



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

**(11) BR 112014004419-8 B1**



**(22) Data do Depósito:** 29/08/2012

**(45) Data de Concessão:** 20/10/2020

**(54) Título:** DISPOSITIVO INDICADOR DE CARGA

**(51) Int.Cl.:** G01L 5/00; F16B 31/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 31/08/2011 GB 1115040.6.

**(73) Titular(es):** FASTENERS SOLUTIONS LIMITED.

**(72) Inventor(es):** MARIA JANE PHIPPS; STAN CENEY.

**(86) Pedido PCT:** PCT GB2012052114 de 29/08/2012

**(87) Publicação PCT:** WO 2013/030567 de 07/03/2013

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 25/02/2014

**(57) Resumo:** DISPOSITIVO INDICADOR DE CARGA A presente invenção propõe um dispositivo indicador de carga para uso com conjuntos estruturais que têm componentes de fixação tais como porcas e cavilhas. O dispositivo indicador de carga compreendendo uma arruela que tem um corpo tubular que define um furo que se estende através dele, compreendendo o corpo pelo menos um furo que se estende pelo parcialmente através do corpo; e uma sonda configurada para estar disposta no interior de, pelo menos, um furo e operável para proporcionar uma indicação da compressão sobre arruela, de modo tal, que, em uso, a arruela sofre uma deflexão para comprimir o furo contra a sonda quando a carga aplicada à arruela atinge uma tensão predeterminada.

**"DISPOSITIVO INDICADOR DE CARGA"**

[001] A presente invenção se refere a um dispositivo indicador de carga e especialmente a uma arruela que indica uma carga para proporcionar uma indicação de uma tensão predeterminada entre componentes de fixação.

[002] É fato conhecido que se componentes de fixação tais como porcas e cavilhas etc. não estiverem corretamente tensionados e fixados entre si com uma força de compressão ou carga correta, então esses componentes têm a probabilidade de eventualmente falharem ou de se afastarem ou de outro modo qualquer, de ficarem expostos a alguma forma de fadiga mecânica. Consequentemente, há, portanto, numerosos problemas mecânicos que podem potencialmente resultar, se um conjunto estrutural que compreende tais componentes de fixação, se encontram sob carga insuficiente ou sobrecarregada (isto é, sob uma tensão insuficiente ou excessivamente tensionada, respectivamente).

[003] Tipicamente, uma condição de carga insuficiente resultará geralmente em fadiga e falha dos componentes estruturais, uma vez que estarão geralmente presentes forças de oscilação externas. Se as forças de oscilação agirem, por exemplo, através de uma porca e cavilha, sendo o tensionamento da porca e cavilha insuficiente, a cavilha geralmente falhará ou sofrerá fratura (devido à fadiga) ou em outro caso eventualmente se soltará devido às forças de oscilação.

[004] Em uma condição de sobrecarga, a porca e a cavilha geralmente serão expostas a tensões que novamente podem levar à falha dos componentes de fixação. Portanto, se a tensão de fixação for demasiado elevada, a cavilha

e/ou a porca, ou os seus filetes tipicamente excederão a carga presumida, resultando em geral em fratura ou quebra dos componentes.

[005] Consequentemente, é muito importante se aplicar a tensão, carga ou força de compressão correta aos componentes de fixação para se ter garantida a integridade estrutural de um conjunto mecânico, o que por sua vez aumenta a vida útil e/ou a segurança de máquinas e conjuntos.

[006] Uma técnica comum para o tensionamento de componentes de fixação tais como, porcas e cavilhas, consiste no uso de um dispositivo tal como um torquímetro para aplicar uma carga de tensionamento. No entanto, tais dispositivos geralmente têm o inconveniente inerente de usar até aproximadamente 90% do esforço (dependendo da lubrificação) para superar a resistência friccional nos componentes de fixação diferentes. Portanto, pode ser muito difícil se superar as resistências fricionais imprevisíveis quando se tem disponível aproximadamente 10% do esforço restante para assim se ter a certeza da aplicação de tensionamento correto de carga aos componentes de fixação. Consequentemente, esta técnica de compressão pode ser desprovida de precisão para algumas aplicações de compressão, levando a situações de carga insuficiente ou sobrecarga dos componentes de fixação, sem que o operador tenha consciência da presença de tal condição.

[007] Portanto, um objetivo da presente invenção consiste em se voltar para alguns, se não todos, dos problemas acima na técnica, propondo um dispositivo melhorado de indicação de carga que permite um

tensionamento confiável e consistente dos componentes de fixação.

[008] De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção é proposto um dispositivo indicador de carga, compreendendo:

- uma arruela tendo um corpo tubular que define um furo que o atravessa, compreendendo o corpo pelo menos um furo que se estende pelo menos parcialmente através do corpo; e
- uma sonda configurada para ficar disposta dentro de, pelo menos, um furo e operável para proporcionar uma indicação da compressão sobre a arruela, de modo tal, que, em uso, a arruela sofre uma deflexão para comprimir o furo contra a sonda quando a carga aplicada à arruela tiver atingido uma tensão predeterminada.

[009] Foi constatado que a previsão de um dispositivo indicador de carga tendo uma arruela e uma sonda disposta no interior de pelo menos um furo no corpo de arruela, de modo tal, que, em uso, a arruela sofre deflexão sob compressão para comprimir os lados do furo contra as sondas, quando a carga tiver atingido uma tensão predeterminada é especialmente vantajosa, uma vez que o dispositivo é capaz de proporcionar uma indicação confiável e precisa da tensão entre dois componentes de fixação dispostos de cada lado do corpo da arruela.

[0010] Portanto, o dispositivo da presente invenção pode ser implementado em qualquer arranjo em que dois ou mais conjuntos mecânicos devem ser conectados por componentes de fixação, tais como porcas e cavilhas, de modo tal, que o dispositivo fica disposto entre os componentes de fixação,

que são então tensionados (apertados entre si) até uma carga necessária. Deste modo, o presente dispositivo torna possível se comprimir componentes de fixação até uma tensão desejada ou predeterminada sem a necessidade de um torquímetro ou de outros meios de medição mecânica (tensão). Portanto, um operador, tal como um engenheiro ou mecânico, pode ter a certeza de que, usando o dispositivo da presente invenção, pode ser atingida a tensão necessária sem ter que se preocupar com a possibilidade dos componentes de fixação estarem sob carga insuficiente.

[0011] Em uma modalidade preferida, a sonda tem a liberdade de se deslocar no interior do furo até que a carga aplicada na arruela atinja a tensão predeterminada. Portanto, a sonda pode ser disposta de modo a ser rotativa no interior do furo quando a arruela não está sob carga ou se encontra sob carga insuficiente. Portanto, um operador pode verificar manualmente para determinar a carga corrente aplicada sobre a arruela simplesmente girando a sonda com os dedos (isto é, comprimindo com o dedo). Durante a compressão subsequente da arruela, comprimindo entre si os dois componentes de fixação, por exemplo, de cada lado da arruela, o corpo da arruela sofrerá deflexão (isto é, será comprimido), de modo que o corpo da arruela sofrerá distorção de acordo com a Lei de Hooke, que força as paredes internas do furo contra a superfície externada sonda para inibir a continuação do movimento da sonda. Assim, quando o operador não puder mais girar a sonda, ele então sabe que foi atingida a tensão ou carga necessária sobre a arruela.

[0012] A tensão predeterminada corresponde, de

preferência, a qualquer pré-carga dentro dos limites de elasticidade do material da arruela.

[0013] Deve ser observado que as dimensões da arruela podem ser fabricadas de acordo com qualquer formato ou tamanho desejado e que, selecionando-se cuidadosamente o tipo de material e a resiliência do material da arruela, esta pode ser otimizada para sofrer deflexão de qualquer valor de acordo com qualquer tensão necessária. Portanto, o dispositivo indicador de carga da presente invenção pode ser usado em numerosas aplicações mecânicas e pode ser dimensionado para ter qualquer tamanho que a aplicação específica exija.

[0014] Em modalidades especialmente preferidas, a sonda pode assumir a forma de um pino alongado e com mais preferência um pino de tolerância próxima. "Tolerância próxima" significa que o pino tem um diâmetro correspondendo de perto ao tamanho do furo. O pino pode ser permanentemente fixado à arruela ou em outras modalidades pode ser removível quando a arruela não estiver em uso. No entanto, deve ficar subentendido que qualquer forma de sonda pode ser usada em conjunto com a presente invenção, dependendo da aplicação específica. Na verdade, em algumas modalidades, a sonda pode ser fabricada a partir de um parafuso de cabeça padrão.

[0015] Em algumas modalidades, uma porção do corpo da arruela pode ter um diâmetro relativamente mais estreito do que o resto do corpo. Portanto, o corpo da arruela pode compreender uma reentrância circumferencial. A função da reentrância consiste em tornar o corpo da arruela mais fácil de ser defletida, isto, é, em comprimir, o que assim

aumenta a sensibilidade e a área de deflexão que estiver sendo medida.

[0016] O corpo dessa arruela compreende superfícies sustentadoras de carga superior e inferior, nas quais dois componentes de fixação, tais como uma porca e uma cavilha, por exemplo, podem estar dispostos em cada um dos lados da arruela encostando-se cada um destes lados à superfície sustentadora de carga respectiva da arruela. Deste modo, a carga aplicada pode ser transmitida ou comunicada ao corpo da arruela por meio do contato físico que é constituído pela arruela e componentes de fixação para deste modo comprimir a arruela entre os componentes à medida que os componentes estão sendo comprimidos um ao outro.

[0017] Em outros arranjos, a arruela pode ser disposta entre dois componentes hidráulicos tais com cilindros hidráulicos para indicar a aplicação de carga entre os cilindros.

[0018] Em algumas modalidades, o dispositivo indicador de carga pode ser disposto de tal modo que a sonda ou é mecânica ou eletricamente conectada a um dispositivo de exibição visual para proporcionar uma indicação visual da carga aplicada sobre a arruela. Portanto, adicional ou alternativamente à simples rotação da sonda para a determinação da aplicação de carga corrente da arruela, pode ser usado um dispositivo de exibição visual para indicar a carga aplicada sobre a arruela.

[0019] Em uma modalidade, o dispositivo de exibição visual pode ser um manômetro rotativo, manômetro de relógio ou outro dispositivo de medição de carga que é, de preferência, conectado de modo operável à sonda por meio de

uma alavanca mecânica ou por uma conexão.

[0020] Em uma modalidade alternativa, o corpo da arruela e a sonda podem fazer parte de um circuito elétrico que é configurado para permitir um fluxo de corrente através do circuito quando a carga da arruela atinge uma tensão predeterminada. Portanto, usando-se conexões elétricas adequadas para a arruela e a sonda, um circuito elétrico pode ser, de preferência, fechado quando a carga aplicada à arruela tiver atingido a tensão exigida.

[0021] Em tal modalidade, a sonda se encontra na forma de um eletrodo, que é, de preferência, eletricamente isolado ao longo de pelo menos uma porção do comprimento da sonda.

[0022] O circuito elétrico compreende, de preferência, pelo menos uma fonte luminosa que seja operável para se iluminar em resposta ao fluxo de corrente, quando tiver sido atingida a tensão predeterminada. Portanto, o dispositivo pode também proporcionar, vantajosamente, uma indicação visual da carga aplicada sobre a arruela iluminando uma fonte de luz.

[0023] A fonte de luz pode ser uma lâmpada incandescente ou mais preferivelmente um diodo emissor de luz (LED), que pode estar permanentemente iluminado ou então modulado ou pulsado de acordo com qualquer padrão desejado quando tiver sido atingida a tensão exigida. Naturalmente, deve ser observado que qualquer fonte de luz adequada pode ser usada em conjunto com a presente invenção, e na verdade qualquer dispositivo audível pode ser adicional ou alternativamente usado dependendo da aplicação específica.

[0024] Em algumas modalidades, o circuito elétrico pode

ainda compreender uma multiplicidade de fontes de luz operáveis para indicar pelo menos um de: uma condição de carga insuficiente, uma condição de aplicação excessiva de carga e uma condição de aplicação de carga presumida. Portanto, o circuito pode ser disposto para proporcionar uma indicação visual de que a arruela ainda não atingiu a carga exigida ou que ela sob carga excessiva ou que atingiu exatamente a carga exigida.

[0025] A multiplicidade de fontes de luz pode ser disposta em alguma forma de dispositivo manual ou portátil que é, de preferência, configurado para ser usado remotamente do dispositivo indicador de carga, ou por meio de uma conexão por fio ou de uma conexão sem fio.

[0026] Em modalidades especialmente preferidas, o corpo da arruela pode ainda compreender um segundo furo que se estende pelo menos parcialmente através do corpo e configurado para receber uma segunda sonda. A segunda sonda é, de preferência, operável para proporcionar uma indicação de uma condição de aplicação excessiva de carga sobre a arruela. O segundo furo tem, de preferência, dimensões maiores do que o primeiro furo, de modo que é necessária uma deflexão muito maior da arruela antes que o segundo furo e a segunda sonda entrem em contato. Deste modo, selecionando-se cuidadosamente os tamanhos do segundo furo e/ou da segunda sonda, pode ser obtida uma indicação de um estado de aplicação excessiva de carga sobre a arruela, que ocorre quando tiver sido aplicada uma tensão demasiada sobre o corpo da arruela. Neste caso, o operador seria avisado da condição de sobrecarga, ou por testagem manual da rotação da segunda sonda por pressão do dedo ou por meio

de uma indicação visual (por LED, por exemplo, etc.) que exigiria que ele afrouxasse os componentes de fixação para impedir um tensionamento excessivo da junta ou da conexão mecânica.

[0027] Naturalmente, deve ficar subentendido que a arruela pode ser fabricada para incluir qualquer número de furos e sondas para proporcionar uma indicação precisa da aplicação simétrica de carga à arruela e aos componentes mecânicos associados. Portanto, a arruela pode ter numerosos furos de diferentes tolerâncias para indicar cargas diferentes quando medidas com as sondas respectivas.

[0028] A arruela pode ser vantajosamente reutilizada para outras aplicações, escareando-se o um ou mais furos no corpo da arruela até atingir o tamanho desejado. Portanto, o dispositivo indicador de carga pode ser reciclado e/ou retro-ajustado a qualquer conjunto mecânico.

[0029] A arruela é, de preferência, termicamente tratada durante a fabricação para melhorar o desempenho da arruela. Além disso, a arruela pode também ser coberta com um plástico ou revestida com um material plástico, tal como náilon, para impedir ou inibir a corrosão da arruela com o tempo. Naturalmente qualquer revestimento ou material adequado pode ser usado em conjunto com a arruela da presente invenção dependendo da aplicação específica.

[0030] Deve ser observado que nenhum dos aspectos ou modalidades descritos em relação à presente invenção é mutuamente excludente de outros, e que as características e funções de cada modalidade podem, portanto, ser usadas de modo intercambiável, ou adicionalmente, com as características e funções de qualquer outra modalidade, sem

limitação.

[0031] Modalidades da presente invenção serão agora descritas detalhadamente a título de exemplo e fazendo referência aos desenhos apensos em que:

[0032] A Figura 1 - mostra uma vista em perspectiva de um dispositivo indicador de carga, de acordo com uma modalidade preferida;

[0033] a Figura 2 - mostra uma vista lateral de uma sonda de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[0034] a Figura 3 - mostra uma vista em planta de uma arruela de acordo com uma modalidade da presente invenção;

[0035] a Figura 4a - mostra uma vista lateral de uma arruela de acordo com uma outra modalidade da presente invenção

[0036] a Figura 4b - mostra uma vista lateral de uma outra arruela de acordo com uma outra modalidade da presente invenção;

[0037] a Figura 5a - mostra um dispositivo indicador de carga de acordo com uma modalidade preferida em operação com uma junta fixada com o uso um parafuso de cabeça & porca para tensionar o conjunto;

[0038] a Figura 5b - mostra um dispositivo indicador de carga em operação com uma junta diferente fixada usando-se uma porca & cavilha para tensionar o conjunto;

[0039] a Figura 6 - mostra uma outra modalidade preferida do dispositivo indicador de carga da presente invenção incorporando um manômetro rotativo;

[0040] a Figura 7 - mostra uma multiplicidade de curvas da lei de Hooke de diferentes materiais para a arruela da presente invenção;

[0041] a Figura 8 - mostra uma outra modalidade do dispositivo indicador de carga da presente invenção incorporando um circuito elétrico e meios indicadores visuais;

[0042] as Figuras 9a a 9d - mostram diversas vistas de uma outra modalidade do dispositivo indicador de carga da presente invenção;

[0043] a Figura 10a - mostra uma vista em seção transversal de uma outra modalidade do dispositivo indicador de carga da presente invenção;

[0044] a Figura 10b - mostra uma vista ampliada de uma porção do dispositivo da Figura 10a;

[0045] as Figuras 11a & 11b - mostram uma outra modalidade de um dispositivo indicador de carga das presente invenção que incorpora um monitor manual para a indicação visual do tensionamento correto de carga, ilustrado no estado desconectado e no conectado, respectivamente;

[0046] a Figura 12a - mostra uma vista lateral em seção transversal de um contato de sonda de acordo com uma modalidade preferida;

[0047] a Figura 12b - mostra uma modalidade preferida ilustrando um monitor manual conectado a um par de contatos mostrados na Figura 12a;

[0048] a Figura 12c - mostra uma vista ampliada do par de contatos conforme mostrado na Figura 12b;

[0049] a Figura 13 - mostra um monitor manual de acordo com uma modalidade alternativa para interromper automaticamente a energia a uma ferramenta elétrica ao ser atingida uma tensão predeterminada;

[0050] a Figura 14 - mostra uma outra modalidade incorporando um computador para receber sinais de uma multiplicidade de dispositivos indicadores de carga;

[0051] a Figura 15a - mostra uma vista lateral em seção transversal de uma outra modalidade preferida do dispositivo indicador de carga integrado a uma porca hexagonal;

[0052] a Figura 15b - mostra um a vista em planta de um dispositivo indicador de carga da Figura 15a; e

[0053] a Figura 16 - mostra um arranjo de um dispositivo indicador de carga com um monitor manual de acordo com uma modalidade especialmente preferida que incorpora um dispositivo de exibição visual na forma de uma leitura digital.

[0054] Com referência à Figura 1, é mostrada uma modalidade especialmente preferida de um dispositivo indicador de carga 10 de acordo com a presente invenção. Deve ficar subentendido que o dispositivo na forma em que é mostrado na Figura 1 não está em escala e, portanto, a figura se destina a uma finalidade ilustrativa somente.

[0055] O dispositivo 10 comprehende uma arruela que tem um corpo tubular 18, que define um furo 13 que se estende através dela. O dispositivo é adequado idealmente para uso quando se unem dois conjuntos mecânicos diferentes entre si por meio de porcas e cavilhas etc. e para proporcionar uma indicação precisa da carga aplicada de um conjunto quando se encontra sob uma carga compressiva. Os materiais se distendem ou se comprimem sob carga, sendo a tensão proporcional à deformação até a carga de prova dos materiais (Lei de Hooke) e se isso puder ser medido então é

o meio mais confiável de determinação de cargas comprimidas em juntas estruturais.

[0056] Sob carga, a força aplicada ao corpo 18 da arruela será uma força compressiva e o corpo sofrerá deflexão, isto é, será comprimido. Com base na lei de Hooke, há uma relação linear entre a deflexão (compressão ou extensão) do material da arruela e a força que é aplicada a ela, até uma carga de prova máxima do material, quebrando-se em seguida a relação linear. Até esta carga de prova máxima, o material da arruela conserva a sua elasticidade, de modo que, depois da força de carga aplicada responsável pela compressão do material ter sido removida, o corpo da arruela voltará às suas dimensões originais descomprimidas.

[0057] O corpo 18 da arruela tem uma altura 12 e uma espessura 16. Em uma modalidade, a altura 12 da arruela não varia, mas podem ser usadas diferentes espessuras e materiais da arruela para exigências de cargas aplicadas diferentes. Deve ser observado que em uma modalidade alternativa, poderia ser usada uma arruela com uma altura 12 diferente.

[0058] A arruela compreende pelo menos um furo 20 no corpo da arruela para receber pelo menos uma sonda 14 para medir a deflexão do corpo sob carga. A Figura 2 mostra uma vista lateral de uma sonda 14 que está localizada no interior do furo 20 do corpo 18 da arruela. Neste exemplo, a sonda 14 é disposta de modo removível no interior do furo 20 da arruela. Em uma modalidade alternativa, a sonda pode ser um componente não removível da arruela.

[0059] A Figura 3 mostra uma vista em planta do corpo 81

da arruela tendo um furo 20 para receber a sonda 14 mostrada na Figura 2. O corpo 18 da arruela é mostrado como tendo dimensões substancialmente circulares na vista em planta, mas é também possível uma arruela que tem um formato geométrico diferente.

[0060] A Figura 4a mostra uma vista lateral em seção transversal da arruela de acordo com uma modalidade preferida. A arruela tem um primeiro furo 20 e um segundo furo 21 no corpo 18. O corpo 18 tem uma superfície superior sustentadora de carga 42 e uma superfície inferior sustentadora de carga 42 que produzirão a deflexão ou comprimirão o corpo 18 da arruela sob carga.

[0061] A arruela proporciona uma indicação precisa da força de compressão quando se usa somente um furo. No entanto, em uma modalidade alternativa uma multiplicidade de furos pode estar distribuída ao redor da circunferência do corpo. Isto proporciona vantajosamente uma indicação de uma distribuição uniforme da força de carga ao redor da arruela que informa a um operador que a junta mecânica está simetricamente carregada.

[0062] O segundo furo 21 tem um diâmetro diferente (isto é, menor) do diâmetro do primeiro furo para indicar uma condição de sobrecarga. Isto é, uma primeira sonda 14 no primeiro furo 20 indica quando a força se encontra a tensão ou carga predeterminada, mas uma segunda sonda no segundo furo 21 é usada para indicar quando a força se encontra em uma condição de sobrecarga.

[0063] Mais especificamente, se a primeira sonda 14 quando inserida no primeiro furo 20 estiver livre para girar por manipulação manual, então um operador sabe que a

arruela se encontra em carga insuficiente, mais exatamente que a tensão predeterminada não foi ainda atingida. Portanto, o operador sabe que é necessário se apertar mais os componentes de fixação, até aquele momento em que a sonda não puder mais ser girada por pressão do dedo. Neste caso, o operador é então capaz de determinar o momento em que a tensão predeterminada foi atingida. Usando-se um segundo furo 21 no corpo 18 da arruela, o operador pode ter certeza que a junta foi sobrecarregada, uma vez que a segunda sonda estará livre para girar a não ser que o corpo da arruela tenha sido demasiadamente comprimido, indicando que a arruela foi sobrecarregada.

[0064] A sonda ou sondas pode(em) ser codificadas por cor para diferentes cargas predeterminadas, de modo que um operador possa selecionar e usar a sonda correta para a carga desejada.

[0065] A Figura 4b mostra uma modalidade alternativa em que uma porção 46, 48 do corpo 18 da arruela é de diâmetro reduzido. Esta porção de diâmetro reduzido torna o corpo 18 da arruela mais fácil de sofrer deflexão e aumenta, portanto, a sensibilidade e o alcance da deflexão (e da força compressiva) que estiver sendo determinada.

[0066] A Figura 5a mostra um dispositivo indicador de carga 10 em uma junta fixada exemplar usando um parafuso de cabeça & porca para apertar o conjunto mecânico. Uma cavilha 53atravessa a junta 58, juntamente com o furo interno da arruela e termina em um parafuso de cabeça 52. A cabeça 54 da cavilha 53 pode ser girada para apertar o conjunto como um todo. Em uso, a cavilha 53 pode ser apertada por um operador até que o dispositivo indicador de

cargo 10 indica que a força compressiva atingiu a carga presumida predeterminada, quando operador não é mais capaz de girar a sonda 14 no interior do furo 20 por manipulação manual, isto é, por pressão do dedo.

[0067] A Figura 5b mostra um dispositivo indicador de carga 10 em uma junta fixada alternativa usando uma cavilha & porca para apertar o conjunto. Exatamente do mesmo modo como acima, o operador pode continuar a apertar a cavilha até o momento em que a sonda 14 não girar mais no interior do furo 20, quando a força de compressão tiver atingido a carga presumida predeterminada.

[0068] A Figura 6 mostra uma outra modalidade de um dispositivo indicador de carga de acordo com a presente invenção, em que um manômetro de relógio é usado para indicar a carga sobre a arruela dentro de uma faixa de zero a carga de prova. Uma alavanca 67 disposta no interior de um furo do corpo da arruela gira ao redor de um pino de fulcro e reage contra uma mola de compressão 69 quando a arruela se deforma sob carga. Esta ação força a haste 65 a se deslocar radialmente afastando-se do centro da arruela (isto é, na direção vertical na Figura 6). A haste 65 desloca a sonda 64 que por sua vez atua o manômetro 62 por meio de mecanismo de mola 66 e haste 64. O manômetro 662 é calibrado para indicar a carga aplicada à arruela.

[0069] Com referência à figura 7, é mostrada uma multiplicidade de curvas que ilustram a lei de Hooke para diferentes materiais de arruelas. O eixo de x indica a extensão (ou a compressão) do material ao passo que o eixo y indica a força aplicada. Uma primeira curva 70 indica um material com uma carga de prova de nível 8,8, a segunda

curva 72 representa um material com uma carga de prova de nível 10,9 e a terceira curva 74 representa um material com uma carga de prova de nível 12,9. Pode ser observado que na região elástica cada uma das curvas 70, 72 e 74 indica uma relação linear (diretamente proporcional) entre a deflexão compressiva do material e a força de carregamento, mas cada um dos materiais tem uma carga de prova, de modo que a lei de Hooke quebra e resulta uma relação não linear.

[0070] A Figura 8 mostra uma modalidade alternativa em que o dispositivo indicador de carga faz parte de um circuito elétrico. Neste arranjo, a sonda 14 age como um eletrodo que tem pelo menos uma porção do seu comprimento envolvido por um material isolante, tal como plástico ou borracha etc. A sonda 14 é dimensionada de modo tal, que existe um pequeno vão de ar entre a superfície externa da haste 81 da sonda e as paredes internas do furo 20. As paredes do furo 20 servem como o outro eletrodo no circuito elétrico. O isolamento é disposto de modo a produzir uma deflexão quando o corpo da arruela for submetido a uma carga, de modo tal, que a haste 81 da sonda 14 entra em contato físico e elétrico com as paredes do furo 20. Uma fonte de luz 82 que pode ser uma lâmpada incandescente ou LED etc. faz parte do circuito elétrico. Portanto, quando a arruela está carregada até uma tensão predeterminada, a sonda e o furo estão conectados eletricamente, permitindo que a fonte de luz 82 se ilumine. Disso resulta que o operador pode ser alertado sobre a carga correta por meio de uma indicação visual, mais exatamente pela iluminação da fonte de luz 82. Uma célula ou bateria 84 fornece energia para o circuito elétrico.

[0071] Deve ser observado que em modalidades alternativas, o interior do furo pode ser isolado em vez da sonda, e consequentemente qualquer dos dois arranjos faz parte da presente invenção.

[0072] Nas Figuras 9a-d é mostrado uma outra implementação elétrica do dispositivo indicador de carga da presente invenção. Com referência à Figura 9a, é mostrada uma arruela sob carga com uma sonda ou Rota 92 inserida em um furo do corpo 18 da arruela. O corpo 18 também compreende um pino de controle de ajusta que é conectado a uma superfície superior sustentadora de carga da arruela. Um parafuso de compressão 98 (mostrado nas Figuras 9b & 9c) é usado para ajustar a posição do pino de controle. Um pino de retenção rotativo 94 conserva a sonda 92 em posição dentro do furo do corpo 81 da arruela.

[0073] A Figura 9d mostra uma vista ampliada de uma porção da arruela, mostrando a sonda e os pinos mais detalhadamente. O pino de controle de ajuste 96 se estende par baixo a partir da superfície superior sustentadora de carga 42. Um vão de ar 97 está presente entre a ponta do pino de controle 96 e a primeira camada de isolamento elétrico 93 que cobre pelo menos uma porção do comprimento da sonda 92. Sob carga, a superfície superior sustentadora de carga sofrerá deflexão devido à força de aperto compressiva, permitindo que a ponta do pino 96 seja forçada para baixo para dentro do vão de ar 97 e através do material isolante 93 para fazer um contato elétrico com a haste da sonda 92. Portanto, selecionando-se cuidadosamente o tamanho do vão de ar e as dimensões da sonda e do furo etc., o circuito elétrico pode ser configurado para iluminar

um LED etc., quando tiver sido atingida a força de carregamento predeterminada.

[0074] As Figuras 10a e 10b mostram uma outra implementação elétrica do dispositivo indicador de carga da presente invenção. A estrutura e a função desta modalidade são análogas às das Figuras 9a-d.

[0075] Com referência à Figura 11a, é mostrada uma outra modalidade preferida do dispositivo indicador de carga de acordo com a presente invenção. Nesta modalidade, o dispositivo compreende um monitor manual 110 que se destina a ser portátil e a ser usado remotamente do dispositivo. Conforme mostrado, o dispositivo compreende duas sondas 14, uma para indicar a carga aplicada correta (isto é, a uma tensão predeterminada) e a outra para indicar uma condição de sobrecarga. As sondas 14 são protegidas pelas tampas protetoras respectivas 117 para impedir dano às extremidades das sondas quando o dispositivo não estiver em uso.

[0076] O monitor manual 110 pode ser usado para indicar a carga em qualquer nível ou tamanho da cavilha ou pino etc., e esta modalidade pode ser inherentemente ajustado a qualquer escala. Tres LEDs são previstos no monitor 110, sendo cada um deles idealmente de uma cor diferente. Na modalidade da Figura 11a, por exemplo, é previsto um LED vermelho 120 para indicar uma condição de aplicação insuficiente de carga, em que seria necessário um maior aperto dos componentes de fixação. Um LED verde 122 é previsto para indicar que foi atingida uma carga correta, mais exatamente, que a arruela atingiu a tensão predeterminada; ao passo que um LED amarelo 124 é previsto

para indicar que ocorreu uma condição de sobrecarga, exigindo que o operador afrouxe os componentes de fixação devido ao tensionamento excessivo dos componentes. Naturalmente qualquer arranjo dos LEDs e de suas correspondentes deve ser usado para indicar as diversas condições de carregamento, e mesmo outros dispositivos de exibição (matrizes de LED, LCDs, por exemplo, etc.) podem ser usados alternativa ou adicionalmente para transmitir informações de carga aplicada a um operador. Além disso, pode também ser usado um indicador audível para proporcionar ao operador um sinal sonoro ou tom que poderia ser modulado dependendo da carga aplicada sobre a arruela.

[0077] Conforme mostrado nas Figuras 11a & 11b, o monitor manual 110 está conectado às sondas 14 por meio de conectores 112 e 114 nas extremidades respectivas dos fios de extensão elétrica. Os fios podem ter qualquer comprimento necessário, sendo preferidos os fios helicoidais, uma vez que estes permitem que os fios se estendam conforme necessário. Os conectores 112, 114 são simplesmente "encaixados" nas extremidades das sondas 14 depois de terem sido removidas as tampas protetoras 116 e 117, conforme mostrado na Figura 11b.

[0078] As Figuras 122a-12c mostram os conectores 112, 114 mais detalhadamente. Com referência à Figura 12a, o conector 112 compreende ímãs 121 que são atraídos magneticamente pelo corpo da arruela para permitir que o contato 112 permaneça em seu lugar depois de ter sido empurrado para a extremidade da sonda 14.

[0079] Em uma outra modalidade, conforme mostrado na Figura 13, o dispositivo indicador de carga pode ser

configurado para interromper automaticamente a energia a uma ferramenta elétrica 130 que estiver sendo usada para apertar os componentes de fixação. Neste exemplo, o monitor 110 compreende uma porta de saída operável para enviar um sinal de interrupção ao longo da conexão 134 a uma válvula solenóide o relé 132 quando tiver sido atingida uma tensão predeterminada. A ferramenta elétrica 130 pode ser simplesmente elétrica ou pode ser uma ferramenta a ar, que opera por meio de ar comprimido ou pode ser as duas. Portanto, a válvula solenóide 132 pode também, ou alternativamente, ser usada para controlar o fluxo de ar para a ferramenta elétrica 130 enquanto estiver apertando os componentes de fixação. A sonda 136 é operável para enviar um sinal elétrico indicador da carga aplicada na arruela ao longo do fio 138 ao monitor 110. Quando tiver sido atingida a tensão predeterminada correta, um sinal de saída é enviado à válvula solenóide 132 para interromper a ferramenta elétrica, impedindo assim que ocorra uma condição de sobrecarga.

[0080] Em vez de um monitor manual, o dispositivo indicador de carga pode ser conectado a um computador para a monitoração e exibição da carga aplicada sobre a arruela. Conforme mostrado na Figura 14, o computador 140 compreende processadores 142, e 144 que são dispostos para receber dados dos dispositivos indicadores de carga respectivos. Esta implementação é especialmente vantajosa para ser usada em ambientes que tem um potencial de risco ou que se de difícil operação, tais como ambientes marinhos, por exemplo, ou núcleos de reatores nucleares etc. As conexões por fio ou cabos de fibras óticas podem ficar

permanentemente conectadas às sondas de todos os dispositivos para a monitoração em tempo real das condições de aplicação de carga respectivas.

[0081] Embora a arruela do dispositivo da presente invenção seja adequada idealmente para ser implementada entre dois componentes de fixação, reivindica-se que o dispositivo indicador de carga possa ser alternativamente integrado a um ou mais dos componentes de fixação propriamente ditos. Portanto, conforme mostrado no exemplo das Figuras 15a & 15b, a "arruela" foi integrada ao corpo de uma porca hexagonal sendo o furo interior da arruela rosqueado. Naturalmente, pode ser usada qualquer forma de componente de fixação e, portanto, o dispositivo da presente invenção pode ser integrado a qualquer tipo de porca ou cavilha, ou conjunto de junta etc., dependendo das exigências específicas e da aplicação.

[0082] A Figura 16 mostra uma outra modalidade da implementação de monitor manual, em que a saída do monitor 110 pode ser conectado a um dispositivo de exibição de leitura digital 160 ou análogo para proporcionar uma medida mais quantitativa da força de carga aplicada à arruela.

[0083] Conforme será observado das modalidades precedentes, a presente invenção é capaz de propor um meio simples, fácil de ser ajustado e econômico de indicação precisa da carga aplicada a um conjunto mecânico. Portanto, embora o dispositivo indicador de carga seja idealmente adequado para assegurar um tensionamento confiável e consistente de componentes de fixação, deve ser reconhecido que um ou mais dos princípios da invenção podem se estender a outras aplicações de fixação, através das quais seja

necessário se tensionar ou carregar uma conexão mecânica até um valor preciso predeterminado ou de tolerâncias.

[0084] As modalidades acima são descritas a título de exemplo somente. Muitas variações são possíveis sem que haja desvio da presente invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo indicador de carga (10), caracterizado pelo fato de que compreende;

- uma arruela tendo um corpo tubular (18) definindo um furo (13) que se estende através dele, compreendendo o corpo (18) pelo menos um furo radial (20), que se estende pelo menos parcialmente através do corpo (18); e

- uma sonda (14) configurada para ser disposta dentro de, pelo menos, um furo (20) e operável para proporcionar uma indicação da compressão aplicada na arruela, de modo tal, que, em uso, a arruela sofre deflexão para comprimir o furo (20) contra a sonda quando a carga na arruela tiver atingido uma tensão predeterminada, em que a sonda (14) é livre para se deslocar no interior do furo (20) até a carga aplicada à arruela ter atingido a tensão predeterminada.

2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a deflexão da arruela é configurada para colocar pelo menos uma parede lateral do furo (20) em contato com uma superfície externa da sonda (14).

3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a sonda (14) consiste em um pino alongado.

4. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que uma porção do corpo (18) tem um diâmetro relativamente mais estreito do que o restante do corpo (18).

5. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o corpo (18) compreende superfícies sustentadoras de carga

superior e inferior (42).

6. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a sonda (14) é conectada, ou mecânica ou eletricamente, a um dispositivo de exibição visual para proporcionar uma indicação visual da carga aplicada à arruela.

7. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de exibição visual é um manômetro rotativo conectado operativamente à sonda (14) por meio de uma alavanca mecânica.

8. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o corpo (18) e a sonda (14) fazem parte de um circuito elétrico que é configurado para permitir o fluxo de corrente quando a carga sobre a arruela tiver atingido a tensão predeterminada.

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a sonda (14) é na forma de um eletrodo.

10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma porção da sonda (14) é eletricamente isolada.

11. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de que o circuito elétrico compreende pelo menos uma fonte de luz (82) que é operável para se iluminar em resposta ao fluxo de corrente.

12. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, caracterizado pelo fato de que o circuito elétrico compreende ainda uma multiplicidade de

fontes de luz (82) operáveis para indicar pelo menos uma de: uma condição de aplicação insuficiente de carga, uma condição de aplicação excessiva de carga e uma condição de aplicação de carga presumida.

13. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que a multiplicidade de fontes de luz (82) está disposta dentro de um dispositivo manual (110) configurado para ser usado remotamente do dispositivo indicador de carga (10).

14. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, **caracterizado** pelo fato de que o corpo (18) comprehende ainda um segundo furo radial (21) que se estende pelo menos parcialmente através do corpo (18) e configurado para receber uma segunda sonda (14), em que o primeiro e segundo furos radiais (20, 21) são não contíguos.

15. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que a segunda sonda é operável para proporcionar uma indicação de uma condição de uma aplicação de carga excessiva sobre a arruela.

Fig. 1

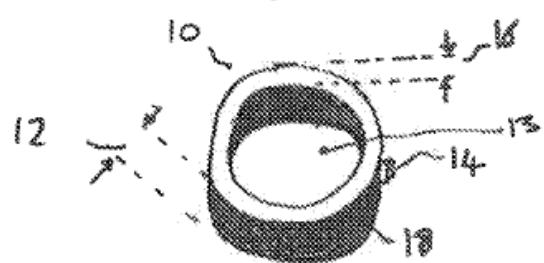


Fig. 2

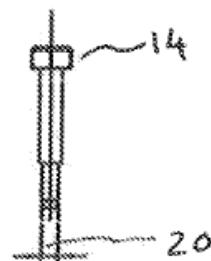


Fig. 3

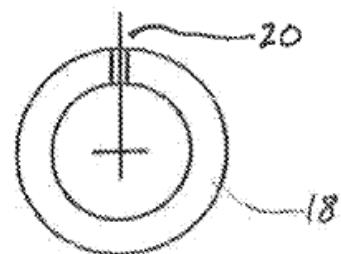


Fig. 4a

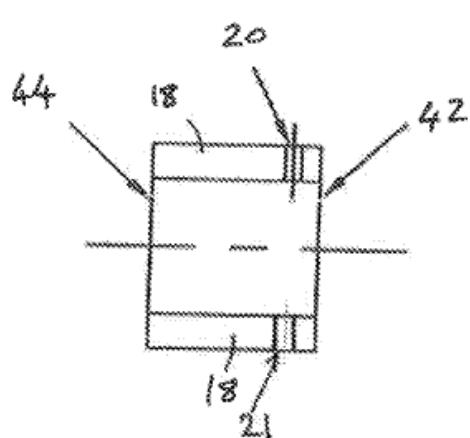


Fig. 4b

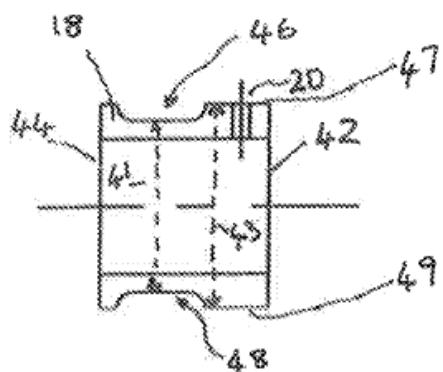


Fig. 5a

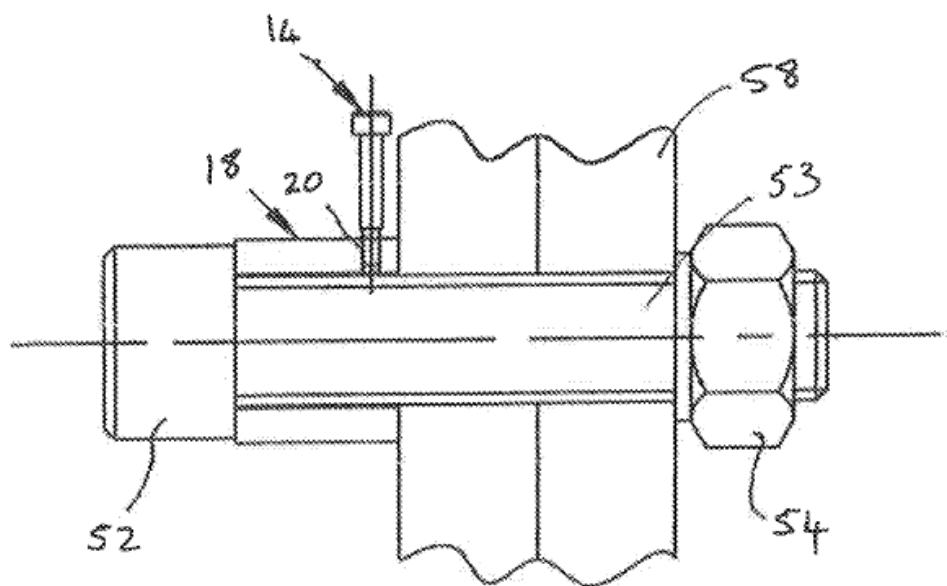


Fig. 5b

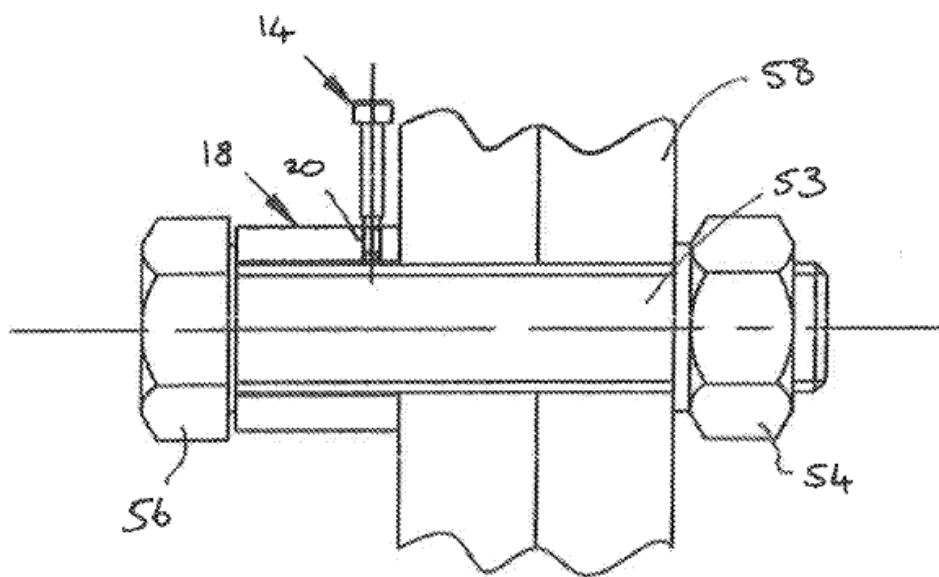


Fig. 6

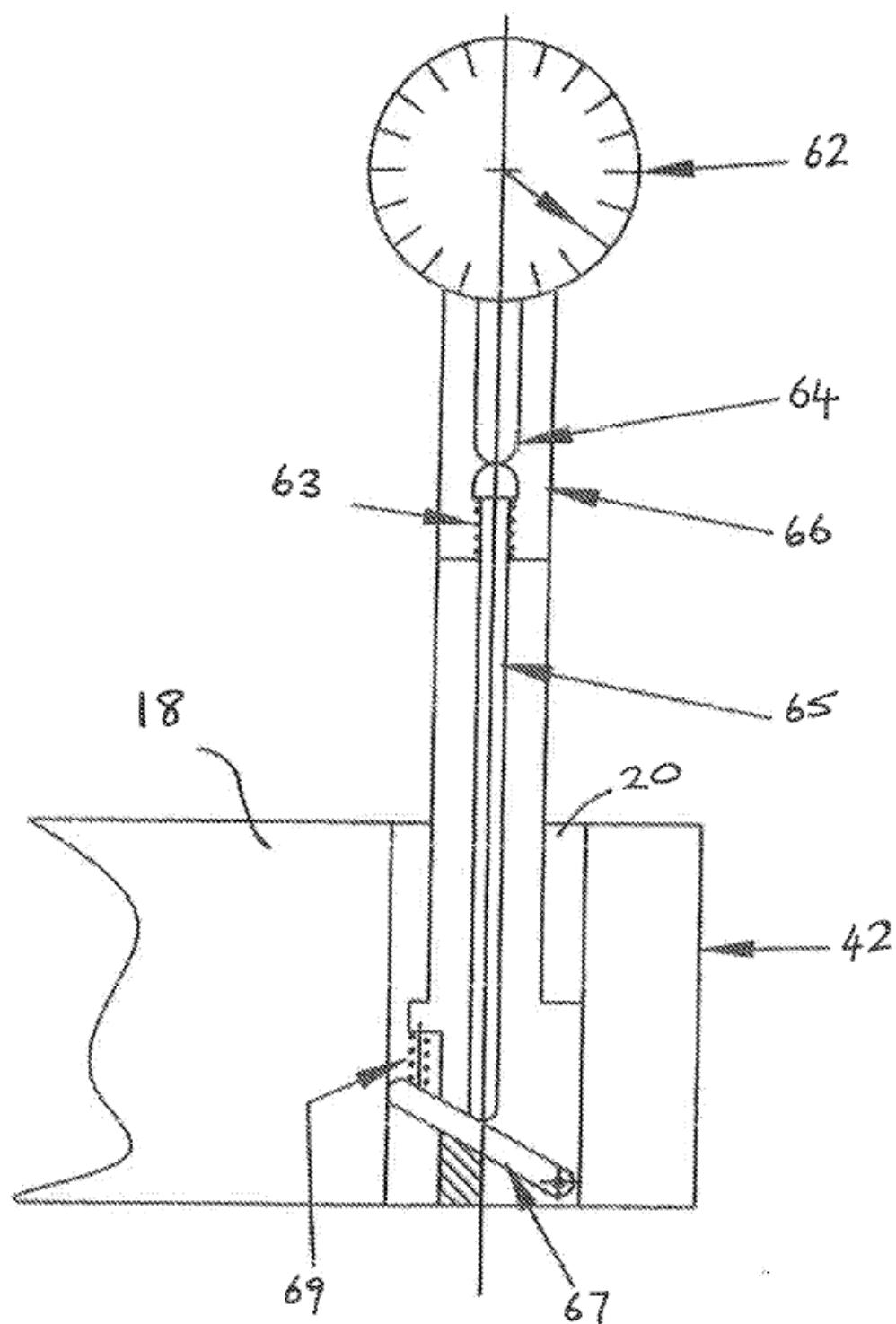


Fig. 7

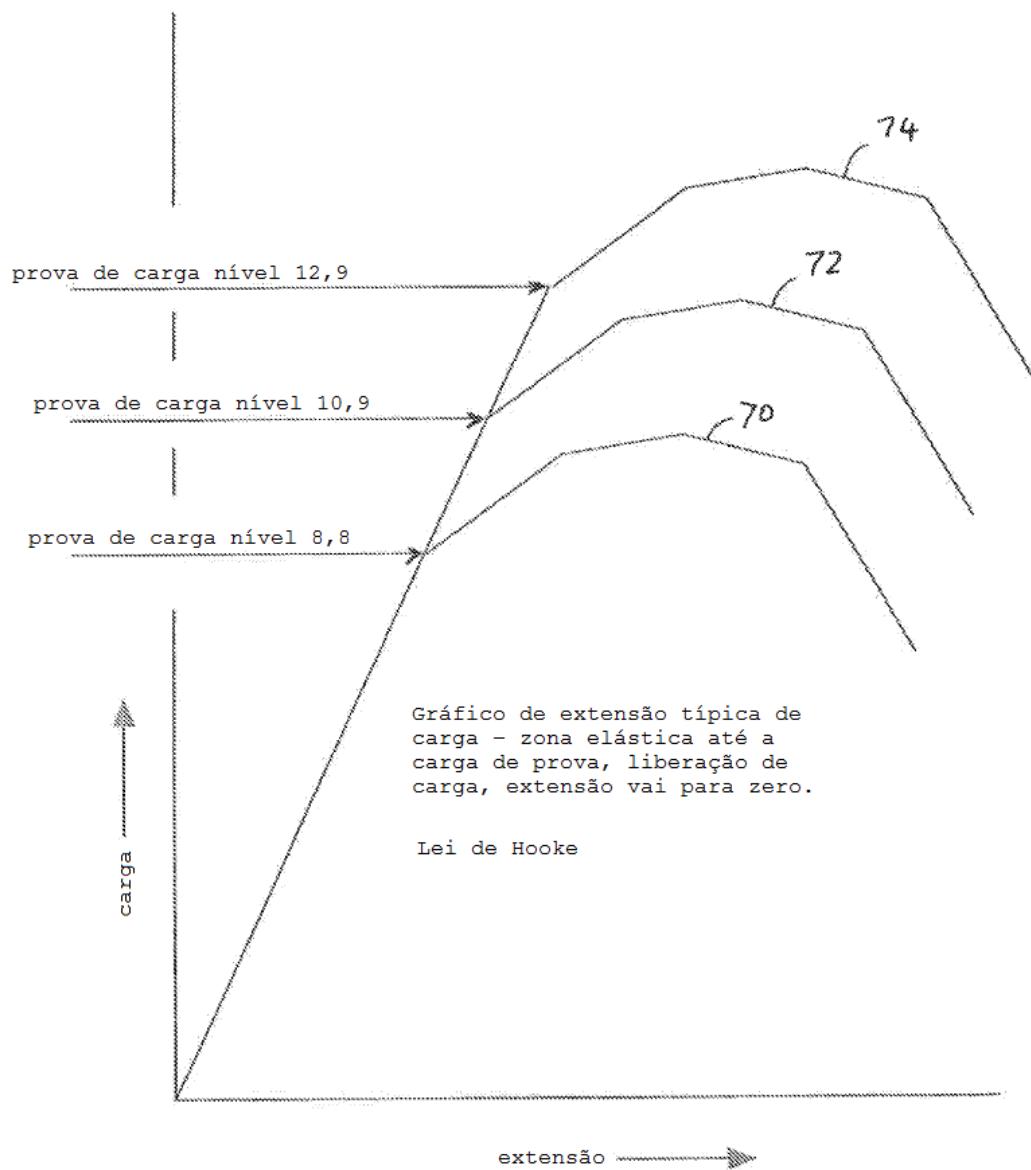
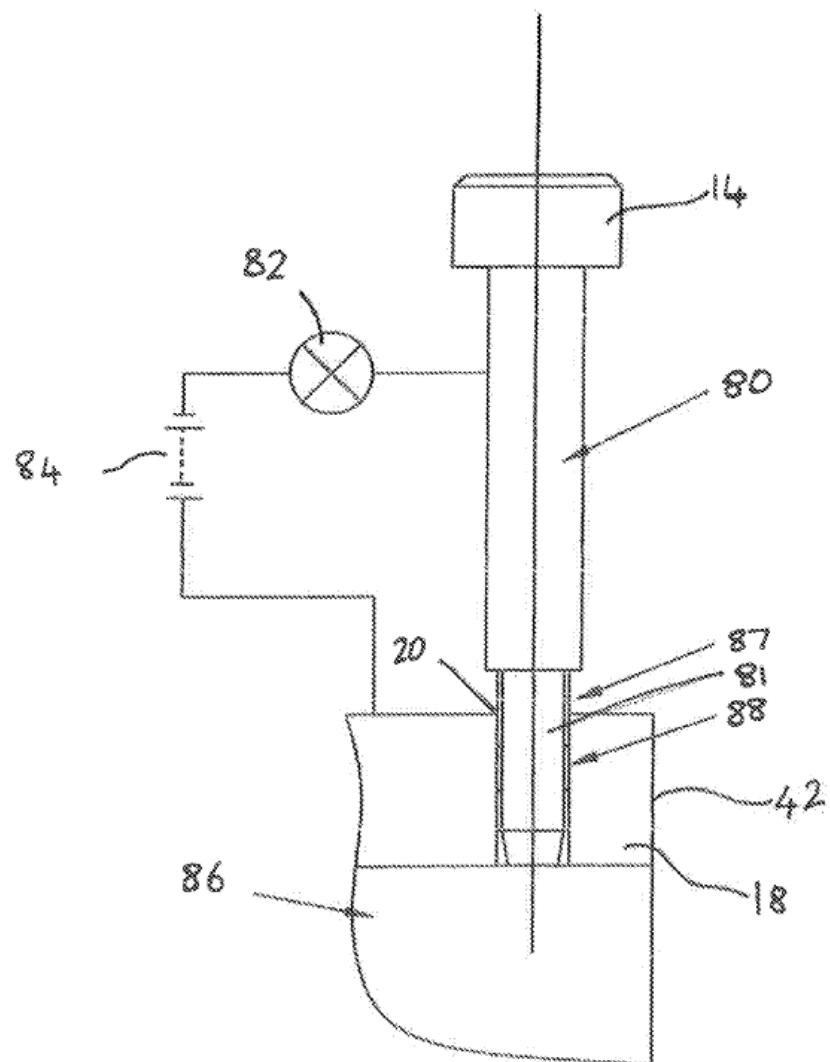


Fig. 8



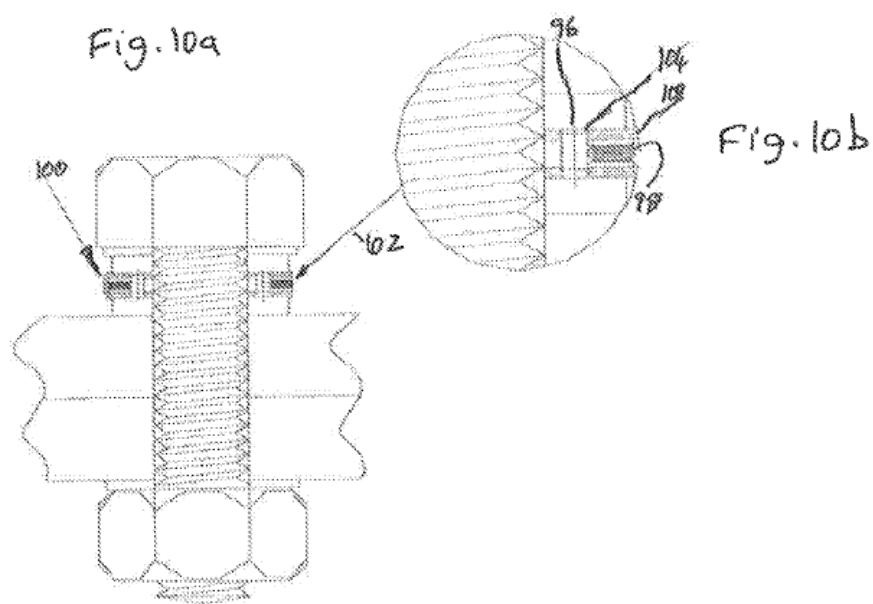
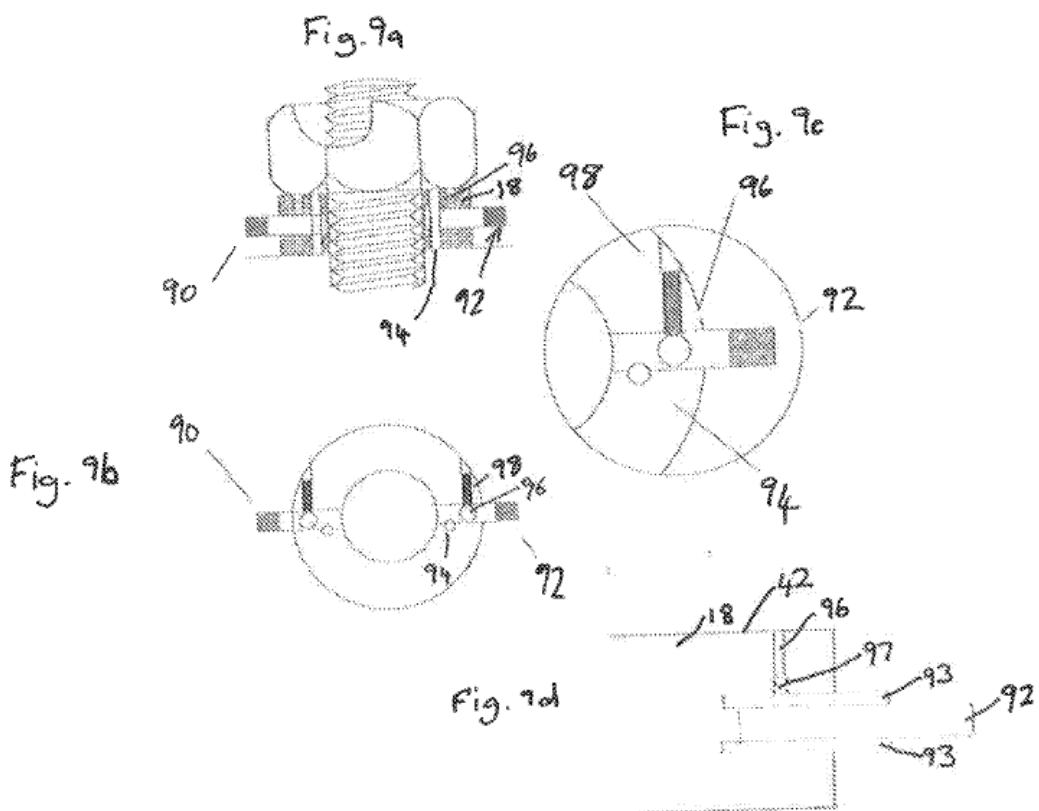


Fig. 11a

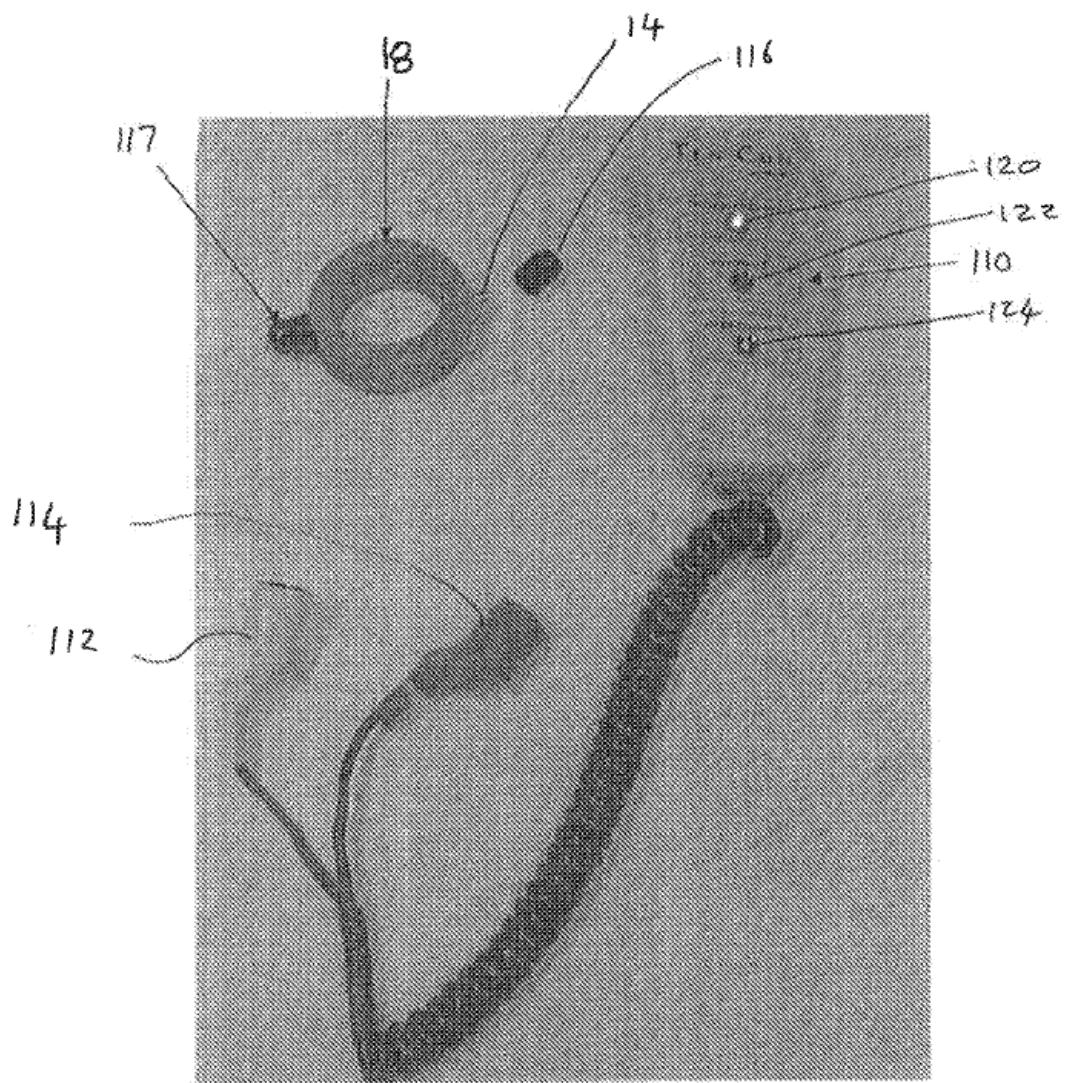
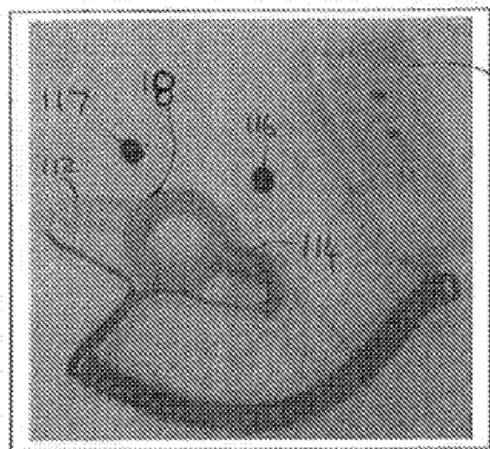


Fig. 11b



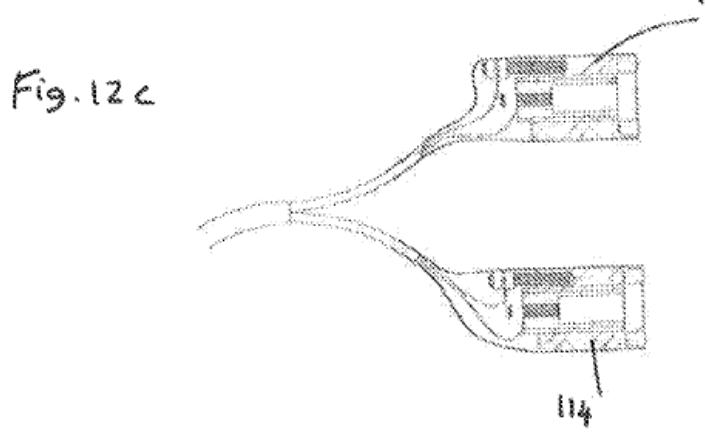
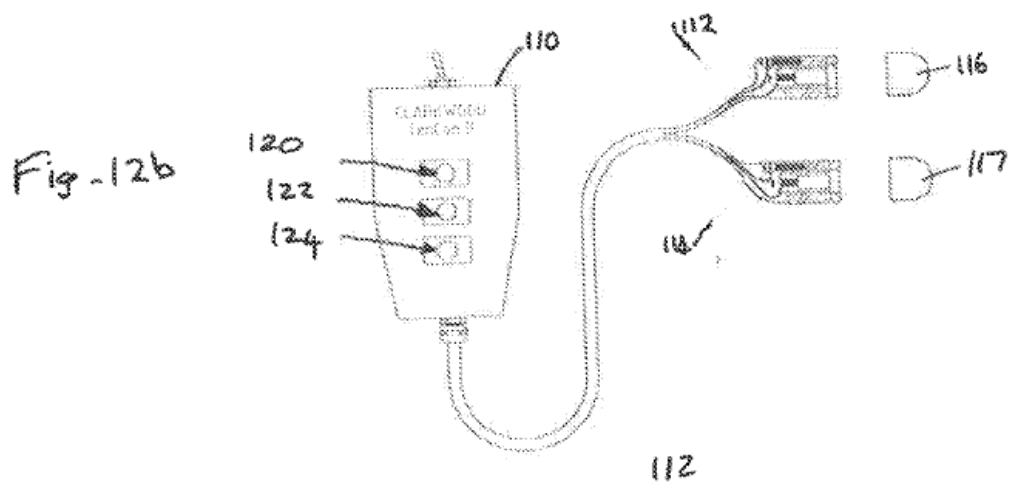
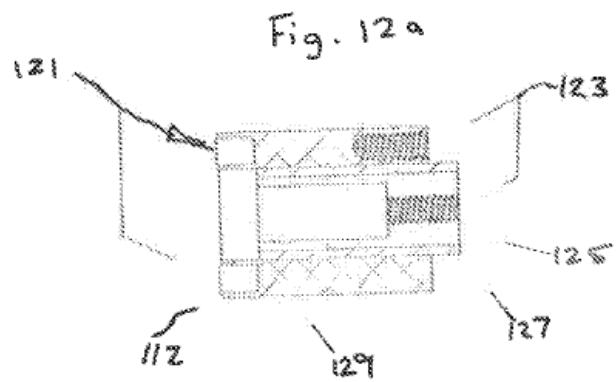


Fig. 13

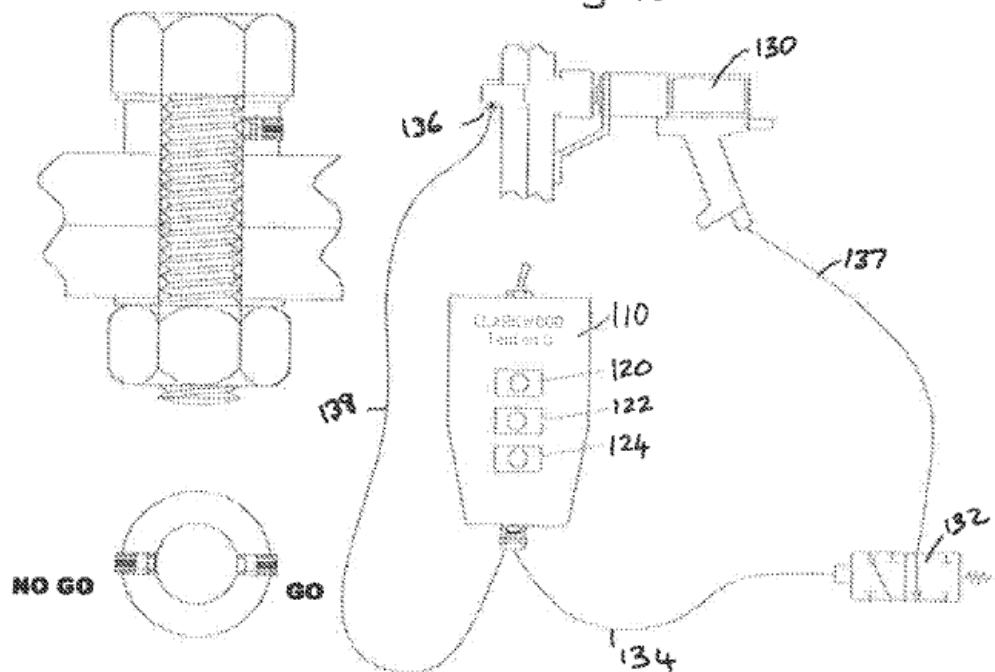


Fig. 14

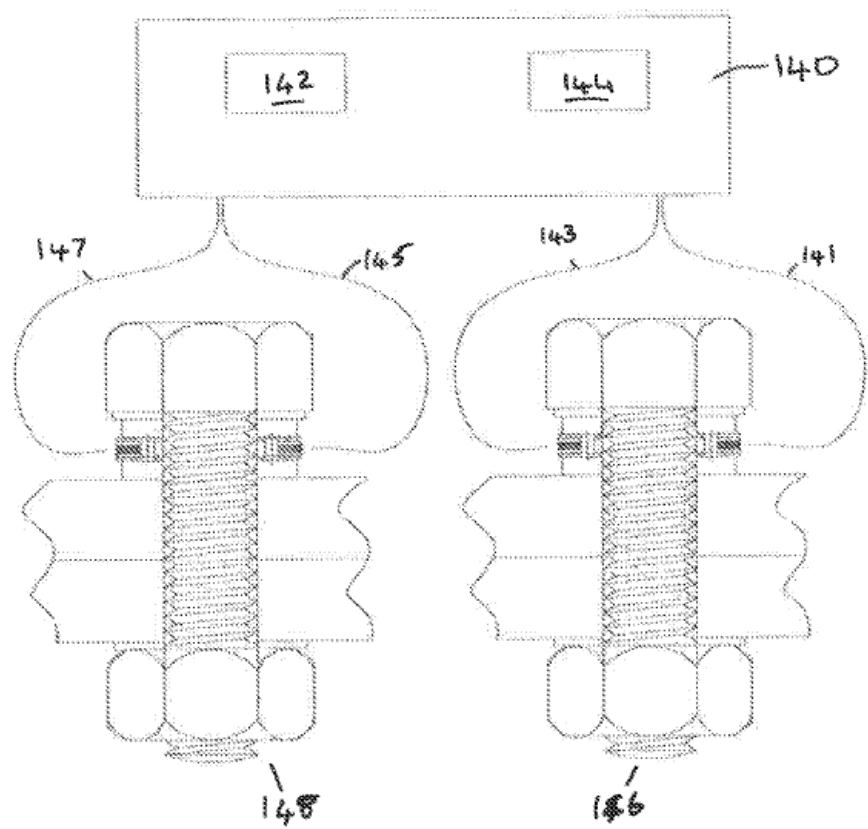


Fig. 15a

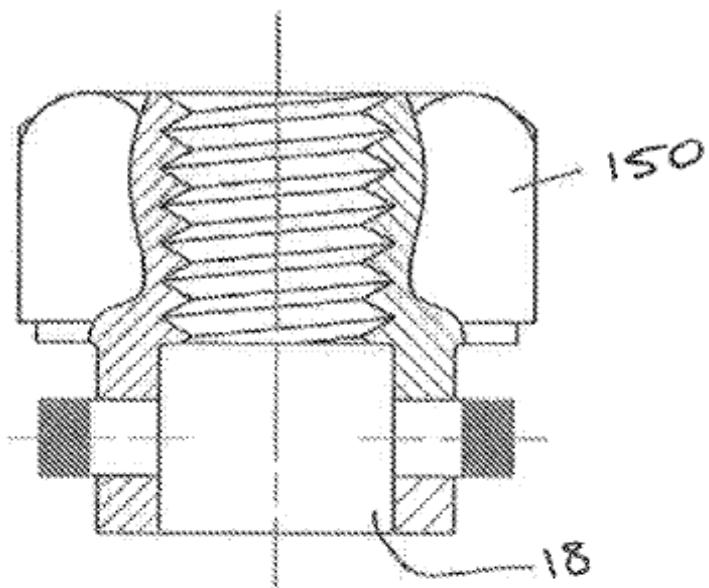


Fig. 15b

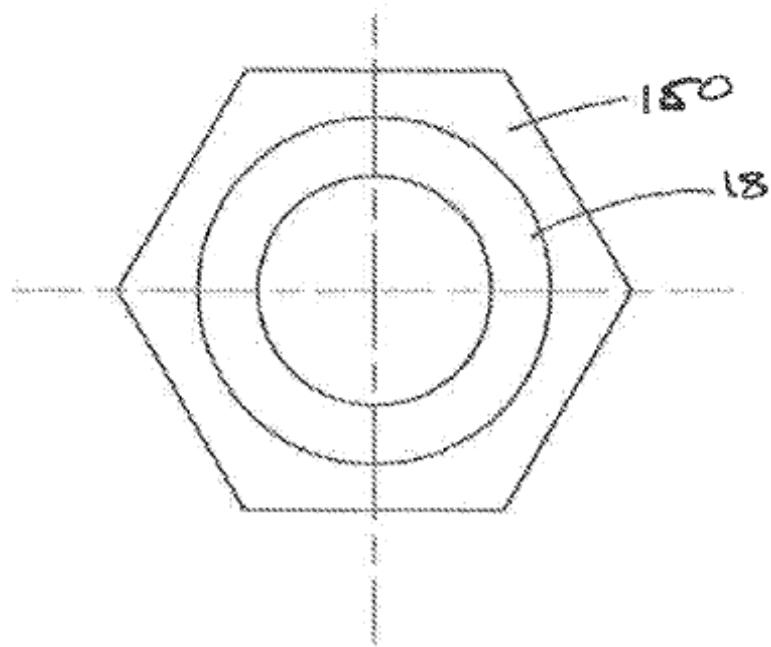


Fig. 16

