



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

(21) BR 102015006383-0 A2

(22) Data do Depósito: 23/03/2015

(43) Data da Publicação: 27/09/2016



(54) Título: GERADORA DE ESFERAS DE CERÂMICAS

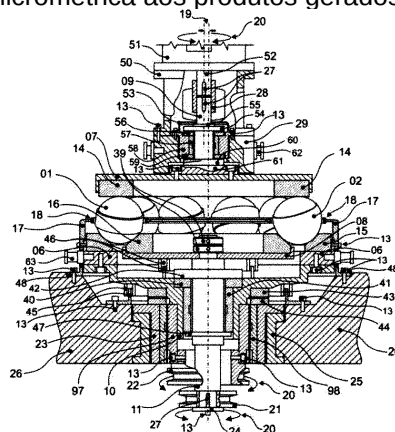
(51) Int. Cl.: B24B 37/025; B24B 11/08; B24B 29/04; B24B 41/06

(73) Titular(es): UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

(72) Inventor(es): BENEDITO DE MORAES PURQUERIO, CARLOS ALBERTO FORTULAN

(74) Procurador(es): MARIA APARECIDA DE SOUZA

(57) Resumo: GERADORA DE ESFERAS DE CERÂMICAS. A presente invenção se refere a uma máquina geradora de esferas de cerâmicas que realiza as quatro fases de usinagem esférica de cerâmicas de alumina, zircônia e compósitos desses materiais cerâmicos na produção de esferas e acetábulo para próteses cirúrgicas de recapeamento de quadril em materiais não metálicos e materiais cerâmicos em geral, e em particular, para a geração, retificação, lapidação e polimento de esferas de cerâmicas técnicas para artroplastias de articulações sinoviais esféricas de ossos longos - fêmures e úmeros. A geradora de esferas cerâmicas apresenta um elevado grau de amortecimento interno devido às suas estruturas de granito sintético que absorvem as vibrações internas usuais dos processos de usinagem de cerâmicas, proporcionando qualidade e precisão submicrométrica aos produtos gerados.



GERADORA DE ESFERAS DE CERÂMICASCAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção se insere no campo de aplicação da engenharia, mecânica, mais especificamente, de máquinas e equipamentos para a usinagem esférica de materiais cerâmicos em geral, uma vez que se refere a uma geradora de esferas de cerâmicas para a geração, retificação, lapidação e polimento de esferas de cerâmicas técnicas, preferencialmente, para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais esféricas de ossos longos.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] A fabricação de esferas cerâmicas é baseada na fabricação de esferas metálicas e se utiliza da usinagem entre rebolos. As alternativas mais empregadas são entre rebolos concêntricos com e sem canais, alguns canais em "V" outros em hemiesferas. Em alguns projetos, as esferas têm uma posição de entrada e após certo percurso uma saída em processo contínuo. Em geral é feita por uma sequência de máquinas nas operações de desbaste, retificação, lapidação e polimento.

[003] A presente invenção é baseada em uma única máquina composta por três rebolos sendo um de corte e dois de arraste. Todo ciclo de usinagem é feito em apenas uma máquina, por batelada, com troca apenas dos rebolos de corte. Os rebolos de arraste são concêntricos entre si e excêntricos ao rebole de corte o que aumenta a superfície de corte do rebole, ainda, os rebolos de arraste têm velocidades e direções variáveis e programáveis na busca de

aumentar o efeito randômico da usinagem o que confere menor desvio de esfericidade das esferas.

ESTADO DA TÉCNICA

[004] O documento "Conformação e usinagem de esferas de cerâmica de alumina" refere-se a uma metodologia para a usinagem de esferas de cerâmica de alumina. Neste referido trabalho uma única hiperesfera prensada, com furo, é fixada (pelo seu furo) a um eixo que gira sobre seu centro; um rebolo fixado em uma pinça gira sobre o próprio eixo e roda em um eixo transversal ao centro geométrico da esfera geratriz de hiperesfera mantendo uma distância deste centro (raio de usinagem da hiperesfera) sendo então removido material da hiperesfera fixada. Todos os movimentos de usinagem são determinados. Já na presente invenção é feita a usinagem de várias esferas simultaneamente (e não uma única hiperesfera), que ficam apoiadas (não fixas) sobre dois rebolos de arrastes que giram em sentidos e velocidades diferentes e variáveis, que estão excêntricos relativamente a um superior rebolo plano de usinagem e assim tem-se o desenvolvimento de uma cinemática aleatória de giro. Portanto, tal documento não entra em conflito com a presente invenção.

[005] Um método de fabricação de esferas cerâmicas é descrito no documento CN 102528641. As esferas são apoiadas em um sulco em "V" tendo no fundo material abrasivo, sendo um processo característico de lapidação somente. O projeto anular deste dispositivo em uma única peça restringe a rotação e translação das esferas, prejudicando a aleatoriedade da usinagem. Tem ainda a concentricidade dos eixos inferior e superior. Na presente

invenção, o projeto enfoca a usinagem em verde, retificação, lapidação e polimento, sequenciais e não altera a cinemática com nenhuma restrição de giro nas esferas relativamente aos seus movimentos aleatórios de rotação e translação.

[006] O documento CN 101579840 refere-se a um método de usinagem para fabricar esferas cerâmicas de alta precisão e um dispositivo de simples estrutura para o processamento do método. Tal documento não entra em conflito com a presente invenção, pois apesar da semelhança esquemática apresentada, ela tem conceitos de usinagem bastante diferentes, pois trata de usinagem nas operações e de retificação e polimento somente, contrariamente à presente invenção que realiza as quatro operações de usinagem de esferas de cerâmicas (usinagem em verde, retificação, lapidação e polimento). Também utiliza eixos concêntricos com três rebolos de usinagem; enquanto que a presente invenção utiliza eixos excêntricos com apenas um rebole de usinagem (o superior) sendo os inferiores de arraste (superfícies de atrito não abrasiva), contrário ao princípio inventivo proposto.

OBJETIVO E VANTAGENS DA INVENÇÃO

[007] A presente invenção refere-se a uma geradora de esferas de cerâmicas desenvolvida para a produção seriada e em massa de esferas de materiais cerâmicos técnicos (alumina, zircônia, compósitos cerâmicos e similares) para aplicações em geral como mancais de elementos rolantes, instrumentos (*two ball bar*) de calibração de máquinas e medir a três coordenadas, esferas padrão de medidores de circularidade e, principalmente,

esferas e acetábulos para próteses cirúrgicas de artroplastia de quadril, em particular as de recapeamento. As esferas e acetábulos para próteses cirúrgicas de artroplastia de recapeamento de quadril produzidas nesta geradora de esferas podem atender cirurgias de artroplastia de articulações sinoviais em geral e, em particular, as de recapeamento de extremidades esferoides ou condilares de ossos em cirurgias de quadril ou ombro de jovens, adultos e idosos, bem como na artroplastia de quadril de animais de qualquer porte. A geradora de esferas de cerâmicas pode produzir esferas cerâmicas em tamanhos variados para atender os diversos padrões de próteses de recapeamento de extremidades ósseas humanas, bem como de animais, para sanar moléstias da articulação sinovial esferoide de ossos longos. Esta solução para a produção seriada de esferas e acetábulos cerâmicos de dimensões variadas, certamente eliminará definitivamente as situações negativas oferecidas pelas atuais próteses metálicas similares encontradas hoje no mercado, particularmente as relativas à resposta imunológica de inúmeros indivíduos candidatos à artroplastia de quadril, em âmbito nacional e mundial.

[008] A geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de articulações sinoviais desta invenção é uma alternativa para a produção de esferas e acetábulos, de qualquer dimensão, em materiais cerâmicos para artroplastia de recapeamento de quadril de humanos e de animais; tais produtos em materiais não metálicos são ideais para serem implantados em organismos vivos que tenham problemas de alergia de metais, considerando que estes promovem considerável aumento no nível de íons metálicos no sangue e

também reações adversas em pacientes com alergia por materiais metálicos em geral.

[009] A geradora de esferas de cerâmicas da presente invenção foi desenvolvida para: solucionar os constantes e inerentes problemas relacionados com a produção seriada de esferas cerâmicas de precisão com qualidade e eficiência; apresentar solução adequada para equipamento de pequeno porte para essa finalidade, com características especiais de precisão submicrométrica para a usinagem de cerâmicas de alumina, zircônia e compósitos desses materiais cerâmicos na produção de esferas e acetábulos para próteses cirúrgicas de recapeamento de quadril em materiais não metálicos; eliminar os problemas residuais inerentes à conformação de esferas cerâmicas por prensagem isostática ou prensagem axial, visto que a baixa resistência mecânica apresentada, normalmente abaixo de 2,0 MPa, que tornam esse tipo de usinagem extremamente delicado em função da quantidade de material a ser removida que deve ser mínima a fim de não danificar mecanicamente o componente; eliminar os problemas inerentes à usinagem após a sinterização da cerâmica, onde a dureza associada à fragilidade do material cerâmico, dificulta a remoção de material introduzindo sérios defeitos bem como a indução de tensão residual na superfície das peças usinadas com o consequente comprometimento da resistência mecânica do componente usinado.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[010] A presente invenção se refere a uma geradora de esferas de cerâmicas para uso geral e, preferencialmente, para esferas e acetábulos em próteses

cirúrgicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais esféricas de ossos longos que realiza as operações sequenciais de usinagem de retificação em verde, retificação após a sinterização, a lapidação e o polimento de cerâmicas de alumina, zircônia e de seus compósitos. Para garantir a precisão de usinagem ela dispõe de estrutura de alta rigidez e alto amortecimento interno e dispõe de uma estrutura base acompanhada de quatro unidades independentes para as quatro etapas de usinagem das esferas cerâmicas: retificação em verde, retificação após a sinterização, lapidação e polimento. Cada unidade de usinagem pode receber um número variado de esferas cerâmicas e podem ser sequencialmente acopláveis à estrutura base para satisfazer a cada etapa de usinagem ou geração das esferas cerâmicas. A produção seriada em massa de esferas de cerâmicas técnicas tem precisão submicrométrica com desvios de esfericidade menores que 0,5 μm e rugosidade superficial Ra inferior a 0,05 μm .

[011] A geradora de esferas de cerâmicas pode produzir em série, um número variado de esferas cerâmicas de duas maneiras: utilizando uma única máquina com quatro unidades sequenciais de usinagem ou quatro máquinas cada uma com a sua unidade específica (retificação em verde ou retificação após sinterização ou lapidação ou polimento) de usinagem das esferas cerâmicas. As quatro unidades de usinagem podem receber, cada uma em cada vez, um número definido de esferas cerâmicas, que pode ser variado com dimensões de diâmetro entre 6,0mm a 76,00mm e dimensões de base e altura que não ultrapassem 400,0 e 350,0 milímetros, respectivamente, lhe atribuindo a característica de

minimáquina de geração de esferas cerâmicas, pleiteada como privilégio de invenção. Esse número de esferas cerâmicas que os dispositivos de usinagem podem usar simultaneamente depende, portanto, do diâmetro das esferas sendo usinadas, que são separadas pela gaiola separadora de esferas, também projetada em função dos diâmetros das esferas cerâmicas. Para cada diâmetro de esfera usinado em qualquer das etapas, são utilizados rebolos de cortes, rebolos arrastadores, gaiolas separadoras e suportes com dimensões e especificações correspondentes aos diâmetros das esferas e às etapas de usinagem, ou seja, a retificação em verde ou retificação após sinterização ou lapidação ou polimento, cujo número de esferas produzidas pode atingir até 120 esferas cerâmicas de cada vez, em função de seu diâmetro.

[012] Para garantir a qualidade dos produtos produzidos pela geradora de esferas de cerâmicas, ela foi projetada com características estruturais de alta precisão para máquina ferramenta e utiliza mancais especiais para não permitir a ocorrência de vibrações durante o processo de usinagem que dificultam a obtenção de produtos com boa qualidade superficial, dimensional e de forma. A geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais desta proposta garante a usinagem de componentes cerâmicos esféricos com precisão submicrométrica, antes e após a sua sinterização, pois são investigadas intensamente todas as fases do projeto, particularmente as relativas aos elementos estruturais da máquina, os materiais utilizados na sua fabricação, os mancais especiais empregados e os sistemas de acionamento

dos eixos, que garantem a precisão submicrométrica do produto obtido.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[013] A figura 1A mostra uma representação em perspectiva de uma esfera de cerâmica prensada uniaxialmente em prensa biaxial.

[014] A figura 1B mostra uma representação em perspectiva de uma esfera de cerâmica prensada isostaticamente em prensa isostática de alta pressão.

[015] A figura 2 mostra um esquema do princípio de usinagem de esferas cerâmicas prensadas de forma axial e/ou isostaticamente entre rebolos e arrastadores concêntricos e/ou excêntricos girando no mesmo sentido e/ou em sentidos contrários.

[016] A figura 3A mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de retificação em verde das esferas cerâmicas.

[017] A figura 3B mostra uma representação da vista superior da gaiola separadora com esferas cerâmicas prensadas de forma axial e/ou isostaticamente em processo de usinagem em verde.

[018] A figura 4A mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de retificação após a sinterização das esferas cerâmicas.

[019] A figura 4B mostra uma representação da vista superior da gaiola separadora com esferas cerâmicas em processo de usinagem após a sinterização.

[020] A figura 5A mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de lapidação das esferas cerâmicas.

[021] A figura 5B mostra uma representação da vista superior da gaiola separadora com esferas cerâmicas em processo de lapidação.

[022] A figura 6A mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de polimento das esferas cerâmicas.

[023] A figura 6B mostra uma representação da vista superior da gaiola separadora com esferas cerâmicas em processo de polimento.

[024] A figura 7 mostra uma representação da vista lateral da geradora de esferas cerâmicas com a sua unidade de usinagem em verde em operação.

[025] A figura 8 mostra uma representação da vista lateral da geradora de esferas cerâmicas com a sua unidade de usinagem em verde fora de operação para colocação e retirada de esferas durante esse processo de usinagem.

[026] A figura 9 mostra uma representação da vista lateral da geradora de esferas cerâmicas com a sua unidade de usinagem após a retificação em operação.

[027] A figura 10 mostra uma representação da vista frontal da geradora de esferas cerâmicas com a sua unidade de usinagem após a sinterização fora de operação para colocação e retirada de esferas durante esse processo de usinagem.

[028] A figura 11 mostra uma representação da vista superior da geradora de esferas cerâmicas com a sua unidade de usinagem após a sinterização fora de operação.

[029] A figura 12 mostra uma representação da vista inferior da geradora de esferas cerâmicas.

[030] A figura 13A mostra uma representação da vista frontal em corte da parte inferior da unidade de retificação em verde da geradora de esferas cerâmicas.

[031] A figura 13B mostra uma representação da vista frontal em corte da parte superior da unidade de retificação em verde da geradora de esferas cerâmicas.

[032] A figura 13C mostra uma representação da vista lateral em corte da geradora de esferas cerâmicas sem unidades de usinagem.

[033] A figura 14A mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de retificação em verde das esferas cerâmicas e de como ela é acoplada à geradora de esferas cerâmicas.

[034] A figura 14B mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de retificação após a sinterização das esferas cerâmicas e de como ela é acoplada à geradora de esferas cerâmicas.

[035] A figura 14C mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de lapidação das esferas cerâmicas e de como ela é acoplada à geradora de esferas cerâmicas.

[036] A figura 14D mostra uma representação da vista frontal em corte da unidade de polimento das esferas cerâmicas e de como ela é acoplada à geradora de esferas cerâmicas.

[037] A figura 14E mostra uma representação da vista lateral em corte da geradora de esferas cerâmicas pronta para receber as unidades de usinagem de esferas nos processos de retificação em verde, retificação após a sinterização, lapidação e polimento.

[038] A figura 15A mostra uma representação da vista frontal em corte da estrutura metálica sanduíche da geradora de esferas cerâmicas.

[039] A figura 15B mostra uma representação da vista superior em corte da estrutura metálica sanduíche da geradora de esferas cerâmicas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[040] A geradora de esferas de cerâmicas para usinar esferas de cerâmicas prensadas axialmente (01) e/ou esferas de cerâmicas prensadas isostaticamente (02), conforme pode ser vista nas figuras 7, 8, 9, 10 11 e 12, compreende os seguintes elementos: uma base ou estrutura de granito sintético (26) ou similar sobre pés amortecedores (85), que pode ser montada em uma bancada ou estrutura metálica (86/87) apropriada, também sobre pés amortecedores (85/88); unidades de usinagem constituídas de um cabeçote motorizado superior e de um par inferior de mesas rotativas (08 e 10) com rebolos e/ou arrastadores (15,16) e gaiola separadora (17).

[041] As unidades de usinagem compreendem: uma unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com rebolo (14) contido no porta rebolo (07) do cabeçote de usinagem para retificação em verde, conforme ilustram as figuras 3A e 3B, para as esferas de cerâmicas prensadas axialmente (01) e/ou isostaticamente (02); uma unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com rebolo (14) contido no porta rebolo (07) do cabeçote de usinagem para retificação após a sinterização, conforme ilustram as figuras 4A e 4B, para as esferas de cerâmicas (30) já retificadas em verde e sinterizadas; uma

unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com conjunto lapidador (32, 31) para lapidação após a retificação, conforme ilustram as figuras 5A e 5B, para as esferas de cerâmicas (33) já retificadas após a sinterização; e uma unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com conjunto polidor (32, 36) para polimento após a lapidação, conforme ilustram as figuras 6A e 6B, para as esferas de cerâmicas (38) já lapidadas.

Descrição das unidades de usinagem em verde; após sinterização; de lapidação; e de polimento

[042] A unidade de usinagem em verde é ilustrada simplifcadamente nas figuras 3A e 3B. As esferas cerâmicas prensadas axial (01) ou isostaticamente (02), para produzir esferas para próteses cirúrgicas de recapeamento de quadril (05), conforme ilustra figura 2, não têm a forma perfeitamente esférica e trazem rebordos resultantes do processo de prensagem axial (03) ou do processo de prensagem isostática (04). A unidade de usinagem, conforme esquematizada na figura 2, pode receber esferas para serem usinadas a partir da usinagem em verde de prensadas axial (01) ou isostaticamente (02); as esferas são depositadas em mesas rotativas (08 e 10) concêntricas que dispõem de rebolos e/ou arrastadores (15,16) e ficam individualmente separadas por uma gaiola separadora (17) durante todo o processo de usinagem; no caso de usinagem em verde, as esferas são usinadas pela ação do rebolo (14) contido no porta rebolo (07) do cabeçote de usinagem.

[043] A unidade de usinagem após a sinterização é ilustrada simplifcadamente nas figuras 4A e 4B. As esferas

cerâmicas já sinterizadas (30), para produzir esferas para próteses cirúrgicas de recapeamento de quadril (05). A unidade de usinagem de retificação pode receber esferas para serem usinadas após a sinterização; as esferas (30) são depositadas em mesas rotativas (08 e 10) concêntricas que dispõem de rebolos e/ou arrastadores (15,16) e ficam individualmente separadas por uma gaiola separadora (17) durante todo o processo de usinagem; no caso de usinagem após a sinterização, as esferas são usinadas pela ação do rebolo (14) contido no porta rebolo (07) do cabeçote de usinagem, que dispõe de características especiais para usinagem de cerâmicas sinterizadas.

[044] As usinagens em verde e após a sinterização acontecem através da ação do rebolo (14) e rebolos e/ou arrastadores (15,16), que produzem movimentos rotativos aleatórios, com diferente valor de rotação (20) de cada eixo (velocidade tangencial de usinagem/arrastamento), da combinação de sentidos de rotação (20), e do valor da excentricidade (19) dos eixos de rotação. A rotação (20) de cada eixo pode, portanto, ter qualquer valor e sentido proporcionado pelo motor (51) elétrico convencional do cabeçote.

Cabeçotes de Usinagem

[045] O cabeçote de cada usinagem é acionado através de motor elétrico (51) convencional com rotação (20) nos dois sentidos, montado em um espaçador (50) metálico com aberturas para a regulagem do acoplamento (28) entre eixos, com chavetas (27) entre o eixo (52) do motor e o eixo (09) do cabeçote rotativo de usinagem. O motor (51) e o espaçador (50) são fixados com parafusos (13) do tipo

Allen ou similar no corpo (29) principal do cabeçote de usinagem, que dispõe de pinos (62) de articulação e acoplamento à barra de carga porta-ferramenta (65) da unidade da respectiva usinagem.

[046] O eixo (09) de rotação do cabeçote rotativo de cada usinagem gira sobre pares de mancais radiais (57) e pares de mancais axiais (54, 56 e 59, 60) aerostáticos, hidrostáticos ou de elementos rolantes, montados e fixados ao eixo (09) por flanges roscadas (54, 61) e ao corpo (29) principal do cabeçote por parafusos (13) do tipo Allen ou similar, respectivamente. Todo o conjunto do eixo de rotação é fixado no porta rebolo (07), através de parafusos (13) do tipo Allen ou similar, para constituir o conjunto rotativo do cabeçote da respectiva unidade de usinagem. Os mancais aerostáticos, hidrostáticos ou de elementos rolantes do cabeçote da unidade de usinagem são protegidos por labirintos ou vedações (53) contra a entrada de impurezas e resíduos da própria usinagem das esferas de cerâmica.

[047] O cabeçote de usinagem é um conjunto independente da respectiva unidade de usinagem que pode ser montado e desmontado facilmente da barra de carga porta-ferramenta (65) para colocação e retirada das esferas durante o processo de produção; os movimentos de abertura e afastamento do cabeçote da área de trabalho podem ser realizados manual ou automaticamente através do conjunto de içamento e carregamento proporcionado pela barra de carga porta-ferramenta (65) e do outro motor elétrico (70) convencional com rotação (74) nos dois sentidos e o fuso (73) de esferas recirculantes (75) acoplado à outra

extremidade da barra de carga porta-ferramenta (65) através de pinos (76 e 77) de articulação e acoplamento proporcionando o içamento do cabeçote de usinagem para colocação e retirada das esferas durante o processo de produção e sempre que for necessário. O motor elétrico (70) que movimenta a barra de carga porta-ferramenta (65) para baixo (64) ou para cima (96), eleva e abaixa o cabeçote de usinagem na vertical, nos dois sentidos (90/91), e é montado na base superior (72) da coluna de granito sintético (67) através de um espaçador metálico (71) apropriado.

Mesas Rotativas Concêntricas

[048] As mesas rotativas concêntricas em conjunto suportam as esferas cerâmicas durante o processo de usinagem; elas são montadas em mancais aerostáticos, hidrostáticos ou de elementos rolantes; a mesa externa (10) é montada em pares de mancais radiais (98) e axiais (43,44); a mesa interna (08) é também montada em pares de mancais radiais (41) e axiais (40,42).

[049] O conjunto das mesas rotativas concêntricas é montado na geradora de esferas de cerâmicas no alojamento apropriado da base (26) da máquina que dispõe de uma bucha guia (25) metálica integrada a essa base.

Mesa Rotativa Externa (10)

[050] A mesa rotativa externa (10) dispõe de uma mesa porta rebolo (06), fixada à mesa rotativa externa (10) por parafusos (13) do tipo Allen ou similar, onde são montados os rebolos (15, 16) ou arrastadores das esferas durante a usinagem; nela (06) também é montada e fixada por parafusos (13) do tipo Allen ou similar, a gaiola

separadora (17) das esferas cerâmicas durante a usinagem que dispõe de alojamentos individuais com as bordas protegidas por anéis (18) de polímero ou elastômero, para cada esfera, durante o processo de usinagem. A mesa rotativa externa (10) é acionada por um sistema constituído por um motor elétrico (78) com rotação (82) nos dois sentidos, um par de polias (22/94), uma polia extensora (92) e correia (95) tipo V. O motor elétrico (78) da mesa rotativa externa (10) é fixado à estrutura metálica (86) da geradora de esferas através de base metálica (84) e fica protegido por carenagem (81) de segurança.

[051] O par de mancais radiais (98) e o contramancal axial (44) da mesa rotativa externa (10) são montados em uma bucha guia (23) de montagem que facilita o manuseio e montagem da parte inferior (mesas rotativas concêntricas) da unidade de usinagem na base (26) da geradora de esferas de cerâmicas.

[052] A mesa rotativa externa (10) dispõe de manípulos (63) içadores que facilitam o seu manuseio durante a montagem/desmontagem da unidade de usinagem na mesa (26) da geradora de esferas de cerâmicas. Os mancais especiais (aerostáticos ou hidrostáticos ou de elementos rolantes) da unidade de usinagem são protegidos por labirintos (45, 48), tendo suas partes fixas parafusadas na estrutura da mesa (26) através de parafusos (13) do tipo Allen ou similar e as partes móveis proporcionadas pela estrutura da mesa rotativa externa (10); similarmente a mesa rotativa interna (08) dispõe de labirinto (46) protetor dos mancais, que impedem a entrada de resíduos de usinagem no ambiente operacional desses mancais.

Mesa Rotativa Interna (08)

[053] A mesa rotativa interna (08) suporta internamente as esferas cerâmicas durante a usinagem; ela dispõe de uma bucha-eixo (97) que recebe o carregamento dos mancais radiais (98) e os esforços da polia (22) de acionamento acoplada em sua extremidade, através de parafusos (13) do tipo Allen ou similar. A mesa rotativa interna (08) é acionada por um sistema constituído por um motor elétrico (79) com rotação (83) nos dois sentidos, um par de polias (21/80), uma polia extensora (93) e correia (89) tipo V. O motor elétrico (79) da mesa rotativa interna (08) é fixado à estrutura metálica (86) da geradora de esferas em base metálica (84) e fica protegido por carenagem (81) de segurança.

[054] A unidade de usinagem de lapidação dispõe de um conjunto lapidador (32, 31) para lapidação após a retificação e de um par inferior de mesas rotativas (08 e 10) com arrastadores (15,16) e gaiola separadora (17) para as esferas de cerâmicas (33) já retificadas após a sinterização.

[055] A unidade de usinagem de polimento dispõe de um conjunto polidor (32, 36) para polimento após a lapidação e de um par inferior de mesas rotativas (08 e 10) com arrastadores (15,16) e gaiola separadora (17) para as esferas de cerâmicas (33) já retificadas após a sinterização.

[056] O par de mancais radiais (41) e o contramancal axial (40) da mesa interna (08) são montados no corpo da mesa (08) e limitados dentro do limite

operacional pela flange (47) do eixo (11) de rotação da mesa; a mesa interna (08) é fixada em seu eixo (11) de rotação através da porca e contraporca (39); o acionamento do eixo (11) de rotação da mesa interna é realizado através da polia (21) montada em sua extremidade por meio de chaveta (27), flange (24) e parafuso (13) do tipo Allen ou similar.

Mesa de Granito Sintético

[057] Foi previsto no projeto da geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais, o granito sintético como material alternativo para a construção da mesa da minimáquina. O granito sintético é um compósito convencional originado da mistura de resinas do tipo aradite e britas de granito natural de tamanhos pré-selecionados; esse material quando comparado aos tradicionais para estruturas de máquinas (ferro fundido, aço soldado), tem uma vantagem que reside na sua grande capacidade ao amortecimento aos choques e vibrações externas e principalmente as internas; quando comparado às estruturas de ferro fundido e aço soldado, as de granito sintético apresentam normalmente um fator de amortecimento de até oito vezes maior do que as metálicas (ferro fundido, aço soldado), o que o torna particularmente atraente para aplicações em máquinas ferramentas, no caso, a geradora de esferas de cerâmicas para recapeamento de extremidades ósseas de articulações sinoviais desta patente.

Mancais Especiais

[058] Foram adotados mancais do tipo aerostáticos para as unidades de usinagem da geradora de esferas de

cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais; mancais estes que podem também ser hidrostáticos ou de elementos rolantes. Essa escolha foi realizada pelo fato dos mancais aerostáticos serem indicados quando se deseja obter alta precisão, baixo atrito e repetibilidade de movimento; esses mancais, além de proporcionar alta rigidez e precisão de movimento, são indiferentes à variação de temperatura e possuem um nível elevado de amortecimento interno, desgaste nulo e capacidade para suportar cargas radiais, axiais e combinadas. Devido a estas vantagens, os mancais aerostáticos são normalmente utilizados em máquinas ferramentas de precisão e máquinas especiais, como a geradora de esferas de cerâmica desta invenção, cujos mancais aerostáticos foram projetados com capacidades de carga radial e axial de 550,0 N e 1570,0 N, respectivamente.

Barra de carga porta-ferramenta (65)

[059] O cabeçote de usinagem da geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais é montado em uma barra de carga porta-ferramenta (65) com movimento vertical e lateral; os dois movimentos combinados permitem a colocação e retirada das esferas de cerâmica nas mesas concêntricas rotativas durante qualquer das fases do processo de usinagem. O acionamento da barra de carga porta-ferramenta é proporcionado pela ação de um conjunto formado por um motor elétrico e um fuso de esferas recirculantes; esses movimentos podem também ser realizados por meio de acionamento pneumático, obtido através de circuito e

cilindro rotativo pneumático, ou acionamento hidráulico, obtido através de circuito e cilindro rotativo hidráulico ou ainda acionamento através de servo motor; com acionamento hidro-pneumático, obtido através de circuito hidráulico conjugado a um circuito pneumático.

Rebolos (14)

[060] As unidades de usinagem da geradora de esferas de cerâmicas são compostas de três rebolos (14), sendo dois inferiores de arraste em canal "V" de eixos concêntricos, de usinagem ou de arraste, e um rebolo superior de usinagem que possui eixos excêntricos na faixa de 0 a 30,0 mm de excentricidade relativamente aos de arraste.

[061] A geradora de esferas de cerâmicas permite a troca de rebolos (14) de suas unidades de usinagem que possibilita a realização das quatro etapas de usinagem das esferas cerâmicas: retificação em verde, retificação após a sinterização, lapidação e polimento.

Circuito Pneumático dos Mancais Aerostáticos

[062] A geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais dispõe de um circuito pneumático convencional de baixa pressão que tem como função alimentar com ar comprimido o cabeçote aerostático de usinagem e as mesas aerostáticas rotativas concêntricas que suporta as peças obras (esferas de cerâmicas), e o eventual sistema hidro-pneumático que aciona o movimento alternado da barra de carga porta-ferramenta (65), quando este sistema for opcionalmente utilizado.

Sistema Hidro-pneumático

[063] Quando eventualmente utilizado como opção para a movimentação da barra de carga porta-ferramenta (65) (porta cabeçote de usinagem) da geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais, o sistema hidro-pneumático tem como função proporcionar o movimento alternado da barra que suporta o cabeçote de usinagem. A possível opção por este sistema de acionamento híbrido apresenta grande vantagem sobre os sistemas pneumático, ou hidráulico ou de fuso de esferas recirculantes, quando as forças envolvidas são pequenas e os deslocamentos necessitam de serem efetuados a baixas velocidades. Quando comparado aos sistemas hidráulicos convencionais, apresenta-se compacto e com a ausência de fontes de vibrações ou ruídos, além de apresentar baixo custo e de gerar movimentos suaves nos deslocamentos.

Sistema Elétrico de Controle

[064] O controle lógico da máquina geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais é efetuado por um sistema elétrico convencional composto por chaves contadoras, *microswitches*, sinalizadores e botoeiras montadas em um painel de controle de fácil acesso.

Sistema de Fluido de Corte

[065] A geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais dispõe de um sistema de fluido de corte, indispensável para a usinagem de cerâmicas sinterizadas. Esse sistema é composto por um reservatório de fluido de corte, bomba e válvula de agulha para controle do fluxo de fluido de corte

desejado sobre as peças obras (esferas cerâmicas) durante a usinagem; o fluido de corte utilizado para essa aplicação normalmente é composto por uma mistura de água e óleo solúvel com concentração de 5,0 %.

Estruturas da geradora de esferas cerâmicas

[066] O projeto da geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais de ossos longos foi realizado também focando a sua estabilidade dinâmica, através da minimização e eliminação de vibrações espúrias, de origens externas e ou internas, visando à precisão de usinagem de esferas cerâmicas na minimáquina. Para satisfazer esses quesitos a máquina dispõe de dois tipos de estruturas acopladas através de amortecedores (coxins) dinâmicos (85), elastoméricos ou pneumáticos. A mesa ou base (26) superior é constituída por uma estrutura de granito sintético de alto amortecimento interno, montada em uma estrutura de perfis de aço carbono, onde são acopladas, a cada vez, as quatro unidades independentes para as quatro etapas de usinagem das esferas cerâmicas: retificação em verde (01), retificação após a sinterização (30), lapidação (33) e polimento (38).

[067] Cada uma das unidades de usinagem dispõe de duas mesas rotativas concêntricas, uma externa (10) e outra interna (08), com mancais especiais (aerostáticos ou hidrostáticos ou de elementos rolantes) onde as esferas cerâmicas em usinagem, separadas pela gaiola separadora (17), podem ser montadas sobre o rebolo ou arrastador (15,16) dessas mesas rotativas; as mesas rotativas concêntricas, uma externa (10) e outra interna (08) giram

aleatoriamente no mesmo sentido ou sentido contrário com velocidades tangenciais iguais ou diferentes; apoiadas nas mesas, as esferas cerâmicas não se tocam durante a operação, porque ficam separadas pela gaiola separadora (17) da unidade de usinagem durante todo o processo de usinagem.

[068] A base ou mesa (26) de granito sintético aloja uma coluna (66, 67, 68) também de granito sintético que suporta e movimenta o cabeçote de usinagem nela acoplado através de uma barra de carga porta-ferramenta (65), com articulação (69) e com movimento vertical e lateral; os dois movimentos combinados permitem a exposição das mesas rotativas concêntricas para a colocação das esferas para a usinagem e a sua retirada após a realização do processo; e a mesma absorve com eficácia, as vibrações internas durante o processo de usinagem que possam eventualmente influenciar a obtenção de produtos com alta qualidade superficial e dimensional. A estrutura (86/87) ou bancada inferior, conforme ilustram as figuras 7, 8, 9, 10, 15A e 15B, é constituída por uma configuração "sanduíche" de perfis tubulares de aço carbono soldados e preenchidos com granito sintético (99), apoiada em amortecedores (coxins) dinâmicos (85/88), elastoméricos ou pneumáticos que, em conjunto com a capacidade do granito sintético de absorver vibrações, lhe fornece um elevado grau de amortecimento interno das vibrações externas que possam eventualmente influenciar a precisão de usinagem das esferas cerâmicas (01, 02, 30, 33, 38).

Montagem das unidades de usinagem na geradora de esferas cerâmicas

[069] As unidades de usinagem que geram ou produzem as esferas de cerâmicas para artroplastias de recapeamento de articulações sinoviais de ossos longos foram projetadas focando duas possibilidades de utilização na máquina geradora de esferas cerâmicas: uma única máquina provida de quatro unidades sequenciais de usinagem, que podem ser montadas sequencialmente na máquina geradora de esferas cerâmicas, conforme ilustram as Figuras 14A a 14D, ou de quatro máquinas, cada uma com a sua unidade específica (retificação em verde ou retificação após sinterização ou lapidação ou polimento) de usinagem correspondente à cada fase de geração ou produção das esferas cerâmicas (01, 02, 30, 33, 38), conforme exemplificam as Figuras 7 e 9. A produção seriada em massa de esferas de cerâmicas técnicas tem precisão submicrométrica com desvios de esfericidade menores que 0,5 μm e rugosidade superficial Ra inferior a 0,05 μm .

[070] As quatro unidades de usinagem podem receber, cada uma em cada vez, um número definido de esferas cerâmicas, que pode ser variado com dimensões de diâmetro entre 6,0mm a 76,00mm e dimensões de base e altura que não ultrapassam 400,0 e 350,0 milímetros, respectivamente, lhe atribuindo a característica de minimáquina de geração de esferas cerâmicas, pleiteada como privilégio de invenção. Esse número de esferas cerâmicas que os dispositivos de usinagem podem usar simultaneamente depende, portanto do diâmetro das esferas sendo usinadas, que são separadas pela gaiola separadora de esferas, também projetada em função dos diâmetros das esferas cerâmicas. Para cada diâmetro de esfera usinado em

qualquer das etapas, são utilizados rebolos de cortes, rebolos arrastadores, gaiolas separadoras e suportes com dimensões e especificações correspondentes aos diâmetros das esferas e às etapas de usinagem, ou seja, a retificação em verde ou retificação após sinterização ou lapidação ou polimento, cujo número de esferas produzidas pode atingir até 120 esferas cerâmicas de cada vez, em função de seu diâmetro.

Acionamento da Geradora de Esferas Cerâmicas

[071] A geradora de esferas de cerâmicas para artroplastias de articulações sinoviais, para acionar cada uma das suas quatro unidades de usinagem para a produção de esferas cerâmicas dispõe de três eixos acionados por motores elétricos convencionais com ajuste de rotação no intervalo de 150,0 a 750,0 rpm, nos sentidos horário e ou anti-horário. O princípio gerador da máquina fundamenta-se na composição simultânea dos movimentos de três eixos acionados pelos motores elétricos: o eixo de rotação do cabeçote de usinagem sobre as peças-obras (esferas) e os eixos concêntricos das mesas rotativas que suportam as esferas cerâmicas através de rebolos e ou arrastadores.

[072] O cabeçote de usinagem (ou ferramenta de usinagem) é pressionado sobre as esferas de cerâmica nas mesas rotativas concêntricas através do movimento da barra de carga porta-ferramenta (65) que é efetuado por um sistema hidro-pneumático ou fuso de esferas recirculantes.

[073] A geradora de esferas de cerâmicas é utilizada para a geração, retificação, lapidação e polimento de esferas de cerâmicas técnicas (alumina, zircônia, compósitos cerâmicos e similares) para aplicações

em geral como mancais de elementos rolantes, instrumentos (*two ball bar*) de calibração de máquinas e medir a três coordenadas, esferas padrão de medidores de circularidade e, preferencialmente, esferas e acetábulo para próteses cirúrgicas de artroplastia de recapeamento de articulações sinoviais esféricas de ossos longos em humanos e animais.

[074] Embora a invenção tenha sido amplamente descrita, é óbvio para aqueles versados na técnica que várias alterações e modificações podem ser feitas visando aprimoramento do projeto sem que as referidas alterações não estejam cobertas pelo escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Geradora de esferas de cerâmicas CARACTERIZADA POR compreender os seguintes elementos: base ou estrutura de granito sintético (26); pés amortecedores (85/88); bancada ou estrutura metálica (86/87); unidades de usinagem, constituídas de um cabeçote motorizado superior e de um par inferior de mesas rotativas (08 e 10) com rebolos e/ou arrastadores (15,16) e gaiola separadora (17).

2. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA POR compreender uma unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com reboło (14) contido no porta reboło (07) do cabeçote de usinagem para retificação em verde para esferas de cerâmicas prensadas axialmente (01) e/ou isostaticamente (02).

3. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA POR compreender uma unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com reboło (14) contido no porta reboło (07) do cabeçote de usinagem para retificação após a sinterização para esferas de cerâmicas (30) já retificadas em verde e sinterizadas.

4. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA POR compreender uma unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com conjunto lapidador (32, 31) para lapidação após a retificação para as esferas de cerâmicas (33) já retificadas após a sinterização.

5. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA POR compreender uma unidade de usinagem constituída de um cabeçote motorizado superior com conjunto polidor (32, 36) para polimento após a lapidação para as

esferas de cerâmicas (38) já lapidadas.

6. Geradora de esferas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADA POR** o cabeçote de cada usinagem ser acionado através de motor elétrico (51) convencional com rotação (20) nos dois sentidos, montado em um espaçador (50) metálico com aberturas para a regulação do acoplamento (28) entre eixos, com chavetas (27) entre o eixo (52) do motor e o eixo (09) do cabeçote rotativo de usinagem.

7. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADA POR** o motor (51) e o espaçador (50) serem fixados com parafusos (13) no corpo (29) principal do cabeçote de usinagem, que dispõe de pinos (62) de articulação e acoplamento à barra de carga porta-ferramenta (65) da unidade da respectiva usinagem.

8. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADA POR** o eixo (09) de rotação do cabeçote rotativo de cada usinagem girar sobre pares de mancais radiais (57) e pares de mancais axiais (54, 56 e 59, 60) aerostáticos, hidrostáticos ou de elementos rolantes, montados e fixados ao referido eixo (09) por flanges roscadas (54, 61) e ao corpo (29) principal do cabeçote por parafusos (13).

9. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADA POR** os mancais aerostáticos, hidrostáticos ou de elementos rolantes do cabeçote da unidade de usinagem serem protegidos por labirintos ou vedações (53).

10. Geradora de esferas, de acordo com as reivindicações 6 a 9, **CARACTERIZADA POR** o cabeçote de usinagem ser um conjunto independente da respectiva unidade

de usinagem montado e desmontado da barra de carga porta-ferramenta (65).

11. Geradora de esferas, de acordo com as reivindicações 6 a 10, **CARACTERIZADA POR** o cabeçote de usinagem ter outro motor elétrico (70) convencional com rotação (74) nos dois sentidos e o fuso (73) de esferas recirculantes (75) acoplado à outra extremidade da barra de carga porta-ferramenta (65) através de pinos (76 e 77) de articulação e acoplamento.

12. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADA POR** o motor elétrico (70) movimentar a barra de carga porta-ferramenta (65) para baixo (64) ou para cima (96), elevar e abaixar o cabeçote de usinagem na vertical, nos dois sentidos (90/91), e ser montado na base superior (72) da coluna de granito sintético (67) através de um espaçador metálico (71) apropriado.

13. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA POR** a mesa externa (10) ser montada em pares de mancais radiais (98) e axiais (43,44); a mesa interna (08) também ser montada em pares de mancais radiais (41) e axiais (40,42); e o conjunto das mesas rotativas concêntricas ser montado na geradora de esferas de cerâmicas no alojamento apropriado da base (26) da máquina que dispõe de uma bucha guia (25) metálica integrada a essa base.

14. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADA POR** a mesa externa (10) compreender uma mesa porta rebolo (06), fixada à mesa rotativa externa (10) por parafusos (13), onde são montados os rebolos (15, 16) ou arrastadores das esferas durante a usinagem; e nela (06)

também ser montada e fixada por parafusos (13) a gaiola separadora (17) das esferas cerâmicas durante a usinagem que dispõe de alojamentos individuais com as bordas protegidas por anéis (18) de polímero ou elastômero, para cada esfera, durante o processo de usinagem.

15. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADA POR** a mesa externa (10) ser acionada por um sistema constituído por um motor elétrico (78) com rotação (82) nos dois sentidos, um par de polias (22/94), uma polia extensora (92) e correia (95) tipo V.

16. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADA POR** o motor elétrico (78) ser fixado à estrutura metálica (86) da geradora de esferas através de base metálica (84) e ficar protegido por carenagem (81) de segurança.

17. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADA POR** o par de mancais radiais (98) e o contramancal axial (44) da mesa rotativa externa (10) serem montados em uma bucha guia (23) de montagem e serem protegidos por labirintos (45, 48), tendo suas partes fixas parafusadas na estrutura da mesa (26) através de parafusos (13).

18. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADA POR** a mesa rotativa interna (08) compreender uma bucha-eixo (97) que recebe o carregamento dos mancais radiais (98) e os esforços da polia (22) de acionamento acoplada em sua extremidade, através de parafusos (13).

19. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADA POR** a mesa rotativa interna (08) ser

acionada por um sistema constituído por um motor elétrico (79) com rotação (83) nos dois sentidos, um par de polias (21/80), uma polia extensora (93) e correia (89) tipo V.

20. Geradora de esferas, de acordo com a reivindicação 19, CARACTERIZADA POR o motor elétrico (79) da mesa rotativa interna (08) ser fixado à estrutura metálica (86) da geradora de esferas em base metálica (84) e ficar protegido por carenagem (81) de segurança.

21. Geradora de esferas, de acordo com as reivindicações 18 a 20, CARACTERIZADA POR o par de mancais radiais (41) e o contramancal axial (40) da mesa interna (08) serem montados no corpo da mesa (08) e limitados dentro do limite operacional pela flange (47) do eixo (11) de rotação da mesa; a mesa interna (08) ser fixada em seu eixo (11) de rotação através da porca e contraporca (39); e o acionamento do eixo (11) de rotação da mesa interna ser realizado através da polia (21) montada em sua extremidade por meio de chaveta (27), flange (24) e parafuso (13).

22. Geradora de esferas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 21, CARACTERIZADA POR o cabeçote de usinagem da geradora de esferas de cerâmicas ser montado em uma barra de carga porta-ferramenta acionada pela ação de um conjunto formado por um motor elétrico e um fuso de esferas recirculantes; por acionamento pneumático, obtido através de circuito e cilindro rotativo pneumático; ou por acionamento hidráulico, obtido através de circuito e cilindro rotativo hidráulico; ou ainda por acionamento através de servo motor, com acionamento hidro-pneumático, obtido através de circuito hidráulico conjugado a um circuito pneumático.

23. Geradora de esferas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 22, CARACTERIZADA POR possuir um sistema elétrico de controle e um sistema de fluido de corte.

24. Geradora de esferas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 23, CARACTERIZADA POR as unidades de usinagem compreenderem uma única máquina provida de quatro unidades sequenciais de usinagem ou quatro máquinas, cada uma com a sua unidade específica de usinagem correspondente à cada fase de geração ou produção das esferas cerâmicas.

25. Geradora de esferas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 24, CARACTERIZADA POR a produção seriada em massa de esferas de cerâmicas técnicas ter precisão submicrométrica com desvios de esfericidade menores que 0,5 μm e rugosidade superficial Ra inferior a 0,05 μm .

26. Geradora de esferas, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 25, CARACTERIZADA POR as quatro unidades de usinagem receberem, cada uma em cada vez, um número definido de esferas cerâmicas, variado com dimensões de diâmetro entre 6,0mm a 76,00mm e dimensões de base e altura que não ultrapassem 400,0 e 350,0 milímetros, respectivamente.

27. Uso da geradora de esferas de cerâmicas, conforme definida nas reivindicações 1 a 26, CARACTERIZADO POR ser para a geração, retificação, lapidação e polimento de esferas de cerâmicas técnicas de alumina, zircônia, ou compósitos cerâmicos.

28. Uso, de acordo com a reivindicação 27, CARACTERIZADO POR ser para aplicações em geral como mancais

de elementos rolantes, instrumentos de calibração de máquinas e medir a três coordenadas, esferas padrão de medidores de circularidade e, preferencialmente, esferas e acetábulos para próteses cirúrgicas de artroplastia de recapeamento de articulações sinoviais esféricas de ossos longos em humanos e animais.

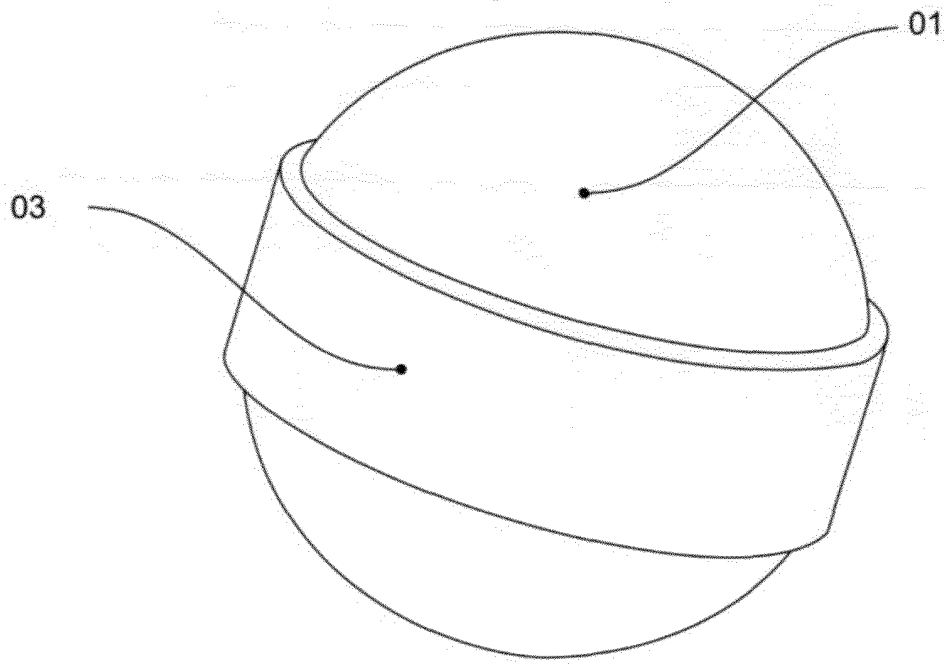


Fig. 1A

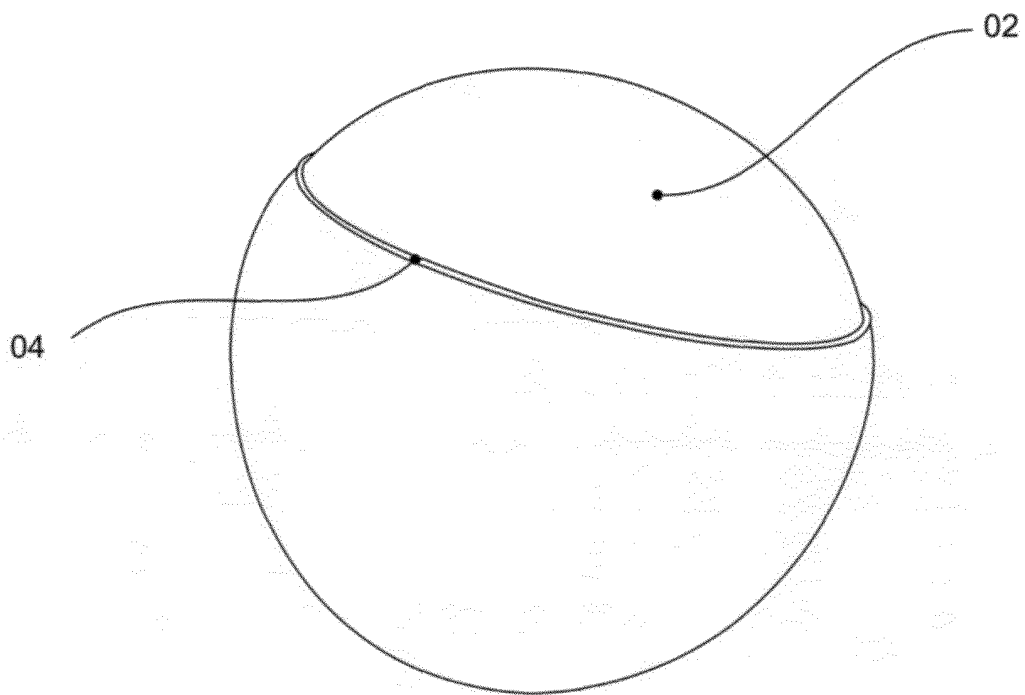


Fig. 1B

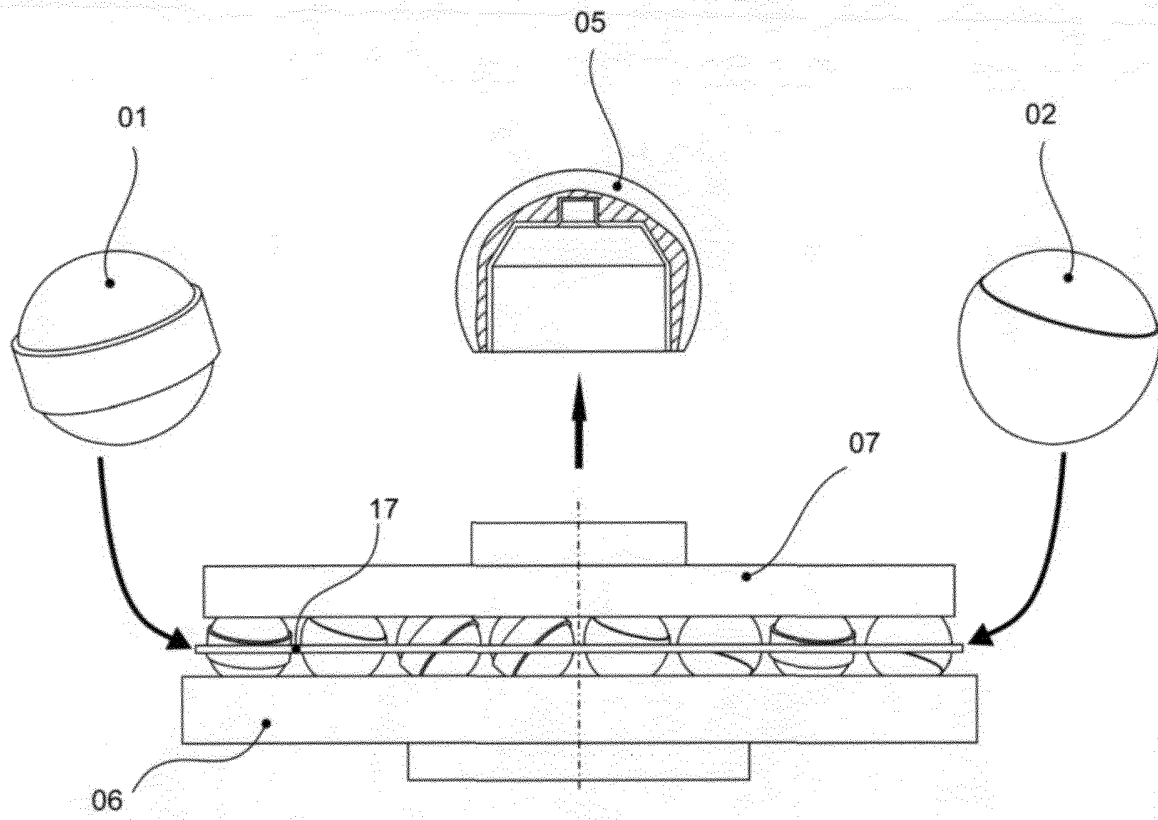
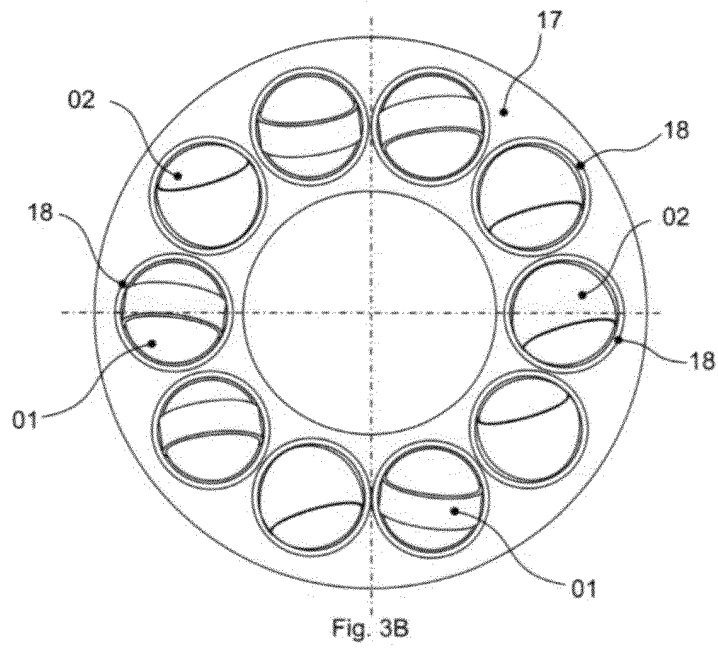
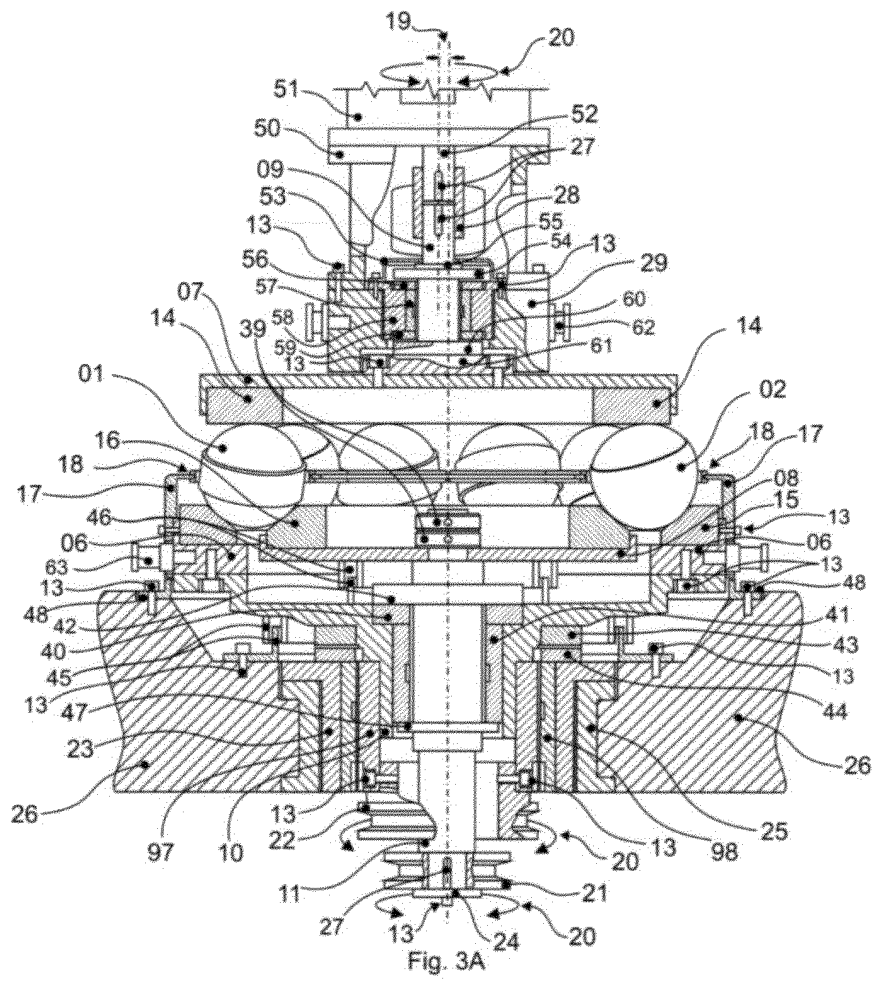


Fig. 2



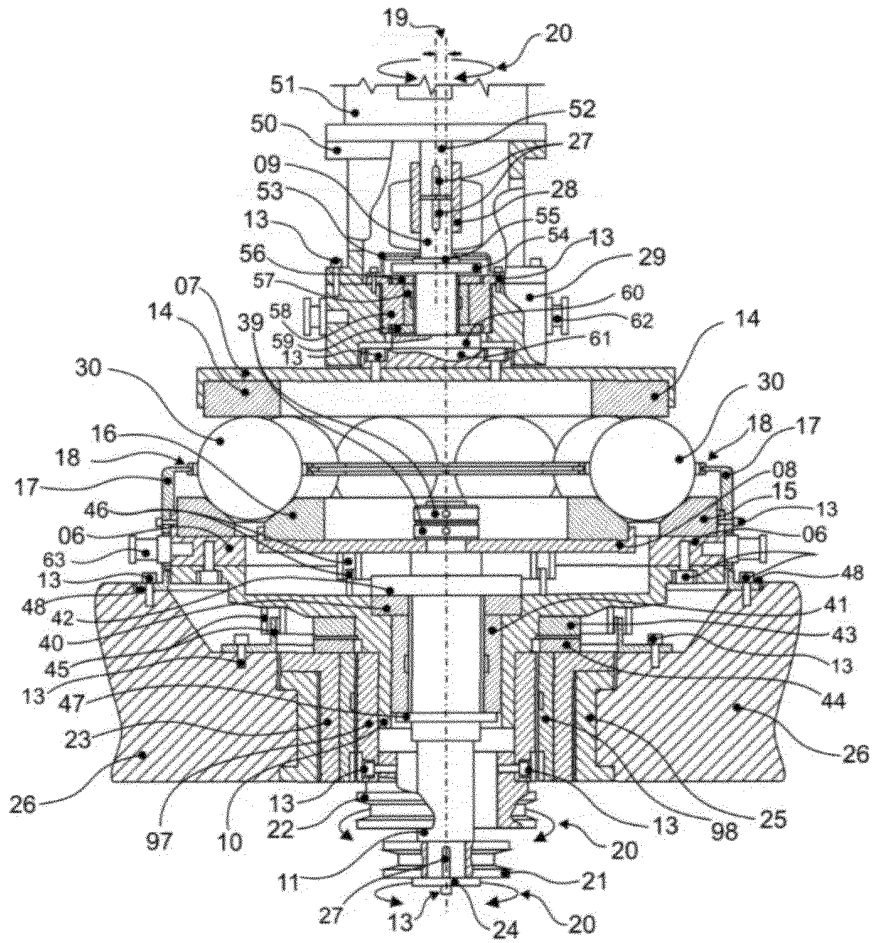


Fig. 4A

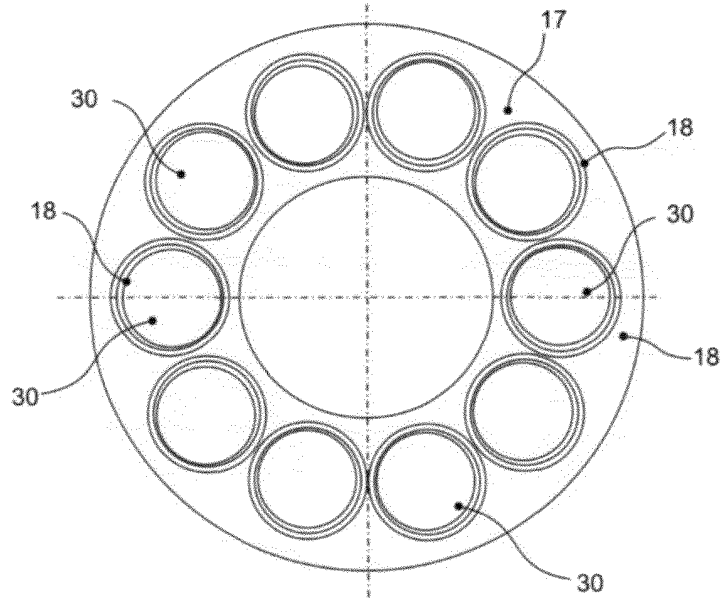


Fig. 4B

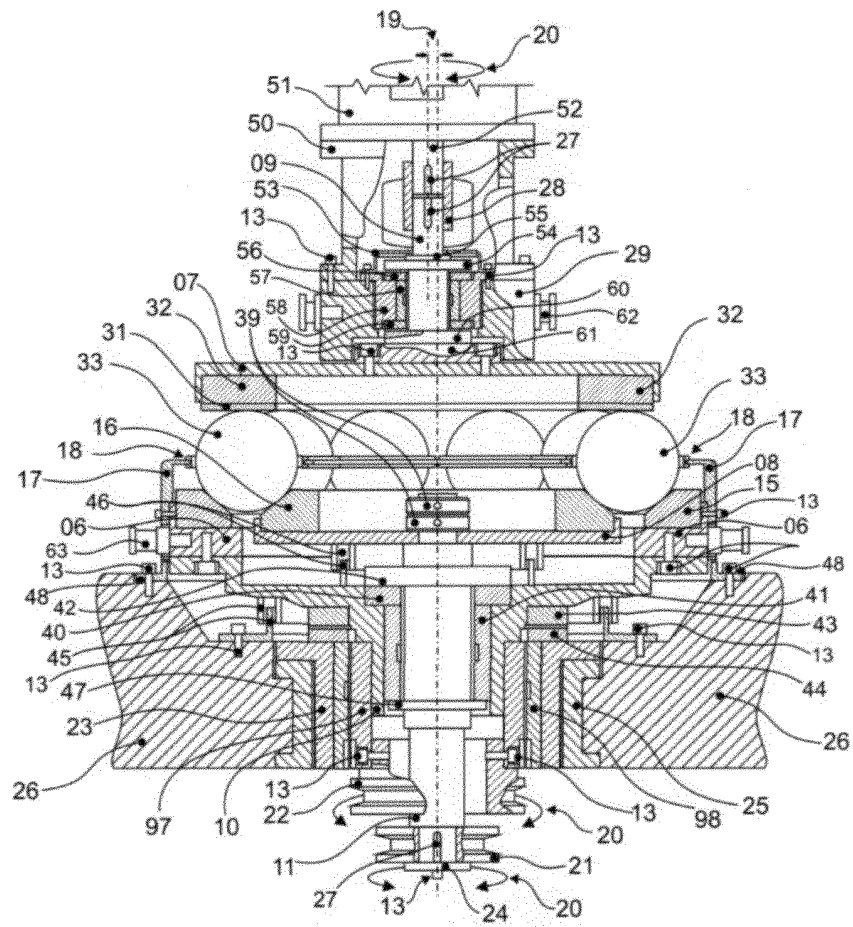


Fig. 5A

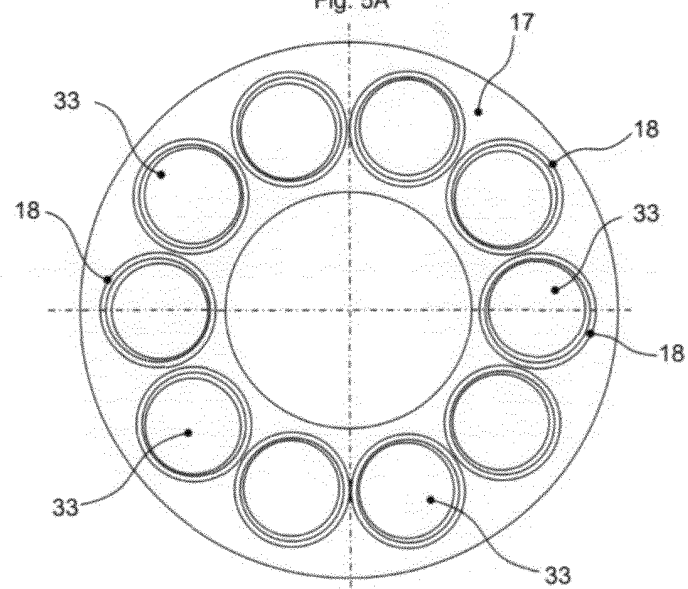


Fig. 5B

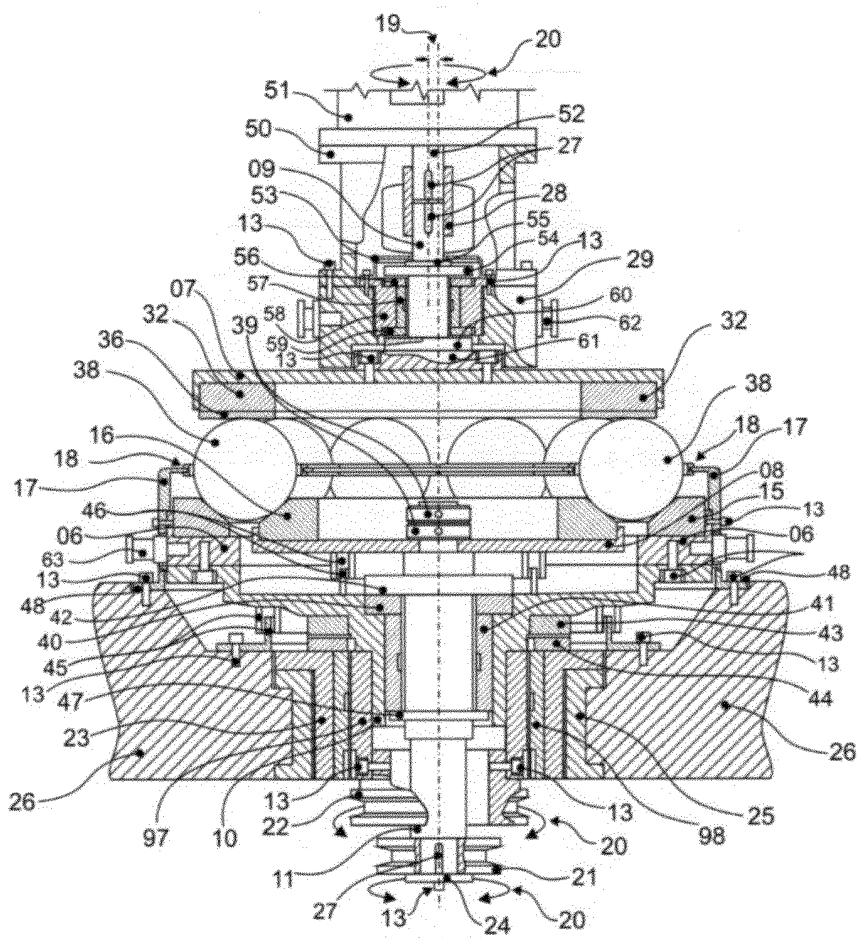


Fig. 6A

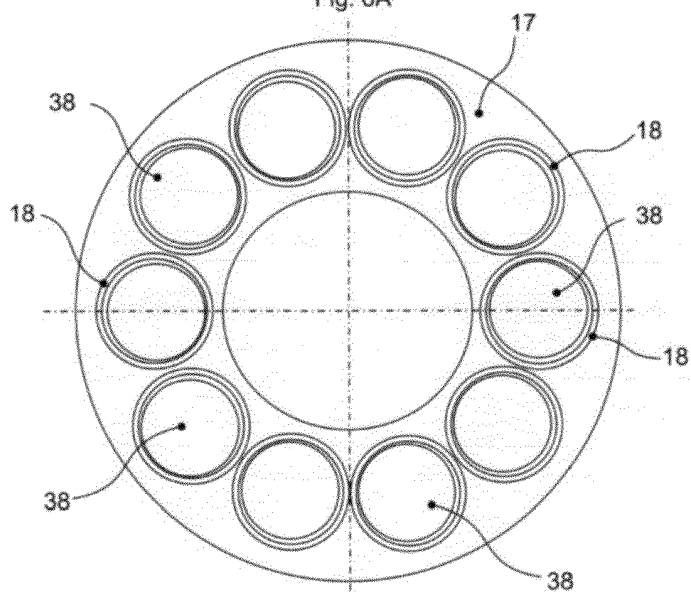


Fig. 6B

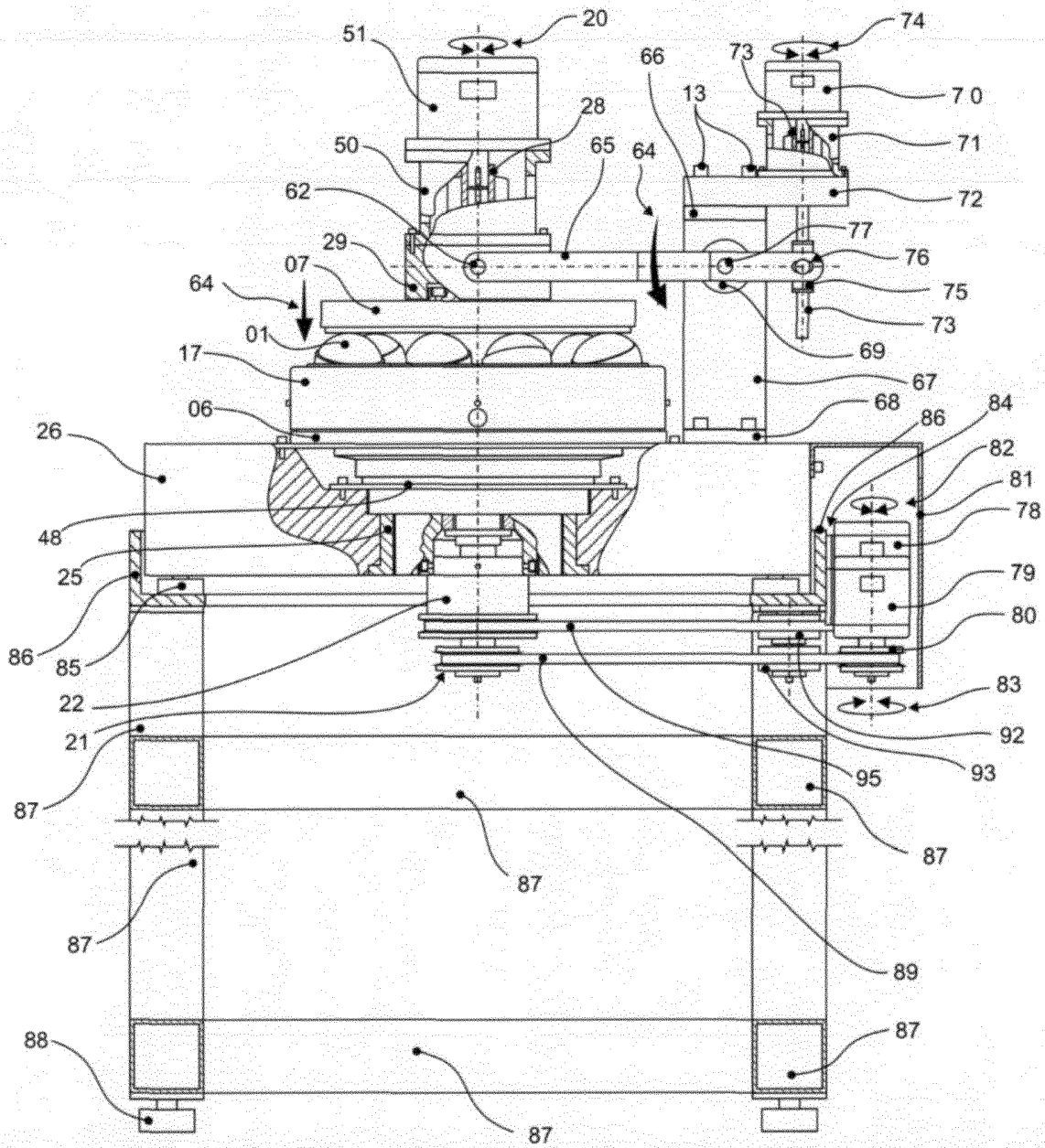


Fig. 7

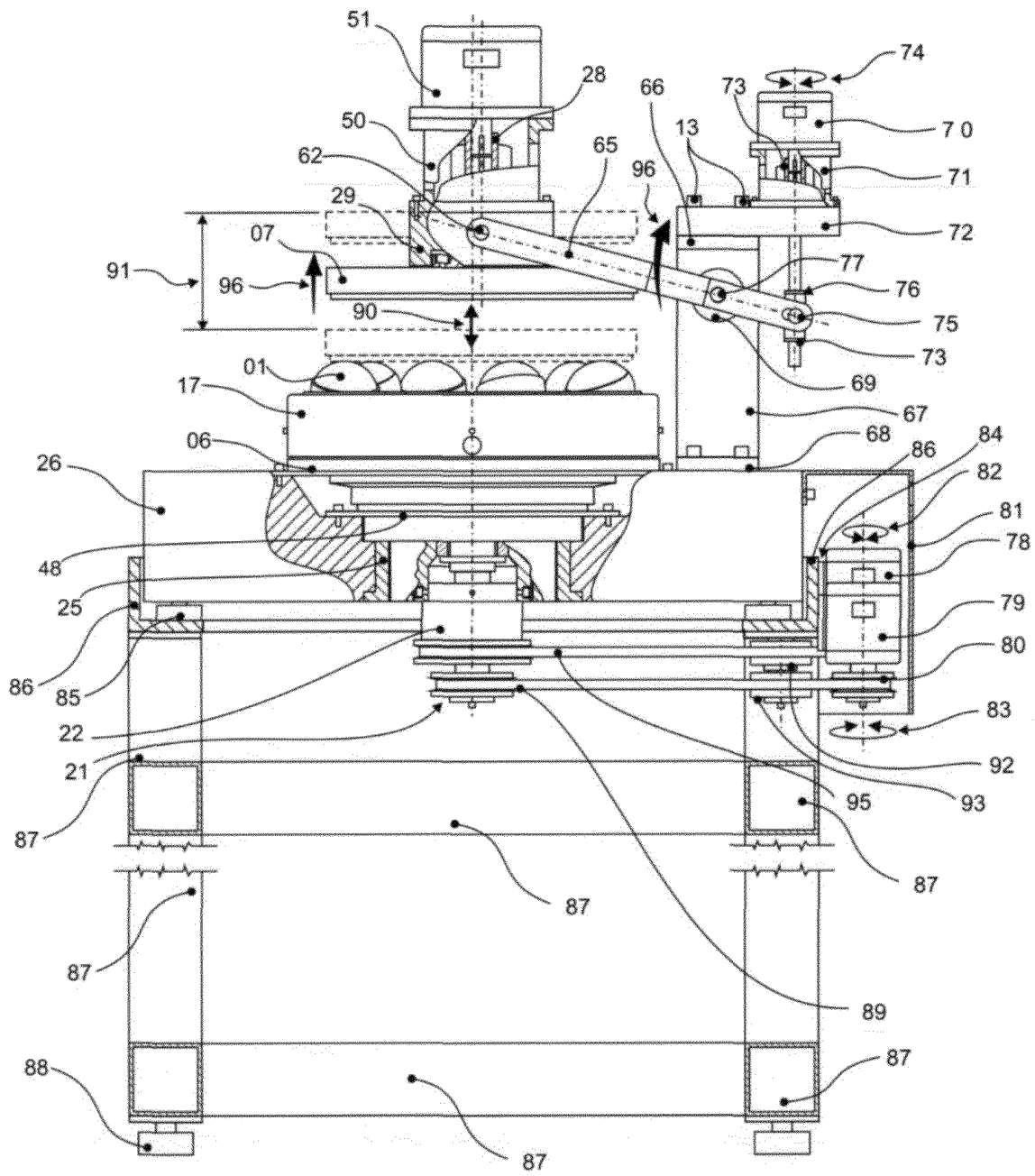


Fig. 8

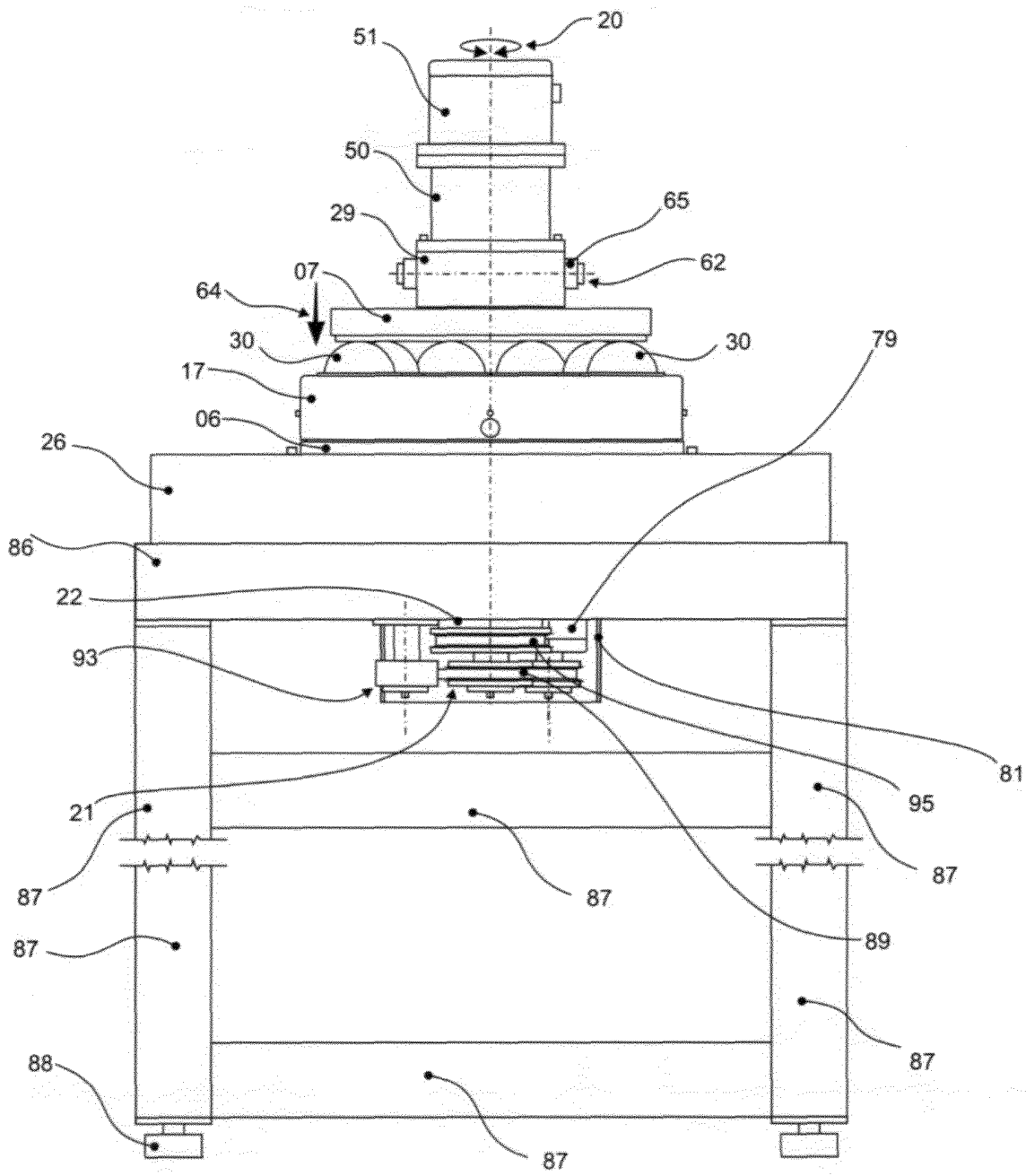


Fig. 9

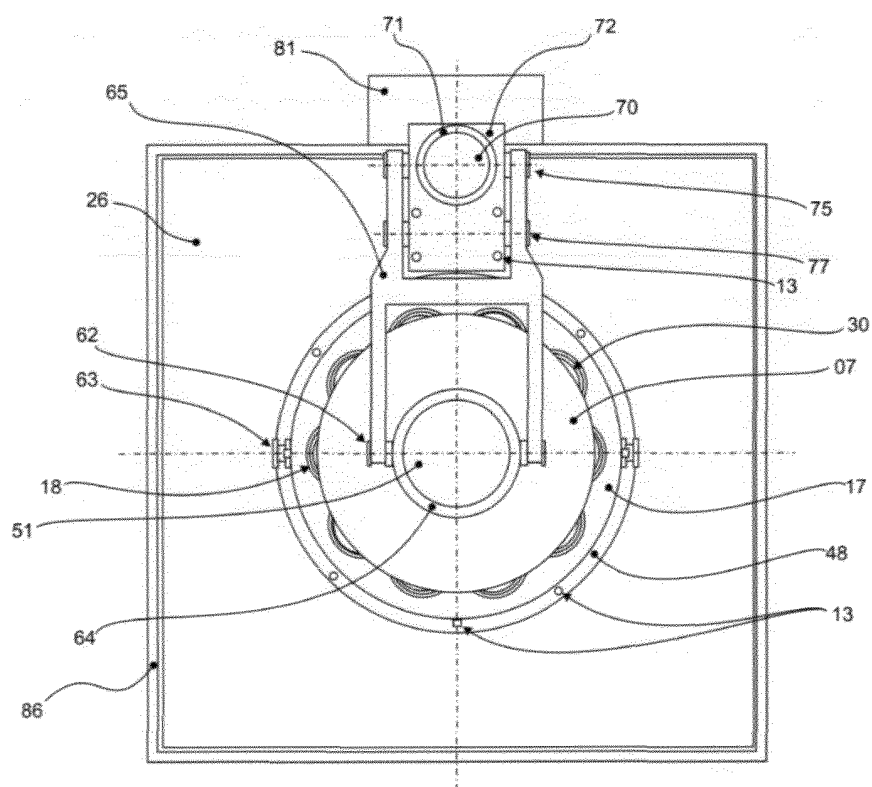


Fig. 11

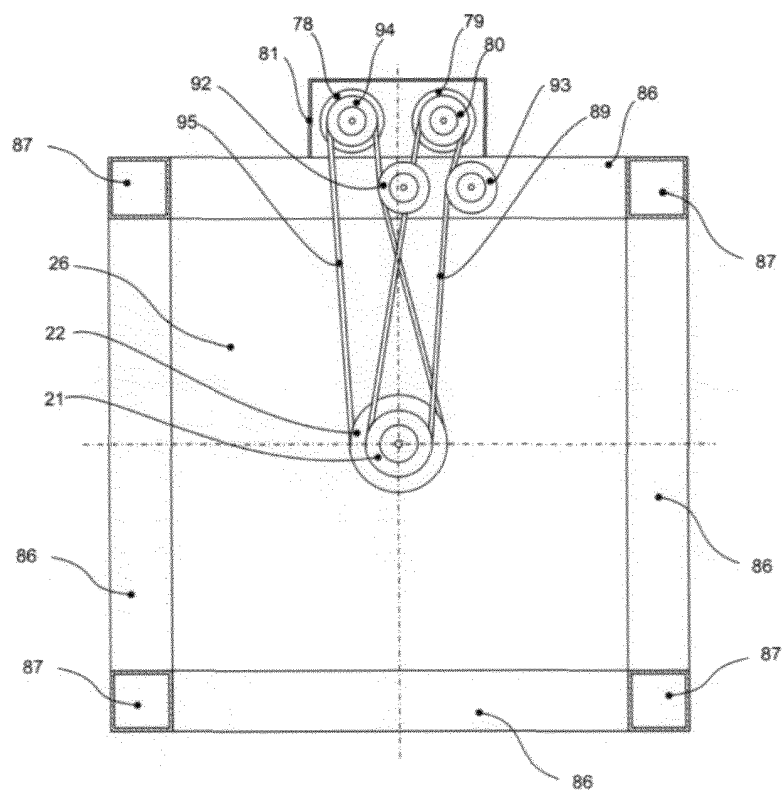
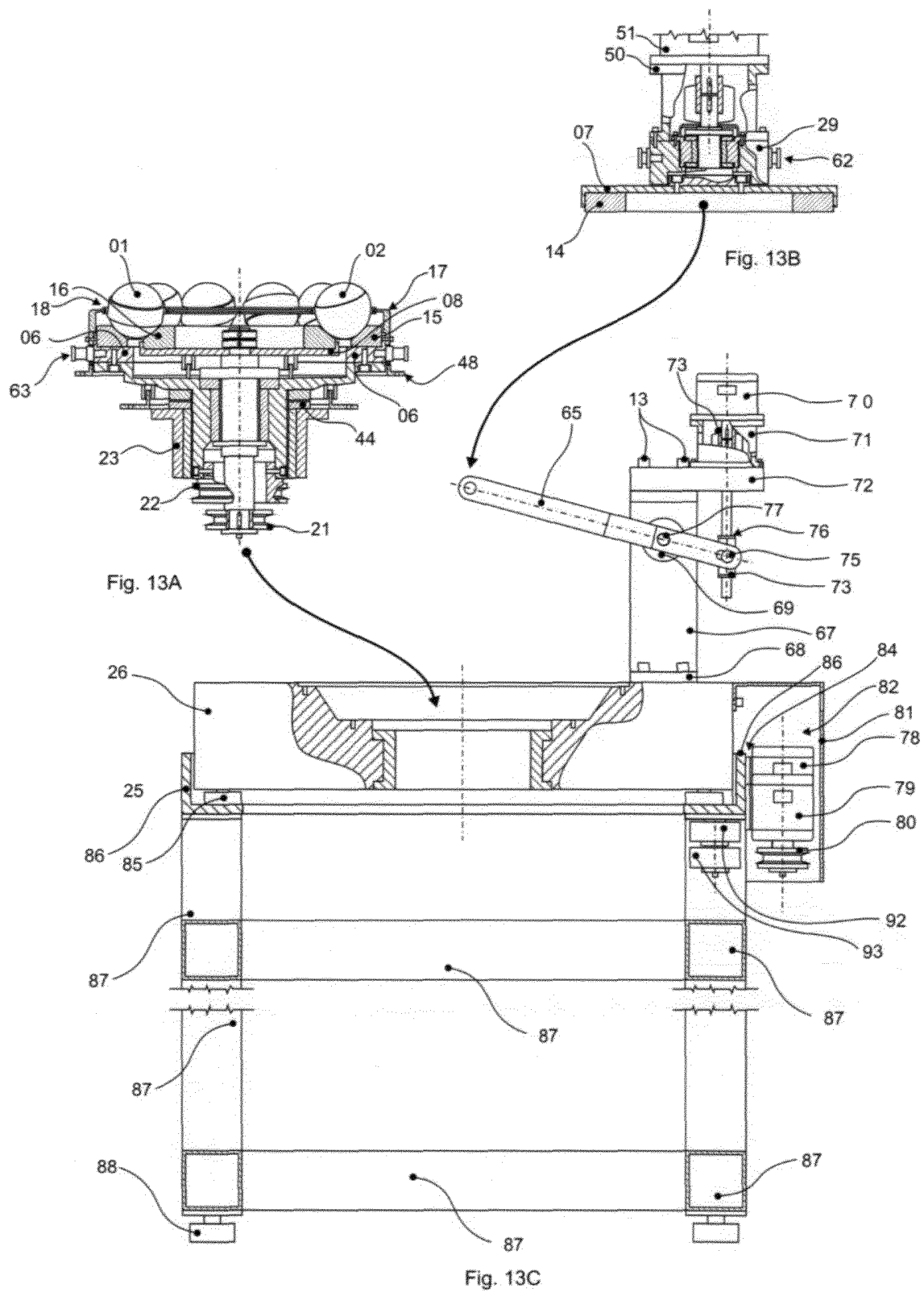


Fig. 12



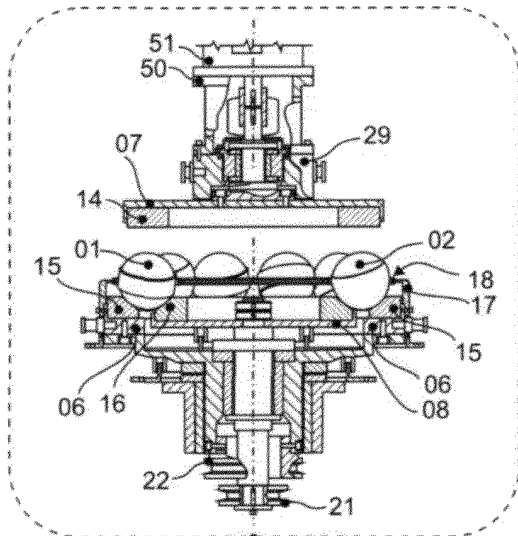


Fig. 14A

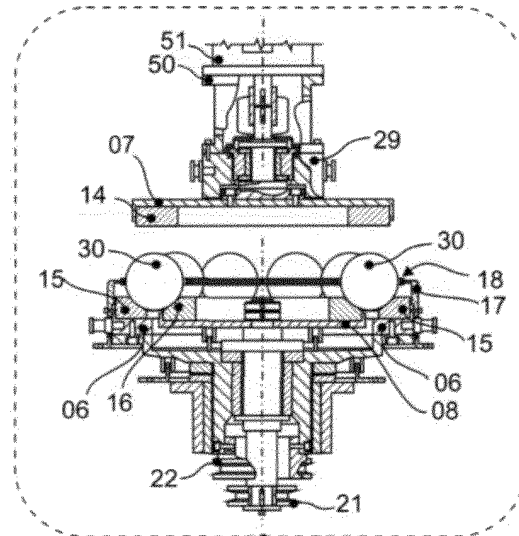


Fig. 14B

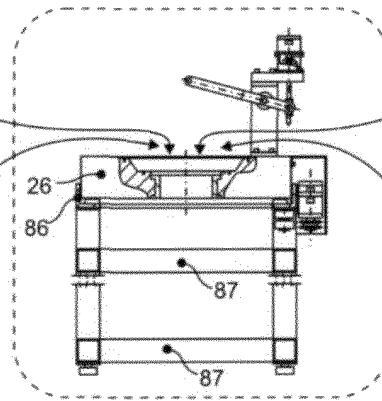


Fig. 14E

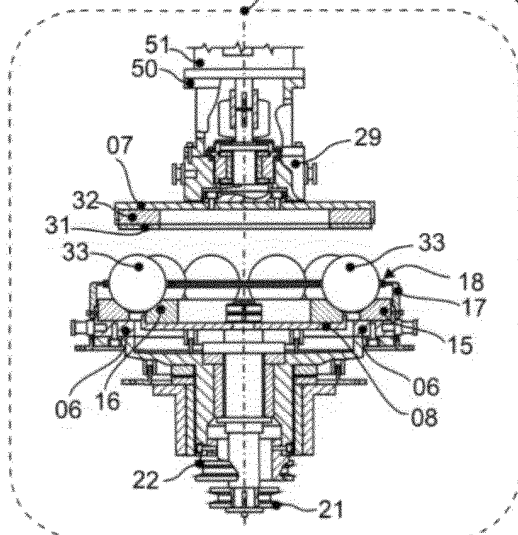


Fig. 14C

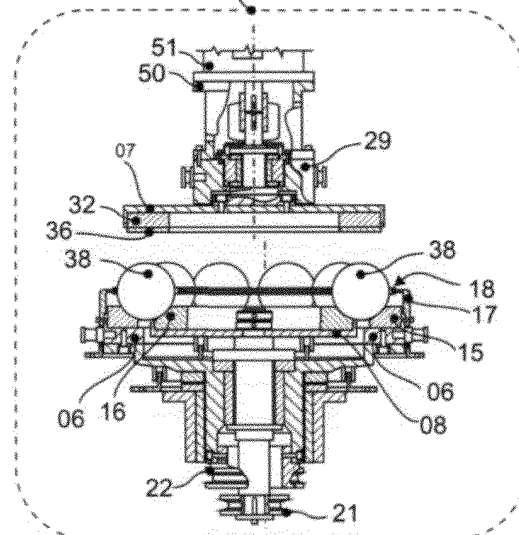


Fig. 14D

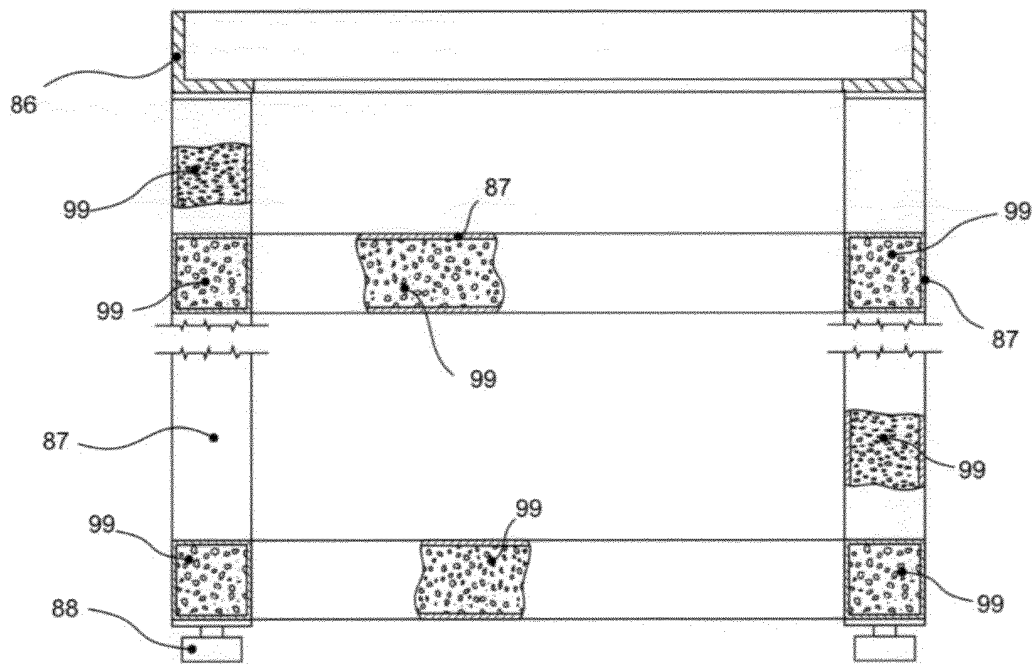


Fig. 15A

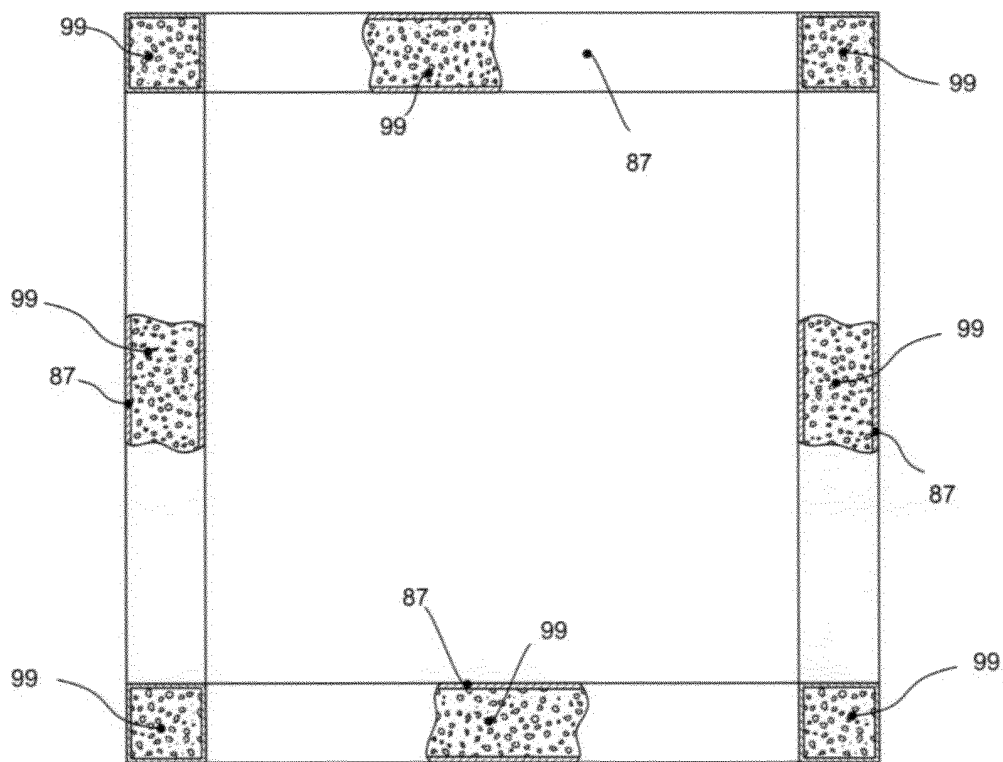


Fig. 15B

RESUMO**GERADORA DE ESFERAS DE CERÂMICAS**

A presente invenção se refere a uma máquina geradora de esferas de cerâmicas que realiza as quatro fases de usinagem esférica de cerâmicas de alumina, zircônia e compósitos desses materiais cerâmicos na produção de esferas e acetábulos para próteses cirúrgicas de recapeamento de quadril em materiais não metálicos e materiais cerâmicos em geral, e em particular, para a geração, retificação, lapidação e polimento de esferas de cerâmicas técnicas para artroplastias de articulações sinoviais esféricas de ossos longos - fêmures e úmeros. A geradora de esferas cerâmicas apresenta um elevado grau de amortecimento interno devido às suas estruturas de granito sintético que absorvem as vibrações internas usuais dos processos de usinagem de cerâmicas, proporcionando qualidade e precisão submicrométrica aos produtos gerados.