



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

(11) PI 0921621-9 B1



(22) Data do Depósito: 18/11/2009

(45) Data de Concessão: 03/11/2020

(54) Título: ENGRENAGEM E ARVORE DE BALANCEAMENTO PARA UM MOTOR DE PISTÃO

(51) Int.Cl.: C22C 37/04; F16F 15/26; F16H 55/06; F16H 55/17.

(30) Prioridade Unionista: 14/07/2009 EP 09009141.4; 19/11/2008 DE 1020080579475.

(73) Titular(es): METALDYNE ZELL VERWALTUNGS GMBH.

(72) Inventor(es): ROLAND NAGLER; JÖRG TRIESCHMANN.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009008185 de 18/11/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/057616 de 27/05/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 03/05/2011

(57) Resumo: ENGRENAGEM E ÁRVORE DE BALANCEAMENTO PARA UM MOTOR DE PISTÃO. Árvore de balanceamento (1) para um motor de pistão compreende um moente de mancal (2), sobre o qual a árvore de balanceamento é suportada, uma seção de engrenagem (10), sobre a qual uma engrenagem (5) é conectada de uma maneira bloqueada em rotação à mesma via um ajuste à pressão ou outra conexão de cubo da árvore, e uma seção não balanceada (8) tendo uma massa não balanceada integralmente conectada ou uma massa não balanceada (30) fixada nesta seção não balanceada usando elementos de máquina (31) ou via outra conexão de cubo da árvore. A árvore de balanceamento (1) pode alternadamente compreender material de ferro fundido ou aço no caso de uma montagem por atrito e seus moentes de mancal podem ser alternadamente implementados endurecidos ou também não endurecidos. Se a árvore de balanceamento for montada em mancais de roletes e se os corpos de roletes tiverem contato direto com a superfície do mancal, precisa ser implementado em um aço adequado e os moentes de mancal precisam ser sempre endurecidos. A engrenagem (5) sempre compreende ferro nodular e não é endurecida.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para: **“ENGRENAGEM E ÁRVORE DE BALANCEAMENTO PARA UM MOTOR DE PISTÃO”**.

DESCRIÇÃO

[001] A presente invenção se refere a uma árvore de balanceamento tendo uma engrenagem para um motor de pistão, tendo um moente de mancal, uma seção de engrenagem, e uma seção não balanceada.

[002] Em motores de pistão modernos, as árvores de balanceamento são usadas a fim de compensar a ocorrência de vibrações e desequilíbrios do motor. As forças de massa livre e torques de massa livre que ocorrem em motores de pistão monocilíndricos ou em motores de pistão multi-cilíndricos são reduzidas ou compensadas pelas árvores de balanceamento.

[003] É típico implementar estas árvores de balanceamento como partes forjadas. As partes forjadas são árvores semi-acabadas sobre as quais as engrenagens para acionar a árvore de balanceamento são forjadas, de modo que são conectadas às árvores de balanceamento. Alternativamente, as engrenagens podem também ser conectadas de uma maneira bloqueada em rotação à árvore de balanceamento via ajustes à pressão ou outras conexões de cubo da árvore. Isto é também verdade para massas em desequilíbrio sobre as árvores de balanceamento. Estas podem também ser forjadas sobre ou fixas nas mesmas via ajustes à pressão. Em algumas modalidades, as massas em desequilíbrio são também fixas usando elementos de máquina. Soldar as massas em desequilíbrio sobre as árvores de balanceamento é também conhecido.

[004] Na técnica anterior, o moente de mancal e as séries de engrenagens, isto é, as engrenagens da árvore, são endurecidas. Em alguns casos, a árvore inteira é também cimentada, nitrificada, ou nitrocarburizada. Na maioria dos casos, o tratamento térmico é realizado como endurecimento por indução. As engrenagens da árvore de balanceamento são sempre endurecidas no caso de árvores de balanceamento forjadas.

[005] As árvores de balanceamento feitas de ferro fundido são também

conhecidas, sobre as quais as engrenagens feitas de aço são ajustadas por contração. Os moentes de mancal desta modalidade são opcionalmente endurecidos por indução. As engrenagens feitas de aço são tipicamente cimentadas, em alguns casos a engrenagem é endurecida por indução.

[006] Além disso, a montagem atualmente predominantemente praticada das árvores de balanceamento em mancais de atrito está de modo crescente sendo completamente ou parcialmente substituída por uma montagem de roletes para o propósito de reduzir perdas de atrito no motor de combustão interna. A montagem de roletes das árvores de balanceamento é implementada tanto nos alojamentos da árvore de balanceamento como também diretamente no cárter cilíndrico.

[007] Para os motivos mencionados acima, o objeto é propor uma árvore de balanceamento melhorada, que seja econômica e seja adequada em particular em combinação com mancais de roletes para uso em motores de pistão.

[008] O presente objeto é alcançado por uma árvore de balanceamento para um motor de pistão tendo as características de acordo com a reivindicação 1.

[009] A árvore de balanceamento de acordo com a invenção para um motor de pistão reciprocante tem uma engrenagem feita de ferro fundido nodular e tem pelo menos um moente de mancal sobre o qual a árvore de balanceamento é montada. A engrenagem (roda dentada) é conectada de uma maneira bloqueada em rotação à árvore de balanceamento sobre pelo menos uma seção de engrenagem da árvore. Uma massa em desequilíbrio é posicionada sobre pelo menos uma seção não balanceada.

[010] Em contraste às árvores de balanceamento anteriormente conhecidas, em que engrenagens feitas de aço cimentado ou temperado e revenido tendo o respectivo tratamento térmico adequado são usadas, de acordo com a invenção, uma engrenagem feita de ferro fundido nodular tendo as características de acordo com a reivindicação 15 é usada. De acordo com a invenção, o ferro fundido tem uma especificação de material tendo componentes químicos e formação de microestrutura de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 12, que são especificadas em

mais detalhe no presente documento mais abaixo. Uma engrenagem sem endurecimento por condução da série de engrenagens é particularmente preferivelmente usada.

[011] Em uso, a engrenagem da árvore de balanceamento coopera com uma engrenagem sobre o virabrequim ou com engrenagens intermediárias posicionadas entre a árvore de balanceamento e o virabrequim. As árvores de balanceamento são usualmente operadas descarregadas em motores de combustão interna, embora uma bomba de óleo ou também uma bomba d'água seja acionada em alguns casos; não obstante, surgem torques em curto prazo e forças de significativa magnitude, que agem na árvore de balanceamento. A irregularidade rotacional dos motores de combustão interna induz estes torques, junto com a inércia de massa intrínseca às árvores de balanceamento. Picos de carga ocorrem algumas vezes, o que particularmente atua na engrenagem da árvore de balanceamento e pode ser muito alta.

[012] Em uma modalidade preferida, a roda dentada feita de ferro fundido de grafite esferoidal (ferro fundido nodular) é fixa na árvore de balanceamento via um ajuste à pressão ou via outras conexões de cubo da árvore que são conhecidas por aqueles técnicos no assunto. A árvore de balanceamento e a engrenagem são, portanto dois elementos independentes que são unidos durante o processo de produção. A árvore de balanceamento pode, portanto compreender um material diferente que a engrenagem.

[013] No contexto da invenção, um ajuste à pressão é entendido como uma técnica conexão mecânica em que um ajuste fixo ocorre após a união e forças longitudinal e lateral são transmitidas de uma maneira bloqueada em atrito. Uma conexão de cubo da árvore é entendida como um tipo de conexão em que torques e potências são transmitidos a um cubo, mas também forças axiais, forças laterais, e torques de flexão uma vez que são induzidos por séries de engrenagens helicoidais de engrenagens.

[014] A árvore de balanceamento é preferivelmente produzida de aço ou de um

aço de mancal de roletes tendo um alto componente de carbono, por exemplo, pelo menos 0,5%. Tal árvore de balanceamento é preferivelmente suportada via um mancal de atrito, particularmente preferivelmente via um mancal de roletes. Os moentes de mancal (pontos de mancal) podem ser endurecidos por indução quando montados em um mancal de roletes. Se mancais de roletes cujos corpos de roletes rodam diretamente nos moentes de mancal da árvore de balanceamento (pontos de mancal) forem usados, o uso de aço feito de material de árvore tendo um canal condutor endurecido por indução seria, portanto indispensável. O canal condutor é a superfície exterior ou superfície lateral da árvore que tem contato com os corpos de roletes do mancal de roletes. O uso de ferro fundido nodular como um material de árvore, mesmo tendo canal condutor endurecido por indução, não é durável neste caso.

[015] A massa em desequilíbrio é vantajosamente instalada sobre a seção não balanceada da árvore de balanceamento usando uma técnica de conexão conhecida via um ajuste de forma ou alternativamente de uma maneira bloqueada em atrito. A massa em desequilíbrio é de preferência integralmente formada sobre a árvore.

[016] Em uma modalidade preferida, a árvore de balanceamento e a engrenagem são produzidas do mesmo material. Ambas compreendem ferro fundido nodular. As propriedades do material podem ter as especificações preferidas mencionadas abaixo para ambos os elementos.

[017] O moente de mancal da árvore de balanceamento feito de ferro fundido nodular é preferivelmente implementado como não endurecido. A árvore inteira de balanceamento é particularmente preferivelmente não endurecida.

[018] Em uma modalidade preferida, a árvore de balanceamento e a engrenagem são integralmente formadas. Ambas são produzidas de ferro fundido. A engrenagem é também diretamente fundida como uma parte da árvore de balanceamento durante a produção (formação primária) da árvore de balanceamento integral. Processos subseqüentes, tal como soldagem ou ajustamento por contração das engrenagens, são eliminados. Além disso, a usinagem precisa nos pontos de juntas dos

componentes individuais é eliminada no caso da modalidade integral (peça única) da árvore de balanceamento com roda dentada. No contexto da invenção, foi estabelecido que esta árvore de balanceamento pode ser produzida em alguns processos comparativamente. É simultaneamente possível alcançar uma muito alta precisão da árvore, em particular as partes funcionalmente importantes que encerram a engrenagem. Somente custos baixos, portanto surgem para a formação primária. Foi também reconhecido que tal árvore de balanceamento tem uma alta capacidade de carregamento, que torna particularmente adequada para uso em motores de pistão.

[019] Em uma modalidade preferida, a engrenagem na seção de engrenagem da árvore de balanceamento é não endurecida. O procedimento de endurecimento é, portanto também eliminado durante a produção, que torna a engrenagem e, portanto a árvore de balanceamento, como um todo, muito econômica.

[020] No contexto da invenção, foi estabelecido que a função e durabilidade das engrenagens e/ou a árvore de balanceamento, se não endurecida ferro fundido nodular é usada, são fortemente dependentes da seleção da microestrutura básica. Foi também estabelecido que um alto alongamento à ruptura e alta resistência à ruptura bem como um bom comportamento ao desgaste podem ser alcançados por uma seleção adequada dos componentes do ferro fundido. As engrenagens tendo uma microestrutura adequada agüentam as cargas ocorrentes ou picos de carga mesmo quando acionadas diretamente pelo virabrequim. Uma composição adequada do ferro fundido tem um componente de carbono de 2,90 a 3,80% em massa. Um componente de carbono de 3,20 a 3,70% em massa é preferido, um componente de 3,35 a 3,65% em massa carbono sendo classificado como particularmente preferido. A microestrutura adequada tem um componente de massa de 1,5 a 3,5% em massa de silício, preferivelmente 2,2 a 3,5% em massa, e particularmente preferivelmente 2,5 a 3,3% em massa. O componente de silício pode ser selecionado adicionalmente a ou independentemente do componente de carbono.

[021] Além disso, foi provado ser vantajoso se o ferro fundido empregado tem um

componente de enxofre que tem no máximo 0,015% em massa. O componente de enxofre é preferivelmente menor que 0,01% em massa. O componente de magnésio no ferro fundido é para ter entre 0,025 e 0,07% em massa; um componente entre 0,025 e 0,05% em massa é preferido. O componente de cobre é para ter mais de 0,5% em massa, preferivelmente no intervalo entre 0,5 e 1,1% em massa.

[022] A fim de produzir comportamento ao desgaste adequado das engrenagens e/ou a árvore de balanceamento, uma microestrutura específica é para ser produzida no ferro fundido nodular. No contexto da invenção, foi reconhecido que o componente de perlita da microestrutura tem pelo menos 60%. O componente de ferrita desta microestrutura tem no máximo 40%. A fim de alcançar uma particularmente alta resistência ao desgaste, a microestrutura do ferro fundido preferivelmente tem um componente de perlita de 80 - 90% e preferivelmente tem um componente de ferrita de 10 a 20%. Valores de dureza das engrenagens e/ou a árvore de balanceamento de 200 a 300 HB podem ser assim estabelecidos. A dureza alcançável HB está preferivelmente no intervalo de 240 a 290 HB, preferivelmente a uma distância de pelo menos 4 mm na direção perpendicular desde a superfície lateral do componente (distância limite ≥ 4 mm).

[023] O termo "comportamento ao desgaste adequado" é entendido que signifique uma configuração de material cuja resistência à tração é pelo menos 600 N/mm², preferivelmente pelo menos 700 N/mm². A assim chamada tensão de escoamento $R_{p0,2}$ é pelo menos 380 N/mm², preferivelmente pelo menos 440 N/mm². O alongamento à ruptura é pelo menos 4%, preferivelmente pelo menos 8% a 10%, mas em qualquer caso preferivelmente não mais que 12%.

[024] A formação e distribuição de grafite dentro do ferro fundido têm mostrado ser um fator de influência adicional. As partículas de grafite e sua distribuição em forma e tamanho são para corresponder à classe VI/6 da norma EN ISO 945-1994 ou ainda mais refinado. A microestrutura do ferro fundido é, portanto preferivelmente implementada de tal maneira que a maior dimensão das partículas de grafite seja menor que 0,12 mm. A dimensão é particularmente preferivelmente menor que 0,08

mm. As propriedades das engrenagens podem ser melhoradas ainda mais se a maior dimensão das partículas de grafite esferoidal no ferro fundido for no máximo 0,06 mm. A distribuição mais uniforme possível é preferida. Tais qualidades de microestrutura são particularmente importantes para as altas velocidades de deslizamento sobre a série de engrenagens (roda dentada) e sobre os moentes de mancal que ocorrem em operação, em particular no caso da ocorrência simultânea de altas temperaturas e baixos valores de viscosidade dos óleos usados no motor.

[025] A roda dentada ou engrenagem de acordo com a invenção e/ou a árvore de balanceamento são distinguidas por um alongamento à ruptura superior a 8%. Este alongamento à ruptura desejado é alcançado via composição química alvo do ferro fundido. Um componente de manganês de no máximo 0,5% em massa é preferivelmente proporcionado no ferro fundido. O componente de manganês é particularmente preferivelmente entre 0,15 e 0,3% em massa. Adicionalmente ou alternativamente, o componente de fósforo no ferro fundido é para ser limitado a no máximo 0,05% em massa. Um componente de massa de no máximo 0,03% em massa é preferido.

[026] Os valores de ruptura e estiramento, que são alcançados por composições químicas alvo e são elevados sobre ferro fundido "normal" (não ligado), particularmente beneficiam os parâmetros de durabilidade comparativamente baixos; na roda dentada, estes são a base de dente alternando resistência de dobramento (s_{Fe}) e durabilidade de rolamento (s_{Hlim}). As forças de impacto que ocorrem durante a operação da árvore de balanceamento resultam em deformações nos dentes da roda dentada, que são essencialmente compostos da deformação de dobramento dos dentes e a deformação por causa do achatamento Hertziano dos flancos do dente. Os altos valores de alongamento à ruptura do material, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 13, em particular em combinação com a modalidade não endurecida da série de engrenagens, de acordo com a reivindicação 8, particularmente permitem que os requerimentos em relação à deformação de dobramento dos dentes e o achatamento Hertziano dos flancos do dente sejam

cumpridos. Estes mecanismos resultam em capacidade de transmissão mais alta da série de engrenagens, sob a suposição de base uniforme de dente alternando resistência de dobramento e durabilidade de rolamento (de acordo com valores de referência da literatura).

[027] As propriedades mecânicas que acompanham a microestrutura descrita acima do ferro fundido também permitem, com desenho adequado da série de engrenagens da roda dentada, o uso da árvore de balanceamento em motores a diesel e motores a gasolina de alto desempenho, por exemplo, que têm saída específica de 70 kW/l (kilowatts/litro). A engrenagem da árvore de balanceamento, portanto preferivelmente tem um dentado com uma razão de adendo ("alta série de engrenagens"). Isto é entendido que signifique uma implementação dos dentes individuais da roda dentada de tal maneira que o perfil do dente seja significativamente elevado em relação a uma modalidade normal. A altura do perfil do dente está tipicamente a um fator de dedendo superior a 1,25 e um fator de adendo superior a 1,0.

[028] Além de uma série linear de engrenagens da engrenagem da árvore de balanceamento, em que os flancos do dente se estendem paralelos ao eixo rotacional da roda dentada, uma série de engrenagens helicoidal provou ser particularmente positivo. A série de engrenagens tem um ângulo especificado ao eixo rotacional da engrenagem que não é igual a zero e está preferivelmente entre 5° e 40°. A série de engrenagens helicoidal da roda dentada tem um efeito de amortecimento na árvore de balanceamento baseado na mais uniforme curva de dureza de engate do dente, de modo que picos de carga ocorrentes são adicionalmente amortecidos.

[029] É essencial no caso da invenção que pelo menos uma roda dentada da árvore de balanceamento seja não endurecida. Este tipo de modalidade é contrário às árvores de balanceamento implementadas até este ponto, em que um valor muito grande foi estabelecido na resistência ao desgaste das rodas dentadas, por exemplo, por cimentação ou endurecimento por indução.

[030] Em conexão com esta invenção, os termos roda dentada e engrenagem

também incluem a engrenagem para corrente. Uma engrenagem para corrente não endurecida que é conectada à árvore de balanceamento é também um elemento acionador de ajuste de forma que é acionado por uma corrente envolvendo o mesmo, em contraste a uma roda dentada "normal", e não engata diretamente no elemento acionador de transmissão. As transmissões por corrente (transmissões envelope de ajuste de forma) são também usadas para acionar as árvores de balanceamento em motores de pistão reciprocantes.

[031] Um motor de pistão de acordo com a invenção tem um virabrequim e uma árvore de balanceamento, que é acionada pelo virabrequim, e que tem um moente de mancal sobre o qual é montada, e uma roda dentada seção, sobre a qual uma roda dentada é conectada de uma maneira bloqueada em rotação à árvore de balanceamento, por exemplo, via um ajuste à pressão ou outras conexões de cubo da árvore. A árvore de balanceamento tem uma seção não balanceada, que carrega uma massa em desequilíbrio, que é alternadamente integralmente formada na árvore ou é conectada usando um ou mais elementos de máquina. A roda dentada da árvore é produzida de ferro fundido nodular. A árvore por si mesma é preferivelmente não produzida de ferro fundido nodular, mas ao invés disso compreende aço e é adequada para montagem em mancais de roletes. A árvore de balanceamento pode alternadamente compreender aço ou um material de ferro fundido no caso de um mancal de atrito e seus moentes de mancal podem ser implementados alternadamente endurecidos ou também não endurecidos. Se a árvore de balanceamento for suportada em mancais de roletes e se os corpos de roletes tiverem contato direto com a superfície do mancal, a árvore precisa estar compreendida em um aço adequado e os moentes de mancal precisam ser sempre endurecidos. A roda dentada é sempre composta de ferro fundido nodular e não é endurecida.

[032] Em um motor de pistão de acordo com a invenção tendo as características de acordo com a reivindicação 15, a árvore de balanceamento tendo a roda dentada de acordo com a invenção pode ser instalada de tal maneira que a roda dentada engata na série de engrenagens incorporada sobre um virabrequim do motor ou em

uma roda dentada posicionada sobre um virabrequim. A roda dentada pode alternativamente também engatar em uma roda dentada de uma segunda árvore de balanceamento ou pode cooperar com uma roda dentada do virabrequim usando uma corrente.

[033] A invenção é explicada em mais detalhe no presente documento mais abaixo com base em modalidades preferidas ilustradas nas figuras. As características especiais mostradas nas mesmas podem ser usadas individualmente ou em combinação para proporcionar modalidades preferidas da invenção. As modalidades descritas não representam restrições da generalidade do assunto definido nas reivindicações. Nas figuras:

A Figura 1 mostra uma árvore de balanceamento de acordo com a invenção;

A Figura 2 mostra uma modalidade alternativa de uma árvore de balanceamento;

A Figura 3 mostra uma transmissão de árvore de balanceamento usando corrente de engrenagem;

A Figura 4 mostra uma transmissão de árvore de balanceamento usando dois pares de engrenagem;

A Figura 5 mostra uma transmissão de árvore de balanceamento usando corrente drive;

A Figura 6 mostra uma transmissão de árvore de balanceamento usando corrente de engrenagem via rodas intermediárias e secundárias rodas de transmissão de conjunto;

A Figura 7 mostra uma árvore de balanceamento de acordo com a invenção em modalidade completamente construída.

[034] Uma árvore de balanceamento 1 de acordo com a invenção feita de aço, em particular feita de aço de mancal de roletes tendo um componente de carbono de pelo menos 0,5%, inclui três moentes de mancal 2, 3, 4, três seções não balanceadas 7, 8, 9, e uma seção de roda dentada 10, em que uma roda dentada (engrenagem) 5

é posicionada. A roda dentada 5 é conectada de uma maneira bloqueada em rotação à árvore de balanceamento 1 via um ajuste à pressão ou outras conexões de cubo da árvore. O moente de mancal 4 e a roda dentada 5 são mostrados como uma seção parcial para a ilustração.

[035] A árvore de balanceamento 1 é suportada por três moentes de mancal 2, 3, 4 em um mancal alojamento. O posicionamento axial da árvore de balanceamento 1 é assegurado via o mancal 4.

[036] Pode ser inferido a partir da Figura 1 que a roda dentada 5, que é conectada de uma maneira bloqueada em rotação à árvore via um ajuste à pressão, tem uma série de engrenagens 11, que é implementada como uma série de engrenagens helicoidal, isto é, os flancos dos dentes individuais são inclinados a um ângulo pré-determinado, preferivelmente um ângulo entre 0° e 45°, em relação ao eixo rotacional da árvore de balanceamento 1.

[037] Uma modalidade alternativa de uma árvore de balanceamento 101 feita de ferro fundido nodular é mostrada na Figura 2, em que a roda dentada 110 é integral com a árvore 101. A árvore de balanceamento integral 101 inclui três moentes de mancal 102, 103, 104, três seções não balanceadas 105, 106, 107, e duas seções de roda dentada 108, 109 tendo duas rodas dentadas integralmente formadas 110, 111. A árvore de balanceamento 101 e as rodas dentadas 110, 111 preferivelmente têm as mesmas propriedades do material e a mesma composição de material. A árvore de balanceamento 101 é montada nos três moentes de mancal 102, 103, 104 em um alojamento de mancal. O moente de mancal do meio 103 é delimitado por duas saliências 112, 113. As duas saliências 112, 113 sobre o moente de mancal 103 asseguram o posicionamento axial da árvore de balanceamento 101 e são usadas como mancais axiais.

[038] A árvore de balanceamento 101 tem uma nervura 114, 115 sobre um lado em cada caso entre a roda dentada 110 e o segundo moente de mancal 103 bem como entre o segundo moente de mancal 103 e o moente de mancal traseiro 102. As seções não balanceadas 106, 107, cada uma tendo uma massa em desequilíbrio

106a, 107a, são posicionadas opostas às nervuras 114, 115. A seção não balanceada traseira 105 tendo a massa em desequilíbrio 105a junta o moente de mancal 102 e forma uma extremidade da árvore de balanceamento 101 com o orifício de centragem 116. As massas em desequilíbrio 105a, 106a, 107a são, portanto implementadas na área de aproximadamente 180° da árvore de balanceamento 101. Na modalidade exemplar mostrada, uma seção de árvore cilíndrica 117 junta a seção de roda dentada 108. Estende-se até o primeiro moente de mancal frontal 104, sobre o qual uma seção de roda dentada adicional 109 tendo a roda dentada 111 (engrenagem de transmissão para corrente) é posicionada, e também forma a outra extremidade da árvore de balanceamento 101.

[039] A árvore de balanceamento 101 mostrada no presente documento preferivelmente compreende um ferro fundido nodular, o ferro fundido preferivelmente tendo as propriedades de material descritas acima.

[040] Pode ser inferido a partir da Figura 2 que a roda dentada integralmente formada 108 da árvore de balanceamento 101 tem uma série de engrenagens 122, que é implementada como uma série de engrenagens helicoidal 123, isto é, os flancos dos dentes individuais são inclinados por um ângulo pré-determinado, preferivelmente um ângulo entre 0° e 45°, em relação ao eixo rotacional da árvore de balanceamento 101.

[041] A Figura 3 mostra uma disposição de árvore 12, que compreende um virabrequim 13 de um motor de pistão (motor de quatro cilindros em linha) e duas árvores de balanceamento 1a, 1b.

[042] O virabrequim 13 tem uma pluralidade de pinos de manivela 14, entre os quais redes de manivelas 15 são posicionadas. Uma das redes de manivelas 15 é posicionada de maneira rotacional e simétrica ao virabrequim 13. Esta rede de manivelas 15a carrega uma roda dentada de virabrequim 16, que é engatada com a roda dentada 10a da árvore de balanceamento 1a. A série de engrenagens 16a da roda dentada de virabrequim 16 é também uma série de engrenagens helicoidal que é engatada com a série de engrenagens helicoidal 17 da roda dentada 10a da árvore

de balanceamento 1a.

[043] A roda dentada 10a da árvore de balanceamento 1a engata diretamente na roda dentada de virabrequim 16 do virabrequim 13. A roda dentada de virabrequim 16 tipicamente consiste em aço temperado e revenido ou aço cimentado endurecido por indução. As rodas dentadas 10a e 10b são conectadas de uma maneira bloqueada em rotação à árvore de balanceamento 1a, 1b via um ajuste à pressão ou outras conexões de cubo da árvore. O material das rodas dentadas 10a, 10b é ferro fundido nodular. Por causa de suas propriedades, o material empregado precisa cumprir com os requerimentos em relação à deformação de dobramento dos dentes e achatamento Hertziano dos flancos do dente, que ocorrem devido aos picos de carga que surgem como um resultado da irregularidade rotacional do virabrequim 13 em combinação com as inércias de massa das árvores de balanceamento 1a, 1b. Desta maneira, os picos de torque são amortecidos e, portanto dano à roda dentada 10a da árvore de balanceamento 1a e a roda dentada de virabrequim 16 é prevenido de maneira confiável. A árvore de balanceamento 1a pode também consistir em ferro fundido ou aço.

[044] Uma vez que a roda dentada 10a da árvore de balanceamento 1a engata na roda dentada de virabrequim 16, a árvore de balanceamento 1a é referida como uma árvore de balanceamento de transmissão. Nesta disposição, a roda dentada 10a da primeira árvore de balanceamento 1a é simultaneamente engatada com a roda dentada 10b da segunda árvore de balanceamento 1b, de modo que a segunda árvore de balanceamento "acionada" 1b é acionada pela primeira árvore de balanceamento 1a. É, portanto referida como uma árvore de balanceamento acionada. Ambas as rodas dentadas 10a e 10b sobre as respectivas árvores de balanceamento 1a e 1b têm séries de engrenagens helicoidais 17, 18 que - preferivelmente como a série de engrenagens 16a da roda dentada de virabrequim 16 também - são implementadas como um dente de profundidade extra ("alta série de engrenagens").

[045] As árvores de balanceamento 1a, 1b, que são posicionadas no exemplo mostrado a seguir o virabrequim 13, têm um deslocamento de altura. Isto permite uma

corrente de roda que ocupa pouco espaço (isto é, uma disposição de roda tendo mais que duas rodas dentadas em um plano) compreendendo as três rodas dentadas 10a, 10b, 16, a roda dentada de virabrequim 16 somente sendo engatada com a roda dentada 10a da árvore de balanceamento de transmissão 1a, enquanto é também engatada com a roda dentada 10b da árvore de balanceamento 1b. Árvores de balanceamento de altura deslocadas são usadas de uma maneira alvo em algumas aplicações além das forças de massa para a redução parcial adicional do torque de motor alternante.

[046] Em uma modalidade preferida, as rodas dentadas 10a, 10b são produzidas por gravação e subsequente geração de esmerilhamento. Desta maneira, as precisões requeridas podem ser produzidas.

[047] Alternativamente, as séries de engrenagens da roda dentada 17, 18 podem também ser produzidas por gravação e subsequente brunidura. As séries de engrenagens das rodas dentadas podem particularmente preferivelmente ser produzidas pela assim chamada fresagem de acabamento. Em uma etapa de trabalho adicional após o desbaste ou fresagem em desbaste, fresagem fina é realizada, de modo que a requerida precisão e alta acurácia podem ser alcançadas.

[048] A Figura 4 mostra uma disposição similar de árvore como na Figura 2, mas com a diferença que a corrente de roda - compreendendo três rodas dentadas - é substituída por dois pares de roda 10a, 10b, 10c, 16. A roda dentada adicional 10c é também unida via um ajuste à pressão na árvore de balanceamento de transmissão 1a e engata na roda dentada 10b da árvore de balanceamento 1b. As duas rodas dentadas 10b, 10c são também referidas como um estágio síncronico. O termo "estágio síncronico" é entendido como uma série de engrenagens que tem uma razão de transmissão 1:1.

[049] Uma aplicação adicional da árvore de balanceamento de acordo com a invenção correspondente à Figura 1 é mostrada na Figura 5. A Figura 5 mostra uma transmissão de árvores de balanceamento via uma corrente transmissão 20, como é também usada em motores de pistão. Uma engrenagem para corrente 21, que é

conectada de uma maneira de ajuste de forma ou bloqueada em atrito à árvore de balanceamento 1, é acionada através de uma corrente 22, que envolve ao redor da engrenagem para corrente 21, por uma engrenagem para corrente 23 localizada sobre o virabrequim 13.

[050] Uma aplicação adicional de árvores de balanceamento 1a, 1b de acordo com a invenção é mostrada na Figura 6. A Figura 6 mostra a transmissão da roda dentada para conjuntos secundários e árvores de cames de um motor de pistão. A ilustração é parcialmente mostrada sem as árvores associadas por razões de clareza. A roda dentada de virabrequim 24 é usada como uma roda de transmissão para uma roda dentada intermediária 25, que é posicionada entre a roda dentada de virabrequim 24 e a roda dentada 10a da árvore de balanceamento 1a.

[051] Além disso, a roda dentada de virabrequim 24 engata em uma roda dentada intermediária 26, que aciona as rodas dentadas 27, 28 de conjuntos secundários (não mostrada). A transmissão da roda dentada 10b da segunda árvore de balanceamento 1b é realizada começando da roda de virabrequim 24 via a corrente de roda das rodas dentadas 26, 28.

[052] As árvores de balanceamento podem assim também ser acionadas via outras rodas dentadas que engatam em uma roda dentada de virabrequim 16, 24. A posição de uma roda dentada de virabrequim de transmissão 16, 24 pode então ser localizada dentro de uma roda transmissão para acionar conjuntos secundários e transmissão de válvula ou sobre uma rede de manivelas 15 dependendo do conceito.

[053] Uma aplicação adicional da árvore de balanceamento 1 de acordo com a invenção correspondente à Figura 1 é mostrada na Figura 7. A Figura 7 mostra uma árvore cilíndrica 29 de igual diâmetro, sobre a qual uma massa em desequilíbrio 30 é fixa usando elementos de máquina 31. A árvore de balanceamento 1 é montada nos três pontos usando os mancais 2, 3, 4, que são implementadas como mancais de roletes 42, 43, 44. Os mancais são mostrados em seção parcial. Os dois mancais de roletes 42, 43 em ambos os lados da massa em desequilíbrio 30, que são implementados como dois mancais de agulhas 45, 46, são usados para absorver as

forças não balanceadas. A roda dentada (preferivelmente não endurecida) 5 feita de ferro fundido nodular é fixa via um ajuste à pressão na extremidade frontal da árvore de balanceamento 1. As forças axiais que ocorrem devido à série de engrenagens helicoidal 11 são absorvidas por um mancal de esferas 47 do mancal 4, que é instalado axialmente atrás da roda dentada 5.

REIVINDICAÇÕES

1. Árvore de balanceamento (1) para um motor de pistão, compreendendo uma engrenagem (5) e ter:

- um moente de mancal (2) sobre o qual a árvore de balanceamento (1) é suportada em um mancal,
- uma seção de engrenagem (10) sobre a qual a engrenagem (5) é fixa de uma maneira bloqueada em rotação com a árvore de balanceamento,
- uma seção não balanceada (8), em que uma massa em desequilíbrio é posicionada,

caracterizada por

a engrenagem (5) ser produzida de ferro fundido nodular e ter uma série de engrenagens não endurecida (11).

2. Árvore de balanceamento, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** por a engrenagem (5) ser fixada via um ajuste à pressão ou outras conexões de cubo da árvore na árvore de balanceamento (1).

3. Árvore de balanceamento, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizada** por a árvore de balanceamento (1) ser montada usando o moente de mancal (2) via mancais de atrito ou preferivelmente via mancais de roletes.

4. Árvore de balanceamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por a árvore de balanceamento (1) ser produzida de aço.

5. Árvore de balanceamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizada** por a árvore de balanceamento (1) ser produzida do mesmo material que a engrenagem (5).

6. Árvore de balanceamento, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada** por a árvore de balanceamento (1) e a engrenagem (5) serem integralmente implementadas.

7. Árvore de balanceamento, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **caracterizada** por a árvore de balanceamento (1) ser não endurecida.

8. Árvore de balanceamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por a engrenagem (5) e/ou a árvore de balanceamento (1) compreender ferro fundido, que tem um componente de carbono de 2,9 a 3,8% em massa, preferivelmente de 3,20 a 3,70% em massa, e particularmente preferivelmente de 3,35 a 3,65% em massa, e/ou um componente de silício de 1,5 a 3,5% em massa, preferivelmente de 2,2 a 3,5% em massa, e particularmente preferivelmente de 2,5 a 3,3% em massa.

9. Árvore de balanceamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por a engrenagem (5) e/ou a árvore de balanceamento (1) compreender ferro fundido, que tem um componente de manganês de menos de 0,5% em massa, preferivelmente de 0,15 a 0,3% em massa, e/ou um componente de fósforo de no máximo 0,05% em massa, preferivelmente no máximo 0,03% em massa.

10. Árvore de balanceamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por a engrenagem (5) e/ou a árvore de balanceamento (1) compreender ferro fundido que tem um componente de cobre de 0,5 a 1,1% em massa.

11. A árvore de balanceamento, de acordo com uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por a engrenagem (5) e/ou a árvore de balanceamento (1) compreender ferro fundido, que tem uma microestrutura que tem um componente de perlita de pelo menos 60%, preferivelmente de 80 a 90%, e um componente de ferrita de no máximo 40%, preferivelmente de 10% a 20%.

12. Árvore de balanceamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada** por a engrenagem (5) e/ou a árvore de balanceamento (1) compreender ferro fundido que inclui partículas de grafite esferoidal e cuja microestrutura é tal que a maior dimensão das partículas de grafite esferoidal é menor que 0,12 mm, preferivelmente menor que 0,08 mm, particularmente preferivelmente menor que 0,06 mm.

13. Árvore de balanceamento, de acordo com qualquer uma das

reivindicações anteriores, **caracterizada** por a engrenagem (5) ter séries de engrenagens (11) que são implementadas como dente de profundidade extra e têm um fator de dedendo de pelo menos 1,25 e um fator de adendo de pelo menos 1,0.

14. Roda dentada para uma árvore de balanceamento (1) de um motor de pistão, **caracterizada** por a árvore de balanceamento (1) ter uma seção de engrenagem (10), em que a engrenagem (5) é fixa de uma maneira bloqueada em rotação com a árvore de balanceamento (1), e a engrenagem (5) é produzida de ferro fundido nodular tendo os componentes químicos e a implementação de microestrutura de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 13.

15. Motor de pistão tendo um virabrequim e uma árvore de balanceamento acionada pelo virabrequim, em particular uma árvore de balanceamento (1), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por a árvore de balanceamento (1) incluir:

- um moente de mancal (2), sobre o qual a árvore de balanceamento (1) é montada,
- uma seção de engrenagem (10), sobre a qual uma engrenagem (5) é conectada de uma maneira bloqueada em rotação à árvore de balanceamento (1),
- uma seção não balanceada (8), que carrega uma massa em desequilíbrio,

em que a engrenagem (5) é produzida de ferro fundido nodular.

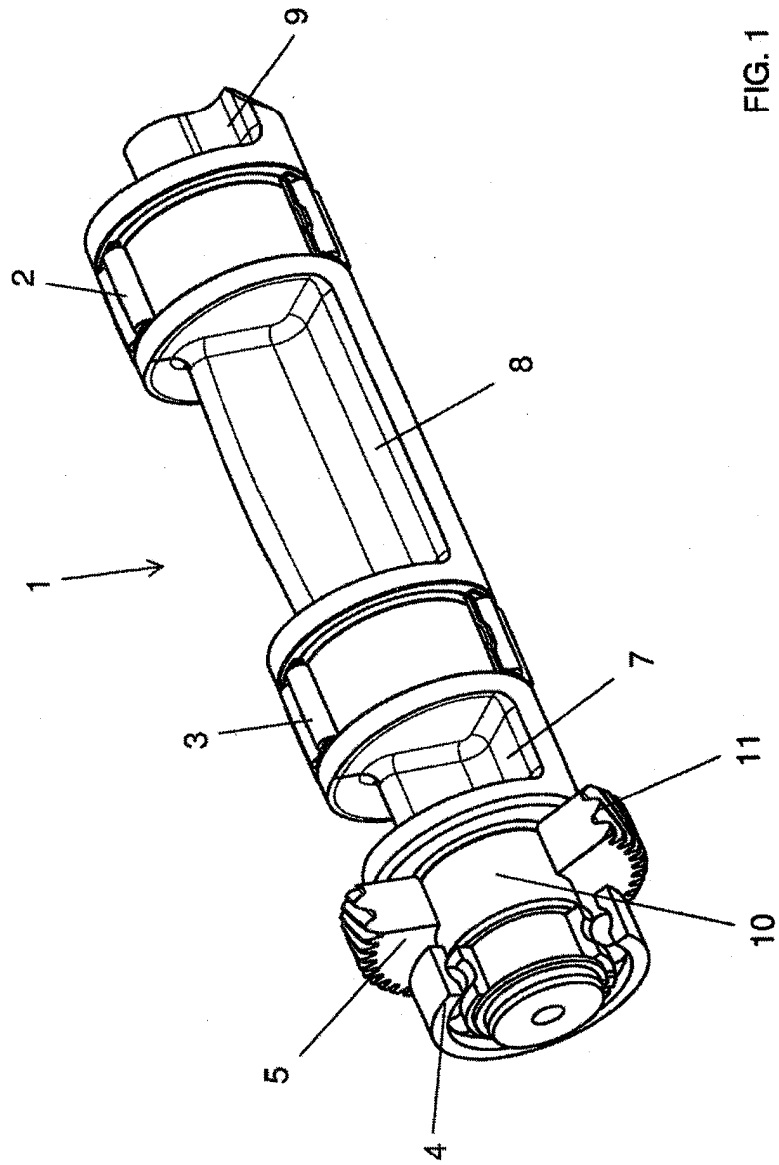


FIG. 1

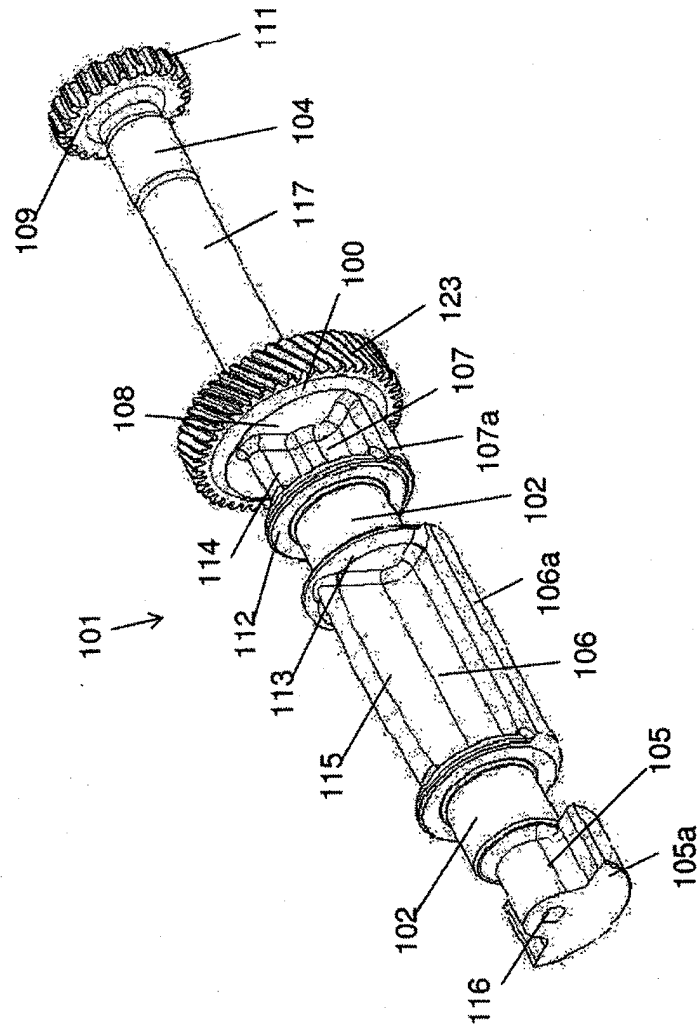


FIG. 2

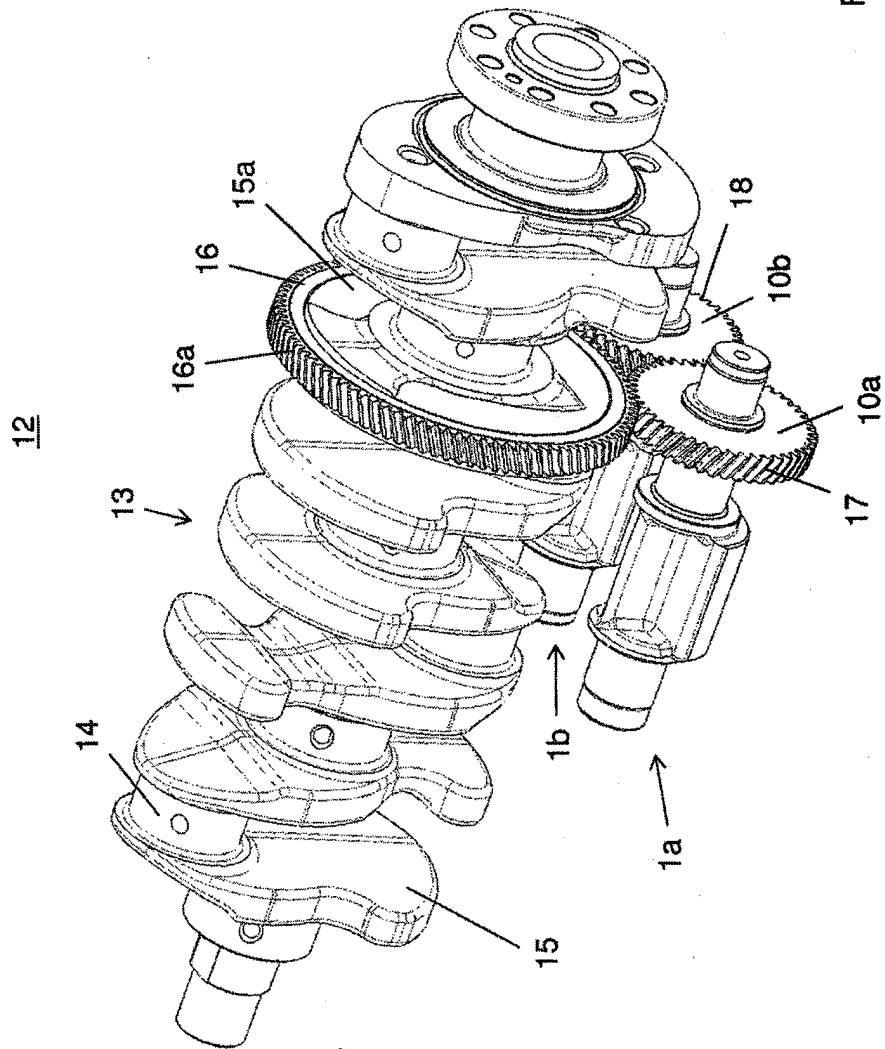


FIG. 3

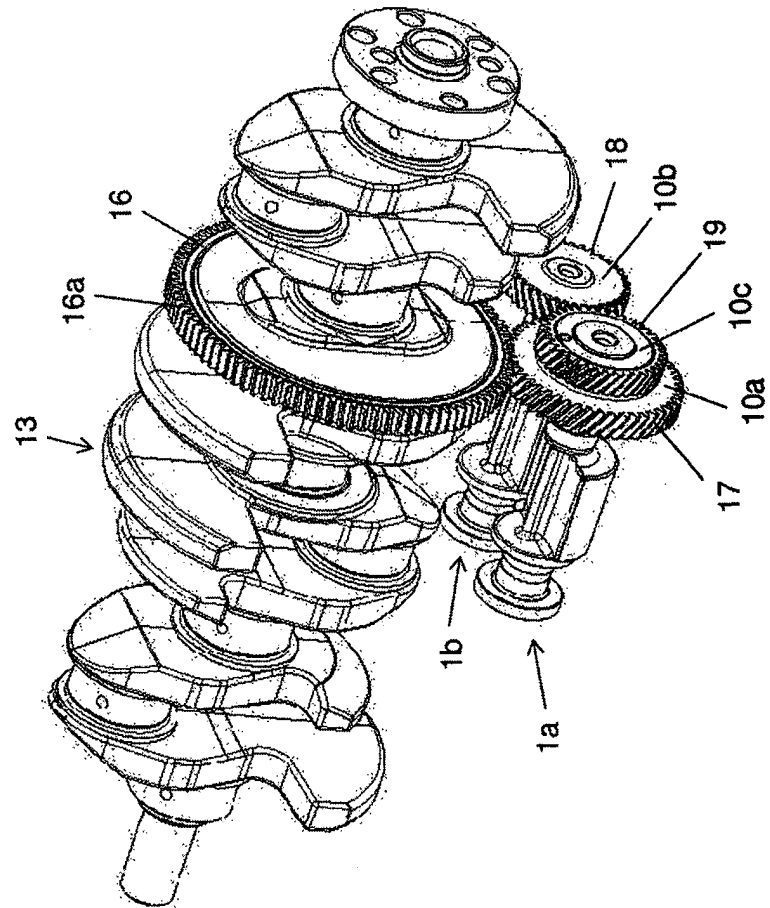


FIG. 4

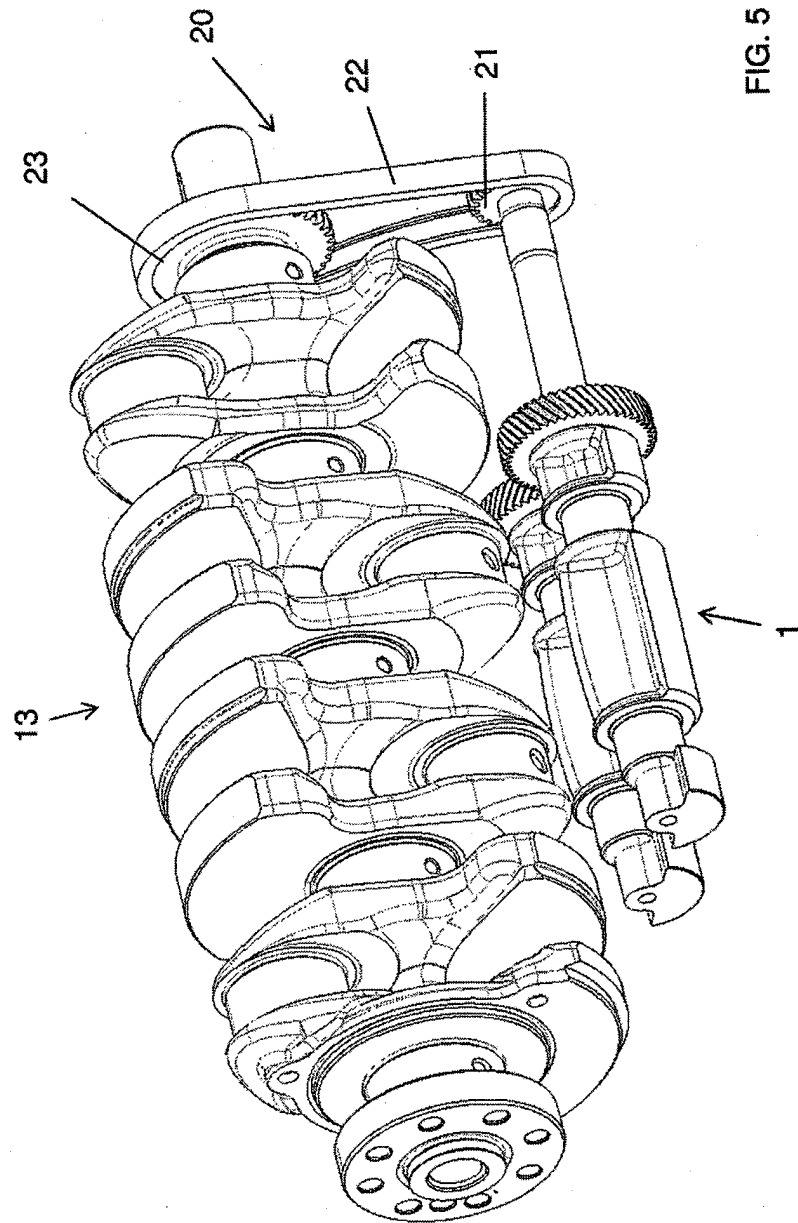


FIG. 5

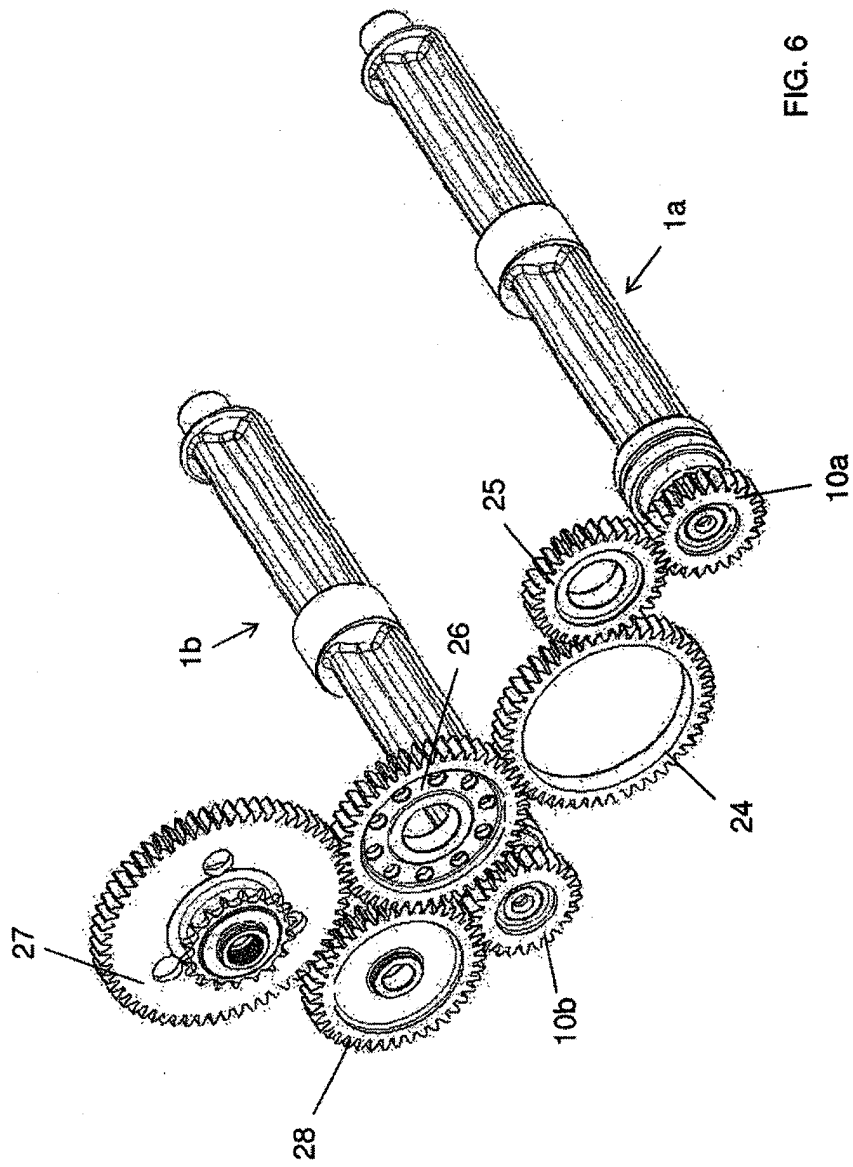


FIG. 6

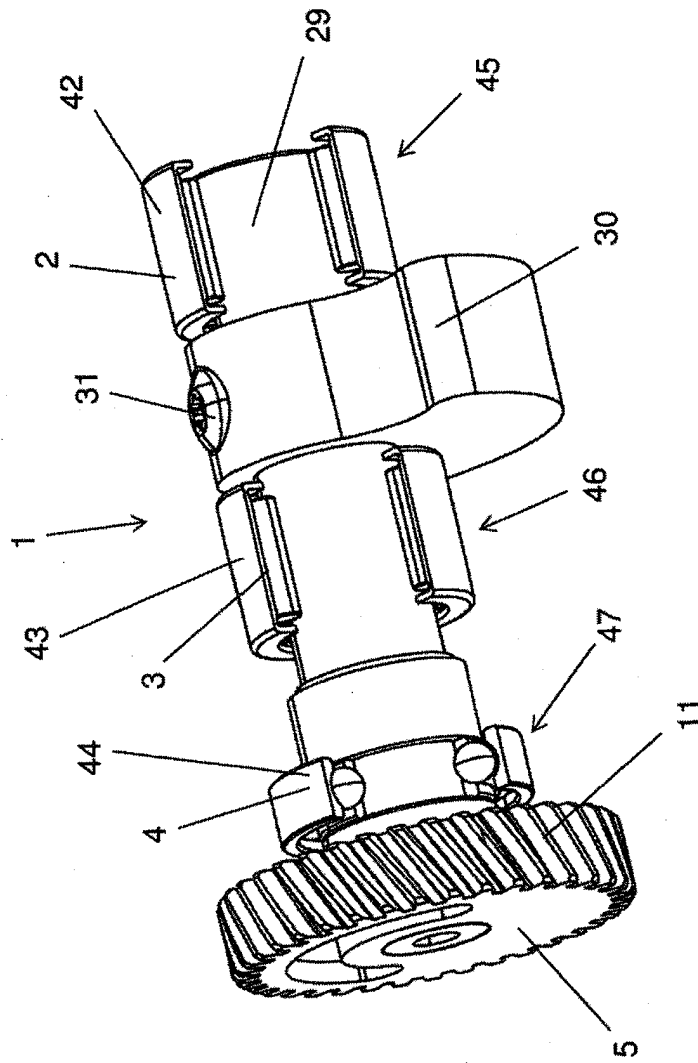


FIG. 7