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

(21) PI 0718016-0 A2

* B R P I 0 7 1 8 0 1 6 A 2 *

(22) Data de Depósito: 26/10/2007
(43) Data da Publicação: 19/11/2013
(RPI 2237)

(51) Int.Cl.:
F16D 3/00

(54) Título: ACOPLAMENTO UNIVERSAL ESFÉRICO. **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 27/10/2006 US 11/553,736, 25/10/2007 US 11/924,130, 25/10/2007 US 11/924,130

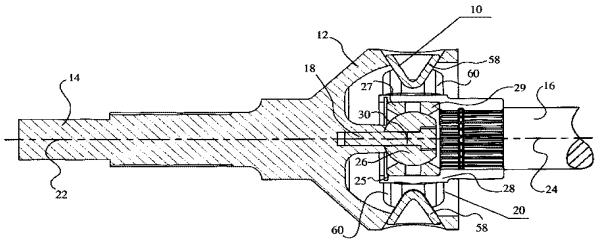
(73) Titular(es): Torvec, Inc.

(72) Inventor(es): Keith E. Gleasman, Paul W. Suwijn

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2007082635 de 26/10/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/055055de 08/05/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ACOPLAMENTO UNIVERSAL ESFÉRICO".**

REFERÊNCIA A PEDIDOS DE PATENTES RELACIONADOS

Este pedido de patente PCT reivindica uma ou mais invenções, que foram descritas no pedido de patente co-pendente U.S. 11/924.130, depositado em 25 de outubro de 2007, intitulado "SPHERICAL UNIVERSAL COUPLING", que é um pedido de patente de continuação parcial do pedido de patente co-pendente 11/553.736, depositado em 27 de outubro de 2006, intitulado "SPHERICAL UNIVERSAL COUPLING". Os pedidos de patentes mencionados acima são assim incorporados por referência no presente relatório descritivo.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

CAMPO DA INVENÇÃO

A invenção refere-se a acoplamentos universais e semi-eixos automotivos, e, mais particularmente, a juntas universais de velocidade constante, para conexão direta de dois eixos de uma maneira que transmita rotação do eixo de acionamento para o eixo acionado, enquanto que, ao mesmo tempo, permite que o ângulo de interseção entre os eixos geométricos dos eixos seja variado distante do alinhamento de 180°, em qualquer direção por uma faixa relativamente ampla e contínua de ângulos (por exemplo, igual ou superior a 60°).

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

Há meios distintos de engrenagens, bem-conhecidos para transmissão de movimento rotativo entre os eixos experimentando variação angular. Talvez o mais conhecido desses dispositivos sejam as juntas universais, usadas para conectar os eixos de acionamento e os eixos de rodas de veículos automotivos. Essas juntas universais são frequentemente construídas na forma de braços de ligação duplos (Cardan) respeitáveis de dois pequenos eixos de interseção interligados por um par de braços de ligação. No entanto, os eixos conectados por esse braço de ligação e juntas de eixo não giram na mesma velocidade de rotação por toda cada uma revolução inteira. Portanto, as juntas de velocidade constante ("CV") foram desenvolvi-

das (por exemplo, Rzeppa e Birfield), nas quais os pontos de conexão entre os eixos angulados são proporcionados por esferas deslizantes, que, durante cada revolução dos eixos de acionamento e acionado, deslizam para frente e para trás em trilhos individuais, para manter os seus respectivos centros a todo momento em um plano que secciona o ângulo instantâneo formado entre os eixos. No entanto, essas juntas universais e CV são bem-complexas e relativamente difíceis de lubrificar, e o desenho e a fabricação desses componentes de junta são amplamente reconhecidos como uma técnica muito especializada e particular, de importância crítica para a indústria automotiva em todo o mundo. Ainda que essa técnica de junta universal seja muito bem-desenvolvida, as juntas são caras, incluindo muitas partes que são difíceis e cara de manufaturar, devido às grandes áreas superficiais que devem ser esmerilhadas com extrema precisão (por exemplo, ± 0,005 mm/0,0002"). Essas juntas são limitadas em relação às velocidades rotativas que possam transmitir e, mais particularmente, em relação ao tamanho dos ângulos com os quais podem operar eficientemente.

No desenho de junta CV Rzeppa usado amplamente, por exemplo, com cada rotação da junta há: (a) uma ação deslizante recíproca ao longo de ambos os rasgos de guia esféricos (curvos longitudinalmente) meridionais externos, bem com (b) uma ação deslizante transversal adicional das esferas pelos rasgos retangulares do retentor de esferas esférico necessário; (c) um deslizamento do trilho interno esférico requerido por esses desenhos contra a superfície esférica macho da taça de alojamento, bem como contra o diâmetro esférico macho do elemento de núcleo ranhurado. A frequência dessas ações deslizantes produz calor, que aumenta em proporção às velocidades operacionais e aos ângulos dos eixos. Além disso, os desenhos de juntas Rzeppa também precisam de modificações de excentricidade em ambos os rasgos de guias das esferas meridionais externos, para forçar as esferas e os seus retentores a uma posição plana de velocidade constante. Esses ângulos de excentricidade também garantem que uma parte do movimento da esfera, ao longo dos rasgos, ocorre como um movimento deslizante, em vez de um de rolamento puro.

Com relação à limitação de movimento nos desenhos de juntas CV comerciais existentes, o ângulo de funil (ou os ângulos de excentricidade interno e externo combinados) dos rasgos meridionais Rzeppa precisa ser superior a 15°, para evitar o atrito de emjambramento das esferas, e, desse modo, os respectivos rasgos de guia de esferas interno e externo convergem e divergem muito rapidamente, limitando a faixa angular total que pode ser acomodada em um acondicionamento de conjunto de junta CV de um tamanho razoável.

Um acoplamento universal usando um novo tipo de um conjunto de engrenagens "esféricas" foi descrito na patente U.S. 5.613.914. Essa patente, e as suas muitas patentes correspondentes em todo o mundo, as engrenagens esféricas descritas tendo várias diferentes possíveis formas de dentes, que podem ser incorporadas nos vários desenhos das juntas CV descritas. Esse conjunto de engrenagens esféricas é baseado em um desenho de geometria de engrenagem radicalmente diferente. Isto é, o uso de um único par de engrenagens para transmitir velocidade constante entre os dois eixos é feito por um desenho no qual uma das engrenagens tem dentes internos e a outra tem dentes externos. Os círculos de passo das duas engrenagens são de tamanho idêntico e sempre se mantêm, na verdade, como grandes círculos na mesma esfera de passo. Como é axiomático em geometria esférica, esses grandes círculos se interceptam em dois pontos, e o par de lúnulas formado na superfície da esfera, entre os grandes círculos de interseção (isto é, entre os círculos de passo das duas engrenagens) inscrevem uma leminiscata gigante ("uma figura de oito") em torno da superfície da esfera. Uma vez que o movimento relativo dos pontos de contato dos dentes compartilhados entre as engrenagens de acoplamento inscreve as respectivas lemniscastas em todos os ajustes angulares relativos dos eixos das engrenagens, os dois eixos giram a uma velocidade constante.

Embora os círculos de passo de cada engrenagem esférica tenhas sido apenas indicados como sendo grandes círculos teóricos na mesma esfera de passo, pode ser mais fácil conceitualizar esse conjunto de engrenagens esféricas pensando em cada engrenagem do par como tendo a

sua própria superfície de passo teórica respectiva, permitindo, desse modo, o movimento relativo necessário entre as engrenagens. Desse modo, cada engrenagem esférica pode ser também pensada teoricamente como tendo a sua própria superfície de passo respectiva na forma de uma respectiva de um par de esferas de passo respectivas, que têm centros e raios coincidentes, que são substancialmente idênticos, enquanto permitindo que cada esfera de passo gire independentemente em torno do seu respectivo eixo. Portanto, cada círculo de passo pode ser também considerado teoricamente como sendo, respectivamente, um grande círculo em uma dessas respectivas esferas de passo substancialmente idênticas, de modo que os círculos de passo do par de engrenagens se interceptem eficazmente entre si em dois pontos separados por 180° (isto é, "polos"), e os eixos geométricos de rotação das duas respectivas esferas de passo se interceptem nos centros coincidentes das duas esferas de passo, em todos os momentos e a todos os ângulos de interseção.

Um par de engrenagens de aço de tamanho natural foi construído, e testado em bancada, validando, claramente, que esse conjunto de engrenagens esféricas é capaz de proporcionar uma velocidade substancialmente verdadeiramente constante, com baixo atrito para as conexões angulares quando da operação em altas velocidades, enquanto que os ângulos entre os eixos variam constantemente por uma ampla gama de ângulos, por exemplo, uma faixa de ângulos muito mais ampla do que a atingida atualmente por juntas CV automotivas comerciais padrão. Infelizmente, o conjunto de engrenagens esféricas descrito na patente U.S. 5.613.914 é razoavelmente complexo, difícil de fabricar e se ressente da praticidade necessária para uso em juntas CV comerciais.

As juntas universais são atualmente usadas nas formas de: (a) braços de ligação de travamento (por exemplo, juntas Cardan), para proporcionar interligações angulares nos eixos de acionamento de veículos; e (b) eixos mecânicos de acionamento de semieixos automotivos, para conectar os eixos de saída de diferenciais de acionamento com as rodas de acionamento de giro e tranco de um veículo. Um semieixo comercial típico inclui

dois diferentes tipos de juntas universais, por exemplo, uma junta universal Rzeppa em uma extremidade e uma junta universal de tripé na outra extremidade. Cada uma dessas juntas é complexa e cara de fabricar. A junta universal Rzeppa usa seis esferas esmerilhadas de precisão que, como já indicado acima, deslizam para frente e para trás em um complexo de trilhos esmerilhados de precisão respectivos. e a junta universal de tripé usa três roletes esféricos esmerilhados de precisão e trilhos esmerilhados retos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Um par de engrenagens esféricas conecta os eixos de interseção de uma junta CV. Uma engrenagem tem dentes internos e a outra tem dentes externos. O desenho de engrenagem é baseado nos círculos de passo, que são grandes círculos em esferas de passo teóricas, que são concêntricas e têm raios idênticos. Os dentes internos são de forma cônica ou esférica, enquanto que as faces dos dentes externos são cilíndricas com extensões planas tangenciais. As engrenagens esféricas são mostradas nos semieixos. As concretizações preferidas têm seis dentes em cada engrenagem, e uma concretização preferida também usa esferas para os dentes internos. As engrenagens, enquanto girando a altas velocidades sob carga, podem se interceptar uma extensão máxima contínua igual ou superior a 60° em qualquer direção. O desenho de engrenagem esférica proporciona uma junta CV comercial que é mais leve mas mais resistente do que as juntas existentes, enquanto sendo mais fácil e mais econômico de fabricar. Um semieixo usando o desenho de engrenagem esférica é também descrito.

Um par de engrenagens esféricas da presente invenção funciona com uma junta de velocidade substancialmente verdadeiramente constante, para conectar os eixos de interseção de um eixo de acionamento de veículo. A engrenagem externa tem dentes internos, e a engrenagem interna do par tem dentes externos, cada um deles tendo os respectivos círculos de passo, que são grandes círculos nas esferas de passo teóricas, que são concêntricas e têm raios idênticos. No entanto, os desenhos dos dentes individuais das engrenagens esféricas da invenção diferem radicalmente dos desenhos descritos na patente U.S. 5.613.914 descrita acima; e mesmo a

construção geométrica do conjunto de engrenagens esféricas da presente invenção é diferente, usando uma pluralidade de esferas de construções menores individuais dispostas em um círculo, de modo que os pontos de tangência entre as sucessivas esferas menores sejam todos posicionados na circunferência dos círculos de passo individuais das engrenagens.

Cada face de dente dos dentes de cada engrenagem é centralizada em um grande círculo da respectiva esfera grande teórica, que é a esfera de passo de cada engrenagem, e o eixo de cada grande círculo é alinhado em todos os momentos com o eixo do seu respectivo eixo de acionamento de interseção. As faces dos dentes dos dentes internos da engrenagem externa são de forma cônica ou esférica. Se de forma cônica, as dimensões de cada face de cone são construídas tangentes ao círculo de passo da respectiva esfera de construção menor do cone; se de forma esférica, cada face esférica é, de preferência, dotada com dentes esféricos internos tendo o mesmo diâmetro que as suas respectivas esferas de construções menores individuais.

Cada face de dente dos dentes da engrenagem externa tem: (i) uma parte central cilíndrica com um raio igual à metade da espessura circular normal da sua respectiva esfera de construção menor individual; e (ii) duas respectivas extensões de face planas, que se estendem tangentes da parte central, de acordo com um ângulo máximo predeterminado do contínuo de ângulos, pelos quais se deseja que as engrenagens interceptem. As concretizações preferidas usam apenas seis dentes em cada engrenagem, e as engrenagens, enquanto girando a altas velocidades sob carga, podem se interceptar por uma extensão máxima contínua igual ou superior a 60° [NOTA: as pessoas versadas nessa técnica vão considerar imediatamente que, por colocação de duas das juntas de engrenagens esféricas descritas no presente relatório descritivo de parte posterior com parte posterior (como uma junta universal Cardan dupla), um movimento rotativo de velocidade constante pode ser transmitido por eixos se interceptando por uma extensão máxima contínua igual ou superior a 120°].

Em uma concretização, as juntas CV de engrenagens esféricas

da invenção são incorporadas em um semieixo automotivo, juntamente com um pequeno adaptador de imersão na extremidade do eixo das juntas. Em outra concretização de semieixo, o adaptador de imersão é incorporado como parte da montagem para as engrenagens de dentes esféricos dos acoplamentos. Em comparação com os conjuntos de semieixos comerciais existentes, ambas as concretizações (a) reduzem significativamente a ação deslizante e o calor e o desgaste associados provocados por esse deslizamento, (b) eliminam a necessidade para esmerilhar as ranhuras oblíquas ou curvilíneas internas muito difíceis nas taças de alojamento CV, (c) eliminam a necessidade para retentores esféricos separados com os seus esmerilhamentos esféricos interno e externo difíceis, bem como o esmerilhamento de rasgo de esfera preciso, e (d) elimina também, desse modo, a necessidade para modificações de rasgo de ação excêntrica, para posicionar adequadamente um retentor esférico separado. A função intermediária do retentor esférico e do conjunto de esferas das atuais juntas CV comerciais, usadas como uma ligação de transmissão de movimento entre os conjuntos de rasgos fêmeas, é substituída por uma geometria macho/fêmea acionada direta com uma ação de rolamento favorável entre os elementos.

Além disso, cada uma das concretizações de semieixo da invenção usa elementos de engrenagens esféricas de desenho comum, em ambos os subconjuntos de juntas CV internas de imersão e externas sem imersão, reduzindo o estoque, a produção, e a complexidade e os custos de montagem.

As juntas de velocidade constante descritas no presente relatório descritivo transmitem rotação de um eixo de acionamento para um eixo acionado, enquanto os eixos se interceptam a um ângulo variável, por exemplo, para transmitir torque de acionamento entre um eixo de motor automotivo e as rodas de acionamento do veículo, ou para reduzir as cargas tangenciais em pistões de motor por conexão das hastes dos pistões com o eixo de saída de um motor automotivo, etc.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é uma vista esquemática e parcialmente em seção

transversal de uma junta CV de engrenagens esféricas, de acordo com a invenção, com os respectivos eixos mecânicos mostrados com os seus eixos geométricos em um alinhamento de 180°.

A Figura 2 é uma segunda vista da junta CV da Figura 1, mostrando os respectivos eixos mecânicos se interceptando a um ângulo máximo predeterminado x° distante do alinhamento de 180° (o desenho mostrando os eixos se interceptando a 30°), proporcionando, desse modo, um movimento angular por todo o contínuo de 2x° em todas as direções (60°).

A Figura 3A ilustra esquematicamente as posições relativas dos conjuntos de pontos de contato dos dentes, em uma primeira posição das superfícies de passe esféricas teóricas de um par de engrenagens esféricas rotativas, disposto do modo indicado genericamente na Figura 2.

A Figura 3B ilustra esquematicamente os conjuntos dos pontos de contatos dos dentes, em uma segunda posição a uma rotação de um quarto depois da posição da Figura 3A.

A Figura 3C ilustra esquematicamente os conjuntos de pontos de contato dos dentes, a uma terceira posição a uma rotação de um quarto depois da posição da Figura 3A.

A Figura 4 é uma representação do tipo gráfica do movimento relativo entre um dos conjuntos de pontos de contato dos dentes ilustrados nas Figuras 3A, 3B e 3C.

A Figura 5A mostra uma primeira etapa em construções geométricas para determinar as formas dos dentes para um par de engrenagens esféricas, em uma concretização da presente invenção.

A Figura 5B mostra uma segunda etapa em construções geométricas para determinar os espaços dos dentes para um par de engrenagens esféricas.

A Figura 5C mostra uma terceira etapa em construções geométricas para determinar as formas dos dentes para um par de engrenagens esféricas, com a Figura 5C sendo ampliada para clareza, para mostrar uma construção mais detalhada de uma face de dente de uma engrenagem externa.

A Figura 5D mostra uma quarta etapa em construções geométricas para determinar as formas dos dentes para um par de engrenagens esféricas, com a Figura 5D sendo uma combinação de construção geométrica com uma vista em seção transversal parcial de uma parte de um par de engrenagens usando esses desenhos de dentes.

A Figura 6A é uma vista em perspectiva do desenho da primeira engrenagem de um par esférico, de acordo com uma variação da concretização das Figuras 1 e 2.

A Figura 6B é uma vista em perspectiva do desenho da segunda temperatura de um par esférico, de acordo com uma variação da concretização das Figuras 1 e 2.

A Figura 7 é uma vista detalhada da junta CV da invenção, mostrada nas Figuras 6A e 6B.

A Figura 8 é quadro representando as posições da linha de contato compartilhada pelos dentes de engrenagem das engrenagens esféricas na junta CV da Figura 7, mostrando as posições relativas da linha de contato em cada uma das duas faces de engrenagem a vários ângulos de interseção entre os eixos geométricos dos eixos mecânicos, a forma das faces dos dentes sendo achatada na superfície do desenho e ligeiramente exagerada para facilitar a percepção.

A Figura 9A é uma primeira vista da junta CV da Figura 7, o suporte da taça para os dentes internos da primeira engrenagem sendo omitido para clareza.

A Figura 9B é uma segunda vista da junta CV da Figura 7, tomada do polo oposto das engrenagens esféricas e no mesmo momento do acoplamento por engrenagem como na Figura 9A.

A Figura 10A é uma vista lateral esquemática e parcialmente em seção transversal de uma concretização de uma junta CV de engrenagens esféricas de acordo com a invenção, usando esferas para os dentes internos da primeira engrenagem, os respectivos eixos mecânicos sendo mostrados com os seus eixos geométricos em um alinhamento de 180°.

A Figura 10B é uma vista pela extremidade esquemática e par-

cialmente em seção transversal da concretização da Figura 10A, como vista ao longo do plano 10B - 10B.

A Figura 10C é uma vista em perspectiva da segunda engrenagem do par esférico ilustrado nas Figuras 10A e 10B, com outras partes removidas para aperfeiçoar a clareza.

A Figura 11 é uma vista detalhada da concretização da junta CV da invenção, mostrada nas Figuras 10A, 10B e 10C.

A Figura 12 é uma vista detalhada de uma variação da montagem da primeira engrenagem da concretização de dentes esféricos mostrada na Figura 11, que permite que a junta CV da invenção funcione tanto como uma junta CV quanto como um cursor para uma operação de semieixo.

A Figura 13A é uma vista pela extremidade esquemática e parcialmente em seção transversal da concretização de dentes esféricos mostrada na Figura 12.

A Figura 13B é uma vista lateral esquemática e parcialmente em seção transversal da concretização de dentes esféricos mostrada ao longo do plano 13B - 13B, mostrando as esferas em espectro para indicar a extensão de movimento deslizante do movimento do alojamento do núcleo dentro do suporte em forma de taça.

A Figura 14 é uma representação esquemática de uma junta universal dupla, usando apenas juntas CV da presente invenção.

A Figura 15 é uma representação esquemática de um semieixo, com juntas CV da presente invenção em cada extremidade em combinação com um cursor de unidade de imersão.

A Figura 16A é uma vista lateral do cursor de unidade de imersão, mostrado posicionado entre as juntas CV inventivas no semieixo da Figura 15.

A Figura 16B é uma vista em seção transversal tomada ao longo do plano 16B - 16B da Figura 16A.

A Figura 17 é uma representação esquemática de partes do semieixo mostrado na Figura 15, substituindo a junta CV na extremidade externa do semieixo com a concretização descrita na Figura 11, e substituindo

a junta CV e o cursor na extremidade interna do semieixo com a concretização descrita na Figura 12.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Desenho da engrenagem esférica

As Figuras 1 e 2 ilustram uma junta universal de velocidade constante, que usa engrenagens esféricas para interligar um par de eixos rotativos. A Figura 1 é uma vista esquemática e parcialmente em seção transversal de uma engrenagem externa 10 (com os dentes internos 58) fixos dentro de um suporte em forma de taça 12, tendo uma extremidade fixa em um primeiro eixo 14. Uma engrenagem externa de acoplamento 20 (com os dentes externos 60) é fixa para rotação a um segundo eixo 16. Na Figura 1, os eixos 14 e 16 são mostrados com os seus respectivos eixos 22, 24 posicionados em um alinhamento de 180°. Os eixos geométricos 22, 24 são também os respectivos eixos geométricos das engrenagens esféricas de acoplamento 10, 20.

Uma engrenagem esférica mantém as engrenagens de acoplamento 10 e 20 em uma relação de engrenagem adequada. Nessa concretização, essa engrenagem esférica inclui: (a) um elemento interno, de preferência, uma esfera de centralização 26, fixo na base do suporte em forma de taça 12 por um parafuso 18; e (b) um elemento externo na forma de um cubo 28, formado na parte interna da engrenagem 20. O elemento externo inclui dois anéis esféricos 27 e 29, que capturam a esfera 26 e são mantidos dentro do cubo 28 por um grampo em C 25. O ponto central 30 das esferas de passo teórico idêntico de cada engrenagem 10, 20 é indicado dentro do elemento interno 26 da engrenagem esférica, e todos os eixos geométricos 22, 24 passam pelo ponto central 30.

A Figura 2 mostra a mesma disposição de engrenagens esféricas mostrada na Figura 1, com o eixo mecânico 16 omitido. No entanto, na Figura 2 os eixos geométricos 22, 24 dos eixos mecânicos 14 e 16, respectivamente, são mostrados interceptando-se a x°, isto é, a algum ângulo do eixo mecânico máximo predeterminado x°, até que os eixos geométricos do eixo mecânico possam se interceptar de modo variado, enquanto as forças

rotativas estão sendo transmitidas. Na concretização ilustrada na Figura 2, o ângulo do eixo mecânico máximo predeterminado x° é 30° a partir do alinhamento de 180°, e, portanto, o par de engrenagens esféricas ilustrado é projetado para transmitir as forças rotativas por uma extensão contínua de interseção angular entre os eixos mecânicos, até 2x° em todas as direções (isto é, nessa concretização preferida por uma faixa de até 60°).

Os dentes externos 60 da engrenagem 20 são mostrados em linhas sólidas, pivotados em torno de um eixo pivô 32 que passa pelo ponto central 30 (consultar a Figura 1), na interseção dos eixos geométricos 22, 24. A engrenagem 20 é pivotada relativa à engrenagem 10 a um ângulo x° (30° nessa concretização), em uma primeira direção, e um dente externo 60 da engrenagem 20 é também mostrada em linhas fantasma pivotado em torno do eixo mecânico 32, a um ângulo x° na direção oposta, proporcionando uma ampla gama de movimento de 2x° (60° nessa concretização) em todas as direções.

Isso ilustra a ampla extensão angular de interseção pela qual o par de engrenagens pode ser pivotado variadamente, enquanto forças rotativas estão sendo satisfatoriamente transmitidas. Em todos os momentos durante os quais esse movimento relativo angular variável entre os dois eixo geométricos dos eixos mecânicos, as engrenagens 10 e 20 se mantêm em acoplamento nas duas áreas de acoplamento respectivas, o centro de cada área de acoplamento sendo localizada em um dos dois respectivos pontos nos quais os círculos dos passos das engrenagens se interceptam com o eixo pivô 32, como vai ser explicado adicionalmente abaixo.

Na disposição da junta CV mostrada nas Figuras 1 e 2, as engrenagens esféricas 10, 20 funcionam de uma maneira similar aos acoplamentos de engrenagens conhecidos, pelo fato de que não giram relativamente entre si, como giram os seus respectivos eixos a uma razão de 1:1. No entanto, quando a orientação angular dos seus respectivos eixos é ajustada variadamente fora do alinhamento de 180° (como mostrado na Figura 2), os dentes das engrenagens se movimentam continuamente para e fora do acoplamento nos dois pontos de acoplamento respectivos, ainda que as

engrenagens girem todas as vezes na mesma velocidade. Isso vai ser também explicado adicionalmente abaixo.

Esse movimento relativo dos dentes das engrenagens 10, 20, para e fora de acoplamento, é mostrado esquematicamente nas Figuras 3A, 3B e 3C, que representam, respectivamente, três diferentes posições de rotação de engrenagem relativa em torno dos eixos geométricos 22, 24, quando os eixos geométricos se interceptam a um ângulo máximo predeterminado de x°. As Figuras 3A, 3B e 3C mostram o avanço relativo de quatro diferentes conjuntos de pontos de contato de dente, à medida que os dentes de acoplamento das engrenagens se movimentam para e fora de acoplamento.

Na Figura 3A, um ponto de contato de dentes A na engrenagem interna 10 fica em acoplamento com o ponto de contato de dente A' na engrenagem externa 20; simultaneamente, um ponto de contato de dente C na engrenagem interna 10 fica em acoplamento com um ponto de contato de dente C' na engrenagem externa 20. A Figura 3B mostra os mesmos pontos de contato de dente em cada engrenagem, após as engrenagens terem girado a 1:1 por um quarto de rotação, os pontos de contato de dente das engrenagens D e B da engrenagem 10 e os pontos D' e B' da engrenagem 20 ficam então em contato de acoplamento. Seguinte a um outro quarto de volta, como mostrado na Figura 3C, os pontos de contato de dente A, A' e C, C' mais uma vez se acoplam, mas a uma posição relativa de 180° formada das suas posições de contato iniciais mostradas na Figura 3A.

Os pontos de contato de dente representados nas Figuras 3A, 3B e 3C são todos localizados nos círculos de passos das suas respectivas engrenagens; e esses círculos de passos são todos, em um efeito teórico, grandes círculos na mesma esfera (consultar antecedentes acima). Geometricamente, todos os grandes círculos se interceptam entre si em duas posições distantes 180°. Na descrição do movimento das engrenagens esféricas, esses pontos de interseção são referidos como "polos". A Figura 4 é uma representação esquemática e gráfica do movimento relativo entre um dos respectivos conjuntos de pontos de contato de dente, ilustrados nas Figuras 3A, 3B e 3C. Isto é, a Figura 4 segue o movimento dos pontos de contato de

dente A, A' ao longo dos seus respectivos círculos de passos 10', 20', pois as engrenagens 10, 20 fazem uma revolução completa conjunta. Embora os respectivos círculos de passos sejam mostrados em uma projeção plana, pode-se notar que cada ponto de contato de dente segue um modelo similar à lemniscata (uma "figura em oito na superfície de uma esfera"); como é bem-conhecido na técnica de juntas universais, esse movimento em lemniscata é essencial quando da transferência de velocidade constante entre dois eixos articulados.

Desenho dos dentes de engrenagens esféricas

Ainda que haja outros modos para determinar os parâmetros de desenho de dentes de engrenagens adequados para esse sistema de engrenagens esféricas (consultar antecedentes acima), em uma primeira concretização da presente invenção, esse desenho é feito de preferência pela seguinte construção geométrica, ilustrada nas Figuras 5A, 5B, 5C e 5D:

(1) A primeira etapa no desenho de dentes de engrenagens esféricas descritos no presente relatório descritivo é abordada da mesma maneira como é bem-conhecido na técnica de engrenagens. Isto é, as especificações de tamanho e de resistência mecânica para o par de engrenagens são determinadas de acordo com a aplicação prevista que seja executada pelas engrenagens. Por exemplo, as engrenagens de juntas CV descritas no presente relatório descritivo são desenhadas para uso no eixo mecânico de manobra/acionamento de um caminhão leve automotivo. O círculo suplemento (diâmetro máximo) das engrenagens é usualmente limitado pelo espaço físico no qual a engrenagem deve operar, e o passo diametral deve ser selecionado de modo que a espessura da corda dos dentes (isto é, a espessura da corda de cada dente ao longo do círculo de passo) seja suficiente para permitir que a carga máxima prevista seja conduzida pelos dentes em acoplamento. Nesse aspecto, é essencial lembrar que quando do uso de um par de engrenagens esféricas, de acordo com esta invenção, para transmitir movimento, as engrenagens são capazes de manusear duas vezes a carga, como um par convencional de engrenagens do mesmo tamanho. Isto é, uma vez que o par de engrenagens partilha duas áreas de acoplamento (áreas de

polos) centralizadas 180° distantes, tem duas vezes mais dentes em acoplamento, como seria um par de engrenagens convencional do mesmo tamanho.

(2) Além das esferas de passo concêntricas para cada engrenagem, como indicado acima, a invenção usa uma pluralidade de esferas de construções menores individuais. O número de esferas de construções menores é selecionado de acordo com o número total de dentes desejados no par de engrenagens final, e as esferas de construções menores são dispostas em um círculo, de modo que os pontos de tangência entre as sucessivas esferas menores são todos posicionados na circunferência dos círculos de passos idênticos das engrenagens. Essa condição dita os parâmetros da primeira construção mostrada na Figura 5A. Em um desenho preferido da invenção, cada engrenagem é desenhada para ter apenas seis dentes, de modo que, quando os eixos geométricos das engrenagens esféricas são alinhados a 180°, todos os doze dentes ficam em acoplamento total. Portanto, para a construção desse desenho preferido, doze pequenas esferas idênticas 40 são dispostas em um círculo em torno do centro 30 dos círculos de passos teóricos idênticos predeterminados 42 das duas engrenagens. O diâmetro **d** das esferas é selecionado de modo que as esferas fiquem tangentes entre si ao longo dos círculos de passos teóricos idênticos 42 das duas engrenagens. Como indicado acima, o círculo de passo de cada engrenagem é um grande círculo nas esferas de passos idênticos das engrenagens, que são dimensionadas para se encaixar dentro do espaço físico limitado no qual as engrenagens devem operar. Cada esfera menor 40 representa um dente de engrenagem, e as doze pequenas esferas representam todas as dozes dos dentes em acoplamento integral, quando os eixos geométricos das engrenagens estão a 180°. [NOTA: as pessoas versadas na técnica de engrenagens podem considerar que é possível desenhar um par de engrenagens com dentes em acoplamento, no qual os dentes de uma engrenagem têm uma espessura de corda diferente daquela dos dentes da outra engrenagem do par. Quando esse desenho é desejado, metade das esferas de construções menores são menores do que a outra metade, mas as esfe-

ras de construções de tamanhos diferentes ainda se interceptam entre si de uma maneira similar, com os pontos de tangência entre as sucessivas esferas menores todas senso posicionadas de modo similar na circunferência dos círculos de passos idênticos das engrenagens, isto é, nos grandes círculos das duas esferas teóricas e concêntricas maiores].

(3) A construção inclui uma pequena esfera central adicional 44 posicionada nos centros coincidentes de círculos de passos 42, a pequena esfera central 44 sendo do mesmo tamanho que as esferas pequenas 40.

(4) Uma construção envolvendo a esfera central 44 e uma selecionada das pequenas esferas 40 é usada para determinar o ângulo de vértice para as superfícies cônicas das faces dos dentes de forma cônica de cada dente de lado reto da engrenagem interna. Duas linhas de interseção 46, 47 são construídas tangentes aos lados opostos da esfera central 44, cada respectiva linha de tangente 46, 47 passando por um respectivo dos dois pontos de tangência que a esfera selecionada 40 compartilha com as suas esferas vizinhas. Isto é, a linha 46 passa pelo ponto de tangência 48 e a linha 47 passa pelo ponto de tangência 49. Uma construção cônica 50 é mostrada em linhas sólidas pesadas na Figura 5A, e a construção cônica 50 é usada para determinar o ângulo de vértice 52 das superfícies cônicas das faces do dente 56', 57' de um dente interno 58', mostrado em uma vista de topo na Figura 5B. O tamanho do ângulo de vértice do cone 52 é determinado pelo ângulo incluído formado no ponto de interseção c das linhas de interseção 46, 47. Na concretização preferida da invenção mostrada nas Figuras 1 e 2, essa construção proporciona um ângulo de vértice do cone de 60°.

(5) A mesma construção mostrada na Figura 5A é usada para determinar a espessura da corda normal 54 de cada dente de engrenagem. Na construção, a espessura da corda normal 54 é medida em cada esfera menor 40 selecionada na linha de passo da sua respectiva engrenagem, isto é, entre cada um dos dois respectivos pontos de tangência que uma esfera selecionada 40 compartilha com as suas esferas vizinhas. Essa espessura de corda normal 54 é também indicada no dente interno 58' na Figura 5B e (em maior escala) no dente externo 60 na Figura 5C.

(6) A construção mostrada na Figura 5A é também usada para determinar o tamanho máximo da esfera de centralização 26, que é o elemento de engrenagem esférica interno compartilhado pelo par de engrenagens 10, 20 (consultar as Figuras 1 e 2). Faz-se de novo referência às duas linhas de interseção 46, 47 construídas tangentes aos lados opostos da esfera central 44 e usadas para determinar o ângulo de vértice das faces de forma cônica dos dentes da engrenagem interna. As linhas 46, 47 se interceptam no ponto c, e a distância entre o ponto c e o centro 30 determina o raio do círculo 59. O círculo 59 proporciona a circunferência máxima para a esfera de centralização 26.

(7) A construção de cada dente 60 da engrenagem externa do par esférico é mostrada ampliada na Figura 5C, com o dente 60 de per si aparecendo em linhas sólidas pesadas.

A superfície de um cilindro 62 proporciona a parte central 64 de cada uma das duas faces do dente 60. O cilindro 62 tem um raio que é metade da espessura circular normal, que forma a espessura da corda normal 54, medida na esfera menor 40. De cada lado da parte central cilíndrica 64, cada face de dente externo inclui uma extensão de face plana 66, que varia de acordo com o ângulo máximo predeterminado x° (o ângulo máximo de interseção entre os eixos geométricos das engrenagens, pelo qual o par de engrenagens é previsto operar), e na construção ilustrada, o ângulo máximo predeterminado é 30°. Há, naturalmente, duas extensões de face planas 66, uma em cada lado da parte central cilíndrica 64.

Cada extensão de face plana 66 começa em um respectivo ponto tangencial inicial **t** localizado x° da linha central 65 da sua respectiva face de dente e se estende a um ponto e interceptando uma linha radial da parte central cilíndrica 62 medindo 2x°, de modo que o comprimento t-e de cada parte plana se estende por mais x° além do ponto tangencial inicial **t**. Embora as extensões tangenciais de face plana 66 possam ser mais estendidas (como mostrado nas linhas tracejadas), o comprimento x° de cada extensão de face plana 66 é suficiente para garantir um contato linear integral, quando os eixos das engrenagens estão interceptando-se no ângulo máximo prede-

terminado. De preferência, como mostrado na Figura 5C, cada respectiva extremidade fora de bordo da extensão de face plana 66 é descontinuada a alguma distância curta predeterminada além do ponto **e**, que demarca o comprimento x° recém-descrito. Cada uma das faces do dente recém-descritas do dente externo 60 se intercepta com duas respectivas superfícies terminais do dente 68, que podem ser planas ou ligeiramente redondas, como mostrado.

(8) A construção para o desenvolvimento de cada extensão plana tangencial de uma face de trabalho de um dente externo é mostrada na parte esquerda da Figura 5C.

Como pode-se considerar de uma revisão das Figuras 3A, 3B e 3C, quando a órbita circular da engrenagem 20 estiver inclinada, a um ângulo em qualquer direção distante do plano da órbita circular da engrenagem interna 10, a órbita circular dos dentes externos parece elíptica, quando vista do plano da engrenagem 10. Também, quando vista perpendicularmente do plano da engrenagem 10, os pontos cardinais externos ficam desalinhados (por exemplo, na Figura 3A; enquanto que os pontos A, A' e C, C' ficam em acoplamento nos polos, os pontos B' e D' caem dentro dos pontos B e D, quando vistos perpendicularmente dos pontos B e D). Portanto, quando o ângulo de interseção entre os eixos geométricos das engrenagens se desvia de 180°, o círculo de passo da engrenagem externa 20 se torna eficazmente um "arco elíptico" relativo ao arco circular do círculo de passo da engrenagem interna 10.

Como vai ser explicado em mais detalhes abaixo com referência às Figuras 8, 9A e 9B, quando os dentes internos rolam para acoplamento com os dentes internos, eles se aproximam ao longo do arco elíptico de acima ou abaixo do plano da engrenagem interna, e à medida que os dentes externos rolam para fora de acoplamento, deixam o acoplamento na direção oposta. Se os dentes externos rolarem para dentro de abaixo do plano, rolam para fora acima do plano. A distância que os dentes externos se movem acima e abaixo do plano da engrenagem interna é uma função do tamanho do ângulo de interseção entre os círculos de passo de círculo grande das

engrenagens.

Na medida em que um dente externo se aproxima de acoplamento, ao longo do arco elíptico de abaixo do plano da engrenagem interna, o contato com o dente ocorre em um lado de cada face de dente em um polo, e um contato de dente similar ocorre no outro lado da mesma face de dente, quando o mesmo dente externo se aproxima do acoplamento ao longo do arco elíptico de acima do plano da engrenagem interna. Para os fins de construção da Figura 5C, considera-se que o arco elíptico seja o ângulo máximo preferido x° (30°). A parte da rota do arco elíptico aproximando-se de abaixo do plano da engrenagem interna 10 é indicada pela linha a, enquanto que a parte da rota do arco elíptico aproximando-se de acima do plano da engrenagem interna 10 é indicado pela linha **b**.

Nessa construção, o centro do cilindro 62 (que forma a parte central 64 da face do dente) é movimentado ao longo da linha de aproximação **a**, para formar uma pluralidade de arcos circulares adicionais (apenas quatro desses arcos são mostrados) seguindo acima da linha horizontal, que passa pelo centro do cilindro básico 62. De modo similar, outra pluralidade de arcos circulares adicionais é mostrada seguindo abaixo da linha horizontal, que passa pelo centro do cilindro básico 62 (de novo apenas quatro desses arcos são mostrados). As tangentes **T** para todos esses arcos adicionais delineiam as extensões de faces planas 66, em cada lado da parte cilíndrica central 64. Para indicar isso de outro modo, cada face plana 66 começa no ponto tangente inicial t e se estende paralela à linha (a ou b) de movimento do centro radial da parte cilíndrica central 64, à medida que o centro radial se movimenta ao longo do círculo de passo de círculo grande da engrenagem externa, quando os eixos das engrenagens estão interceptando-se no ângulo máximo x°.

Para facilitar o entendimento da construção mostrada, as extensões 66 continuam a uma pequena distância além do comprimento mínimo necessário indicado pelo ponto e, demarcando a linha radial de 2x° (60°). Nessa construção, as superfícies terminais de dentes planos 68 ficam ligeiramente arredondadas, mostrando um desenho mais propenso ao processo

de fabricação de formação de rede.

(9) Para a construção final, faz-se referência à Figura 5D, que é uma vista parcial e esquemática da engrenagem interna 10 e da engrenagem externa 20, tomada no plano central radial das engrenagens. Os respectivos dentes das engrenagens, construídos da maneira descrita logo acima, são mostrados com as engrenagens em acoplamento total, quando os seus respectivos eixos são alinhados a 180°. Três dentes internos 58 são mostrados em acoplamento com os dois dentes externos 60. Como indicado acima, pode-se notar que as superfícies de trabalho de todos os dentes são de lados retos. Os dentes externos 60 têm uma forma canelada, com uma dimensão determinada pelas linhas de extensão 56, a partir do círculo 58, que tem um diâmetro igual em comprimento à espessura da corda normal 54.

Quando os eixos das engrenagens esféricas da invenção estão em um alinhamento de 180°, todos os dentes das engrenagens 10 e 20 se acoplam conjuntamente, da mesma maneira que os dentes de um acoplamento engrenado. No entanto, como indicado acima, quando os eixos das engrenagens esféricas são posicionados fora do alinhamento de 180°, as engrenagens ficam se movimentando constantemente para e fora de acoplamento em cada polo, isto é, os seus dois centros de acoplamento compartilhados. Nesse aspecto, deve-se entender que nas concretizações preferidas de engrenagens esféricas não há necessidade de qualquer folga de engrenagem; embora, naturalmente, uma tolerância seja deixada entre os dentes das respectivas engrenagens (por exemplo, 0,05 mm (0,002") para montagem e lubrificação durante a fabricação. Também, os pousos da parte de topo dos dentes são dotados com um relevo esférico.

Vistas em perspectiva de um par de engrenagens esféricas são mostradas, respectiva e separadamente, nas Figuras 6A e 6B. Nessa concretização, a primeira engrenagem (externa) 10', na Figura 6A, inclui um anel de suporte básico 70, tendo uma superfície interna da qual cada dente interno 58' se estende perpendicularmente para o eixo 22' da engrenagem 10'. O anel 70 inclui um aro endentado 72, que é formado para acoplamento

de união da parte externa do suporte de taça para a primeira engrenagem 10' (por exemplo, consultar a taça 112' na Figura 11B), de modo que a engrenagem 10' é fixa para rotação com o suporte da taça. Essa vista facilita a visão das superfícies terminais dos dentes planos 75, que margeiam as superfícies de trabalho de cada face de dente de forma cônica 56', 57' de cada dente interno 58' dessa concretização. Ainda que essas superfícies terminais planas reduzam o peso, a fabricação de formação de rede pode ser facilitada, e uma resistência mecânica adicional pode ser alcançada, por enchimento nas partes da face distintas de dentes de cada dente para formar um cone integral, mas parcialmente oco (consultar a concretização preferida descrita nas Figuras 1, 2 e 7).

Na Figura 6B, os dentes externos 60' se estendem perpendicularmente para o eixo 24' da segunda engrenagem (interna) 20', que é montada, nessa concretização, em um anel em torno do cubo 28', que inclui uma abertura canelada abrindo-se em uma extremidade para receber um eixo respectivo (por exemplo, o eixo 16 na Figura 1). A outra extremidade do cubo 28' (não-mostrada) é encaixada por união pela esfera de centralização da junta (por exemplo, a esfera de centralização 26 nas Figuras 1 e 2). Essa vista em perspectiva facilita ver a parte cilíndrica central 64 e as extensões de faces planas 66, que formam as faces dos dentes de trabalho de cada dente externo 60'. De novo, como já mencionado acima, as superfícies terminais planas 68 podem ser arredondadas para facilitar a fabricação. Também deve-se notar o relevo esférico de cada pouso de topo 69 da engrenagem externa.

A Figura 7 mostra uma vista detalhada do desenho da junta CV da invenção, ilustrada nas Figuras 1 e 2. Nessa concretização preferida, os dentes 58 da engrenagem interna 10 são formados separadamente e encaixados por pressão nas aberturas pré-formadas 13 nas paredes da taça de suporte 12, enquanto que os dentes ocos 60 da engrenagem externa 20 são formados em torno da parte externa de um cubo 28. Como indicado acima, a esfera de centralização 26 é capturada entre os anéis esféricos 27 e 29, que são retidos por um grampo em C (não mostrado nessa vista) dentro do cubo

28. A junta CV é retida conjuntamente pelo parafuso 18, que o aperta na base da taça 12. Ambos os dentes internos 58 e os dentes externos 60 são vazados, para economizar metal e diminuir o peso. Os dentes externos 60 podem ser formados integralmente com o cubo, ou em um anel separado, que é encaixado por pressão no cubo.

Modelo de contato de dente

As superfícies de dentes de lados retos já descritas acima criam uma linha de contato relativamente longa pelo acoplamento, durante todo o contínuo dos ângulos de interseção. O comprimento desse contato linear é visto mais facilmente na Figura 5D, que mostra o contato em acoplamento total, quando os eixos das engrenagens estão em um alinhamento reto. As pessoas versadas na técnica vão considerar que esse contato linear é muito longo. Por exemplo, em uma junta eficaz desenhada de acordo com a invenção, como descrito, cada esfera menor 40 tinha um diâmetro de 19 mm (0,75"), os círculos de passo 42 das engrenagens eram de 67 mm (2,625"), a esfera de centralização 26 tinha um diâmetro de 24 mm (0,9375"), e o comprimento do contato linear era de 11 mm (0,4375").

Na medida em que os eixos geométricos das engrenagens se movimentam para fora de alinhamento, o acoplamento se movimenta rapidamente a partir de todos os doze dentes, e a maior parte da carga é conduzida basicamente pelos quatro dentes. Isto é, como explicado acima, à medida que os eixos das engrenagens esféricas se movimentam para fora de alinhamento, os círculos de passos de círculos grandes das engrenagens se interceptam em dois "polos" distante 180° entre si (por exemplo, como círculos de longitude em um globo da terra interceptando no polo norte e no polo sul). Exceto para ângulos de interseção muito pequenos, a maior parte da carga é compartilhada pelos dois dentes em cada engrenagem, que se acoplam em cada posição de polo. No entanto, há uma sobreposição suficiente de modo que existe uma transição uniforme entre os conjuntos sucessivos de acoplamento de dentes internos e externos em cada polo. Isto é, o contato do dente fica rolando para fora do par de dentes precedente, à medida que rola no par sucedente.

Na medida em que o ângulo de interseção aumenta, a extensão do contato linear se mantém igual. Os modelos de contato linear são ilustrados em linhas pesadas, escuras no diagrama mostrado na Figura 8, que mostra a posição das linhas de contato nas respectivas faces dos dentes de ambos os dentes internos (I) e os dentes externos (E) a -30°, -18°, -12°, -6°, 0°, +6°, +12°, +18° e +30°, no momento em que os dentes se movimentam pela posição de polo. Como pode-se notar, o contato linear se mantém vertical com a face de dente dos dentes externos da engrenagem interna a todo momento, mas se inclina para longe da vertical em cada face de dente em forma de cone da engrenagem externa. à medida que o ângulo entre as engrenagens aumenta, as linhas de contato rolam completamente crescentemente para as áreas de maior contato, estendendo-se para longe dos respectivos centros das faces das engrenagens. Ainda que as linhas em cada face de engrenagem externa se mantenham verticais em relação à face da engrenagem, as linhas na respectiva face de dente em forma cônica interna fique ainda mais inclinada com a vertical, à medida que se movimentam para longe do centro da face de dente de forma cônica. As linhas mostradas na Figura 8 indicam a extremidade externa do modelo de contato em cada ângulo de interseção axial, as engrenagens rolando por contato do centro das faces de dentes para as posições mostradas.

Quando os contatos lineares estão movimentando-se e inclinando-se para a esquerda nas respectivas faces de dentes em um polo, estão movimentando-se e inclinando-se para a direita, exatamente da mesma maneira no polo oposto. Uma vez que esse fato mencionado por último pode ser difícil de entender, sugere-se que a se faça de novo referência a (a) Figuras 3A, 3B e 3C ilustrando o movimento relativo entre os conjuntos de pontos de contato de dentes nas superfícies de passo esféricas teóricas de um par de engrenagens esféricas, conjuntamente em uma direção horária, e a (b) Figuras 9A e 9B mostrando as engrenagens em contato próximo dos respectivos polos, quando os eixos geométricos das engrenagens se interceptam no ângulo máximo x° da horizontal (30° nas concretizações preferidas ilustradas), proporcionando o deslocamento angular integral de 2x° (60°

mostrado). Nas Figuras 9A e 9B, considera-se que as engrenagens estão girando em torno dos seus respectivos eixos geométricos, nas direções horárias indicadas, e que os dentes externos 60 estão acionando os dentes internos 58, isso sendo visto do círculo raiz da engrenagem externa. [NOTA: nas Figuras 9A e 9B, o suporte em forma de taça 12 para os dentes da engrenagem externa 10 (Figuras 1 e 2) é omitido para clareza.]

Na Figura 9A, um dente externo central 60 da engrenagem interna 20 é alinhado exatamente com um polo, à medida que o dente 60 surge de abaixo do plano da engrenagem externa 10, sendo mostrado pouco antes do momento que se movimenta para fora de contato com o dente interno 58. A posição dessa linha de contato é indicada pela seta 76. A Figura 9B mostra o mesmo par de engrenagens da Figura 9A no mesmo instante de tempo, mas visto do polo oposto. Na Figura 9B, um dente externo central 60 da engrenagem externa 20 é de novo alinhado exatamente com o polo oposto, mas, naturalmente, é mostrado movimentando-se para baixo de acima do plano da engrenagem externa 10, de novo sendo mostrado pouco antes do momento que se movimenta para fora de contato com o dente interno 58. A posição dessa última linha de contato é indicada pela seta 77.

Nas Figuras 9A e 9B, uma parte do pouso de topo de cada dente externo 60 posicionado na parte central é marcado com um sombreamento transversal fino, indicando alinhamento com toda a face de trabalho do dente. Uma série de linhas retas escuras aparece na metade inferior da face de trabalho do dente externo 60 na Figura 9A, e uma série similar de linhas retas aparece na metade superior da face de trabalho do dente externo 60 na Figura 9B. Essas linhas representam a série de contatos lineares mostrados acima na Figura 8, indicando o modelo de contato compartilhado pelos dentes, à medida que rolam pelos seus respectivos acoplamentos de engrenagem em cada polo. Esses respectivos contatos ocorrem simultaneamente nas metades opostas de cada face de dente, proporcionando um equilíbrio de carga e desgaste.

Embora a maior parte da carga seja compartilhada por apenas dois dentes em engrenagem em cada polo, pelo menos quatro dentes estão

em engrenagem total sempre, e a carga total é sempre dividida entre pelo menos dois pontos separados por 180°. Por exemplo, retornando para uma junta eficaz desenhada de acordo com a concretização discutida acima, o comprimento do contato linear foi de 11 mm (0,4375"). Portanto, é importante lembrar que a carga total é distribuída pelas duas linhas, totalizando 22 mm (0,875"). Também, as cargas são equilibradas sempre nas engrenagens, à medida que os dentes ficam engrenando-se simultaneamente nos dois polos, nos lados opostos de ambas as engrenagens.

Em outra diferença muito importante da engrenagem esférica da técnica anterior, discutida nos Antecedentes acima, os dentes descritos no presente relatório descritivo não têm um contato deslizante teórico similar a uma engrenagem hipóide. Contrariamente, o contato linear recém-descrito acima rola pelo acoplamento em ambos os polos. Esse aspecto muito importante facilita a lubrificação e reduz o desgaste.

Concretização de esfera - dente

Outra concretização preferida da invenção é mostrada nas Figuras 10A, 10B, 10C e na vista detalhada, na Figura 11. Nessa outra concretização, os dentes internos da engrenagem externa 210 são substituídos por esferas 258, tendo os mesmos diâmetros que as esferas menores 40 (em construção na Figura 5A), que representam cada respectivo dente interno do par de engrenagens esféricas. Portanto, cada dente de engrenagem interno 258 tem uma face de dente "esférica" eficaz. Para essa concretização preferida, as etapas da construção descritas acima, relativas à formação de dentes internos de faces "cônicas" 58, não são relevantes. No entanto, os dentes externos 260 da engrenagem interna 220 dessa outra concretização são ainda construídos como indicado na Figura 5C e podem ser melhor vistos na Figura 10C.

Da mesma forma que com as concretizações anteriores discutidas acima, o par de engrenagens esféricas dessa concretização é desenhado para conectar a rotação dos respectivos primeiro e segundo eixos mecânicos 214 e 216, pois os respectivos eixos geométricos dos eixos mecânicos 222, 224 se interceptam no ponto 230 (o centro concêntrico do par de en-

grenagens esféricas) por uma gama de ângulos indicados pelas linhas fantasma 224 na Figura 10A. O segundo eixo mecânico 216 é omitido da Figura 11 para clareza. De modo similar às concretizações anteriores (por exemplo, consultar a Figura 7), os dentes esféricos internos 258 são posicionados em um suporte similar a uma taça 212, que é fixado na extremidade do primeiro eixo 214, que é alinhado com o eixo geométrico 222, cada dente esférico 258 sendo recebido em uma respectiva abertura 262 de um alojamento de núcleo 266, associado com o suporte similar a uma taça 212 (melhor visto na Figura 11). Também, os dentes externos 260 são montados similarmente na extremidade do segundo eixo 216. De novo, em todos os momentos e em todos os ângulos de interseção entre os eixos 214 e 216, os dentes esféricos internos 258 e os dentes externos 260 se mantêm, respectivamente, no plano do círculo de passo de cada respectiva engrenagem. Como indicado acima, cada respectivo círculo de passo é um grande círculo da esfera de passo grande teórica da engrenagem, e o eixo geométrico de cada círculo de passo se mantém alinhado sempre com o eixo geométrico do respectivo elemento rotativo, ao qual a engrenagem esférica do par está afixada.

O par de engrenagens é montado inicialmente conjuntamente com os respectivos eixos geométricos 222, 224, alinhados como indicado na Figura 10A. Após cada dente esférico 258 ser inserido em uma respectiva abertura 262, a parte interna do dente esférico se aninha entre as faces de dente de dois dentes externos 260 consecutivos, e a abertura 262 é depois fechada com um retentor esférico 264, que pode ser encaixado firmemente, encaixado por pressão ou atarraxado no lugar, para manter a face de dente de cada esfera, de modo que seja centralizada no passo de círculo da engrenagem. Um anel externo encaixado por contração ou atarraxado 270 circunda a extremidade aberta do suporte similar a uma taça 212, para mais resistência mecânica e segurança.

O alojamento de núcleo 266 do suporte similar a uma taça 212 inclui uma superfície esférica 268, que se une com as superfícies esféricas 269 formadas nos pousos de topo dos dentes externos 260, para manter a concentricidade dos centros das esferas de passo da engrenagem esférica

externa 210 e da engrenagem esférica interna 220, para garantir uma rotação de velocidade constante em todas as interseções angulares relativas dos eixos 214 e 216, em qualquer direção a partir do eixo geométrico 222 até o ângulo máximo predeterminado x°, que, para as concretizações apresentadas nas Figuras 10A, 10B, 10C e 11, é 30°, proporcionando uma extensão total de 60° em qualquer direção. Vai-se considerar que as superfícies esféricas de união 268, 269 servem para a mesma função como esfera de centralização 26 da concretização da invenção descrita acima (por exemplo, consultar a Figura 7).

Diferentemente dos modelos de contato de dente descritos acima para as concretizações dente - dente, os dentes esféricos internos 258 não se engatam com os dentes externos 260 com um contato linear. Em vez disso, as dispositivos dos dentes esféricos dos dentes esféricos criam uma área de contato circular estendida, similar à área de contato relativamente ampla, que é o resultado aceitável usualmente produzido do ponto de vista teórico de engrenagem tradicional.

As Figuras 12, 13A e 13B ilustram uma variação da junta esférica de dentes esféricos descrita recentemente, na qual o suporte similar a uma taça 212' para a primeira engrenagem do par é alinhado com o eixo geométrico 222' e modificado para agir como uma combinação de junta-cursor para uma extremidade de um semieixo. Para clareza, os eixos de cada par de engrenagens esféricas foram omitidas desses três desenhos.

As modificações mais significativas proporcionadas nessa concretização são: a) a extensão do suporte similar a uma taça 212' paralela ao eixo geométrico 222'; e b) a montagem deslizante do alojamento de núcleo esférico 266', para movimento axial dos centros concêntricos 230' do par de engrenagens esféricas dentro do suporte 212', para acomodar diferentes distâncias entre as extremidades operacionais de um semieixo. Cada dente esférico 258' serve para uma função dupla, além de agir como um dente de acoplamento do par de engrenagens esféricas, cada dente esférico 258' tem também a libertar de rolar para cima e para baixo por um respectivo trilho esférico axial 272', formado na parede interna do suporte similar a uma taça

212'. Em uma junta eficaz, projetada de acordo com a invenção, o comprimento dos trilhos esféricos 272' é de 5 cm (2"). A Figura 13B indica uma variação de projeto, que pode acomodar condições que requerem um grau inusitadamente grande de movimento de êmbolo. Sob essas condições incomuns, a possível restrição criada pelas paredes laterais na extremidade aberta da taça, isto é, quando o alojamento de núcleo 266' é posicionado no fundo do suporte similar a uma taça 212', o ajuste angular relativo do par de engrenagens de junta CV é limitado a ± 20°. No entanto, com os requisitos de movimento de êmbolo progressivamente menores, isto é, mais padronizados, a capacidade angular relativa do par de engrenagens de junta CV do semieixo da invenção aumenta progressivamente para bem acima da limitação de 20° ilustrada.

No entanto, deve-se notar que o movimento axial dos dentes esféricos 258' nos trilhos esféricos 272' tem apenas uma função, isto é, alterar a posição eficaz dos centros concêntricos do par de engrenagens esféricas ao longo do eixo geométrico 222'. Esse movimento axial dos dentes esféricos 258' nos trilhos esféricos 272' não altera qualquer que seja a operação de velocidade constante dos dentes esféricos da engrenagem esférica, desde que os círculos de passo das duas engrenagens esféricas continuem a compartilhar o mesmo centro concêntrico.

Junta CV dupla

Os eixos de acionamento segmentados, tais como aqueles comuns em grandes caminhões, são geralmente conectados com as combinações de juntas universais Cardan ou de gancho. Esses acoplamentos da técnica anterior são difíceis de manter e são de vida útil relativamente curta. Como indicado acima, as pessoas versadas na técnica vão considerar imediatamente que por colocação de duas das juntas de engrenagens esféricas da invenção de parte posterior com parte posterior, como uma junta universal carda, um movimento rotativo de velocidade constante pode ser transmitido pelos eixos se interceptando por uma extensão máxima contínua igual ou superior a 120°. Essa disposição é mostrada na Figura 14 usando uma variação da concretização da invenção mostrada na Figura 7, para conectar

as extremidades dos primeiro e segundo eixos posicionados ao longo dos eixos geométricos 24' e 24". Na Figura 14, as posições relativas dos dentes dos cones internos 58', 58" das engrenagens externa de parte posterior com parte posterior foram modificadas ligeiramente para clareza. Isto é, no projeto preferido, os dentes 58' são relativamente deslocados dos dentes 58" por 30°, para cancelar os efeitos senoidais.

Os dentes externos 60', 60" são mostrados em linhas sólidas pivotadas em torno de um eixo pivô 32', 32". Um dente externo 60', 60" é também mostrado em linhas fantasma pivotadas em torno dos eixos 32', 32", a um ângulo x° na direção oposta, proporcionando uma ampla gama de movimento de 4x° (120°, quando x é 30) em todas as direções. Os cubos 28', 28" e os dentes internos 58', 58" são também mostrados na Figura 14. Nessa concretização, o primeiro acoplamento universal é montado firmemente no segundo acoplamento universal por meio de um primeiro elemento. Isso proporciona uma faixa contínua de movimento de 4x°, entre um segundo elemento, estendendo-se do primeiro acoplamento universal, e um terceiro elemento, estendendo-se do segundo acoplamento universal.

Uso em semieixo automotivo

Faz-se agora referência às Figuras 15, 16A e 16B. Duas juntas CV de engrenagens esféricas de acordo com a invenção são posicionadas nas extremidades opostas de um semieixo 100, representado esquematicamente na Figura 15 com as "capas" removidas (isto é, sem as coberturas flexíveis bem-conhecidas usadas para proteger as juntas de fragmentos e sujeira da pista de rolamento). Na maneira explicada em mais detalhes acima, os respectivos suportes similares a taças 112, 112' de cada junta CV têm uma respectiva esfera de centralização 126, 126', fixa na base da taça, e cada junta CV tem um cubo 128, 128', que se encaixa em torno de cada respectiva esfera de centralização 126, 126', para movimento por um contínuo de orientações angulares de 0° a um ângulo máximo predeterminado de x° em todas as direções. Cada junta CV tem também uma primeira engrenagem esférica com os dentes internos (110' na Figura 16B) fixos dentro de cada suporte similar a uma taça, e uma segunda engrenagem esférica com

os dentes externos (120' na Figura 16B) fixos em cada cubo (128' na Figura 16B). Na concretização preferida mostrada, os cubos 128, 128' de cada junta CV são, respectivamente, conectados por rotação a cada extremidade de um eixo 116. A base de cada suporte similar a uma taça 112, 112' tem uma abertura canelada abrindo-se para receber as extremidades dos respectivos eixos de conexão 114, 114'.

A ilustração esquemática da Figura 15 mostra um semieixo automotivo 100 na extremidade de um trem de acionamento veicular, que inclui um diferencial 102 e uma roda de acionamento 104. Ainda que não se mostre nessa ilustração esquemática, considera-se que a roda de acionamento 104 é montada na frente de um veículo, de uma maneira bem-conhecida na técnica, de modo que a roda de acionamento 104 tenha a liberdade de movimento por um contínuo de orientações angulares relativas ao diferencial 102, o que permite que a roda de acionamento gire para esterçamento e para movimentar-se para cima e para baixo, em resposta às variações do terreno. O semieixo 100 transfere as forças rotativas de velocidade constante do motor do veículo pelo diferencial 102 para a roda de acionamento 104, durante todos os movimentos angulares instantâneos relativos que ocorrem entre essas duas partes do trem de acionamento veicular.

Aqueles versados na técnica vão considerar que à medida que a roda de acionamento montado de forma móvel 104 varia a posição angular, relativa à posição fixa do diferencial 102, a distância entre eles varia. Ainda que essa variação não seja grande (por exemplo, $\leq$ 25 mm (1,0"), deve ser compensada, e isso é feito por um cursor 180 mostrado em maior escala nas Figuras 16A e 16B. O cursor 180 inclui dois elementos relativamente móveis 181, 182, o primeiro elemento 181 sendo montado para movimento alternado dentro do segundo elemento 182. O elemento 181 é fixo no cubo 128' e tem, de preferência, um par de roletes 184 suspenso de um braço transversal 186. Os roletes 184 se movimentam em um par de respectivos trilhos 188, formados no elemento externo 182, que é fixo, respectivamente, no eixo 116. Em resposta às ligeiras variações em distância entre a roda de acionamento 104 e o diferencial 102, o cursor 180 se movimenta para frente e

para trás pelos roletes 184. O semieixo 100 tem muitas vantagens significativas em relação aos semieixos atualmente disponíveis, como detalhado abaixo.

A Figura 17 ilustra outro semieixo 200 que, ainda que similar ao semieixo 100 da Figura 15, incorpora as concretizações de dentes esféricos da invenção descritas acima. Isto é, essas duas concretizações diferentes são posicionadas, respectivamente, nas extremidades opostas de um eixo 216'. De novo, ainda que não exemplificado na ilustração esquemática, considera-se que a extremidade externa do semieixo 200 (a extremidade esquerda no desenho) é presa em uma roda de acionamento de esterçamento, montada na parte frontal de um veículo, em uma maneira bem-conhecida na técnica, que a extremidade interna do semieixo 200 (a extremidade direita no desenho) é presa em um diferencial, e que a roda de acionamento de esterçamento tem liberdade de movimento por um contínuo de orientações angulares relativas ao diferencial, o que permite que a roda de acionamento gire para esterçamento e para movimentar-se para cima e para baixo, em resposta às variações do terreno.

A junta CV de engrenagem esférica de dentes esféricos externa 274 e a junta CV de engrenagem esférica de dentes esféricos interna 276' são ilustradas com os seus respectivos eixos geométricos 222, 222' interceptando o eixo geométrico 224' do eixo mecânico 216', a aproximadamente 10°. No entanto, como indicado acima, as concretizações preferidas da junta CV externa 274 podem transferir uma rotação de velocidade constante em todas as direções distantes da posição do eixo 222 (faixa máxima de 60°), e, nas concretizações preferidas, a junta CV interna 276' pode transferir uma rotação de velocidade constante ≥ 20 - 30°, em todas as direções distantes da posição do eixo 222' (faixa máxima de ≥ 40 - 60°). [NOTA: atualmente, as juntas CV externas de semieixos comerciais são limitadas a uma extensão máxima de 52°, enquanto que as juntas CV internas de semieixos comerciais são limitadas a uma extensão máxima de 23°]

Atenção também é indicada para o fato de que os diâmetros dos suportes similares a taças 212, 212' de ambas as concretizações das juntas

CV recém-descritas são idênticas, de modo que o aparelho de capa, usado para proteger as partes móveis de ambas as juntas CV, pode ser idêntico, proporcionando uma economia significativa nos custos de fabricação, inventário e manutenção. Ainda mais, e talvez mais significativamente, essas juntas CV de maior extensão têm menos tamanho e peso, e podem ser manufaturadas e montadas a um custo mais baixo do que as juntas CV atualmente comercialmente disponíveis.

O semieixo 100 (Figura 15) e o semieixo 200 (Figura 17) têm muitas vantagens significativas em relação aos semieixos atualmente comercialmente disponíveis:

(1) O conjunto de retentor esférico e esfera das atuais juntas CV comerciais, usado como uma ligação de transmissão de movimento entre os conjuntos de ranhuras fêmeas, é substituído pela geometria macho/fêmea de acionamento direto da invenção de acoplamentos de engrenagens esféricas, com uma ação de rolamento favorável entre os elementos, desse modo (a) reduzindo significativamente a ação deslizante e o calor e desgaste associados provocados por esse deslizamento, (b) eliminando a necessidade para esmerilhar as ranhuras oblíquas ou curvilíneas internas muito difíceis nas taças de alojamento CV, (c) eliminando a necessidade para retentores esféricos separados com os seus esmerilhamentos esféricos internos e externos difíceis, bem como o esmerilhamento de rasgo esférico preciso, e (d) eliminando também, desse modo, a necessidade para modificações de rasgos de ação excêntrica, para posicionar adequadamente um retentor esférico separado.

(2) O número de partes em cada junta CV de engrenagem esférica da invenção é menor, e as partes são menos complexas e não tão onerosas para fabricação ou montagem.

(3) Os respectivos semieixos 100, 200 têm ambos acoplamentos substancialmente idênticos em ambas as extremidades, simplificando, desse modo, a fabricação necessitando menos partes para fabricação e inventários de sobressalentes.

(4) Uma vez que os dentes das engrenagens esféricas da inven-

ção ficam apenas em contato nos respectivos polos, a resistência de atrito para rotação em todos os ângulos de orientação é significativamente menos do que nos semieixos convencionais, reduzindo, desse modo, o torque necessário para girar os semieixos 100, 200, durante as variações de orientação angular, simplificando a montagem e aumentando a eficiência do trem de acionamento.

(5) A lubrificação dos semieixos 100, 200 é facilitada pelo movimento de rolamento dos dentes das engrenagens esféricas, à medida que se movimentam para e fora de acoplamento duas vezes em cada revolução, e o atrito relativamente baixo do acoplamento permite o uso de lubrificantes mais onerosos.

Embora as engrenagens esféricas da presente invenção tenham sido descritas como tendo um ângulo máximo predeterminado de 30°, uma engrenagem esférica pode ter um ângulo máximo predeterminado inferior ou superior a 30°, dentro do espírito da presente invenção. A forma de dente para os dentes externos da segunda engrenagem de cada par de engrenagens esféricas varia em função do ângulo máximo predeterminado, como mostrado na Figura 5C e como descrito abaixo.

Os desenhos de engrenagens esféricas descritos e reivindicados na presente invenção proporcionam um aperfeiçoamento significativo na técnica de juntas CV automotivas, acoplamentos universais e semieixos.

Consequentemente, deve-se entender que as concretizações da invenção descritas no presente relatório descritivo são meramente ilustrativas da aplicação dos princípios da invenção. A referência aqui aos detalhes das concretizações ilustradas não é intencionada para limitar o âmbito das reivindicações, pois elas mesmas indicam esses aspectos como essenciais à invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Acoplamento universal para interligação de um primeiro elemento e de um segundo elemento rotativo em torno dos seus respectivos eixos geométricos, que se interceptam a ângulos variáveis, o dito acoplamento compreendendo:

um único par de engrenagens esféricas compreendendo:

uma primeira engrenagem fixa no dito primeiro elemento para rotação com ele e compreendendo uma pluralidade de dentes internos, cada dente interno tendo uma face de dente interno formada com uma curvatura longitudinal tendo apenas uma forma circular; e

uma segunda engrenagem fixa no dito segundo elemento para rotação com ele e compreendendo uma pluralidade de dentes externos em engrenagem de união com os ditos dentes internos, cada dente externo tendo uma face de dente externo formada com uma parte central cilíndrica tendo um raio predeterminado e tendo também duas extensões de face plana de uma largura predeterminada formadas, respectivamente, em cada lado da dita parte central cilíndrica;

cada uma das ditas engrenagens tendo uma respectiva superfície de passo na forma de uma respectiva grande esfera de passo, as ditas grandes esferas de passo sendo concêntricas e tendo raios que são substancialmente idênticos, o círculo de passo de cada uma das ditas engrenagens sendo um grande círculo em uma das ditas respectivas grandes esferas de passo, e os ditos círculos de passo interceptando-se eficazmente entre si em duas posições de polo separadas por 180°;

cada respectivo dente das ditas engrenagens sendo formado dentro de uma de uma pluralidade de esferas menores individuais dispostas em um círculo, de modo que cada esfera menor sucessiva é tangente à esfera menor seguinte, nos pontos de contato que ficam na superfície das ditas grandes esferas de passo, a distância entre os ditos pontos de contato em cada esfera menor definindo a espessura de corda normal de cada respectivo dente; e

os eixos geométricos dos ditos elementos interceptando-se no

centro das ditas grandes esferas de passo a todo momento, quando as ditas engrenagens estão girando em uma relação de acionamento e acionadas, à medida que os ditos eixos geométricos se interceptem variadamente por uma extensão contínua de 180° a uma ângulo diferindo de 180° por um ângulo máximo predeterminado x°, de modo que os ditos elementos se interceptam por uma extensão máxima contínua de 2x°;

o acoplamento universal em que:

a superfície de cada dito dente interno é tangente à sua respectiva esfera menor individual nos ditos pontos de contato compartilhados entre as ditas esferas menores, e em que a forma circular da curvatura longitudinal de cada dita face de dente interno é:

i) esférica tendo um diâmetro igual ao diâmetro de pelo menos metade de cada uma das ditas respectivas esferas menores individuais; ou

ii) cônica tendo um ângulo de vértice cônico determinado por uma construção, incluindo:

a) as ditas esferas teóricas menores mais uma outra esfera teórica de igual tamanho, posicionada na parte central concêntrica às ditas duas grandes esferas teóricas; e

b) duas linhas transversais construídas tangentes aos lados opostos da dita menor esfera central e passando por um respectiva dos dois pontos de tangência que uma das ditas esféricas teóricas menores compartilha com as suas esferas vizinhas;

o dito ângulo de vértice cônico sendo determinado por um ângulo incluído, formado em um ponto de interseção pelas ditas linhas de interseção.

2. Acoplamento universal de acordo com a reivindicação 1, em que x é pelo menos 30.

3. Acoplamento universal de acordo com a reivindicação 1, em que o acoplamento universal é montado firmemente da parte posterior com a parte posterior a um segundo acoplamento universal, substancialmente idêntico ao dito acoplamento universal, para proporcionar uma extensão máxima contínua de movimento de 4x°, entre o dito primeiro ou segundo elemento e um terceiro elemento estendendo-se do dito segundo acoplamento universal.

4. Acoplamento universal de acordo com a reivindicação 1, em que a dita largura predeterminada das ditas extensões de face plana de cada dita face de dente varia de acordo com o dito ângulo máximo x°, as ditas extensões sendo formadas em cada lado de um centro de face de dente dos pontos tangentes iniciais, localizados x° da linha central do dito centro de face de dente e estendendo-se pelo menos a uma linha radial da dita parte central cilíndrica medindo 2x°, de modo que o comprimento de cada parte plana em cada lado do dito centro de face de dente se estende por um x° adicional, além do dito ponto de tangência de x°, e em que cada dita extensão de face plana se estende dos ditos pontos tangentes iniciais, paralelos à linha de movimento do centro radial da dita parte central cilíndrica, à medida que a dita segunda engrenagem se movimenta ao longo de um arco elíptico relativo à dita primeira engrenagem, quando os eixos das engrenagens estão interceptando-se no dito ângulo máximo x°.

5. Acoplamento universal de acordo com a reivindicação 1, em que a dita pluralidade de esferas menores individuais é doze em número, de modo que cada dita engrenagem tem seis dentes, e em que cada dita face de dente interna é cônica e formada dentro de um suporte similar a uma taça fixado em uma extremidade do dito primeiro elemento, e compreendendo ainda uma esfera de centralização dentro do dito suporte similar a uma taça, a dita esfera de centralização tendo um raio não superior à distância entre os ditos centros concêntricos das ditas grandes esferas de passo e o dito ponto de interseção.

6. Acoplamento universal de acordo com a reivindicação 1, em que há doze esferas menores individuais, de modo que cada dita engrenagem tem seis dentes, e em que o dito interno é uma esfera tendo o mesmo diâmetro que pelo menos a metade das ditas respectivas esferas menores individuais, e em que cada dito dente de esfera interno é suportado dentro de um suporte similar a uma taça, fixo em uma extremidade do dito primeiro elemento, de modo que a face de cada respectivo dente esférico se mantém centralizado sempre no plano do grande círculo da dita respectiva grande esfera da dita primeira engrenagem.

7. Acoplamento universal de acordo com a reivindicação 6, em que o dito suporte similar a uma taça compreende ainda um alojamento de núcleo tendo uma superfície esférica, em que o dito dente externo é montado em uma parte cubo fixável em uma extremidade do dito segundo elemento, e em que os pousos de topo dos ditos dentes externos são superfícies esféricas que se unem com a dita superfície esférica do alojamento de núcleo, para permitir o movimento angular em qualquer direção de 180° até o ângulo máximo predeterminado x°, e em que os ditos dentes internos e externos ficam em engrenagem simultaneamente em cada um dos ditos respectivos pontos de polo separados por 180°.

8. Acoplamento universal de acordo com a reivindicação 1, em que cada dito dente interno é formado dentro de um suporte similar a uma taça, fixo em uma extremidade do dito primeiro elemento, e em que o dito dente interno é formado individualmente e encaixado por pressão no dito suporte similar a uma taça.

9. Semieixo automotivo para interligar uma entrada rotativa com uma roda de acionamento, que é montado para movimentos angulares instantâneos relativos à dita entrada, o dito semieixo compreendendo:

- um par de acoplamentos universais substancialmente idênticos, cada acoplamento compreendendo um suporte similar a uma taça e um cubo acoplados por engate, de modo que o cubo seja livre para movimentar-se por um contínuo de orientações angulares de 0° a um ângulo máximo de x°, em todas as direções;

- dois pares de engrenagens esféricas, uma engrenagem de cada par tendo dentes internos que são montados dentro de cada suporte similar a uma taça, e a outra engrenagem de cada par tendo dentes externos que são fixos em cada cubo;

- o cubo de cada acoplamento sendo conectado por rotação com, respectivamente, uma respectiva extremidade do dito semieixo;

- o suporte similar a uma taça de um acoplamento sendo conectável à entrada rotativa, e o suporte similar a uma taça do outro acoplamento sendo conectável à roda de acionamento; e

- um mecanismo deslizante tendo elementos móveis relativos entre si, para compensar as diferentes distâncias entre a roda de acionamento e a entrada rotativa, devido ao movimento relativo da roda de acionamento.

10. Semieixo de acordo com a reivindicação 9, em que o mecanismo deslizante compreende um primeiro elemento tendo pelo menos um rolete e um segundo elemento tendo um trilho, para receber por engate o rolete, em que o movimento do rolete ao longo do trilho varia o comprimento total do mecanismo, para compensar o movimento relativo da roda de acionamento.

11. Semieixo de acordo com a reivindicação 9, em que um dos elementos do mecanismo deslizante é fixado no cubo de um dos acoplamentos.

12. Semieixo de acordo com a reivindicação 9, em que o mecanismo deslizante é incorporado dentro de um dos ditos acoplamentos, compreendendo um par de engrenagens esféricas tendo esferas para os dentes internos, as esferas sendo recebidas dentro de um alojamento de núcleo esférico, montado deslizantemente para movimento axial dentro de um suporte similar a uma taça estendido axialmente, para compensar as diferentes distâncias entre a roda de acionamento e a entrada rotativa.

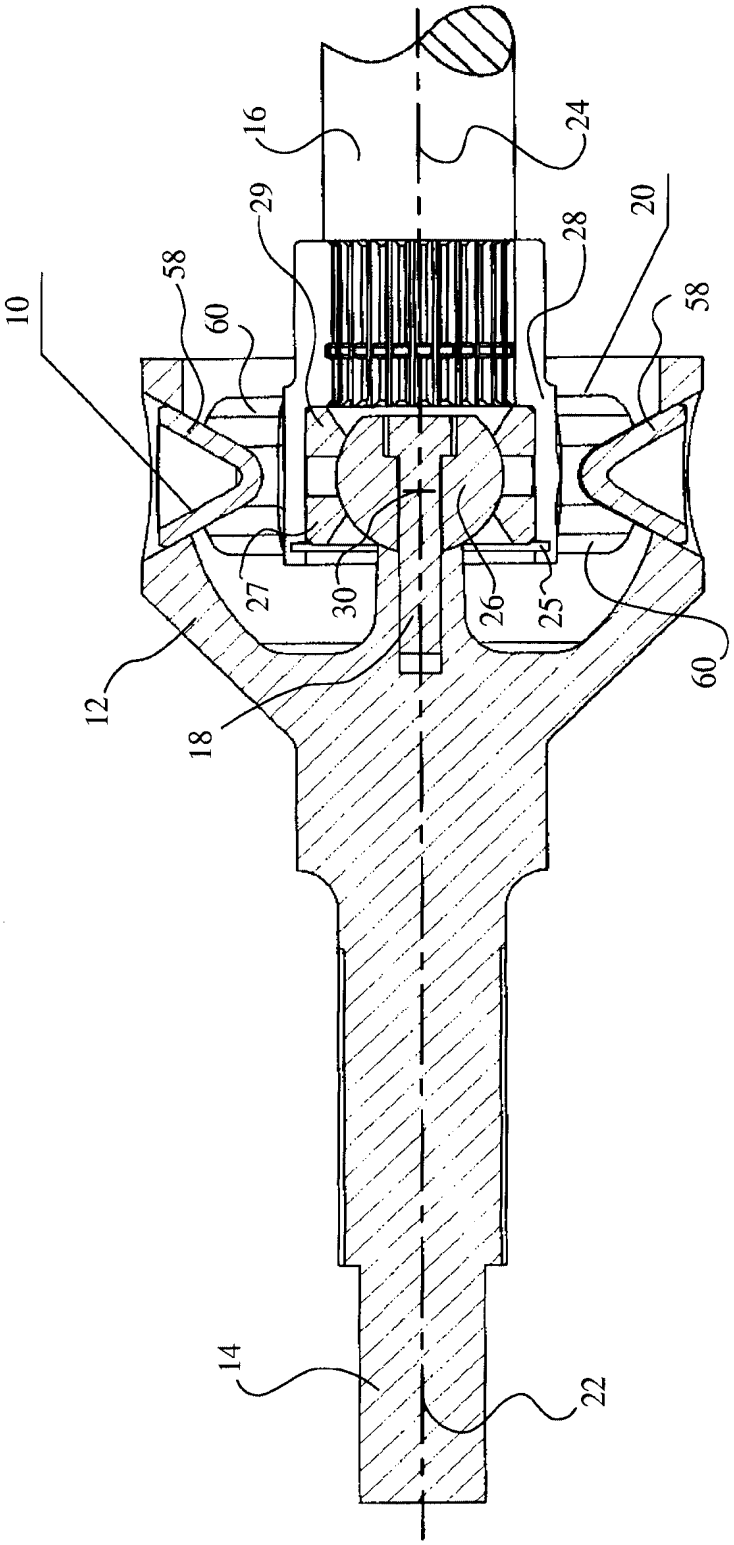


Fig. 1

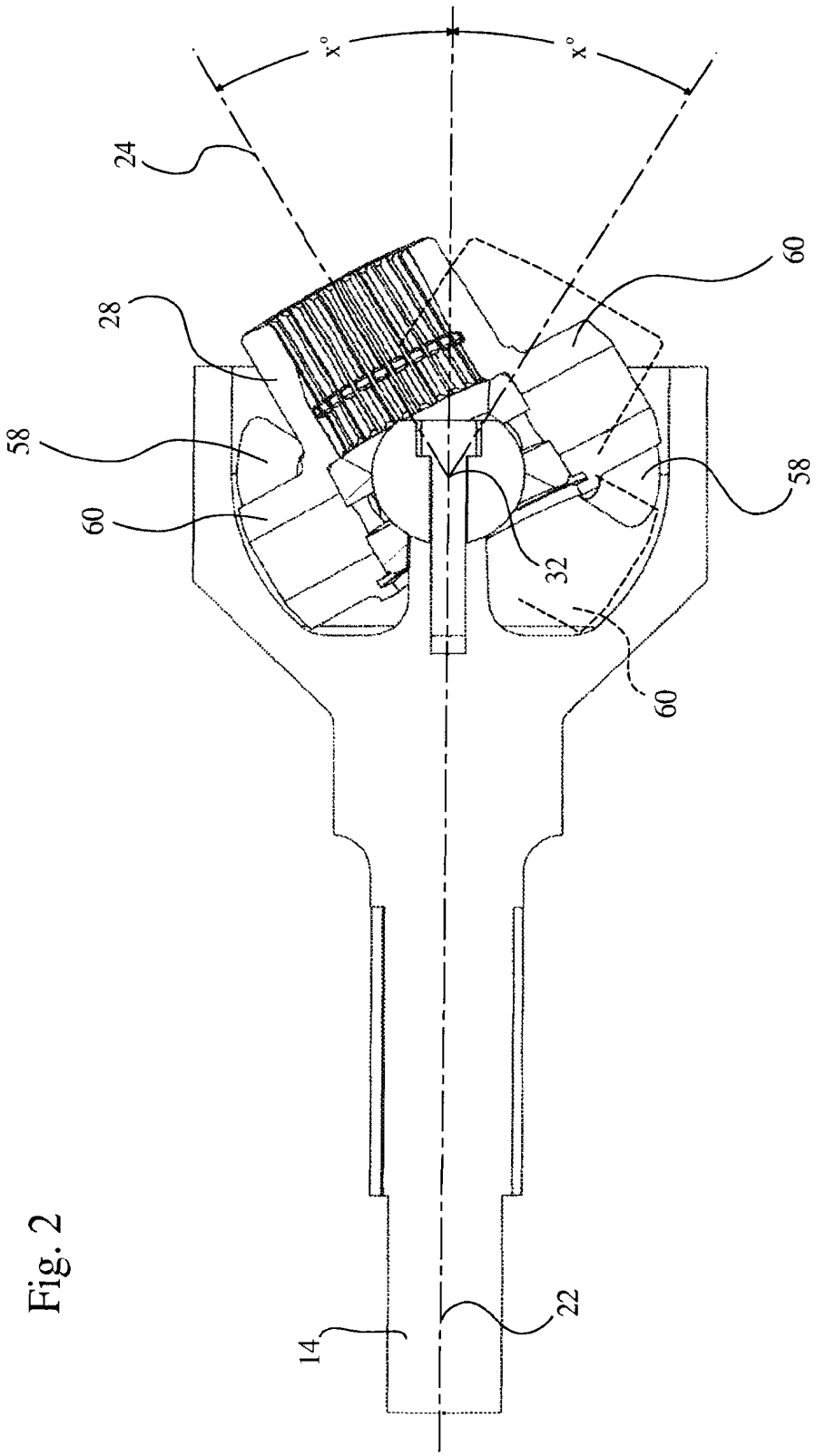


Fig. 2

Fig. 3A

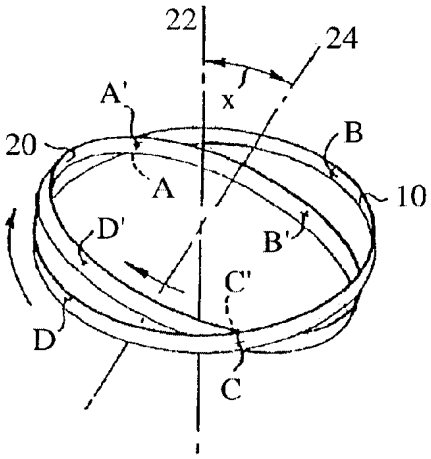


Fig. 3B

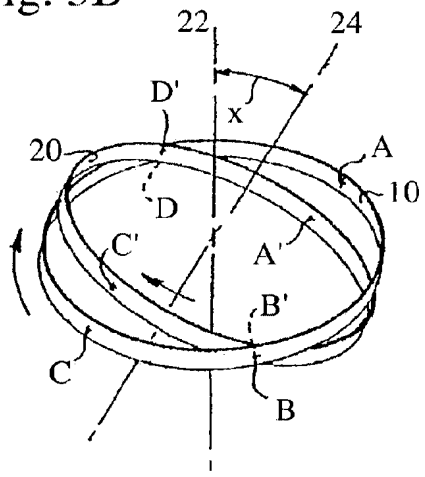


Fig. 3C

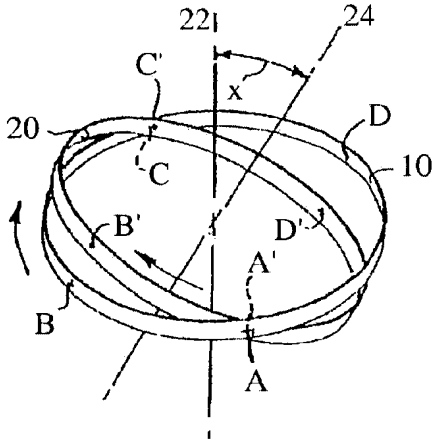


Fig. 4

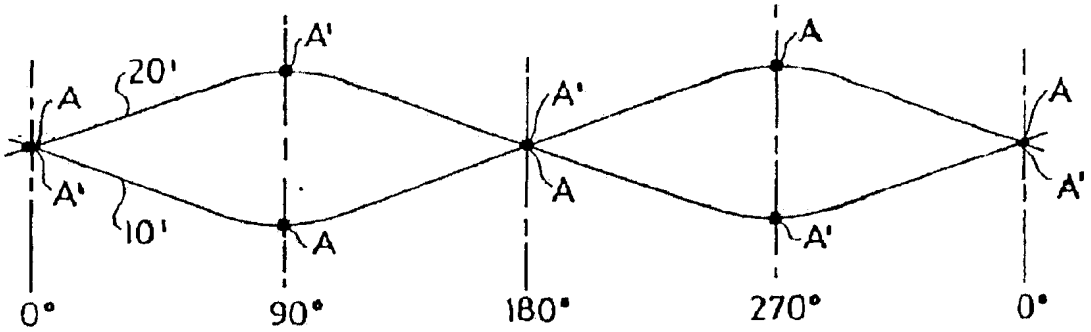


Fig. 5A

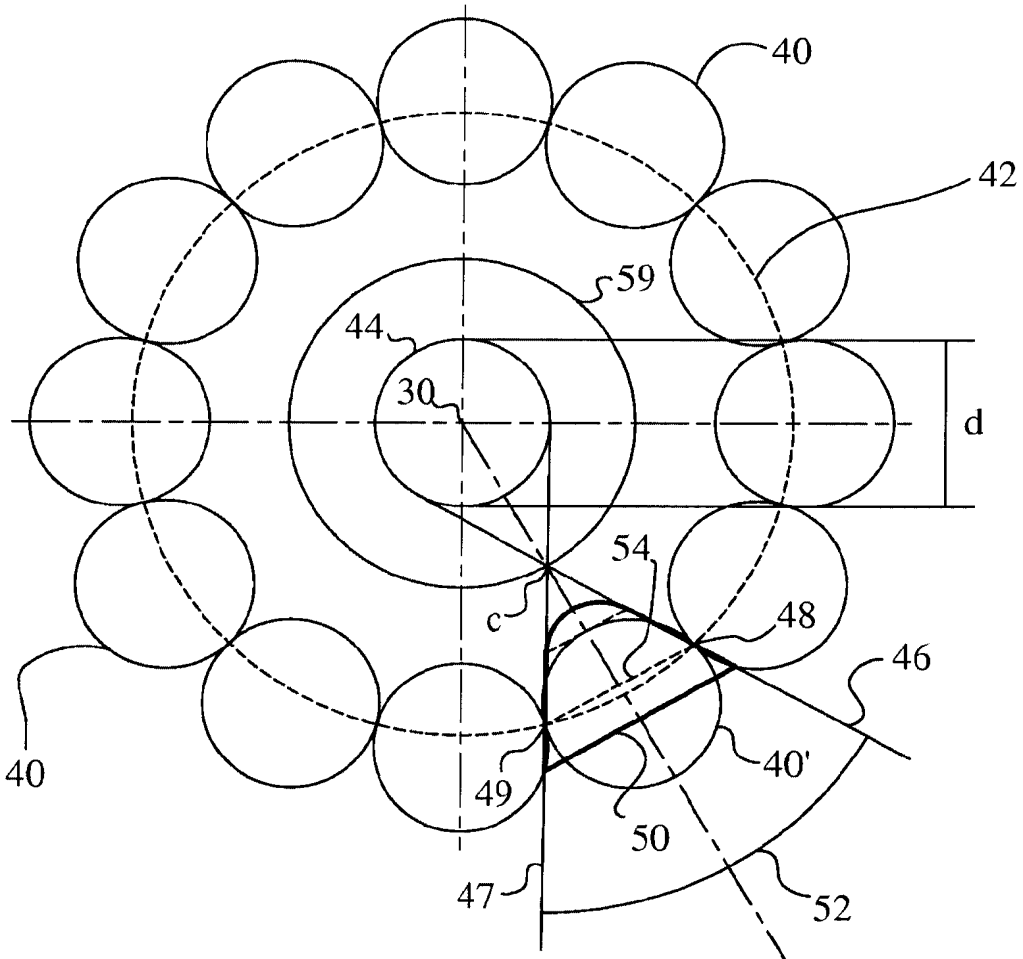


Fig. 5B

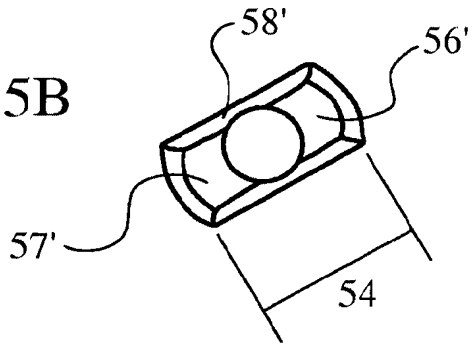


Fig. 5C

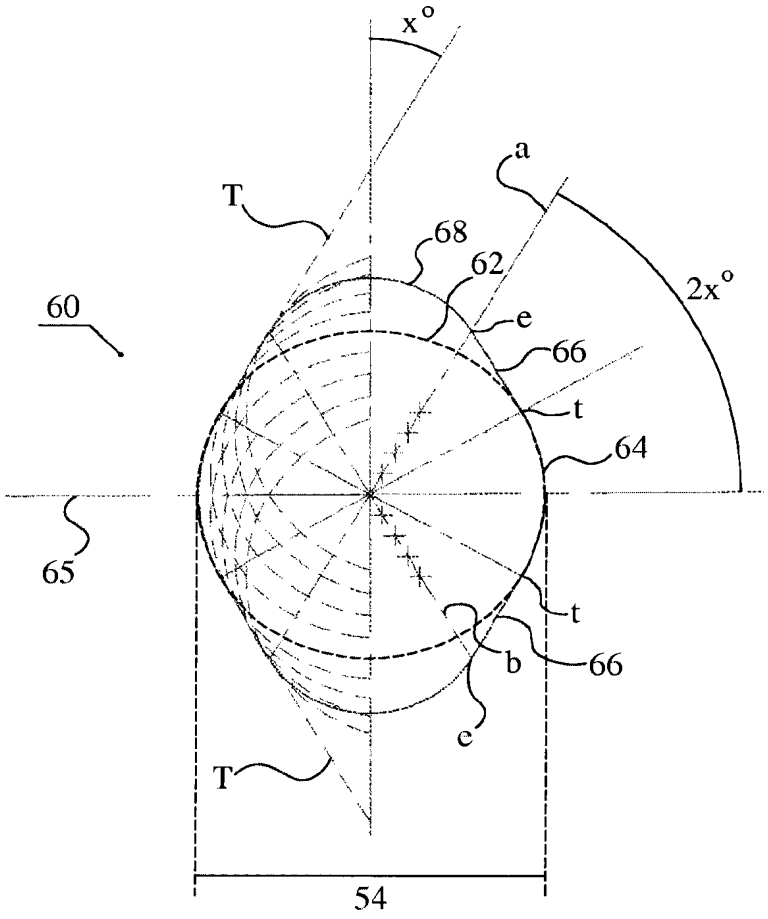


Fig. 5D

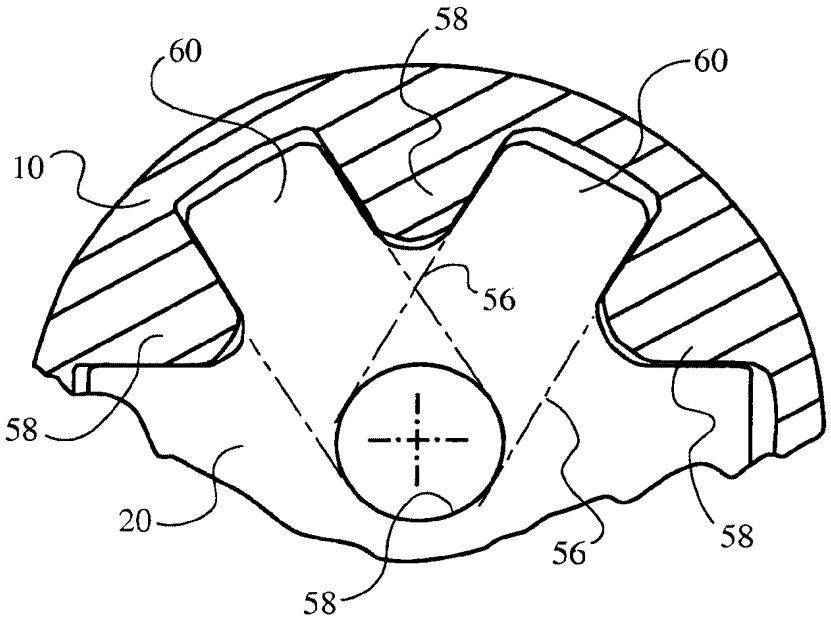


Fig. 6A

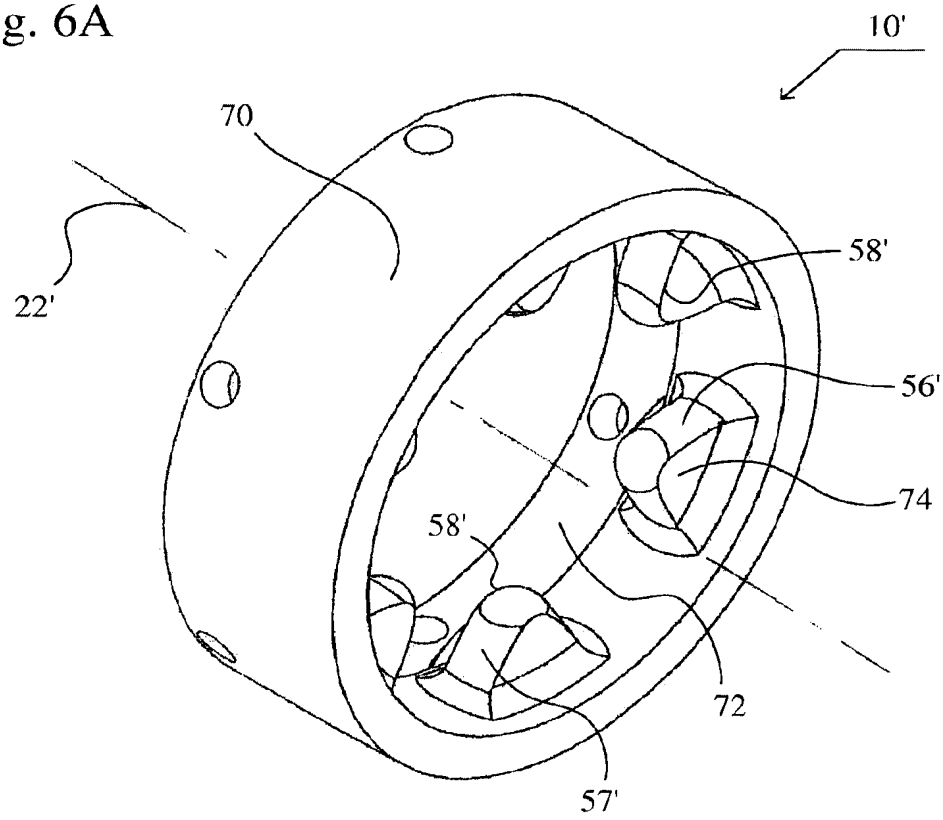
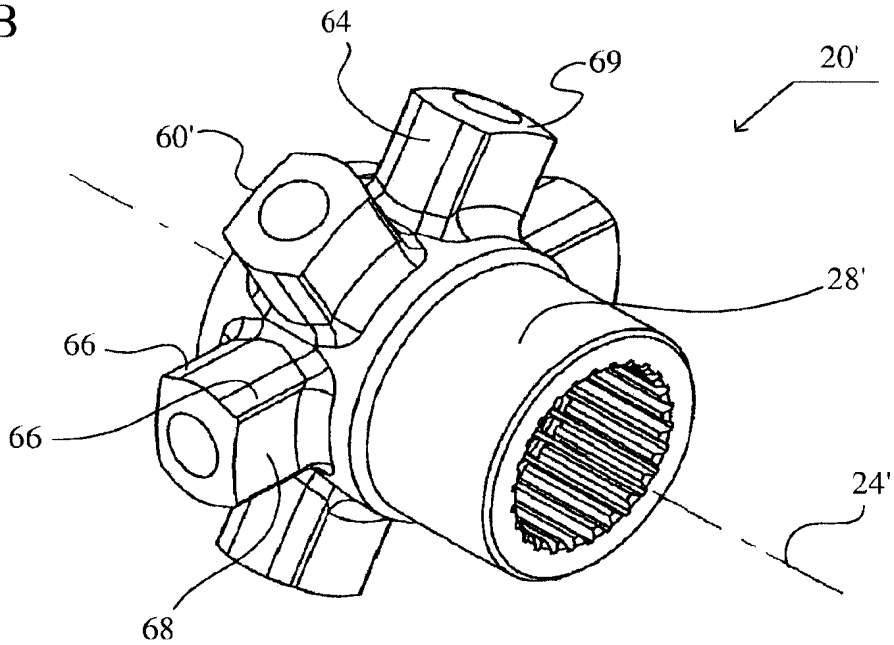


Fig. 6B



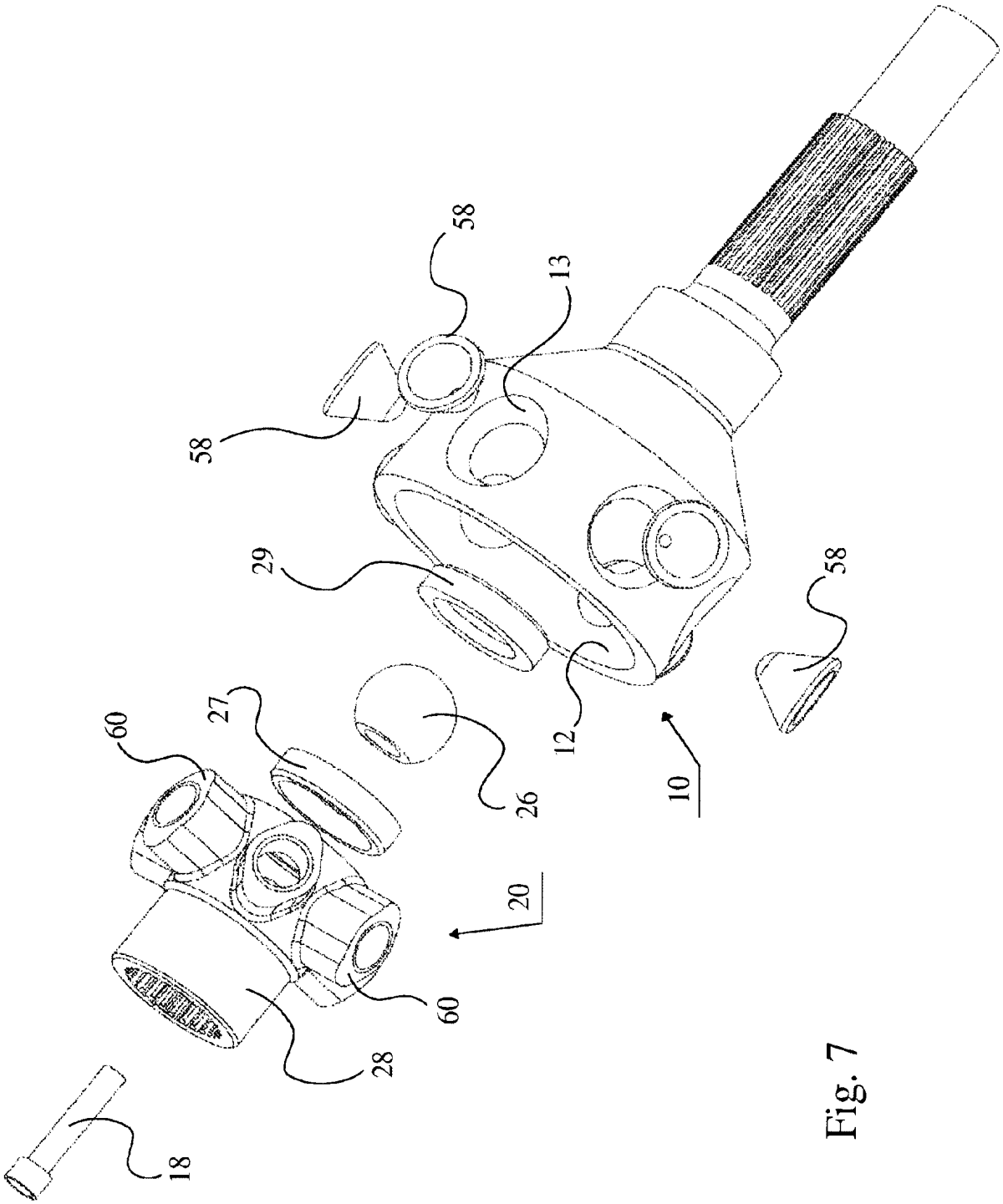


Fig. 7

Fig. 8

	-30°	-18°	-12°	-6°	0°	6°	12°	18°	30°
I									
E									

Fig. 15

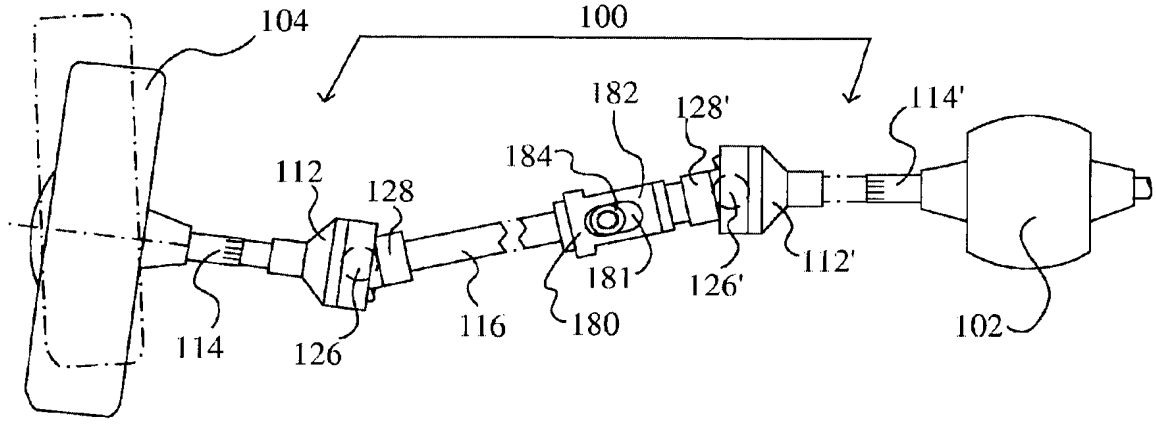


Fig. 9A

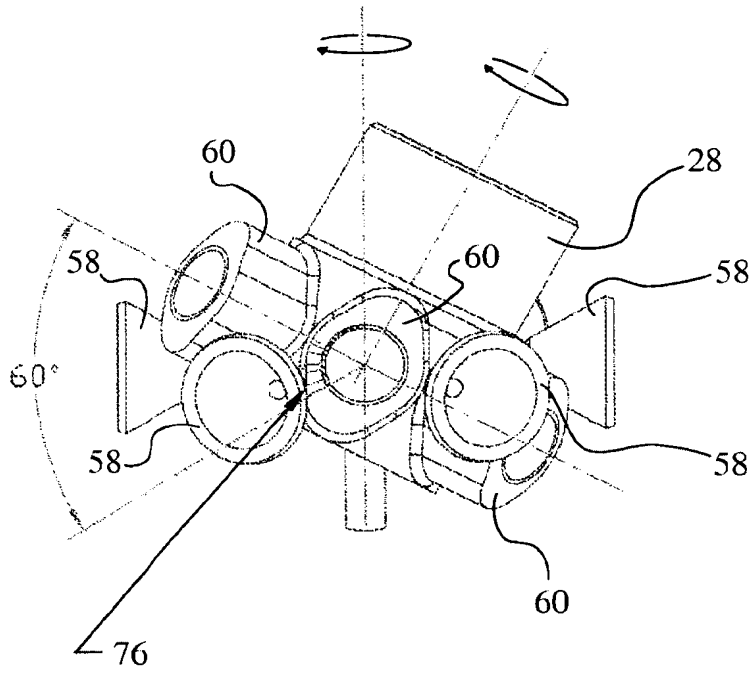


Fig. 9B

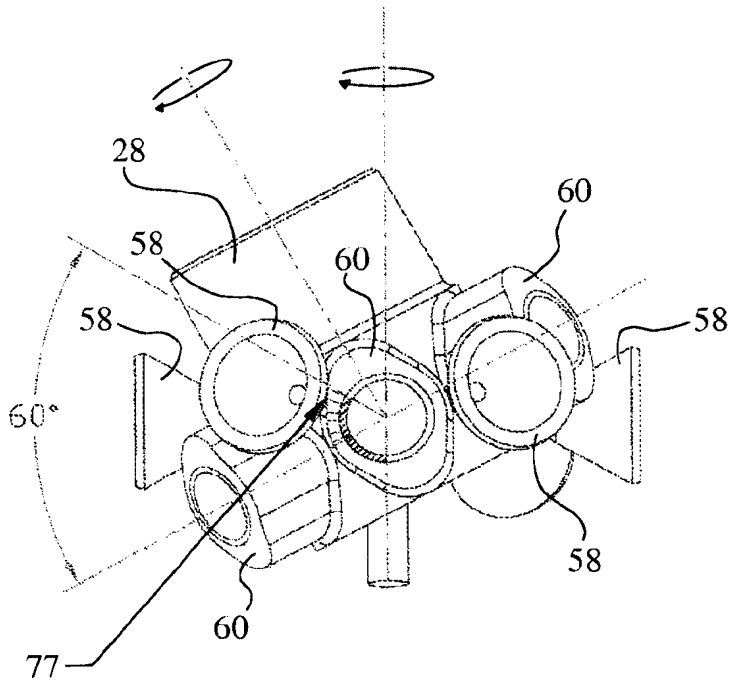


Fig. 10A

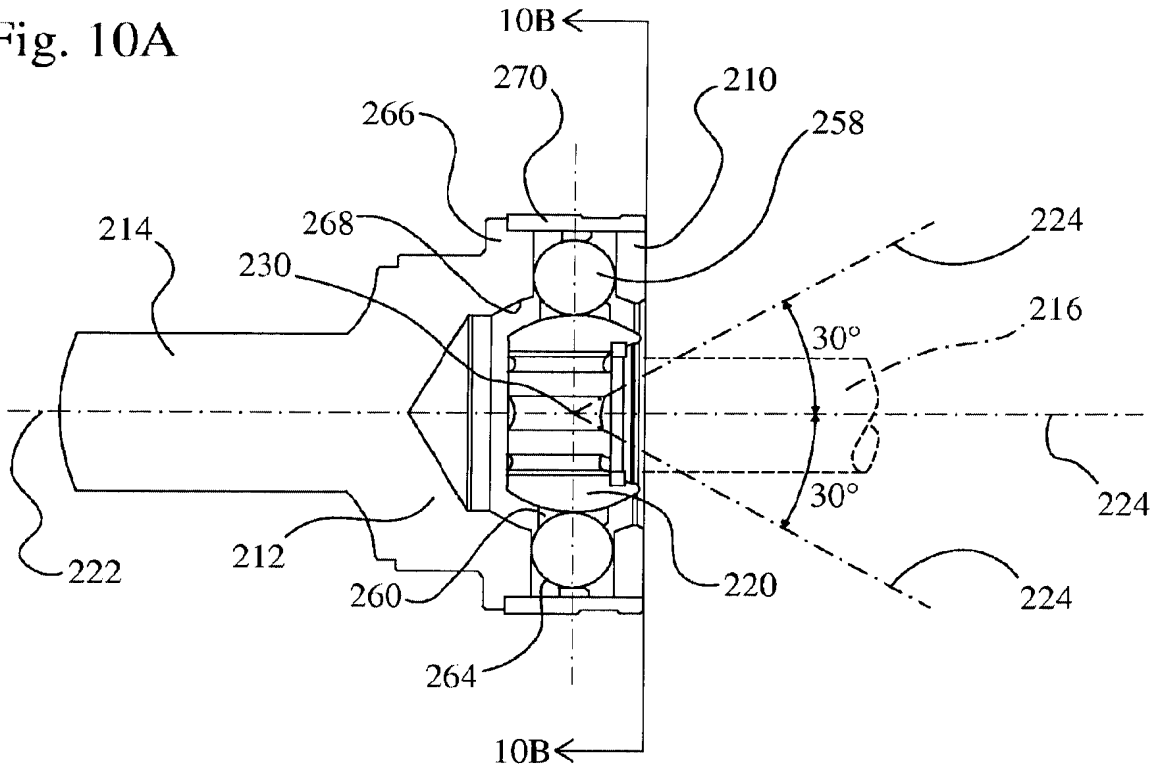


Fig. 10B

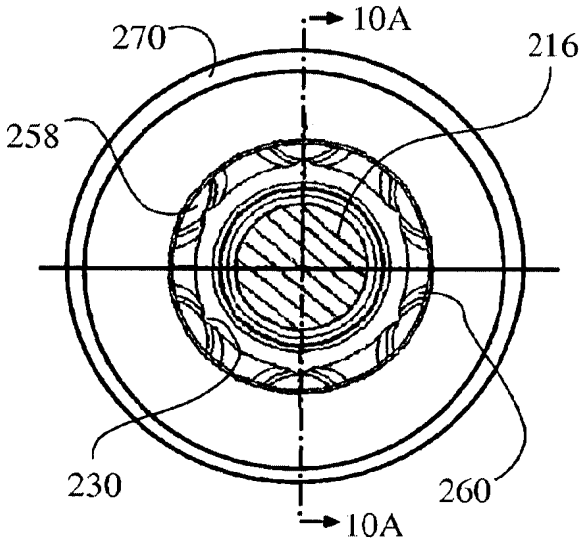
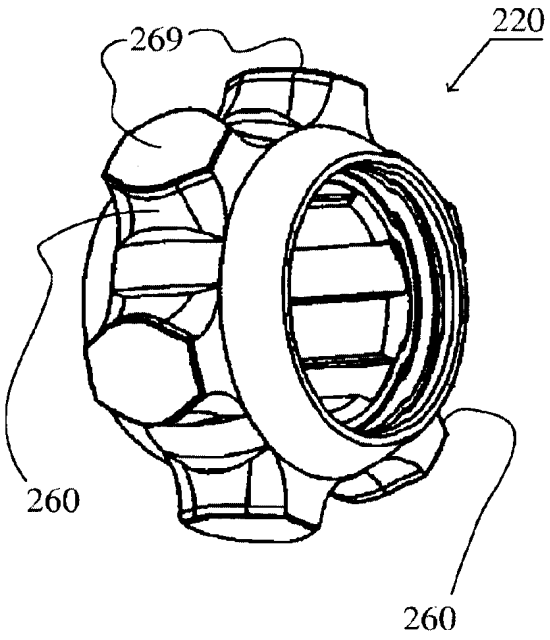


Fig. 10C



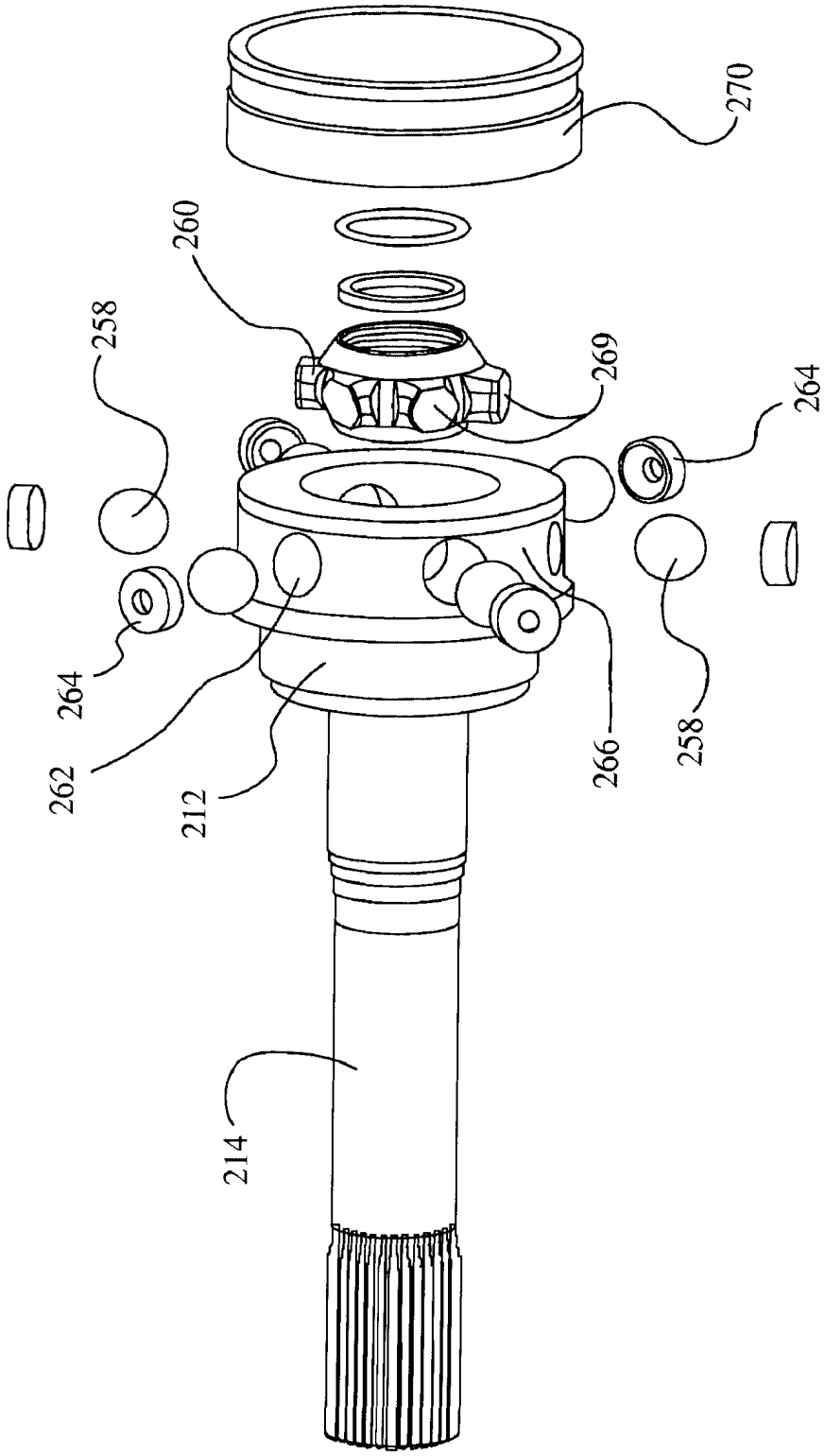


Fig. 11

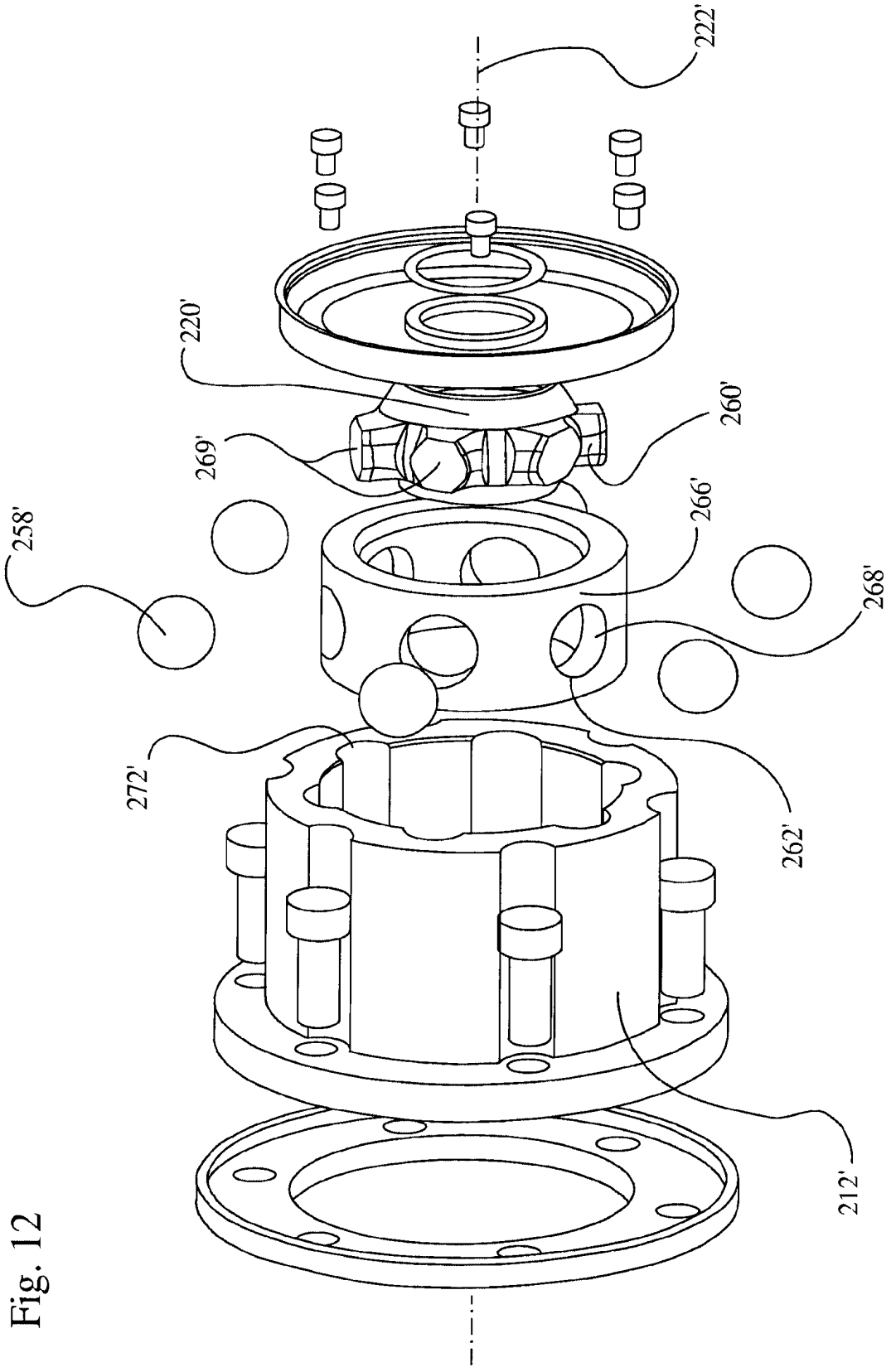


Fig. 12

Fig. 13A

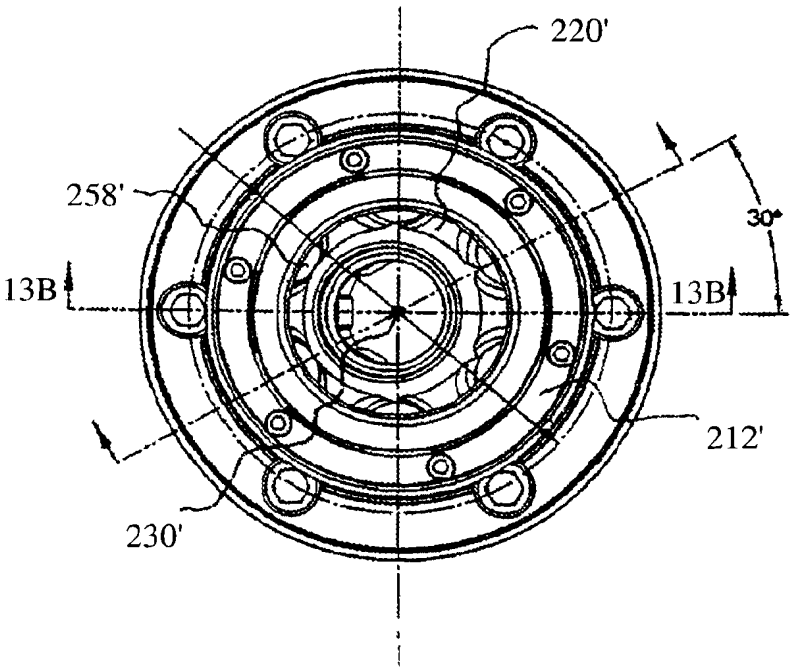
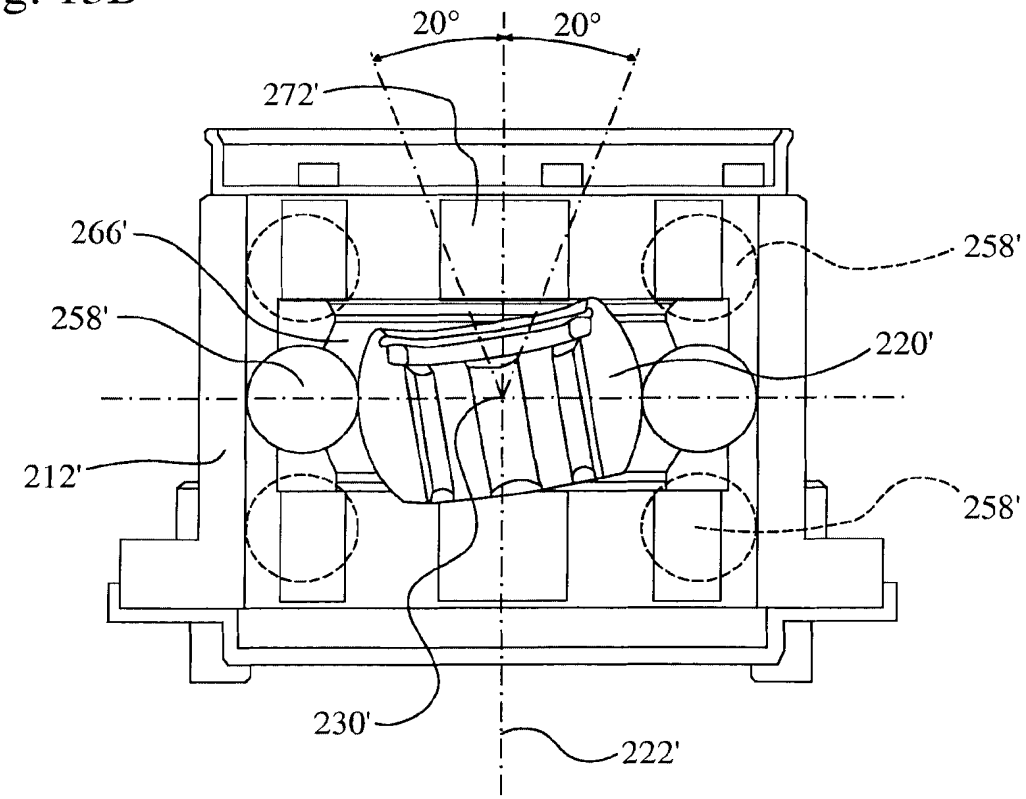


Fig. 13B



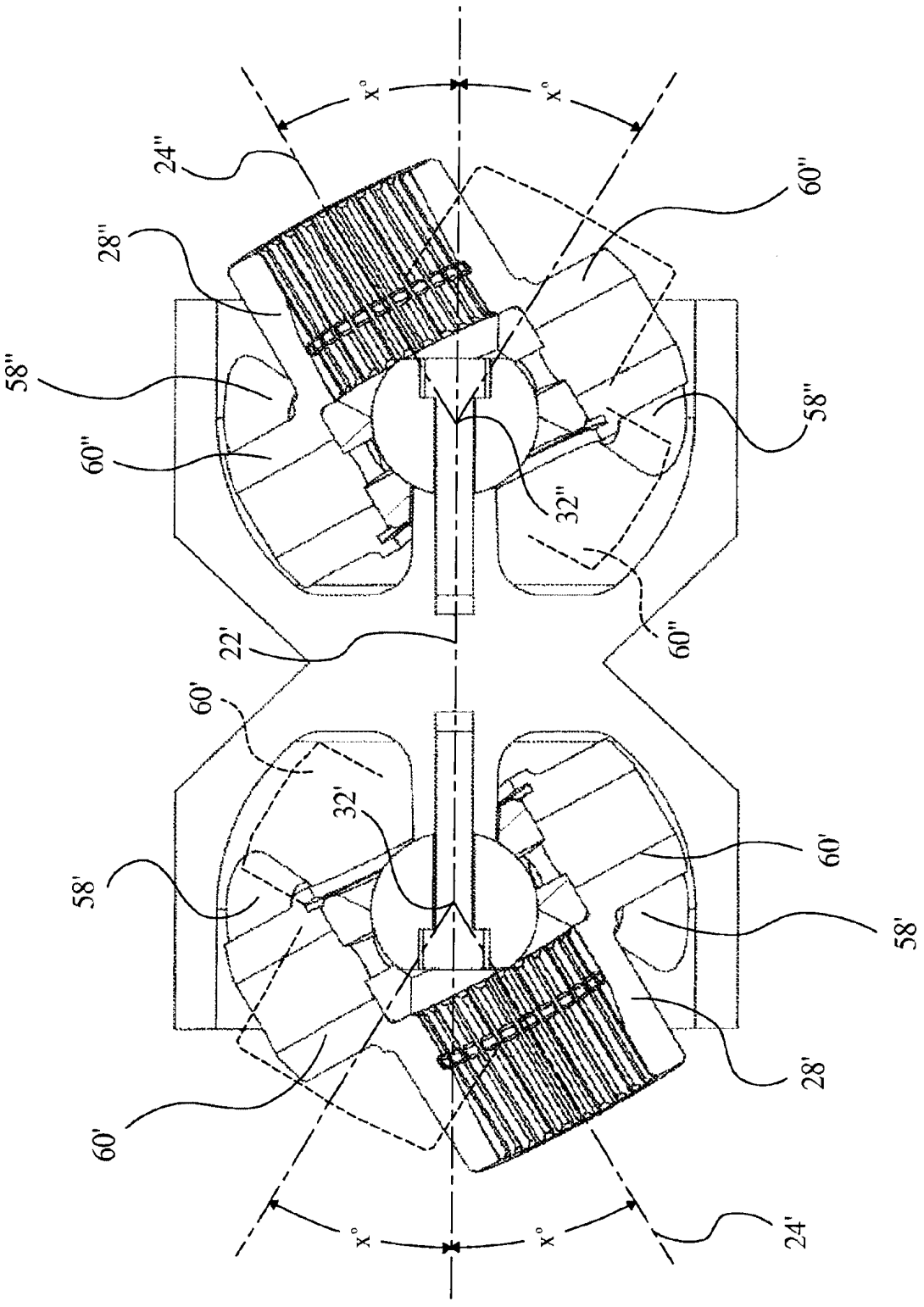


Fig. 14

Fig. 16A

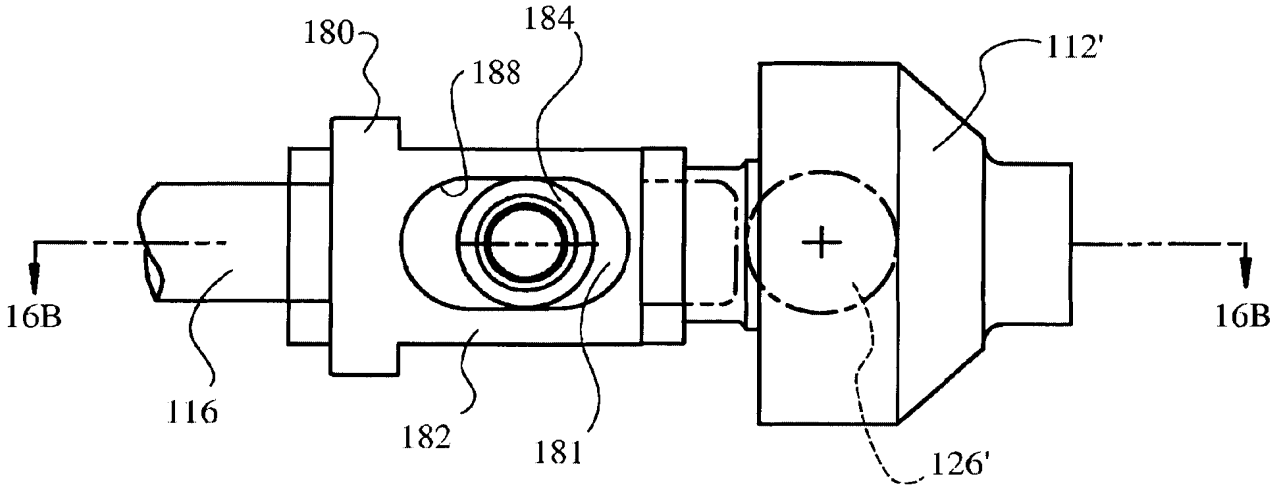
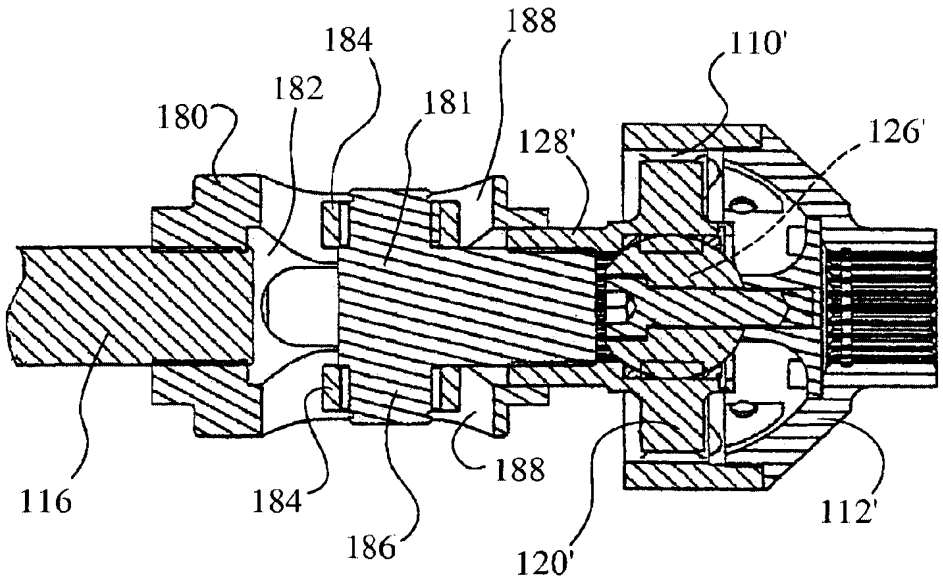


Fig. 16B



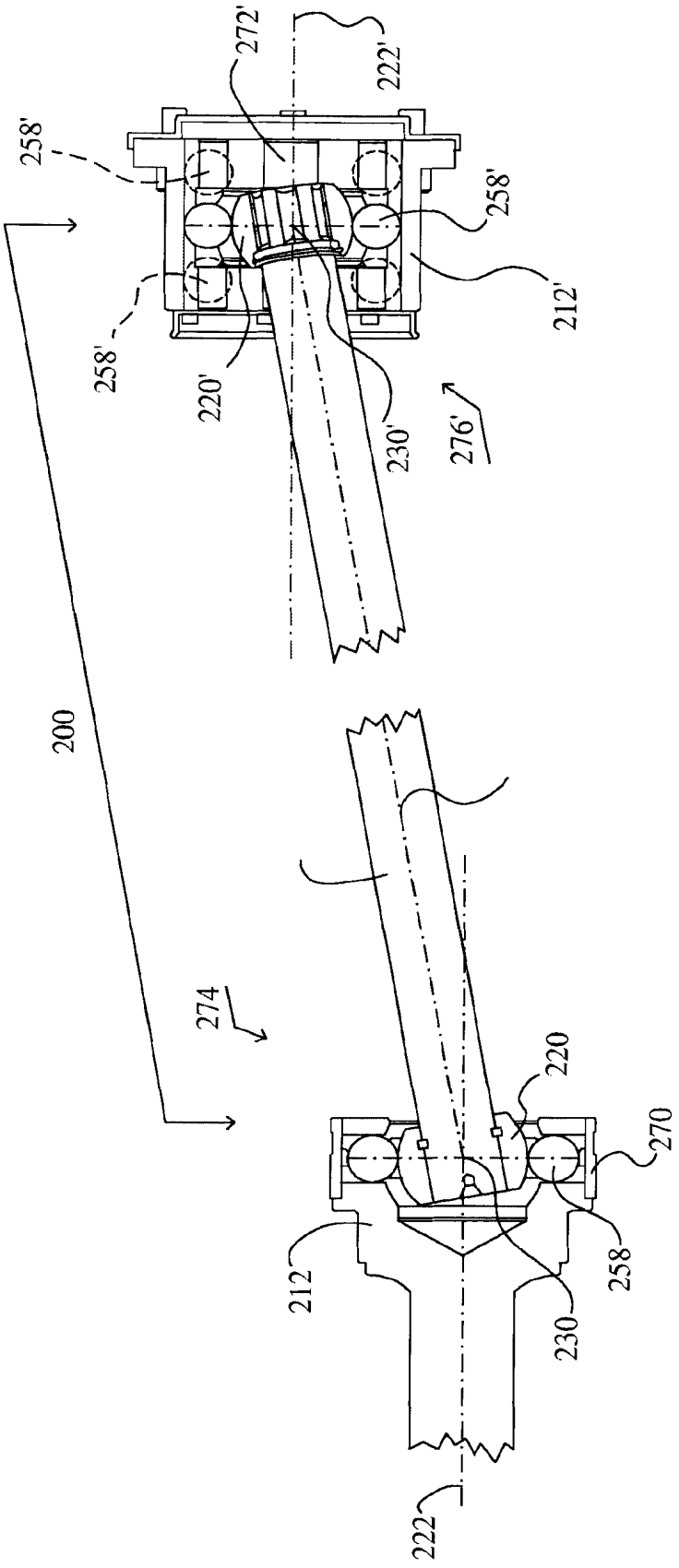

272'
222'
258'
258'
212'
258'
220'
230'
276'
200
274
220
270
212
258
230
222

Fig. 17

RESUMO

Patente de Invenção: **"ACOPLAMENTO UNIVERSAL ESFÉRICO".**

A presente invenção refere-se a um par de engrenagens esféricas conecta os eixos de interseção de uma junta CV. Uma engrenagem tem dentes internos, e a outra tem dentes externos. O desenho da engrenagem é baseado em círculos de passo, que são grandes círculos em esferas de passo teóricas, que são concêntricas e têm raios idênticos. Os dentes internos são de forma cônica ou esférica, enquanto que as faces de dente externo são cilíndricas com extensões planas tangenciais. As engrenagens esféricas são mostradas nos semieixos. As concretizações preferidas têm seis dentes em cada engrenagem, e uma concretização preferida usa também esferas para os dentes internos. As engrenagens, enquanto girando a altas velocidades sob carga, podem interceptar-se por uma extensão máxima contínua igual ou superior a 60° em qualquer direção.