



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

(11) BR 112016005063-0 B1



(22) Data do Depósito: 26/08/2014

(45) Data de Concessão: 01/06/2021

(54) Título: DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO DE FORÇA REVERSÍVEL

(51) Int.Cl.: G01G 5/04; G01L 1/02.

(30) Prioridade Unionista: 05/09/2013 US 14/019,185.

(73) Titular(es): GEOFFREY K. ROWE.

(72) Inventor(es): GEOFFREY K. ROWE.

(86) Pedido PCT: PCT US2014052781 de 26/08/2014

(87) Publicação PCT: WO 2015/034712 de 12/03/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 07/03/2016

(57) Resumo: DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE FORÇA REVERSÍVEL. A presente invenção se refere a um dispositivo de medição de força reversível que pode compreender pelo menos uma cavidade, pelo menos uma área de recebimento de carga, e pelo menos um material de indicação, em que o material de indicação se move dentro e fora da pelo menos uma cavidade quando seu volume muda para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplicadas. Um dispositivo de medição de força reversível que pode compreender pelo menos uma cavidade, pelo menos uma área de recebimento de carga, e pelo menos um material de indicação; um prendedor leva o material de indicação a se mover dentro e fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplicadas. Um dispositivo de medição de força reversível que compreende pelo menos duas cavidades independentes, pelo menos uma área de recebimento de carga, e pelo menos um material de indicação; em que a diferença nas mudanças do volume indica a força quando o material de indicação se move dentro ou fora das pelo menos duas cavidades.

"DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO DE FORÇA REVERSÍVEL"

CAMPO DA TÉCNICA

[001] A presente invenção refere-se a um dispositivo de medição de força reversível para componentes prendedores e componentes de células de carga que mede forças estáticas e dinâmicas tais como tensão, compressão, torque e de corte através de mudanças volumétricas reversíveis das cavidades no dispositivo de medição.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[002] A presente invenção descreve um dispositivo de medição de força reversível que pode compreender pelo menos uma cavidade, em que quando a carga é aplicada ao dispositivo acarreta uma mudança volumétrica reversível a pelo menos uma cavidade que leva um material de indicação a se mover dentro ou fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplicadas.

[003] A mudança volumétrica reversível se refere à habilidade da pelo menos uma cavidade a reverter sua mudança no volume quando as forças são revertidas e quando a carga que é removida da cavidade retorna para seu formato original. Este pedido se refere a um dispositivo de medição de força que pode medir continuamente as mudanças nas forças. Por exemplo, quando a carga aumenta ou diminui dez por cento, o dispositivo de medição de força pode indicar essa mudança de 10 por cento.

[004] Em uma modalidade, o dispositivo de medição de força reversível pode compreender pelo menos uma cavidade, pelo menos uma parede de cavidade, pelo menos uma área de recebimento de carga, pelo menos um componente prendedor ou um componente de célula de carga, e pelo menos um material de indicação; em que a pela menos uma cavidade é um espaço definido pela pelo menos uma parede de cavidade, em que a pelo menos uma cavidade é um espaço definido pela a pelo menos uma parede de cavidade, em que a força de aplicação para a pelo menos

uma área de recebimento de carga no pelo menos um de um componente prendedor ou um componente de célula de carga induz o efeito de Poisson na pelo menos uma parede de cavidade, em que o efeito de Poisson ocasiona a mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade, e em que a mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade leva o pelo menos um material de indicação a se mover dentro ou fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplicadas.

[005] Nessa modalidade, o dispositivo de medição de força reversível pode também compreender pelo menos um canal indicador, pelo menos um furo indicador, pelo menos um canal indicador, e pelo menos uma cobertura de canal ou tubo. Em que o pelo menos um canal indicador é conectado a pelo menos uma cavidade, em que a pelo menos uma cobertura de canal ou tubo é feita de material transparente ou semitransparente, e cobre e veda o pelo menos um canal indicador, em que o pelo menos um material de indicação se move da pelo menos uma cavidade para o canal indicador, através do pelo menos um furo indicador, e para o pelo menos um canal indicador ou tubo quando é aplicada força a pelo menos uma área de recebimento de carga.

[006] Em outra modalidade, o dispositivo de medição de força reversível pode compreender pelo menos uma cavidade, pelo menos uma parede de cavidade flexível, pelo menos uma parede de cavidade fixa, pelo menos um de um componente prendedor ou um componente de célula de carga, e pelo menos um material de indicação, em que a pelo menos uma cavidade é o espaço entre a pelo menos uma parede de cavidade flexível e a pelo menos uma parede de cavidade fixa, em que a pelo menos uma parede de cavidade fixa é parte de um meio fixo ou adjacente a um meio fixo, em que o pelo menos um componente prendedor ou componente de célula de carga ocasiona uma mudança volumétrica da pelo menos uma cavidade movendo a pelo menos uma parede de cavidade flexível, e em que a mudança volumé-

trica reversível da pelo menos uma cavidade leva o pelo menos um material de indicação a se mover dentro ou fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e/ou direção da força aplicada pelo prendedor.

[007] Nessa modalidade, o dispositivo de medição de força reversível pode também compreender pelo menos um furo indicador, pelo menos um tubo indicador; em que o pelo menos um material de indicação se move dentro e fora da pelo menos uma cavidade para o pelo menos um tubo indicador através do pelo menos um tubo indicador quando a pelo menos uma cavidade tem seu volume modificado.

[008] Em outra modalidade, o dispositivo de medição de força reversível pode compreender pelo menos duas cavidades independentes, pelo menos uma área de recebimento de carga, pelo menos um de um componente prendedor ou um componente de célula de carga, e pelo menos um material de indicação; em que a carga aplicada ao pelo menos um componente prendedor ou componente de célula de carga induz mudanças volumétricas reversíveis em cada das duas cavidades independentes.

[009] Nessa modalidade, o dispositivo de medição de força reversível, em que cada das pelo menos duas cavidades pode também compreender pelo menos um furo indicador, pelo menos um canal indicador, e pelo menos uma cobertura de canal ou tubo em que o pelo menos um da cobertura de canal indicadora ou tubo é feita de material transparente ou semitransparente, e cobre e veda o pelo menos um canal indicador, em que o pelo menos um material de indicação se move dentro ou fora de cada das pelo menos duas cavidades independentes, através do pelo menos um furo indicador, e para o pelo menos um canal indicador quando é aplicada força a pelo menos uma área de recebimento de carga.

[010] Além dos aspectos e vantagens descritos nesse sumário, aspectos e vantagens adicionais se tornarão claros por referência aos desenhos e pela leitura da descrição detalhada que se segue.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[011] Os aspectos e vantagens adicionais do presente dispositivo, bem como a estrutura e operação de várias modalidades do presente dispositivo, se tornarão claros e mais prontamente apreciados a partir da descrição que se segue das modalidades preferidas, tomada em combinação com os desenhos em anexo dos quais:

[012] A Figura 1 é uma vista em perspectiva de uma modalidade do dispositivo de medição de força em que o dispositivo está em um formato circular que compreende pelo menos uma cavidade.

[013] A Figura 2 é uma vista em seção do dispositivo de formato circular.

[014] A Figura 4 é uma ilustração de como a carga de compressão é aplicada ao dispositivo.

[015] A Figura 4 é uma ilustração de como a carga de compressão leva a cavidade a mudar o volume.

[016] A Figura 5 é uma vista em perspectiva de dentro do dispositivo, em que o dispositivo é feito de múltiplas cavidades.

[017] A Figura 6 uma vista em perspectiva do canal indicador do dispositivo com a cobertura removida.

[018] A Figura 7 é uma modalidade do dispositivo em que a cavidade também compreende um tubo cheio de material resiliente tal como um fluido.

[019] A Figura 8 é uma modalidade do dispositivo em que o dispositivo está no formato retangular.

[020] A Figura 9 é uma pequena parte de outra modalidade do dispositivo em que essa pequena parte é feita de duas seções cada com colunas de Compressão Poisson.

[021] A Figura 10 é uma modalidade do dispositivo em que a carga é aplicada à cavidade através de uma cabeça de parafuso.

[022] A Figura 11 é outra modalidade do dispositivo em que a parede de cavi-

dade na parte superior da cavidade é moldada de modo diferente para melhorar determinadas características.

[023] A Figura 12 é outra modalidade do dispositivo em que a cavidade é colocada acima da cabeça de parafuso.

[024] A Figura 13 é outra modalidade do dispositivo em que a cavidade está em uma célula de carga, em que a mudança no volume da cavidade é ocasionada por uma compressão ou tensão aplicada à célula de carga.

[025] A Figura 14 é uma modalidade do tubo de indicação em que o fluido de indicação se move no tubo para indicar a mudança no volume da cavidade.

[026] A Figura 15 é uma vista em corte de outra modalidade do dispositivo em que o dispositivo compreende pelo menos duas cavidades independentes.

[027] A Figura 16 é uma vista explodida da modalidade em que o dispositivo compreende pelo menos duas cavidades independentes.

[028] A Figura 17 é uma vista explodida de outra modalidade do dispositivo em que a pelo menos uma cavidade está em um formato de anel.

[029] A Figura 18 é uma vista em seção do dispositivo em que a pelo menos uma cavidade está em um formato de aro.

[030] A Figura 19 é outra modalidade do dispositivo que compreende pelo menos duas cavidades independentes em que o dispositivo está em um formato cilíndrico.

[031] A Figura 20 é outra modalidade do dispositivo em que a pelo menos uma cavidade é situada perto das roscas de uma porca, pino, parafuso, etc.

[032] A Figura 21 é outra modalidade do dispositivo em que o pelo menos um canal de indicação pode ser visto na parte superior de uma porca de flange.

[033] A Figura 22 é uma vista alternativa do dispositivo para mostrar com mais clareza a pelo menos uma cavidade na parte inferior de uma porca de flange.

[034] A Figura 23 é uma vista em corte do dispositivo em que a pelo menos

uma cavidade é vedada por um anel e arruela inferior.

[035] Na descrição detalhada que se segue é feita referência aos desenhos em anexo que formam uma parte da mesma, e na qual está mostrado a título de ilustração implementações específicas que podem ser praticadas. /essas implementações estão descritas em detalhe suficiente par possibilitar que aqueles versados na técnica pratiquem as implementações, e deve ser compreendido que podem ser utilizadas outras implementações e que podem ser feitas mudanças lógicas, mecânicas, elétricas e outras sem se afastar do escopo da implementação. Portanto, a descrição detalhada que se segue não deve ser considerada no sentido limitativo.

[036] Esta descrição das modalidades exemplificativas pretende ser lida juntamente com os desenhos em anexo, que devem ser considerados parte de toda a descrição escrita. Na descrição, os termos relativos tais como “inferior”, “superior”, “horizontal”, “vertical”, “acima”, “abaixo”, “para cima”, “para baixo”, “parte superior” e “parte inferior” bem como derivados dos mesmos (por exemplo,, “horizontalmente”, “descendente”, “verticalmente”, etc.) devem ser considerados referindo-se à orientação conforme então descrito ou conforme mostrado nos desenhos sendo comentados. Esses termos relativos são por conveniência de descrição e não exigem que o aparelho seja construído ou operado em uma orientação particular. Os termos referentes fixações, acoplamentos e similares, tais como “conectado” e “interconectado”, se referem a uma relação em que as estruturas são presas ou fixadas entre si direta ou indiretamente através de estruturas intervenientes, bem como fixações ou relações móveis ou rígidas, a menos que expressamente descrito de outra maneira.

[037] A presente invenção descreve um dispositivo de medição de força reversível que pode compreender pelo menos uma cavidade, em que quando é aplicada carga ao dispositivo ocasiona uma mudança volumétrica reversível a pelo menos uma cavidade que leva o material de indicação a se mover dentro ou fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplica-

das. A mudança volumétrica reversível se refere à habilidade da pelo menos uma cavidade para verter sua mudança no volume quando as forças são revertidas e quando a carga removida da cavidade retorna ao seu formato original. Este pedido se refere a um dispositivo de medição de força que pode medir continuamente as mudanças nas forças. Por exemplo, quando a carga aumenta ou diminui dez por cento, o dispositivo de medição de força pode indicar essa mudança de 10 por cento.

[038] A Figura 1 é uma vista em perspectiva de uma modalidade do dispositivo de medição de força reversível 100 em que o dispositivo está no formato circular e pode compreender pelo menos uma cavidade 103, pelo menos uma área de recebimento de carga 101 (parte traseira), e pelo menos um material de indicação 102 (não mostrado na Figura 1), em que o volume da pelo menos uma cavidade muda quando é aplicada força a pelo menos uma área de recebimento de carga, em que o material de indicação 102 se move dentro ou fora da pelo menos uma cavidade 103 quando seu volume muda para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplicadas. Pelo menos uma área de recebimento de carga 101 pode estar em qualquer uma superfície ou ambas as superfícies do dispositivo de medição de força 100. A força aplicada pode ser aplicada simultaneamente tanto na superfície superior quanto na inferior.

[039] A Figura 2 é uma vista em seção do dispositivo de medição de força em forma circular 100. Conforme mostrado na Figura 2, há pelo menos uma cavidade 103 entre as paredes de cavidade 104. Nessa modalidade, as paredes de cavidade 104 são colunas de Compressão Poisson dispostas como colunas concêntricas. As paredes de cavidade 104 são estreitamente espaçadas para minimizar os volumes das cavidades 103 e, portanto, maximizar a força do dispositivo de medição de força 100. Como mais cavidades 103 e paredes de cavidade são ajustadas no dispositivo de medição de força circular 100, a proporção entre a altura e a largura de cada pa-

rede de cavidade aumenta o que aumenta a sensibilidade do dispositivo 100 permitindo mais movimento Poisson (evita mais do Poisson restrito) que aumenta a mudança no volume de cavidade para a mesma carga.

[040] A Figura 3 é uma ilustração de como é aplicada carga de compressão ao dispositivo de medição de força 100. A carga de compressão pode ser aplicada em uma ou mais áreas de recebimento de carga 101 no dispositivo de medição de força 100. Na modalidade mostrada na figura, a carga de compressão pode ser aplicada a partir da parte inferior ou da parte superior do dispositivo de medição de força 100.

[041] A Figura 4 é uma ilustração de como a carga de compressão leva pelo menos uma cavidade 103 a mudar de volume. Quando a carga é recebida por pelo menos uma área de recebimento de carga 101, a força é então transferida para pelo menos uma parede de cavidade 104. Pelo menos uma parede de cavidade 104 é feita de pelo menos uma coluna de Compressão Poisson que muda o formato de acordo com o efeito Poisson induzido pela carga aplicada. Nessa figura, as direções das forças aplicadas estão mostradas pelas setas maiores na parte superior e na parte inferior. As setas menores indicam as mudanças nas alturas e larguras das colunas de Compressão Poisson. Conforme mostrado, pelo menos uma parede de cavidade 104 se torna mais baixa devido à carga de compressão e mais larga devido à tensão Poisson. Como resultado, pelo menos uma cavidade 103 diminui de volume porque os espaços entre a pelo menos uma parede de cavidade 104 são tomados pela expansão da pelo menos uma parede de cavidade 104 na direção lateral. Consequentemente, uma determinada quantidade de pelo menos um material de indicação 102 é comprimida para fora da pelo menos uma cavidade 103. Uma carga de compressão diferente irá resultar em um efeito Poisson diferente na parede de cavidade 104 consequentemente uma mudança de volume diferente na cavidade 103. Portanto a quantidade de material de indicação 102 sendo comprimida para fora da

cavidade é uma indicação da quantidade de carga de compressão sendo aplicada na área de recebimento de carga 101. Observando a quantidade do pelo menos um material de indicação 102 sendo comprimido para fora da pelo menos uma cavidade 103, a força aplicada ao dispositivo 100 pode ser, portanto, calculada.

[042] A Figura 5 e a Figura 6 são vistas em perspectiva da estrutura interna de uma modalidade do dispositivo de medição de força 100. Nessa modalidade, o dispositivo de medição de força 100 possui um mecanismo pelo qual o material de indicação 102 imprensado para fora da pelo menos uma cavidade 103 pode ser convenientemente observado. Nessa modalidade, o dispositivo de medição de força 100 pode também compreender pelo menos um canal indicador 105, pelo menos um furo indicador 106, pelo menos um canal indicador 107, e pelo menos uma cobertura de canal, em que o local 108 da pelo menos uma cobertura de canal está mostrado, mas não a própria cobertura. Em uma modalidade que possui múltiplas cavidades 103, pelo menos um canal indicador 105 é necessário para conectar as cavidades 103 juntas. O canal indicador 105 serve como um canal comum para o material de indicação 102 percorrer das cavidades 103 no dispositivo 100 para fora do dispositivo 100. O canal indicador 105 também serve como um canal comum para o material de indicação 102 percorrer de volta para as cavidades 103. Pelo menos um furo indicador 100 é necessário para o material de indicação 102 sair de dentro do dispositivo de medição de força 100. Nessa modalidade, um furo indicador 106 é disposto na superfície externa do dispositivo 100. Uma extremidade do canal indicador 105 é conectada ao furo indicador 106. Nessa modalidade, o furo indicador 106 é conectado a um canal indicador 107 na superfície externa, em que a pelo menos uma cobertura de canal 108 (o local para a cobertura está mostrado, mas não a própria cobertura), é feita de material transparente ou semitransparente, cobre e veda o pelo menos um canal indicador 107. A cobertura transparente ou semitransparente permite que um observador observe a quantidade de material de indicação 102 sendo com-

primida para fora do dispositivo 100 devido à carga de compressão.

[043] A Figura 7 demonstra uma modalidade do dispositivo 100 em que a pelo menos uma cavidade 103 pode também comprimir um tubo 109. Nessa modalidade, a menos uma cavidade 103 é projetada para dar espaço para um tubo 109 feito de materiais resilientes a serem inseridos na pelo menos uma cavidade 103. O tubo 109 irá vedar o pelo menos um material de indicação 102. Como a cavidade 103 diminui ou aumenta de volume, o tubo 109 será comprimido mais ou menos levando o volume interno 102 do tubo 109 a encolher ou expandir com a cavidade 103, portanto, o material de indicação 102 dentro do tubo irá se mover dentro ou fora do tubo 109.

[044] A Figura 8 e Figura 9 ilustram mais duas modalidades do dispositivo em que o dispositivo 100 está em um formato retangular e a pelo menos uma cavidade 103 é construída por colunas quadradas 104. A Figura 8 ilustra uma modalidade onde as colunas 104 são quadradas e possuem a pelo menos uma cavidade 103 entre essas colunas quadradas. A Figura 9 ilustra outra modalidade onde as colunas de Compressão Poisson são intercaladas entre as duas partes e formam todas as colunas de Compressão Poisson porque as partes são montadas juntas. A Figura 9 ilustra uma vista explodida de uma pequena parte desta modalidade do dispositivo em que o dispositivo 100 é construído com uma seção superior e inferior que se ajustam entre si. Essa figura ilustra apenas uma pequena seção do dispositivo final 100. Cada seção mostrada possui duas colunas de Compressão Poisson, frequentemente referidas como paredes de cavidade 904, de maneira que quando as seções superior e inferior são montadas juntas o resultado são quatro colunas de Compressão Poisson 104 onde a pelo menos uma cavidade 103 é formada pelos espaços entre essas colunas e suas seções adicionais circundantes não mostrados.

[045] As modalidades da Figura 8 e Figura 9 possuem a vantagem de diminuir as superfícies restritas Poisson em duas dimensões. Na modalidade mostrada na Figura 1, a mudança Poisson da parede de cavidade 104 é apenas em uma direção.

Nas modalidades da Figura 8 e Figura 9, a mudança Poisson das paredes de cavidade 104 pode ocorrer tanto na direção x quanto na direção y. Isso irá permitir um aumento na mudança no volume das cavidades 103 para a mesma força aplicada, portanto, tornando o dispositivo de medição de força 100 mais preciso.

[046] A Figura 10 e Figura 11 ilustram mais duas modalidades do dispositivo 100 que são muito similares em que o dispositivo de medição de força 100 pode compreender pelo menos uma cavidade 203, pelo menos uma área de recebimento de carga 201, e pelo menos um material de indicação 202. A pelo menos uma área de recebimento de carga 201 pode ser deformada pelo movimento de um prendedor 207. O prendedor 207 pode ser uma cabeça de parafuso, porca, um pino, rebite, etc. O prendedor 207 mostrado nessas figuras é uma cabeça de parafuso. A deformação da pelo menos uma área de recebimento de carga 201 acarreta uma mudança no volume da pelo menos uma cavidade 203. A mudança no volume da pelo menos uma cavidade 203 leva o material de indicação 202 a se mover dentro e fora da pelo menos uma cavidade 203 para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplicadas. Pelo menos uma área de recebimento de carga da Figura 11 é moldada diferentemente da pelo menos uma área de recebimento de carga da Figura 10 para aumentar a sensibilidade.

[047] Nas modalidades da Figura 10 e Figura 11, o dispositivo 100 é mais sensível do que as modalidades mostradas nas Figuras 1 a 9 e pode ser usado para medir cargas muito mais baixas. Nessas modalidades o dispositivo 100 não usa tensão de compressão ou tensão Poisson quanto à deformação principal para mudar o volume de uma cavidade 203. A inclinação da superfície superior da parede de cavidade 204 é utilizada para diminuir o volume na cavidade 203 e comprimir o pelo menos um material de indicação 202 para fora de um furo indicador 205 da pelo menos uma cavidade 203. Similar à modalidade anterior, o dispositivo 100 nessa modalidade pode também compreender um furo indicador 205, e um tubo indicador 206 (mos-

trado na Figura 14), em que o material de indicação 202 se move dentro e fora da pelo menos uma cavidade 203 para o tubo indicador 206 através do furo indicador 205 quando a pelo menos uma cavidade 203 muda em volume.

[048] A Figura 12 é outra modalidade do dispositivo em que a cavidade 203 está na parte superior do prendedor 207 que prende os materiais 208 juntos. Quando o prendedor 207 é preso, a seção central da parte superior da cabeça do parafuso se move para baixo que move a parede de cavidade flexível 209 da pelo menos uma cavidade 203 para baixo com a cabeça de parafuso. Esse movimento para baixo aumenta o volume da pelo menos uma cavidade 203 que retira material de indicação 202 (mostrado na Figura 14) a partir de um tubo de indicação externo 206 (não mostrado aqui, mas mostrado na Figura 14). A seção superior da pelo menos uma cavidade 203 é fixa e não se move quando o prendedor 207 é tensionado. A parede de cavidade flexível 209 da cavidade 203 pode ser também a parte superior da cabeça de parafuso em vez de uma camada separada 209 mostrada na Figura 12.

[049] A Figura 13 é outra modalidade do dispositivo quando a pelo menos uma cavidade 203 é posicionada em uma célula de carga conforme mostrado no suporte de cavidade 210. Nessa modalidade, a deformação da pelo menos uma cavidade 203 pode ser ocasionada pelo movimento de um prendedor 209 (não mostrado). Quando o prendedor 209 coloca a célula de carga na compressão ou tensão do volume na pelo menos uma cavidade 203 muda o que move o material de indicação 202 dentro ou fora do tubo 206. A mudança no volume da pelo menos uma cavidade 203 pode ser usada para medir a direção e magnitude da força aplicada.

[050] A Figura 14 é uma modalidade de uma configuração de tubo indicador em que o pelo menos um tubo indicador 206 usado como um canal indicador possui o pelo menos um material de indicação 202 dentro do pelo menos um tubo indicador 206 onde a extensão do material de indicação 202 dentro de pelo menos um canal

indicador indica a mudança volumétrica da pelo menos uma cavidade 203. O material de indicação 202 é conectado a pelo menos uma cavidade através do pelo menos um furo indicador 205.

[051] A Figura 15 e Figura 16 mostram outra modalidade do dispositivo 100 em que o dispositivo de medição de força 100 pode compreender pelo menos duas cavidades independentes, pelo menos uma área de recebimento de carga, e material de indicação. Nessa modalidade, o volume das pelo menos duas cavidades independentes 303 e 305 muda quando a força é aplicada a pelo menos uma área de recebimento de carga 301. O material de indicação 202 se move dentro ou fora das pelo menos duas cavidades independentes 303 e 305 quando os volumes mudam para indicar a magnitude e/ou direção das cargas aplicadas. Se a parte superior 304 se mover para a esquerda, a pelo menos uma vedação 306 mantém os materiais de indicação em 303 e 305 separados sem inclinar nenhuma das colunas inferiores 304. Isso permite que a mudança no volume da cavidade 303 seja diferente da mudança no volume da cavidade 305.

[052] Essa modalidade é projetada para medir a força aplicada ao dispositivo pela observação da diferença entre a quantidade de materiais de indicação 202 sendo comprimidos para fora das pelo menos duas cavidades 303 e 305. Na modalidade mostrada na Figura 15, as forças de corte são aplicadas ao dispositivo 100. Para medir as forças de corte nessa modalidade, o pelo menos um material de indicação na cavidade esquerda 303 das pelo menos duas cavidades é isolado da cavidade direita 305 das pelo menos duas cavidades. Pode haver um tubo indicador 206 para a cavidade esquerda e um tubo indicador 206 para a cavidade direita. Quando as pelo menos duas cavidades são submetidas à força de corte, a mudança do volume na cavidade esquerda 303 e da cavidade direita 305 das pelo menos duas cavidades independentes serão diferentes, portanto, haverá volumes diferentes de material de indicação 202 movidos em cada tubo indicador 206. As forças de corte e as for-

ças de compressão podem ser, portanto, medidas observando a quantidade do material de indicação 202 em cada dos tubos indicadores 206.

[053] A Figura 17 e Figura 18 mostram outra modalidade do dispositivo 100 em que a pelo menos uma cavidade 303 está em uma forma de anel. Nessa modalidade, o projeto conta com a tensão tangencial, inclinação, e/ou compressão das seções diagonais para comprimir o material de indicação 202 para fora de sua pelo menos uma cavidade 303 através do pelo menos um furo indicador 311 e para o pelo menos um canal indicador 309 quando é aplicada uma força a pelo menos uma área de recebimento de carga 301. Uma vantagem dessa modalidade é que cada cavidade moldada em anel 303 pode ser isolada de outra cavidade em forma de anel 303 e, portanto, fornecendo leituras de compressão separadas para cada cavidade 303.

[054] A Figura 19 é outra modalidade do dispositivo 100 compreendendo pelo menos duas cavidades 303 em que o dispositivo está em um formato cilíndrico. O dispositivo 100 pode ser usado para medir força de corte e sua direção. Nessa modalidade, o dispositivo 100 pode compreender um disco 307 e anel externo 308 para medir a magnitude e direção de força de corte além das forças de compressão e/ou tensão.

[055] A Figura 21, Figura 22 e Figura 23 mostram outra modalidade do dispositivo 100 como uma porca de flange e arruela em que \ pelo menos uma cavidade 303 está em um formato de anel. Nessa modalidade, o projeto conta com tensão tangencial, inclinação, e/ou compressão de seções diagonais para comprimir o material de indicação 202 para fora de pelo menos uma cavidade 303 através do pelo menos um furo indicador 311 e para o pelo menos um canal de indicação 309 quando a força é aplicada a pelo menos uma área de recebimento de carga 301. A pelo menos uma cobertura de canal 108 (o local para a cobertura é mostrado, mas não a própria cobertura), é feita de material transparente ou semitransparente, cobre e ve-

da o pelo menos um canal indicador 309.

[056] Em uma modalidade mostrada na Figura 19, o espaço entre o anel interno e o disco 307 e o anel externo 308 pode compreender seis cavidades para o material de indicação 202 se mover dentro e fora dessas cavidades. Pode haver três cavidades 303 que estão afastadas 120 graus na parte superior do dispositivo 100 e três cavidades correspondentes 303 na parte inferior do dispositivo 100. As três partes das cavidades 303 nessa configuração permitem que a magnitude e direção da força de corte sejam medidas pela observação da diferença da quantidade de materiais de indicação 202 movida para dentro ou para fora de cada cavidade individual 303. Quando as forças de corte são aplicadas como se vê na imagem inferior do dispositivo 100, o material de indicação 202 é pressionado para fora da cavidade direita inferior 303 e o material de indicação 202 se move para a cavidade direita superior 303. Essa diferença na mudança nos volumes das cavidades pode ser usada para medir a magnitude e direção da força de corte aplicada junto com a magnitude e direção das forças de compressão e/ou tensão.

[057] A Figura 20 é outra modalidade do dispositivo em que pelo menos uma cavidade 303 é posicionada perto de pelo menos uma rosca de uma porca, pino, parafuso, etc. Nessa modalidade, a deformação da pelo menos uma cavidade 303 pode ser ocasionada pelo movimento da pelo menos uma área de recebimento de carga 301 quando uma força é aplicada conforma mostrado pelas setas. Essa modalidade pode também medir a diferença na carga entre uma rosca, ou um grupo de roscas, e outra rosca ou grupo de roscas, usando pelo menos duas cavidades 303 que sejam independentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de medição de força reversível, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

pelo menos uma cavidade,

pelo menos uma parede de cavidade,

pelo menos um dentre um componente prendedor e um componente de célula de carga,

pelo menos uma área de recebimento de carga, e

pelo menos um material de indicação;

em que a pelo menos uma cavidade é um espaço definido pela pelo menos uma parede de cavidade, em que a aplicação de força à pelo menos uma área de recebimento de carga ocasiona uma mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade no pelo menos um dentre um componente prendedor e um componente de célula de carga e em que a mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade leva o pelo menos um material de indicação a se mover dentro ou fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e/ou direção da força aplicada.

2. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

pelo menos um furo indicador,

pelo menos um canal indicador, e

pelo menos um dentre uma cobertura de canal e um tubo;

em que o pelo menos um furo indicador é conectado à pelo menos uma cavidade,

em que o pelo menos um dentre uma cobertura de canal e um tubo é feito de material transparente ou semitransparente, e cobre e veda o pelo menos um canal indicador,

em que o pelo menos um material de indicação se move da pelo menos uma cavidade, através do pelo menos um furo indicador, e para o pelo menos um canal indicador quando é aplicada força à pelo menos uma área de recebimento de carga.

3. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos uma válvula unidirecional para impedir que o material de indicação retorne para a pelo menos uma cavidade.

4. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos um tubo, em que o pelo menos um tubo é disposto dentro da pelo menos uma cavidade para vedar o pelo menos um material de indicação.

5. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um material de indicação pode ser líquido, gás ou um material resiliente.

6. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um canal indicador compreende adicionalmente material capaz de mudar sua cor quando esse material entra em contato com o pelo menos um material de indicação.

7. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um material de indicação possui propriedades que permitem sua expansão ou contração com aumentos ou diminuições de temperatura para compensar a expansão ou contração da pelo menos uma cavidade devido à mudança na temperatura do dispositivo de medição de força reversível.

8. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

pelo menos uma cavidade adicional,

em que essa pelo menos uma cavidade adicional muda seu volume em resposta à mudança na temperatura do dispositivo de medição de força reversível.

9 Dispositivo de medição de força reversível, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

- pelo menos uma cavidade,
- pelo menos uma parede de cavidade flexível,
- pelo menos uma parede de cavidade fixa,
- pelo menos um prendedor,
- pelo menos uma área de recebimento de carga, e
- pelo menos um material de indicação;

em que a pelo menos uma cavidade é o espaço entre a pelo menos uma parede de cavidade flexível e a pelo menos uma parede de cavidade fixa, em que a pelo menos uma parede de cavidade fixa é parte de um meio fixo ou adjacente a um meio fixo, em que o pelo menos um prendedor ocasiona uma mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade pela aplicação de uma força à pelo menos uma área de recebimento de carga que move a pelo menos uma parede de cavidade flexível, e em que a mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade leva o pelo menos um material de indicação a se mover para dentro ou para fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e direção da força aplicada pelo prendedor.

10. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

- pelo menos um furo indicador,
- pelo menos um canal indicador, e
- pelo menos uma cobertura de canal ou tubo;

em que a pelo menos uma cobertura de canal ou tubo é feita de material transparente ou semitransparente, e cobre e veda o pelo menos um canal indicador,

em que o pelo menos um material de indicação se move para dentro e para fora da pelo menos uma cavidade para o pelo menos um canal indicador através do pelo menos um furo indicador quando a pelo menos uma cavidade muda seu volume.

11. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos uma válvula unidirecional para impedir que o material de indicação retorne para a pelo menos uma cavidade.

12. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos um tubo, em que o pelo menos um tubo é disposto dentro da pelo menos uma cavidade para vedar o pelo menos um material de indicação.

13. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um material de indicação pode ser líquido, gás, ou um material resiliente.

14. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um canal indicador compreende adicionalmente material capaz de mudar sua cor quando esse material entra em contato com o pelo menos um material de indicação.

15. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um material de indicação possui propriedades que permitem expandir ou contrair com o aumento ou diminuição de temperatura para compensar a expansão ou contração da pelo menos uma cavidade devido à mudança na temperatura do dispositivo de medição de força reversível.

16. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 10, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

pelo menos uma cavidade adicional,
em que essa pelo menos uma cavidade adicional muda seu volume em resposta à mudança na temperatura do dispositivo de medição de força reversível.

17. Dispositivo de medição de força reversível, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

pelo menos duas cavidades independentes,
pelo menos uma parede de cavidade,
pelo menos um dentre um componente prendedor e um componente de célula de carga,

pelo menos uma área de recebimento de carga, e
pelo menos um material de indicação;

em que a pelo menos uma cavidade é um espaço definido pela pelo menos uma parede de cavidade,

em que a aplicação de força à pelo menos uma área de recebimento de carga no pelo menos um componente prendedor e um componente de célula de carga induz mudanças volumétricas reversíveis independentes em cada uma das pelo menos duas cavidades independentes,

em que a mudança volumétrica reversível de cada uma das pelo menos duas cavidades independentes é diferente,

em que o pelo menos um material de indicação se move para dentro ou para fora das pelo menos duas cavidades independentes quando seus volumes reversíveis mudam para indicar a magnitude e/ou direção da força aplicada.

18. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que cada uma das pelo menos duas cavidades independentes compreende adicionalmente:

pelo menos um furo indicador,
pelo menos um canal indicador, e

pelo menos um dentre uma cobertura de canal e um tubo,

em que o pelo menos um dentre uma cobertura de canal e um tubo é feito de material transparente ou semitransparente, e cobre e veda o pelo menos um canal indicador,

em que o pelo menos um material de indicação se move para dentro ou para fora de cada uma das pelo menos duas cavidades independentes, através do pelo menos um furo indicador, e para o pelo menos um canal indicador quando é aplicada força à pelo menos uma área de recebimento de carga.

19. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 18, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos uma válvula unidirecional para impedir que o pelo menos um material de indicação retorne para a pelo menos uma cavidade.

20. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 18, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos um tubo, em que o pelo menos um tubo é disposto dentro da pelo menos uma cavidade para vedar o pelo menos um material de indicação.

21. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 18, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um material de indicação pode ser líquido, gás, ou um material resiliente.

22. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 18, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um canal indicador compreende adicionalmente material capaz de mudar sua cor quando esse material entra em contato com o pelo menos um material de indicação.

23. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 18, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um material de indicação possui propriedades que permitem sua expansão ou contração com aumentos ou diminuições de temperatura para compensar a expansão ou contração das pelo me-

nos duas cavidades devido à mudança na temperatura do dispositivo de medição de força reversível.

24. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 18, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

pelo menos uma cavidade adicional,

em que essa pelo menos uma cavidade adicional muda seu volume em resposta à mudança na temperatura do dispositivo de medição de força reversível.

25. Dispositivo de medição de força reversível, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

pelo menos uma cavidade,

pelo menos uma parede de cavidade,

pelo menos um dentre um componente prendedor e um componente de célula de carga,

pelo menos uma área de recebimento de carga, e

pelo menos um material de indicação;

em que a pelo menos uma cavidade é um espaço definido pela pelo menos uma parede de cavidade, em que a aplicação de força à pelo menos uma área de recebimento de carga induz um efeito Poisson na pelo menos uma parede de cavidade, em que o efeito Poisson ocasiona uma mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade no pelo menos um dentre um componente prendedor e um componente de célula de carga, e em que a mudança volumétrica reversível da pelo menos uma cavidade leva o pelo menos um material de indicação a se mover para dentro ou para fora da pelo menos uma cavidade para indicar a magnitude e/ou direção da força aplicada.

26. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 25, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

pelo menos um furo indicador,

pelo menos um canal indicador, e
pelo menos um dentre uma cobertura de canal e um tubo;
em que o pelo menos um furo indicador é conectado com a pelo menos uma cavidade,

em que o pelo menos um dentre uma cobertura de canal e um tubo é feito de material transparente ou semitransparente, e cobre e veda o pelo menos um canal indicador,

em que o pelo menos um material de indicação se move da pelo menos uma cavidade, através do pelo menos um furo indicador, e para o pelo menos um canal indicador quando é aplicada força à pelo menos uma área de recebimento de carga.

27. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos uma válvula unidirecional para impedir que o material de indicação retorne para a pelo menos uma cavidade.

28. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos um tubo, em que o pelo menos um tubo é disposto dentro da pelo menos uma cavidade para vedar o pelo menos um material de indicação.

29. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o pelo menos um material de indicação pode ser líquido, gás, ou um material resiliente.

30. Dispositivo de medição de força reversível, de acordo com a reivindicação 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

pelo menos uma cavidade adicional,

em que essa pelo menos uma cavidade adicional muda seu volume em resposta à mudança na temperatura do dispositivo de medição de força reversível.

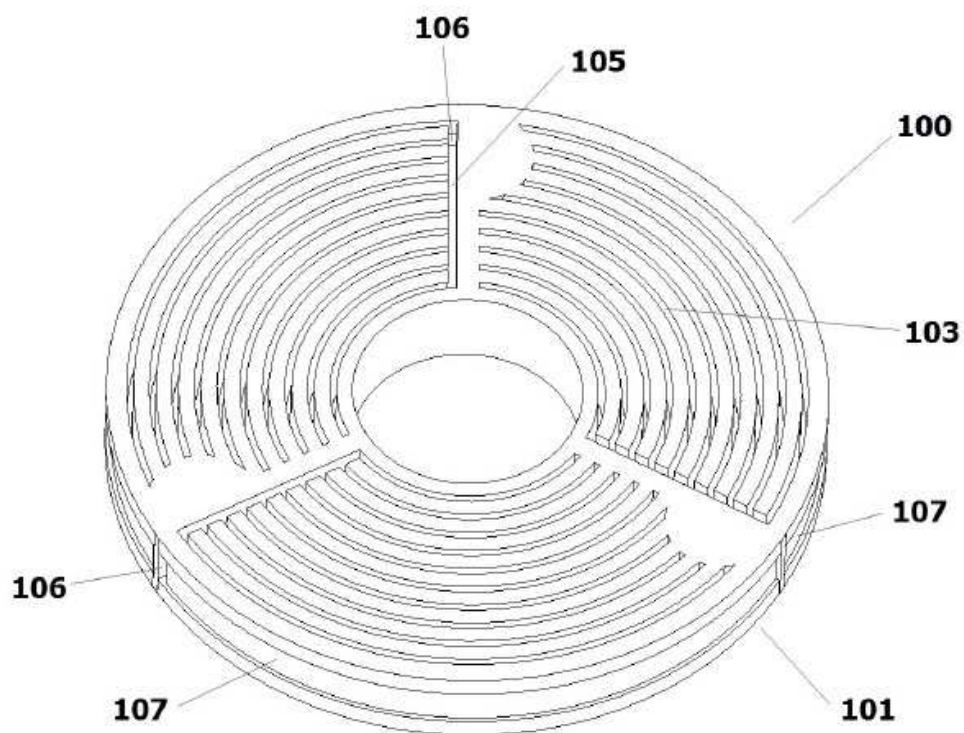


FIGURA 1

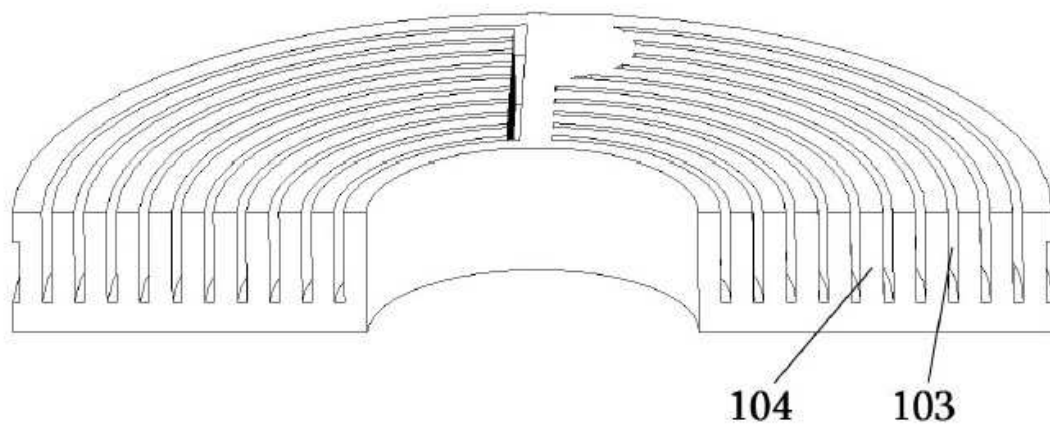


FIGURA 2

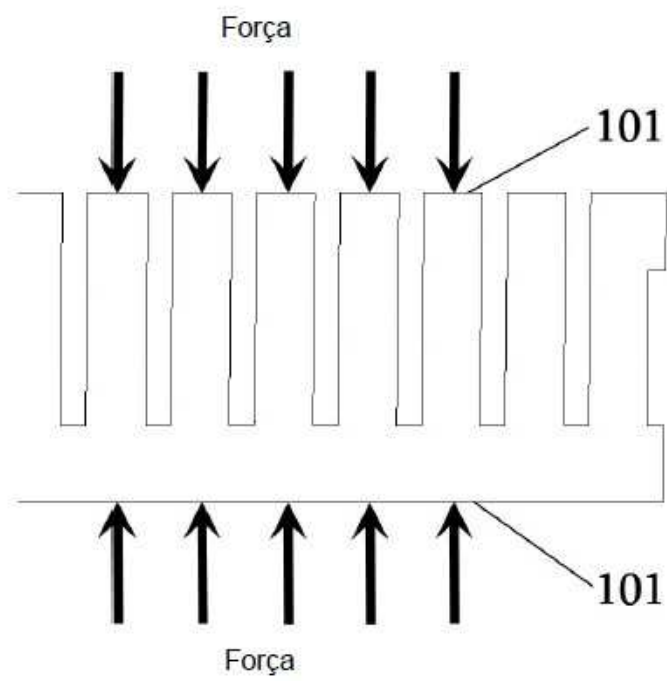


FIGURA 3

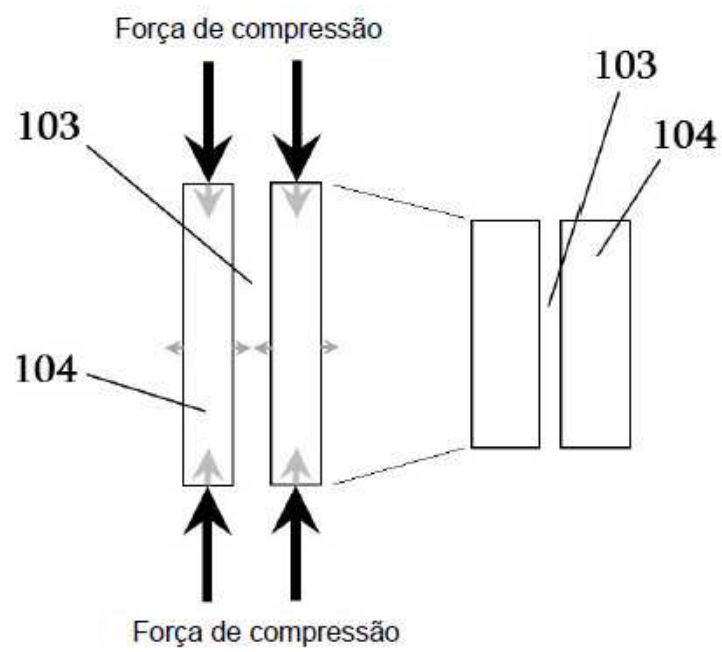


FIGURA 4

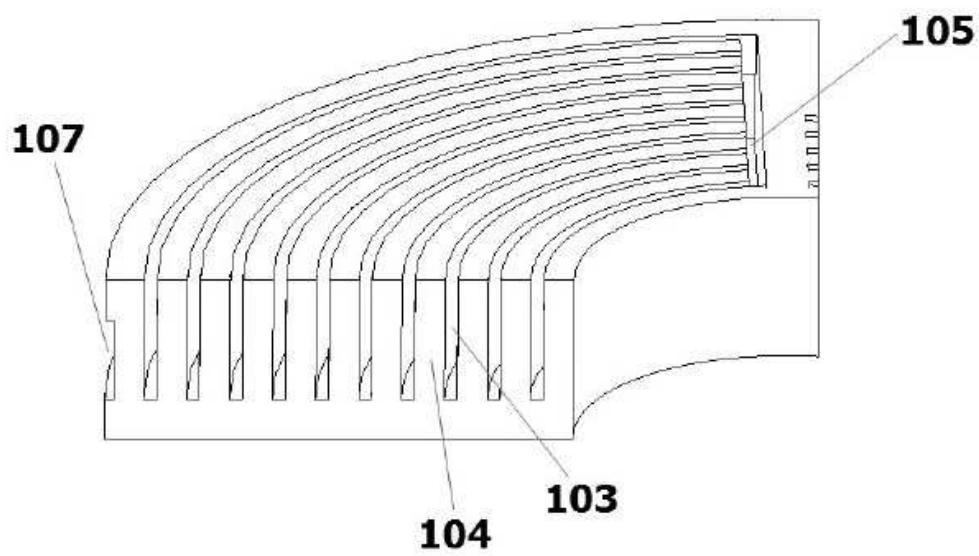


FIGURA 5

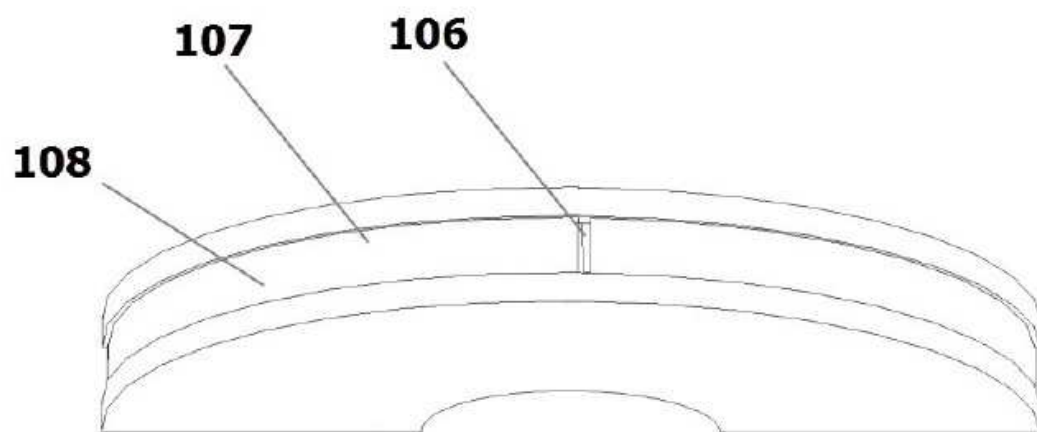
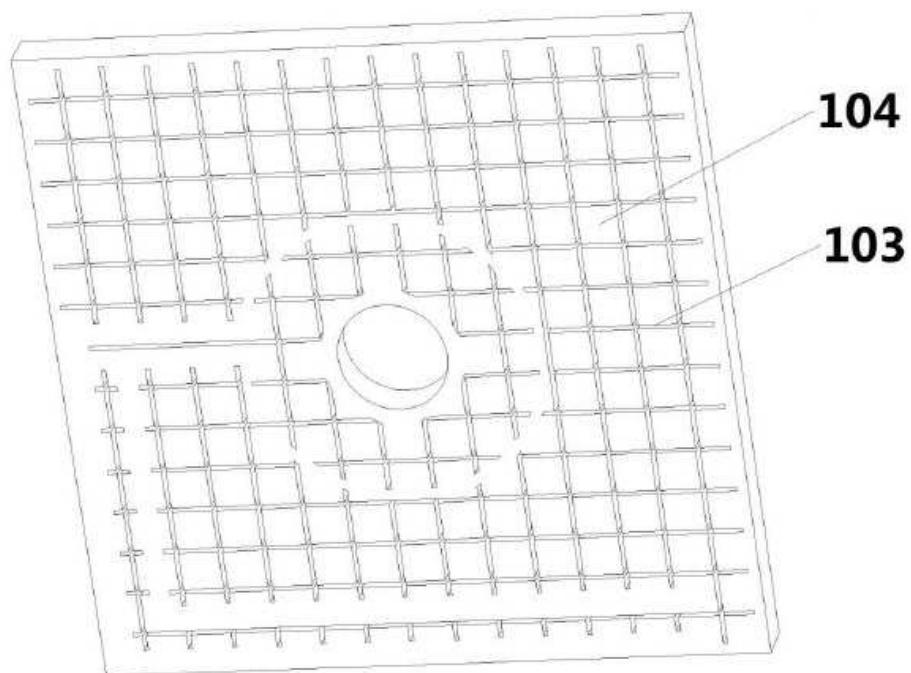
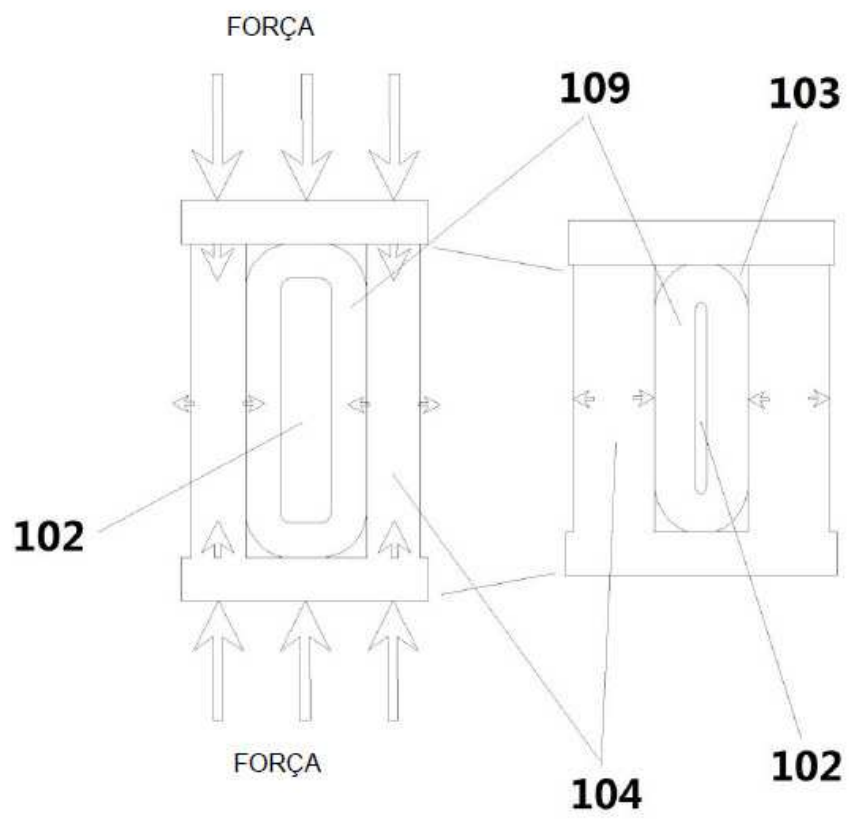


FIGURA 6



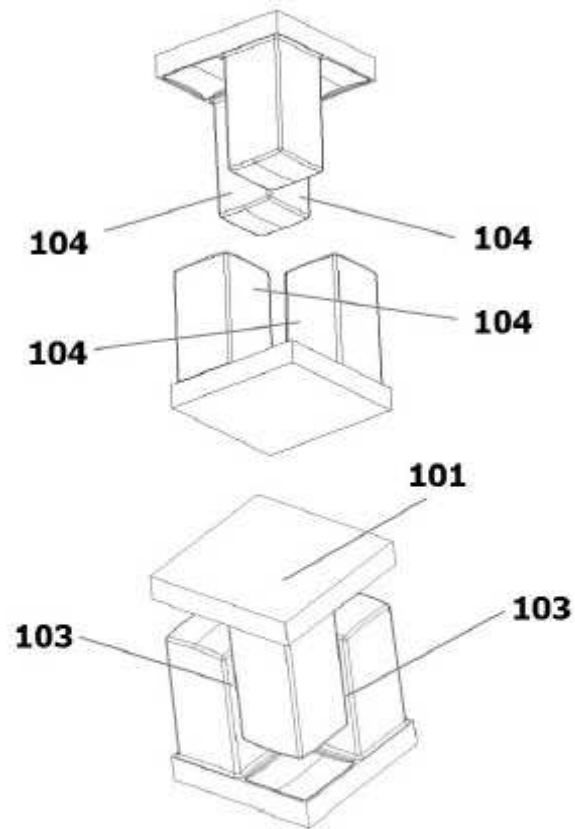


FIGURA 9

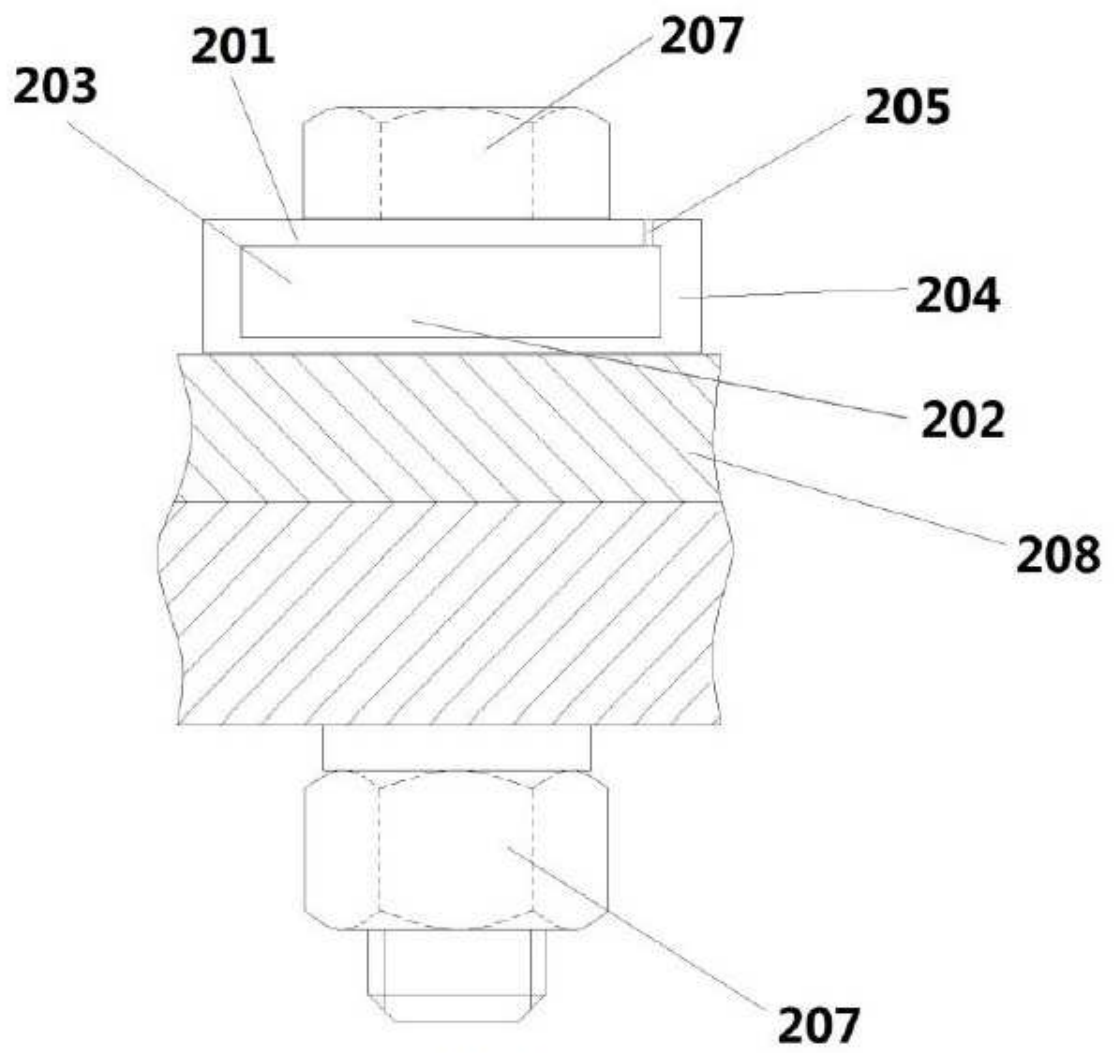


FIGURA 10

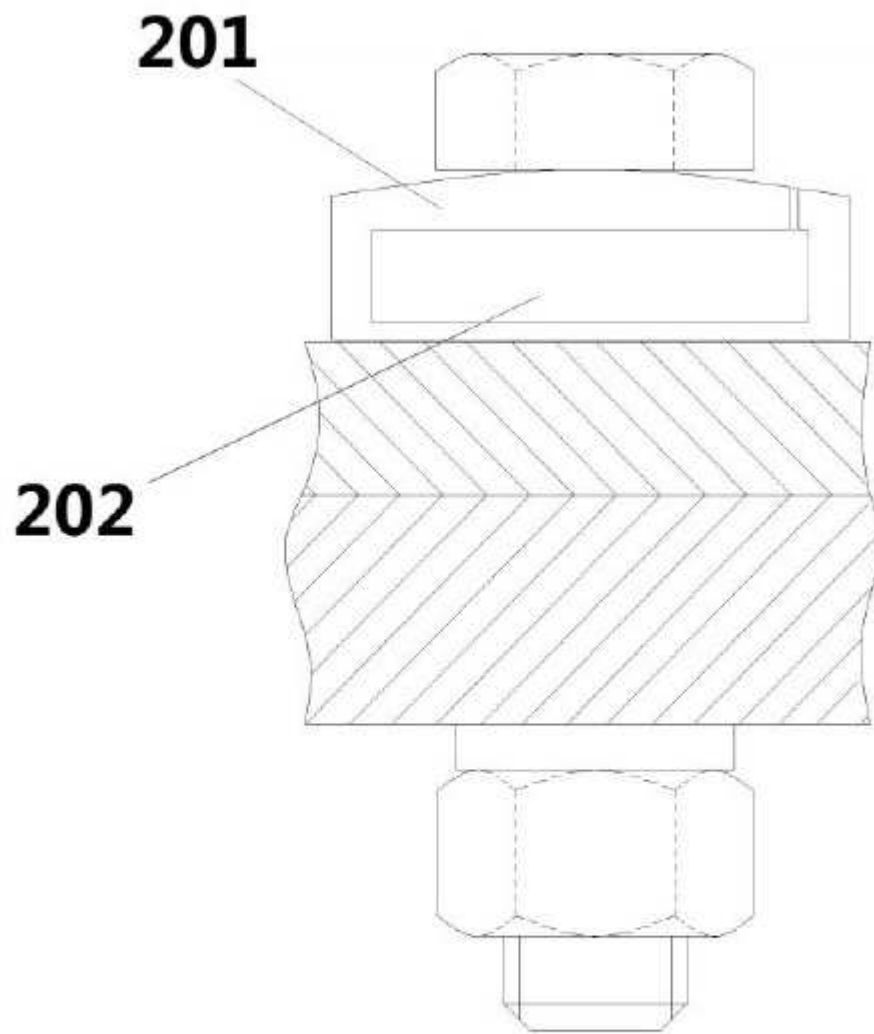


FIGURA 11

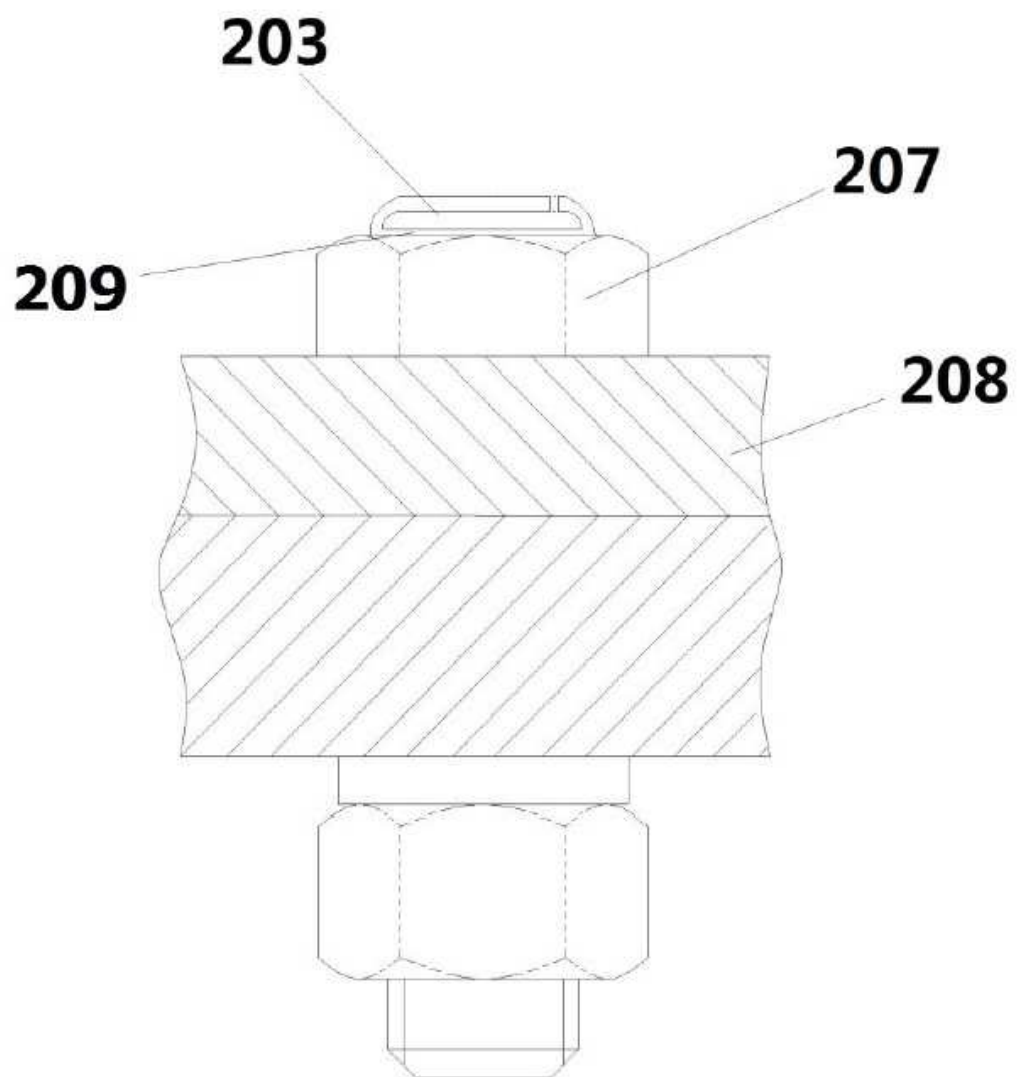


FIGURA 12

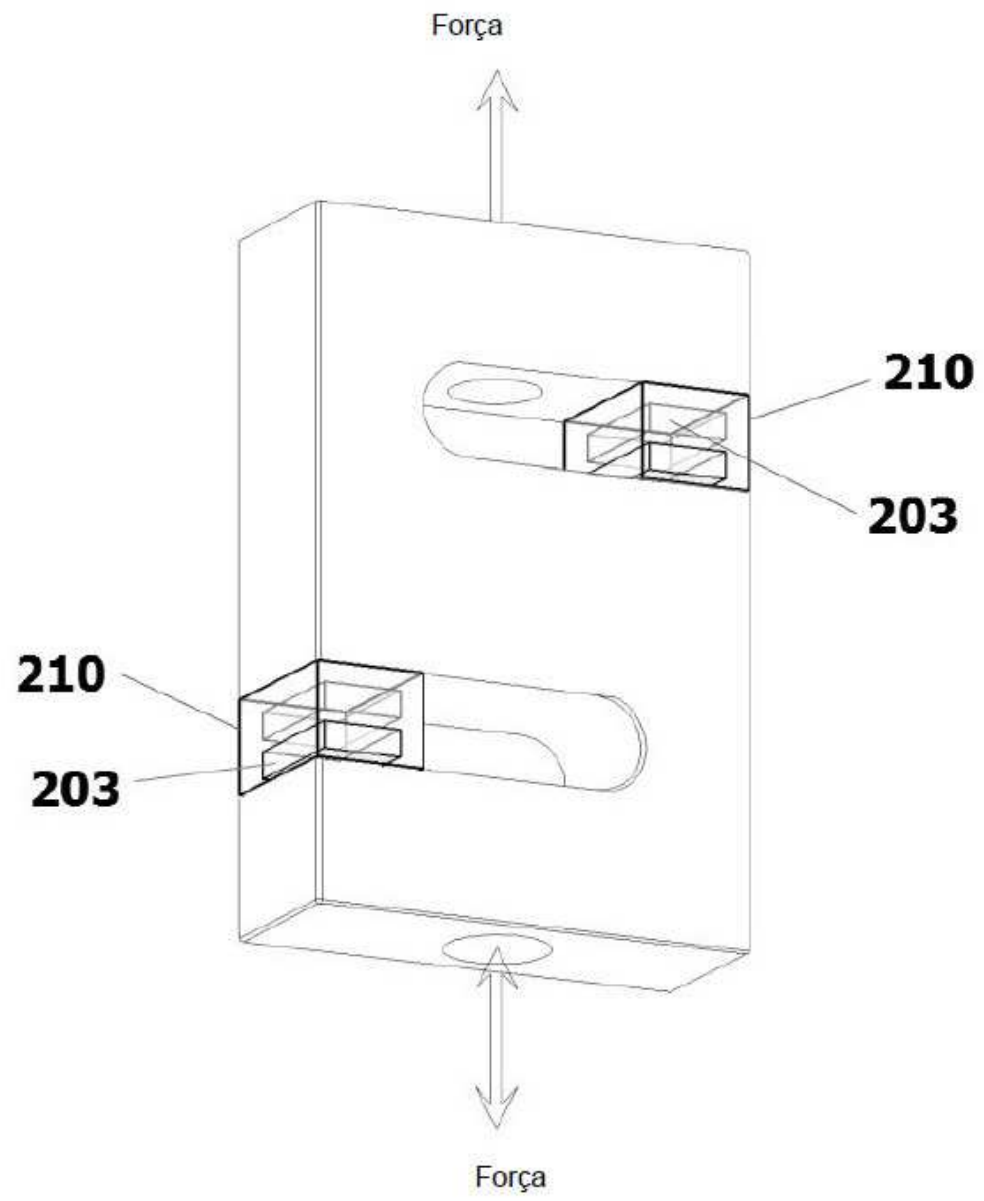


FIGURA 13

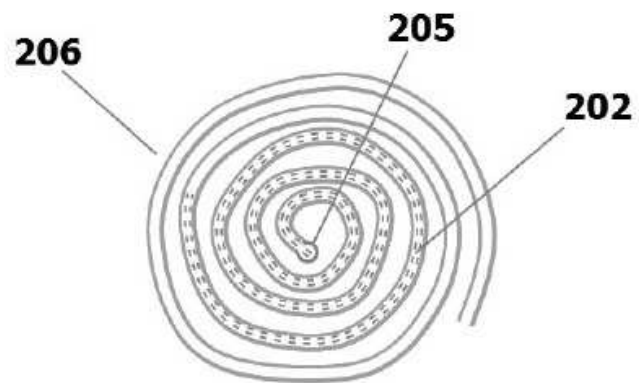


FIGURA 14

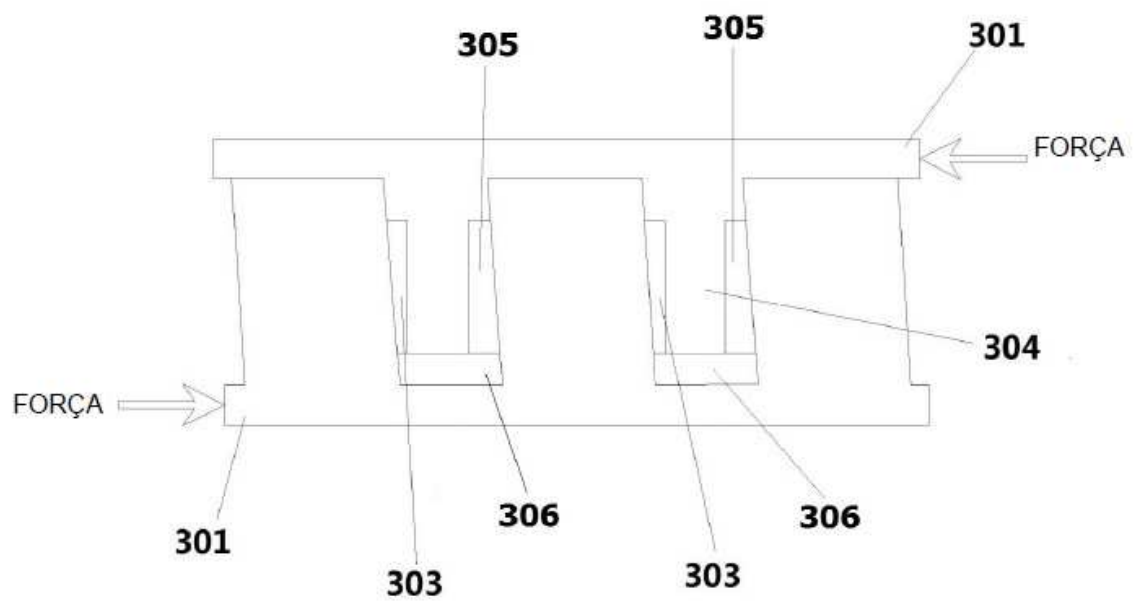


FIGURA 15

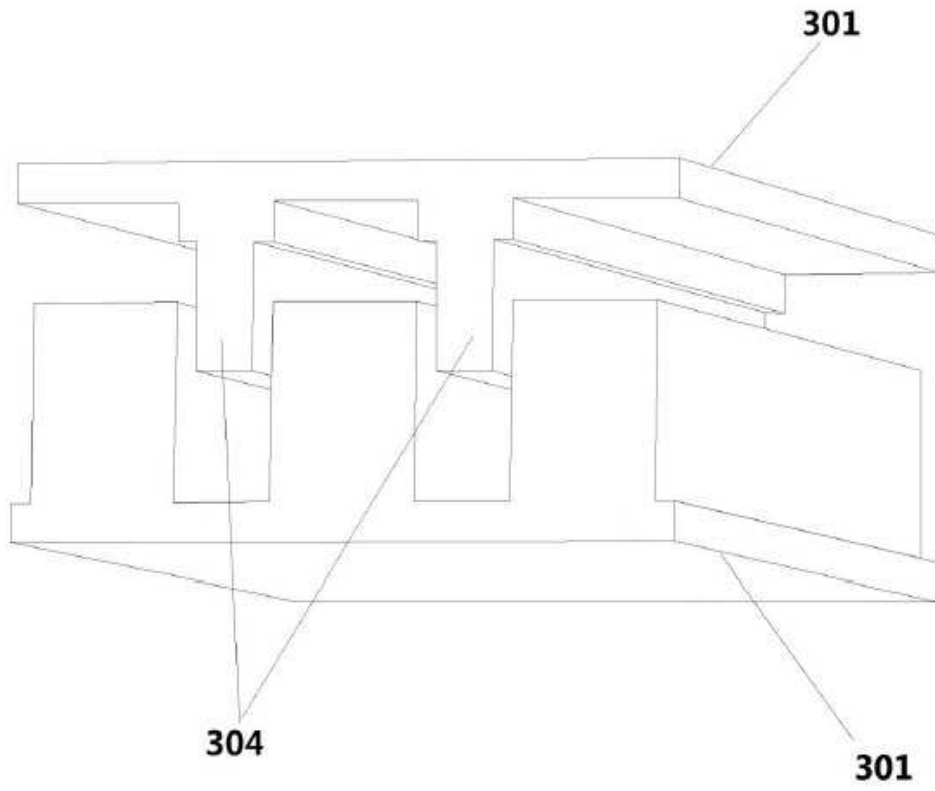


FIGURA 16

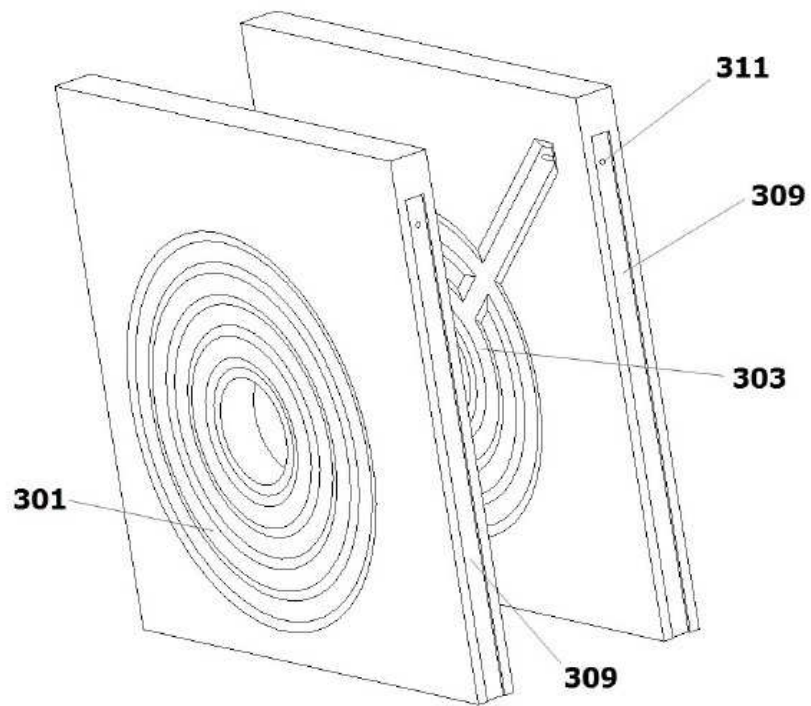


FIGURA 17

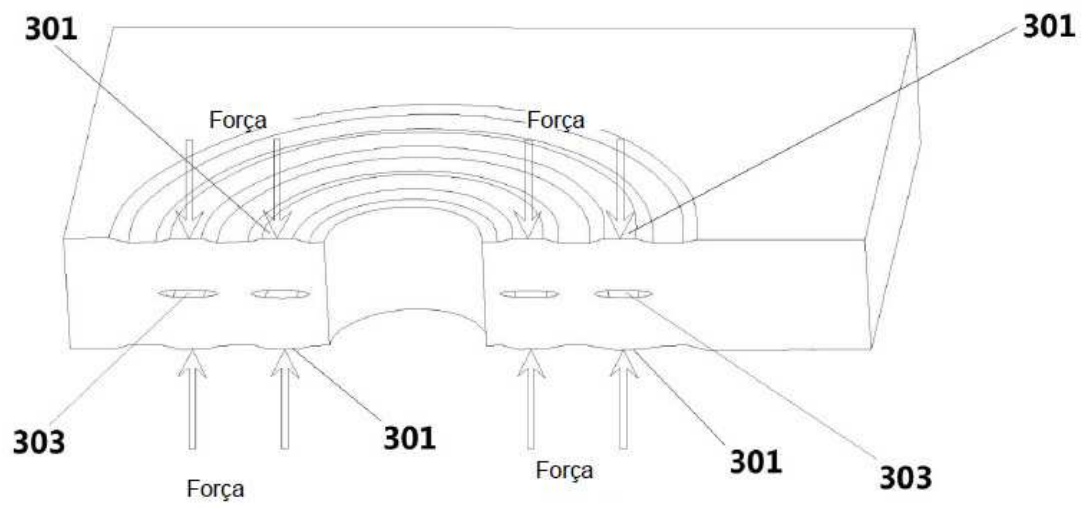


FIGURA 18

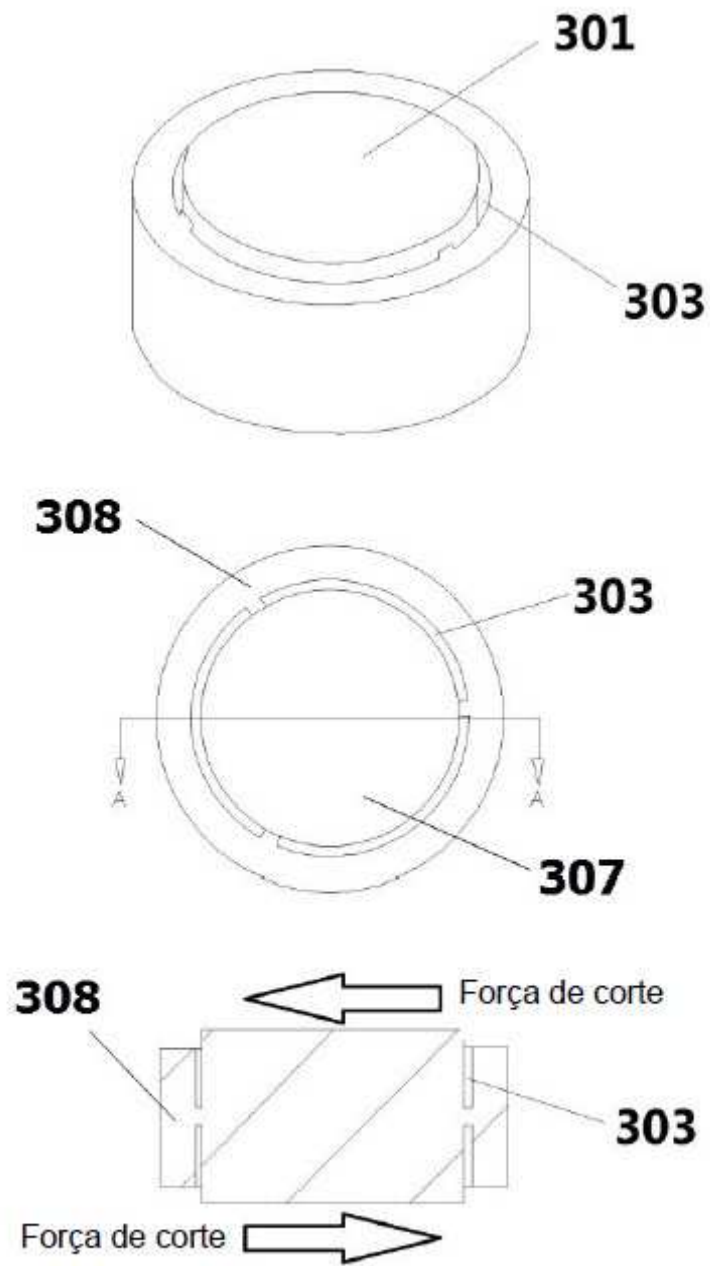


FIGURA 19

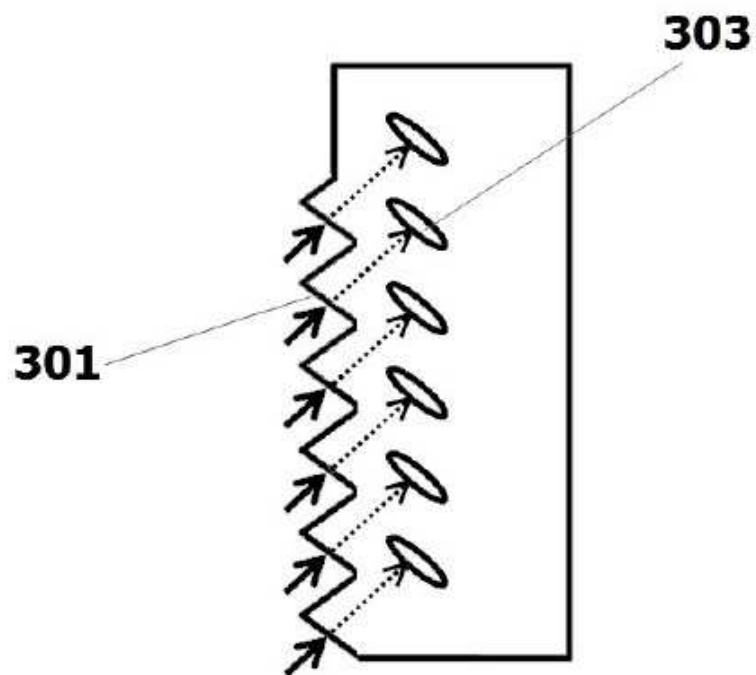


FIGURA 20

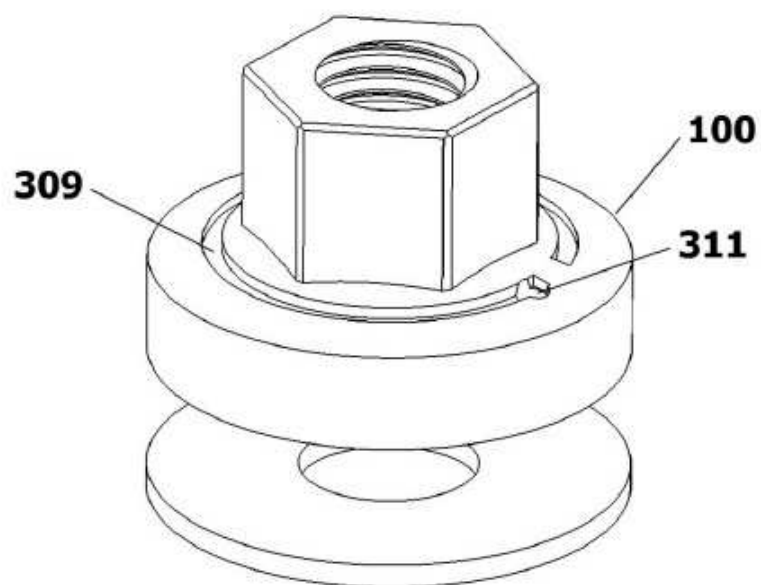


FIGURA 21

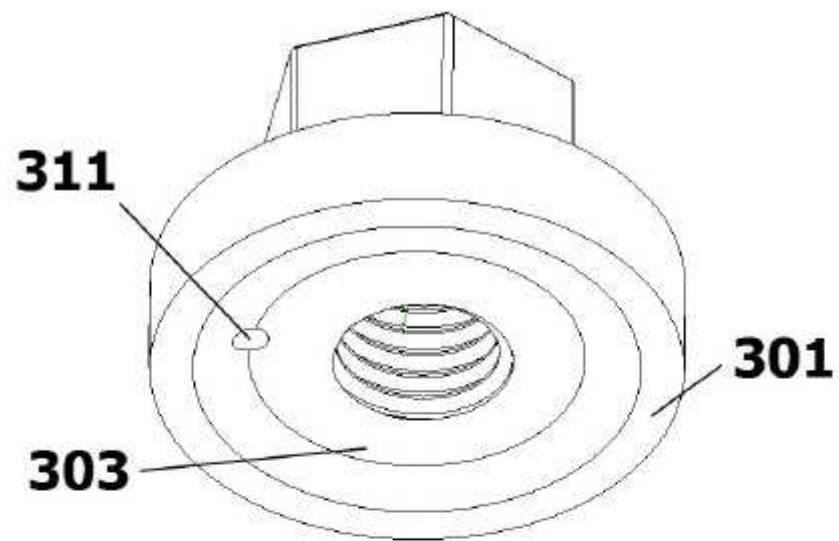


FIGURA 22

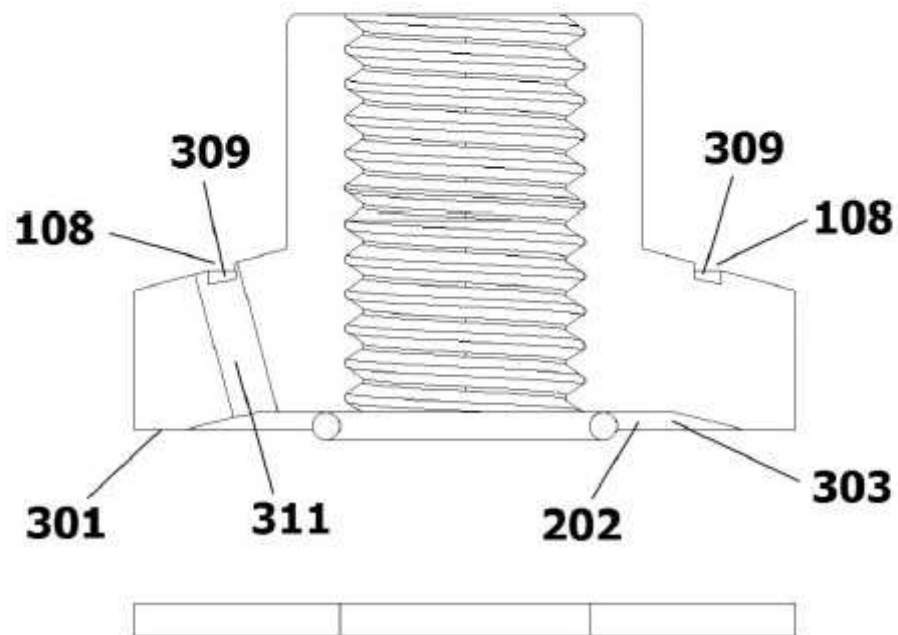


FIGURA 23