



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

(21) BR 10 2013 013252-7 A2



(22) Data de Depósito: 28/05/2013

(43) Data da Publicação: 06/01/2015
(RPI 2296)

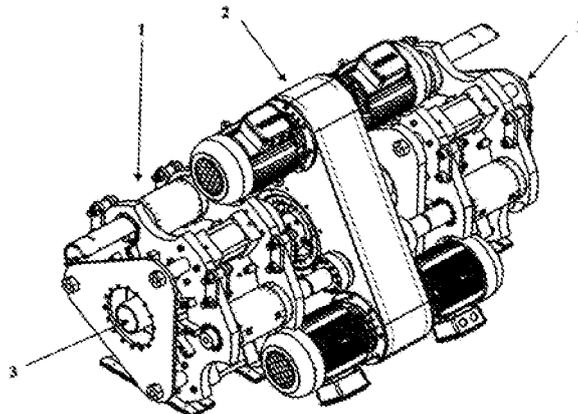
(54) Título: MÁQUINA DE SOLDA POR FRICÇÃO A TOPO EM ELEMENTOS TUBULARES

(51) Int.CI.: B23K20/12

(73) Titular(es): Fabiano Mattei

(72) Inventor(es): Filipe Cantelli Kroeff, Mariane Chludzinski, Rafael Eugenio Santos, Telmo Roberto Strohaecker, Vitor José Frainer

(57) Resumo: MÁQUINA DE SOLDA POR FRICÇÃO A TOPO EM ELEMENTOS TUBULARES. A presente invenção trata de uma máquina para solda por fricção a topo em elementos tubulares utilizando o movimento de rotação de um disco com largura semelhante à da parede do elemento tubular, disco este que fica posicionado entre as extremidades dos dois elementos tubulares a serem soldados. A máquina é constituída de dois conjuntos de fixação da máquina sobre os elementos tubulares, conjuntos estes que são acionados por cilindros hidráulicos dispostos longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares para a produção de força de aperto sobre cada um dos elementos tubulares e por um conjunto de cilindros hidráulicos dispostos também longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares para a produção da força de soldagem e de recalque nos elementos tubulares. Além dos conjuntos de fixação, o equipamento é composto de um conjunto para a realização do movimento de rotação do disco, a fim de friccionar o disco e os elementos tubulares para realização da solda. Este conjunto é composto por motores, um sistema de transmissão de potência e de um anel que fixa o disco de fricção. Os valores prescritos de força de soldagem e de recalque, rotação, tempo de solda e de recalque e consumo dos elementos tubulares e anel, são comandados extrenamente de forma automatizada por um sistema servocontrolado, montado a partir de conjuntos comerciais, baseado nos dados obtidos do transdutor de carga, transdutor de deslocamento e torque dos motores



"MÁQUINA DE SOLDA POR FRICÇÃO A TOPO EM ELEMENTOS TUBULARES"

A presente invenção trata de uma máquina para solda por fricção a topo em elementos tubulares utilizando o movimento de rotação de um disco com largura semelhante à da parede do elemento tubular, disco este que fica posicionado entre as extremidades dos dois elementos tubulares a serem soldados. A máquina é constituída de dois conjuntos de fixação da máquina sobre os elementos tubulares, conjuntos estes que são acionados por cilindros hidráulicos dispostos longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares para a produção de força de aperto sobre cada um dos elementos tubulares e por um conjunto de cilindros hidráulicos dispostos também longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares para a produção da força de soldagem e de recalque nos elementos tubulares. Além dos conjuntos de fixação, o equipamento é composto de um conjunto para a realização do movimento de rotação do disco, a fim de friccionar o disco e os elementos tubulares para realização da solda. Este conjunto é composto por motores, um sistema para transmissão de potência e de um anel que fixa o disco de fricção. Os valores prescritos de força de soldagem e de recalque, rotação, tempo de solda e de recalque e consumo dos elementos tubulares e anel, são comandados externamente de forma automatizada por um sistema servocontrolado, montado a partir de conjuntos comerciais, baseado nos dados obtidos do transdutor de carga, transdutor de deslocamento e torque dos motores.

O método de solda por fricção consiste basicamente em friccionar dois elementos a serem soldados entre si, através de movimento relativo de rotação, de translação ou linear. Concomitante com o movimento é também aplicada uma força

chamada de força de fricção para produzir o atrito adequado, o qual produz o aquecimento das faces pela geração do calor de atrito e, devido a este aquecimento e aplicação da força ocorre um encurtamento dos elementos com a consequente formação de rebarba, o que é conhecido como “burnoff”. Depois de aquecidas as faces até a

5 temperatura adequada, a qual depende do tipo de material, é aplicada ou não uma chamada pressão ou força de recalque, a qual produz a soldagem semelhante a um forjamento dos dois elementos. Como as temperaturas e as pressões utilizadas são relativamente altas, ocorre a formação de uma rebarba que deve, na maioria dos casos, ser retirada para o bom funcionamento dos elementos soldados. Existem vários métodos

10 de solda por fricção, sendo os mais comuns o método de solda por fricção linear, solda por fricção orbital, solda por fricção circunferencial e, mais recentemente a solda conhecida por "friction stir welding". Para a união de elementos tubulares o método mais utilizado é o método de solda por fricção circunferencial, embora também esteja sendo estudada a aplicação do método de "friction stir welding". No método de solda

15 por fricção circunferencial a fricção para gerar o aquecimento é feita através da rotação relativa entre os elementos a serem soldados, sendo aplicada uma pressão de topo durante a fase de aquecimento e após esta para que ocorra a união através de caldeamento das superfícies. Neste caso, dependendo das dimensões dos elementos a serem soldados, pode ser utilizado um anel intermediário que rotaciona, permitindo que

20 os elementos fiquem estáticos. No método de solda por "friction stir welding" uma ferramenta em movimento de rotação percorre circunferencialmente a região de união entre os elementos tubulares produzindo o aquecimento e promovendo a mistura do material das regiões adjacentes do topo dos elementos tubulares permitindo a união dos mesmos. Estes dois métodos tem se mostrado os mais eficientes até hoje,

principalmente pelo fato de terem sido desenvolvidos equipamentos funcionais para tal fim.

Existem várias patentes depositadas relacionadas com solda a fricção, mas poucas tratam especificamente de solda de elementos tubulares. Dentre estas pode ser citada a patente EP 1181128B1 “Method and Device for Welding Elongated Elements”, também registrada sob o PCT na WIPO com o número WO00/73012A1, nos Estados Unidos com o número 6634540B1 e na Rússia com o número RU2257985C2, que trata de um método de solda por fricção que utiliza um anel em rotação colocado entre as extremidades de dois elementos longos a serem soldados e trata também do dispositivo para aplicação do método. A referida patente trata apenas de um disco que gira para a realização do aquecimento, disco este que tem as suas faces de contato planas, o mesmo acontecendo com os elementos a serem soldados. Esta configuração faz com que surja uma maior quantidade de rebarba, que representa maior trabalho para remoção posterior, além de não oferecer nenhum guiamento para as extremidades a serem soldadas, principalmente no caso de elementos tubulares. Além disso, o sistema de aplicação da carga de fricção e da carga de recalque prevê a realização de um cordão de solda para sua ancoragem, o que não é permitido em muitas aplicações como, por exemplo, na indústria do petróleo, pois dito cordão altera as propriedades do material na região sem possibilidade de recuperação destas propriedades. Mais ainda, o sistema de fixação do guiamento do citado dispositivo pode acarretar dano às superfícies dos elementos, o que também não é permitido, ou ainda causar dano ao revestimento de proteção como é o caso das tubulações na indústria do petróleo. Outro problema que pode ser citado na referida patente é o fato de que a aplicação da carga se dá através de cilindros pneumáticos, sistema este que apresenta o inconveniente de necessitar de

cilindros de grandes dimensões para suprir as cargas de forjamento para tubulações de grandes dimensões normalmente utilizadas no transporte de óleo e gás, devido à baixa pressão do ar que pode se obtida com os dispositivos de geração de pressão existentes. A patente dos Estados Unidos 3678566 “Friction Welding” trata de um sistema de controle de velocidade de rotação para ajuste do aquecimento durante a etapa de fricção. Esta patente atualmente está desatualizada devido à evolução dos sistemas de controle que passaram de puramente elétricos para controles totalmente eletrônicos de alta precisão e velocidade de realimentação. A patente dos Estados Unidos 4998663 “Friction Welding Apparatus” trata de um sistema de solda por fricção por rotação em que o acionamento é realizado através de um motor pneumático, a aplicação da carga é feita através de cilindros pneumáticos, possuindo ainda um sistema eletromecânico para medida do torque, uma célula de carga para medida da força e um sistema de frenagem para interrupção da rotação após a soldagem. Este sistema, além de não ser adequado para trabalho em campo, também não permite a aplicação de altas cargas necessárias para a soldagem de peças de grande porte, como no caso de tubulações. Ainda, os sistemas de controle apresentam-se tecnologicamente ultrapassados, pois são baseados em sistemas mecânicos sem servocontrole, o que hoje pode ser realizado a partir de sistemas comerciais muito mais precisos e de maior velocidade de controle.

A presente invenção tem a vantagem de permitir a solda de elementos tubulares através de movimento circunferencial de um anel intermediário com sulcos guias, sendo que a fixação dos elementos tubulares, a rotação, as pressões de soldagem e de recalque, deslocamento dos tubos e as outras variáveis necessárias ao processo são controlados por sistemas com servocontrole montado a partir composição de sistemas comerciais, gerando um aquecimento que permite uma solda de alta qualidade.

Diferentemente de outros sistemas, este é compacto, propiciando facilidade de transporte e montagem podendo ser utilizado com qualquer sistema servocontrolado hidráulico e sistemas eletroeletrônicos de controle dos motores. Além disso, pelo fato do método utilizar um anel com canal, permite o guiamento das extremidades dos elementos tubulares minimizando as deformações radiais. Nenhum dos métodos citados anteriormente tem estas características e nenhum dos equipamentos desenvolvidos permite o controle preciso de todas as variáveis do processo de solda por fricção. Todo o sistema é baseado em sistemas comerciais hidráulicos servocontrolados, que acionam cilindros responsáveis pela fixação dos elementos a serem soldados a fricção e pelas cargas utilizadas no processo. Como outras vantagens e inovações da presente invenção, também devem ser citados os sistemas de fixação do tubo e o sistema de acionamento do disco de fricção intermediário. O sistema de fixação dos tubos constituído de dois conjuntos de sapatas múltiplas permite que os tubos sejam fixados e retidos com a força de atrito necessária para evitar o escorregamento relativo à máquina, gerando sobre o tubo uma pressão que não danifica o revestimento do tubo além de produzir o alinhamento dos dois tubos a serem soldados. Adicionalmente há a vantagem deste sistema ser independente do sistema de aplicação de força de soldagem e recalque, tornando este último mais fácil de controlar. O sistema de acionamento realizado a partir de motores elétricos servocontrolados simetricamente dispostos permite um equilíbrio das forças ao longo da circunferência tornando a rotação do disco mais suave e permitindo que seja aplicada a velocidade rotação mais adequada para cada caso de forma precisa.

A figura 01 apresenta a máquina montada em um par de elementos tubulares (3). Esta máquina é constituída de um conjunto de fixação e um conjunto de

aplicação da carga longitudinal (1) e de um conjunto de rotação (2) que são fixados sobre um par de elementos tubulares (3). Os conjuntos de fixação e aplicação carga longitudinal (1) tem a função de fixar e centralizar, em relação ao eixo da máquina, os elementos tubulares (3) e aplicar a força de soldagem entre o elemento tubular (3) e o disco de fricção (4) em rotação. A figura 02 apresenta os conjuntos de fixação e aplicação carga longitudinal (1), o qual é composto de duas chapas espessas (5), três cilindros hidráulicos de baixa capacidade (6) para realizar a força de aperto para fixação, três cilindros hidráulicos de alta capacidade (7) para realizar a força de fricção e de recalque, 24 peças de aço com uma face em ângulo, chamadas de sapatas (8), com a função de impedir o movimento do elemento tubular, 24 peças de aço com mesmo ângulo das sapatas, chamadas de trilhos (9), onde as sapatas deslizam, uma chapa triangular espessa (10) para realizar o avanço de aperto das sapatas ao elemento tubular (3), uma chapa triangular fina (11) para realizar o retorno das sapatas, uma célula de carga (12) para a medição da força de fricção e de recalque, duas células de carga falsas (13), componentes com as mesmas dimensões externas da célula de carga (12) e um sensor de deslocamento (14). O sistema de aperto, fixação e centralização do elemento tubular (3) em relação à máquina consiste de 24 sapatas (8) de aço, cobertas com uma camada de material polimérico, que deslizam cada uma sobre um trilho (9), também de aço, que é fixo à chapa espessa (5). A figura 03 mostra uma sapata (8) deslizando sobre um trilho (9). Ao fazer o movimento indicado pela seta na figura 03, a sapata (8) se desloca no sentido longitudinal do elemento tubular (3), porém também no sentido radial do elemento tubular (3). Como a máquina possui 24 sapatas (8) e 24 trilhos (9), e os trilhos (9) estão dispostos radialmente e fixos à chapa espessa (5), este movimento centraliza e aperta o elemento tubular (3), fixando este à máquina. A figura 04 mostra as

24 sapatas (8) deslizando sobre os 24 trilhos (9). A fim de realizar o movimento simultâneo de todas as 24 sapatas (8), uma chapa triangular espessa (10) desloca um primeiro conjunto de 12 sapatas (8) simultaneamente. Entre o primeiro conjunto de 12 sapatas (8) e o segundo conjunto de 12 sapatas (8) existe um tubo de parede espessa (15). Este tem a função de deslocar o segundo conjunto de sapatas (8) quando o primeiro é deslocado, sincronizando assim o movimento das 24 sapatas (8). A chapa triangular espessa (10) é movida pelos três cilindros hidráulicos de baixa capacidade (6), que estão fixos à chapa espessa (5), assim como os trilhos (9). A chapa triangular fina (11) também é movida pelos três cilindros hidráulicos de baixa capacidade (6), porém esta se encontra no lado oposto do conjunto de fixação e aplicação carga longitudinal (1), e tem a função de deslocar o segundo conjunto de sapatas (8) na direção em que estas desapertam o elemento tubular (3). Entre chapa triangular fina (11) e o conjunto de sapatas (8) existe também um tubo (16) parafusado à chapa triangular fina (11). A figura 05 apresenta o sistema de aperto, fixação e centralização do elemento tubular (3). Após a adequada fixação do elemento tubular (3) à máquina de solda por fricção, pode-se movimentar o elemento tubular (3) no sentido longitudinal usando os três cilindros hidráulicos de alta capacidade (7). Como pode-se observar na figura 02, os três cilindros hidráulicos de alta capacidade (7) são fixos às duas chapas espessas (5) por meio de parafusos. Na extremidade da haste de um dos três cilindros hidráulicos de alta capacidade (7) existe uma célula de carga (12) usada para monitorar e controlar a força de fricção e de recalque que o elemento tubular (3) realiza no disco de fricção (4). Na extremidade oposta da haste deste cilindro hidráulico de alta capacidade (7) existe um sensor de deslocamento (14), usado para monitorar e controlar o deslocamento do elemento tubular (3) em direção ao disco de fricção (4). A célula de carga (12) e o

sensor de deslocamento (14) estão conectados por meio de cabos de sinal elétrico a um sistema de controle de malha fechada. Uma unidade hidráulica externa à máquina fornece óleo hidráulico sob alta pressão a uma servoválvula controlada pelo sistema de controle de malha fechada. Com isso, o deslocamento do elemento tubular (3) em

5 direção ao disco de fricção (4) e a força de fricção e de recalque que o elemento tubular (3) realiza no disco de fricção (4) podem ser controlados por um computador conectado ao controlador. O conjunto de rotação (2) é o conjunto da máquina responsável pelo movimento de rotação do disco de fricção (4). Esta rotação do disco de fricção (4) é necessária para se obter um movimento relativo entre a face do elemento tubular (3) e a

10 face do disco de fricção (4). A figura 06 apresenta o conjunto de rotação (2). Nesta figura pode-se identificar alguns dos componentes do conjunto de rotação (2), como os seis motores (17), que podem ser tanto elétricos, quanto hidráulicos, duas chapas triangulares grandes (18), que servem como estrutura para o conjunto de rotação (2), três chapas de proteção (19), seis fusos de fixação (20), onde as células de carga (12) e

15 as células de carga falsas (13) serão fixadas, e um núcleo rotativo (21). O acoplamento do conjunto de rotação (2) a cada um dos dois conjuntos de fixação e aplicação carga longitudinal (1) é feito por meio da fixação das células de carga (12) e das células de carga falsas (13) aos fusos de fixação (20). Na figura 07, pode-se observar um detalhe do conjunto de rotação (2) não visível na figura 6. Nela pode-se ver os demais

20 componentes do conjunto de rotação (2), composto ainda por seis rodas dentadas motoras (22), fixadas cada uma ao eixo de cada um dos seis motores (17), seis correntes dentadas (23), um núcleo rotativo (21) e três conjuntos planetários (24). A figura 08 mostra em mais detalhe os componentes encontrados no núcleo rotativo (21) e a figura 09 apresenta uma vista explodida da montagem deste núcleo rotativo (21). Os

componentes do núcleo rotativo (21) são os seguintes: um núcleo central (25), uma engrenagem dentada central (26), fixada externamente ao núcleo central (25), um sobredisco (27), usado para fixar o disco de fricção (4), dois rolamentos de rolos cônicos (28), dois mancais (29), parafusados à chapa triangular grande (18), usado para

5 fixação dos rolamentos de rolos cônicos (28), dois retentores de óleo (30), dois anéis onde deslizam os retentores de óleo (30), chamados de pistas dos retentores (31), dois anéis maiores onde se encaixam os retentores de óleo (30), chamados de sedes dos retentores (32). O sobredisco (27) tem a função de fixar o disco de fricção (4) e esta fixação é feita por meio de parafusos e seis peças especiais chamadas de grampos (33).

10 Os grampos (33) são apresentados na figura 10, juntamente com o sobredisco (27) e o disco de fricção (4). A figura 11 mostra em mais detalhe os componentes encontrados em cada conjunto planetário (24) e a figura 12 apresenta uma vista explodida da montagem deste conjunto planetário (24). Os três conjuntos planetários (24) são compostos, cada um, por um miolo central (34), parafusado à chapa triangular grande

15 (18), dois rolamentos de esferas (35), que são fixos externamente ao miolo central (34), um tubo externo aos rolamentos de esferas (35), chamado de eixo das planetárias (36), uma engrenagem dentada, chamada de engrenagem planetária (37), duas rodas dentadas chamadas de rodas dentadas planetárias (38), dois espaçadores de engrenagem (39), colocados cada um entre a engrenagem planetária (37) e uma das rodas dentadas

20 planetárias (38), um anel de fechamento (40), usado para fixar as rodas dentadas planetárias (38) e a engrenagem planetária (37) entre si. Além disso, 16 parafusos são usados para completar a montagem. Os seis motores (17) são alimentados por cabos elétricos provenientes de um quadro de inversores de frequência. Estes inversores de frequência são controlados pelo mesmo controlador que monitora e controla a força de

fricção e de recalque que o elemento tubular (3) realiza no disco de fricção (4). Com isso, todos os parâmetros de soldagem podem ser determinados e monitorados a partir de apenas um computador. Acoplado ao eixo de cada motor (17) temos uma roda dentada motora (22), que transmite torque e rotação para uma das seis rodas dentadas planetárias (38), por meio de uma corrente dentada (23). Como a roda dentada planetária (38) está fixa ao conjunto planetário (24), todo este conjunto passa a rotacionar em torno do miolo central (34). O miolo central (34) é parafusado à chapa triangular grande (18), a uma distância pré-determinada do eixo central da máquina, de modo que a engrenagem planetária (37) e a engrenagem dentada central (26) estejam sempre engrenadas. A engrenagem planetária (37) que está fixa ao conjunto planetário (24) também entra em movimento rotacional e como esta se encontra engrenada à engrenagem dentada central (26), todas as peças do núcleo rotativo (21) que estão entre os dois rolamentos de rolos cônicos (28) começam a rotacionar, porém agora em torno do eixo principal da máquina, concomitante com o eixo do elemento tubular (3). Uma vez que o disco de fricção (4) está fixo ao sobre disco (27) por meio dos grampos (33), este também estará girando em torno eixo do elemento tubular (3). O processo de soldagem a topo em elementos tubulares (3) se inicia com a adequada fixação de cada um dos elementos tubulares (3) em cada extremidade da máquina de solda por fricção. Com o movimento dos seis cilindros hidráulicos de baixa capacidade (6), as 48 sapatas (8) se movimentam radialmente apertando o elemento tubular (3) e centralizando o mesmo em relação ao eixo da máquina. Após a coreta fixação do elemento tubular (3) à máquina, movimenta-se os seis cilindros hidráulicos de alta capacidade (7), no sentido de aproximar as faces dos elementos tubulares (3) à face do disco de fricção (4). Quando estes se encontram a uma determinada distância, inicia-se o movimento de

rotação dos seis motores (17), girando por sua vez o disco de fricção (4). Quando este atinge uma determinada velocidade de rotação, aplica-se a força de soldagem entre o elemento tubular (3) e o disco de fricção (4) em rotação. Após um determinado tempo, inicia-se o movimento de parada dos motores (17), e após a parada, aplica-se a força de recalque entre o elemento tubular (3) e o disco de fricção (4). Após mais um período de tempo, retira-se a força de recalque e abre-se as sapatas (8) para a retirada do elemento tubular (3) da máquina.

"REIVINDICAÇÕES"

1. "Máquina de Solda por Fricção a Topo em Elementos Tubulares" caracterizado por um equipamento constituído de dois sistemas, sendo um sistema composto de dois conjuntos de fixação do equipamento sobre os elementos tubulares, conjuntos estes que são acionados por cilindros hidráulicos longitudinais ao eixo dos elementos tubulares para a produção de força de aperto sobre os elementos tubulares e outro sistema destinado à aplicação da força de fricção e de recalque durante o processo de soldagem e de rotação de um disco colocado entre as extremidades dos tubos, sendo a citada força de fricção e de recalque gerada por cilindros hidráulicos dispostos longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares e a citada rotação do disco produzida por motores elétricos, sendo tanto os cilindros hidráulicos quanto os motores controlados por um sistema de servocontrolo, e ainda composto de um anel de fricção provido de um canal com diâmetro semelhante ao do elemento tubular e largura semelhante à da parede do elemento tubular, disco este que fica posicionado entre as extremidades dos dois elementos tubulares a serem soldados para realização da solda.

2. Máquina de Solda por Fricção a Topo em Elementos Tubulares de acordo com a reivindicação 1 composta por um sistema de dois conjuntos de fixação do equipamento sobre os elementos tubulares, conjuntos estes que são acionados por cilindros hidráulicos longitudinais ao eixo dos elementos tubulares para a produção de força de aperto sobre os elementos tubulares, sendo tais conjuntos compostos por múltiplas sapatas que correm em guias para fixação e retenção dos elementos tubulares, sapatas estas que são movimentadas pelos cilindros hidráulicos.

3. Máquina de Solda por Fricção a Topo em Elementos Tubulares de acordo com a reivindicação 1 composta de um sistema destinado à aplicação da força de fricção e de recalque durante o processo de soldagem e de rotação de um disco colocado entre as extremidades dos tubos, sendo a citada força de fricção e de recalque gerada por cilindros hidráulicos servocontrolados dispostos longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares, cilindros estes que são fixados à parte central da máquina e movimentam longitudinalmente o conjunto de fixação de um dos tubos e o próprio tubo para produzir a força de fricção e de recalque para realização da soldagem.

4. Máquina de Solda por Fricção a Topo em Elementos Tubulares de acordo com a reivindicação 1 composta por motores elétricos com rotação controlada fixados na parte central da máquina para produzir rotação do disco intermediário de soldagem, rotação esta transmitida ao disco através de sistema de correntes, polias e rodas dentadas.

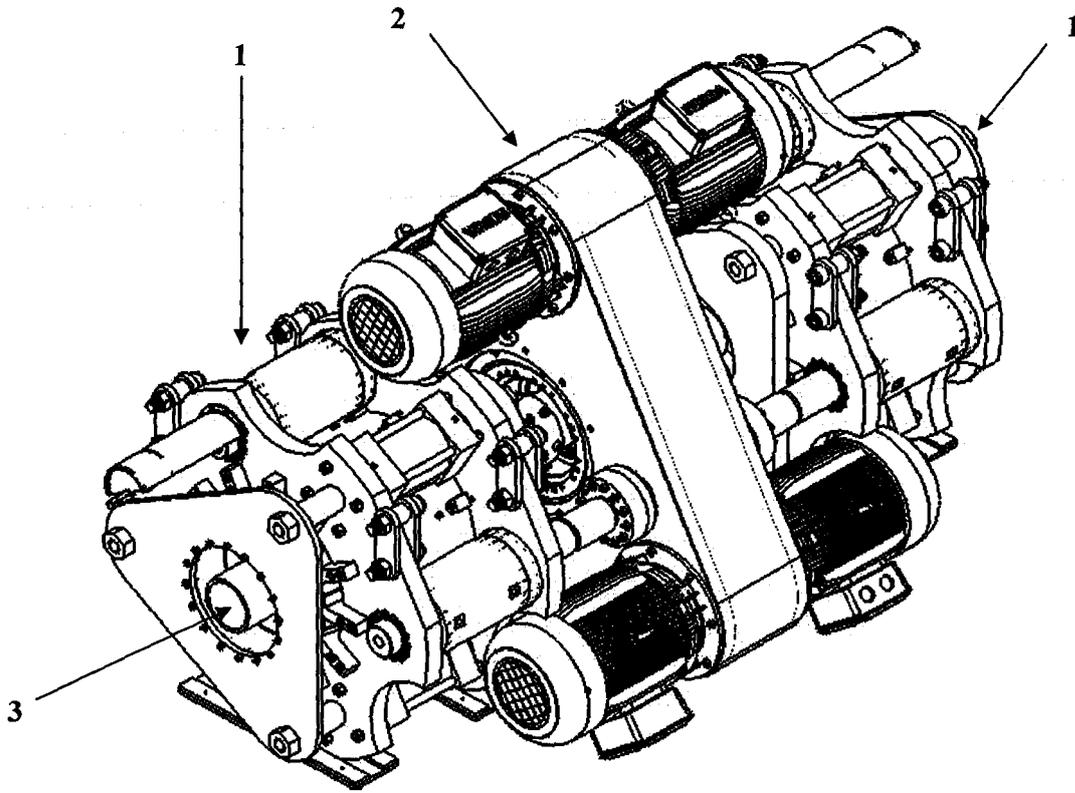


Figura 01

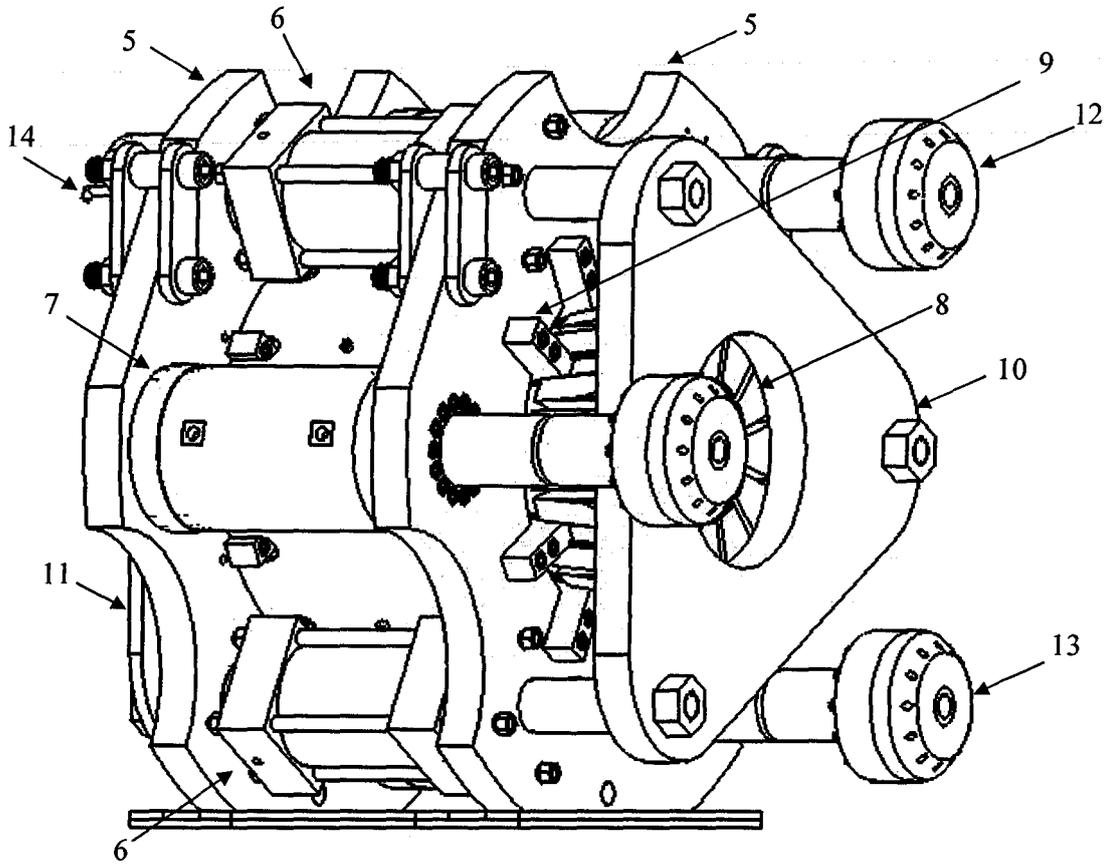


Figura 02

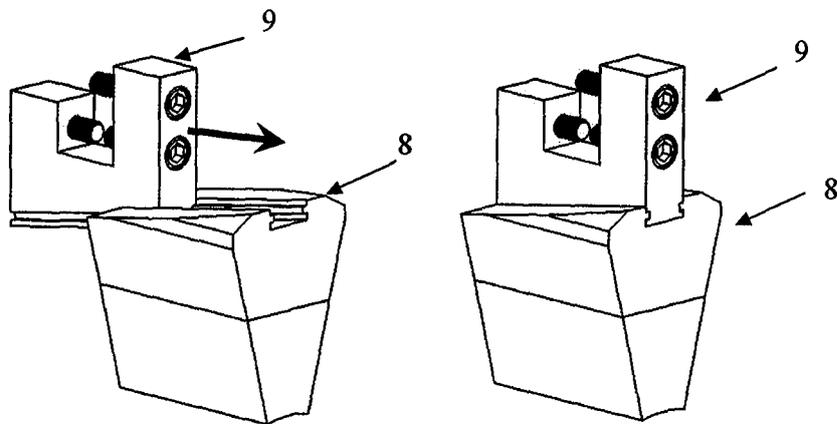


Figura 03

3/8

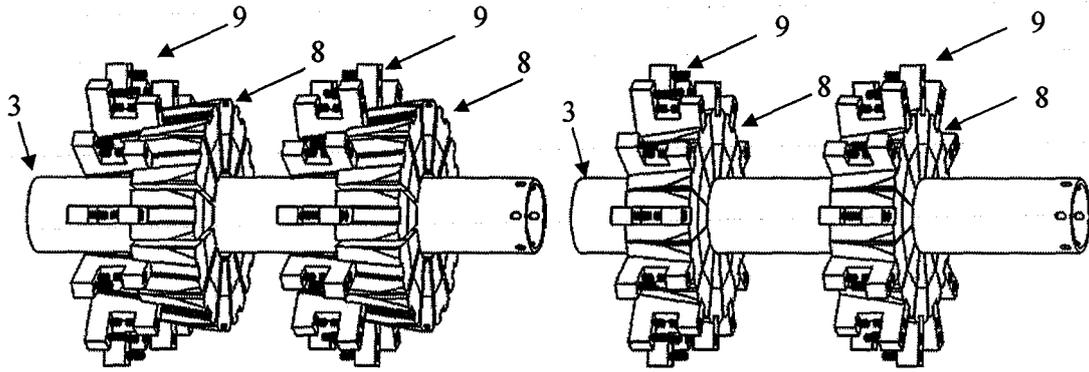


Figura 04

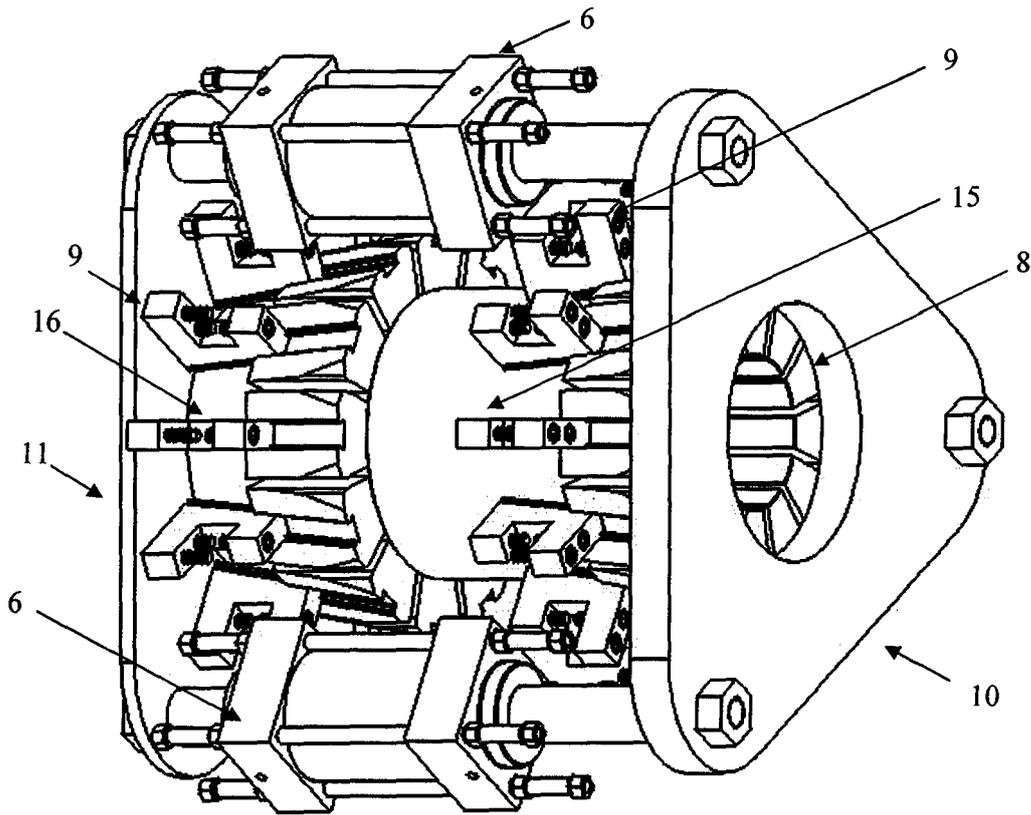


Figura 05

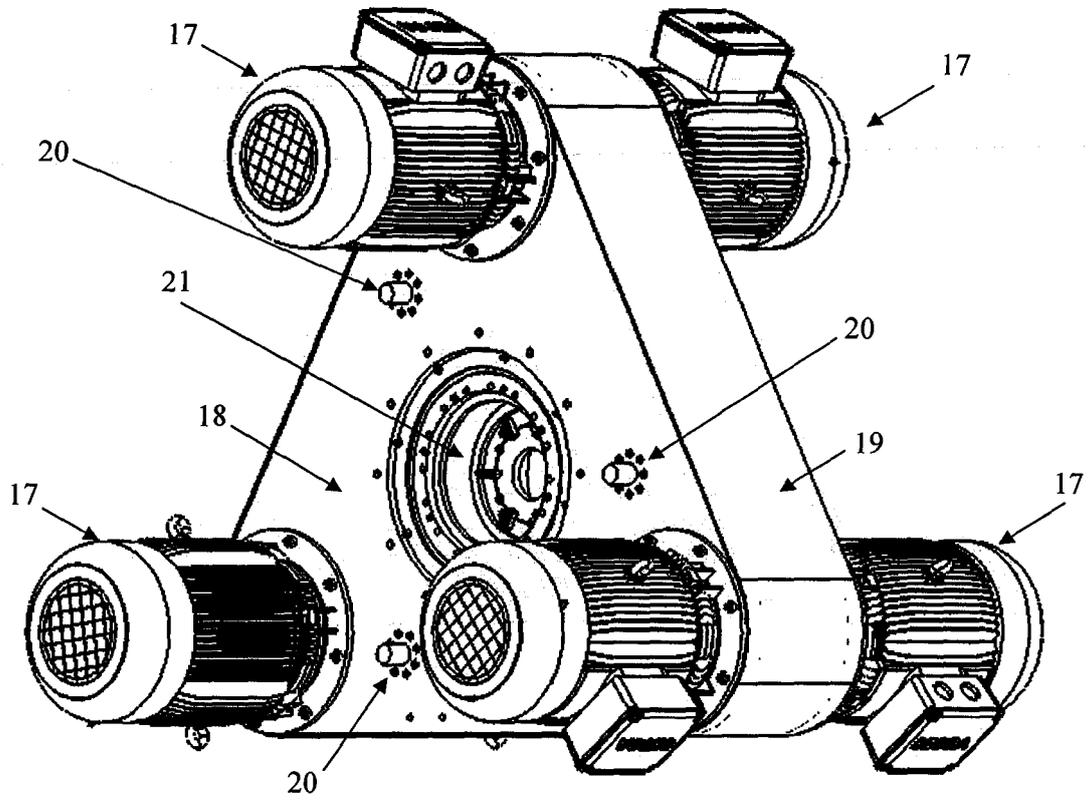


Figura 06

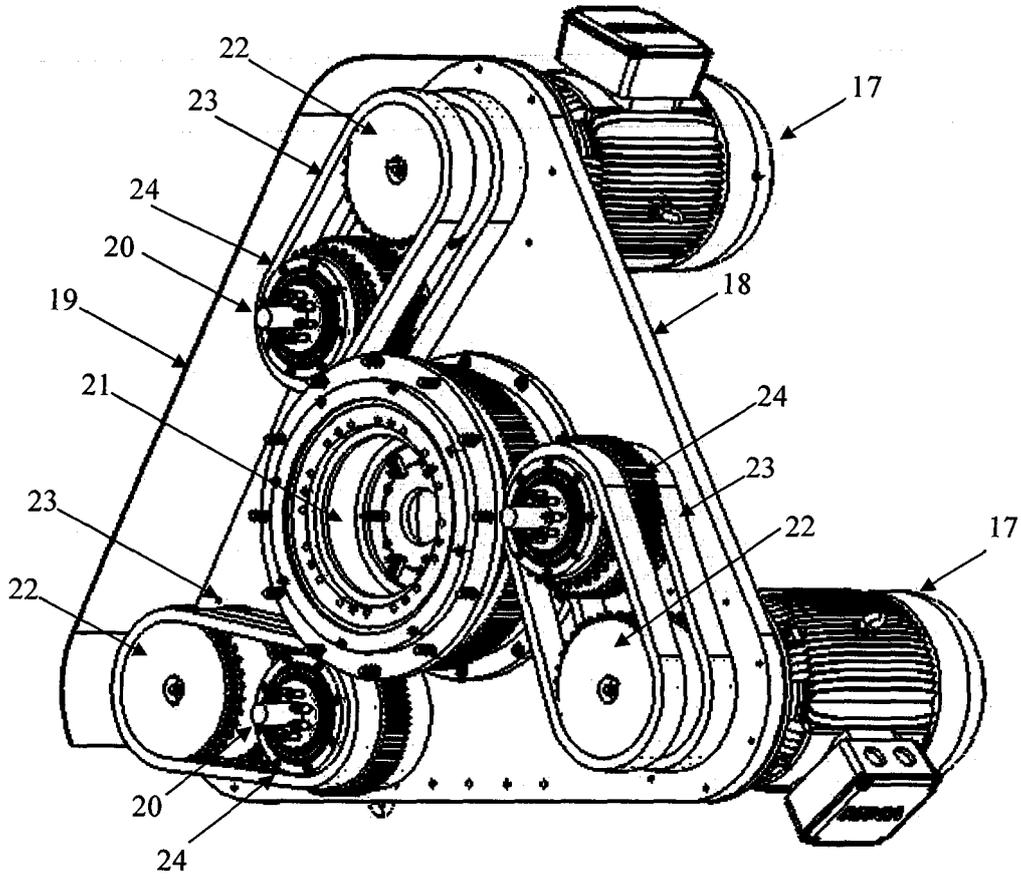


Figura 07

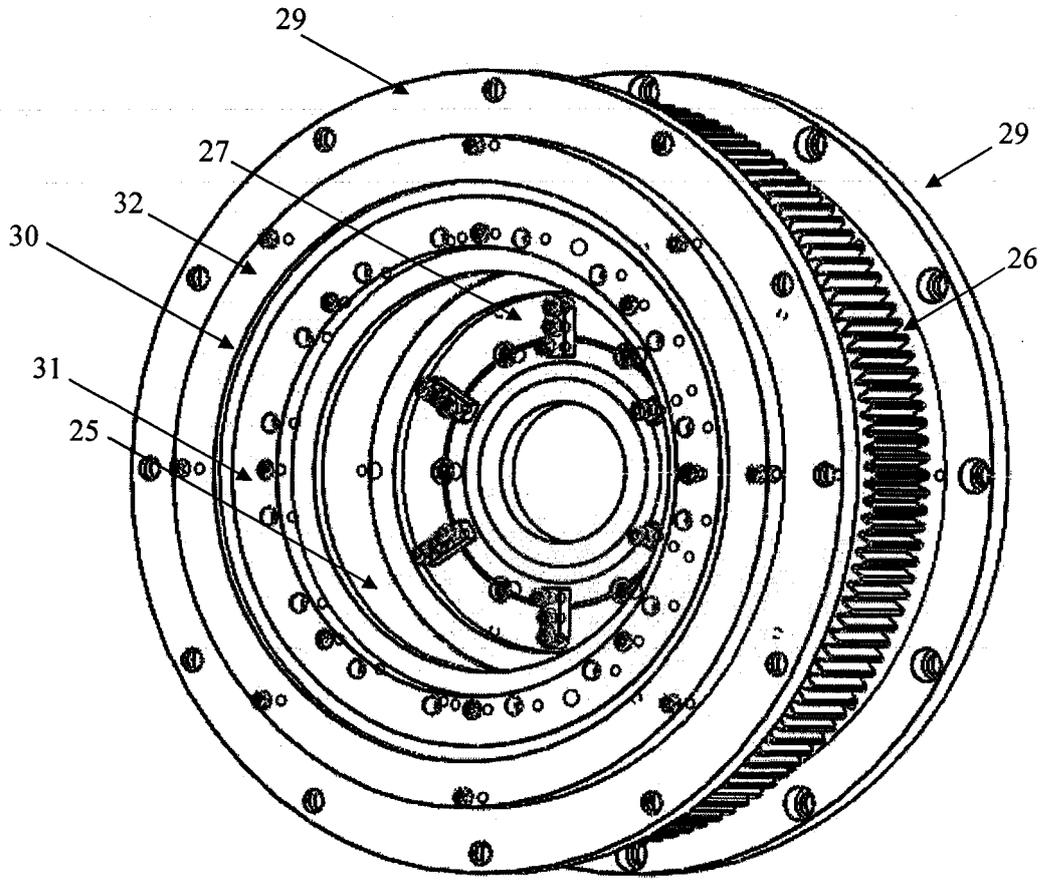


Figura 08

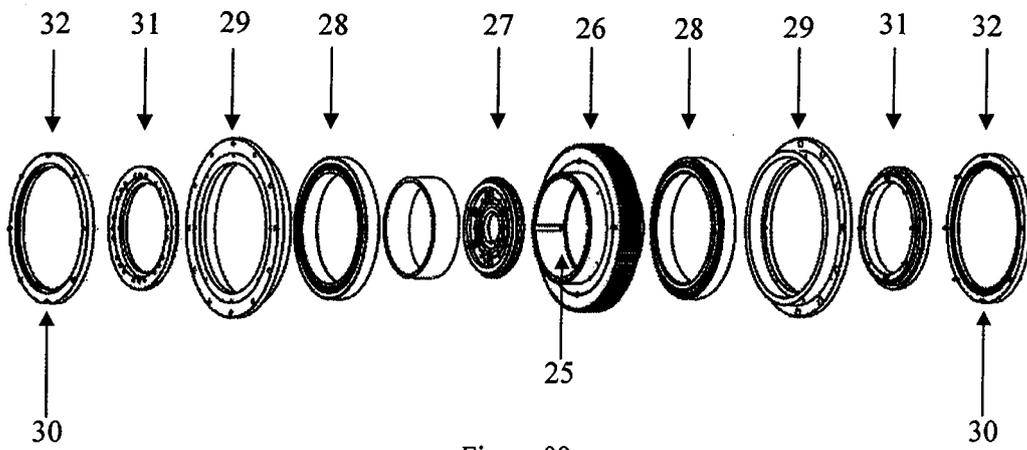


Figura 09

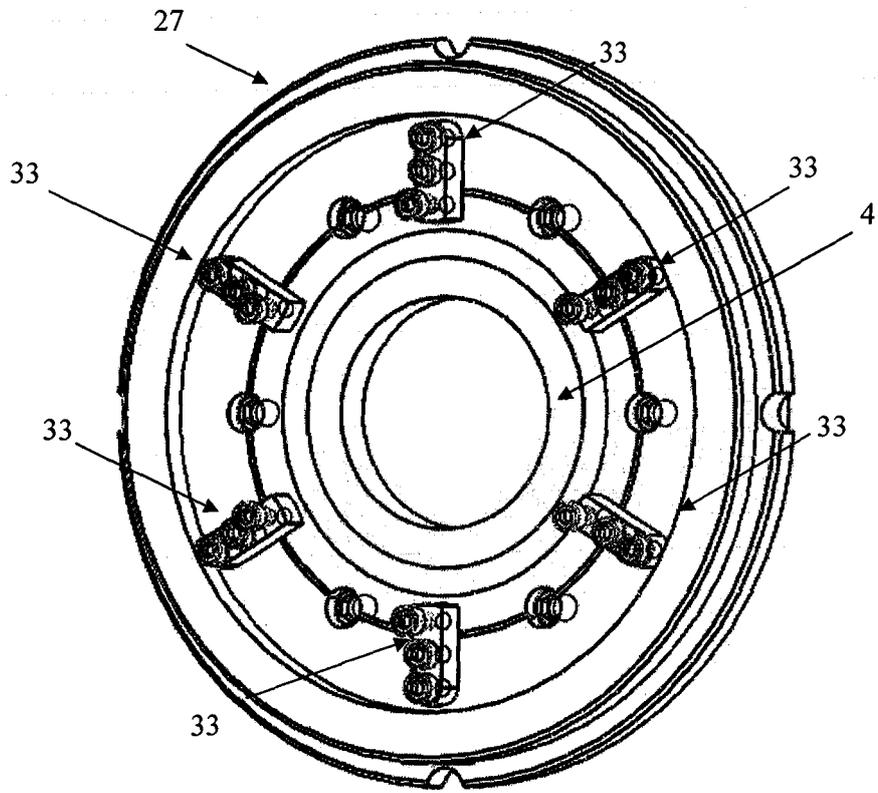


Figura 10

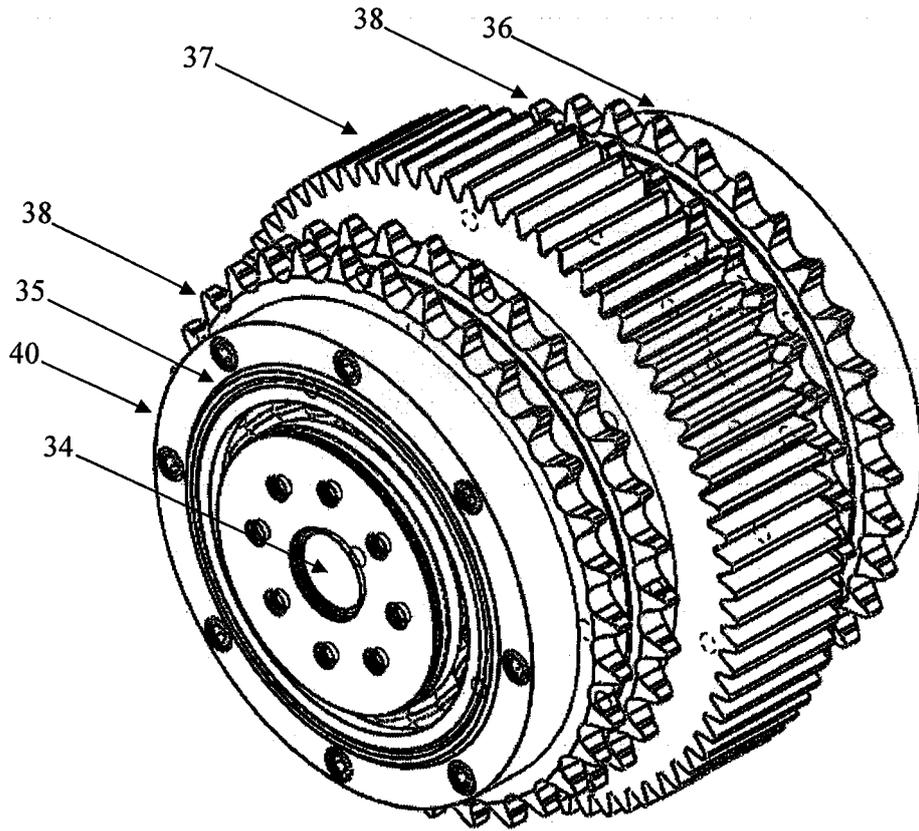


Figura 11

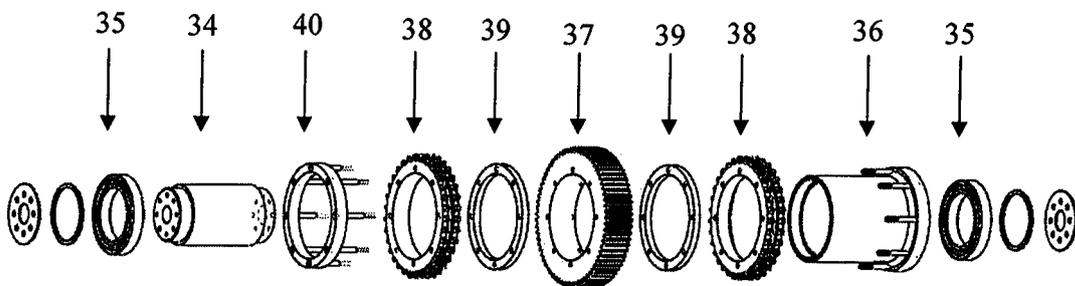


Figura 12

"RESUMO"**"Máquina de Solda por Fricção a Topo em Elementos Tubulares"**

A presente invenção trata de uma máquina para solda por fricção a topo em elementos tubulares utilizando o movimento de rotação de um disco com largura semelhante à da parede do elemento tubular, disco este que fica posicionado entre as extremidades dos dois elementos tubulares a serem soldados. A máquina é constituída de dois conjuntos de fixação da máquina sobre os elementos tubulares, conjuntos estes que são acionados por cilindros hidráulicos dispostos longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares para a produção de força de aperto sobre cada um dos elementos tubulares e por um conjunto de cilindros hidráulicos dispostos também longitudinalmente ao eixo dos elementos tubulares para a produção da força de soldagem e de recalque nos elementos tubulares. Além dos conjuntos de fixação, o equipamento é composto de um conjunto para a realização do movimento de rotação do disco, a fim de friccionar o disco e os elementos tubulares para realização da solda. Este conjunto é composto por motores, um sistema para transmissão de potência e de um anel que fixa o disco de fricção. Os valores prescritos de força de soldagem e de recalque, rotação, tempo de solda e de recalque e consumo dos elementos tubulares e anel, são comandados externamente de forma automatizada por um sistema servocontrolado, montado a partir de conjuntos comerciais, baseado nos dados obtidos do transdutor de carga, transdutor de deslocamento e torque dos motores.