



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

(11) PI 0412650-5 B1



(22) Data de Depósito: 13/07/2004

(45) Data da Concessão: 04/08/2015
(RPI 2326)

(54) Título: RODA COMPLACENTE

(51) Int.Cl.: B60B9/26

(30) Prioridade Unionista: 14/07/2003 US 10/618,924

(73) Titular(es): Compagnie Generale Des Etablissements Michelin , Michelin Recherche Et Technique S.A, Société de Technologie Michelin

(72) Inventor(es): Jean-Pierre Pompier, Steven M. Cron, Timothy B. Rhyne

“RODA COMPLACENTE”

O presente pedido é uma ‘continuação-em-parte’ do documento PCT/US01/26379, depositado em 24 de agosto de 2001 que designa os Estados Unidos da América.

5 FUNDAMENTOS E SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A invenção refere-se a pneus e rodas estruturalmente suportados, sem câmara de ar. Mais especificamente, a invenção trata de uma roda flexível que suporta uma carga com seus componentes estruturais e tem faculdades de desempenho similares a de um pneu com câmara para servir
10 como um substituto e aperfeiçoamento em relação aos pneus com câmara de ar.

O pneu pneumático é a solução mais bem conhecida para complacência, conforto, massa e resistência à rodagem, todavia, o pneu com câmara tem desvantagens em complexidade, necessidade de manutenção, e
15 suscetibilidade a danos. Um dispositivo que aperfeiçoe o desempenho do pneu com câmara pode, por exemplo, proporcionar maior complacência, requisitos de manutenção reduzidos, e resistência a danos.

Os pneus maciços convencionais, pneus flexíveis, e pneus amortecedores, embora dispensando a necessidade por manutenção e não
20 tendo a suscetibilidade a danos dos pneus com câmara de ar, infelizmente carecem das suas vantagens de desempenho. Particularmente, pneus maciços e pneus amortecedores tipicamente incluem um aro sólido circundado por uma camada de material resiliente. Estes pneus confiam sobre a compressão da parte em contato com o solo da camada resiliente diretamente sob a carga
25 para suporte da carga. Estes tipos de pneus podem ser pesados e rígidos e carecem da capacidade amortecedora dos pneus com câmara de ar.

Pneus amortecedores tipicamente possuem um anel de madeira, metal ou plástico rígido com molas ou elementos flexíveis que o ligam com um cubo. Embora o cubo seja dessa maneira suspenso pelas molas,

o anel inflexível tem somente uma pequena área de contato com a rodovia, que não oferece essencialmente qualquer complacência, e insatisfatório controle de direção e tração.

Por conseguinte, exceto em situações limitadas, os pneus sem câmara conhecidos não tem encontrado uso amplo como substitutos para
5 pneus com câmara de ar.

Uma roda complacente, não-pneumática dotada de características de desempenho similares às daquelas de pneus com câmara, enquanto corrigindo as suas desvantagens, superaria as diversas desvantagens técnicas e representaria um aperfeiçoamento bem-vindo.
10

Uma roda flexível de acordo com a invenção inclui uma cinta complacente que suporta a carga sobre o cubo da roda e uma pluralidade de elementos sustentadores de tração que transmitem em tração as forças de carga entre a cinta e o cubo. Os elementos sustentadores de tração são
15 substancialmente não sustentadores de carga em compressão e conferem suspensão ao cubo de maneira similar ao pneu com câmara.

De acordo com uma modalidade preferencial, os elementos sustentadores de tração são elementos em forma de folha, raios em forma de folha, formados de um elemento elastomérico para conferir sustentação de tração e flexibilidade quando sob compressão. Outros elementos transmissores de tração também podem ser usados, por exemplo, cordonéis ou cabos, e a descrição de raios em forma de folha não é proposta para limitar a invenção.
20

De acordo com uma modalidade, uma roda complacente inclui uma cinta complacente, uma pluralidade de raios em rede se estendendo transversalmente através de e substancialmente radialmente para dentro da cinta complacente no sentido de um eixo geométrico da roda, e dispositivos para interligar os raios em forma de folha com um cubo.
25

De acordo com outra modalidade, a roda complacente inclui

uma banda de rodagem ou parte de desgaste formada sobre ou montada sobre a superfície radialmente externa da cinta complacente

Para os fins da descrição que se segue, o termo “cubo” refere-se a qualquer dispositivo ou estrutura para suportar a roda e efetuar sua
5 montagem no eixo de um veículo.

A cinta complacente é formada de um material suscetível de deformação sob carga, inclusive flexão da cinta, superar obstáculos e se amoldar a uma superfície de contato, tal como uma rodovia ou assoalho. Particularmente, a deformação de flexão da cinta sob carga forma uma área de
10 contato com a superfície de contato, que proporciona transmissão de forças de tração e direção semelhantes àsquelas do pneu com câmara. Um aspecto da complacência do material da roda é que o grau de flexão da cinta relaciona-se com a magnitude da carga sobre a roda.

A cinta complacente pode ser formada de um material
15 elastomérico, tal como borracha natural ou sintética, poliuretano, borracha esponjada e poliuretano esponjado, co-poliésteres segmentados e copolímeros em bloco de nylon. De preferência, o material tem um módulo elástico de cerca de 9 MPa a cerca de 60 Mpa. A cinta pode não ser reforçada ou pode incluir uma camada de reforço para aumentar a inextensibilidade
20 circunferente da cinta.

Os raios em rede interligam o cubo e cinta complacente e atuam em tração para transmitir forças de carga entre o cubo e a cinta. Isto proporciona, entre outras funções, suporte para a massa do veículo. Forças de suporte de carga são geradas pela tração nos raios em rede não conectados
25 com a parte em contato com o solo da cinta. O cubo carregado pode dizer-se ser suspenso pela parte superior da cinta complacente, que define um arco suportando a carga.

De preferência, os raios em rede têm uma alta rigidez efetiva em tração e uma baixa rigidez efetiva em compressão. A baixa rigidez em

compressão permite que os raios em rede afixados à parte em contato com o solo da cinta complacente acomodem a deformação da parte em contato com o solo da cinta complacente sem transmitir carga vertical significativa. Os raios em rede são relativamente delgados comparados com seu comprimento, e tipicamente, se flexionarão sob compressão. A ausência de suporte de carga compressiva pelos raios em rede na região de contato permite que a cinta forme mais facilmente a área de contato e se flexione mais facilmente para absorver obstáculos. Além disso, devido à inexistência de qualquer conexão direta do solo com o cubo, isto é, o choque da rodovia tem de se propagar em torno da cinta complacente e através dos raios em rede tensionados, a roda complacente tem conforto e amortecimento aperfeiçoados comparada com pneus com câmara de ar.

Os raios em rede também transmitem as forças exigidas para aceleração, parada e transposição de curvas. A distribuição e orientação dos raios em rede podem ser selecionadas para obter a função desejada. Por exemplo, em aplicações onde rigidez circunferente relativamente baixa é desejada, os raios em rede podem ser radialmente dispostos e em paralelo com o eixo geométrico de rotação da roda complacente.. Para aumentar a rigidez na direção circunferente, raios em rede perpendiculares ao eixo geométrico de rotação podem ser adicionados, alternando com raios em rede alinhados com o eixo geométrico. Outra alternativa é dispor os raios em rede em relação oblíqua com o eixo geométrico da roda complacente para conferir rigidez em ambas as direções circunferente e axial.. Outra alternativa é orientar os raios em rede para serem dispostos em uma disposição oblíqua alternada, isto é, em uma disposição em ziguezague quando visualizados no plano equatorial. Naturalmente, outras disposições similares poderiam ser usadas para adaptara rigidez circunferente da roda.

Para facilitar a flexão dos raios em rede da parte em contato com o solo da banda de rodagem, os raios podem ser curvados.

Alternativamente, os raios em rede podem ser configurados durante a moldagem para terem uma predisposição para se curvarem em uma direção específica. Outra alternativa é estabelecer uma conexão entre o cubo e os raios em rede ou entre o anel e os raios em rede que atuam em tração porém
5 permitem deslocamento recíproco dos raios em rede em compressão.

De acordo com uma modalidade preferencial da invenção, uma roda flexível ou complacente compreende um cubo, uma cinta sustentadora de carga complacente disposta radialmente para o exterior e concentricamente com o cubo, e uma pluralidade de raios em rede se estendendo entre o cubo e
10 a cinta complacente, em que a cinta complacente compreende uma membrana ou camada de reforço embutida na cinta. De preferência a camada de reforço compreende cordoneis alinhados na direção circunferente embutidos em uma camada elastomérica. De acordo com a presente modalidade, a camada de reforço atua para compelir a extração circunferente da cinta sob forças de
15 carga para melhor aplicação de tração aos raios em rede, que aumenta a capacidade portadora de carga.

De acordo com outro aspecto da presente modalidade, a membrana ou camada de reforço tem um módulo de tração longitudinal maior que o módulo elástico da cinta.

20 De acordo com ainda outro aspecto da presente modalidade, a membrana ou camada de reforço é posicionada aproximadamente no eixo geométrico neutro da cinta complacente. Preferencialmente, a camada de reforço é posicionada radialmente para dentro do eixo geométrico neutro.

DESCRIÇÃO SUCINTA DOS DESENHOS

25 A invenção será mais bem compreendida através da consulta à descrição que se segue e aos desenhos apensos, em que:

A figura 1 é uma vista esquemática no plano equatorial de uma roda complacente da invenção sob carga demonstrando a complacência da roda com a superfície de suporte;

A figura 2 é uma vista esquemática no plano meridiano de uma roda complacente de acordo com a invenção ilustrando um mecanismo de arraste de carga.

5 A figura 3 é uma vista seccional do plano meridiano de uma modalidade de uma roda complacente da invenção.

A figura 4 é uma vista esquemática no plano equatorial de uma modalidade alternativa da roda complacente de acordo com a invenção.

10 A figura 5 é uma vista seccional mostrando uma distribuição de raios em rede em um padrão em X para uma roda complacente visualizada no plano equatorial.

A figura 6 é uma vista de uma distribuição alternativa de raios em forma de folha em um padrão em V visualizado no plano equatorial.

15 A figura 7 é uma vista de uma distribuição dos raios em rede em um padrão axial oblíquo visualizado radialmente no sentido do eixo geométrico de rotação.

A figura 8 mostra uma distribuição alternativa em asna dos raios em rede visualizada radialmente no sentido do eixo geométrico de rotação;

20 A figura 9 mostra uma disposição alternativa de raios em rede visualizados radialmente no sentido do eixo geométrico alternando circunferentemente e axialmente alinhados visualizados radialmente no sentido do eixo geométrico de rotação;

25 A figura 10 ilustra em vista seccional um segmento de cinta complacente e raios em rede de apoio para ilustrar a deformação compressiva da cinta sob carga; e

A figura 11 ilustra esquematicamente a rigidez contra deflexão conforme visualizada no plano equatorial da roda complacente;

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Os seguintes termos são definidos como segue para a presente

descrição;

“Plano Equatorial” significa um plano que passa perpendicular ao eixo geométrico de rotação da roda e secciona ao meio a estrutura de roda;

5 “Plano Meridiano” significa um plano que passa através de e inclui o eixo geométrico de rotação da roda;

“Módulo” de materiais elastoméricos significa o módulo de elasticidade de resistência à tração a alongamento de 10% medido pelo Método de Teste Standard ASTM D412;

10 “Histerese” significa a tangente de perda dinâmica ($\text{tg } \delta$) medida à deformação, temperatura e frequência operacional. Aqueles versados na técnica entenderão que as condições operacionais diferem para aplicações específicas, por exemplo, os diferentes requisitos de carga e velocidade para carrinhos de golfe e automóveis desportivos, e de que a deformação, temperatura e frequência devem ser específicas para a aplicação
15 específica.

Os numerais de referência representados nos desenhos seguem um padrão uniforme para cada variação. As figuras não estão em escala e as dimensões de elementos foram exageradas ou reduzidas na medida necessária para clareza da ilustração.

20 Uma modalidade típica de uma roda complacente de acordo com a invenção é mostrada na fig. 1 de forma esquemática visualizada no plano equatorial. Uma roda complacente de acordo com a invenção é útil em aplicações onde as qualidades de tração, governo, ou suspensão de um pneu são vantajosas ou necessitam aperfeiçoamento. Uma roda complacente de
25 acordo com a invenção pode oferecer características de complacência e rigidez aperfeiçoadas, em uma roda requerendo menos manutenção que um pneu pneumático. Além da aplicação em veículos motores, uma roda deste tipo também pode ser vantajosamente usada, por exemplo, em uma cadeira de rodas, em uma maca com rodas, um leito hospitalar, um carrinho para

equipamento sensível, ou outros veículos ou viaturas onde a sensibilidade a choque é importante. Além disso, a roda pode ser usada em lugar de rodízios para cadeiras ou outro mobiliário, ou como rodas para carrinhos de bebe, pranchas de patinação, pranchas de patinação em-linha, etc. A roda complacente da invenção poderia ser usada em máquinas ou aparelhos onde rodas sustentadoras de carga ou aplicadoras de carga são usadas. O termo “veículo” é usado abaixo para os fins da descrição, todavia, qualquer dispositivo sobre o qual rodas complacentes possam ser montadas é incluído na seguinte descrição:

10 A roda 100 mostrada na fig. 2 tem uma cinta complacente anular 110, uma pluralidade de elementos transmissores de tração, ilustrados como raios em rede 150 se estendendo transversalmente através de e para dentro a partir da cinta complacente, e uma cinta de montagem 160 na extremidade radialmente interna dos raios em rede. A cinta de montagem 160
15 ancora a roda 100 a um cubo. Uma parte de banda de rodagem 105 é formada na periferia externa da cinta complacente 110. A parte da banda de rodagem 105 pode ser uma camada adicional ligada sobre a cinta complacente 110 como mostrado na fig. 1, por exemplo, para conferir propriedades de tração e desgaste diferentes daquelas que o material da cinta oferece.
20 Alternativamente, a parte de banda de rodagem 105 pode ser a superfície externa da cinta complacente, como mostrada na fig. 3. As características da banda de rodagem podem ser formadas na parte de banda de rodagem 105 e podem incluir ranhuras 107 e nervuras 109.

 Como mencionado, os raios em rede 150 na modalidade típica
25 da fig. 1 se estendem transversalmente através da roda, que como usados aqui significa que os raios em rede 150 se estendem de lado para lado da roda e podem ser alinhados com o eixo geométrico de rotação, ou podem ser oblíquos ao eixo geométrico da roda. Outrossim, “se estendendo para dentro” significa que os raios em rede 150 se estendem entre a cinta complacente e o

cubo, e podem situar-se em um plano radial ao eixo geométrico da roda ou podem ser oblíquos ao plano radial. Além disso, como explanado abaixo, uma segunda pluralidade de raios em rede pode se estender no plano equatorial.

A cinta complacente 110 suporta a carga sobre a roda
5 complacente e se deforma resilientemente para se amoldar à pista de rodagem (ou outra superfície de apoio) para conferir faculdades de tração e manejo. Como indicado na fig. 1 e fig. 2, quando uma carga **L** é aplicada sobre o eixo geométrico de rotação **X** da roda, a cinta complacente 110 flexiona-se e de outro modo se amolda para contato com o solo na área **C** para formar um
10 segmento de contato. A parte **A** da cinta 110 não em contato com o solo atua de uma maneira similar àquela de um arco e confere uma rigidez de compressão circunferente e uma rigidez de flexão longitudinal no plano equatorial suficientemente altas para atuar como um membro de sustentação de carga. A carga **L** sobre a roda 100, transmitida pelo veículo (não mostrado)
15 para o cubo 10 essencialmente é suspensa pelos raios em rede afixados à parte sustentadora de carga **A**. Os raios em rede na região de contato **C** não experimentam carga de tração devido à carga **L**. Quando a roda complacente gira, naturalmente, a parte específica da cinta complacente 110 atuando como um arco continuamente varia, todavia, o conceito de um arco é útil para
20 compreensão do mecanismo sustentador de carga.

O grau de flexão da cinta complacente 110, e por conseguinte, a dimensão do segmento ou área de contato **C** é proporcional à carga **L**. A faculdade da cinta se flexionar resilientemente sob carga oferece uma área de contato com o solo complacente **C** que atua de maneira similar àquela de um
25 pneu pneumático, com resultados vantajosos similares. Por exemplo, esta cinta complacente 110 pode circundar obstáculos para conferir uma marcha mais suave. Também, a cinta complacente 110 é suscetível de transmitir forças para o solo ou estrada para tração, reação angular (numa curva), e governo.

Em contraste, nos pneus maciços e de amortecimento. A carga é suportada por compressão da estrutura de pneu na área de contato, que inclui compressão do material semi-maciço sob o cubo rígido. A acomodação do material semi-maciço é limitada pelas propriedades de compressão do material e a espessura do material sobre a roda rígida ou cubo.

A cinta complacente 110 é formada de material elastomérico. O material elastomérico da cinta pode incluir borrachas naturais e sintéticas, poliuretanos, borrachas esponjadas e poliuretanos, copoliésteres segmentados, e copolímeros em bloco de nylon. De preferência, o material elastomérico tem um módulo elástico de cerca de 9 MPa a cerca de 60 MPa. O material elastomérico pode ser preparado conforme é conhecido na técnica com cargas, condicionadores, aditivos de cura e semelhantes, adicionalmente ao teor de polímero, contanto que as propriedades apropriadas de complacência, flexibilidade e resiliência da cinta complacente sejam obtidas.

Repetida deformação da cinta complacente 110 durante a rodagem sob carga causa perdas por histerese levando a acúmulo de calor na roda complacente. Assim, a histerese do material da cinta complacente deve ser especificada para manter uma temperatura operacional para os materiais usados. Para materiais de pneu convencionais (por exemplo borracha) por exemplo, a histerese da cinta deve ser especificada para gerar uma temperatura abaixo de cerca de 100°C para rodas complacentes em uso contínuo.

Reportando-se às figs. 2 e 3, os raios em rede 150 são substancialmente elementos semelhantes a folhas tendo um comprimento N na direção radial, uma largura W na direção axial correspondente genericamente à largura axial da cinta complacente 110, e uma espessura perpendicular às outras dimensões. A espessura é muito menor que o comprimento N ou a largura W, que permite a um raio em rede a cambar ou flexionar sob compressão, como mostrado na figura 1. Raios em rede mais

delgados se flexionam ao passar através da área de contato A sem substancialmente qualquer resistência compressiva, isto é, não oferecendo qualquer ou somente força compressiva insignificante a suportar carga. À medida que a espessura dos raios em rede aumenta, os raios em rede podem
5 oferecer alguma força compressiva a suportar carga na área de contato com o solo. A ação transmissora de carga predominante dos raios em rede como um todo, todavia, é a tração. A espessura de raio em rede específica pode ser selecionada para satisfazer os requisitos específicos do veículo.

Como visto na figura 2, de preferência, os raios em rede 150
10 são orientados em relação à cinta complacente 110 através da direção axial. A tração nos raios em rede 150 (na parte superior do desenho correspondente à região A na figura 1), por conseguinte, é distribuída através da cinta complacente 110 para suportar a carga L.

De acordo com uma modalidade presentemente preferida, os
15 raios em rede 150 são formados de um material elastomérico dotado de um módulo de tração de cerca de 10 a 10 MPa. Os raios em rede podem ser reforçados se desejado. O material dos raios em rede também deve exibir comportamento elástico para retornar ao comprimento original após ser submetido à deformação em 30%, e exibir tração constante quando o material
20 dos raios em rede é deformado a 4%. Outrossim, há conveniência em dispor de um material com uma $\tan \delta$ de não mais de 0,1 às condições operacionais pertinentes. Por exemplo, materiais de borracha ou de poliuretano comercialmente disponíveis podem ser identificados que satisfazem estes requisitos. A requerente comprovou que uretano da marca *Vibrathane B836*
25 da divisão Uniroyal Chemical da Crompton Corporation de Middlebury, Connecticut mostrou-se adequado para os raios em rede.

Reportando-se à fig. 3, em uma modalidade, os raios em rede 1150 são interligados por uma cinta de montagem radialmente interna 160, que circunda o cubo 10 para montar a roda no cubo. Uma cinta de interface

170 interliga os raios em rede 150 pelas suas extremidades radialmente externas e conecta os raios em rede 150 com a cinta complacente 110. Por conveniência, os raios em rede 150, a cinta de montagem 160, e a cinta de interface 170 pode ser moldada de um único material como uma unidade.

5 Alternativamente, dependendo dos materiais de construção e do processo para a cinta 110 e cubo ou roda 10, a cinta de montagem 160 ou cinta de interface 170 pode ser eliminada e os raios em rede podem ser moldados ou conformados para aderir diretamente à cinta 110 e cubo 10. Por exemplo, se a cinta complacente 110 é formada para aderir diretamente à
10 cinta 110 e cubo 10. Por exemplo, se a cinta complacente 110 é formada com materiais idênticos ou compatíveis como os raios em rede, a roda complacente da invenção poderia ser manufaturada com um degrau formando os raios em rede, a cinta complacente, e a cinta de montagem como uma unidade integrada. De modo similar, a cinta de montagem poderia ser eliminada
15 moldando os raios em rede diretamente com o cubo.

De acordo com uma outra modalidade, os raios em rede 150 poderiam ser mecanicamente afixados ao cubo, por exemplo, proporcionando uma parte ampliada sobre a extremidade interna de cada raio em rede que se engata com um dispositivo em rasgo no cubo, ou pela afixar raios em rede
20 adjacentes para formar uma alça em um ganho ou barra formada no cubo. A figura 4 mostra uma modalidade deste tipo, na qual os raios em rede 150 são formados com alças que se engatam com ganchos 154 no raio externo do cubo 10.

Substancialmente suporte de carga puramente de tração é
25 obtido tendo um raio em rede que tem alta rigidez em tração porém rigidez muito baixa em compressão. Para facilitar a flexão em uma direção específica, os raios em rede podem ser curvados. Alternativamente, os raios em rede podem ser moldados com uma curvatura e retificados por retração térmica durante o resfriamento para oferecer uma predisposição à flexão em

uma direção específica.

Os raios em rede 150 devem resistir à torção entre a cinta complacente 110 e o cubo 10, por exemplo, quando momento de torção é aplicado às rodas. Além disso, os raios em rede 150 devem resistir à deflexão lateral, por exemplo, ao virar ou sob a força de reação transversal numa curva.. Como será compreendido, os raios em rede 150 que se situam no plano radial-axial, isto é, são alinhados com ambas as direções radial e axial, isto é, são alinhados com ambas as direções radial e axial, terão alta resistência às forças axialmente dirigidas, porém, particularmente se alongados na direção radial, podem ter resistência relativamente baixa a torque na direção circunferente. Para determinados veículos e aplicações, por exemplo, aqueles que produzem momento de torção relativamente baixo, um conjunto de raios em rede tendo raios relativamente curtos alinhados com a direção radial será adequado.

Para aplicações onde alto torque é previsto, uma das disposições, tal como aquela ilustrada nas figs. 5-7, pode ser mais adequada. Na fig. 5, os raios em rede 150 são orientados em um padrão X repetitivo como visto na direção axial, com pares de raios formando os X ligados pelos seus centros. Na fig. 6, os raios em rede são orientados em um padrão em ziguezague em relação à direção radial. Os raios em rede na fig. 7 são orientados com raios em rede adjacentes opostamente orientados em relação à direção axial em um padrão em ziguezague. Nestas variações, as orientações oferecem um componente resistente à força tanto na direção radial como na direção circunferente, assim adicionando resistência ao torque, enquanto preservando os componentes resistentes à força radial e lateral. O ângulo de orientação pode ser selecionado dependendo do número de raios em rede utilizado e do espaçamento entre raios em rede adjacentes.

Outras disposições alternativas podem ser usadas. Como mostrado na fig. 8, os raios em rede podem ser dispostos em um padrão em

asna ou em 'V' como visto na direção radial. Outra alternativa é alternar a orientação de raios em rede adjacentes entre axialmente alinhado e circunferentemente alinhado como mostrado na fig. 9. Estas alternativas podem ser de menor preferência, todavia, devido às dificuldades em

5 acomodar flexão dos raios em rede na região de contato.

Uma vantagem da roda complacente da invenção é que a seleção da dimensão e disposição da cinta complacente e dos raios em rede permite que a rigidez vertical, lateral e torsional da roda sejam reguladas de modo independente da pressão de contato recíproca. Os parâmetros

10 operacionais da cinta complacente 110, condução de carga e complacência, são determinados em parte pela seleção de materiais dotados de rigidez à compressão circunferente e rigidez à flexão longitudinal no plano equatorial (o plano da vista na figura 1) para satisfazer os requisitos de carga prevista. Estes parâmetros são examinados em virtude do diâmetro da roda

15 complacente, a largura da cinta complacente na direção axial, a espessura da cinta na direção radial, e o comprimento e espaçamento dos raios em rede.

O número de raios em rede é selecionado para manter a circularidade da cinta, e dependerá também do espaçamento entre os raios em rede adjacentes.

20 A estrutura característica da roda complacente que a distingue das rodas de coxim e das rodas elásticas é que tanto a cinta complacente sustentadora de carga 110 como os raios em rede 150 são resilientemente flexíveis. Esta estrutura desperta duas considerações: manter uniformidade suficiente da cinta complacente de carga 110 durante a sustentação de carga

25 para rodagem suave e prevenir falha por fadiga dos raios em rede como resultado do flexionamento para dentro e para fora da área de contato.

A requerente verificou que, para os fins de uma rodagem suave, a cinta complacente 110 pode ser analisada como uma série de segmentos de feixe sustentados nas extremidades por raios em rede adjacentes

150, como ilustrado esquematicamente na fig. 10. A tração T nos raios em rede 150 de uma carga aplicada no eixo geométrico resulta na força compressiva K no segmento de feixe 112 entre raios em rede adjacentes.. Quando a compressão excede a faculdade do segmento de feixe 112 a se encurtar, deformação ocorre, como indicado (em escala exagerada) pela linha descontínua. A deformação ou deslocamento radial μ resulta em ausência de uniformidade no raio de rodagem da cinta complacente 110 que ocasiona rodagem irregular.

Pela seleção das características da cinta complacente 110 e dos raios em rede 150, o deslocamento radial pode ser mantido dentro de limites para rodagem suave, substancialmente uniforme. Usando a seguinte relação, o deslocamento radial μ está relacionado com características físicas dos elementos de roda complacente..

$$\mu_{p/p} \cong 1,5 \left(\frac{1-v^2}{EI} \right) T \left(\frac{r_0}{n} \right)^3$$

onde,

- 15 $\mu_{p/p}$ é o deslocamento radial pico a pico (mm);
- v é a razão de Poisson do anel complacente
- E é o módulo de elasticidade do anel (N/mm²)
- I é o momento de inércia do anel (mm⁴);
- T é a tração do raio (N);
- 20 r_0 é o raio nominal do anel (mm); e
- n é o número de raios

Para rodagem suave, o deslocamento radial μ deve, naturalmente ser pequeno. É conveniente relacionar o deslocamento radial μ com o raio da cinta complacente. Uma relação preferencial do raio nominal r_0 da cinta complacente 110 com o deslocamento radial pico a pico μ está em ou
25 acima de um valor de cerca de 1500, ou

$$\frac{r_0}{\mu} \geq 1500$$

Esta relação de raio para deslocamento radial pode ser obtida pela modificação dos diferentes parâmetros da cinta complacente 110 e raios em rede 150, como sugerido pela equação, por exemplo, aumentando o número de raios ou aumentando a rigidez da cinta complacente.

5 Outro fator para consideração na construção de uma roda complacente é o período de fadiga dos raios em rede. Dependendo do grau de deflexão a que a cinta complacente é submetida enquanto carregada, os raios em rede poderiam experimentar significativas tensões de flexão, resultando em fadiga.. A máxima energia de deformação de raio deve estar abaixo do
10 limite de fadiga do material de raio para o número de ciclos previsto para uma aplicação dada. A máxima energia de tração ou deformação sob carga para o raio em rede radial pode ser estimada usando a seguinte equação:

$$\text{Máxima energia de deformação} \cong 27,75 \left(\frac{Et^2}{L^2(1-\nu^2)} \right) \left(\frac{\Delta L}{L} \right)^{1,18}$$

onde, ν é a relação de Poisson do raio

E é o módulo de elasticidade do raio (N/mm²)

15 L é o comprimento do raio (mm)

ΔL é o máximo deslocamento radial do raio (mm); e

t é a espessura de raio na direção circunferente (mm)

presumindo-se uma seção transversal retangular.

A rigidez vertical relaciona-se com a faculdade da roda a
20 resistir à deflexão quando sob carga. A rigidez vertical da roda é fortemente influenciada pela reação à carga da parte da roda fora de contato com o solo, a “contradeflexão” da roda complacente. A fig. 22 ilustra este fenômeno em escala exagerada. Quando a roda está sob uma carga L , ela sofre uma deflexão por um valor f e a parte em contato com o solo se amolda à
25 superfície do solo para formar uma área em contato com o solo C . Observe-se que para fins da presente descrição o quadro de referência na fig. 11 mantém o eixo geométrico X da roda complacente em uma posição constante e move o solo para cima no sentido do eixo geométrico. A roda complacente é um

corpo resiliente, e por conseguinte, a deflexão vertical f é proporcional à carga L , a partir da qual a rigidez vertical K , da roda complacente pode ser derivada.

A rigidez circunferente da cinta complacente 110 (mostrada esquematicamente) resistirá a estiramento, compressão, e curvamento sob carga na busca por manter sua circunferência isenta de carga. Por conseguinte, quando sob carga, a parte da roda complacente fora de contato com o solo, sofre contradeflexão, ou se afasta da área de contato C , como indicado pelas linhas descontínuas na figura. O grau de contradeflexão λ é também proporcional à carga L , e uma rigidez de contradeflexão K_λ pode assim ser obtida. A rigidez de contradeflexão K_λ relaciona-se basicamente com a rigidez compressiva circunferente da cinta e a maneira pela qual os raios em rede não em contato com o solo suportam a carga. A um menor grau a flexão transversal e longitudinal da cinta são envolvidas.

A contradeflexão pode ser medida diretamente colocando uma roda complacente sob uma carga F com o eixo geométrico fixo e medir tanto a deflexão f da roda complacente na área de contato como a deflexão da superfície de banda de rodagem oposta à área de contato. A rigidez de contradeflexão é então determinada dividindo a carga F pelo grau de contradeflexão λ .

Na prática, a rigidez de contradeflexão K_λ substancialmente controla a rigidez vertical da roda complacente, e por conseguinte, a deflexão sob carga do eixo geométrico de uma roda complacente. A baixa rigidez de contradeflexão permite a cinta complacente 110 a se deslocar verticalmente sob carga, e assim reduzir a capacidade de carga àquela deflexão. A rigidez de contradeflexão K_λ determina a extração da área de contato, como pode ser visto na figura 10. Por conseguinte, uma roda complacente dotada de alta rigidez a contradeflexão tem menor contradeflexão e uma área de contato mais longa.

A rigidez vertical pode ser ajustada para otimizar a capacidade suportadora de carga de uma roda complacente dada. Alternativamente, a rigidez vertical pode ser ajustada para oferecer uma cinta complacente de espessura reduzida para pressão de contato reduzida ou massa de roda complacente enquanto mantendo um nível desejado de rigidez vertical.

A rigidez de contradeflexão K_A pode ser modificada de um número de maneiras. Alguns dos parâmetros de construção usados para ajustar esta rigidez incluem o módulo de raio em rede, o comprimento de raio em rede, a espessura da folha, o diâmetro da roda complacente, a espessura da camada de cinta complacente, e a largura da cinta complacente.

De acordo com uma modalidade preferencial, a cinta complacente 110 inclui uma camada de reforço 130 para exercer uma limitação sobre a circunferência da cinta quando esta se deforma sob carga. De preferência, a camada de reforço é disposta em ou ligeiramente para dentro do eixo geométrico neutro da cinta, isto é, aproximadamente a meio caminho entre as superfícies radiais externas e interna, ou ligeiramente radialmente para dentro do eixo geométrico neutro. A camada ou lona de reforço 130 atuará em tração na direção circunferente da cinta complacente.

Qualquer material conveniente pode ser empregado para o reforço. A estrutura da lona de reforço pode ser qualquer uma de várias alternativas tal como um material homogêneo (por exemplo, folha metálica delgada), uma matriz reforçada por fibras, ou uma camada dotada de elementos de reforço separados. Enquadra-se dentro do âmbito da invenção para a camada de reforço 130 ser aderida a ou na cinta complacente 110 por qualquer processo apropriado de ligação química ou adesiva ou fixação mecânica. A lona 130 pode incluir duas ou mais camadas.

A camada de reforço em uma modalidade preferencial inclui uma pluralidade de reforços de cordonel essencialmente inextensíveis embutidos em um revestimento elastomérico. Para uma roda complacente

construída de materiais elastoméricos, a lona de reforço 130 pode ser interposta entre duas camadas parciais do material elastomérico 120 e aderida pelos materiais elastoméricos curados. Alternativamente, a lona de reforço 130 pode ser embutida durante o processo de moldagem da cinta complacente propriamente dita. Os elementos de reforço na lona 130 podem ser qualquer um de vários materiais próprios para uso como reforços de cinta de roda complacente em pneus convencionais tais como monofilamentos ou cordonéis de aço, aramida ou outros têxteis de módulo elevado. Para as rodas complacentes ilustrativas aqui descritas, os reforços são cordonéis de aço, cada um consistindo de quatro arames de 0,26 mm de diâmetro (4x0,26).

A lona 130 inclui uma pluralidade de cordonéis essencialmente paralelos orientados a qualquer ângulo em relação à circunferência. Uma disposição vantajosa é a de cordonéis orientados cerca de 0° em relação ao plano equatorial de roda complacente para rigidez tensora aumentada.

Alternativamente, se duas ou mais lonas são fornecidas, os cordonéis das respectivas camadas podem ser dispostos a ângulos em relação à direção circunferente e em orientação oposta entre si.

Os cordonéis são embutidos em uma camada de revestimento elastomérica tipicamente tendo um módulo elástico de cerca de 9 a 60 MPa.

A requerente compreende que muitas outras variações se evidenciam aqueles versados na técnica a partir de uma leitura do relatório descritivo acima. Estas variações e outras variações se enquadram dentro do espírito e âmbito da presente invenção como definida pelas seguintes reivindicações apensas.

REIVINDICAÇÕES

1. Roda complacente, compreendendo:

um cubo;

uma cinta complacente disposta radialmente para fora do cubo; e,

5 uma pluralidade de elementos transmissores de força de tração se estendendo entre o cubo e a cinta complacente e conectados com a mesma, caracterizada pelo fato de que os elementos transmissores de força de tração transmitem força de tração entre o cubo e o anel, e não transmitem força substancial em compressão, e uma relação do raio nominal da cinta complacente com o deslocamento radial pico a pico da cinta complacente é maior ou igual a 1500.

2. Roda complacente de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de compreender ainda uma lona de reforço embutida na cinta.

15 3. Roda complacente de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a lona de reforço compreende pelo menos uma camada de reforços de cordonel essencialmente inextensíveis embutidos em uma camada de revestimento elastomérico tendo um módulo de elasticidade cisalhante pelo menos igual ao módulo de elasticidade cisalhante da cinta complacente.

20 4. Roda complacente de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a lona de reforço está localizada aproximadamente no eixo geométrico neutro da cinta.

5. Roda complacente de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a lona de reforço está localizada radialmente para 25 dentro do eixo geométrico neutro da cinta.

6. Roda complacente de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de compreender ainda uma banda de rodagem formada sobre uma superfície radialmente externa da cinta.

7. Roda complacente de acordo com a reivindicação 1,

caracterizada pelo fato de que a cinta complacente é formada de um material elastomérico dotado de um módulo elástico na faixa de 9 MPa a 60 MPa.

8. Roda complacente de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que os elementos transmissores de força de tração compreendem raios em rede se estendendo transversalmente através da cinta complacente.

9. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que os raios em rede são orientados em paralelo à direção axial.

10. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que cada raio em rede é orientado obliquamente à direção axial.

11. Roda complacente de acordo com a reivindicação 10, caracterizada pelo fato de que os raios em rede mutuamente adjacentes são orientados em ângulos oblíquos opostos com a direção axial.

12. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que os raios em rede mutuamente adjacentes são orientados em ângulos oblíquos opostos à direção radial formando um ziguezague no plano equatorial.

13. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que a pluralidade de raios em rede é orientada em pares cruzados formando um padrão X de repetição no plano equatorial.

14. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que os raios em rede têm uma curvatura no plano equatorial para facilitar a flexão quando sob compressão na direção radial.

15. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que uma primeira pluralidade de raios em rede é orientada em paralelo à direção axial e uma segunda pluralidade de raios em rede é orientada perpendicularmente à direção axial.

16. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que cada raio em rede tem uma espessura que não é maior que 5% de um raio da roda complacente.

5 17. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que os raios em rede são formados de um material elastomérico tendo um módulo elástico na faixa de 9 a 60 MPa.

18. Roda complacente de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que a cinta complacente e a pluralidade de raios em rede constituem uma unidade integralmente moldada formada de um único material.

10 19. Roda complacente, compreendendo:

um cubo;

uma cinta complacente de material elastomérico disposta radialmente para o exterior do cubo;

uma lona de reforço embutida na cinta; e,

15 uma pluralidade de raios em rede flexíveis se estendendo entre a cinta complacente e o cubo, caracterizada pelo fato de que a cinta complacente e a pluralidade de raios em rede constituem uma unidade integralmente moldada formada de um único material e uma relação do raio nominal da cinta complacente com o deslocamento radial pico a pico da cinta complacente é maior
20 ou igual a 1500.

FIG.2

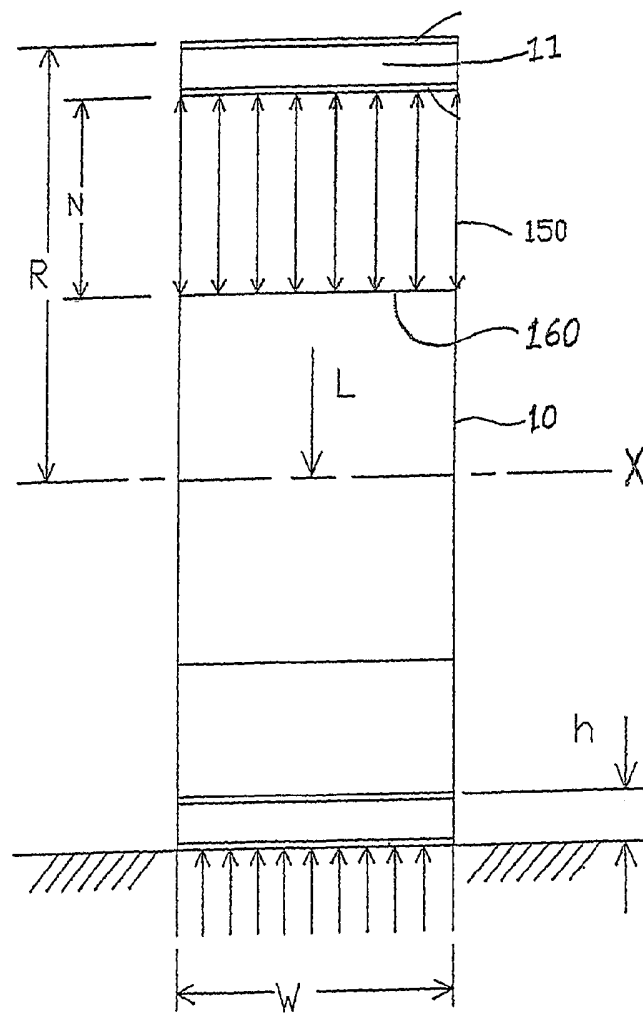


FIG.3

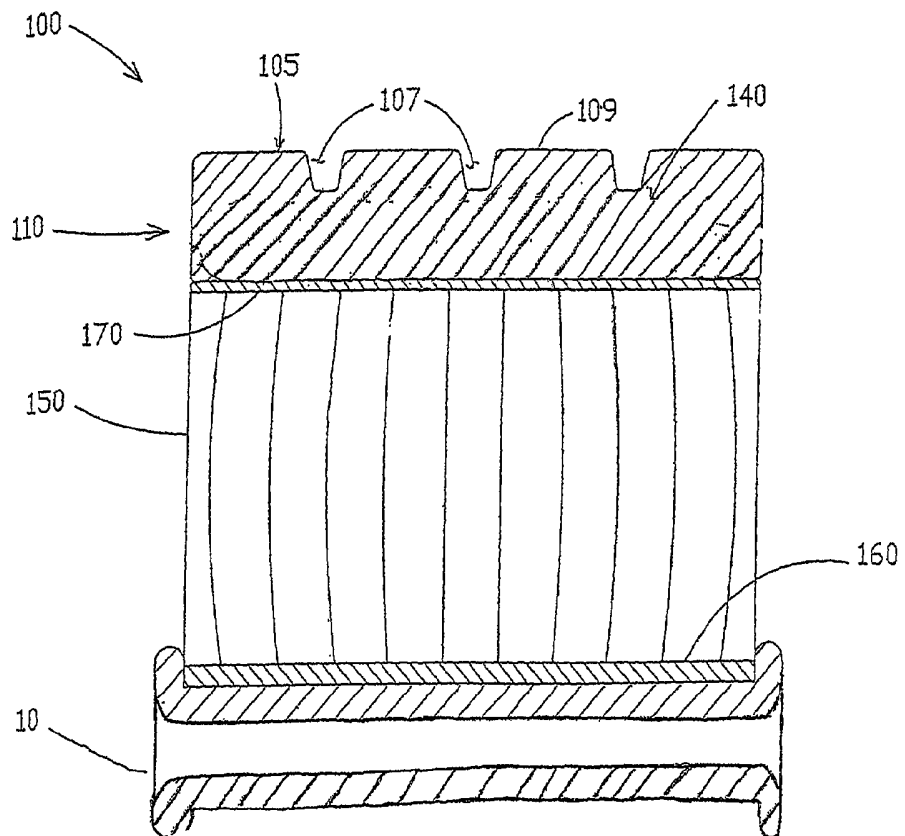


FIG.4

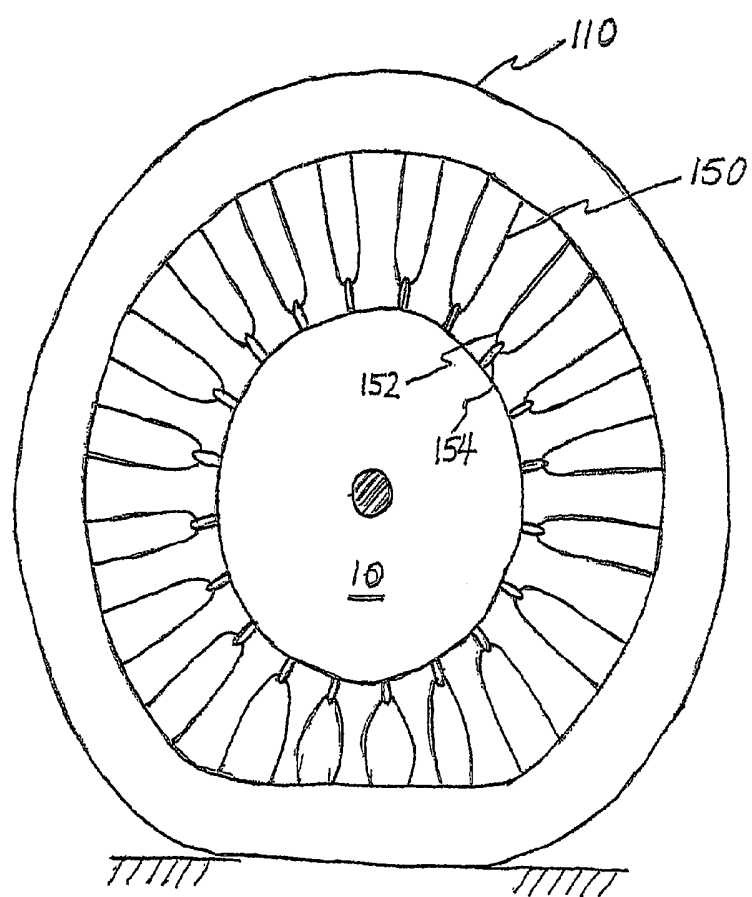


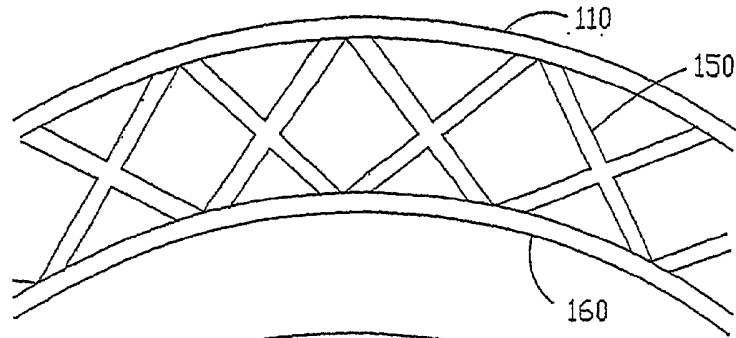
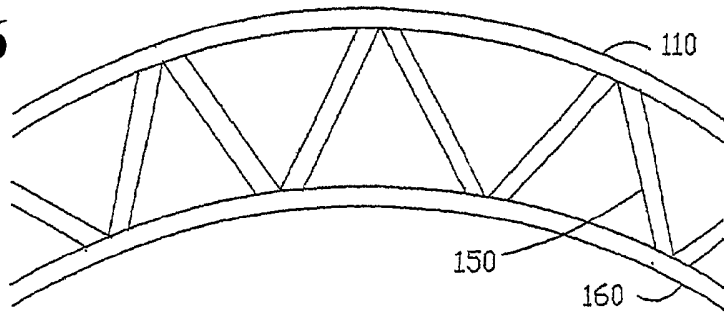
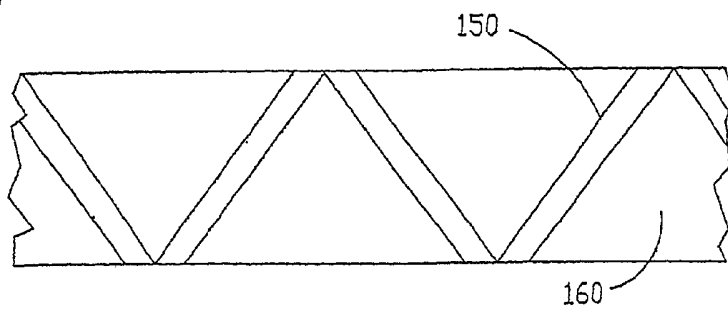
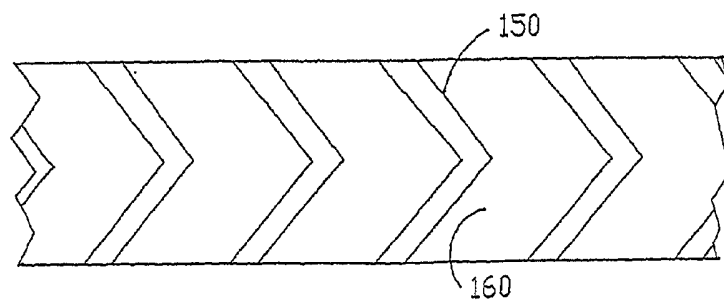
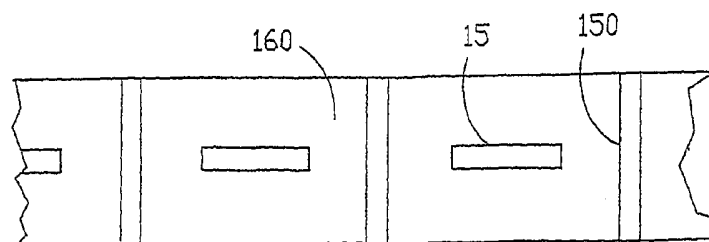
FIG.5**FIG.6****FIG.7****FIG.8****FIG.9**

FIG.10

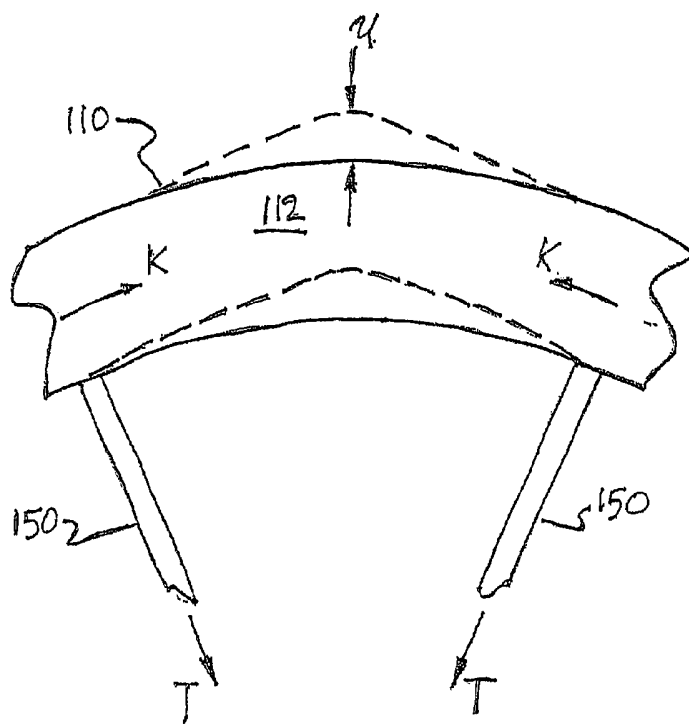
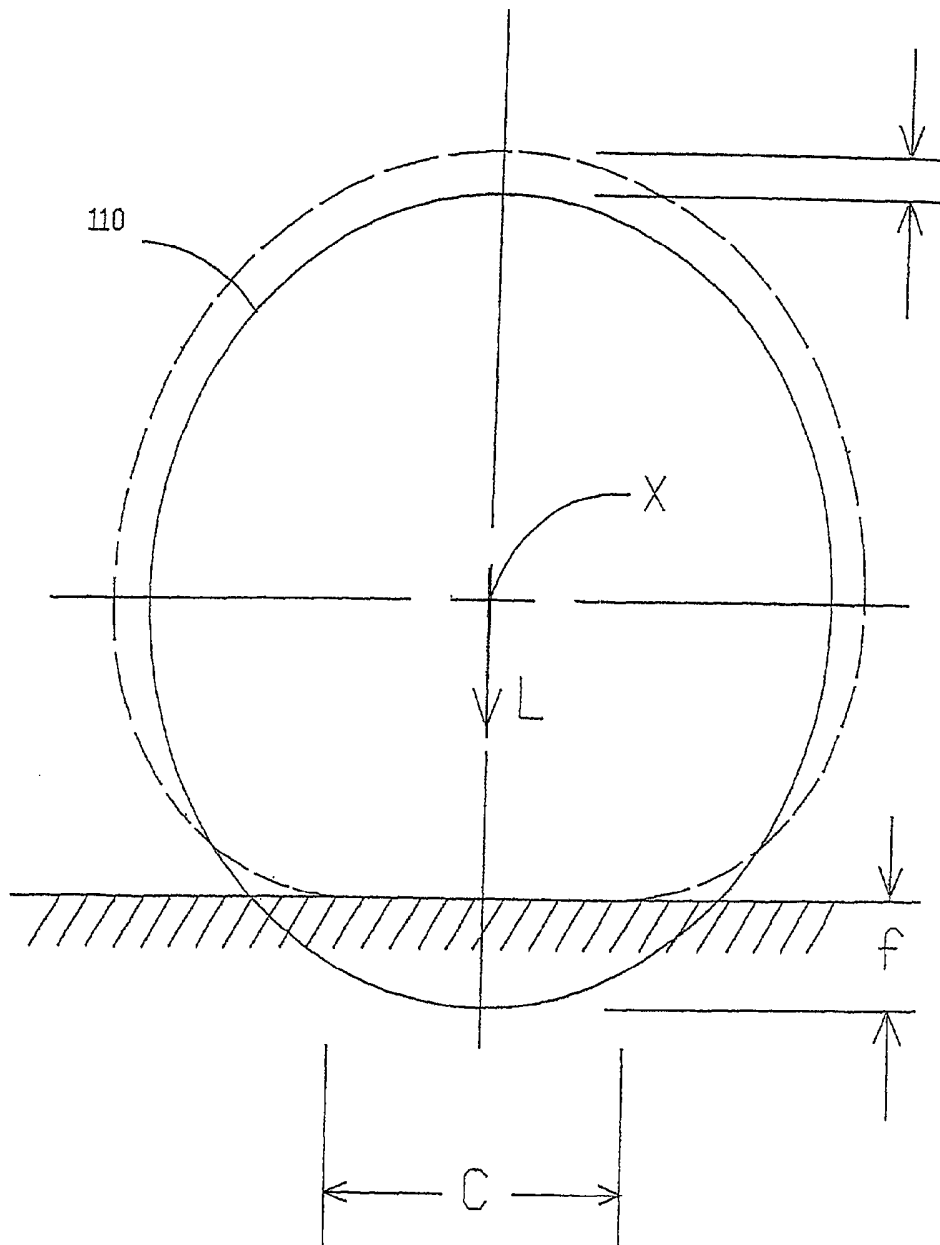


FIG.11



RESUMO

“RODA COMPLACENTE”

Uma roda complacente (100) inclui uma cinta complacente (110) e uma pluralidade de raios em rede (150) se estendendo transversalmente através de e para dentro da cinta complacente reforçada (110) para afixação a um cubo (10). A cinta complacente (110) se flexiona para se amoldar a uma superfície de contato (C) e superar obstáculos. Os raios em rede (150) transmitem forças de carga entre a cinta complacente (110) e o cubo (10) através de tração nos raios em rede não conectados com parte em contato com o solo da roda (100). A superfície externa da cinta complacente pode ser formada para incluir uma banda de rodagem (105), ou uma banda de rodagem em separado pode ser afixada.