



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

(21) PI 1104635-0 A2



(22) Data de Depósito: 05/09/2011

(43) Data da Publicação: 07/07/2015
(RPI 2322)

(54) Título: MÉTODO PARA BALANCEAR UM CONJUNTO DE RODAS

(51) Int.Cl.: F16F15/32; B60B15/28

(52) CPC: F16F15/324; B60B15/28

(30) Prioridade Unionista: 13/09/2010 US 12/880298

(73) Titular(es): GM Global Technology Operations LLC

(72) Inventor(es): Kenneth L. Oblizajek

(57) Resumo: MÉTODO PARA BALANCEAR UM CONJUNTO DE RODA. Um método para balancear um conjunto de roda. Em um primeiro aspecto, pesos de balanceamento corretivos e a posição dos mesmos são determinados por um balanceador e um peso de balanceamento corretivo o mais próximo do mesmo é escolhido, assim como um mais alto e um mais baixo incrementos de peso para cada plano; os pesos escolhidos são emparelhados para proporcionar um residual minimizado e são então ligados aos planos do conjunto de roda. Em um segundo aspecto, pesos de desbalanceamento são determinados por um balanceador; um par de pesos de balanceamento corretivos, um pelo menos 1/2 do peso de desbalanceamento determinado, é escolhido, cada um do par separado por ângulo de posição determinados para minimizar o residual e depois eles são respectivamente ligados ao(s) plano(s) de balanceamento coretivo(s) do conjunto de rodas

“MÉTODO PARA BALANCEAR UM CONJUNTO DE RODAS”

CAMPO TÉCNICO

A presente invenção se refere a conjuntos de rodas de veículo e mais particularmente ao balanceamento dinâmico de conjuntos de rodas.

5 ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

O balanceamento de rodas, também frequentemente chamado de desbalanceamento de rodas, não balanceamento de rodas, balanceamento de pneus, desbalanceamento de pneus ou não balanceamento de pneus, relaciona-se com a distribuição de massa dentro de um pneu de veículo e da
10 roda a que ele é fixado. Aqui, o pneu de veículo e a roda a que ele é fixado, incluindo a haste e sensor de pressão da haste, se assim equipado, são denominados “conjunto de roda”. Quando um conjunto de roda gira, uma distribuição não uniforme de massa em torno do eixo de giro pode fazer um conjunto de roda produzir forças periódicas e momentos na frequência da
15 velocidade de rotação da roda. Estes forças e momentos podem dar origem a perturbações sustentadas, usualmente vibrações verticais e longitudinais e podem ser considerados objetáveis pelos ocupantes do veículo. Além do mais, as forças e momentos produzidos por estas desuniformidades na distribuição de massa se originam em mecanismos inerciais, resultando em um aumento
20 monotônico das amplitudes com a velocidade. Além disso, as suspensões do veículo podem ser desproporcionalmente excitadas pelas forças não balanceadas quando a velocidade de um conjunto de roda atinge um ponto em que sua frequência de rotação coincide com uma frequência ressonante da suspensão produzindo perturbações elevadas detectáveis pelos ocupantes. A
25 ocorrência potencial destas perturbações perceptíveis originárias de excitação de desbalanceamento isoladamente ou em combinação com outras excitações de força e momento internamente geradas nos fusos do veículo, criadas por operação comum do veículo nas velocidades de uso, demanda atenção. Os pneus são portanto inspecionados quanto a balanceamento nas fábricas de

pneus; conjuntos de rodas são inspecionados nas unidades de montagem de veículos e oficinas de reparo por um de dois métodos: balanceamento estático e balanceamento dinâmico. Pneus com desbalanceamento excessivo são re-trabalhados, rebaixados de categoria ou rejeitados. Quando os pneus são encaixados nas rodas para produzir um conjunto de roda nas unidades de montagem de veículos, operações de sub-montagem anteriores à entrega às unidades de montagem de veículos ou o ponto de venda em lojas a varejo ou, um conjunto de roda é medido quanto a balanceamento e pesos de correção são o mais tipicamente aplicada à roda do conjunto de roda para contrariar o desbalanceamento.

O balanceamento estático pode ser medido por uma máquina de balanceamento estático onde um conjunto de roda é tipicamente colocado horizontalmente sobre uma ferramenta de fuso não rotativo com liberdade para angular em torno de um pivô sobre o eixo de giro pretendido, verticalmente orientado. Atua-se sobre a distribuição de massa por gravidade, e a localização sobre um conjunto de roda onde o efeito integrado da distribuição de massa é o maior faz a ferramenta de fuso defletir para baixo nesse ponto. A quantidade de deflexão indica a magnitude do desbalanceamento efetivo. O ângulo da deflexão indica a localização angular do desbalanceamento efetivo. Nas fábricas de produção de pneus, balanceadores estáticos operam pelo uso de sensores montados no conjunto de fuso. Em lojas a varejo de pneus shops, balanceadores estáticos são usualmente balanceadores de bolha não rotativos, onde a magnitude e o ângulo do desbalanceamento de conjunto de roda é indicado pela posição da bolha central em um medidor visual de vidro cheio de óleo.

O balanceamento dinâmico descreve as forças geradas pela y distribuição de massas irregular particular quando um conjunto de roda é girado, usualmente a uma velocidade relativamente alta. O balanceamento dinâmico é mais detalhado do que balanceamento estático isoladamente,

porque tanto as forças dinâmicas quanto os momentos de um conjunto de roda são medidos e tenta-se corrigir os mesmos. Estas máquinas dinâmicas tipicamente detectam múltiplas foras de reação de um fuso rígido à medida que o pneu gira a suficiente velocidade para possibilitar detecção das forças criadas inercialmente. Na fábrica de produção de pneus, o pneu é montado sobre uma roda de teste de máquina de balanceamento, o conjunto é acelerado a uma velocidade de 300 RPM ou mais alta, e sensores medem as múltiplas forças de desbalanceamento à medida que o pneu gira. Estas forças são por fim resolvidas em valores equivalentes estáticos e de binário (i.e., momento ou torque), usando técnicas bem conhecidas na arte. Estas forças e estes momentos são ainda transformados em quantidades de desbalanceamento equivalentes nos planos interno e externo da roda, e comparados às tolerâncias de desbalanceamento (os limites de fabricação máximos permissíveis). As metodologias e os processos evoluíram através dos anos para lidar com a determinação de um centróide de massa efetivo dentro da capa do pneu e do conjunto de roda cuja localização não está sobre o eixo de giro. Estes podem ser matematicamente conceituados como aplicações das primeiras integrais de massa para determinação das contribuições de primeira ordem da distribuição de massas a sistemas de força inerciais periódicos que ocorrem nos fusos. Embora outros harmônicos de distribuição de massa possam se tornar significantes devido ao pneu deformável, e deste modo, produzir níveis de perturbação perceptíveis, aqueles associados com os primeiros momentos de massa contribuem para uma porcentagem a desproporcionalmente grande de queixas de vibração.

Em lojas de pneu a varejo, conjuntos de rodas são checados sobre um balanceador de giro dinâmico, que determina dois pesos de balanceamento corretivos e respectivos ângulos correspondentes para cada peso de balanceamento corretivo, com respeito a uma referência angular determinada pelo balanceador de giro, em que cada peso de balanceamento

corretivo deve ser colocado a um raio predeterminado em cada um de dois planos separados predeterminados para tentar minimizar o torque e as forças estáticas e também minimizar os residuais de torque e balanceamento estático de modo a to corrigir desbalanceamento estático e dinâmico do conjunto de
5 roda dentro de um limite predeterminado para residual de torque de um conjunto de roda como determinado pelo balanceador de giro.

Nas instalações de fabricação e montagem, os dois planos separados e o raio para afixar os pesos de balanceamento corretivos de cada um dos dois planos separados são predeterminado pelo projeto de um
10 conjunto de roda. Por exemplo, um primeiro plano predeterminado pode ser aquele que é perpendicular ao eixo de rotação de um conjunto de roda no flange externo da roda e o raio predeterminado no primeiro plano pode ser aquele desde o eixo de rotação de um conjunto de roda até o aro do flange externo da roda; enquanto que um segundo plano predeterminado pode ser
15 aquele que é perpendicular ao eixo de rotação de um conjunto de roda e no flange interno da roda, e o raio predeterminado no segundo plano pode ser aquele desde o eixo de rotação de um conjunto de roda até o aro do flange interno da roda.

Porém, pesos de balanceamento corretivos usualmente têm
20 valores discretos definidos por um peso incremental mínimo predeterminado, por exemplo o peso incremental mínimo predeterminado pode ser 7,08 g, resultando em pesos de balanceamento corretivos discretos adjacentes disponíveis variando por incrementos de 7,08 g. Como tal, os dois pesos de balanceamento precisos requeridos (um peso de balanceamento para cada
25 plano) determinados pelo balanceador de giro pode não estar disponível. Em uma prática corrente, cada um dos dois pesos de balanceamentos precisos determinados pelo balanceador de giro é arredondado para o peso de balanceamento corretivo disponível mais próximo para produzir dois pesos de balanceamento corretivos selecionados “os melhores”. Este método é aqui

chamado de o método de “arredondamento”. Os dois pesos de balanceamento corretivos disponíveis selecionados, se diferentes dos dois pesos de balanceamentos determinados pelo balanceador de giro, como é usualmente o caso, não podem satisfazer simultaneamente balanceamento estático e/ou de torque de um conjunto de roda se colocados nos respectivos ângulos correspondentes para os dois pesos de balanceamentos precisos determinados pelo balanceador de giro.

Elaborando ainda a prática comum da arte antecedente, o método de arredondamento envolve recalcular os ângulos para cada peso de balanceamento corretivo selecionado para serem colocados em cada raio predeterminado de cada um dos dois planos predeterminados separados a fim de tentar corrigir da melhor forma forças de desbalanceamento estático de um conjunto de roda como determinadas pelo balanceador de giro minimizando o residual para balanceamento estático dentro de um limite predeterminado para residual de torque. As técnicas para determinar e calcular torque e forças estáticas e torque e residuais estáticos para corrigir forças de desbalanceamento estático de um conjunto de roda dentro de um predeterminado limite para residual de torque do método de arredondamento são bem conhecidas dos praticantes da arte. Em muitos casos, porém, esta prática comum é insatisfatória, deixando altos residuais estáticos ou de torque.

A figura 1 ilustra um conjunto de roda 102 tendo um eixo de rotação 104 (i.e., o eixo de roda do veículo), um pneu 106, a roda 108, um segundo eixo 110, e um terceiro eixo 112. Como um primeiro exemplo do método de balanceamento de roda da técnica anterior e usando o método de arredondamento, um conjunto de roda 102 tem um desbalanceamento estático equivalente total de 63,5 g como determinado por um balanceador de giro, representado na figure 2, visto ao longo do terceiro eixo 112, de um primeiro peso de desbalanceamento preciso 114 de 31,75 g ocorrendo em um primeiro raio predeterminado 116 em um primeiro plano predeterminado 118 e um

segundo peso de desbalanceamento preciso 120 de 31,75 g ocorrendo em um segundo raio predeterminado 122 em um segundo plano predeterminado 124, axialmente deslocado ao longo da direção do eixo de giro a partir daquele do primeiro plano predeterminado. Com a colocação restrita de pesos de correção dentro dos dois planos predeterminados 118 e 124, um conjunto de roda 102 requer dois pesos de balanceamento corretivos iguais de 31,75 g colocados em pontos 126 e 128 com raios 130 e 132, respectivamente, como determinado por um balanceador de giro a fim de balancear um conjunto de roda em que raios 116, 122, 130, e 132 são iguais. A figura 3, vista ao longo do segundo eixo 110, ilustra a localização dos dois pesos de desbalanceamento precisos de 31,75 g 114 e 120 assim como pontos 126 e 128.

Assumindo a disponibilidade de pesos de balanceamento corretivos apenas em incrementos de 7,08 g, o peso de balanceamento corretivo o mais próximo que pode ser obtido para 31,75 g é um peso de balanceamento corretivo selecionado de 28,3 g. A figura 4, vista ao longo do terceiro eixo 112, ilustra os dois pesos de balanceamento corretivos selecionados de 28,3 g 134 e 136 colocados em pontos 126 e 128, respectivamente. Em conjunção com os dois pesos de desbalanceamento precisos de 31,75 g 114 e 120, os dois pesos de balanceamento corretivos selecionados de 28,3 g 134 e 136 colocados em pontos 126 e 128 não produzem qualquer desbalanceamento residual de torque mas sim produzem um desbalanceamento residual estático de 6,8 g de um conjunto de roda 102, devido ao uso de pesos de balanceamento corretivos discretos disponíveis selecionados, incrementos de peso de balanceamento discreto e o método de arredondamento. As técnicas usadas para determinar desbalanceamento residual de torque e estático de um conjunto de roda 102 dentro de um limite predeterminado para residual de torque são bem conhecidas dos praticantes da arte.

Como a segundo exemplo do método da arte anterior de balanceamento de roda, um conjunto de roda 102 tem um desbalanceamento estático preciso total de 106,3+ g como determinado por um balanceador de giro, equivalentemente representado na figura 5, vista ao longo do terceiro eixo 112, de um primeiro peso de desbalanceamento preciso 114' de 53,15+ g ocorrendo em um primeiro raio predeterminado 116 de um primeiro plano predeterminado 118 e um segundo peso de desbalanceamento preciso 120' de 53,15+ g ocorrendo em segundo raio predeterminado 122 de um segundo plano predeterminado 124. (O sufixo '+' em seguida aos números significa um incremento extremamente pequeno, não nulo sobre o valor do número.) Com a colocação restrita de pesos corretivos dentro dos dois planos predeterminados 118 e 124, um conjunto de roda 102 requer dois pesos de balanceamento corretivos iguais de 53,15+ g colocados em pontos 126 e 128 com raios 130 e 132, respectivamente, como determinado por um balanceador de giro, para balancear um conjunto de roda, em que raios 116, 122, 130, e 132 são iguais. A figura 6 vista ao longo do segundo eixo 110 ilustra a localização dos dois pesos de desbalanceamento precisos de 53,15+ g 114' e 120' assim como os pontos 126 e 128.

Assumindo a disponibilidade de pesos de balanceamento corretivos apenas em incrementos de 7,08 g e um limite predeterminado para residual de torque de 7,08 g, a seguinte situação surge ao se tentar balancear o conjunto. O peso de balanceamento corretivo o mais próximo que pode ser obtido de to 53,15+ g é um peso de balanceamento corretivo selecionado de 56,7 g. Como determinado por um balanceador de giro e aplicando o método de arredondamento, um conjunto de roda 102 requer dois pesos de balanceamento corretivos selecionados iguais de 56,7 g colocados em pontos 126' e 128' com projeções de raios 130' e 132' respectivamente, a um ângulo $\alpha = 7,2$ graus, 150, no primeiro plano predeterminado 118 e $\alpha' = 7,2$ graus, 152, no segundo plano predeterminado 124, como ilustrado nas figuras 7 e 8,

para balancear um conjunto de roda, em que projeções de raios 130' e 132' são iguais e raios 116 e 122 são iguais.

A figura 8, vista ao longo do terceiro eixo 112, ilustra os dois pesos de balanceamento corretivos selecionados de 56,7 g 138 e 140 colocados em pontos 126' e 128', respectivamente. Em conjunção com os dois pesos de desbalanceamento precisos de 53,15+ g 114' e 120', os dois pesos de balanceamento corretivos selecionados de 56,7 g 138 e 140 colocados em pontos 126' e 128' produzem um desbalanceamento residual de torque de 7,08 g e um desbalanceamento residual estático de 6,23 g de um conjunto de roda 102 devido ao uso de pesos de balanceamento discretos corretivos selecionados, incrementos de peso de balanceamento discretos e o método de arredondamento, determinados por técnicas bem conhecidas dos praticantes da arte.

A figura 9, vista ao longo do segundo eixo 110, ilustra a localização hipotética dos dois pesos de desbalanceamento precisos de 53,15+ g 114' e 120' e a colocação real dos dois pesos de balanceamento corretivos selecionados de 56,7 g 138 e 140 colocados em pontos 126' e 128' tendo projeções de raios 142 e 144, respectivamente, em que as projeções de raios 142 e 144 são iguais.

Vai ser mostrado em seções subsequentes contrastando os exemplos específicos dados no que precede que o método de arredondamento da técnica anterior é limitado devido aos residuais resultantes ao se tentar minimizar as forças estáticas e torque e os residuais de balanceamento estático e de torque para corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda dentro de um limite predeterminado para residual de torque.

Consequentemente, o que é necessário na técnica é um método para minimizar forças estáticas e torque e os residuais de balanceamento estático e de torque para corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda dentro de um limite predeterminado para residual de torque

com respeito ao o método da arte anterior pesos de balanceamento discretos e incrementos de peso de balanceamento discretos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção é um método para minimizar ou eliminar
as forças estáticas e torque e residuais de balanceamento de torque e estático
para corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda
dentro de um limite predeterminado para residual (ou erro) de torque
resultando em uma melhoria de desempenho, observável em residuais estático
e de torque, em relação ao método da arte anterior, obrigando ambos os
10 métodos a usar pesos de balanceamento corretivos discretos disponíveis em
incrementos de peso de balanceamento discretos idênticos.

Um primeiro aspecto da presente invenção é um a método de
selecionar um a par de pesos de balanceamento corretivos dentre uma
multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos, pelo que
15 cada peso do par selecionado de pesos de balanceamento corretivos deve ser
avaliado, como anteriormente descrito, em um raio predeterminado e ângulo
respectiva ângulo correspondente, com respeito a uma referência angular
predeterminada, em cada um de dois planos predeterminados separados para
deste modo minimizar as forças estáticas e torque e residuais de
20 balanceamento de torque e estático a fim de corrigir desbalanceamento
estático e dinâmico de conjunto de roda dentro de um limite predeterminado
para residual de torque de um conjunto de roda.

A multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos
candidatos é baseada sobre os dois pesos de desbalanceamento precisos
25 determinados por um balanceador de giro dinâmico e respectivos ângulos
correspondentes para cada peso de balanceamento corretivo, com respeito a
uma referência angular determinada pelo balanceador de giro, em que cada
peso de balanceamento corretivo deve ser avaliado, como anteriormente
descrito, em um raio predeterminado em cada um de dois planos

predeterminados separados para buscar minimização das forças estáticas e torque e residuais de balanceamento estático e de torque de modo a corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda dentro de um limite predeterminado para residual de torque de um conjunto de roda como
5 determinado pelo balanceador de giro e o peso incremental mínimo predeterminado.

Primeiro e segundo pesos de balanceamento corretivos candidatos da primeira multiplicidade e da segunda multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos, respectivamente, são os pesos de
10 balanceamento corretivos disponíveis os mais próximos do primeiro e segundo pesos de balanceamento corretivos determinados pelo balanceador de giro usando o método de arredondamento a serem avaliados no primeiro e segundo planos predeterminados nos primeiro e segundo raios predeterminados. Pesos subsequentes da primeira multiplicidade de pesos
15 corretivos candidatos são escolhidos um incremento maior do que e um incremento menor do que o primeiro peso de balanceamento corretivo candidato. Pesos subsequentes da segunda multiplicidade de pesos corretivos candidatos são escolhidos um incremento maior do que e um incremento menor do que o segundo peso de balanceamento corretivo. Se o primeiro peso
20 de balanceamento corretivo candidato é zero, então a seleção do peso de balanceamento candidato menor do que o primeiro peso de balanceamento candidato para essa multiplicidade de pesos de balanceamento candidatos é eliminada, resultando em apenas dois pesos de balanceamento corretivos candidatos para essa multiplicidade. Se o segundo peso de balanceamento
25 corretivo candidato é zero, então a seleção da peso de balanceamento candidato menor do que o primeiro peso de balanceamento candidato para essa multiplicidade de pesos de balanceamento candidatos é eliminada, resultando em apenas dois pesos de balanceamento corretivos candidatos para essa multiplicidade.

A primeira multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos é, preferivelmente, combinada aos pares com a segunda multiplicidade de pesos corretivos candidatos em todas as combinações possíveis de pares primeiramente, selecionando um peso corretivo candidato
5 peso dentre a primeira multiplicidade de pesos corretivos candidatos e, então selecionando um segundo peso corretivo candidato dentre a segunda multiplicidade de pesos corretivos candidatos, para produzir uma multiplicidade de pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos. Para cada par de pesos de balanceamento corretivos candidatos dentre a
10 multiplicidade de pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos, o residual estático é individualmente minimizado dentro de um limite predeterminado para residual de torque, e cada peso de balanceamento corretivo candidato do par de pesos de balanceamento corretivos candidatos deve ser avaliado, como anteriormente descrito, em um raio predeterminado e
15 respectivo ângulo correspondente, com respeito a uma referência angular predeterminada, em cada dos dois planos predeterminados correspondentes separados para deste modo minimizar as forças estáticas e torque e residuais de balanceamento estático e torque de modo a corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda dentro de um limite predeterminado
20 para residual de torque de um conjunto de roda. A este respeito, as técnicas para minimizar residual estático dentro de um limite predeterminado para residual de torque para um dado par de pesos de balanceamento corretivos candidatos são conhecidas na arte. O par selecionado de pesos de balanceamento corretivos dentre a multiplicidade de pares de pesos de
25 balanceamento corretivos candidatos é aquele par de pesos de balanceamento corretivos que produz o residual estático mínimo dentro de um limite predeterminado para residual de torque.

Um segundo aspecto da presente invenção é a método de determinar pelo menos um par de pesos de balanceamento corretivos para um

plano predeterminado pelo que ambos os pesos de balanceamento corretivos do par selecionado de pesos de balanceamento corretivos são avaliados, como anteriormente descrito, em predeterminado raios e respectivo ângulo correspondente, com respeito to uma referência de linha predeterminada, em
 5 cada um, de dois planos predeterminados separados para deste modo minimizar o torque e forças estáticas e residuais de balanceamento estático e torque de modo a corrigir desbalanceamento estático e dinâmico do conjunto de roda.

Cada pelo menos um par de pesos de balanceamento corretivos
 10 para um plano predeterminado é baseado no peso de desbalanceamento preciso, em um plano predeterminado, determinado por um balanceador de giro dinâmico e respectiva referência de linha correspondente determinada pelo balanceador de giro, em que o peso de balanceamento corretivo deve ser avaliado, como anteriormente descrito, em um raio predeterminado em um
 15 plano predeterminado para buscar minimização das forças estáticas e residuais de balanceamento estático de modo a corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda como determinado pelo balanceador de giro e o peso incremental mínimo predeterminado. Primeiro e segundo pesos de balanceamento corretivos de cada pelo menos um par de pesos de
 20 balanceamento corretivos para cada plano predeterminado são arredondados para pesos de balanceamento corretivos disponíveis.

Cada peso de balanceamento corretivo do par de pesos de balanceamento corretivos para um dado plano predeterminado é avaliado em um ângulo de posição predeterminado com respeito a uma referência de linha
 25 e raio predeterminados. Quando praticados para dois planos predeterminados, dois pares de pesos corretivos para ambos planos predeterminados matematicamente eliminam residuais estático e de torque. Uma escolha apropriada de cada peso de balanceamento corretivo de cada par de pesos de balanceamento corretivos para cada plano predeterminado pode resultar no

segundo aspecto da presente invenção proporcionando balanceamento teoricamente perfeito, em que residuais estático e de torque são zero. Quaisquer residuais restantes vão ser residuais de erro devido a, por exemplo, má colocação do peso, tolerâncias de peso ou leves ou grandes, variação dimensional da roda no local selecionado de colocação do peso ou capacidade de medição da máquina.

Consequentemente, é um objeto da presente invenção minimizar residuais de balanceamento estático e torque para corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda dentro de um limite predeterminado para residual de torque aperfeiçoando o método de arredondamento da arte anterior, usando pesos de balanceamento discretos e incrementos de peso de balanceamento discretos.

Este e objetos, vantagens, características e benefícios adicionais da presente invenção vão se tornar evidentes a partir da seguintes descrição.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 ilustra um conjunto de roda visto ao longo do eixo de rotação do mesmo.

A figura 2 ilustra um primeiro exemplo da arte anterior de conjunto de balanceamento de roda visto ao longo de um terceiro eixo.

A figura 3 ilustra o primeiro exemplo da arte anterior de conjunto de balanceamento de roda visto ao longo de um segundo eixo.

A figura 4 ilustra o primeiro exemplo da arte anterior visto ao longo de um terceiro eixo com pesos de balanceamento selecionados de 28,3 g.

A figura 5 ilustra um segundo exemplo da arte anterior de conjunto de balanceamento de roda visto ao longo de um terceiro eixo .

A figura 6 ilustra o segundo exemplo da arte anterior de conjunto de balanceamento de roda visto ao longo de um segundo eixo.

A figura 7 ilustra o segundo exemplo da arte anterior de conjunto de balanceamento de roda visto ao longo do eixo de rotação de um conjunto de roda.

5 A figura 8 ilustra o segundo exemplo da arte anterior de conjunto de balanceamento de roda visto ao longo de um terceiro eixo com pesos de balanceamento selecionados de 56,7 g.

A figura 9 ilustra o segundo exemplo da arte anterior de conjunto de balanceamento de roda visto ao longo de um segundo eixo com pesos de balanceamento selecionados de 56,7 g.

10 A figura 10 ilustra um fluxograma ilustrando um método de seleccionar um par de pesos de balanceamento de acordo com o primeiro aspecto do método de balanceamento de conjunto de roda da invenção.

A figura 11 ilustra um primeiro exemplo da presente invenção utilizando o primeiro aspecto da presente invenção visto ao longo de um
15 terceiro eixo.

A figura 12 ilustra o primeiro exemplo da presente invenção utilizando o primeiro aspecto da presente invenção visto ao longo de um segundo eixo.

A figura 13 ilustra um segundo exemplo da presente invenção utilizando o primeiro aspecto da presente invenção visto ao longo de um
20 terceiro eixo.

A figura 14 ilustra um segundo exemplo da presente invenção utilizando o primeiro aspecto da presente invenção visto ao longo de um segundo eixo.

25 A figura 15 ilustra um terceiro exemplo da presente invenção utilizando o segundo aspecto da presente invenção.

A figura 16 ilustra um fluxograma ilustrando um método de seleccionar um par de pesos de balanceamento de acordo com o segundo aspecto da presente invenção.

DESCRIÇÃO DA MODALIDADE PREFERIDA

A figura 10 ilustra um fluxograma 300 ilustrando um método de selecionar um par de pesos de balanceamento corretivos, utilizando, neste exemplo, três pesos de balanceamento corretivos candidatos selecionados para cada plano predeterminado, de acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, em que o fluxograma 300 deve lido em associação com o seguinte Gráfico Chave 1.

Gráfico Chave 1

Bloco/Linha	Descrição
301	SELECIONAR TAMANHOS DE PESO DE BALANCEAMENTO DISCRETOS PREDETERMINADOS
302	DETERMINAR PESOS DE DESBALANCEAMENTO PRECISOS DENTRO DE PLANOS PREDETERMINADOS
304	SELECIONAR PLANO PREDETERMINADO
306	SELECIONAR 1º PESO DE BALANCEAMENTO CORRETIVO CANDIDATO
308	SELECIONAR 2º E 3 PESOS DE BALANCEAMENTO CORRETIVOS CANDIDATOS
310	ESTÃO TODOS PLANOS PREDETERMINADOS SELECIONADOS?
312	NÃO
314	SIM
316	MINIMIZAR RESIDUAL ESTÁTICO PARA TODOS PARES DE PESOS
318	SELECIONAR PAR DE PESOS DE BALANCEAMENTO CORRETIVOS
320	FIM

No Bloco 301, tamanhos discretos de pesos de balanceamento corretivos são determinados para disponibilidade para eventual colocação física ou afixação às rodas. No Bloco 302, dois pesos de desbalanceamento precisos são determinados por um balanceador de giro dinâmico e respectivo ângulo correspondente para cada peso de balanceamento corretivo, com respeito a um determinado pelo balanceador de giro, como anteriormente

descrito, em um raio predeterminado em cada um de dois planos predeterminados separados para tentar minimizar o torque e forças estáticas e residuais de balanceamento estático e torque de modo a corrigir desbalanceamento estático e dinâmico de conjunto de roda dentro de um

5 limite predeterminado para residual de torque de um conjunto de roda como determinado pelo balanceador de giro. No Bloco 304, um dos dois planos predeterminados é selecionado, por exemplo, um primeiro plano predeterminado. No Bloco 306, um primeiro peso de desbalanceamento preciso para o plano predeterminado selecionado, como determinado no

10 Bloco 302, é arredondado to um primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado disponível o mais próximo de acordo com os tamanhos de peso disponíveis predeterminados. Por exemplo, um primeiro peso de desbalanceamento preciso de 31,75 g para o plano predeterminado selecionado determinado pelo Bloco 302 vai ser arredondado para um

15 primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado disponível de 28,3 g, dado um a peso incremental mínimo predeterminado de 7,08 g. No Bloco 308, segundo e terceiro pesos de balanceamento corretivos disponíveis candidatos para o plano predeterminado selecionado são selecionado de tal modo que eles diferem do primeiro peso de balanceamento corretivo

20 candidato selecionado de $\pm$ um peso de balanceamento incremental mínimo, respectivamente. Por exemplo, assumindo um peso incremental mínimo de 7,08 g, para um primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado de 28,3 g, o segundo e o terceiro pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos vão ser 35,4 g e 21,3 g, respectivamente.

25 Se um dos pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos é zero, apenas um outro peso de balanceamento corretivo candidato vai ser selecionado de tal modo que ele difere do outro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado de + ume peso de balanceamento incremental mínimo (ou seja, não vai haver um terceiro peso de balanceamento corretivo

candidato selecionado neste caso).

No Bloco 310, se ambos planos predeterminados não foram selecionados, o controle passa para o Bloco 304 via linha 314. No Bloco 304, o outro, ou segundo, plano predeterminado é selecionado. Nos Blocos 306 e 308 é feita a seleção de três pesos de balanceamento corretivos candidatos adicionais (dois pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos adicionais se um dos pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos é zero) para este plano, como anteriormente descrito.

No Bloco 310, se ambos planos predeterminados foram selecionados, o controle passa para o Bloco 316 via linha 314. No Bloco 316, assumindo três pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos por plano predeterminado, um total de seis pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos para os dois planos predeterminados resulta em nove possíveis combinações aos pares dos pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos para os dois planos predeterminados, em que para cada possível par de pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos dos nove pares possíveis de pesos de balanceamento corretivos candidatos, um primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado do par de pesos de balanceamento corretivos candidatos corresponde a um primeiro plano predeterminado e o segundo peso de balanceamento corretivo candidato selecionado do par de pesos de balanceamento corretivos candidatos corresponda ao segundo plano predeterminado.

Um exemplo é fornecido em Tabela 1, em que os pesos de balanceamento corretivos candidatos são 21,7 g, 28,3 g, e 35,4 g para cada plano predeterminado resultando em nove possíveis combinações aos pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos, e em que um primeiro peso de balanceamento corretivo candidato do par de pesos de balanceamento corretivos candidatos corresponde to um primeiro plano predeterminado e o

segundo peso de balanceamento corretivo candidato do par de pesos de balanceamento corretivos candidatos corresponde a um segundo plano predeterminado.

Tabela 1

Planos Predeterminados	Plano 1	Plano 2
Primeiro peso de balanceamento selecionado (g)	21,7	21,7
Segundo peso de balanceamento selecionado (g)	28,3	28,3
Terceiro peso de balanceamento selecionado (g)	35,4	35,4
Nove possíveis combinações de pares (g)	21,7	21,7
	21,7	28,3
	21,7	35,4
	28,3	21,7
	28,3	28,3
	28,3	35,4
	35,4	21,7
	35,4	28,3
	35,4	35,4

- 5 Cada par das nove possíveis combinações de pares é submetida a técnicas de minimização matemática com respeito to residual estático resultando em um ângulo, com respeito to uma referência angular, e raio predeterminado para cada plano predeterminado de tal modo que cada par de pesos corretivos candidatos minimiza residual estático dentro de um
- 10 limite predeterminado para residual de torque, em que as técnicas para minimizar residual estático dentro de um limite predeterminado para residual de torque para um dado par de pesos são conhecidas na arte. Por exemplo, uma técnica para minimização é descrita em “Advanced Calculus” by Wilfred Kaplan, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA, 1952, 7th printing,
- 15 7/1959, pages 120-129.

No Bloco 318, o par de pesos de balanceamento selecionados corretivos candidatos selecionado dentre as nove possíveis combinações de pares de pesos corretivos candidatos é aquele par de pesos de balanceamento corretivos selecionados que produz o residual estático mínimo dentro de um limite predeterminado para residual de torque. O método de seleção de peso de balanceamento finaliza no Bloco 320.

A figura 11 ilustra um primeiro exemplo ilustrando o primeiro aspecto da presente invenção onde um conjunto de roda 102, visto ao longo do terceiro eixo 112, tem um desbalanceamento estático total de 63,5 g, como determinado por um balanceador de giro consistindo de dois pesos 114 e 120 de 31,75 g, anteriormente descritos e ilustrados nas figuras 2 e 3. Utilizando o método da presente invenção como implementado na figura 10, pesos de balanceamento corretivos candidatos são como apresentados na Tabela 1. Assumindo incrementos de peso de balanceamento mínimos de 7,08 g, as técnicas de minimização como anteriormente descritas e implementadas no Bloco 316 da figura 10 resultam em um par de pesos de balanceamento corretivos selecionados no Bloco 318 da figura 10 de um primeiro peso de balanceamento corretivo selecionado 402 de 28,3 g e de um segundo peso de balanceamento corretivo selecionado 404 de 35,4g. O primeiro e o segundo pesos de balanceamento corretivos 402, 404, respectivamente, são colocados em pontos 126 e 128, respectivamente, como mostrado na figura 11.

A figura 12 ilustra o primeiro e o segundo pesos de balanceamento corretivos selecionados 402, 404, respectivamente, como vistos ao longo de um segundo eixo 110. Os dois pesos de balanceamento corretivos selecionados 402, 404 de 28,3 g e 35,4 respectivamente, resultam em um desbalanceamento residual estático de 0,0 g e um desbalanceamento de torque residual de 3,54 g. Comparado ao primeiro exemplo da arte anterior, anteriormente descrito e ilustrado na figura 4, em que o desbalanceamento residual estático era 6,8 g e o desbalanceamento residual

de torque foi 0,00 g, é visto que o método de acordo com a presente invenção resulta em balanceamento dinâmico aperfeiçoado de um conjunto de roda 102.

A figura 13 ilustra um segundo exemplo ilustrando o primeiro
 5 aspecto da presente invenção onde um conjunto de roda 102, visto ao longo do terceiro eixo 112, tem um desbalanceamento estático total de 106,3 g+, como determinado por um balanceador de giro consistindo de dois pesos 114' e 120' de 53,15+ g, anteriormente descritos e ilustrados nas figuras 5 a 8. Assumindo incrementos de peso de balanceamento mínimos de 7,08 g,
 10 utilizando o método da presente invenção implementado na figura 10, os três pesos de balanceamento candidatos por plano predeterminado e raios predeterminados são 63,8 g, 56,7 g e 49,5 g. Utilizar as técnicas de minimização como anteriormente descritas e implementadas no Bloco 316 da figura 10 resulta em um par de pesos de balanceamento corretivos
 15 selecionados no Bloco 318 da figura 10 de 49,6 g e 56,7 g colocados nos pontos 126 e 128, respectivamente, como mostrado na figura 13.

A figura 14 ilustra os pesos de balanceamento corretivos selecionados 502 e 504 como vistos ao longo do segundo eixo 110. Os dois pesos de balanceamento corretivos selecionados 502, 504 de 49,6 g e 56,7 g,
 20 respectivamente, resultam em um desbalanceamento residual estático de 0,00 g e a desbalanceamento de torque residual de 3,54 g. Comparado ao segundo exemplo da arte anterior, anteriormente descrito e ilustrado nas figuras 5, 6, 7, 8 e 9, em que o desbalanceamento residual estático é 6,23 g e o desbalanceamento de torque residual é 6,7 g, é visto que o método de acordo
 25 com a presente invenção resulta em balanceamento dinâmico aperfeiçoado de um conjunto de roda 102.

Como demonstrado com os exemplos selecionados no que precede, os aperfeiçoamentos atribuíveis ao método do primeiro aspecto da presente invenção estão relacionados a casos particulares de

desbalanceamento que podem surgir nos conjuntos. Para determinar a efetividade do novo método em uma população de conjuntos, ferramentas analíticas são empregadas, estabelecendo a prevalência relativa de condições que levam ao aperfeiçoamento e são descritas a seguir. Isto permite

5 estimativas quantitativas do aperfeiçoamento estatístico em populações de conjuntos. A tabela 2, assim, é uma comparação de simulações matemáticas de pneus e rodas destinadas a representas combinações típicas de rodas e pneus com variação representativa nas contribuições para desbalanceamento do constituinte. As simulações envolvem criar distribuições sintetizadas

10 grandes quantidades de pneus e rodas com contribuições individuais para desbalanceamento de pneus e rodas baseadas em medições de pneus e rodas reais de quantidades limitadas. A prática de simulação é frequentemente referida como uma simulação “Monte Carlo”, como, por exemplo, descrita em “Quality by Experimental Design”, Thomas B. Barker, Utilization of

15 Empirical Equations, Monte Carlo Simulations, pages 331-343, Marcel Dekker, Inc, 1985, ISBN 0-8247-7451-5. Os dados na tabela 2 envolvem 100.000 pneus conjugados com 100.000 rodas. As distribuições resultantes de conjuntos de pneus e rodas balanceados são então comparadas nos resíduos das distribuições para avaliações de eficácia. Uma vez que efeitos vibratórios

20 adversos surgem a partir de excitação excessiva, comparações dos resíduos são freqüentemente usadas para estas avaliações. Uma prática típica consiste em uma comparação de percentuais nos resíduos das distribuições refletindo taxas de exposição relativamente baixas. “Incidents Per Thousands of Vehicles” (IPTV) é uma seleção conveniente em níveis de desbalanceamento

25 residuais que, como se mostra, têm historicamente influência sobre o desempenho do veículo. A tabela 2 contém o número esperado de veículos equipados com pelo menos um conjunto além dos níveis residuais respectivos de desbalanceamento.

Tabela 2

	Peso Incremental Mínimo	IPTV de Residual acima de 7.08 g	IPTV de Residual de Torque acima de 7,08 g
Arte Anterior	7,08 g	70,30	147,8
Presente Invenção	7,08 g	55,20	113,2
Arte Anterior	3,54 g	60,04	44,2
Presente Invenção	3,54 g	54,80	32,8

É visto que os resultados de acordo com a presente invenção reduzem residuais de balanceamento estático e torque nas populações mais do que o faz a arte anterior.

- 5 A figura 15 ilustra um exemplo 600 ilustrando um segundo aspecto do método de balanceamento de um conjunto de roda de acordo com a presente invenção em um primeiro plano predeterminado 602 do conjunto de roda 102 utilizando um par de pesos de balanceamento corretivos w_1 604 e w_2 606, arredondados para pesos de balanceamento corretivos disponíveis
- 10 utilizando múltiplos do peso incremental mínimo predeterminado, colocados em um raio predeterminado 608 e respectivos ângulos de posição correspondentes θ_1 610, e θ_2 612 com respeito a uma referência de linha predeterminada 614 de acordo com o segundo aspecto da presente invenção. Como determinado por um balanceador de giro dinâmico, o peso de
- 15 balanceamento corretivo requerido preciso w_0 deve ser colocado no ponto 616. Pesos de balanceamento corretivos candidatos w_1 604 e w_2 606 são selecionados de tal modo que $w_1 + w_2 \geq w_0$. Pesos de balanceamento corretivos candidatos, w_1 604 e w_2 606 e ângulos de posição correspondentes θ_1 610, e θ_2 612 são determinados a partir da solução simultânea das equações
- 20 (1-2):

$$w_1 \cdot \cos(\theta_1) + w_2 \cdot \cos(\theta_2) = w_0 \quad (1)$$

$$w_1 \cdot \sin(\theta_1) = w_2 \cdot \sin(\theta_2) \quad (2)$$

Para pesos de balanceamento corretivos candidatos idênticos w_1 604 e w_2 606, o ângulo de posição θ ($\theta = \theta_1 = \theta_2$) é derivado da equação (3):

$$2 \cdot w_1 \cdot \cos(\theta) = w_0 \quad (3)$$

5 onde “*” denota multiplicação.

As projeções 618 e 620 representam $w_1 \cdot \cos(\theta_1)$ e $w_2 \cdot \cos(\theta_2)$, respectivamente, soma para w_0 consistentemente com a equação (1). As projeções 622 e 624 representam $w_1 \cdot \sin(\theta_1)$ e $w_2 \cdot \sin(\theta_2)$, respectivamente, e, a partir da consideração do gráfico polar de contribuições inerciais, são de polaridades oposta resultando em nenhuma força líquida do longo da direção do terceiro eixo 112. Minimizar a soma dos pesos de balanceamento candidatos enquanto simultaneamente resolvendo equações 1-2 ou equação 3, reduz a propensão a aumentar erros devidos a má colocação, mesmo que ceve, sobre a roda. Limitações práticas, porém, sobre a seleção de pesos corretivos existem devido às restrições físicas como explicado a seguir para o caso de pesos de balanceamento corretivos idênticos, ou seja, $w_1 = w_2$. Se os ângulos de posição θ_1 e θ_2 foram muito pequenos para permitir colocação física sobre o conjunto de roda 102 dos pesos de balanceamento corretivos candidatos w_1 604 e w_2 606 sem superposição, o tamanho do peso deve ser aumentado e θ é recalculado utilizando a equação (3) até que a colocação física dos pesos w_1 604 e w_2 606 sem superposição seja possível. É preferido que os pesos de balanceamento corretivos sejam tão pequenos quanto possível para minimizar erros associados com incerteza do peso de balanceamento devido a variabilidade de fabricação. Porém, outras considerações tais como, por exemplo, um desejo de minimizar o número de tamanhos de peso corretivo discreto disponíveis pode prover uma pluralidade de pesos corretivos discretos disponíveis alternativa àquela comumente usada com a arte anterior. Os tamanhos de peso corretivo discreto disponíveis não precisam ser separados em pequenos incrementos a fim de obter balanceamento teórico

perfeito, ou seja, balanceamento residual estático e de torque nulo. Incrementos maiores e incrementos irregulares são possíveis, como, por exemplo, incrementos menores para os menores pesos de balanceamento corretivos separados por 3,54 g, com pesos de balanceamento corretivos maiores separados por um de 7,08 g, 14,16 g ou 28,3 g. Os praticantes da arte de balanceamento vão reconhecer a oportunidade com este segundo aspecto da presente invenção de balancear precisamente o conjunto com zero de residuais estático e de torque, independentemente de tamanhos de peso corretivos disponíveis próximos. Esta oportunidade reconhecida segue a partir da consideração de tamanhos de peso de balanceamento corretivo disponíveis baseados na capacidade para obter balanceamento teórico perfeito, ou seja, balanceamento residual estático e de torque nulo, com apenas contribuições residuais restantes a partir de tolerâncias de peso, leve má colocação inadvertida e incontrolada de pesos de balanceamento corretivos sobre a roda, variações nas dimensões da roda, e erros de medição de balanceamento na máquina. As projeções 618 e 620 (ou seja, equação (1)) se combinam para se somar ao peso de balanceamento preciso w_0 dirigido ao longo eixo 614, enquanto que as projeções 622 e 624 de polaridade oposta dirigidas ao longo do eixo 112 somam a zero. Estas condições, quando existindo independentemente em ambos planos predeterminados, assegura residuais nulos e, em teoria, produzem residuais estático e de torque nulos de acordo com o segundo método da presente invenção. Estas práticas de condições de peso equivalentes dentro dos planos predeterminados são obtidas por consideração dos efeitos inerciais das massas de balanceamento localizadas nos raios predeterminados produzindo forças em velocidades de giro constantes do conjunto de pneu e roda. Estes efeitos inerciais podem ser visualizados em “gráficos polares” de forças inerciais resultantes, proporcionais às massas e agindo ao longo de linhas imaginárias entre as massas e o centro de rotação. As práticas de tratar quantidades complexas

- suscetíveis de representação em gráficos polares é explicada em “Mathematical Handbook for Scientists e Engineers”, Second Edition, Representation of Complex Numbers as Points or Position Vectors, 1.3-2 and Representation of Addition, Multiplication, e Division, Powers and Roots, 1.3-3, Granino A. Korn, Theresa M. Korn, McGraw-Hill Book Company, 1968, Library of Congress Catalog Card No: 67-16304, e são bem conhecidas daqueles especializados na arte de balanceamento de pneus e rodas.

- A figura.16 ilustra um fluxograma 700 ilustrando um método de selecionar pares de pesos de balanceamento corretivos para um primeiro e um segundo plano predeterminado de acordo com o segundo aspecto da presente invenção e exemplificados pela figura 15, em que fluxograma 700 deve ser lido em associação com o seguinte Gráfico Chave 2.

Gráfico Chave 2

Linha/Bloco	Descrição
701	SELECIONAR TAMANHOS DE PESO DE BALANCEAMENTO DISCRETO DISPONÍVEL PREDETERMINADOS
702	SELECIONAR PELO MENOS UM PLANO DE BALANCEAMENTO PREDETERMINADO E RAIOS DE BALANCEAMENTO PREDETERMINADO
703	DETERMINAR PESOS DE DESBALANCEAMENTO PRECISOS
704	SELECIONAR PLANO PREDETERMINADO
706	SELECIONAR PESOS DE BALANCEAMENTO CORRETIVOS CANDIDATOS
708	DETERMINAR ÂNGULOS DE POSIÇÃO RELATIVOS
726	AUMENTAR PELO MENOS UM TAMANHO DE PESO DE BALANCEAMENTO CORRETIVO CANDIDATO
710	É A COLOCAÇÃO FÍSICA DE PESOS DE BALANCEAMENTO CORRETIVOS CANDIDATOS POSSÍVEL?
712	SIM
724	NÃO
716	ESTÃO TODOS PLANOS PREDETERMINADOS SELECIONADOS?
718	SIM
722	NÃO
720	FIM

No Bloco 701, tamanhos discretos de pesos de balanceamento corretivos disponíveis são determinados para colocação física ou afixação final nas rodas. No Bloco702, selecionados são pelo menos um plano de

5 balanceamento e o raio para afixar os pesos de balanceamento corretivos determinados pelo projeto de um conjunto de roda. Não mais do que dois planos de balanceamento mutuamente exclusivos são necessários para balanceamento corretivo teoricamente preciso, fornecendo residuais estático e de torque nulos. Por exemplo, um primeiro plano predeterminado pode ser

10 aquele que é perpendicular ao eixo de rotação de um conjunto de roda no flange externo da roda e o raio predeterminado no primeiro plano pode ser aquele desde o eixo de rotação de um conjunto de roda até o aro do flange externo da roda; enquanto que um segundo plano predeterminado pode ser aquele que é perpendicular ao eixo de rotação de um conjunto de roda e no

15 flange interno da roda, e o raio predeterminado no segundo plano pode ser aquele desde o eixo de rotação de um conjunto de roda até o aro do flange interno da roda. No Bloco703, dois pesos de balanceamento iniciais indicados com precisão, w_0 e w'_0 , são determinados por um balanceador de giro dinâmico e respectiva referência de linha correspondente determinada pelo

20 balanceador de giro, como anteriormente descrito, em um raio predeterminado em cada um de dois planos predeterminados separados para balancear perfeitamente o conjunto (residuais de balanceamento estático e de torque = 0), de modo a corrigir completamente desbalanceamento estático e dinâmico do conjunto de roda como determinado pelo balanceador de giro.

25 No Bloco704, um dos dois planos predeterminados é selecionado, por exemplo, um primeiro plano predeterminado. No Bloco706, pesos de balanceamento corretivos w_{11} e w_{22} , por exemplo no caso de todos pesos de balanceamento corretivos disponíveis próximos diferirem de um incremento de peso constante, podem ser selecionados de tal forma que $w_1 + w_2 \geq w_0 + \delta$

onde δ é um mínimo múltiplo do peso incremental mínimo (ou seja, 7,08 g). No caso de incrementos disparatados entre pesos de balanceamento corretivos disponíveis próximos, pesos de balanceamento corretivos candidatos são selecionados de tal forma que $w_1 + w_2 \geq w_0$. Deve ser reconhecido que a

5 supramencionada equação para seleção de pesos corretivos candidatos no caso de todos pesos de balanceamento corretivos disponíveis próximos diferirem de um incremento de peso constante, a saber, $w_1 + w_2 \geq w_0 + \delta$ onde δ é um mínimo múltiplo do peso incremental mínimo (ou seja, 7,08 g), é uma equação mais definitiva para seleção de pesos de balanceamento corretivos

10 candidatos do que $w_1 + w_2 \geq w_0$. Esta última equação, a saber, $w_1 + w_2 \geq w_0$, é também aplicável ao caso em que todos pesos de balanceamento corretivos disponíveis próximos diferem de um incremento de peso constante. No Bloco708, os ângulos de posição relativos θ_1 e θ_2 são derivados das equações (1-2), para pesos de balanceamento corretivos candidatos dissimilares, da

15 equação (3) para pesos de balanceamento corretivos candidatos idênticos e são usados para posicionar os pesos em torno da localização angular precisa indicada pelo balanceador de giro como mostrado na figura 15. No Bloco710, se colocação física dos pesos de balanceamento corretivos candidatos w_1 e w_2 sem superposição é possível, o controle então passa para o Bloco 716 via a

20 linha 712. No Bloco716, se todos planos predeterminados são selecionados, o controle então passa para o Bloco 720 via linha 718. No Bloco716, se nem todos planos predeterminados foram selecionados, o controle passa de volta para o Bloco 704 via a linha 722, em que para o outro, ou segundo, plano predeterminado, o peso de balanceamento requerido inicial indicado com

25 precisão é w'_0 e os pesos de balanceamento corretivos candidatos são w'_1 e w'_2 , onde $w'_1 + w'_2 \geq w'_0 + 2\delta$, e os ângulos de posição θ'_1 , θ'_2 são dados, como pelas equações (1-2) para o caso de pesos de balanceamento corretivos dissimilares ou equação (3) para o caso de pesos de balanceamento corretivos idênticos.

Porém, no Bloco 710, se colocação física dos pesos de
 balanceamento corretivos candidatos w_1 e w_2 no primeiro plano
 predeterminado ou dos pesos de balanceamento corretivos candidatos w'_1 e
 w'_2 no segundo plano predeterminado sem superposição não é possível, o
 5 controle passa para o Bloco 726 via a linha 724. No Bloco 726, pesos de
 balanceamento corretivos candidatos são aumentados, e o controle passes de
 volta para o Bloco 708 via a linha 728. Seleções de pesos de balanceamento
 corretivos candidatos revisados preferivelmente seguem a partir
 10 considerações de mínimo total de peso de balanceamento corretivo dentro do
 respectivo plano, ou seja., $w_1 + w_2$ e $w'_1 + w'_2$ individualmente, pelo que
 seleções são obtidas por consideração do maior peso de balanceamento
 corretivo disponível seguinte a partir de pesos de balanceamento corretivos
 disponíveis próximos, individualmente para um de ou w_1 e w_2 no primeiro
 plano de balanceamento ou w'_1 e w'_2 no segundo plano de balanceamento
 15 respectivamente. Para o caso de pesos de balanceamento corretivos idênticos
 dentro do plano de balanceamento, seleções são obtidas por consideração do
 maior peso de balanceamento corretivo disponível seguinte a partir de pesos
 de balanceamento corretivos disponíveis próximos para ambos pesos de
 balanceamento corretivos candidatos. Por exemplo, se superposição ocorrer
 20 no primeiro plano de balanceamento com pesos de balanceamento corretivos
 idênticos, ambos w_1 e w_2 são aumentados para o maior peso de
 balanceamento corretivo disponível seguinte. E, se superposição ocorrer em
 um segundo plano de balanceamento, ambos w'_1 e w'_2 são aumentados para
 maior peso de balanceamento corretivo disponível seguinte. É também
 25 possível estimar uma combinação de pesos de balanceamento corretivos
 candidatos aumentados a partir da geometria, tipicamente comprimentos, de
 pesos de balanceamento corretivos disponíveis próximos e, deste modo,
 eliminar a consideração de certas combinações não usáveis de pesos de
 balanceamento corretivos candidatos próximos dados w_0 , w_1 , e w_2 e a

quantidade de superposição se superposição ocorrer no primeiro plano de balanceamento, ou dados w'_0 , w'_1 , e w'_2 e a quantidade de superposição se superposição ocorrer em um segundo plano de balanceamento. Esta etapa opcional reduz a carga de processamento em computador dentro do processador tipicamente usado para implementação das considerações acima mencionadas e combinações de peso de balanceamento corretivo candidato e pode ser praticada quando a capacidade computacional for limitada, afetando a produtividade no balanceador.

Para aqueles especializados na arte a que esta invenção é pertinente, vai ser reconhecido que pesos de balanceamento corretivos candidatos e combinações dos mesmos, como indicado nos primeiro e segundo aspectos precedentes da presente invenção vão tipicamente ser avaliados por meios computacionais em respectivas etapas de avaliação, como, por exemplo, para averiguar superposição, residual de balanceamento estático, ou residual balanceamento de torque. Estas avaliações, porém, em certos casos, podem ser físicas ou podem ser feitas seleções a partir de uma pluralidade de combinações de pesos de balanceamento corretivos candidatos que envolvam intervenção do operador. Por exemplo, com balanceadores de limitada capacidade computacional, é concebível que readaptações computacionais empregando certas etapas dos supramencionados primeiro e segundo aspectos da presente invenção possam ser realizadas com combinações de tomada de decisão por etapas por meios computacionais com intervenção do operador. Estas configurações híbridas de meios computacionais com intervenção do operador podem ser realizadas sem sair do escopo da presente invenção, limitado apenas pelo escopo das reivindicações anexas, e podem ser prontamente implementadas pelos especialistas na arte de balanceamento.

Para aqueles especializados na arte a que esta invenção é pertinente, a modalidade preferida acima descrita pode estar sujeita a

alteração ou modificação. Esta alteração ou modificação pode ser realizada sem sair do escopo da invenção, que se destina a ser limitado apenas pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para balancear um conjunto de roda tendo um primeiro plano corretivo de balanceamento e um segundo plano corretivo de balanceamento, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5 selecionar tamanhos discretos predeterminados de pesos de balanceamento para todos os pesos de balanceamento corretivos candidatos disponíveis;

medir de um conjunto para desbalanceamento, e

balancear do conjunto, compreendendo as etapas de:

10 criar uma primeira multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos para o primeiro plano de balanceamento corretivo e uma segunda multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos para o segundo plano de balanceamento corretivo;

15 criar uma multiplicidade de combinações aos pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos selecionando um peso de balanceamento corretivo candidato a partir da primeira multiplicidade e um peso de balanceamento corretivo candidato a partir da segunda multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos para todas as possíveis combinações aos pares de seleções, uma de cada a partir da primeira multiplicidade pesos de balanceamento corretivos candidatos e da segunda multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos;;

20

25

avaliar a multiplicidade de combinações aos pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos para minimização de torque de forças estáticas e torque e residuais de balanceamento estático;

5 selecionar uma combinação unitária corretiva aos pares de pesos de balanceamento a partir da multiplicidade de combinações aos pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos com base na etapa de avaliação da multiplicidade de combinações aos pares;

10 afixar o primeiro peso de balanceamento corretivo selecionado a partir da primeira multiplicidade de combinações unitárias aos pares de pesos de balanceamento corretivos ao conjunto no primeiro plano corretivo e

15 afixar o segundo peso de balanceamento corretivo selecionado a partir da segunda multiplicidade da combinação unitária aos pares corretiva de pesos de balanceamento ao conjunto no segundo plano corretivo.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

20 dito primeiro plano corretivo é perpendicular ao eixo de giro do conjunto;

20 dito segundo plano corretivo é perpendicular ao eixo de giro do conjunto e axialmente deslocado daquele do primeiro plano corretivo e dita etapa de medir desbalanceamento compreende:

25 selecionar um primeiro raio dentro do primeiro plano corretivo;

25 selecionar um segundo raio dentro do segundo plano corretivo; e

 determinar uma primeira quantidade de peso de desbalanceamento dentro do primeiro plano no primeiro raio e uma segunda quantidade de peso de desbalanceamento dentro do segundo plano no segundo

raio.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de criar de multiplicidades de pesos de balanceamento corretivos candidatos, compreende:

- 5 criar uma primeira multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos compreendendo um primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado o mais próximo em valor de peso disponível da primeira quantidade de peso desbalanceamento, um outro peso de balanceamento corretivo candidato sendo um incremento maior do que o
- 10 primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado, e ainda outro peso de balanceamento corretivo candidato da primeira multiplicidade sendo um incremento menor do que o primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado, desde que o seu valor de peso seja diferente de zero, e
- 15 criar uma segunda multiplicidade de pesos de balanceamento corretivos candidatos compreendendo um primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado da segunda multiplicidade o mais próximo em valor de peso disponível da segunda quantidade de peso desbalanceamento, um outro peso de balanceamento corretivo candidato sendo
- 20 um incremento maior do que o primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado da segunda multiplicidade e ainda outro peso de balanceamento corretivo candidato da segunda multiplicidade, sendo um incremento menor do que o primeiro peso de balanceamento corretivo candidato selecionado da segunda multiplicidade, desde que seu valor de peso
- 25 seja diferente de zero.

4. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de avaliar a multiplicidade de combinações aos pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos compreende:

estabelecer um limite predeterminado de desbalanceamento

residual de torque; e

minimizar desbalanceamento residual estático dentro do limite predeterminado de desbalanceamento residual de torque.

- 5 5. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de selecionar uma combinação aos pares corretiva unitária de pesos de balanceamento compreende:

estabelecer uma faixa de tolerância de desbalanceamento residual estático;

- 10 selecionar a combinação aos pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos a partir de um das combinações aos pares de pesos de balanceamento corretivos candidatos gerando desbalanceamento residual estático mínimo dentro da faixa de tolerância de desbalanceamento residual estático.

- 15 6. Método para balancear um conjunto de roda tendo pelo menos um plano de balanceamento corretivo predeterminado, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

selecionar tamanhos predeterminados discretos de pesos de balanceamento para todos os pesos de balanceamento corretivos discretos candidatos disponíveis;

- 20 medir um conjunto para desbalanceamento, e

balancear o conjunto compreendendo as etapas de:

- 25 criar um par de pesos de balanceamento corretivos compreendendo um w_1 no local angular θ_1 e um w_2 no posição angular θ_2 , em que θ_1 e θ_2 são medidos com relação a uma linha de referência a 180 graus a partir daquela do desbalanceamento medido, w_0 , e satisfazendo:

$$w_1 * \cos(\theta_1) + w_2 * \cos(\theta_2) = w_0;$$

$$w_1 * \sin(\theta_1) = w_2 * \sin(\theta_2) \text{ e}$$

$$(w_1 + w_2) \geq w_0;$$

fixar w_1 ao conjunto dentro do pelo menos um plano
balanceamento corretivo no local angular θ_1 ;

fixar w_2 ao conjunto dentro do pelo menos um plano
balanceamento corretivo no local angular (θ_2).

5 7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo
fato de que a sobreposição de pesos de balanceamento corretivos, w_1 e w_2 é
evitada e a soma dos pesos de balanceamento corretivos, $w_1 + w_2$ é
minimizada.

10 8. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo
fato de que:

o pelo menos um plano corretivo predeterminado compreende
um primeiro plano corretivo perpendicular ao eixo de giro do conjunto; e um
segundo plano corretivo perpendicular ao eixo de giro do conjunto e
axialmente deslocado daquele do primeiro plano corretivo;

15 um primeiro w_0 é uma quantidade de peso de
desbalanceamento dentro do primeiro plano corretivo, um primeiro
balanceamento corretivo w_1 e um primeiro balanceamento corretivo dentro do
primeiro plano corretivo;

20 um segundo w_0 é uma quantidade de peso desbalanceamento
dentro do segundo plano corretivo, um segundo balanceamento corretivo w_1 e
um segundo balanceamento corretivo w_2 dentro do segundo plano corretivo e
dita etapa de medir desbalanceamento compreende:

selecionar um primeiro raio dentro do primeiro
plano corretivo;

25 selecionar um segundo raio dentro do segundo plano
corretivo e

determinar uma primeira quantidade de peso
desbalanceamento dentro do primeiro plano corretivo no
primeiro raio e uma segunda quantidade de peso de

desbalanceamento dentro do segundo plano corretivo no segundo raio.

9. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que:

5 o pelo menos um plano corretivo predeterminado compreende um primeiro plano corretivo perpendicular ao eixo de giro do conjunto; e um segundo plano corretivo perpendicular ao eixo de giro do conjunto e axialmente deslocado daquele do primeiro plano corretivo e

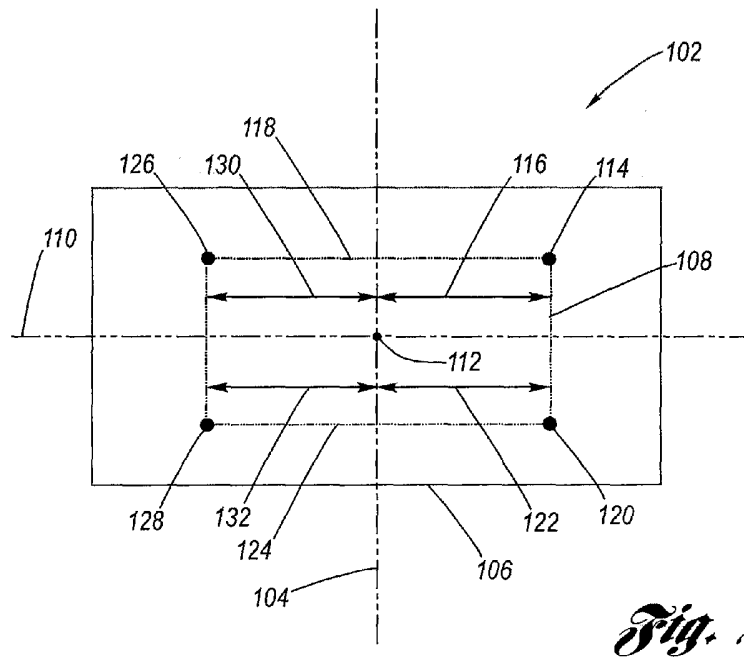
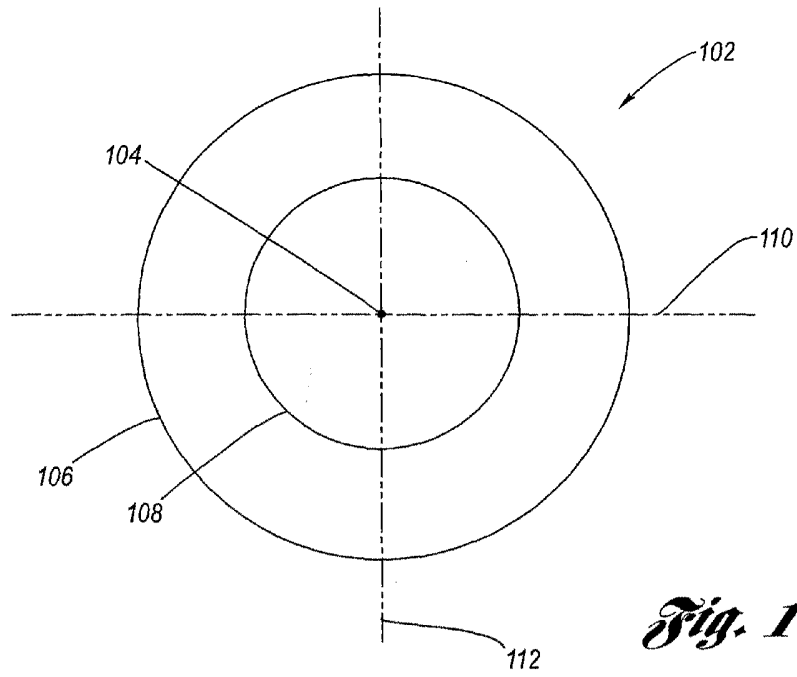
dita etapa de medir desbalanceamento compreende:

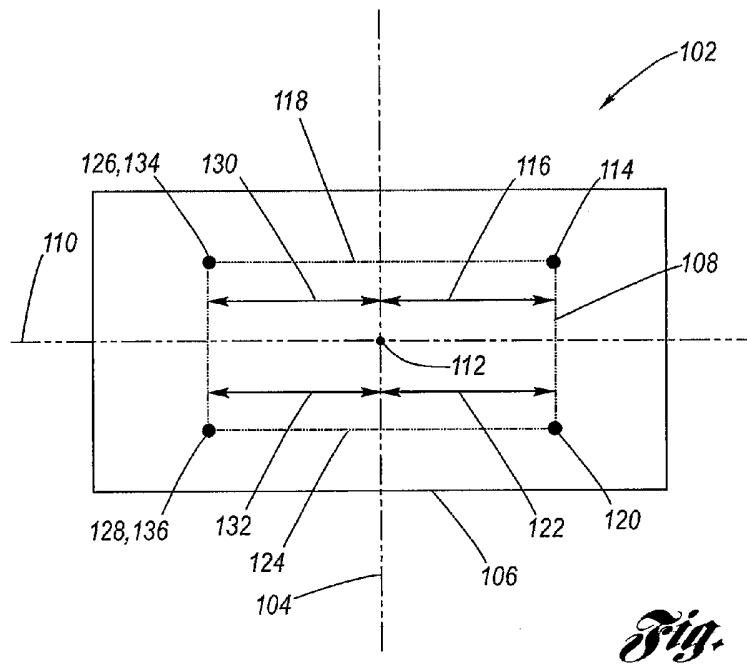
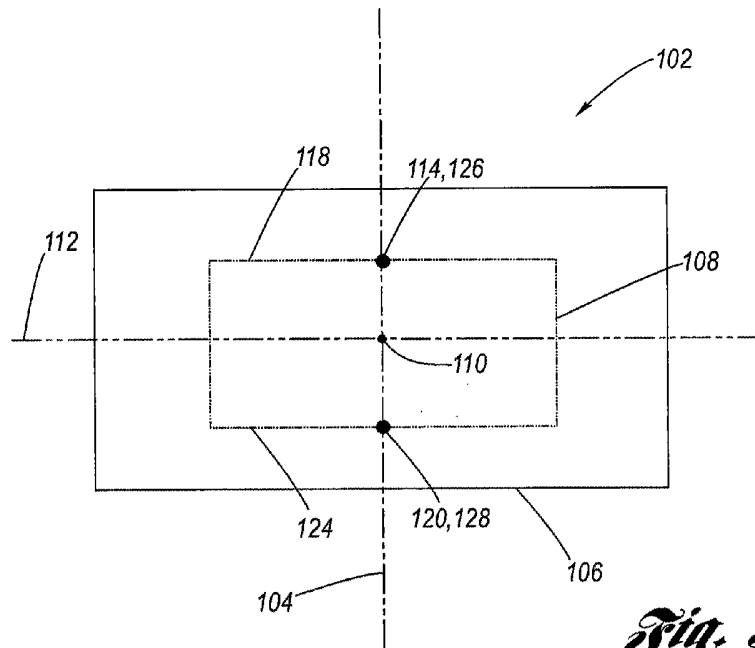
10 selecionar um primeiro raio dentro do primeiro plano corretivo;

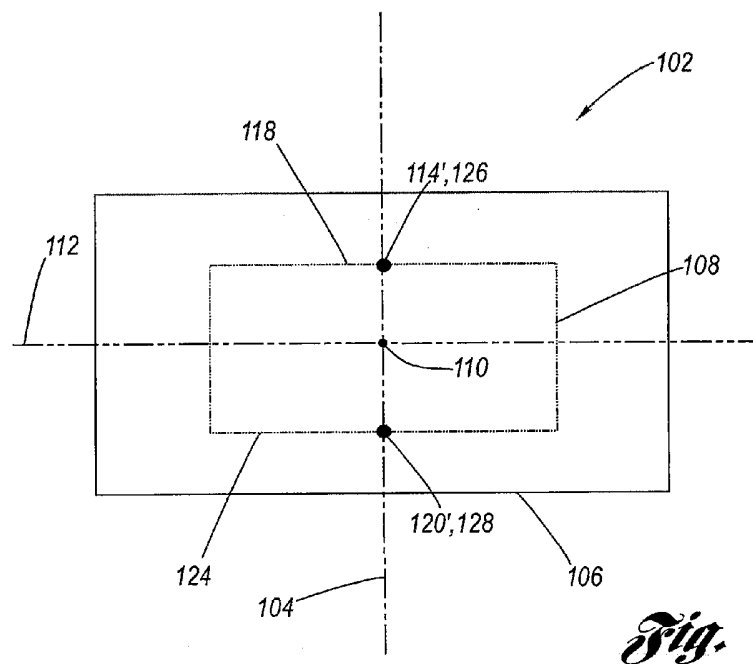
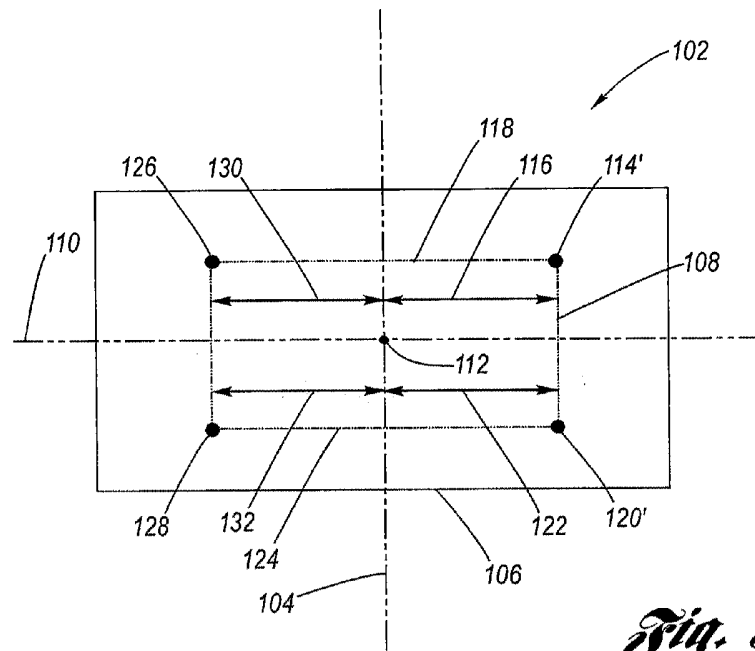
selecionar um segundo raio dentro do segundo plano corretivo; e

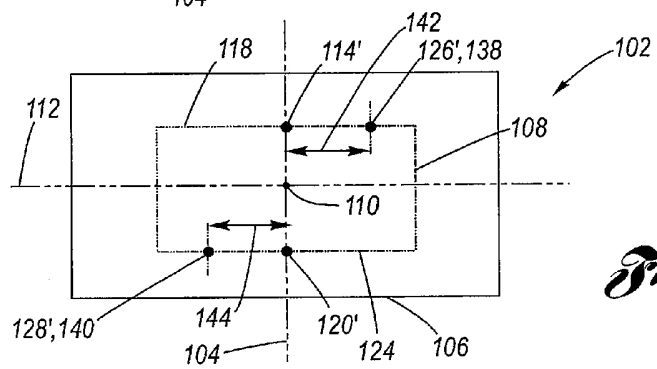
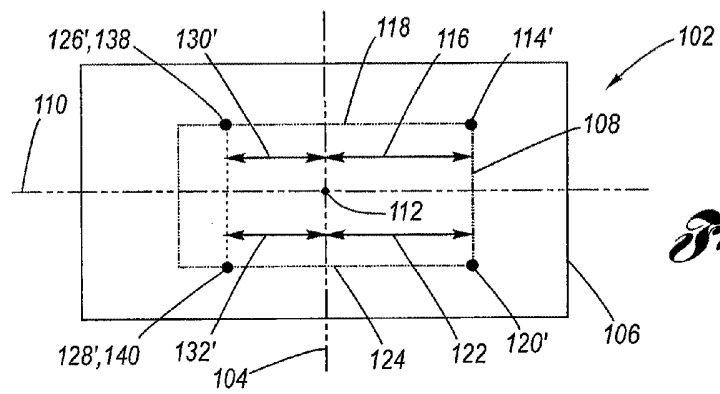
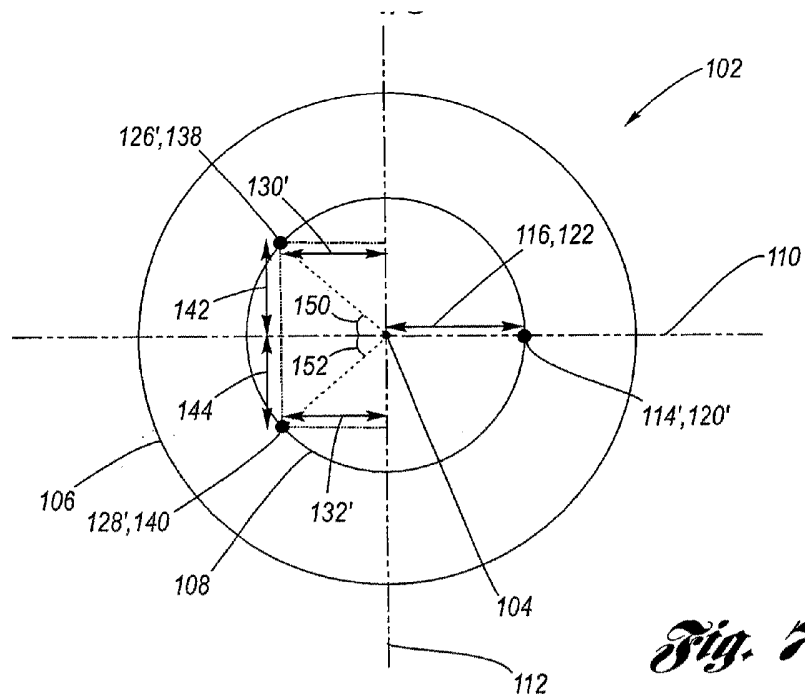
15 determinar uma primeira quantidade de peso desbalanceamento dentro do primeiro plano no primeiro raio, e uma segunda quantidade de peso de desbalanceamento dentro do segundo plano no segundo raio.

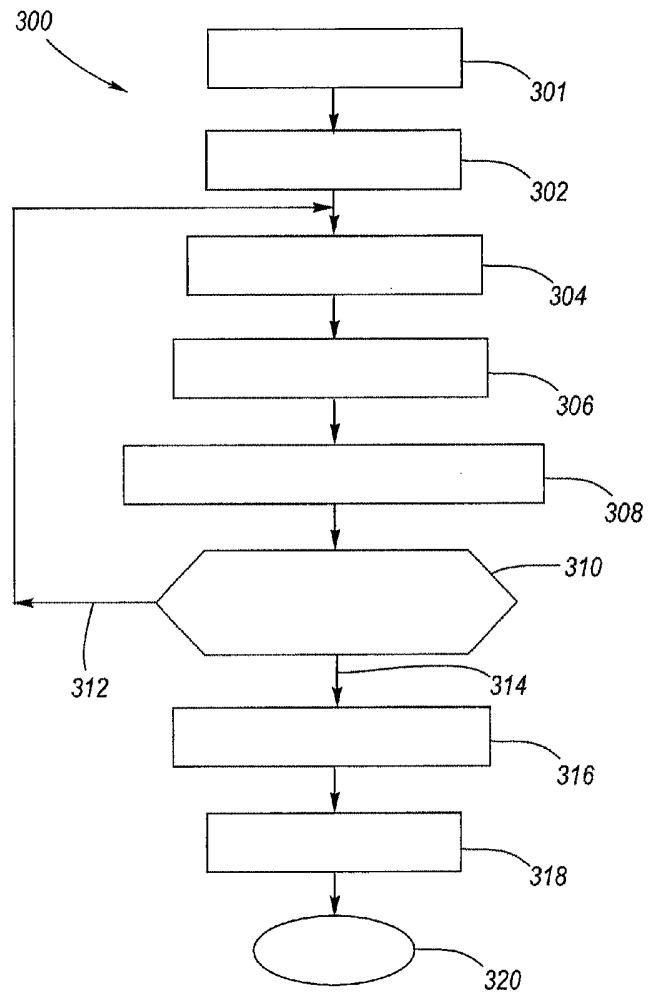
10. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado
20 pelo fato de que os pesos do par de pesos de balanceamento corretivos são idênticos.

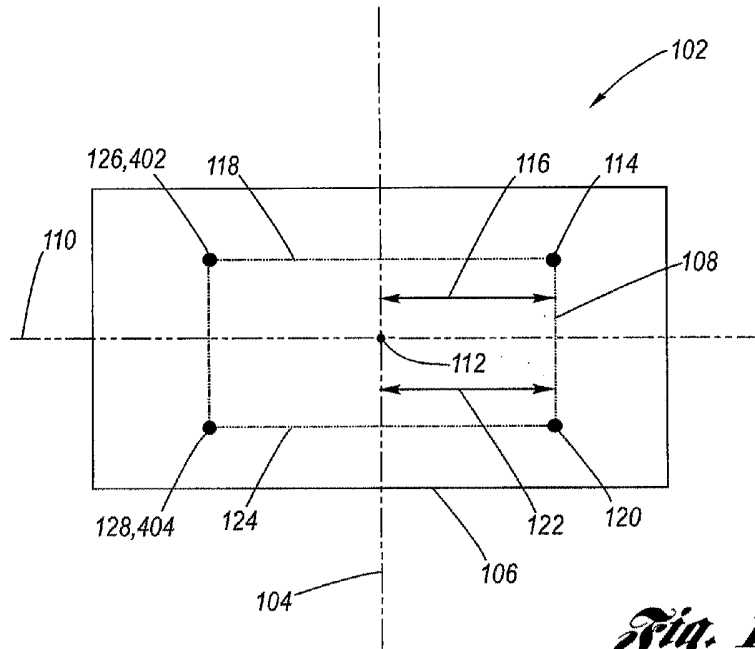
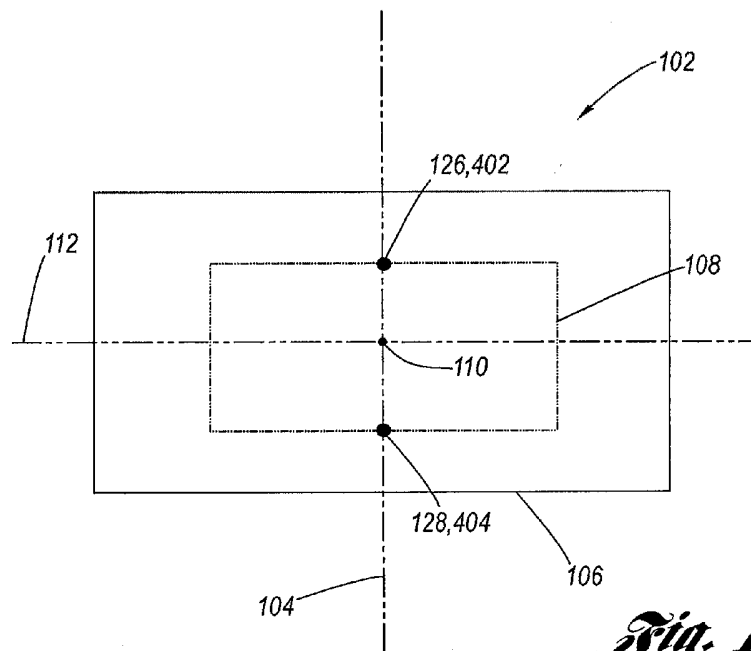








*Fig. 10*

*Fig. 11**Fig. 12*

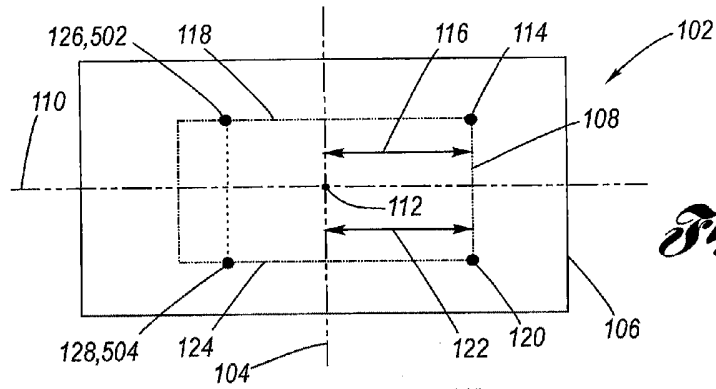


Fig. 13

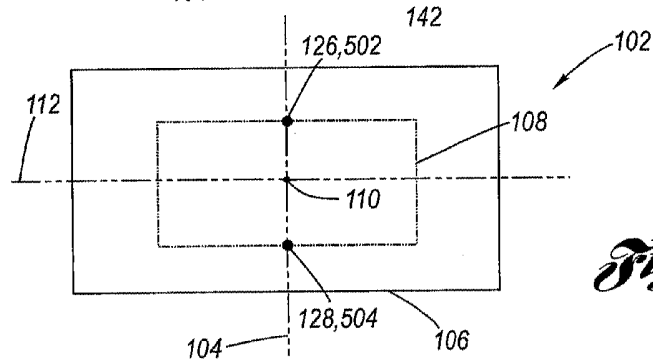


Fig. 14

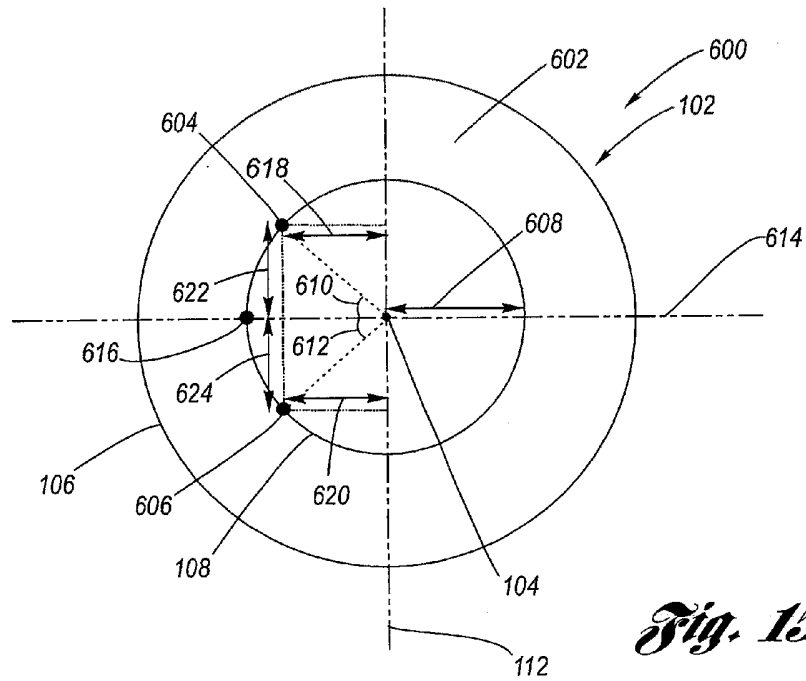
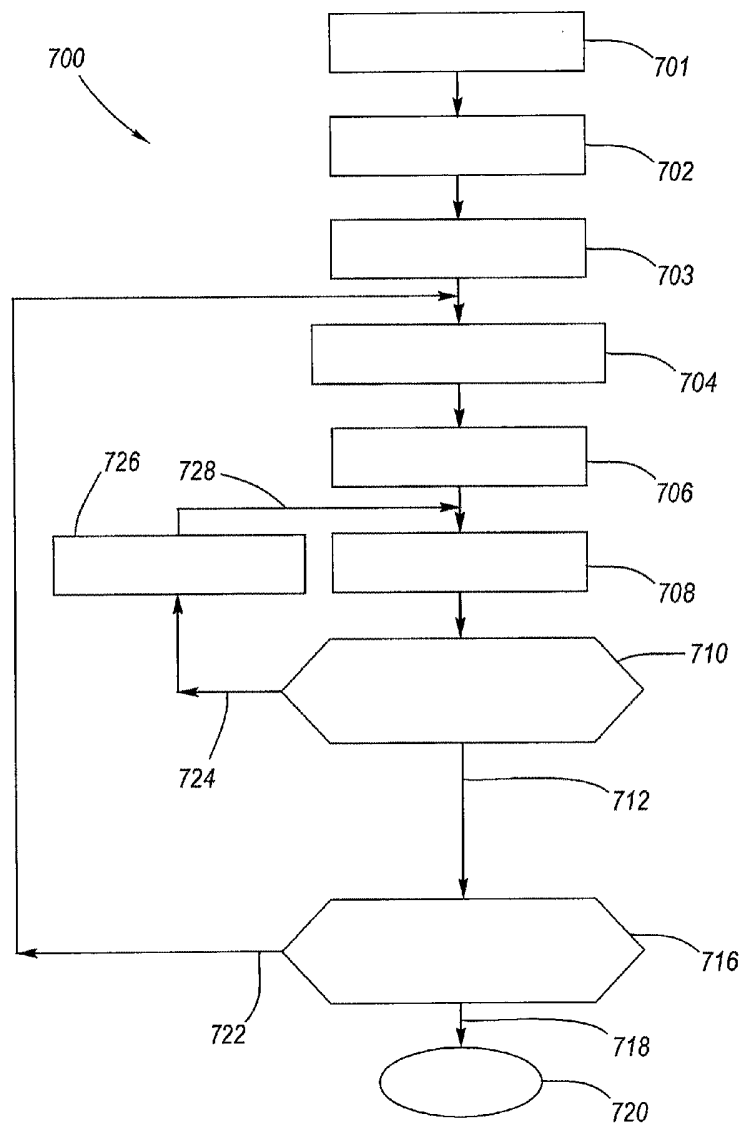


Fig. 15

*Fig. 16*

RESUMO**“MÉTODO PARA BALANCEAR UM CONJUNTO DE RODA”**

Um método para balancear um conjunto de roda. Em um primeiro aspecto, pesos de balanceamento corretivos e a posição dos mesmos
5 são determinados por um balanceador e um peso de balanceamento corretivo o mais próximo do mesmo é escolhido, assim como um mais alto e um mais baixo incrementos de peso para cada plano; os pesos escolhidos são emparelhados para proporcionar um residual minimizado e são então ligados aos planos do conjunto de roda. Em um segundo aspecto, pesos de
10 desbalanceamento são determinados por um balanceador; um par de pesos de balanceamento corretivos, um pelo menos 1/2 do peso de desbalanceamento determinado, é escolhido, cada um do par separado por ângulos de posição determinados para minimizar o residual e depois eles são respectivamente ligados ao(s) plano(s) de balanceamento corretivo(s) do conjunto de rodas.