERTIFICAÇÃO E OTIMIZAÇÃO D EUMA VEDAÇÃO DE UM PREVENTOR DE EXPLOSÕES. A presente invenção de refere a um método para a fabricação, certificação e otimização de uma vedação para um preventor de explosões. O método inclui a geração de um modelo da vedação de análise de elemento finito, uniformização do modelo da vedação de análise de elemento finito e análise do plano de tensão do modelo da vedação de análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de deslocamento.



“MÉTODOS PARA A FABRICAÇÃO, CERTIFICAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE UM PREVENTOR DE EXPLOSÕES”

CAMPO DA INVENÇÃO

As realizações descritas no presente se referem, de forma geral,
5 às preventores de explosões utilizadas na indústria de óleo de gás. Especificamente, as realizações selecionadas se referem aos métodos para o desenvolvimento e a fabricação de vedações para a utilização em preventores de explosões, em que as vedações podem incluir o elastômero e um material rígido.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

10 O controle de poços é um aspecto importante da exploração de óleo e gás. Na perfuração de um poço, por exemplo, os dispositivos de segurança devem ser colocados no local para evitar lesões nos funcionários e danos ao equipamento resultante de eventos inesperados associados às
15 atividades de perfuração.

Os poços de perfuração envolvem a penetração de uma variedade de estruturas geológicas da subsuperfície, ou “camadas”. Ocasionalmente, um poço irá penetrar uma camada que possui uma pressão de formação substancialmente maior do que a pressão mantida no buraco do
20 poço. Quando isto ocorre, diz-se que o poço “recebeu um chute ou golpe”. O aumento de pressão associado ao *golpe* é geralmente produzido por um influxo dos fluidos de formação (que pode ser um líquido, um gás ou uma de suas combinações) no buraco do poço. O *golpe* de pressão relativamente elevada tende a propagar a partir de um ponto de entrada no buraco superior do poço
25 (a partir de uma região de alta pressão para uma região de baixa pressão). Se o *golpe* for deixado para atingir a superfície, o fluido de perfuração, as ferramentas do poço e outras estruturas de perfuração podem ser expelidas do poço. Tais “explosões” podem resultar na destruição catastrófica o

equipamento de perfuração (incluindo, por exemplo, o anel de perfuração) e a lesão substancial ou morte dos funcionários da plataforma.

Devido aos riscos de explosões, os dispositivos conhecidos como preventores de explosões são instalados acima da cabeça do poço na superfície ou no solo marinho nos dispositivos de perfuração de água profunda para vedar efetivamente um poço até que as medidas ativas possam ser tomadas para controlar o *golpe*. Os preventores de explosões podem ser ativados tal que os *golpes* são adequadamente controlados e “circulados para fora” do sistema. Existem diversos tipos de preventores de explosões, as mais comuns das quais são os preventores de explosões anulares (incluindo os preventores de explosões esféricas) e os preventores de explosões de aríete. Cada um destes tipos de preventores de explosões será discutido com mais detalhes.

Os preventores de explosões anulares utilizam, tipicamente, vedações anulares, de borracha ou elastoméricos grandes possuindo insertos metálicos que são referidos como “unidades de empanque”. As unidades de empanque podem ser ativadas dentro de um preventor de explosões para encapsular o tubo de perfuração e as ferramentas do poço para vedar completamente um “anel” entre o tubo ou a ferramenta e um poço. Em situações em que nenhum tubo de perfuração ou ferramentas do poço está presente dentro da perfuração da unidade de empanque, a unidade de empanque pode ser comprimida, tal que sua perfuração é totalmente fechada. Como tal, uma unidade de empanque completamente fechada de um preventor de explosões anular age como uma válvula de fechamento. Tipicamente, as unidades de empanque lacram ao redor de um tubo de perfuração, em que a unidade de empanque pode ser rapidamente comprimida, manualmente ou por máquina, para afetar uma vedação nas proximidades para evitar que a pressão do poço cause uma explosão.

Um exemplo de um preventor de explosões anular que possui uma unidade de empanque é descrito na patente US 2.609.836, depositado por Knox, designado ao Depositante da presente invenção e incorporado no presente como referência em sua totalidade. A unidade de empanque de Knox
5 inclui uma pluralidade de insertos metálicos embebida em um corpo elastomérico, em que os insertos metálicos são completamente ligados ao corpo elastomérico. Os insertos metálicos estão espaçados em planos radiais de um modo geralmente circular que se prolonga a partir de um eixo central da unidade de empanque e do poço. Os insertos apresentam um suporte
10 estrutural para o corpo elastomérico quando a unidade de empanque é comprimida radialmente para vedar contra a pressão do poço. Sob compressão da unidade de empanque acerca de um tubo de perfuração ou sob o mesmo, o corpo elastomérico é pressionado radialmente para dentro, causando também o movimento das inserções metálicas radialmente para dentro.

15 Com referência agora à Figura 1, um preventor de explosões anular 101 incluindo uma carcaça 102 é mostrado. O preventor de explosões anular 101 possui um buraco 120 que se prolonga através do mesmo correspondendo a um poço 103. Uma unidade de empanque 105 é então disposta dentro do preventor de explosões anular 101 acerca do buraco 120 e
20 do poço 103. A unidade de empanque 105 inclui um corpo anular elastomérico 107 e uma pluralidade de insetos metálicos 109. Os insertos metálicos 109 estão dispostos dentro do corpo anular elastomérico 107 da unidade de empanque 105, que são distribuídos em um modo geralmente circular e espaçados em planos radiais que se prolongam a partir do poço 103. Ainda, a
25 unidade de empanque 105 inclui um buraco 111 concêntrico com o buraco 120 do preventor de explosões 101.

O preventor de explosões anular 101 é acionado por fluido bombeado dentro da abertura 113 de uma câmara do pistão 112. O fluido

aplica pressão a um pistão 117, que move o pistão 117 para cima. Como o pistão 117 se move para cima, o pistão 117 transfere a compressão para a unidade de empanque 105 através de uma face em cunha 118. A compressão transmitida para a unidade de empanque 105 da face em cunha 118 é

5 direcionada para cima em direção a uma cabeça removível 119 do preventor de explosões anular 101 e para dentro em direção a um eixo central do poço 103 do preventor de explosões anular 101. Pelo fato da unidade de empanque 105 estar mantida contra a cabeça removível 119 do preventor de explosões anular 101, a unidade de empanque 105 não desloca para cima a partir da

10 compressão transmitida para a unidade de empanque 105 do pistão 117. Entretanto, a unidade de empanque 105 não desloca para dentro a partir da compressão transmitida, que comprime a unidade de empanque 105 em direção ao eixo central do poço 103 do preventor de explosões anular 101. Como resultado, o tubo de perfuração está localizado dentro do buraco 120,

15 com compressão radial suficiente, a unidade de empanque 105 irá vedar acerca do tubo de perfuração em uma “posição fechada”. A posição fechada é mostrada na Figura 5. Como resultado, um tubo de perfuração não está presente, unidade de empanque 105, com compressão radial suficiente, irá vedar completamente o buraco 111.

20 O preventor de explosões anular 101 passa por um movimento reverso análogo quando o fluido é bombeado na abertura 115 da câmara do pistão 112, ao invés da abertura 113. O fluido transfere a compressão para baixo para o pistão 117, tal que a face em cunha 118 do pistão 117 permite que a unidade de empanque 105 se expanda radialmente para uma “posição

25 aberta”. A posição aberta é mostrada na Figura 4. Ainda, a cabeça removível 119 do preventor de explosões anular 101 permite o acesso para a unidade de empanque 105, tal que a unidade de empanque 105 pode sofrer manutenção ou ser mudada, caso necessário.

Com referência agora às Figuras 2, 3A e 3B juntas, a unidade de empanque 105 e os insertos metálicos 109 utilizados no preventor de explosões anular 101 são mostrados com mais detalhes. Na Figura 2, a unidade de empanque 105 inclui um corpo anular elastomérico 107 e uma pluralidade de insetos metálicos 109. Os insetos metálicos 109 são distribuídos em um modo geralmente circular e espaçados em planos radiais dentro do corpo anular elastomérico 107 da unidade de empanque 105. As Figuras 3A e 3B mostram exemplos de insertos metálicos 109 que podem ser dispostos e embebidos dentro do corpo anular elastomérico 107 da unidade de empanque 105. Tipicamente, os insetos metálicos 109 são embebidos e completamente ligados ao corpo anular elastomérico 107 para fornecer um suporte estrutural para a unidade de empanque 105. A ligação entre o corpo anular 107 e os insetos metálicos 109 restringe o movimento relativo entre o corpo anular 107 e os insetos 109, o movimento do qual parece causar a falha do elastômero dentro do corpo anular elastomérico 107. Mais discussão entre a ligação dos corpos elastoméricos e os insetos metálicos dentro de uma unidade de empanque pode ser encontrada na patente 5.851.013, depositada por Simons, designado ao Depositante da presente invenção e incorporado no presente como referência em sua totalidade.

Com referência agora às Figuras 4 e 5, um exemplo de unidade de empanque 105 na posição aberta (Figura 4) e na posição fechada (Figura 5) é mostrado. Na posição aberta, a unidade de empanque 105 é relaxada e não comprimida para vedar acerca do tubo de perfuração 151, tal que uma fenda é formada entre os mesmos, permitindo que os fluidos passem através do anel. Conforme mostrado na Figura 5, quando na posição fechada, a unidade de empanque 105 é comprimida para vedar acerca do tubo de perfuração 151, tal que os fluidos não são deixados passar através do anel. Portanto, o preventor de explosões pode fechar a unidade de empanque 105 para vedar contra a

pressão do poço da explosão originada abaixo.

De modo similar, os preventores de explosões esféricas utilizam vedações semi-esféricas, elastoméricas grandes possuindo insertos metálicos como unidades de empanque. Com referência agora à Figura 6, um exemplo
5 de um preventor de explosões esférica 301 disposta acerca de um eixo do poço 103 é mostrada. A Figura 6 é tomada da patente US 3.667.721 (depositada por Vujasinovic e incorporada como referência em sua totalidade). Como tal, o preventor de explosões esférica 301 inclui uma carcaça inferior 303 e uma carcaça superior 304 fixada de modo removível junto de uma pluralidade
10 de cintos 311, em que os membros da carcaça 303, 304 podem possuir uma superfície interna esférica curvada. Uma unidade de empanque 305 é disposta dentro do preventor de explosões esférico 301 e inclui, tipicamente, um corpo anular elastomérico curvado 307 e uma pluralidade de insertos metálicos curvados 309 correspondendo à superfície interna esférica curvada dos
15 membros da carcaça 303, 304. Os insertos metálicos 309 são, portanto, dispostos dentro do corpo anular 307 em um modo geralmente circular e espaçado longe em planos radiais que se prolongam a partir de um eixo central do poço 103.

Adicionalmente, as preventores de explosões também podem
20 incluir as vedações elastoméricos possuindo insertos metálicos. As vedações grandes são tipicamente dispostos em cima de blocos de aríete ou em uma frente principal dos blocos de aríete para fornecer uma vedação entre os mesmos. Com referência agora à Figura 7, um preventor de explosões de aríete 701 incluindo uma carcaça 703, um bloco de aríete 705, e uma vedação
25 superior 711 é mostrado. Com relação à Figura 7, apenas um bloco de aríete 705 é mostrado; tipicamente, então, dois blocos de aríete correspondentes 705 estão localizados em lados opostos de um poço 103 entre si (mostrado na Figura 8). O preventor de explosões de aríete 701 inclui um buraco 720 que se

prolonga através do mesmo, chapeletas 707 presas na carcaça 703 e pistão de hastes móveis 709, e é disposto acerca do eixo central de um poço 103. As hastes 709 estão conectadas nos blocos de aríete 705 e podem ser movidas para se deslocarem para dentro em direção ao poço 103. Os blocos de aríete 5 705 podem ser aríetes de tubos ou aríetes de buraco variáveis, aríete de cisalhamento ou aríetes cegos. Os tubos e aríetes de buraco variáveis, quando ativados, se movem para acoplar e cercar os tubos de perfuração e/ou as ferramentas do poço para vedar o poço. Em contraste, os aríetes de cisalhamento acoplam e cisalham fisicamente qualquer fio, tubo de perfuração 10 e/ou ferramentas do poço no poço 103, enquanto que os aríetes cegas fecham o poço 103 quando nenhuma obstrução está presente. Mais discussões dos preventores de explosões de aríete podem ser encontradas na patente US 6.554.247, depositada por Berckenhoff, designada ao Depositante da presente invenção e incorporado no presente como referência em sua totalidade.

15 Com referência agora à Figura 8, os blocos de aríete 705A, 705B e as vedações superiores 711A, 711B utilizados no preventor de explosões de aríete 701 são mostrados com mais detalhes, conforme mostrado, as vedações superiores 711A, 711B são dispostos dentro de ranhuras 713 dos blocos de aríete 705A, 705B, respectivamente, e vedam entre a parte superior dos blocos 20 de aríete 705 e a carcaça 703 (mostrada na Figura 7). Conforme ilustrado, o bloco de aríete 705A é um bloco de aríete de cisalhamento maior possuindo uma vedação superior 705A e o bloco de aríete 705B é um bloco de aríete de cisalhamento menor possuindo uma vedação superior 705B. Quando ativado, os blocos de aríete 705A, 705B se movem para acoplar acima os 25 cisalhamentos 715B para cisalhar fisicamente o tubo de perfuração 151. À medida que os blocos de aríete 705A, 705B se movem, as vedações superiores 705A, 705B vedam contra a carcaça 703 para evitar qualquer pressão ou fluxo de vazamento entre a carcaça 703 e os blocos de aríete

705A, 705B.

Com referência agora às Figuras 9A e 9B, as vedações superiores 711A, 711B são mostrados com mais detalhes. Conforme mostrado particularmente na Figura 9A, as vedações superiores 711A, 711B compreendem uma faixa elastomérica 751, segmentos elastoméricos 753 ligados a cada extremidade da faixa elastomérica 751 e um inserto metálico 755 disposto dentro de cada segmento elastomérico 753. A vedação superior 705A (isto é, o bloco de aríete de cisalhamento superior) também pode incluir uma estrutura suporte 757 conectada entre os segmentos elastoméricos 753. Conforme mostrado em uma vista transversal na Figura 9B, o inserto metálico 755 disposto dentro do segmento elastomérico 753 possui um corte transversal em formato H. O corte transversal em formato H de inserto metálico 755 fornece suporte e rigidez ótima para o segmento elastomérico. Além disso, deve ser entendido que as vedações superiores 711A, 711B podem ser utilizados com aríetes de tubos, aríetes cegos ou aríetes de cisalhamento (mostrados na Figura 8).

Com referência agora à Figura 10, um bloco de aríete 705A com uma vedação superior e um empanque de aríete 717A utilizado no preventor de explosões de aríete (por exemplo, 701 da Figura 7) é mostrado. A Figura 10 é tomada da publicação US 2004/0066003 A1 (depositado por Griffen et al., e incorporado no presente como referência em sua totalidade). Ao invés de aríetes de cisalhamento (mostrados nas Figuras 7 e 8), a Figura 10 representa um conjunto de tubo de aríete que possui um empanque de aríete de buraco variável 717A compreendido de elastômero e metal. Conforme mostrado, o empanque de aríete de buraco variável 717A compreende um corpo elastomérico 761 de um formato semi-elíptico possuindo inserções do empanque metálico 763 moldadas no corpo elastomérico 761. As inserções do empanque metálicas 763 são dispostas ao redor de um buraco 765 do corpo

elastomérico 761. Conforme mencionado acima com relação aos tubos de aríetes ou buracos de aríetes variáveis, quando ativados, o empanque de aríete 717A (junto com um empanque de aríete correspondente localizado opostamente do empanque de aríete 717A) se move para acoplar e cercar o tubo de perfuração e/ou as ferramentas do poço localizadas no buraco 765 para vedar o poço.

Para qualquer mecanismo de vedação que compreende os elastômeros e o metal nos preventores de explosões (por exemplo, unidade de empanque nos preventores de explosões anular e esférica e vedações superiores e empanque de aríete no preventor de explosões de aríete), cargas podem ser aplicadas para conter pressões entre diversos elementos dos preventores de explosões. Por exemplo, com relação à preventor de explosões anular mostrada na Figura 1, à medida que a compressão do fluido é transmitida do pistão 117 e da face da cunha 118 para a unidade de empanque 105 para fechar a unidade de empanque 105 em direção ao eixo central do poço 103, a compressão do fluido gera tensão e compressão dentro da unidade de empanque 105 em suas áreas e volumes que entram em contato com as superfícies da vedação (por exemplo, face da cunha 117 e tubo de perfuração 151) para vedar contra a pressão do poço de baixo. A tensão que ocorre na unidade de empanque 105 é aproximadamente proporcional à compressão do fluido transmitida para a unidade de empanque 105.

À medida que a tensão é incorrida pelas vedações dos preventores de explosões, o material das vedações irão comprimir para acomodar a tensão e fornecer uma engrenagem de vedação. A quantidade de tensão que ocorre no material da vedação é dependente de um módulo de elasticidade do material. O módulo de elasticidade é uma medida da proporção entre a tensão e compressão e pode ser descrito como uma tendência do material deformar quando a compressão ou a pressão é aplicada ao mesmo.

Por exemplo, um material com um alto módulo de elasticidade irá sofrer menos tensão do que um material com um baixo módulo de elasticidade para qualquer dada tensão. Um dos materiais utilizados nas vedações do preventor de explosões, os insertos metálicos possuem módulos substancialmente maiores de elasticidade do que as porções elastoméricas. Por exemplo, o módulo de elasticidade para o aço (tipicamente cerca de 30.000.000 psi; 200 GPa) é de aproximadamente 20.000 – 30.000 vezes maior do que o módulo da elasticidade para a maior parte dos elastômeros (tipicamente, cerca de 1.500 psi; 0,01 GPa).

Historicamente, no exame, projeto e fabricação das vedações para preventores de explosões, tais como unidades de empanque para os preventores de explosões, as localizações e as quantidades de tensão e/ou compressão (isto é, concentrações de tensão, concentrações de compressão) que ocorrem dentro da vedação tem sido a maior preocupação e receberam a maior atenção e análise. À medida que a vedação está sujeito às cargas (por exemplo, fechamentos repetitivos e cíclicos de uma unidade de empanque de um preventor de explosões anular acerca do tubo de perfuração ou acerca dela mesma), a magnitude e as direções das tensões e da compressão que ocorre através da vedação são avaliadas para determinar o desempenho da vedação. Uma técnica comum utilizada para esta avaliação é a análise de elemento finito (“FEA”). Especificamente, a FEA pode ser utilizada para simular e avaliar as concentrações de tensão e/ou compressão que ocorrem através da vedação em dadas condições de deslocamento.

Tradicionalmente com a FEA, as vedações para os preventores de explosões são modelados com os elementos finitos para determinar o desempenho da vedação em diversas condições de deslocamento. Por exemplo, utilizando a modelagem FEA, a unidade de empanque de um preventor de explosões anular pode ser simulada com uma condição de

deslocamento para mover na posição fechada ao redor do tubo de perfuração, em que a unidade de empanque seria comprimida entre o pistão e a cabeça removível do preventor de explosões anular e do tubo de perfuração. O modelo FEA pode ser utilizado para produzir um plano de esforço da vedação (unidade de empanque neste exemplo) para mostrar as concentrações da compressão dentro da vedação sob aquela condição de deslocamento específica.

Entretanto, esta avaliação das concentrações da compressão podem não resultar na previsão e representação mais precisa do desempenho das vedações utilizados nos preventores de explosões. Tipicamente, as vedações utilizados nos preventores de explosões experimentam quantidades extremamente elevada de compressão das tensões que podem ser incorridas. Por exemplo, quando uma unidade de empanque é comprimida na posição fechada para vedar ao redor de uma seção do tubo de perfuração, um corpo elastomérico da unidade de empanque pode experimentar compressões superiores a 300% nas áreas das concentrações da compressão. Além disso, no caso onde nenhum tubo de perfuração está presente, a unidade de empanque pode começar a experimentar as compressões de cerca de 400 a 450% na vedação acerca do mesmo. Estas compressões elevadas, em especial quando realizadas de modo repetitivo e cíclico na vedação de empanque, geralmente leva a uma falha fundamental na vedação.

Além disso, conforme descrito acima, o metal e os elastômeros utilizados para as vedações nos preventores de explosões possuem, tipicamente, grande diferenças em seu módulo de elasticidade. Pelo fato desta diferença entre o módulo da elasticidade, quando ligados, o metal tende a controlar o “fluxo” e a deformação dos elastômeros na vedação quando comprimido nos preventores de explosões. Com a grande quantidade de compressão, especialmente a compressão resultante dos deslocamentos repetitivos e cíclicos, acoplado com a diferença significativa entre o módulo da

elasticidade do material da vedação, as concentrações de compressão com avaliação FEA podem não representar precisamente as capacidades das vedações.

Nas aplicações FEA, a vedação que compreende um material
5 rígido e o elastômero pode ser representado por uma representação
geometricamente similar que consiste em muitos elementos finitos (isto é,
regiões distintas), comumente referidos como uma malha. Os elementos finitos
interagem entre si para modelar a vedação e fornecer dados simulados e
resultados para diversas condições de deslocamento. Entretanto, os elementos
10 finitos dentro de áreas de alta tensão e/ou compressão (isto é, tensão e/ou
concentração) com diferenças substanciais entre o módulo do material da
elasticidade podem deformar indevidamente. As deformações impróprias
comuns dos elementos finitos que podem ocorrer incluem os elementos que
colapsam sobre eles mesmos, destorcendo sem ligação, ou mantendo perdas
15 na tensão, compressão e/ou energia. Estes, em adição a outras deformações
impróprias dos elementos finitos, podem produzir resultados imprecisos para a
tensão e a compressão que ocorre sobre o modelo.

Historicamente, quando a FEA está produzindo resultados
errôneos, o número de elementos finitos da malha é aumentado para melhor
20 resolução em pelo menos algumas localizações selecionadas (por exemplo,
áreas de alta concentração de tensão ou compressão). Portanto, é comum
para as áreas com concentrações de tensão e/ou compressão receber uma
“atenção” mais localizada quando se usa o modelo FEA do que outras áreas.
Entretanto, este processo pode permitir a análise para se tornar inerentemente
25 localizado nas áreas dos modelos da vedação com as concentrações de
tensão e/ou compressão, levando a soluções que podem ser minuciosamente
construídas e/ou imprecisas. Por exemplo, é comum a prática da FEA para
aumentar o número de elementos (e, portanto, complicar mais) do modelo da

vedação nas áreas destas concentrações para aumentar a precisão da tensão e concentração simulada dentro das regiões de concentração. O mesmo modo também pode ser realizado para um modelo da vedação nas áreas das concentrações da compressão. Entretanto, deve ser entendido que ao
5 aumentar o número de elementos, ou diminuir o tamanho da malha, o tempo de solução e a quantidade de compressão de computação requerida podem ser aumentados. Isto pode levar a um retardamento da solução (devido ao erro computacional) e/ou a geração de resultados imprecisos.

Com referência agora à Figura 11, um gráfico que mostra a
10 tensão (eixo y) *versus* o número de iterações (eixo x) dentro da FEA é mostrado. Especificamente, a compressão simulada mostrada no eixo y pode ser uma grandeza de uma compressão que ocorre em uma direção específica simulada através de um elemento finito de um modelo de vedação para uma dada condição de deslocamento. Por exemplo, os técnicos no assunto
15 regulares irão reconhecer que o eixo x do gráfico pode mostrar a grandeza de uma compressão principal (por exemplo, ocorrência de compressão na direção do eixo z; compressão de cisalhamento que ocorre no plano do eixo y e do eixo z) que ocorre com um elemento finito quando o modelo da vedação é simulado com uma condição de deslocamento (por exemplo, fechamento de uma
20 unidade de empanque ao redor do tubo de perfuração). Ainda, o número de iterações mostradas no eixo x se refere à quantidade de simulações da FEA utilizada quando no modelo da vedação. Como tal, cada “iteração” se refere a uma única execução do processo FEA para simular um deslocamento da vedação para o preventor de explosões, determinando, deste modo, a
25 grandeza da tensão do elemento finito do modelo da vedação.

Nesta abordagem, a resolução dos elementos finitos na malha (modelo da vedação) é aumentada com cada iteração. Especificamente, conforme mencionado acima, é uma prática comum aumentar a resolução dos

elementos finitos da malha em regiões que experimentam grandes quantidades de tensão e/ou compressão. Entretanto, por causa das características das vedações de elastômero reforçadas com metal, tais análises localizadas podem resultar em uma informação da tensão e/ou compressão FEA que falha em correlacionar a uma solução experimentalmente observada. Além disso, por causa da complexidade, a informação da tensão e/ou compressão FEA pode não ser ainda capaz de convergir a nenhuma solução.

Conforme mostrado, a compressão teórica do elemento finito que ocorre na direção da compressão principal simulada a partir do eixo y na Figura 11 é determinada e mostrada para uma vedação de um preventor de explosões sob a condição de deslocamento. À medida que o número de iterações aumenta para o modelo FEA, a solução da compressão simulada produzida (isto é, uma linha de tendência dos pontos de compressão encontrada de cada iteração produzida utilizando FEA) pode, assim, não corresponder e convergir com a compressão teórica sob uma condição de deslocamento comparável. Uma faixa de tolerância de $\pm$ cerca de 1% da compressão teórica é mostrada para indicar um intervalo que pode ser aceitável para a solução de compressão simulada para convergir para dentro. Este conceito de convergência da informação de tensão e/ou compressão FEA pode ser entendida como quando a solução de tensão/ compressão simulada atinge uma solução dentro da faixa de tolerância, a solução de tensão/ compressão simulada continua a permanecer dentro da faixa de tolerância como a medida que as iterações adicionais da solução são continuadas.

Portanto, conforme mostrado, quando se projeta e fabrica vedações elastoméricos de compressão elevada contendo insertos rígidos, pode haver uma discrepância significativa entre a tensão e compressão teórica prevista pela FEA e a tensão e compressão real. Portanto, o modelo atual e as técnicas de análise para as vedações dos preventores de explosões pode não

fornecer informação adequada para melhorar seu projeto e fabricação.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

Em um aspecto, as realizações descritas no presente se referem a um método de fabricação de uma vedação de um preventor de explosões. O

5 método compreende selecionar um projeto da vedação, gerar um primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito a partir do projeto da vedação selecionado, uniformizar o primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito, analisar um plano de esforço do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de

10 deslocamento e fabricar de uma vedação.

Em outro aspecto, as realizações descritas no presente se referem a um método para certificar uma vedação de um preventor de explosões. O método compreende a geração de um primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito, uniformizar o primeiro modelo da

15 vedação por análise de elemento finito, analisar um plano de esforço do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de deslocamento e comparar o plano de esforço do modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado em relação a pelo menos um critério especificado.

20 Ainda, em outro aspecto, as realizações descritas no presente se referem a um método de otimização de uma vedação de um preventor de explosões. O método compreende uniformizar um primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito, analisar um plano de esforço do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma

25 condição de deslocamento, gerar um segundo modelo da vedação por análise de elemento finito com base no plano de esforço do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado, uniformizar o segundo modelo da vedação por análise de elemento finito, analisar um plano de

esforço do segundo modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de deslocamento e repetir a análise e gerar os modelos da vedação por análise de elemento finito uniformizados até um modelo da vedação otimizada ser atingido.

5 Outros aspectos e vantagens das realizações descritas no presente serão evidentes a partir da seguinte descrição e das reivindicações anexas.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

10 A Figura 1 é uma vista de seção transversal de um preventor de explosões anular.

A Figura 2 é uma vista de seção transversal de uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular.

A Figura 3A é uma vista em perspectiva de um inserto metálico para uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular.

15 A Figura 3B é uma vista lateral de um inserto metálico alternativo para uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular.

A Figura 4 é uma vista de seção transversal da unidade de empanque do estado da técnica anterior para um preventor de explosões anular mostrada em uma posição de repouso.

20 A Figura 5 é uma vista de seção transversal da unidade de empanque para um preventor de explosões anular em uma posição fechada.

A Figura 6 é uma vista de seção transversal de um preventor de explosões esférica.

25 A Figura 7 é uma vista de seção transversal de um preventor de explosões de aríete.

A Figura 8 é uma vista em perspectiva de cisalhadores de aríete para um preventor de explosões de aríete.

A Figura 9A é uma vista em perspectiva de uma vedação superior

para blocos de aríete de um preventor de explosões de aríete.

A Figura 9B é uma vista de seção transversal de uma vedação superior para blocos de aríete de um preventor de explosões de aríete.

5 A Figura 10 é uma vista de seção transversal de um empanque de aríete de buraco variável para um bloco de aríete de um preventor de explosões de aríete.

A Figura 11 é uma representação gráfica da compressão *versus* o número de iterações FEA.

10 A Figura 12 é um fluxograma que mostra um método de fabricação de uma vedação para um preventor de explosões de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 13 é um perfil de seção transversal e axial de uma unidade de empanque anular em um plano bidimensional (utilizando os eixos x e z) de acordo com as realizações descritas no presente.

15 A Figura 14 é um perfil de seção transversal e radial de uma unidade de empanque anular em um plano bidimensional (utilizando os eixos x e y) de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 15 é uma porção de um modelo da vedação de uma unidade de empanque anular em um plano tridimensional (utilizando os eixos x, y e z) de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 16 é uma porção de uma malha da vedação de uma unidade de empanque anular em um plano tridimensional (utilizando os eixos x, y e z) de acordo com as realizações descritas no presente.

25 A Figura 17A é uma vista terminal de um inserto metálico para uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular.

A Figura 17B é uma vista terminal de um inserto metálico para uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 18A é uma vista superior de um inserto metálico para uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular.

A Figura 18B é uma vista superior de um inserto metálico para uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular.

5 A Figura 19A é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

10 A Figura 19B é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 20A é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

15 A Figura 20B é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 21A é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

20 A Figura 21B é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 22 é uma representação gráfica da compressão *versus* o número de iterações FEA de acordo com as realizações descritas no presente.

25 A Figura 23A é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular com desligamento seletivo de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 23B é um plano de esforço de um modelo de vedação

de uma unidade de empanque anular com desligamento seletivo de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 24A é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular com desligamento seletivo de acordo
5 com as realizações descritas no presente.

A Figura 24B é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular com desligamento seletivo de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 25A é um plano de esforço de um modelo de vedação
10 de uma unidade de empanque anular com desligamento seletivo de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 25B é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular com desligamento seletivo de acordo com as realizações descritas no presente.

15 A Figura 26 mostra um sistema de computador utilizado para projetar vedações para preventores de explosões de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 27A é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas
20 no presente.

A Figura 27B é um plano de esforço de um modelo de vedação de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

A Figura 28 é um modelo de vedação de uma unidade de
25 empanque anular de acordo com as realizações descritas no presente.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Em um aspecto, as realizações descritas no presente se referem a um método para a fabricação de uma vedação para um preventor de

explosões. Em outro aspecto, as realizações descritas no presente se referem a um método para otimizar uma vedação para um preventor de explosões que incorpora utilizando um plano de esforço no método. Em outro aspecto, as realizações descritas no presente se referem a um método para certificar um modelo da vedação para um preventor de explosões utilizando o FEA para produzir um plano de esforço após o modelo ter sido uniformizado e analisado na maior parte em resposta a uma condição de deslocamento.

Conforme utilizado no presente, um “material rígido” se refere a qualquer material que pode fornecer estrutura a uma vedação de um preventor de explosões, ambos metálico ou não metálico. Os exemplos para um material rígido podem incluir, mas sem se limitar a, aço, bronze e compósitos de alta resistência (por exemplo, compósitos de carbono, compósitos de epóxi, termoplásticos). Ainda, conforme utilizado no presente, um “vedação” se refere a um dispositivo que é capaz de separar regiões de alta pressão de regiões de baixa pressão. Os exemplos de vedação de preventores de explosões incluem, mas não estão limitados a, unidade de empanque anular, vedações superiores e arietes de buraco variável.

Conforme mencionado acima, as técnicas e modelos historicamente utilizados para projetar e fabricar as vedações possuindo elastômero e materiais rígidos para os preventores de explosões podem não fornecer informação precisa para melhorar o desempenho do projeto da vedação. Portanto, no projeto, fabricação e certificação da vedação para um preventor de explosões, de acordo com as realizações descritas no presente, um método incluindo FEA da maior parte da compressão e a geração de um plano de esforço pode ser utilizado para gerar resultados convergentes mais precisos sob uma dada condição de deslocamento. Este método FEA, em adição a certas técnicas para a geração de modificação dos modelos da vedação, pode calcular mais precisamente a compressão na vedação porque

ele é projetado para acomodar a grande quantidade de tensão e compressão sofrida pelas vedações do preventor de explosões. O software apropriado para realizar tal FEA inclui, mas não está limitado a, ABAQUS (disponível pela ABAQUS, Inc.), MARC (disponível pela MSC Software Corporation) e ANSYS (disponível pela ANSYS, Inc.).

Especificamente, as realizações e os métodos descritos no presente podem fornecer, vantajosamente, técnicas para a geração e a análise dos modelos de vedação dentro da FEA para determinar a resposta da vedação nas condições de deslocamento caracterizado por grandes quantidades de compressão. Os métodos descritos no presente podem utilizar um projeto da vedação simplificado e/ou modelo de uma vedação para auxiliar na análise da vedação. Por exemplo, os métodos descritos no presente podem evitar analisar as concentrações de tensão e compressão de um projeto de vedação complexo ao “uniformizar” aquele projeto.

Conforme utilizado no presente, o termo “uniformizar” se refere a diversas técnicas para simplificar uma geometria complexa de um projeto da vedação para a utilização com FEA. Estas técnicas também podem permitir a análise de um modelo uniformizado (isto é, um modelo FEA construído a partir de um projeto uniformizado) para correlacionar com as condições observadas experimentalmente e para convergir com um resultado definitivo quando a análise de um modelo não uniformizado não pode. Como tal, um modelo construído a partir de um projeto uniformizado pode ser analisado dentro da FEA para determinar um total, ou “maior parte”, da condição da compressão. Ao analisar esta maior parte da compressão (isto é, não localizada), o desempenho e/ou possivelmente a falha, de uma vedação em diversas condições de deslocamento podem ser previstos com maior precisão. Seguindo a análise do modelo uniformizado para a condição da maior parte da compressão, o conhecimento obtido a partir do mesmo pode ser incorporado

no projeto da vedação (não-uniformizado) que será fabricado.

Com referência agora à Figura 12, um fluxograma que ilustra um método para a fabricação de uma vedação incluindo um elastômero e um material rígido é mostrado. Como uma primeira etapa 1210, as propriedades dos materiais da vedação (por exemplo, os elastômeros e os materiais rígidos) são determinadas. As propriedades do material podem ser determinadas através de testes empíricos ou, como alternativa, podem ser fornecidos a partir de dados das propriedades do material disponíveis comercialmente. Depois, um modelo da vedação tridimensional (isto é, malha) para a vedação é gerado 1220. Como tal, a geração de um modelo de vedação 1220 também pode compreender importar um projeto da vedação 1221 e uniformizar subseqüentemente o projeto da vedação importado 1222 para simplificar a análise FEA.

Depois, as condições de deslocamento são simuladas na FEA utilizando o modelo da vedação uniformizado 1230. De preferência, as condições de deslocamento refletem as forças, estados de carga ou compressões que a vedação pode esperar sofrer em operação. Ainda, após simular as condições de deslocamento, um plano da compressão que mostra a compressão e a deformação que ocorre no modelo da vedação é gerado e analisado 1240. Idealmente, o plano da compressão mostra a localização e a quantidade de compressão que ocorre no modelo da vedação em resposta às condições de deslocamento simuladas. O plano da compressão pode ser analisado e revisado 1240 para determinar as características de desempenho do modelo da vedação. Se o modelo da vedação requer melhoramento, o método pode retornar (*loopback*) para 1210 para determinar as propriedades do material de outro material para a vedação, ou pode alternativamente retornar para 1220 para a geração e análise de outro modelo de vedação. Este retorno permite que o modelo da vedação seja ainda simulado na FEA para

determinar seu desempenho e ainda as modificações dos modelos. Caso contrário, se o modelo da vedação for considerado aceitável e satisfizer os critérios especificados, o modelo da vedação pode ser utilizado para fabricar uma vedação para o preventor de explosões 1250.

5 Na etapa inicial 1210, as propriedades dos materiais da vedação são determinadas. Dos materiais, os materiais elastoméricos possuirão menor módulo de elasticidade do que os materiais rígidos. Portanto, quando a vedação é submetido a grandes quantidades de tensão, a porção elastomérica da vedação irá comprimir mais do que as porções do material rígido. Por exemplo, quando a unidade de empanque em um preventor de explosões anular for colocada na posição fechada, o corpo elastomérico da unidade de empanque irá comprimir significativamente mais do que os insertos metálicos. Pelo fato dos elastômeros comprimirem s significativamente mais do que os materiais rígidos para qualquer intensidade de tensão dada, pode ser especialmente importante determinar as propriedades do material de um elastômero utilizado na vedação, especificamente a relação entre a tensão e a compressão através do elastômero.

20 Nos materiais viscoelásticos sob tensão constante, a compressão pode aumentar com o tempo (isto é, deformar). Inversamente, sob um nível constante de compressão, a tensão dentro dos materiais viscoelásticos diminui ao longo do tempo (isto é, repouso). Além disso, maiores níveis de tensão e menores temperaturas podem levar a um aumento no módulo da elasticidade para os materiais viscoelásticos. A elongação de um material se refere à porcentagem de mudança no comprimento de um material. A quantidade máxima de tensão de compressão à qual o material pode ser submetido, ou alongado a, antes da falha é referido como o alongamento na quebra. Um material pode possuir um módulo alto ou baixo de elasticidade, mas pode exibir um baixo alongamento na quebra, tal que o material irá falhar sem sofrer muita

compressão. Ainda, a resistência à tensão de um material é a quantidade máxima de tensão (sob tensão) que um material pode ser submetido antes da falha. Como a tensão é exercida sobre o material, o material comprime para acomodar a tensão. Uma vez que a tensão é excessiva para o material, ele não
5 será mais capaz de comprimir e o material colapsa. O ponto de falência do material é conhecido como o limite de esforço de tração.

Além disso, se os deslocamentos cíclicos são aplicados a um material elastomérico, a histerese (fase lag) pode ocorrer, levando a uma dissipação da energia mecânica dentro do material elastomérico. A histerese
10 pode ocorrer quando há uniformização induzida por tensão. Isto pode ser descrito como uma uniformização instantânea e irreversível para um material que ocorre quando um deslocamento aplicado aumenta além de qualquer valor máximo anterior, resultando em uma mudança da curva de tensão-compressão do material. Acredita-se que esta uniformização induzida, que também pode
15 ser referida como o efeito Mullin, seja pelo menos parcialmente atribuída à quebra microscópica das ligações em um material elastomérico. Isto enfraquece o material elastomérico durante uma deformação inicial, tal que o material é, por sua vez, mais fraco nas deformações subseqüentes do material.

Portanto, em uma realização da presente descrição, para
20 determinar pelo menos uma das propriedades do material do elastômero para a vedação do preventor de explosões, conforme descrito acima, o teste empírico do elastômero pode ser utilizado. Especificamente, os testes podem ser realizados para determinar as propriedades do material elastomérico. Os exemplos de testes que podem ser realizados incluem, mas não estão
25 limitados a, um teste de tensão uniaxial, um teste de compressão uniaxial, um teste de cisalhamento e um teste de tensão biaxial. Um teste de tensão uniaxial aplica carga tênsil em uma direção a um material e mede a compressão correspondente no material. Um teste de compressão uniaxial aplica uma carga

compressiva em uma direção a um material e mede a compressão correspondente induzida no material. Um teste de cisalhamento aplica cargas de cisalhamento a um material e mede a compressão de cisalhamento correspondente do material. Ainda, um teste de tensão biaxial aplica cargas de tensão em duas direções a um material e mede a compressão correspondente do material. A utilização destes testes, em adição a outros testes comumente conhecidos no estado da técnica, pode auxiliar na análise e determinação das propriedades do material do elastômero. Além disso, deve ser entendido por um técnico no assunto que uma vez que as propriedades do material da maioria dos materiais variam com a temperatura, o desempenho dos testes múltiplos em diferentes temperaturas pode ser prudente para estabelecer certas propriedades do material.

Na etapa 1220, um modelo (isto é, malha) para a vedação é gerado. Quando se gera o modelo da vedação, as características do projeto da vedação são selecionadas e aplicadas ao modelo. Por exemplo, para uma unidade de empanque para o preventor de explosões anular, o número de insertos utilizados, a largura do insertos de material rígido, e o material específico utilizado para os insertos do material rígido podem ser selecionados quando se gera o modelo da vedação. Os modelos da vedação podem ser criados em um pacote de software do projeto auxiliado por computador ("CAD") (por exemplo, AutoCAD disponível pela Autodesk, Inc., e Pro/Engineer disponível pela Parametric Technology Corporation) e importada no pacote de software FEA ou, alternativamente, podem ser gerados dentro dos pacotes FEA (por exemplo, ABAQUS e PATRAN).

Com referência agora as Figura 13 – 16, um método para gerar um modelo da vedação de acordo com as realizações descritas no presente é mostrado. Especificamente, conforme mostrado, um modelo de unidade de empanque 105 de um preventor de explosões pode ser gerado a partir de um

projeto de vedação criado utilizando o software CAD. Conforme mostrado na Figura 13, os perfis axiais de seção transversal 1301 de um projeto de vedação pode ser gerado da unidade de empanque anular 105 em um plano bidimensional (utilizando os eixos x e z). A unidade de empanque 105 inclui o corpo elastomérico 107 e o inserto de material (por exemplo, metal) rígido 109 com o buraco 111. Os perfis de seção transversal radial e axial múltiplo podem ser gerados para representar as seções diferentes da vedação. Por exemplo, os perfis podem ser gerados de seções de uma unidade de empanque 105 que possuem ou não insertos metálicos 109.

A partir daqui, conforme mostrado na Figura 14, em adição à geração dos perfis axiais de seção transversal 1301, os perfis radiais de seção transversal 1401 do projeto da vedação pode ser gerado para representar as seções radiais diferentes da vedação em um plano bidimensional (utilizando os eixos x e y). Por causa da simetria da unidade de empanque 105, apenas uma porção radial de seção transversal, dos perfis radiais 1401, conforme mostrado, pode precisar ser gerado. Então, conforme mostrado na Figura 15, ao combinar os perfis axial e radial 1301, 1401, um projeto de vedação tri-dimensional 1501 pode ser gerado para representar pelo menos uma porção da unidade de empanque 105 em um plano tridimensional (utilizando os eixos x, y e z correspondentes das Figuras 13 e 14). No projeto da vedação tridimensional 1501, os insertos metálicos 109 e o corpo elastomérico 107 são gerados como corpos separados que podem interagir entre si. Dependendo da complexidade do projeto da vedação (isto é, unidade de empanque neste caso), mais perfis 1301, 1401 da vedação podem ser gerados para mais detalhes no projeto da vedação 1501.

Ainda, conforme mostrado, o projeto da vedação 1501 e o modelo ou malha 1601 (discutidos abaixo) podem apenas representar uma porção radial da unidade de empanque 105. Entretanto, o remanescente da unidade

de empanque 105 pode ser facilmente gerado ao tirar vantagem da geometria simétrica da unidade de empanque 105. Os técnicos no assunto regulares irão considerar que no caso dos modelos radialmente simétricos, as porções simétricas e os perfis podem ser utilizados e replicados para simplificar a
5 geração do modelo.

Com referência agora à Figura 16, o projeto da vedação 1501 criado utilizando o software CAD pode ser importado no software FEA para gerar um modelo ou malha 1601 de numerosos elementos finitos 1603. Os elementos finitos 1603 da malha 1601 trabalham juntos para simular uma
10 vedação e uma unidade de empanque quando tensões e forças são aplicadas. Os elementos finitos 1603 do corpo elastomérico 107 da unidade de empanque 105 irá simular e responder à tensão e às forças (isto é, eles irão exibir a compressão) correspondendo às propriedades do material do material elastomérico.

De modo similar, os elementos finitos 1603 dos insertos metálicos
15 109 da unidade de empanque 105 irá simular e responder à tensão e às forças correspondendo às propriedades do material dos insertos metálicos. Portanto, os elementos finitos 1603 deformam e comprimem para simular a resposta dos materiais diferentes (por exemplo, elastômeros e materiais rígidos) da vedação
20 de acordo com suas propriedades do material. Enquanto os elementos finitos 1603 são mostrados como elementos de oito nodos (isto é, elementos de bloco), os elementos finitos de qualquer formato conhecido no estado da técnica podem ser utilizados.

Ainda, enquanto se gera um modelo de vedação 1220, uma série
25 de técnicas de uniformização pode ser utilizada no projeto da vedação 1222. Em muitas circunstancias, conforme mencionado acima, a análise da geometria fabricada atual da vedação utilizando o FEA pode levar às complicações quando grandes quantidades de tensão e compressão são simuladas.

Particularmente, conforme fabricado, a geometria dos componentes da vedação metálico inclui cantos arredondados e outras características de redução da concentração da tensão para distribuir a tensão de modo mais uniforme através do componente conforme ele é carregado. Entretanto, foi descoberto que estas técnicas podem afetar de modo adverso os modelos FEA na FEA em que eles podem aumentar a complexidade do modelo e podem evitar que a FEA produza resultados precisos. Portanto, um modelo de vedação gerado a partir do projeto uniformizado pode incluir a remoção das características de concentração da tensão conforme fabricadas em um esforço para melhorar os resultados da FEA.

Em uma realização, o material rígido do projeto da vedação pode ser modificado (isto é, uniformizado) para reduzir sua complexidade. Com referência agora à Figura 17A, uma vista terminal do inserto metálico 1701 incluindo os flanges 1703 conectadas a uma rede 1705 é mostrada. O inserto metálico 1701 inclui tipicamente os cantos internos arredondados 1707 e os cantos externos quadrados 1709. Entretanto, em uma realização da uniformização de um projeto, os cantos do inserto metálico podem ser modificados. Por exemplo, com referência agora à Figura 17B, é mostrada uma vista terminal de um projeto de inserto metálico 1711 incluindo os flanges 1713 conectados por uma rede 1715 de acordo com as realizações descrita no presente. Na uniformização do projeto, os cantos internos 1717 podem ser modificados para reduzir ou eliminar seu raio (conforme mostrado) em uma tentativa de simplificar um modelo construído subsequente. Ainda, na uniformização do projeto da vedação, os cantos externos 1717 podem ser modificados para adicionar ou aumentar seu raio (também mostrado) em uma tentativa de simplificar um modelo construído subsequente. Um modelo de vedação construído deste modo pode ser analisado quanto às compressões em grande parte, tal que o FEA pode produzir resultados mais precisos e

definitivos do que seria possível utilizando o anterior, uma abordagem mais “localizada”.

Além disso, em outra realização, ao invés de uniformizar o projeto pela modificação interna e externa dos cantos do inserto do material rígido, a
5 uniformização pode incluir modificar o formato do inserto do material rígido e sua posição dentro do corpo elastomérico. Com referência agora à Figura 18A, é mostrada uma vista superior de um inserto metálico 1801 disposto dentro de uma porção de um corpo elastomérico 1802 de uma unidade de empanque anular. O flange 1803 e a rede 1805 (esboço mostrado) do inserto metálico
10 1801 mostrada possui um esboço retangular, em que as extremidades do flange 1804A, 1804B do flange 1803 e as extremidades da rede 1806A, 1806B da rede 1805 são definidas por margens lineares. As extremidades 1804A, 1806A são radialmente mais próximas ao eixo central 103 do que as extremidades 1804B, 1806B.

Entretanto, com referência à Figura 18B, o formato e a orientação do inserto metálico pode ser uniformizado para uma análise da maior parte da compressão. Na Figura 18B, é mostrada uma vista superior de um inserto metálico 1811 disposto dentro de uma porção de um corpo elastomérico 1802 de uma unidade de empanque anular de acordo com as realizações descritas
20 no presente. Conforme mostrado, a flange 1813 e a rede 1815 (esboço mostrado) do inserto metálico 1811 possui extremidades arqueadas para definir um esboço radial centrado acerca do eixo central 103. Especificamente, as laterais 1814C, 1814D do flange 1813 pode seguir ao longo das linhas radiais 1817, se prolongando radialmente para fora do eixo central 103. As laterais
25 1816C, 1816D da rede 1815 pode seguir de modo similar ao longo das linhas radiais (não mostradas). Com isto, as extremidades do flange 1814A, 1814B dispostas entre as laterais do flange 1814C, 1814D e as extremidades da rede 1816A, 1816B dispostas entre as laterais da rede 1816C, 1816D podem então

seguir um caminho arqueado para possuir um arco, inclinação ou curva, conforme mostrado. De preferência, as extremidades arqueadas 1814A, 1814B, 1816A, 1816B seguem as vias radiais 1818 definidas acerca do eixo central 103. Portanto, conforme mostrado, uma largura do flange 1813 e a rede
5 1815 aumenta quando segue ao longo de suas laterais 1814C, 1814D, 1816C, 1816D das extremidades 1814A, 1816A para as extremidades 1814B, 1816B. Como tal, um modelo construído de vedação deste modo pode ser capaz de simular de modo mais preciso a compressão durante a FEA para produzir resultados mais precisos e definitivos.

10 Ainda, o corpo elastomérico do projeto da vedação também pode ser uniformizado. Com referência novamente à Figura 15, o corpo elastomérico 107 inclui uma face de compressão 108 correspondendo à face da cunha 118 do pistão (117 na Figura 1). Quando o pistão 117 é ativado, a face da cunha 119 entra em contato e comprime a unidade de empanque 105 para lacrar o
15 poço. Em uma técnica, o projeto da vedação pode ser uniformizado ao modificar a face de compressão para possuir aproximadamente do mesmo ângulo que a face da cunha do pistão. Alternativamente, as faces da cunha e de compressão podem ser modificadas para aumentar uma região de contato entre os mesmos. Ao modificar a face de compressão, a face da cunha, ou
20 ambos, um modelo da vedação construído a partir destes pode ser capaz de simular mais precisamente a compressão para o plano de esforço durante a FEA. Como a face de compressão do corpo elastomérico possuiria de outro modo um ângulo diferente do que a face da cunha do pistão, a informação da FEA pode ser simplificada para produzir resultados mais precisos e definitivos
25 quando deslocados.

Os técnicos no assunto regulares irão considerar que, em adição a estas técnicas de uniformização e modificações descritas, outras técnicas podem ser utilizadas, bem como a adição. Por exemplo, em outra realização, a

rede do inserto do material rígido pode ser modificado, tal como esburacar a rede do inserto, contanto que o inserto do material rígido forneça suporte estrutural suficiente para que a vedação sustente as forças aplicadas a ele quando sob qualquer e todas as condições de deslocamento.

5 De preferência, quando se gera os modelos da vedação na etapa 1220, especialmente quando uniformiza o projeto da vedação 1222 do modelo da vedação, o volume do corpo elastomérico e dos insertos de material rígidos do modelo da vedação permanece substancialmente constante. Se o volume não permanecer constante, os resultados e a compressão simulada do plano
10 de esforço criado pela FEA podem não ser precisos ou consistentes. Por exemplo, quando se aplica uma força a um elemento, a força sobre o elemento irá tensionar o elemento, ocasionando a compressão do elemento para acomodar a tensão. Entretanto, a tensão aplicada ao elemento é diretamente proporcional à força aplicada ao elemento e inversamente proporcional à área
15 ou volume do elemento. Portanto, se a força aplicada ao elemento aumenta e/ou o volume do elemento diminui, a tensão irá aumentar correspondentemente no elemento.

Utilizando este conceito, os volumes respectivos do corpo elastomérico e os insertos de material rígido, de preferência, permanecem
20 substancialmente constantes para fornecer resultados precisos. Por exemplo, se o volume do modelo da vedação total ter mudado substancialmente a partir da vedação atual, o plano de esforço do modelo da vedação pode mostrar um aumento da compressão no corpo elastomérico com condições de deslocamento correspondentes. Ainda, se o volume do modelo da vedação
25 mudar a partir das técnicas de uniformização para o projeto da vedação do modelo da vedação, tal como aumentar o volume do corpo elastomérico do modelo da vedação durante o processo de uniformização, os planos de compressão do modelo comprimido pode mostrar uma diminuição na

compressão simulada com condições de deslocamento correspondentes. Portanto, se o volume do corpo elastomérico e o inserto do material rígido do modelo da vedação aumentar ou diminuir, a compressão simulada no modelo iria mudar inerentemente, independente se o modelo da vedação foi modificado para quaisquer melhoras. Além disso, se o volume total da vedação permanecer consistente entre os modelos não uniformizados e uniformizados, mas os volumes relativos do corpo elastomérico e dos insertos rígidos mudarem, os planos de compressão podem ser similarmente comprometidos.

Continuando agora com a etapa 1230, as condições de deslocamento são simuladas sob uma vedação para um preventor de explosões em FEA utilizando o modelo de vedação gerado. De preferência, as condições de deslocamento simuladas que são cargas e comprimem a vedação podem esperar para experimentar em operação. Por exemplo, um modelo de uma unidade de empanque de um preventor de explosões anular pode requerer condições de deslocamento simuladas correlacionando à compressão em uma posição fechada para vedar ao redor de uma secção do tubo de perfuração. Ainda, se nenhum tubo de perfuração estiver presente, o modelo pode experimentar uma condição de deslocamento simulada correlacionando à compressão para fechar ao redor de si para vedar o buraco.

Na etapa 1240, um plano de esforço, mostrando a compressão e a deformação que ocorre no modelo da vedação em resposta às condições de deslocamento, pode ser analisado e revisto para determinar o desempenho da vedação do modelo. Com referência agora às Figuras 19-21, são mostrados os planos de compressão transversais de um modelo da vedação, de acordo com as realizações descritas no presente. Especificamente, o modelo da vedação é de uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular, em que o modelo da unidade de empanque é inicialmente simulado com uma condição de deslocamento tão fechada em relação a um tubo de perfuração 151. Então,

a unidade de empanque é mostrada em uma condição original antes da unidade de empanque ser simulada com a condição de deslocamento, mas a compressão da condição de deslocamento simulada é sobreposta através da unidade de empanque não deslocada. Esta técnica pode ser realizada pelo
5 cálculo da compressão de cada elemento do modelo da vedação com a condição de deslocamento e ao mostrar a compressão sob cada elemento correspondente do modelo da vedação na condição original. Isto pode permitir que a compressão ocorra na unidade de empanque sob a condição de deslocamento simulada a ser “mapeada” de volta para seu local original na
10 unidade de empanque.

Com referência agora à Figura 19A, um plano de esforço do modelo de unidade de empanque mostra a compressão log principal máxima que ocorre no modelo da vedação com uma condição de deslocamento simulada de fechamento da unidade de empanque acerca do tubo de
15 perfuração 151. Na Figura 19B, um plano de esforço do modelo da vedação mostra a unidade de empanque originalmente antes da condição de deslocamento ser simulada através do modelo da vedação na Figura 19A, mas o plano de esforço log principal máximo da Figura 19A é sobreposto através do modelo da vedação não deformado. Especificamente, a compressão de cada
20 elemento no modelo da vedação na condição de deslocamento na Figura 19A é adicionada para cada elemento no modelo da vedação não deformado na Figura 19B. Isto permite que o plano de esforço mostre onde as concentrações da compressão serão localizadas quando em uma condição de não distorção.

De modo similar, com referência à Figura 20A, um plano de
25 esforço do modelo da unidade de empanque mostra a compressão log axial que ocorre no modelo da vedação com uma condição de deslocamento de fechamento da unidade de empanque acerca do tubo de perfuração 151. Na Figura 20B, um plano de esforço do modelo da vedação mostra a unidade de

empanque originalmente antes da condição de deslocamento ser simulada através do modelo da vedação na Figura 20A, mas o plano de esforço log axial da Figura 20A é sobreposto através do modelo da vedação não distorcido.

Ainda de modo similar, com referência à Figura 21A, um plano de esforço do modelo da unidade de empanque mostra a compressão log de cisalhamento que ocorre no modelo da vedação com uma condição de deslocamento de fechamento da unidade de empanque acerca do tubo de perfuração 151. Na Figura 21B, um plano de esforço do modelo da vedação mostra a unidade de empanque originalmente antes da condição de deslocamento ser simulada através do modelo da vedação na Figura 21A, mas o plano de esforço log de cisalhamento da Figura 21A é sobreposto através do modelo da vedação não distorcido.

Conforme mostrado nas Figuras 19-21, a unidade de empanque experimenta grandes quantidades de compressão para acomodar a condição de deslocamento simulada na posição fechada, simulada com o modelo da vedação. Por causa destas grandes compressões, os elementos finitos do modelo ou malha podem não deformar adequadamente para convergir para um resultado preciso ou definitivo. Entretanto, ao analisar uma parte principal do plano de esforço de um modelo uniformizado na etapa 1240, um resultado definitivo pode ser encontrado. O foco da FEA na avaliação da maior parte da compressão pode ser utilizado para produzir mais resultados precisos.

Com referência agora à Figura 22, um gráfico que mostra a compressão (eixo y) *versus* o número de iterações (eixo x) dentro da FEA é mostrado. A compressão simulada no eixo y é uma grandeza da compressão principal em uma direção específica simulada através de um elemento finito do modelo da vedação para uma dada condição de deslocamento. Ainda, o número de iterações no eixo x se refere à quantidade de simulações de FEA utilizadas quando se utiliza o modelo da vedação. Entretanto, ao contrário das

iterações FEA na Figura 11, em que o modelo é feito iterativamente mais localizado (isto é, complexo), cada iteração da Figura 22 pode uniformizar de forma crescente o modelo analisado (enquanto mantém o volume consistente) para fazer tal análise menos complexa por natureza. Como tal, à medida que a análise progride a partir de uma análise da compressão mais localizada (isto é, o lado esquerdo do eixo x) para uma maior parte da análise da compressão (isto é, a porção direita do eixo x), a solução converge e está contida dentro de uma faixa de tolerância de cerca de $\pm 1\%$. Especificamente, a solução FEA pode ser vista como convergindo na Figura 11 porque quando a solução de compressão simulada atinge uma solução dentro da faixa de tolerância, a solução continua a permanecer dentro da faixa de tolerância mesmo que mais iterações sejam continuadas. De modo desejável, a compressão simulada do modelo da vedação pode convergir dentro de uma tolerância de pelo menos cerca de 0,5% da compressão teórica.

Como tal, em contraste a aquela que o técnico no assunto iria acreditar intuitivamente, um modelo simplificado e uniformizado pode produzir uma solução FEA mais convergente e precisa do que os modelos complexos e detalhados. Conforme mostrado na realização, a compressão simulada produzida utilizando a FEA correlaciona com as soluções experimentalmente observadas e converge para um resultado definitivo e correto acerca da compressão teórica e dentro das limitações da faixa de tolerância. À medida que o número de iterações aumenta (e conforme o modelo é ainda uniformizado), a solução de compressão simulada produzida pela FEA corresponde à compressão encontrada na vedação através do teste empírico. Com estes resultados, a maior parte da compressão FEA pode fornecer resultados úteis para a simulação das vedações para os preventores de explosões para melhorar ainda seus projetos.

Por exemplo, com referência agora às Figuras 27A, 27B e 28, a

compressão que um modelo da vedação irá sustentar quando simulado com uma condição de deslocamento pode ser mostrado no plano de esforço quando estiver ainda na condição de deslocamento. Esta técnica permite que as compressões sejam determinadas dentro das áreas e elementos do modelo da vedação enquanto

5 ainda estiver na condição de deslocamento. Na Figura 27A, uma vista aumentada de um plano de esforço de um modelo de unidade de empanque mostra a compressão log principal máxima que ocorre no modelo da vedação com uma condição de deslocamento simulada de fechamento da unidade de empanque acerca do tubo de perfuração 151. Três elementos finitos 2711, 2713, 2715 que

10 experimentaram a compressão quando simulada com a condição de deslocamento fechada foram marcadas e identificadas. Na Figura 27B, uma vista aumentada de um plano de esforço do modelo da vedação mostra a unidade de empanque originalmente antes da condição de deslocamento ser simulada através do modelo da vedação na Figura 27A, mas a compressão log principal máxima que ocorre no

15 modelo da vedação da condição de deslocamento na Figura 27A é sobreposta através do modelo da vedação. Como os elementos 2711, 2713, 2715 foram marcados quando na condição de deslocamento na Figura 27A, os elementos 2711, 2713, 2715 podem ser seguidos de volta na Figura 27B para determinar sua localização original dentro do modelo da vedação para representar graficamente a

20 grandeza e a direção das compressões que eles experimentam. A Figura 28 também mostra o modelo da vedação de unidade de empanque e a malha das Figuras 27A, 27B com elementos 2711, 2713, 2715. Utilizando isto e as técnicas similares, as áreas do modelo da vedação com as concentrações da compressão podem ser mais facilmente determinadas para melhorar ainda o projeto do modelo

25 da vedação conforme necessário.

Ainda, quando se analisa o plano de esforço na etapa 1240, os planos de compressão podem ser utilizados para certificar o modelo da vedação para a utilização em um preventor de explosões. Especificamente, os

planos de compressão podem ser comparados com relação a um ou mais critérios especificados para determinar se o desempenho do modelo da vedação satisfaz as exigências necessárias. O critério especificado, por exemplo, pode incluir as exigências de desempenho, exigências do cliente ou até mesmo as exigências da indústria para as vedações. Além disso, tais critérios podem ser comparados com relação ao plano de esforço de um modelo de vedação analisado para determinar se uma vedação fabricado de acordo com o modelo estaria em conformidade com tais exigências. Por exemplo, um cliente pode requerer as unidades de empanque dos preventores de explosões anulares para serem capazes de experimentar as compressões superiores a 300%. Um plano de esforço da unidade de empanque do modelo da vedação em uma condição de deslocamento de posição fechada pode então ser comparado com relação a um critério específico para determinar se o modelo da vedação é capaz de satisfazer tais exigências.

Em outro exemplo, as exigências da indústria, tais como API 16A / ISO 13533:2001, podem ser utilizadas como critério específico para comparar e certificar um modelo da vedação. Em particular, a API 16A3 Seção 5.7.2 faz referências a um “teste de fechamento” para preventores de explosões do tipo ariete, enquanto que a API 16A, Seção 5.7.3 faz referência a um teste de fechamento para os preventores de explosões do tipo anular. Sob o API 16A/ ISO 13533:2001, uma unidade de empanque pode ser requerida para sofrer seis fechamentos acerca do tubo de perfuração e, em um sétimo fechamento, ser capaz de lacrar efetivamente com relação à pressão de cerca de 200-300 psi (1,4 – 2,1 MPa). Portanto, as condições de deslocamento a partir das exigências das indústrias podem ser utilizadas em conjunto com uma simulação para determinar se uma vedação é capaz de satisfazer tais exigências. Utilizando os métodos e as realizações descritas no presente, o modelo da vedação pode ser então certificado ao comparar os planos de

compressão do modelo da vedação com relação a estes critérios especificados.

Se o modelo da vedação gerado na etapa 1220 e analisado na etapa 1240 puder ser ainda melhorado (por exemplo, se o modelo não satisfizer o critério especificado), o método pode retornar para a etapa 1210 para determinar as propriedades do material para outro material da vedação, ou o método pode retornar para a etapa 1220 para possuir o modelo da vedação regenerado ou modificado conforme necessário. Este retorno de geração do modelo da vedação 1220 e a análise do modelo da vedação 1240 podem ser repetidos diversas vezes até um modelo de vedação “otimizado” ser obtido.

Em uma realização, as porções selecionadas de um corpo elastomérico de uma unidade de empanque pode ser desligado dos insertos do material rígido quando retornado e regenera o modelo da vedação 1220 para reduzir a quantidade e a localização da compressão. Tipicamente, o corpo elastomérico está completamente ligado aos insertos metálicos para a unidade de empanque para manter uma rigidez máxima, conforme discutido acima com relação ao estado da técnica anterior. Entretanto, se as porções selecionadas do corpo elastomérico não estiverem ligadas aos insertos de material rígido, isto pode reduzir a compressão no elastômero da unidade de empanque quando a unidade de empanque é modelada em FEA para mostrar os planos de compressão.

Com referência ágoras às Figuras 23-25, os planos de compressão de um modelo de vedação uniformizado possuindo tais desligamentos seletivos são mostrados. Especificamente, o modelo da vedação é de uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular, em que o modelo da unidade de empanque é inicialmente simulado com uma condição de deslocamento tão fechada acerca do tubo de perfuração

151. Então, a unidade de empanque é mostrada em uma condição original antes da unidade de empanque ser simulada com a condição de deslocamento, mas a compressão da condição de deslocamento simulada é sobreposta através da unidade de empanque. Esta técnica é similar às Figuras 19-21 de cima. Entretanto, o corpo elastomérico do modelo da vedação nas Figuras 23-25 é adicionalmente desligado de uma superfície posterior 109B atrás de uma cabeça 109A do inserto metálico 109.

Com referência agora à Figura 23A, um plano de esforço do modelo da unidade de empanque com tal corpo elastomérico “desligado seletivamente” mostra a compressão log principal máxima que ocorre no modelo da vedação com uma condição de deslocamento simulada de fechamento da unidade de empanque acerca do tubo de perfuração 151. Na Figura 23B, um plano de esforço do modelo da vedação mostra o modelo de unidade de empanque desligado seletivamente, originalmente antes da condição de deslocamento ser simulada através do modelo da vedação na Figura 23A, mas o plano de esforço log principal máximo da Figura 23A é sobreposto através do modelo da vedação não distorcido. Isto permite que o plano da compressão mostre onde as concentrações da compressão estarão localizadas quando na condição de não distorcida.

De modo similar, com referência à Figura 24A, um plano de esforço do modelo da unidade de empanque como um corpo elastomérico desligado seletivamente mostra a compressão log axial que ocorre no modelo da vedação com uma condição de deslocamento simulada de fechamento da unidade de empanque acerca do tubo de perfuração 151. Na Figura 24B, um plano de esforço do modelo da vedação mostra o modelo de unidade de empanque desligado seletivamente, originalmente antes da condição de deslocamento ser simulada através do modelo da vedação na Figura 24A, mas o plano de esforço log axial da Figura 24A é sobreposto através do modelo da

vedação não distorcido.

Ainda de modo similar, com referência à Figura 25A, plano de esforço do modelo da unidade de empanque com um corpo elastomérico desligado seletivamente mostra a compressão log de cisalhamento que ocorre
5 no modelo da vedação com uma condição de deslocamento simulada de fechamento da unidade de empanque acerca do tubo de perfuração 151. Na Figura 25B, um plano de esforço do modelo da vedação mostra o modelo de unidade de empanque desligado seletivamente, originalmente antes da condição de deslocamento ser simulada através do modelo da vedação na
10 Figura 25A, mas o plano de esforço log de cisalhamento da Figura 25A é sobreposto através do modelo da vedação não distorcido.

Cada um dos planos de compressão do modelo da unidade de empanque com um corpo elastomérico desligado seletivamente (isto é, Figuras 23-25) indica menos compressão do que os planos de compressão do modelo
15 da unidade de empanque sem o desligamento seletivo do corpo elastomérico (isto é, as Figuras 19-21). Especificamente, o volume do corpo elastomérico adjacente à superfície posterior da cabeça do inserto do material rígido indica menos compressão nos planos de compressão do modelo da vedação quando o corpo elastomérico é desligado do inserto de material rígido. Portanto,
20 conforme mostrado com a unidade de empanque desligada seletivamente, o modelo da vedação pode ser modificado e regenerado para produzir um modelo da vedação otimizado que reduz a localização e a quantidade de ocorrência de tensão no modelo da vedação.

De modo similar ao acima com relação à geração de um modelo
25 da vedação 1220, quando se simula as condições de deslocamento através dos modelos da vedação 1230, é preferível para os volumes do modelo da vedação e seus componentes permaneçam substancialmente constantes. Se os volumes não permanecerem constantes, os resultados dos planos de

compressão e da compressão simulada na FEA pode não correlacionar com os resultados observados experimentalmente ou entre si, fornecendo deste modo resultados imprecisos. Por exemplo, se o volume dos modelos da vedação das unidades de empanque mostrasse no plano de esforço das Figuras 18-21 mudanças no volume dos modelos da vedação das unidades de empanque, mostradas nos planos de compressão das Figuras 23-25, seria difícil comparar os planos de compressão por causa do fator adicionado do volume da mudança. À medida que o volume do modelo da vedação da unidade de empanque aumenta ou diminui, a compressão simulada na unidade de empanque muda inerentemente, independente se o modelo foi modificado por quaisquer melhoramentos.

Na etapa 1250, após ser gerado, analisado e possivelmente regenerado (caso necessário), o modelo da vedação pode ser utilizado para fabricar uma vedação para um preventor de explosões 1250. Especificamente, utilizando as técnicas conhecidas no estado da técnica, uma vedação com base no modelo da vedação tridimensional pode ser fabricado para a utilização em um preventor de explosões, tal como uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular ou uma vedação superior ou um empanque de aríete de buraco variável, um preventor de explosões de aríete. Por exemplo, o modelo da unidade de empanque para o preventor de explosões anular que possui desligamento seletivo, conforme discutido acima e mostrado nas Figuras 23-25, pode ser fabricado para a utilização na indústria. A unidade de empanque de desligamento seletivo gerada em FEA reduziu as concentrações de compressão na unidade de empanque quando na posição fechada, quando comparado à unidade de empanque mostrada nas Figuras 19-21. Este modelo de vedação de desligamento seletivo pode, então, ser fabricado para a utilização ou teste dentro de um preventor de explosões por causa de seu desempenho aprimorado em relação à outra unidade de empanque mostrada a

partir da FEA.

Os aspectos das realizações descritas no presente, tais como a geração e a análise de um modelo de vedação de uma vedação para um preventor de explosões utilizando FEA, podem ser implementados em qualquer tipo de computador independentemente da plataforma utilizada. Por exemplo, conforme mostrado na Figura 26, um sistema de computador em rede 3060 que pode ser utilizado de acordo com uma realização descrita no presente inclui um processador 3062, associado à memória 3064, um dispositivo de armazenamento 3066 e numerosos outros elementos e funcionalidades típicas dos computadores atuais (não mostrados). Um computador em rede 3060 também pode incluir meios de informação, tais como um teclado 3068 e um mouse 3070, e meios de saída de informação, tais como um monitor 3072. Um sistema de computador 3060 é conectado a uma rede de área local (LAN) ou uma rede de área ampliada (por exemplo, a internet) (não mostrada) por meio de uma conexão de interface de rede (não mostrada). Os técnicos no assunto irão considerar que os meios de entrada e saída de informação podem assumir muitas outras formas. Adicionalmente, o sistema de computador pode não estar conectado à rede. Ainda, os técnicos no assunto irão considerar que um ou mais elementos de computador mencionados acima 3060 podem estar localizados em um local remoto e conectados a outros elementos com relação à rede.

Vantajosamente, os métodos e realizações descritos no presente podem fornecer resultados melhores e mais precisos quando se utiliza a FEA. Os métodos e realizações descritos no presente utilizam a compressão dentro da FEA para determinar as características de desempenho das vedações para os preventores de explosões nas condições de deslocamento simuladas. Isto permite que os elementos finitos dentro do modelo da vedação se desloquem quando acomodam grandes quantidades de compressão.

Ainda, os métodos e as realizações descritos no presente podem

fornecer técnicas de análise, uniformização, simplificação e modificação dos modelos da vedação para a utilização na FEA. Utilizando estas técnicas, a precisão dos resultados dos planos de compressão criados utilizando a FEA pode ser aprimorada. Adicionalmente, utilizando estas técnicas, o modelo da vedação pode ser modificado para reduzir a quantidade e a localização da compressão (por exemplo, concentrações de compressão) que ocorrem no modelo da vedação a partir dos planos de compressão simulados.

Além disso, os métodos e as realizações descritas no presente podem fornecer uma vedação para um preventor de explosões com uma maior vida útil. Por exemplo, a unidade de empanque pode ser modelada com as condições de deslocamento simuladas de fechamentos repetidos (isto é, fechando repetidamente a vedação acerca de um tubo de perfuração ou dele mesmo) para determinar as características do projeto que podem prolongar a vida útil (isto é, o número de fechamentos) da unidade de empanque.

Enquanto a presente invenção foi descrita com relação a um número limitado de realizações, os técnicos no assunto, possuindo o benefício desta descrição, irão considerar que outras realizações podem ser desenvolvidas que não desviam do escopo da presente invenção descrita no presente. Conseqüentemente, o escopo da presente invenção deve ser limitado apenas pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA A FABRICAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE UM PREVENTOR DE EXPLOSÕES, caracterizado por compreender as etapas de:

- 5 - seleccionar um projeto da vedação;
- gerar um primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito a partir do projeto da vedação seleccionado;
- uniformizar o primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito;
- 10 - analisar um plano de esforço do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de deslocamento; e
- fabricar uma vedação.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente as etapas de:

- 15 - certificar o primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito com relação a pelo menos um critério especificado.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uniformização compreende a modificação de um veículo interno de um inserto do material rígido do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uniformização compreende a modificação de um veículo externo de um inserto do material rígido do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uniformização compreende a modificação de uma face de compressão de um corpo elastomérico do primeiro modelo da vedação por

análise de elemento finito.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uniformização compreende a modificação de uma extremidade de um flange de um inserto do material rígido do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito.

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uniformização compreende a modificação de uma extremidade de uma malha de um inserto do material rígido do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uniformização compreende a modificação de uma lateral de um flange de um inserto do material rígido do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a uniformização compreende a modificação de uma lateral de uma malha de um inserto do material rígido do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito.

10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente os passos de:

- gerar um segundo modelo da vedação por análise de elemento finito com base no plano de esforço analisado do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado, e

- analisar um plano de esforço do segundo modelo da vedação por análise de elemento finito com base na condição de deslocamento.

11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o segundo modelo de vedação de análise de elemento finito é uniformizado mais do que o primeiro modelo de vedação de análise de elemento finito.

12. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que pelo menos um do primeiro modelo de vedação de análise de elemento finito e o segundo modelo de vedação de análise de elemento finito converge dentro de uma tolerância de cerca de 1%.

5 13. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que pelo menos um do primeiro modelo de vedação de análise de elemento finito e o segundo modelo de vedação de análise de elemento finito converge dentro de uma tolerância de cerca de 0,5%.

10 14. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que um volume de um corpo elastomérico do segundo modelo de vedação de análise de elemento finito é mantido substancialmente constante com o volume do modelo de vedação de análise de elemento finito uniformizado.

15 15. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um volume de um corpo elastomérico do primeiro modelo de vedação de análise de elemento finito é mantido substancialmente constante durante a uniformização.

16. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a vedação compreende um elastômero e um material rígido.

20 17. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o material rígido compreende um do grupo constituído de aço, bronze ou um compósito.

25 18. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a vedação do preventor de explosões é uma vedação superior para um preventor de explosões de aríete.

19. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a vedação do preventor de explosões é uma empanque de aríete de furo variável para um preventor de explosões de aríete.

20. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a vedação do preventor de explosões é uma unidade de empanque para um preventor de explosões anular.

21. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a condição de deslocamento compreende a compressão de pelo menos cerca de 300%.

22. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a condição de deslocamento compreende a compressão de pelo menos cerca de 450%.

23. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o plano de esforço compreende uma compressão principal máxima, compressão axial e compressão de cisalhamento.

24. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o plano de esforço compreende uma vista transversal do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito.

25. MÉTODO PARA CERTIFICAR UMA VEDAÇÃO DE UM PREVENTOR DE EXPLOSÕES, caracterizado por compreender os passos de:

- gerar um primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito,

- uniformizar o primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito,

- analisar um plano de esforço do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de deslocamento; e

- comparar o plano de esforço do modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com relação a pelo menos um critério especificado.

26. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 25,

caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente os passos de:

- gerar um segundo modelo da vedação por análise de elemento finito com base no plano de esforço analisado,

- analisar um plano de esforço do segundo modelo da vedação por análise de elemento finito com base na condição de deslocamento; e

- comparar o plano de esforço do segundo modelo da vedação por análise de elemento finito com relação a pelo menos um critério especificado.

27. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a uniformização do segundo modelo da vedação por análise de elemento finito.

28. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que a vedação compreende um elastômero e um material rígido.

29. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que pelo menos um critério especificado está baseado nas exigências de desempenho, exigências do cliente e exigências da indústria para a vedação.

30. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que as exigências da indústria compreendem API 16A/ ISO 13533:2001.

31. MÉTODO PARA A OTIMIZAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE UM PREVENTOR DE EXPLOSÕES, caracterizado por compreender as etapas de:

- uniformizar um primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito;

- analisar um plano de esforço do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de

deslocamento;

- gerar um segundo modelo da vedação por análise de elemento finito com base no plano de esforço analisado do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado;

5 - uniformizar o segundo modelo da vedação por análise de elemento finito;

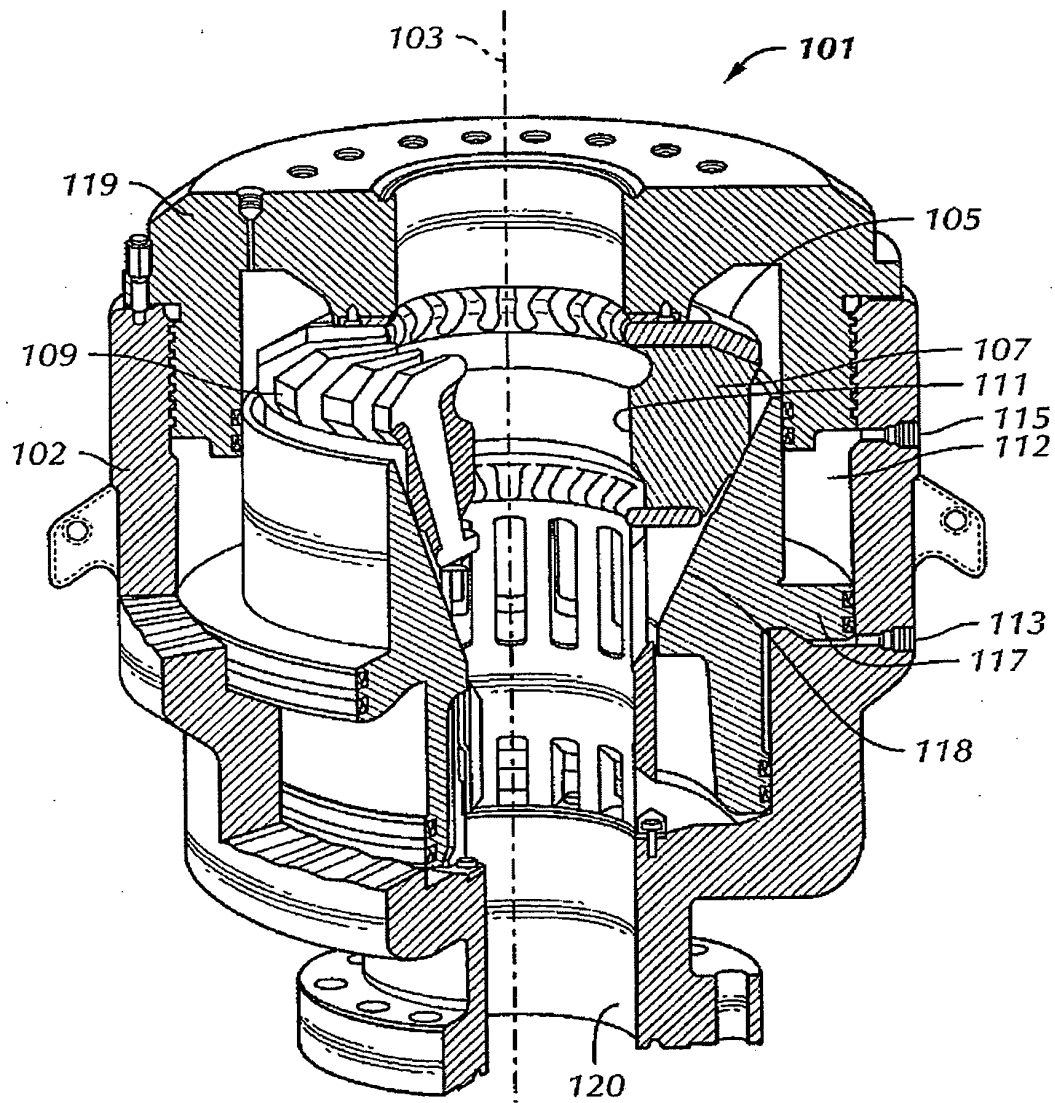
- analisar um plano de esforço do segundo modelo da vedação por análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de deslocamento; e

10 - repetir a análise e gerar os modelos da vedação por análise de elemento finito uniformizados até um modelo da vedação otimizada ser obtido.

32. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que a vedação compreende um elastômero e um material rígido.

15 33. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que um volume do primeiro modelo da vedação por análise de elemento finito e um volume do segundo modelo da vedação por análise de elemento finito são substancialmente os mesmos.

20 34. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de que o modelo da vedação otimizado é comparado com relação a pelo menos um critério específico.

**Fig. 1**

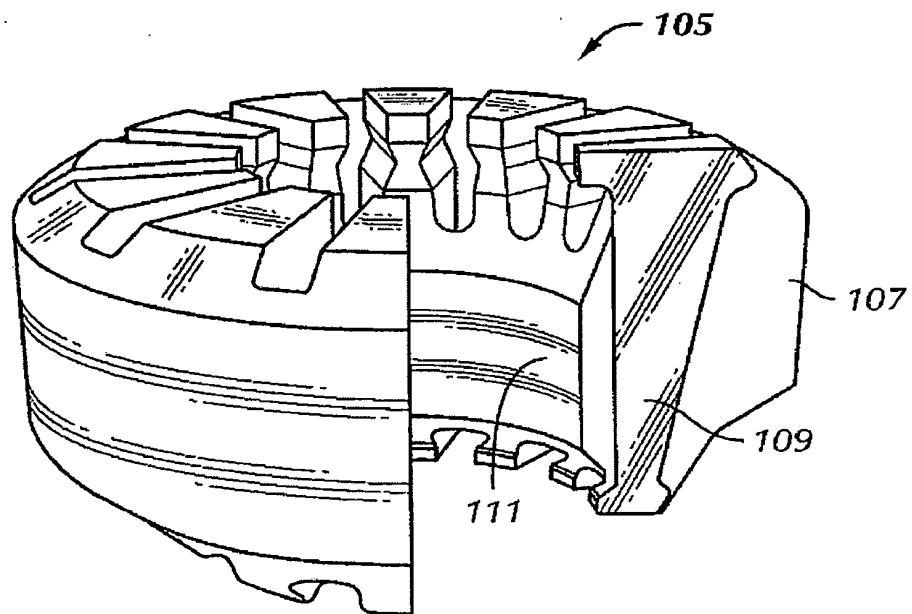


Fig. 2

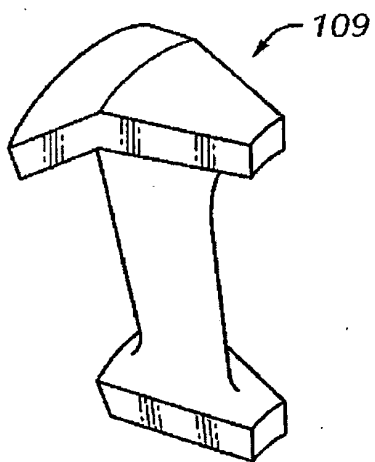


Fig. 3A

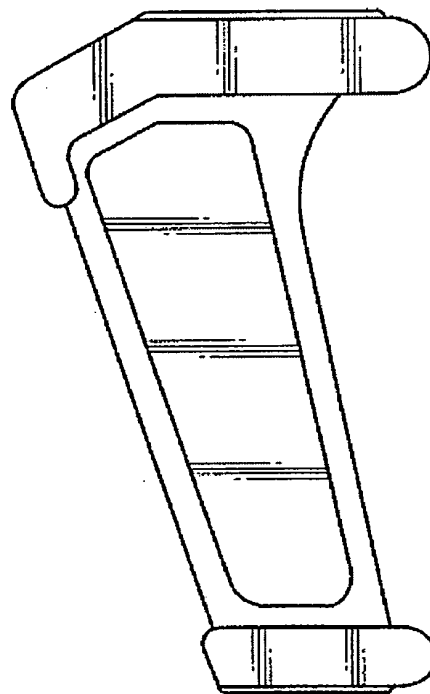
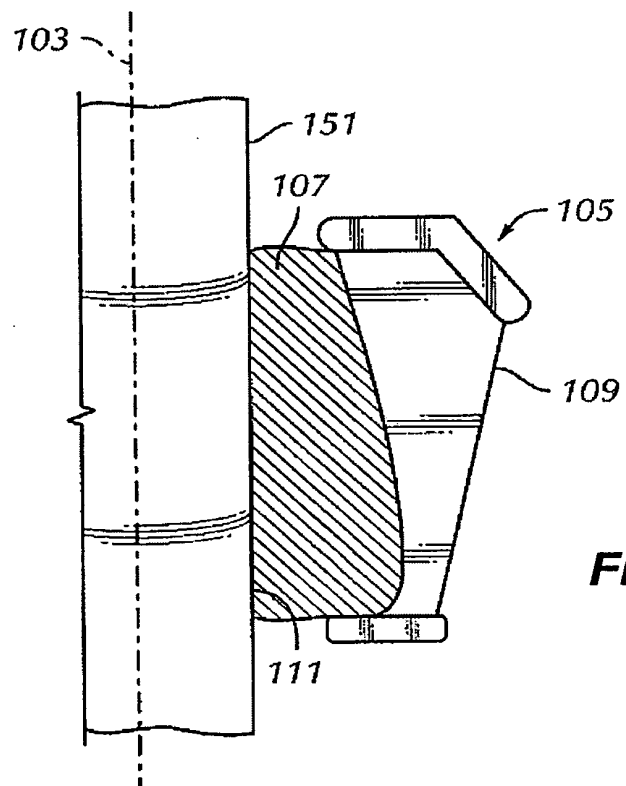
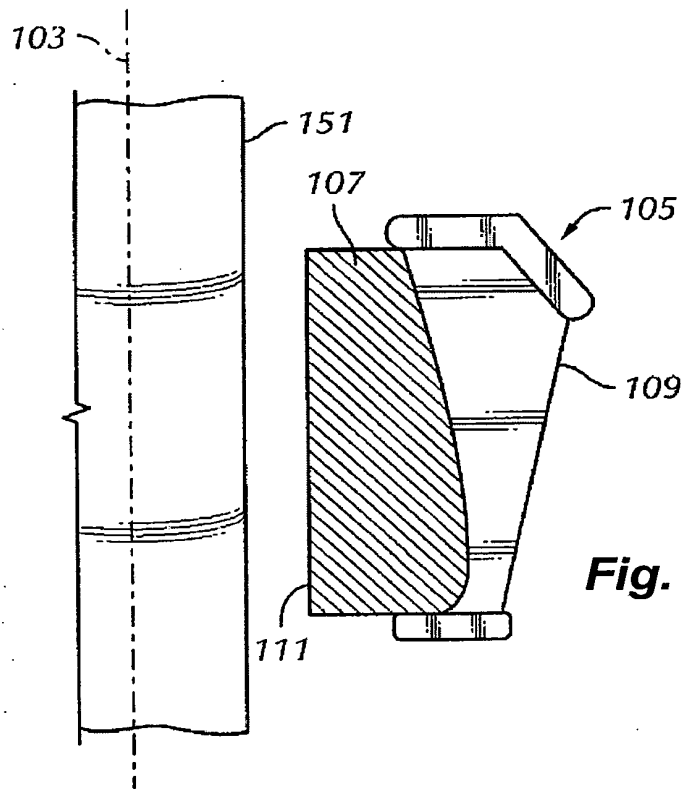
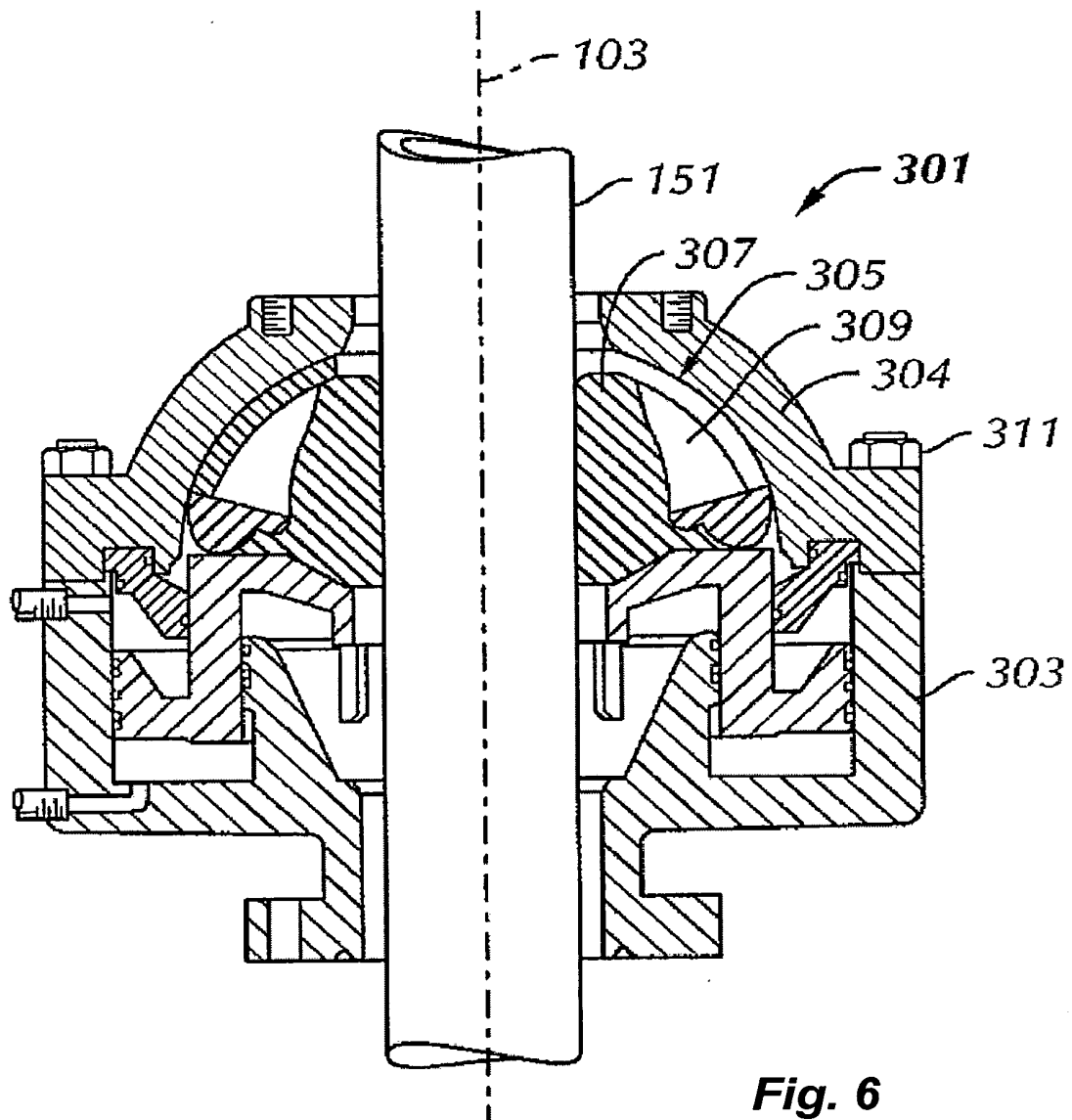
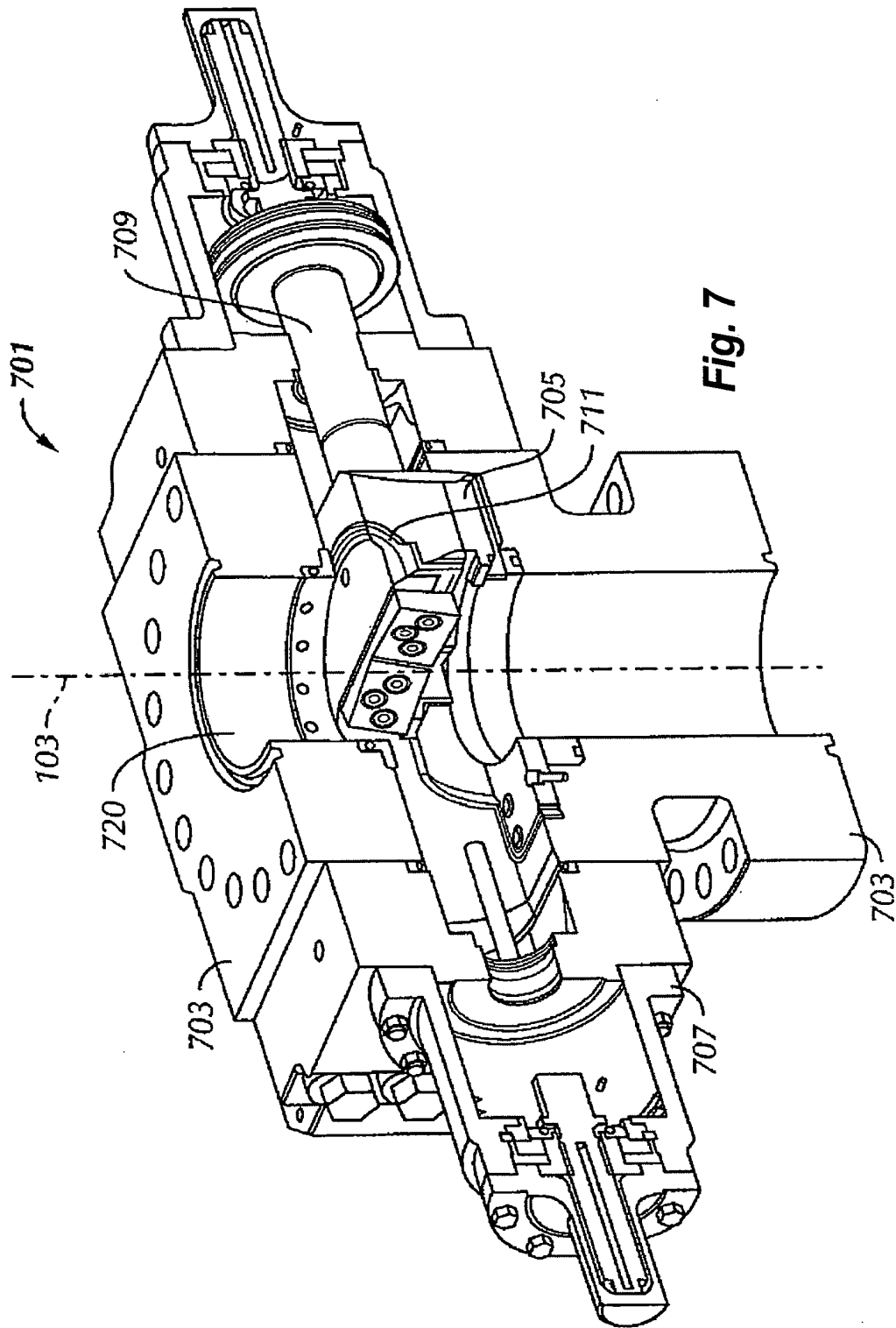


Fig. 3B







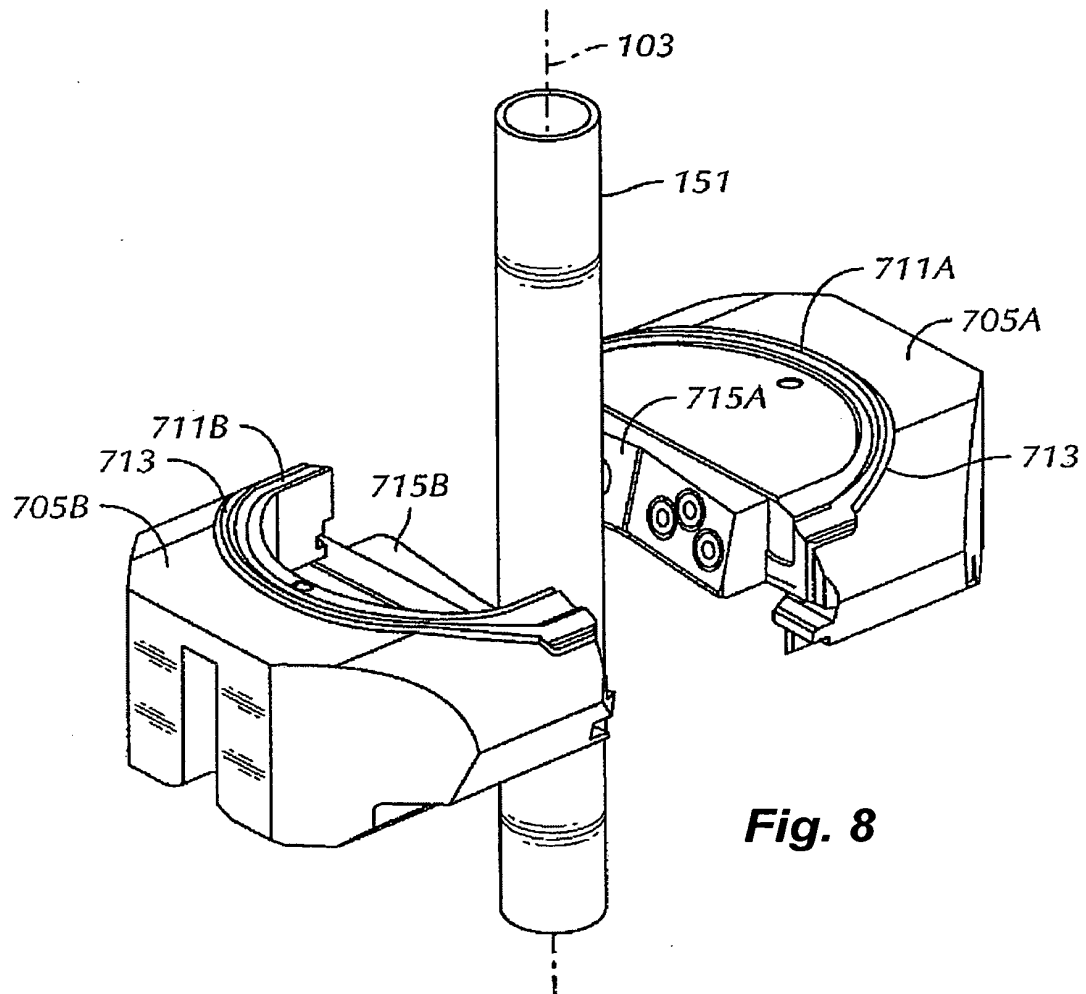


Fig. 8

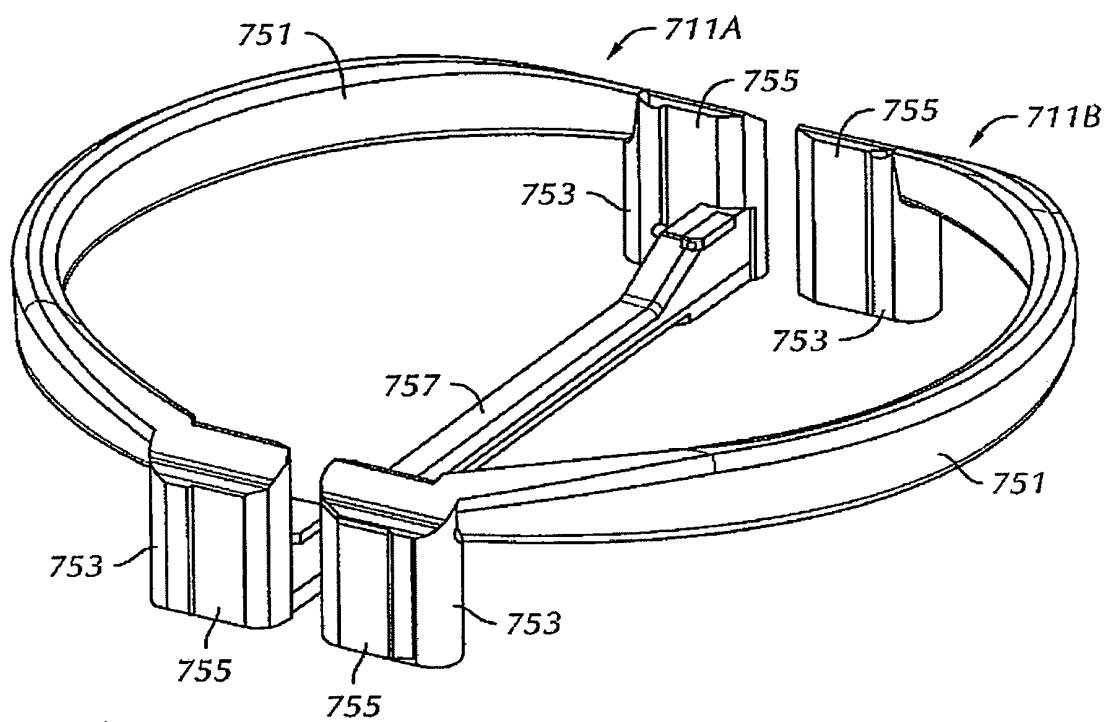


Fig. 9A

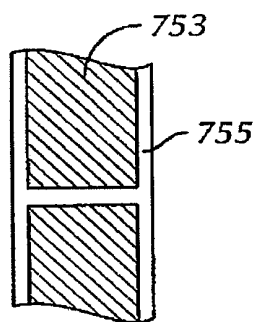


Fig. 9B

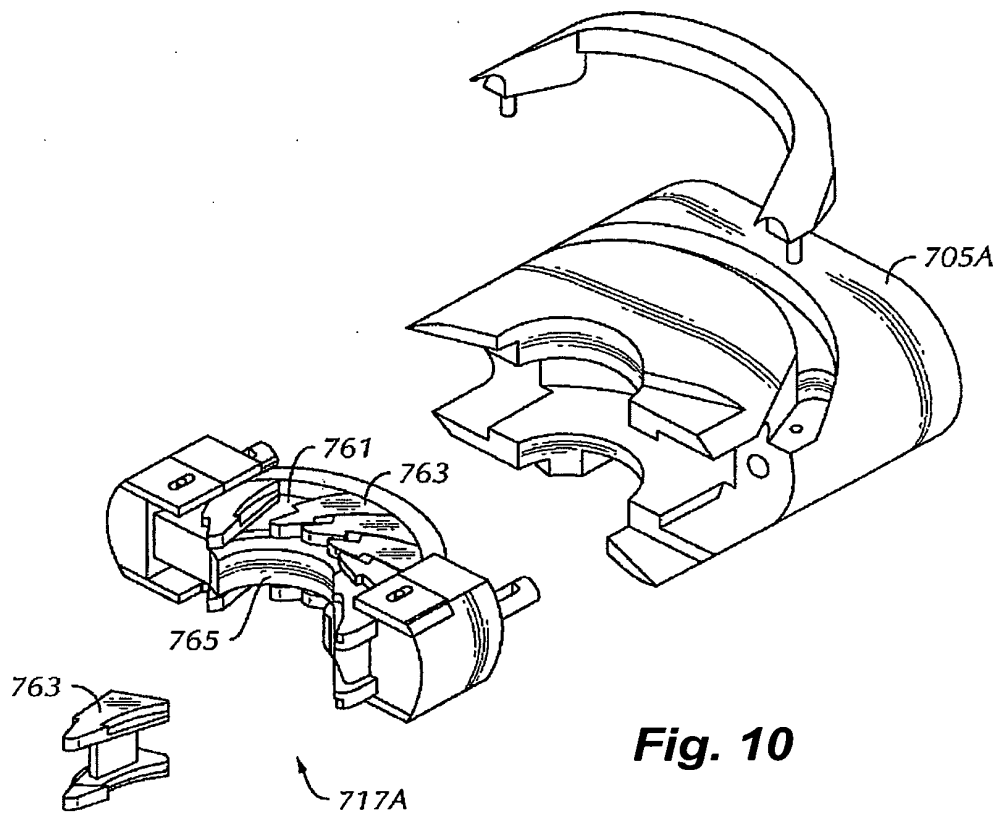
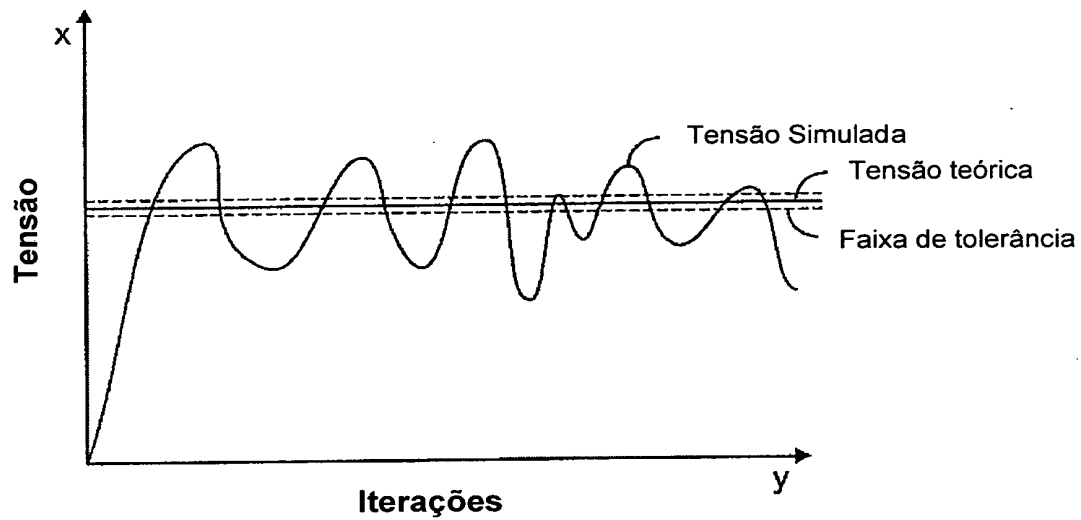
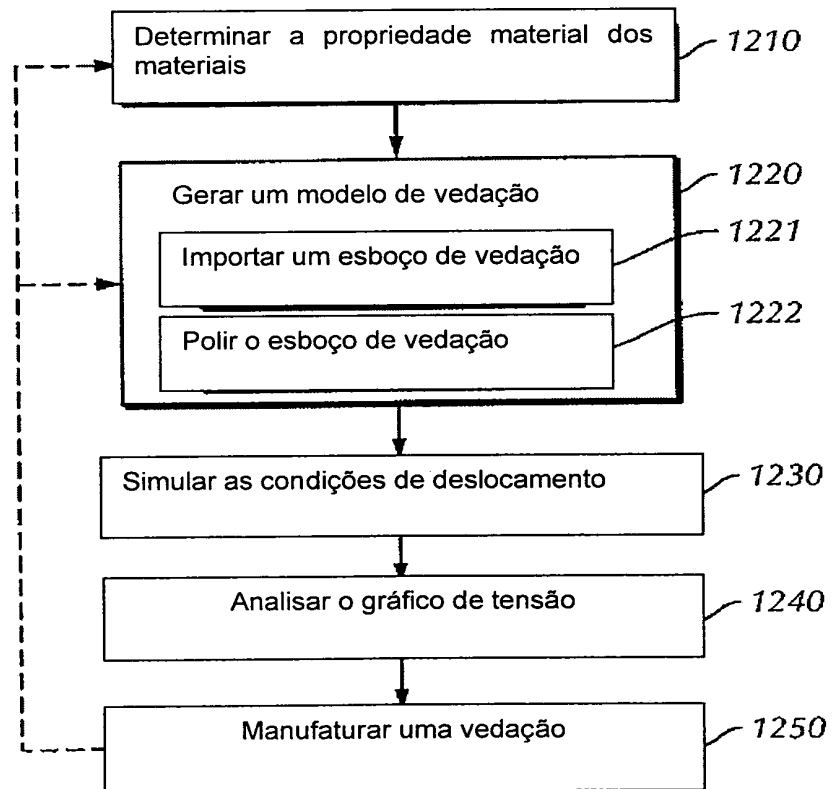


Fig. 10

**Fig. 11****Fig. 12**

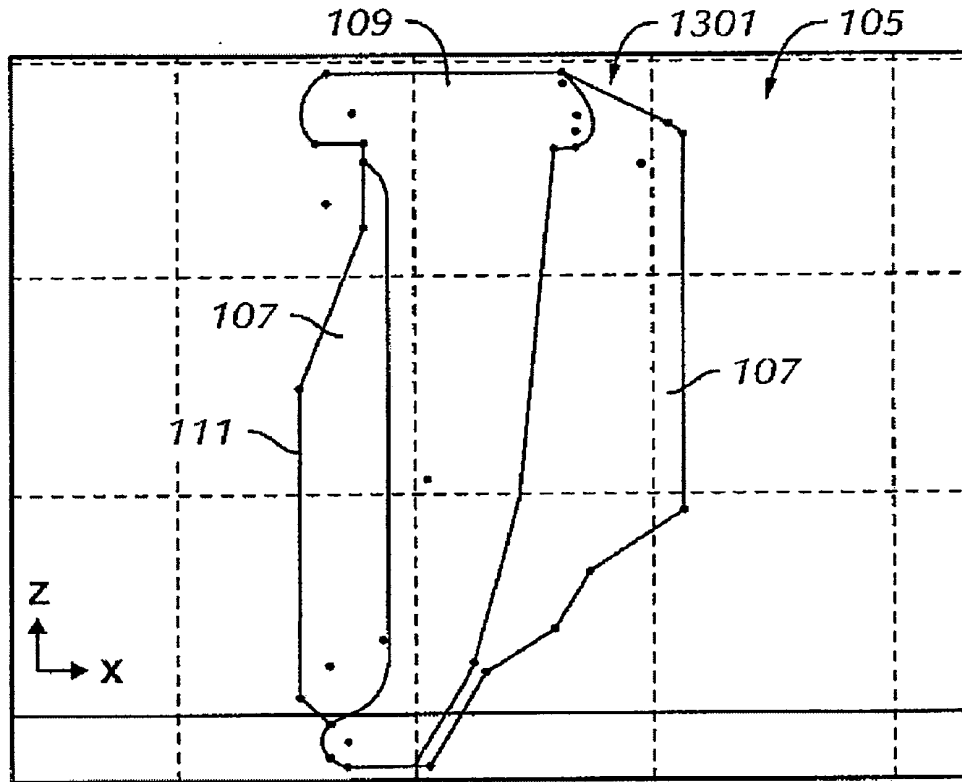


Fig. 13

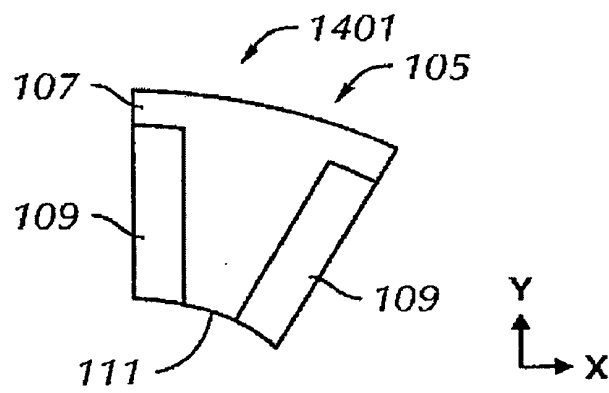


Fig. 14

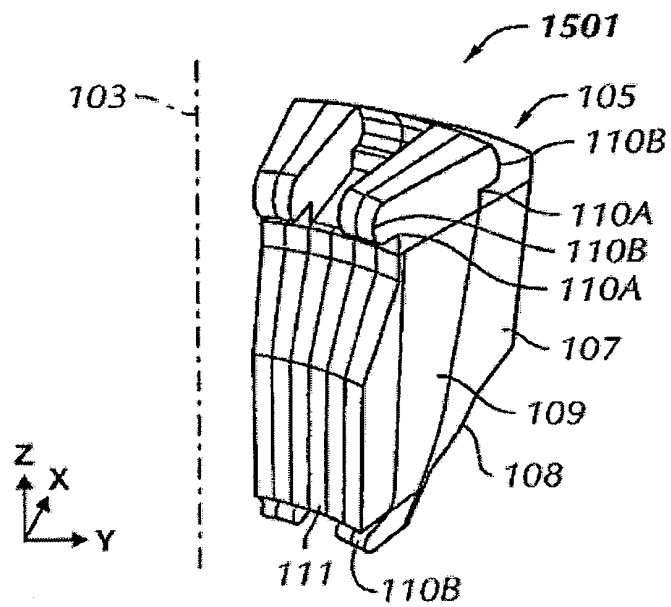


Fig. 15

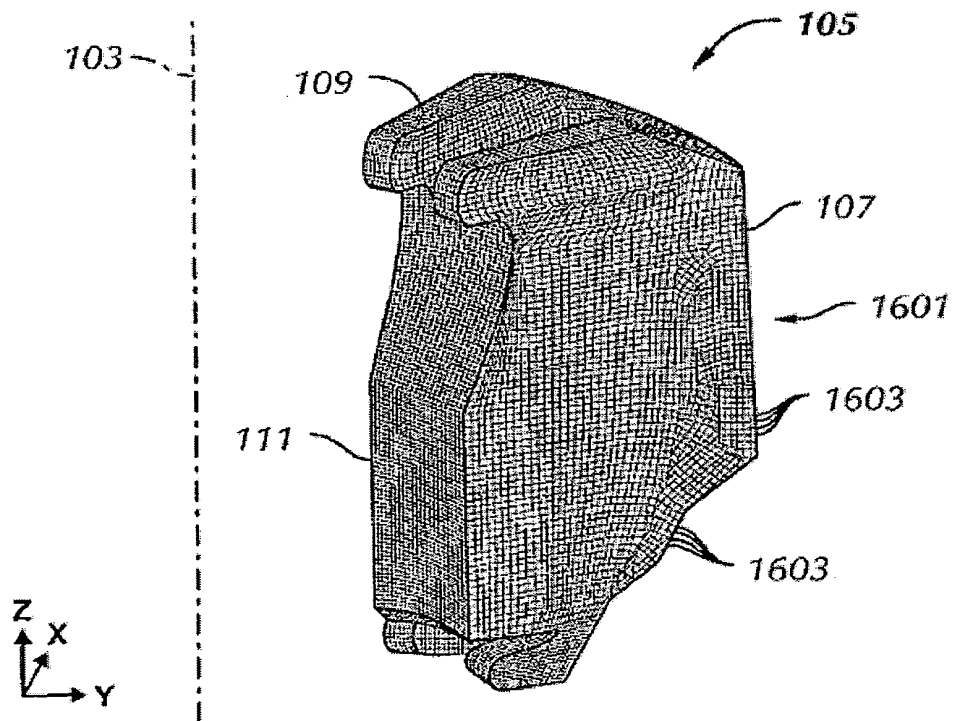


Fig. 16

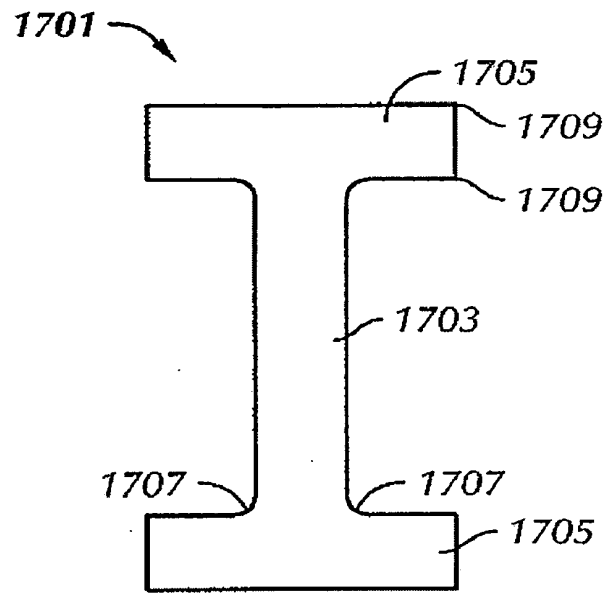


Fig. 17A

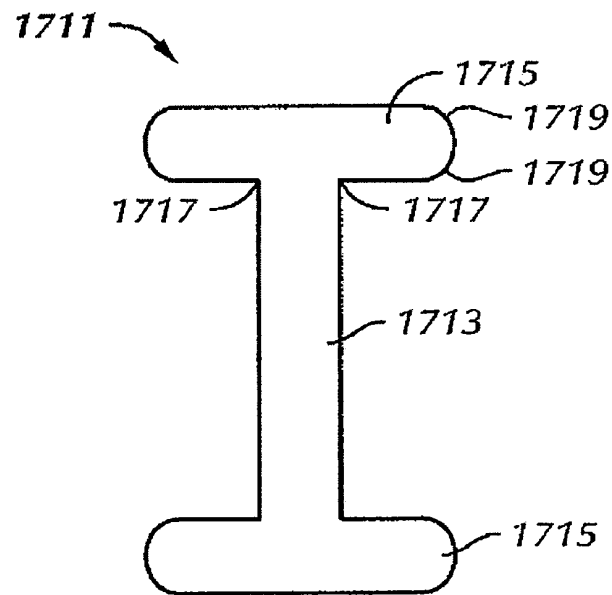


Fig. 17B

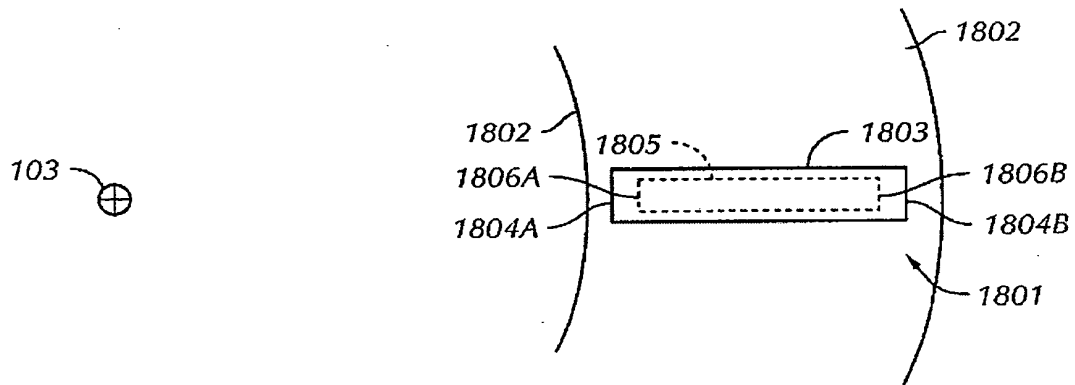


Fig. 18A

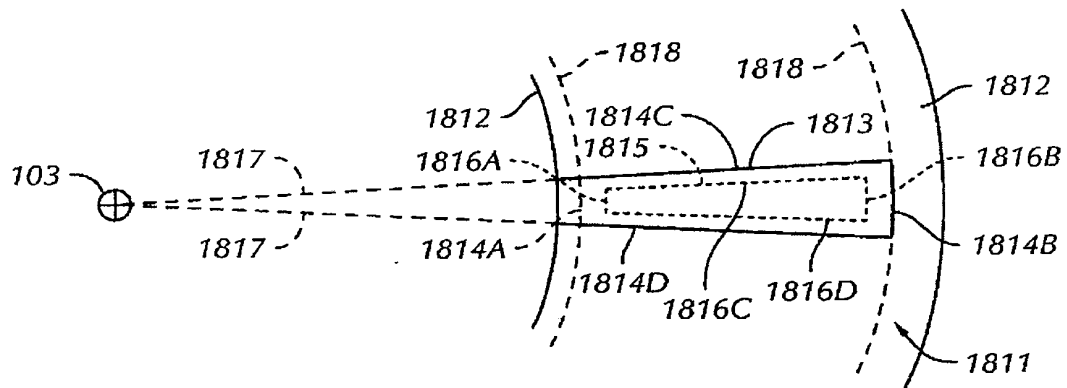


Fig. 18B

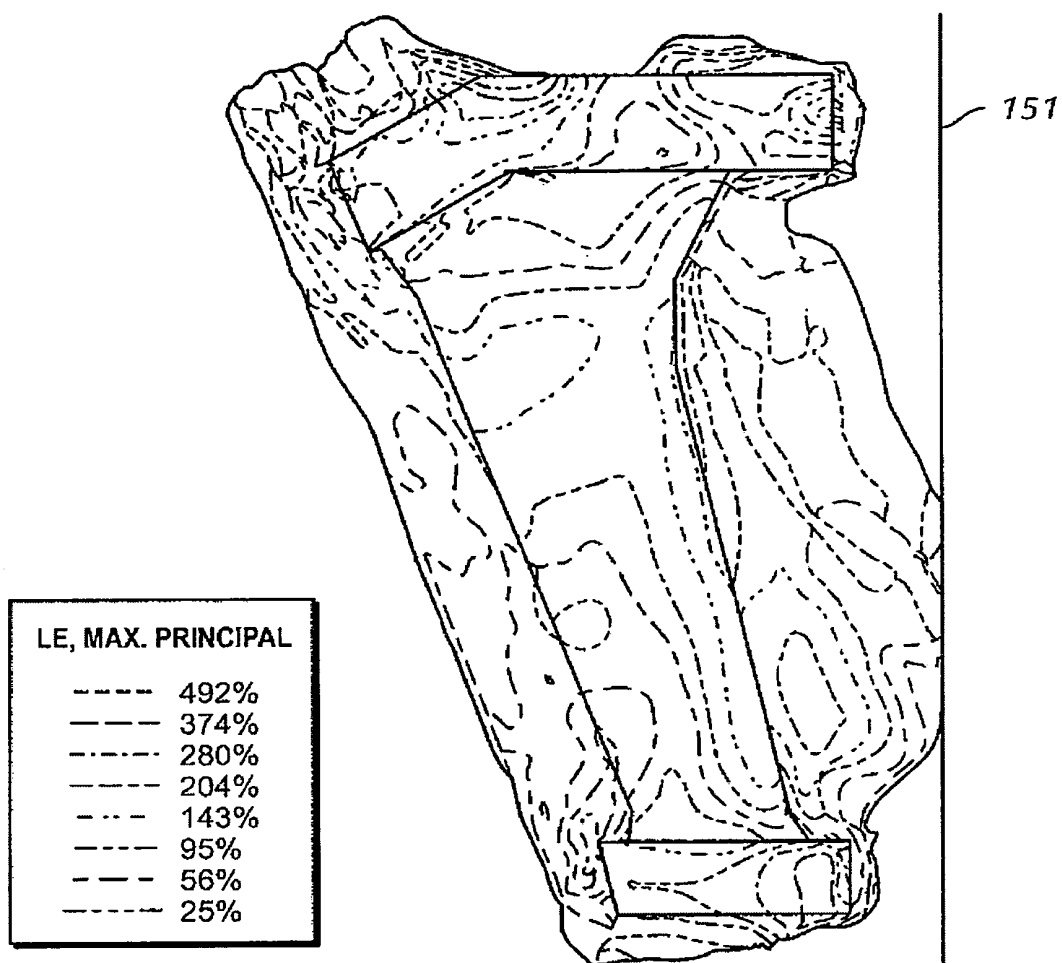
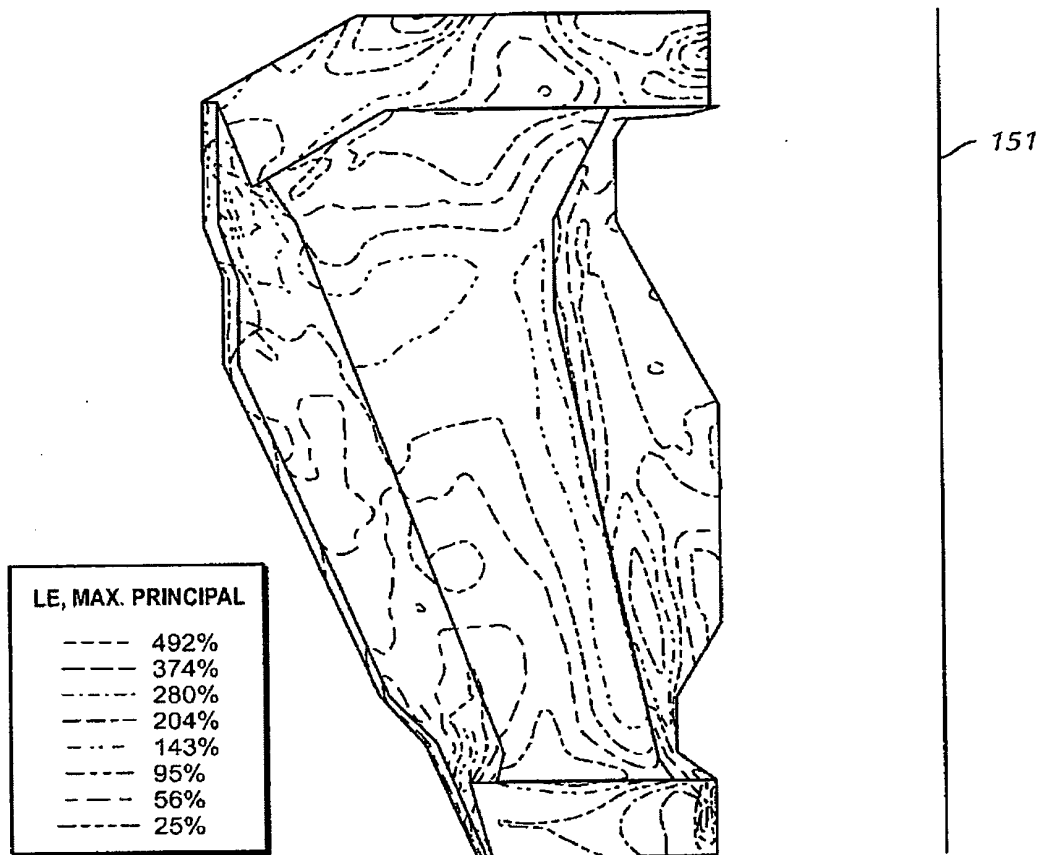
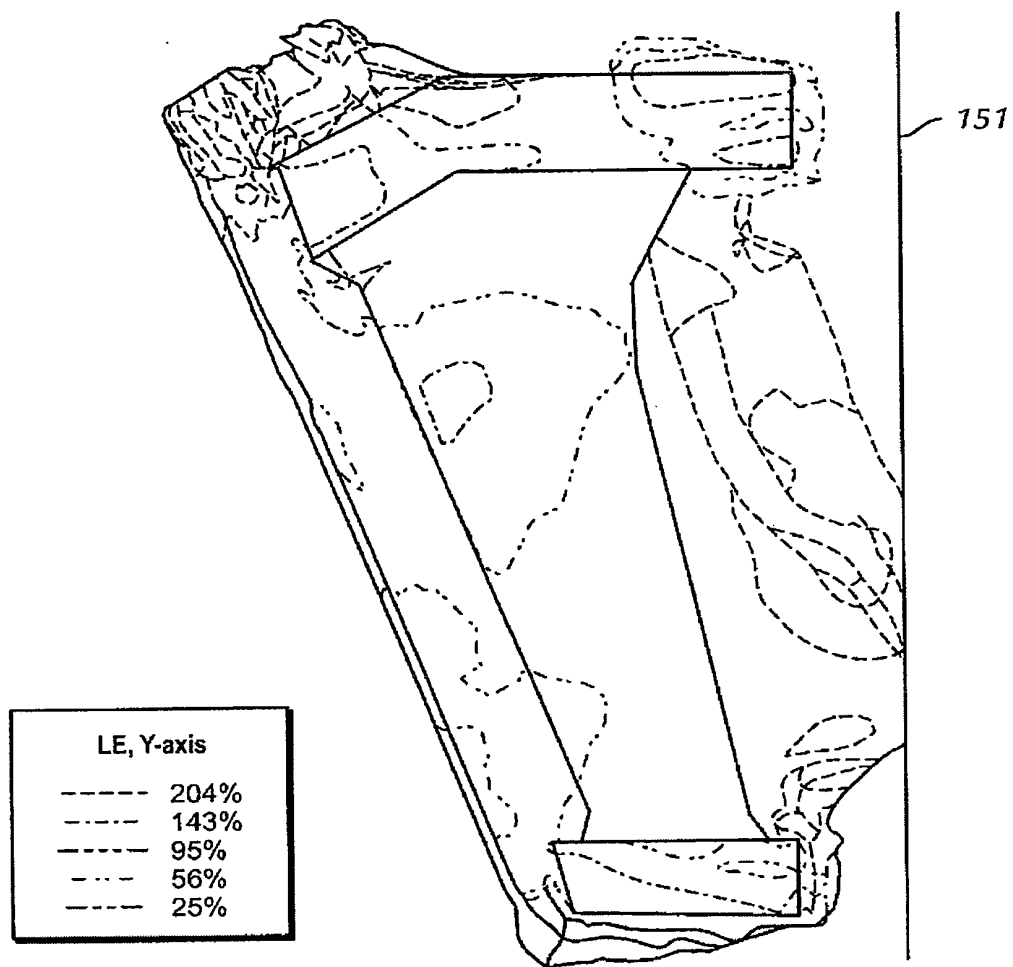


Fig. 19A

**Fig. 19B**

**Fig. 20A**

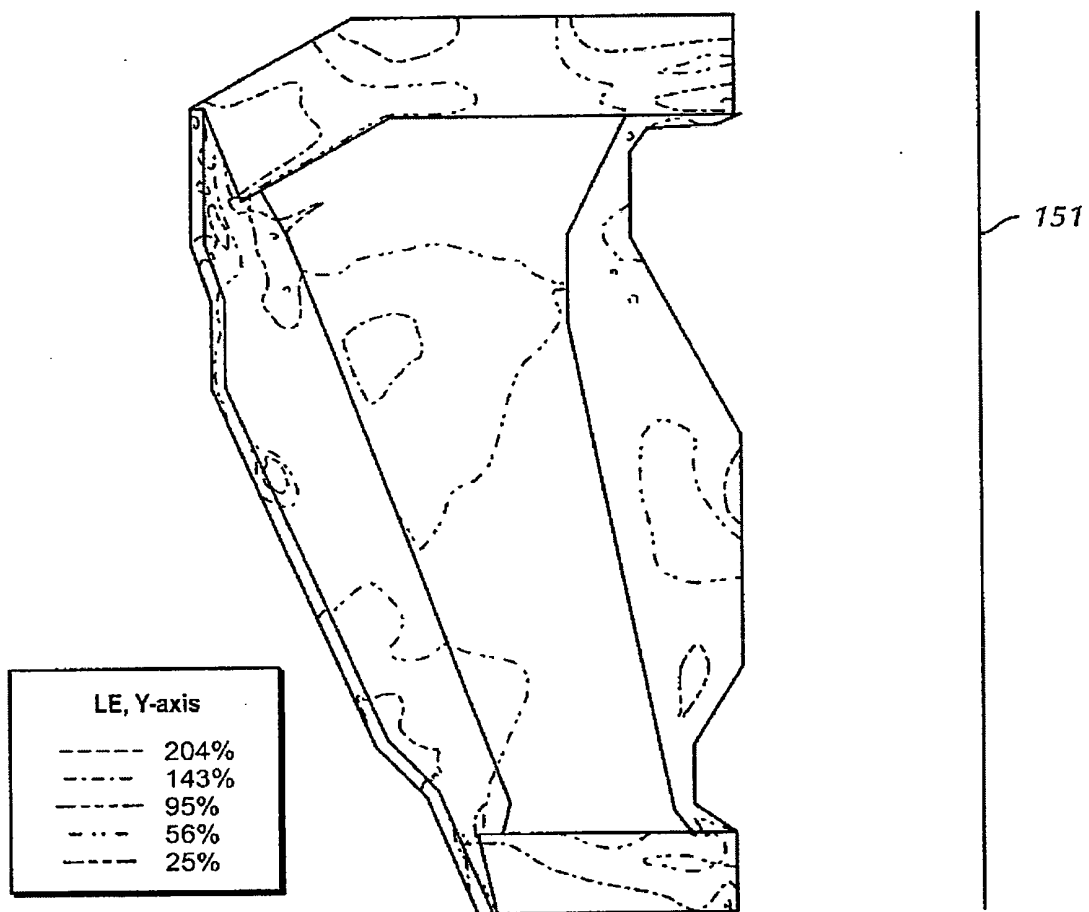
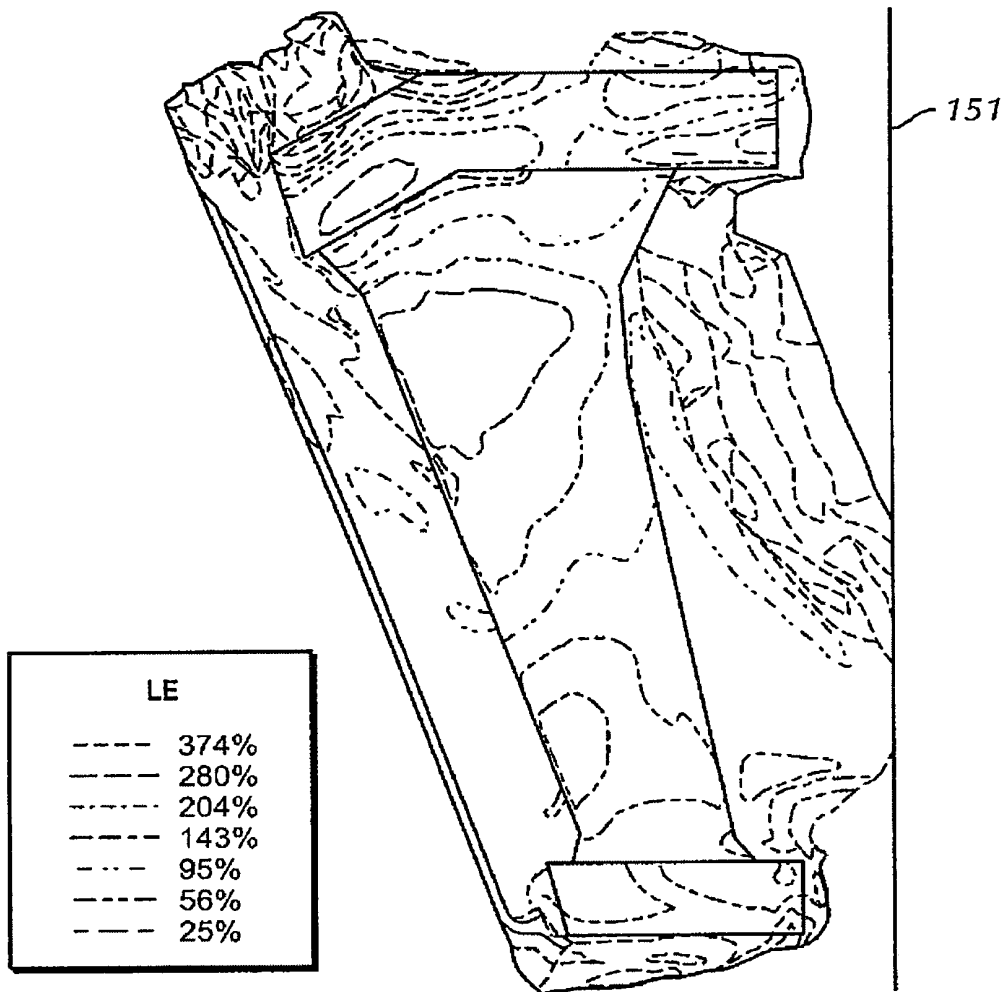


Fig. 20B

**Fig. 21A**

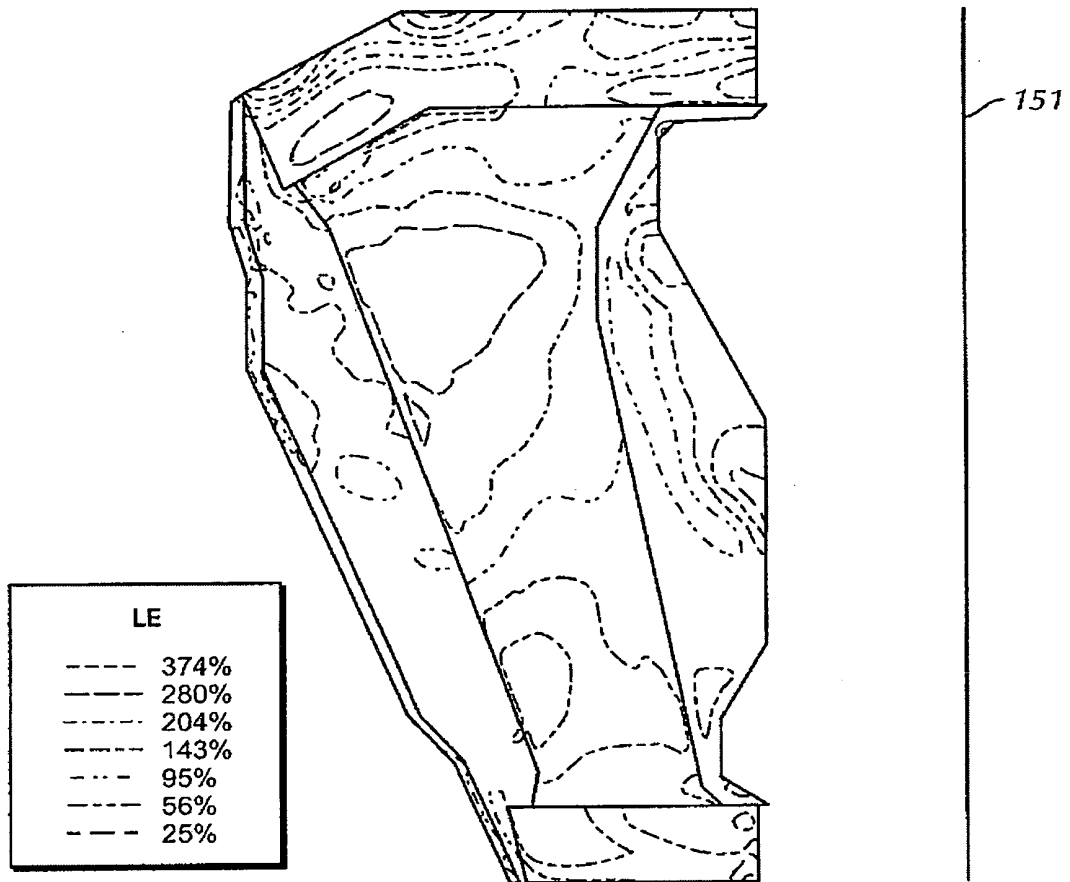
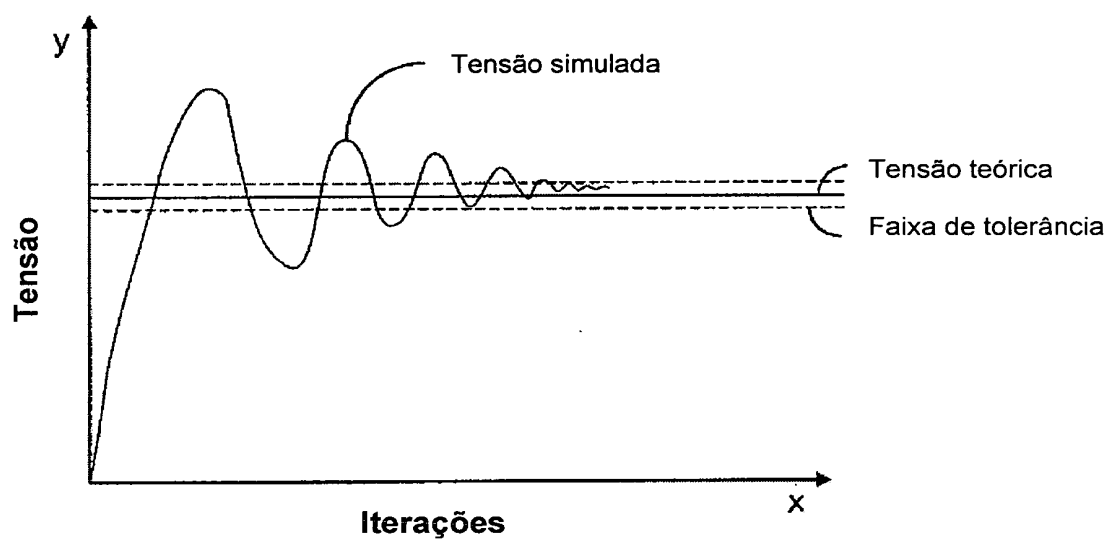
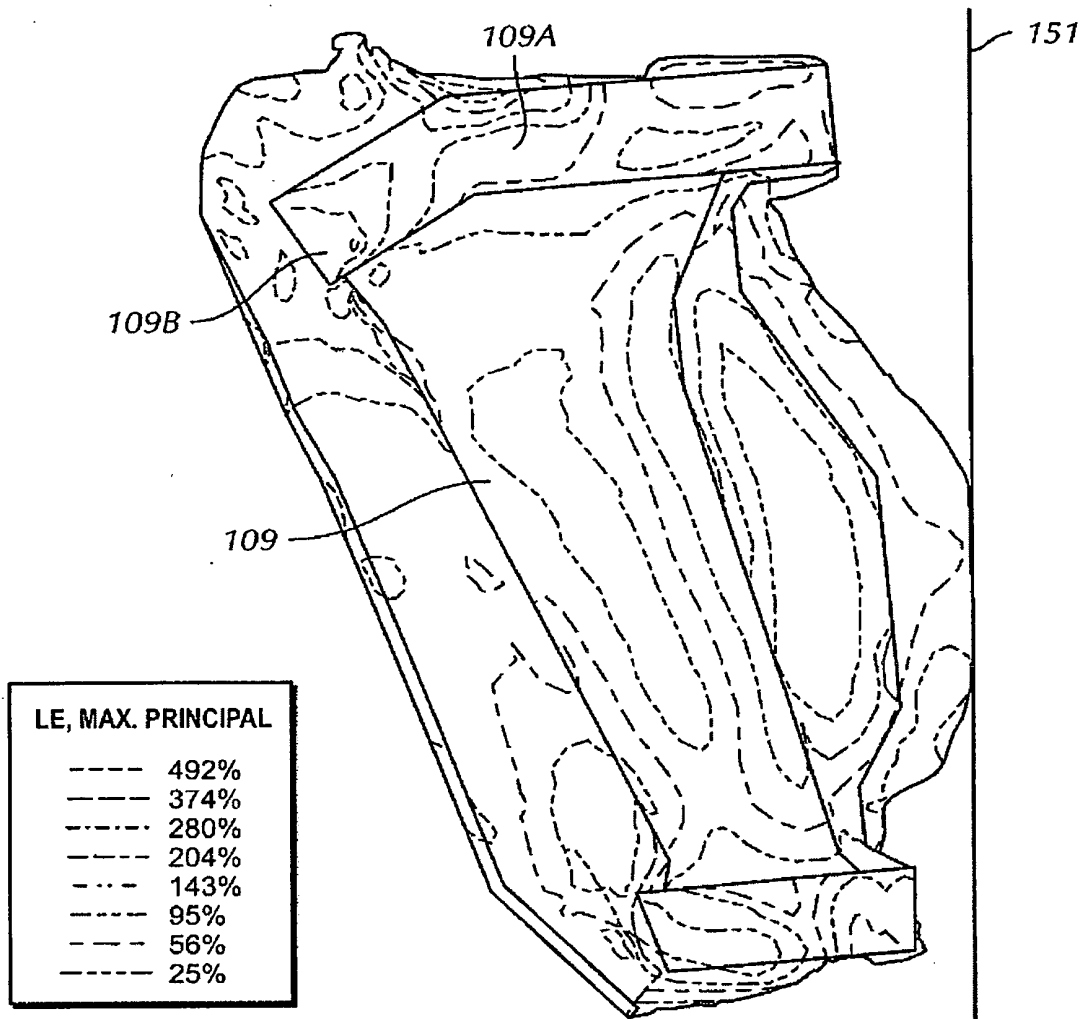
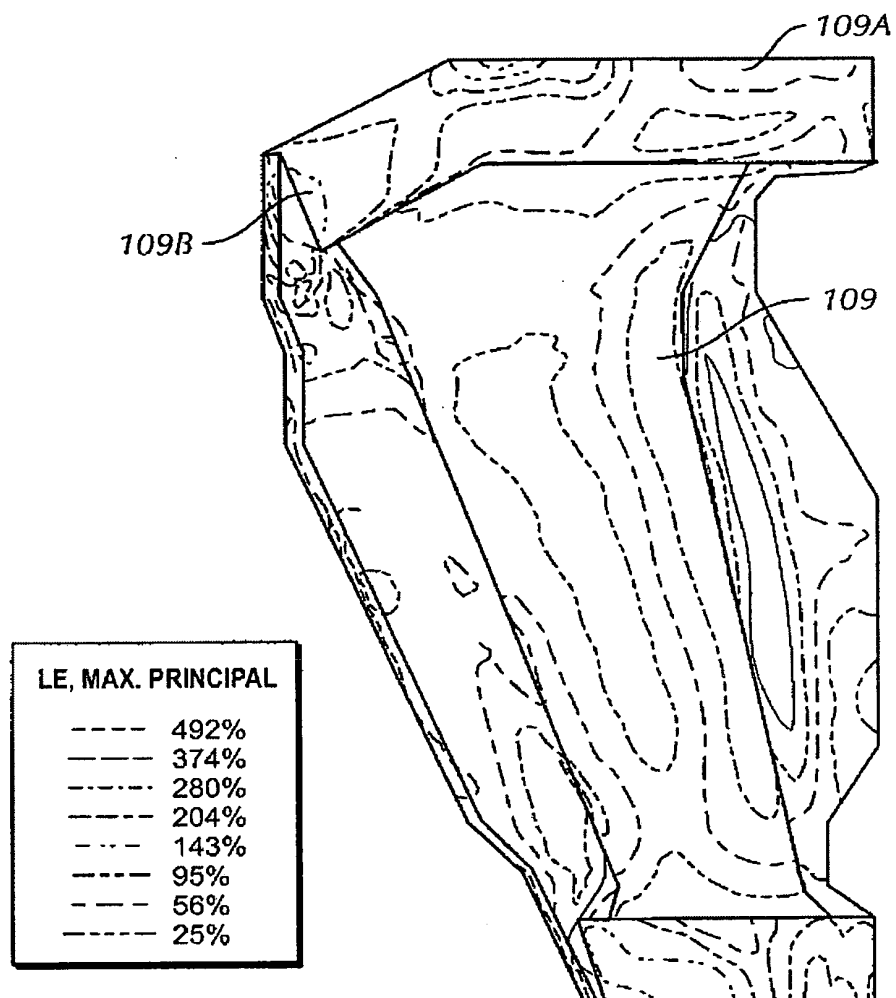


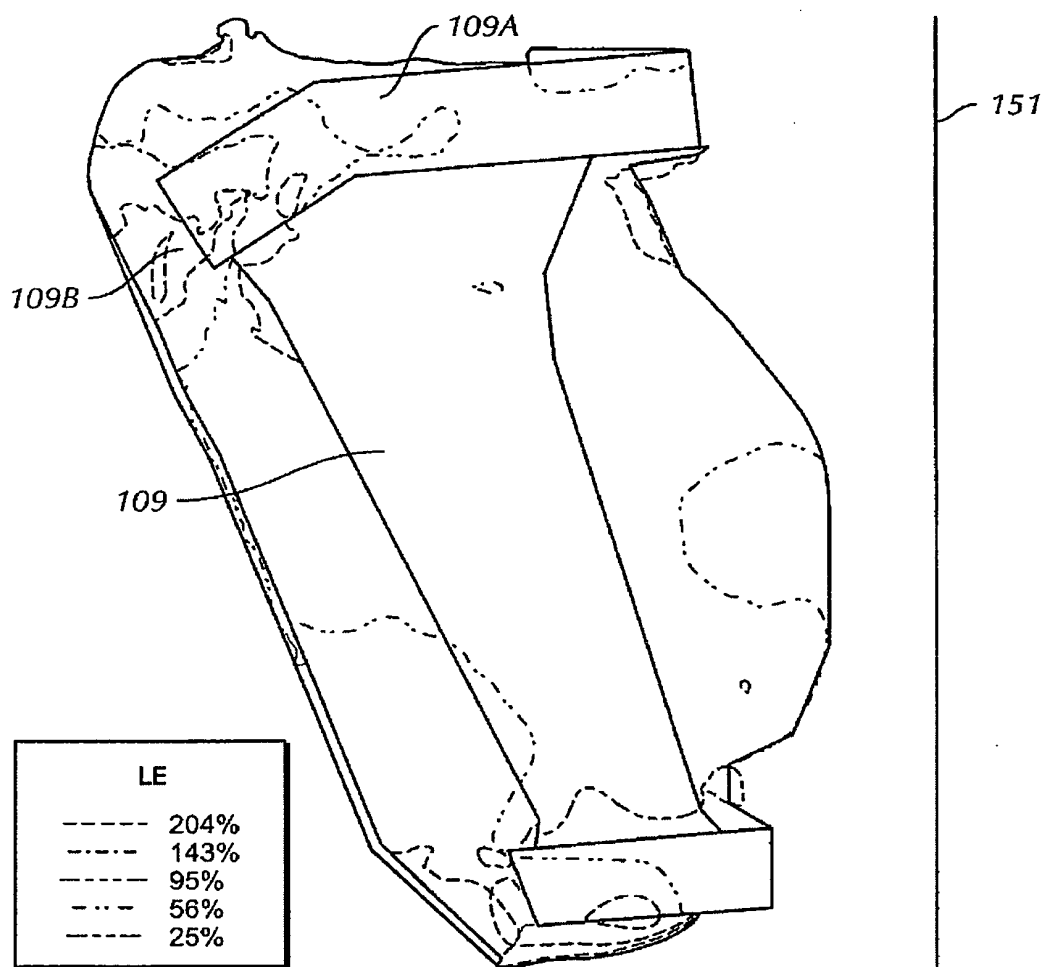
Fig. 21B

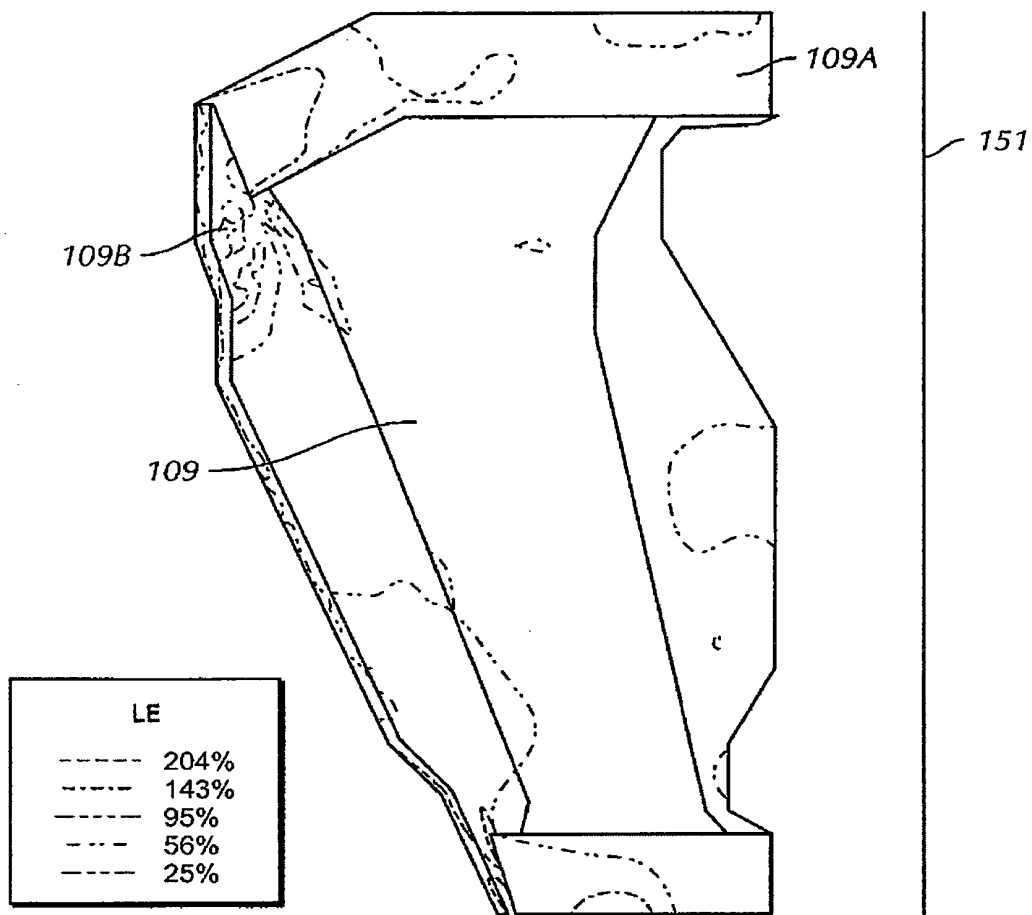


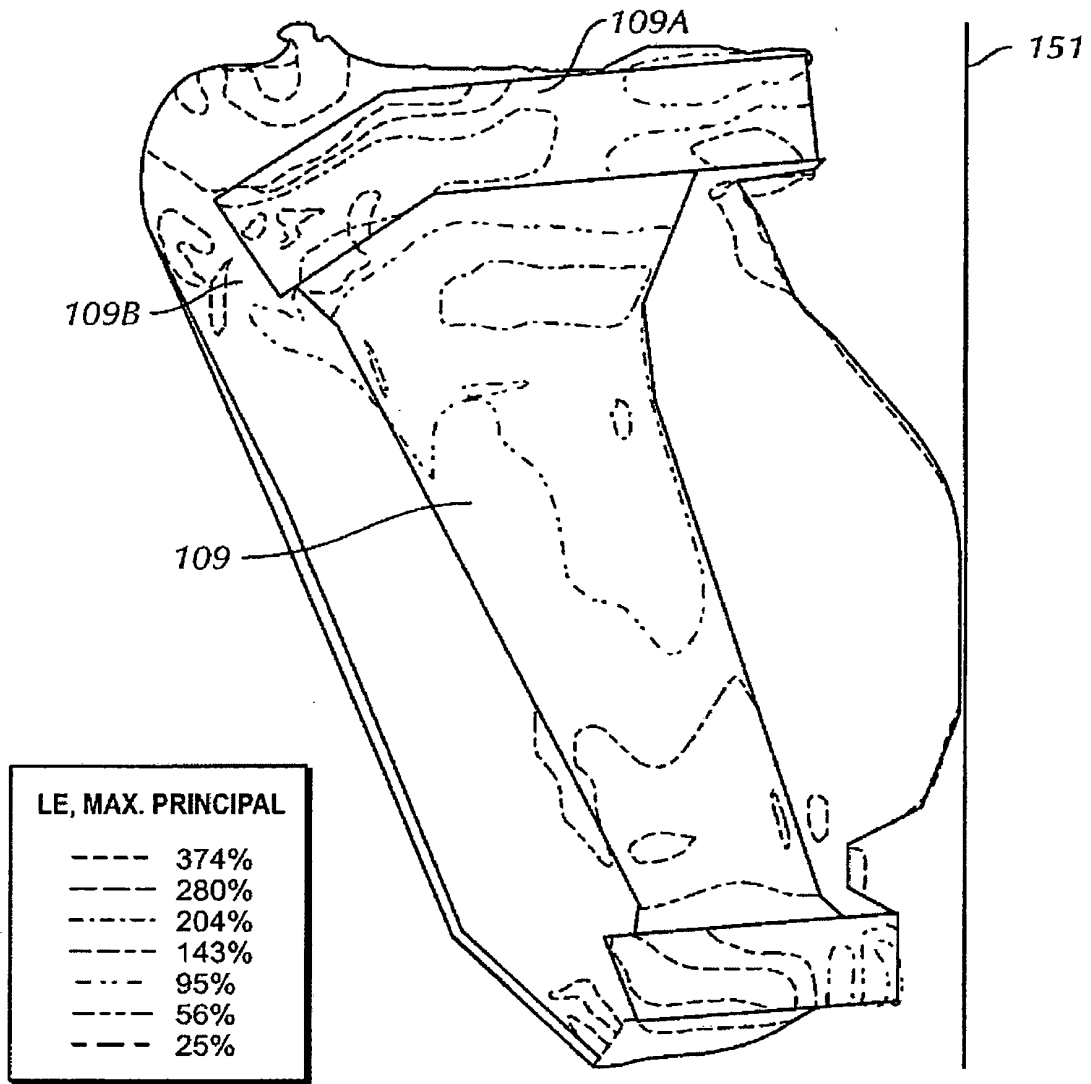
Iterações
Fig. 22

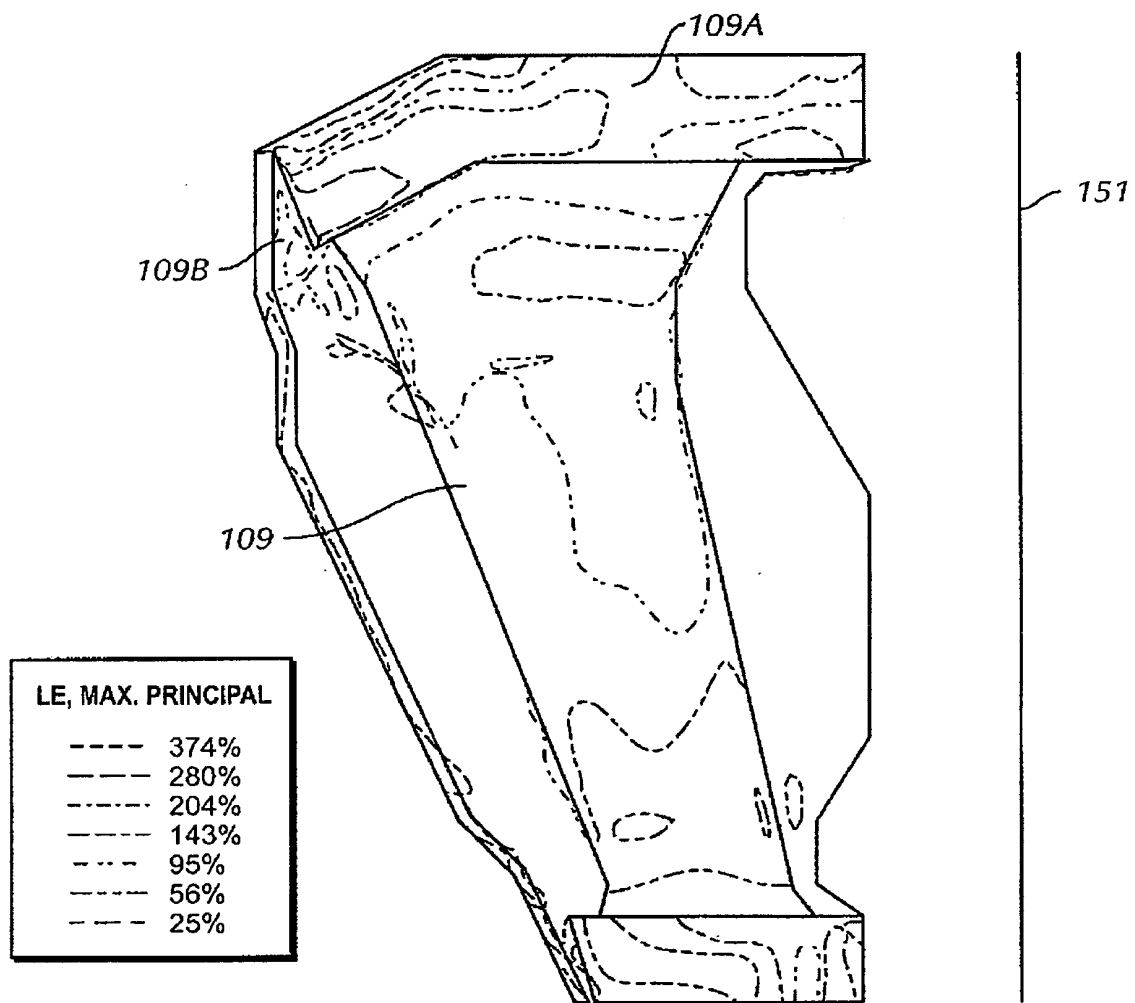
**Fig. 23A**

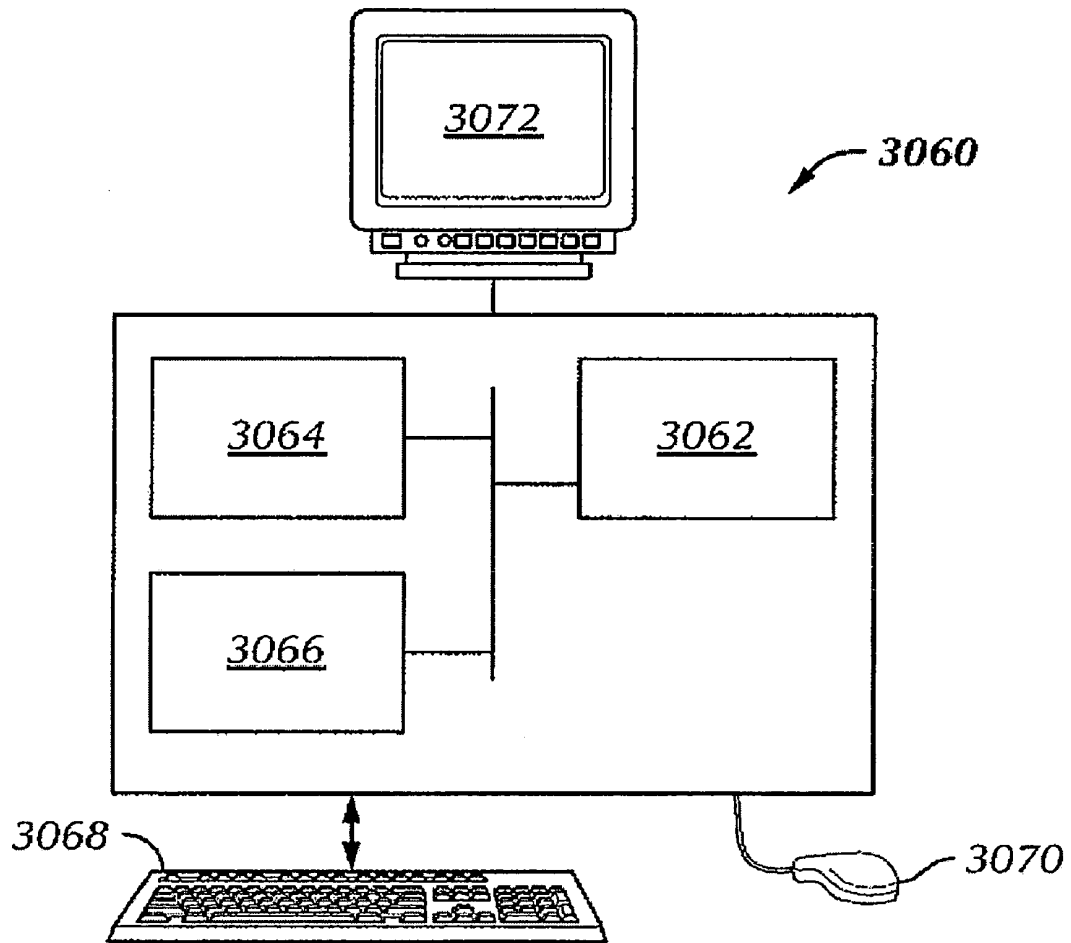
**Fig. 23B**

**Fig. 24A**

**Fig. 24B**

**Fig. 25A**

**Fig. 25B**

**Fig. 26**

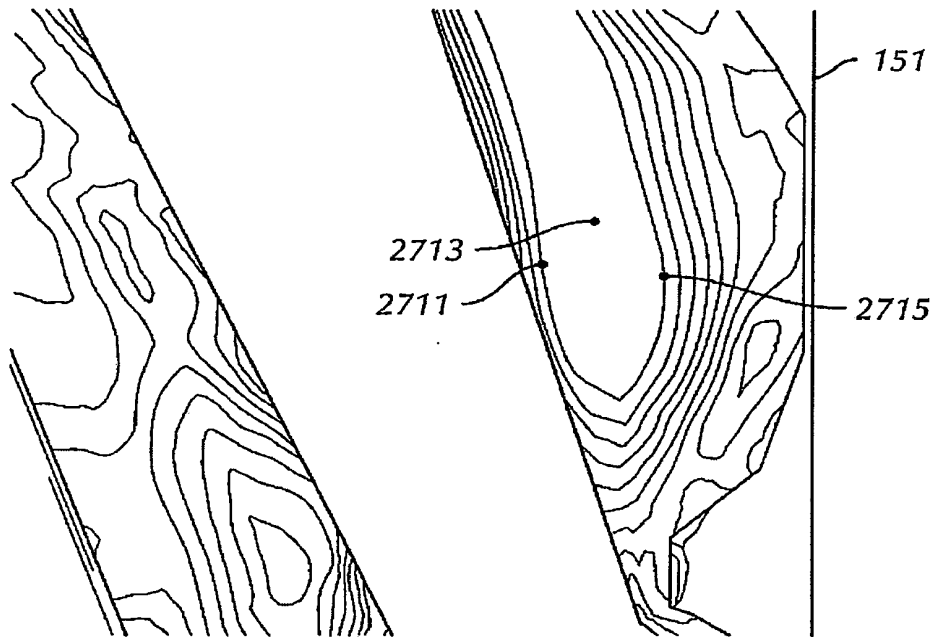


Fig. 27A

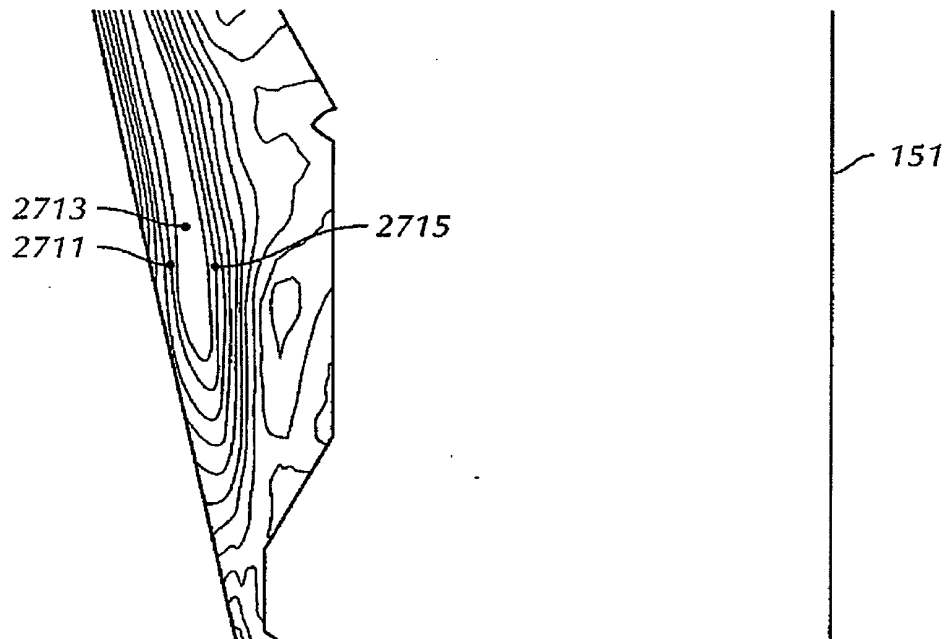


Fig. 27B

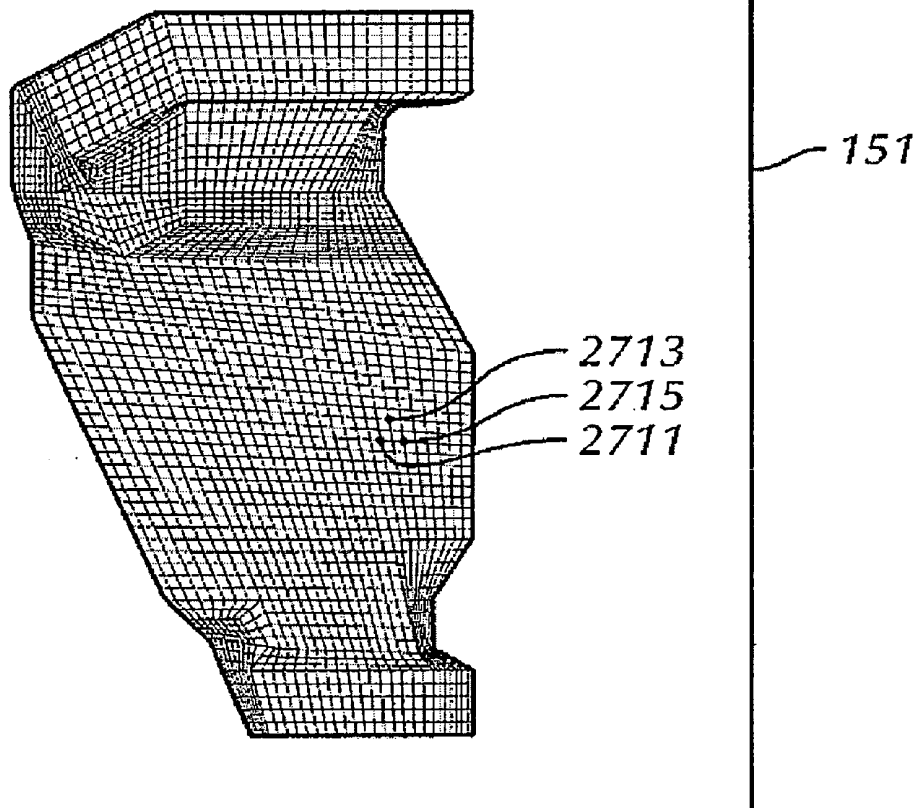


Fig. 28

RESUMO**“MÉTODOS PARA A FABRICAÇÃO, CERTIFICAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE
UMA VEDAÇÃO DE UM PREVENTOR DE EXPLOSÕES”**

5 A presente invenção se refere a um método para a fabricação, certificação e otimização de uma vedação para um preventor de explosões. O método inclui a geração de um modelo da vedação de análise de elemento finito, uniformização do modelo da vedação de análise de elemento finito e análise do plano de tensão do modelo da vedação de análise de elemento finito uniformizado com base em uma condição de deslocamento.