



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

(11) BR 122019009673-2 B1



(22) Data do Depósito: 26/03/2008

(45) Data de Concessão: 05/05/2020

(54) Título: PNEUS NÃO PNEUMÁTICOS

(51) Int.Cl.: B60B 9/04.

(30) Prioridade Unionista: 27/03/2007 US 11/691968.

(73) Titular(es): BRIDGESTONE AMERICAS TIRE OPERATIONS, LLC.

(72) Inventor(es): ALI MANESH; MIKE TERCHA; BRIAN ANDERSON; BRIAN J. MELISKA; FIDELIS CERANSKI.

(86) Pedido PCT: PCT US2008058308 de 26/03/2008

(87) Publicação PCT: WO 2008/118983 de 02/10/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 13/05/2019

(62) Pedido Original do Dividido: PI0809050-5 - 26/03/2008

(57) Resumo: A presente invenção refere-se a pneu não pneumático para suportar uma carga por trabalho sob tensão, compreendendo um anel interno geralmente anular, um anel externo geralmente anular e uma malha interconectada que apresenta uma pluralidade de elementos de malha e compreendendo uma pluralidade de aberturas geralmente poligonais. Os elementos de malha são dimensionados, orientados e feitos de um material que facilita a retorcedura, quando submetido a uma carga de compressão. Pela retorcedura, aqueles elementos em uma parte deformada do pneu entre uma roda e uma região de contato com o solo onde o pneu entra em contato com uma superfície podem assumir uma parte substancialmente reduzida da carga, se existente. Isto faz com que os elementos de malha em outras partes da malha interconectada operem em tensão para suportar a carga.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "PNEU NÃO PNEUMÁTICO".

Relatório Descritivo

[001] Dividido do pedido PI0809050-5 depositado em 26/03/2008.

[002] A presente invenção é uma continuação em parte do Pedido de Patente US 11/691.968, depositado em 27 de março de 2007, cujo conteúdo completo do qual é aqui expressamente incorporado como referência.

[003] Esta invenção foi realizada, em parte, com suporte do Governo dos Estados Unidos concedido pelo United States Army Research Laboratory sob os contratos números W911NF-06-02-0021 e W911Qx-08-C-0034. Desta forma, os Estados Unidos podem ter alguns direitos nesta invenção.

Antecedentes da Invenção

Campo da Invenção

[004] O presente Pedido está direcionado para um pneu e, mais particularmente, para um pneu não pneumático.

Descrição da Técnica Relacionada

[005] Têm sido feitos amplamente pneus não pneumáticos ou sem ar (NPT) historicamente a partir de uma substância inteiramente sólida. Estes pneus sólidos tornaram o deslocamento desconfortável para os passageiros e provocaram grandes danos à suspensão de um veículo, que tinham que compensar uma falta de "flexibilidade" em um pneu sólido. Finalmente, foi observado que, colocando ar pressurizado nos pneus, criava-se um deslocamento mais confortável. Entretanto, juntamente com suas vantagens, os pneus pneumáticos ainda possuem algumas desvantagens.

[006] O material que contém pneus pneumáticos padrão é susceptível a vazamento do ar pressurizado que deve manter. Isto ocorre tanto por vazamento em torno do aro da roda, quanto, em menor esca-

la, quando a borracha do pneu absorve o oxigênio. Como resultado, a perda de pressão provoca o achatamento do pneu na área em que a carga é aplicada, submetendo uma parte maior do pneu à carga a cada revolução e levando à degradação mais rápida do pneu. Além disto, um pneu a ar pressurizado é susceptível de ser perfurado levando à liberação rápida do ar pressurizado.

[007] Com foco na eficiência do combustível, segurança e conforto do deslocamento, foram feitas várias tentativas direcionadas para os problemas associados aos pneus pneumáticos ao mesmo tempo em que se mantinham as suas vantagens em relação aos pneus não pneumáticos. Como exemplo, o Pedido de Patente publicado US 2006/0113016 de Cron e colaboradores, e cedido à Michelin, descreve um pneu não pneumático ao qual se refere comercialmente como Tweel™. No Tweel™ o pneu é combinado com a roda. É feito de quatro partes que são finalmente ligadas entre si: a roda, uma seção de raio de roda, uma banda anular reforçada que circunda a seção de raio de roda e uma parte de rolamento de borracha que entra em contato com o chão.

[008] Foram realizadas outras alternativas aos pneus pneumáticos padrão, incluindo a obtenção de pneus sólidos a partir de poliuretana em vez de borracha e suspensão de materiais de reforço no interior da poliuretana durante a moldagem. Outra alternativa é se utilizar varetas feitas de um termoplástico que são subsequentemente reforçadas com fibras de vidro. Uma terceira alternativa é se utilizar um polímero eletroativo que seja capaz de alterar o formato, quando é aplicada uma corrente elétrica. Isto possibilita que o pneu altere o formato ou o tamanho com base nas condições da estrada pela utilização do sistema elétrico do automóvel.

Sumário da Invenção

[009] De acordo com pelo menos uma modalidade aqui descrita,

é provido um novo pneu não pneumático para suportar uma carga aplicada, apresentando o pneu um anel interno que se fixa a uma roda apresentando um eixo de rotação, um anel externo e uma malha interconectada entre o anel interno e o anel externo. A malha interconectada pode ser feita de um material que seja relativamente mais resistente em tração que em compressão, de tal forma que a parte da malha entre a roda e uma região de contato com o solo pode avolumar-se ou ser submetida a uma parte significativamente menor da carga, se houver, ao mesmo tempo em que o restante da carga pode ser distribuído através da parte restante da malha interconectada. Em uma modalidade, a malha interconectada pode ser fixada diretamente à roda ou à camada de rolamento.

[0010] A malha interconectada pode ser uma de formas múltiplas possíveis. Em uma modalidade, os elementos da malha formam camadas múltiplas de aberturas poligonais geralmente ajustadas entre si, de tal forma que existem pelo menos duas camadas adjacentes de aberturas espaçadas a distâncias radiais diferentes entre si quando observadas a qualquer corte radial da malha. As aberturas de uma camada podem ser de modo semelhante formatadas em comparação às aberturas de pelo menos outra camada, no entanto podem ser também formatadas de forma diferente. Além disso, as aberturas de uma camada podem ser formatadas de modo semelhante às outras aberturas na mesma camada. Além disto, embora as aberturas de uma camada possam ser formatadas de modo semelhante às aberturas de outra camada, podem ser formatadas diferentemente, de tal forma que as aberturas de uma camada radialmente externa podem ser comparativamente maiores ou menores que as aberturas de uma camada radialmente interna. Em outra modalidade, as aberturas de uma camada não são formatadas de modo semelhante às aberturas nesta mesma camada.

[0011] Uma camada de rolamento no anel externo pode compreender cintas de reforço e uma camada de material de suporte, que atua como uma camada de cisalhamento. Como é formado um padrão pelo pneu, o material de suporte entre as cintas de reforço é submetido a uma força de cisalhamento. Desta forma, a camada de suporte provê a camada de rolamento com rigidez crescente.

[0012] De acordo ainda com outra modalidade aqui descrita, é provido um pneu não pneumático para suportar uma carga aplicada, apresentando o pneu um componente geralmente cilíndrico que se fixa a um componente existente da roda. Uma malha interconectada e uma superfície externa geralmente radial, incluindo uma camada de rolamento, podem ser moldadas sobre o componente cilíndrico, de tal forma que o componente cilíndrico, a malha e a superfície externa geralmente radial podem ser facilmente removidos dos componentes da roda do pneu para substituição ou manutenção.

[0013] De acordo ainda com outra modalidade aqui descrita, é provido um pneu não pneumático para suportar uma carga aplicada, apresentando o pneu um componente geralmente cilíndrico que se fixa a uma placa da roda única. Uma malha interconectada e uma superfície externa geralmente radial, incluindo uma camada de rolamento, podem ser moldadas sobre o componente cilíndrico, de tal forma que, o componente cilíndrico, a malha e a superfície externa geralmente radial podem ser facilmente removidos da placa de roda do pneu para substituição ou manutenção.

[0014] De acordo ainda com outra modalidade aqui descrita, é provido um pneu não pneumático para suportar uma carga aplicada, apresentando o pneu uma parede lateral diretamente fixada ou integralmente formada com a malha interconectada. A parede lateral pode apresentar uma rigidez mais baixa do que a dos elementos da malha interconectada, de tal forma que a malha interconectada suporta a

maior parte da carga do pneu. A parede lateral pode ser flexionada ou curvada nos espaços entre os elementos da malha interconectada.

[0015] De acordo ainda com outra modalidade aqui descrita, é provido um pneu não pneumático para suportar uma carga aplicada, o pneu apresentando uma parede lateral apenas parcialmente fixada ou integralmente formada com a malha interconectada. A parede lateral pode apresentar uma rigidez mais baixa do que a dos elementos da malha interconectada e pode ser livre para ser flexionada naquelas áreas em que não está fixada aos elementos da malha interconectada.

[0016] De acordo ainda com outra modalidade aqui descrita, é provido um pneu não pneumático para suportar uma carga aplicada, apresentando o pneu uma parede lateral parcialmente fixada ou integralmente formada com uma malha interconectada. A parede lateral pode apresentar um formato em "domo" ou flexionado o qual facilita e influencia o dobramento ou a flexibilização da parede lateral em uma direção prescrita em afastamento do pneu.

Breve Descrição dos Desenhos

[0017] Estas e outras características das presentes modalidades ficarão mais claras pela leitura da descrição detalhada a seguir e com referência aos desenhos anexos das modalidades, nos quais:

a **Figura 1** é uma vista frontal de um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 2** é uma vista frontal do pneu não pneumático da Figura 1 sendo deformado, quando submetido a uma carga;

a **Figura 3** é uma vista em perspectiva seccional do pneu não pneumático não deformado tomada ao longo da linha 3-3 na Figura 1;

a **Figura 4** é uma vista frontal de outra modalidade de um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 5** é uma vista frontal de ainda outra modalidade de

um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 6** é uma vista frontal de uma modalidade adicional de um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 7** é uma vista frontal de ainda outra modalidade de um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 8** é uma vista frontal de outra modalidade de um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 9** é uma vista frontal de ainda outra modalidade de um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 10** é uma vista frontal de uma modalidade adicional de um pneu não pneumático não deformado;

a **Figura 11** é uma vista seccional de uma parte de rolamento do estado da técnica fixada a um pneu não pneumático, tomada ao longo da linha 11-11 na Figura 2;

a **Figura 12** é uma vista seccional de outra parte de rolamento fixada a um pneu não pneumático, tomada ao longo da linha 11-11 na Figura 2;

a **Figura 13** é uma vista seccional de ainda outra parte de rolamento fixada a um pneu não pneumático, tomada ao longo da linha 11-11 na Figura 2;

a **Figura 14** é uma vista em perspectiva de uma modalidade de um pneu não pneumático não deformado com segmentos estabelecidos em circunferência;

a **Figura 15** é uma vista em perspectiva seccional do pneu não pneumático não deformado, tomada ao longo da linha 15-15 na Figura 4;

a **Figura 16** é uma vista frontal do pneu não pneumático não deformado conforme observado a partir da linha 16-16 na Figura 14;

a **Figura 17** é uma vista em perspectiva do pneu não

pneumático da Figura 1;

a **Figura 18** é uma vista explodida em corte da malha interconectada do pneu não pneumático da Figura 17;

a **Figura 19** é uma vista em seção transversal de uma modalidade da camada de cisalhamento de um pneu não pneumático;

a **Figura 20** é uma vista em seção transversal de uma modalidade da camada de cisalhamento de um pneu não pneumático;

a **Figura 21** é uma vista em perspectiva de uma modalidade de um pneu não pneumático incorporando um cilindro e dois componentes de roda;

a **Figura 22** é uma vista explodida da modalidade da Figura 21;

a **Figura 23** é uma vista em perspectiva de uma modalidade de um pneu não pneumático que incorpora um cilindro e uma placa de roda;

a **Figura 24** é uma vista explodida da modalidade da Figura 23;

a **Figura 25** é uma vista em perspectiva de uma modalidade de um pneu não pneumático, incluindo uma parede lateral integrada com a malha interconectada;

a **Figura 26** é uma vista lateral esquerda da parede lateral da Figura 25;

a **Figura 27** é uma vista em perspectiva de uma modalidade de um pneu não pneumático, incluindo uma parede lateral integrada com a malha interconectada;

a **Figura 28** é uma vista lateral esquerda da parede lateral da Figura 27;

a **Figura 29** é uma comparação gráfica das tensões relativas no pneu não pneumático a base de tração contra a percentagem do pneu que experimenta as tensões em comparação com um outro

pneu não pneumático a base de tração;

a **Figura 30** é uma comparação gráfica da deformação em comparação com outro pneu não pneumático à base de tração.

Descrição Detalhada das Modalidades Preferidas

[0018] As Figuras 1, 2 e 3 ilustram uma modalidade de um pneu não pneumático 10 apresentando certas características e vantagens de acordo com uma modalidade da presente invenção. Na modalidade ilustrada, o pneu não pneumático 10 compreende um anel interno geralmente anular 20 que engata uma roda 60 na qual o pneu 10 é montado. A roda 60 apresenta um eixo de rotação 12 em torno do qual o pneu 10 gira. O anel interno geralmente anular 20 compreende uma superfície interna 23 e uma superfície externa 24 e pode ser feito de polímeros reticulados ou não reticulados. Em uma modalidade, o anel interno geralmente anular 20 pode ser feito de um material termoplástico tal como um elastômero termoplástico, uma uretana termoplástica ou um vulcanizado termoplástico. Em outra modalidade, o anel interno geralmente anular 20 pode ser feito de borracha, poliuretana e/ou outro material adequado. Neste Pedido, o termo "polímero" significa polímeros reticulados ou não reticulados.

[0019] Para cargas aplicadas menores, L, o anel interno geralmente anular 20, pode ser fixado de forma adesiva ou pode ser submetido a alguma alteração na estrutura química permitindo que este se ligue à roda 60. Para cargas aplicadas maiores, L, o anel interno geralmente anular 20 pode ser fixado à roda 60 por meio de alguma forma de conexão mecânica tal como um ajuste de combinação, embora uma conexão mecânica possa ser utilizada para suportar também cargas menores. A fixação mecânica pode prover tanto a roda 60 quanto o anel interno geralmente anular 20 com uma resistência extra para suportar a carga aplicada maior, L. Além disso, uma conexão mecânica apresenta o benefício adicional de facilidade de intercâmbio. Por exemplo,

se o pneu não pneumático 10 necessitar de ser substituído, o anel interno geralmente anular 20 pode ser destacado da roda 60 e substituído. A roda 60 pode então ser removida do eixo do veículo, permitindo que a roda 60 seja reutilizada. Em outra modalidade, o anel interno geralmente anular 20 pode ser conectado à roda 60 por uma combinação de uma conexão mecânica com uma adesiva.

[0020] Com referência ainda às Figuras 1, 2 e 3, o pneu não pneumático 10 compreende ainda um anel externo geralmente anular 30 que circunda uma malha interconectada 40 (discutida abaixo). O anel externo 30 pode ser configurado para se deformar em uma área em torno e incluindo uma região de contato com o solo 32 (ver Figura 2), que reduz a vibração e aumenta o conforto em deslocamento. Entretanto, uma vez que, em algumas modalidades, o pneu não pneumático 10 não apresenta uma parede lateral, o anel externo geralmente anular 30, combinado com a malha interconectada 40, pode também adicionar rigidez lateral ao pneu 10, de tal forma que o pneu 10 não se deforme de maneira não aceitável em partes afastadas da região de contato com o solo 32.

[0021] Em uma modalidade, o anel interno geralmente anular 20 e um anel externo geralmente anular 30 são feitos do mesmo material que a malha interconectada 40. O anel interno geralmente anular 20 e o anel externo geralmente anular 30 e a malha interconectada 40 podem ser obtidos por moldagem por injeção ou por compressão, polímero moldável ou qualquer outro método conhecido na técnica e podem ser formados ao mesmo tempo, de tal forma que sua fixação seja formada pelo material que compreende o anel interno 20, o anel externo 30 e a malha interconectada 40 por resfriamento e sedimentação.

[0022] Conforme mostrado nas Figuras 1, 2 e 3, a malha interconectada 40 do pneu não pneumático 10 conecta o anel interno geralmente anular 20 ao anel externo geralmente anular 30. Na modalidade

ilustrada, a malha interconectada 40 compreende pelo menos duas camadas radialmente adjacentes 56, 58 de elementos da malha 42 que definem uma pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50. Em outras palavras, com pelo menos duas camadas adjacentes 56, 58, uma fatia através de qualquer parte radial do pneu não pneumático 10 que se estende a partir do eixo de rotação 12 para o anel externo geralmente anular 30 passa através ou transversal a pelo menos duas aberturas geralmente poligonais 50. As aberturas poligonais 50 podem formar vários formatos, alguns dos quais são mostrados nas Figuras 4-10. Em muitas das modalidades, a maioria das aberturas geralmente poligonais 50 pode ser de formato geralmente hexagonal com seis lados. Entretanto, é possível que cada uma da pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 apresente pelo menos três lados. Em uma modalidade, a pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 é de formato geralmente hexagonal ou de formato hexagonal circunferencialmente separadas por aberturas que são de formato geralmente trapezoidal, como pode ser observado na Figura 1, conferindo à malha interconectada 40 um formato que pode se assemelhar a uma colmeia.

[0023] Uma faixa preferida de ângulos entre quaisquer dois elementos da malha interconectada (movendo-se radialmente da parte de rolamento do pneu para a roda) podem ser entre 80 e 180 graus (ver, por exemplo, os elementos da malha da Figura 1). Outras faixas são também possíveis.

[0024] Continuando-se com referência à modalidade ilustrada nas Figuras 1, 2 e 3, a malha interconectada 40 pode ser disposta de maneira tal que um elemento de malha 42 se conecta ao anel interno geralmente anular 20 em qualquer ponto ao longo do anel interno geralmente anular 20 de tal forma que ocorre um primeiro conjunto de conexões 41 ao longo do anel interno geralmente anular 20. Da mesma forma, um elemento de malha 42 pode se conectar ao anel externo

geralmente anular 30 em qualquer ponto ou linha dados ao longo de uma superfície interna 33 do anel externo geralmente anular 30, de tal forma que ocorre um segundo conjunto de conexões 43 ao longo do anel externo geralmente anular 30. Entretanto, mais de um elemento de malha 42 pode ser conectado ao anel interno geralmente anular 20 ou ao anel externo geralmente anular 30 em qualquer ponto ou linha dados.

[0025] Conforme mostrado nas Figuras 4-10, a malha interconectada 40 pode adicionalmente compreender interseções 44 entre os elementos de malha 42 de maneira a distribuir a carga aplicada, L, por toda a malha interconectada 40. Nestas modalidades ilustradas, cada interseção 44 une pelo menos três elementos de malha 42. Entretanto, em outras modalidades, as interseções 44 podem unir mais de três elementos de malha 42, o que pode auxiliar na distribuição adicional de tensões e deformações experimentadas pelos elementos de malha 42.

[0026] Continuando-se com referência às Figuras 1, 2 e 3, os elementos de malha 42 podem apresentar um ângulo em relação a um plano radial 16 contendo o eixo de rotação 12 que passa também através do elemento de malha 42. Pela formação de ângulo dos elementos de malha 42, a carga aplicada, L, que é geralmente aplicada perpendicular ao eixo de rotação 12, pode ser aplicada de forma excêntrica ao elemento de malha 42. Isto pode criar um componente de rotação ou de dobramento de uma carga aplicada sobre cada um dos elementos de malha 42, facilitando o cambamento destes elementos de malha 42 submetidos a uma carga de compressão. De modo semelhante situados, os elementos de malha 42 podem ser também colocados em ângulo aproximadamente na mesma proporção e na mesma direção em relação aos planos radiais 16. De preferência, entretanto, os elementos de malha 42 consecutivos na circunferência, excluindo os elemen-

tos de malha tangenciais 45 de uma camada de uma pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 são colocados em ângulo mais ou menos da mesma magnitude, no entanto medidos em direções opostas em torno de planos radiais, de tal forma que os elementos de malha 42 são geralmente imagens espelhadas em torno do plano radial 16 entre si.

[0027] Cada uma das aberturas no interior da pluralidade de aberturas tubulares geralmente poligonais 50 pode, mas não necessariamente, ser de formato semelhante. A Figura 7, por exemplo, mostra uma primeira pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 que é diferente em formato de uma segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais 51. Nesta modalidade, pelo menos uma abertura da primeira pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 pode ser menor que pelo menos uma abertura da segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais 51. A Figura 7 mostra também que cada abertura geralmente poligonal na primeira pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 apresenta um limite interno 57 espaçado a uma distância radial, R_1 , do eixo de rotação 12 e cada abertura geralmente poligonal na segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais 51, apresenta um segundo limite interno 59 espaçado a uma distância radial, R_2 , que pode ser maior do que R_1 , do eixo de rotação 12.

[0028] O número de aberturas 50 no interior da malha interconectada 40 pode variar. Por exemplo, a malha interconectada 40 pode apresentar cinco aberturas padronizadas de tamanhos diferentes em 16 vezes para um total de 80 células, tal como na Figura 1. Ainda em outras modalidades, outros números de aberturas 50 podem ser utilizados que não o 16. Por exemplo, em modalidades preferidas, a malha interconectada 40 pode incluir entre 12-64 padrões de células. São também possíveis outros números fora desta faixa.

[0029] Conforme mostrado nas Figuras 7 e 8, as aberturas em

uma camada radialmente interna 56 podem ser formatadas de maneira similar em comparação àquelas em uma camada radialmente externa 58, mas podem ser dimensionadas de forma diferente daquelas aberturas, de tal forma que as aberturas geralmente poligonais 50 aumentam de tamanho, quando se deslocam de abertura para abertura em uma direção radialmente para fora. Entretanto, voltando-se para Figura 10, uma segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais 51 em uma camada radialmente externa 58 podem ser também menores que aquelas em uma primeira pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 em uma camada radialmente interna 56. Além disso, a segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais pode ser ou separada circunferencialmente entre si por uma terceira pluralidade de aberturas geralmente poligonais 53 ou pode ser maior em número que a primeira pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50, ou pode ser ambos.

[0030] Conforme observado acima, as Figuras 1-9 mostram várias variações de uma pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 que é de formato geralmente hexagonal. Como mostrado, estas aberturas podem ser simétricas em uma direção ou em duas direções, ou, em outra modalidade, não são simétricas. Por exemplo, na Figura 1, os planos de simetria radiais 14 dividem ao meio várias das aberturas geralmente poligonais 50. Estas aberturas são geralmente simétricas em torno dos planos de simetria radiais 14. Entretanto, a malha interconectada 40 do pneu 10 pode ser também geralmente simétrica como um todo, em torno dos planos de simetria radiais. Em comparação, uma segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais 14 pode ser geralmente simétrica em torno de planos de simetria radiais 14 similares. Além disso, como mostrado nas Figuras 7-8, uma segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais pode ser geralmente simétrica em torno de linhas tangenciais a um cilindro comumente cen-

tralizado com o eixo de rotação 12, provendo um segundo grau de simetria.

[0031] Os elementos de malha 42 podem apresentar comprimentos que variam significativamente de uma modalidade para outra ou na mesma modalidade. Por exemplo, a malha interconectada 40 na Figura 7 compreende elementos de malha 42 que são geralmente mais curtos que os elementos de malha da malha interconectada na Figura 6. Como resultado, a malha interconectada 42 pode parecer mais densa na Figura 7, com mais elementos de malha 42 e mais aberturas geralmente poligonais 50 em um dado arco do pneu 10. Em comparação, as Figuras 9 e 10 ambas mostram malhas interconectadas 40 cujos elementos de malha 42 variam substancialmente em comprimento dentro da mesma malha interconectada. Na Figura 9, elementos de malha 42 radialmente voltados para dentro são geralmente mais curtos que os elementos de malha 42 localizados comparativamente voltados radialmente para fora. Entretanto, a Figura 10 mostra elementos de malha 42 voltados radialmente para dentro que são substancialmente mais longos que seus elementos de malha 42 radialmente voltados para fora. Como resultado, a malha interconectada 40 da Figura 9 parece mais densa para dentro que a malha interconectada 42 da Figura 10.

[0032] Permanecendo com a Figura 10, uma malha interconectada 40 é mostrada tal que os elementos de malha 42 definem uma camada radialmente interna 56 de aberturas geralmente poligonais 50, que é maior do que uma camada radialmente externa 58 de aberturas geralmente poligonais 50. A camada radialmente interna 56 pode compreender aberturas em forma de cunha 55 alternadas que podem ou não ser de modo semelhante formatadas. Como mostrado, uma segunda pluralidade de aberturas geralmente poligonais 51 pode ser separada da primeira pluralidade de aberturas genericamente poligo-

nais 50 por um elemento de malha 42 geralmente contínuo da malha interconectada 40 espaçado em uma distância radial geralmente constante do eixo de rotação 12. O elemento de malha 42 geralmente contínuo e geralmente constante pode auxiliar no provimento de rigidez adicional ao pneu não pneumático 10 em regiões que são resistentes à deformação.

[0033] Com referência de volta à Figura 2, a combinação da geometria da malha interconectada 40 e do material escolhido na malha interconectada 40 pode permitir que uma carga aplicada, L, seja distribuída por todos os elementos de malha 42. Tendo em vista que os elementos de malha 42 são preferivelmente relativamente delgados e podem ser feitos de um material que seja relativamente frágil à compressão, estes elementos 42 que são submetidos a forças de compressão podem apresentar uma tendência ao cambamento. Estes elementos ficam geralmente entre a carga aplicada, L, que passa geralmente através do eixo de rotação 12 e a região de contato com o solo 32 e são representados como uma seção retorcida 48 na Figura 2.

[0034] Em uma modalidade, alguns ou todos os elementos de malha 42 podem ser providos com seções fragilizadas (por exemplo, previamente dobradas) ou delgadas de tal forma que os elementos de malha 42 preferivelmente se dobram e/ou são levados a se dobrarem em uma certa direção. Por exemplo, em uma modalidade, os elementos de malha são influenciados de tal forma que se dobram geralmente em uma direção para fora. Desta maneira, os elementos de malha não entram em contato ou se atritam entre si conforme se retorcem. Além disso, a posição da parte fragilizada ou delgada pode ser utilizada para controlar o local do dobramento ou da retorcitura de maneira a evitar esse contato.

[0035] Quando ocorre a retorcitura, os elementos de malha 42

restantes podem experimentar uma força de tração. São estes elementos de malha 42 que suportam a carga aplicada L. Embora relativamente delgados, porque os elementos de malha 42 podem apresentar um módulo de tração alto, E, estes podem apresentar uma tendência menor à deformação, no entanto, em vez disto, podem auxiliar em manter o formato da camada de rolamento 70. Desta maneira, a camada de rolamento 70 pode suportar a carga aplicada L no pneu 10 conforme a carga aplicada L é transmitida por tração através dos elementos de malha 42. A camada de rolamento 70, por sua vez, atua como um arco e provê suporte. Da mesma forma, a camada de rolamento 70 é preferivelmente rígida o suficiente para suportar os elementos de malha 42 que estão sob tração e suportam a carga L. De preferência, uma quantidade substancial da dita carga aplicada L é suportada pela pluralidade dos ditos elementos de malha trabalhando sob tração. Por exemplo, em uma modalidade, pelo menos 75% da carga é suportada em tração, em outra modalidade pelo menos 85% da carga é suportada em tração e em outra modalidade pelo menos 95% da carga é suportada em tração. Em outras modalidades, menos de 75% da carga pode ser suportada em tração.

[0036] Embora o anel interno geralmente anular 20, o anel externo geralmente anular 30, e a malha interconectada 40 possam ser feitos do mesmo material; podem todos apresentar diferentes espessuras. Isto é, o anel interno geralmente anular pode apresentar uma primeira espessura, t_i , o anel externo geralmente anular pode apresentar uma segunda espessura, t_0 , e a malha interconectada pode apresentar uma terceira espessura, t_e . Conforme mostrado na Figura 1, em uma modalidade, a primeira espessura t_i pode ser menor que a segunda espessura t_0 . Entretanto, a terceira espessura, t_e , pode ser menor que a primeira espessura, t_i , ou que a segunda espessura, t_0 . Esta disposição ilustrada é presentemente preferida na medida em que o ele-

mento de malha 42 se retorce mais facilmente quando submetido a uma força de compressão, enquanto um anel interno geralmente anular 20 e o anel externo geralmente anular 30 relativamente mais delgados podem vantajosamente auxiliar em manter a rigidez lateral do pneu não pneumático 10 em uma região não retorcida por melhor resistência à deformação.

[0037] A espessura, *te*, dos elementos de malha 42 pode variar dependendo dos requerimentos de capacidade de carga predeterminada. Por exemplo, conforme a carga aplicada, *L*, aumenta os elementos de malha podem aumentar na espessura, *te*, de maneira a prover uma resistência à tração aumentada, reduzindo o tamanho das aberturas na pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50. Entretanto, a espessura, *te*, não deve aumentar em demasia de tal forma que iniba a retorcência dos elementos de malha 42 submetidos a uma carga de compressão. Da mesma maneira que na escolha do material, a espessura, *te*, pode aumentar significativamente com o aumento da carga aplicada *L*. Por exemplo, em certas modalidades não limitativas, cada elemento de malha 42 da malha interconectada 40 pode apresentar uma espessura, *te*, entre cerca de 1 milímetro (0,04 polegada) e 2,5 milímetros (0,1 polegada) de espessura para cargas no pneu de cerca de 0-453 kg (0-1.000 lbs), entre cerca de 2,5 milímetros e 6,3 milímetros (0,1 e 0,25 polegada) de espessura para cargas de cerca de 226-2.265 kg (500-5.000 lbs) e entre 6,3 e 12,7 milímetros (0,25 e 0,5 polegada) de espessura para cargas de cerca de 906 kg (2.000 lbs) ou acima. Os especialistas na técnica reconhecerão que estas espessuras podem ser reduzidas ou aumentadas em modalidades modificadas.

[0038] Além dos elementos de malha 42 que são geralmente angulados em relação aos planos radiais 16 que passam através do eixo de rotação 12, a malha interconectada 40 pode incluir também ele-

mentos de malha tangenciais 45, como mostrado nas Figuras 1-9. Os elementos de malha tangenciais 45 podem ser orientados de tal forma que sejam geralmente alinhados com tangentes a cilindros ou círculos centrados no eixo de rotação 12. Os elementos de malha tangenciais 45 são preferidos tendo em vista que auxiliam na distribuição da carga aplicada L. Por exemplo, quando a carga aplicada L é aplicada, os elementos de malha 42 em uma região acima do eixo de rotação 12 são submetidos a uma força de tração. Sem os elementos de malha tangenciais 45, a malha interconectada 40 pode tentar se deformar pelo fato de apresentar outros elementos de malha 42 estirados, orientando-se em uma direção geralmente radial, resultando em concentrações de tensões em áreas localizadas. Entretanto, sendo orientados em uma direção geralmente tangencial, os elementos de malha tangenciais 45 distribuem a carga aplicada, L, por todo o restante da malha interconectada 40, desta forma minimizando as concentrações de tensões.

[0039] Permanecendo nas Figuras 1-9, a pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50 é mostrada onde cada uma das ditas aberturas geralmente poligonais 50 da pluralidade é orientada radialmente. Conforme observado acima, as aberturas geralmente poligonais 50 podem ser orientadas de tal forma que são simétricas em torno de planos de simetria radiais 14 que passam através do eixo de rotação 12. Esta disposição pode facilitar a instalação pelo fato de permitir que o pneu 10 ainda funcione apropriadamente mesmo se é instalado para trás tendo em vista que deve se comportar na mesma maneira independente de sua orientação de instalação.

[0040] Conforme mostrado na Figura 1, o anel externo geralmente anular 30 pode apresentar uma superfície radialmente externa 34 à qual uma camada de rolamento 70 é fixada. A fixação pode ser realizada de forma adesiva ou utilizando-se outros métodos comumente

disponíveis na técnica. Além disso, conforme observado nas Figuras 11-13, a camada de rolamento 70 pode compreender cintas de reforço 72 incorporadas de maneira a adicionar rigidez total aumentada ao pneu não pneumático 10, onde a incorporação das cintas de reforço 72 é realizada de acordo com métodos comumente disponíveis na técnica. As cintas de reforço 72 podem ser feitas de aço ou outros materiais de aumento de resistência.

[0041] As Figuras 11-13 mostram vários exemplos possíveis da disposição das cintas de reforço 72 na camada de rolamento 70. A Figura 11 é uma versão mostrando um rolamento 74 em uma parte mais externa radial do pneu 10. Movendo-se radialmente para dentro existe uma pluralidade de cintas de reforço 72a, uma camada de material de suporte 76, que forma uma camada de cisalhamento, e uma pluralidade de cintas de reforço 72b. Nesta modalidade, as cintas de reforço 72a, 72b são dispostas de tal forma que cada cinta fica a uma distância radial geralmente constante do eixo de rotação 12.

[0042] Voltando para a modalidade da Figura 12, é mostrada uma camada de rolamento 70 similar à da Figura 11. Entretanto, a modalidade da Figura 12 mostra a camada de material de suporte 76 sendo aproximadamente dividida em dois em uma direção geralmente radial por pelo menos uma cinta de reforço transversal 72c. O material de suporte pode ser de borracha, poliuretano ou composto similar de tal forma que na medida em que é formada uma parte de contato com o solo pelo pneu, o material de suporte 76 entre as cintas de reforço 72 é submetido a uma força de cisalhamento. Desta forma, a camada de suporte 76 provê a camada de rolamento 70 com uma rigidez aumentada.

[0043] A camada de rolamento 70 da Figura 13 se assemelha à da Figura 11, mas compreende dois agrupamentos adicionais de cintas de reforço 72. Além da pluralidade de cintas de reforço 72a, 72b ge-

ralmente radialmente constantes, a camada de rolamento 70 na Figura 13 inclui cintas de reforço 72d, 72e transversais. As cintas de reforço 72d, 72e transversais incluem pelo menos uma cinta de reforço 72d próxima a uma superfície interna longitudinalmente e pelo menos uma cinta de reforço 72e próxima a uma superfície externa longitudinalmente, de tal forma que as cintas de reforço 72a, 72b, 72d, 72e geralmente contêm a camada de material de suporte 76 em uma caixa de formato geralmente retangular.

[0044] As cintas de reforço 72 e o material de suporte 76, como descrito acima, formam geralmente uma camada de cisalhamento. Conforme uma região de contato com o solo é formada pelo pneu, o material de suporte 76 entre as cintas de reforço é submetido a uma força de cisalhamento. Desta forma, a camada de suporte 75 provê a camada de rolamento com rigidez aumentada.

[0045] Em uma modalidade, a camada de cisalhamento (material de suporte) 76 apresenta uma espessura que fica na faixa de cerca de 0 polegada (isto é, sem camada de cisalhamento) a cerca de 2,5 centímetros (1 polegada) de espessura (tal como medida ao longo de um raio que se estende a partir do eixo de rotação). Em outras aplicações de carga pesada, a camada de cisalhamento 76 pode apresentar uma espessura acima de 2,5 centímetros (1 polegada).

[0046] A malha interconectada 40, o anel interno geralmente anular 20 e o anel externo geralmente anular 30 podem ser moldados todos de uma só vez para produzir um produto que apresenta a largura ou profundidade do pneu não pneumático acabado. Entretanto, a malha interconectada 40, o anel interno geralmente anular 20 e anel externo geralmente anular 30 podem ser manufaturados em etapas e então montados como mostrado nas modalidades das Figuras 14-16. Nestas Figuras, cada segmento 18 apresenta uma malha interconectada 40 apresentando o mesmo padrão que o pneu não pneumático 10

da Figura 1.

[0047] A Figura 14 mostra uma vista em perspectiva de uma modalidade em que o pneu 10 compreende uma pluralidade de segmentos 18. Cada segmento 18 pode apresentar uma largura geralmente uniforme, W_s , no entanto podem também apresentar diferentes larguras em modalidades modificadas. Os segmentos 18 podem ser feitos a partir do mesmo molde de tal forma a produzir malhas interconectadas 40 geralmente idênticas, no entanto podem ser também feitos a partir de moldes diferentes para produzir padrões variáveis de malhas interconectadas 40. Além disso, conforme observado nas Figuras 14, 15 e 16, os segmentos 18 podem ser estabelecidos de forma circunferencial entre si de tal forma que uma pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50a de um segmento 18 não é geralmente alinhada com uma pluralidade de aberturas geralmente poligonais 50b formatadas de forma similar de um segmento radialmente adjacente 19. Os segmentos podem se alternar de tal forma que cada outro segmento 18 fique geralmente alinhado. Em outra modalidade, os segmentos não se alternam. A Figura 15 mostra uma modalidade apresentando sete segmentos 18, onde o primeiro, terceiro, quinto e sétimo segmentos 18a, 18c, 18e, 18g são geralmente alinhados entre si, o segundo, quarto e sexto segmentos 18b, 18d, 18f são geralmente alinhados entre si, mas os dois grupos de segmentos não são geralmente alinhados como um todo. Além disso, a Figura 15 é uma vista em corte mostrando dois segmentos radialmente adjacentes 18, 19 que não são geralmente alinhados. Esta orientação em pilha pode auxiliar com a retorcência em torno da região de contato com o solo 32, pode reduzir a vibração e ruído, e pode prover maior rigidez à torção ao pneu não pneumático 10.

[0048] A escolha dos materiais utilizados para a malha interconectada 40 pode ser uma consideração importante. Em uma modalidade,

o material que é utilizado irá se retorcer facilmente sob compressão, mas ser capaz de suportar a carga requerida em tração. De preferência, a malha interconectada 40 é feita de um polímero reticulado ou não reticulado, tal como um elastômero termoplástico, uma uretana termoplástica, ou um vulcanizado termoplástico. Mais frequentemente, em uma modalidade, a malha interconectada 40 pode preferivelmente ser feita de um material relativamente duro apresentando uma medida em durômetro de cerca de 80A-95A e, em uma modalidade 92A (40D) com um módulo de tração alto, E, de cerca de 21 MPa ou cerca de 3.050 psi ou em outras modalidades entre cerca de 20, 68 MPa (3.000 psi) e cerca de 55,16 MPa (8.000 psi). Entretanto, o módulo de tração pode variar significativamente para borracha ou outros materiais elastoméricos, desta forma isto é uma aproximação muito geral. Além disso, os requerimentos de durômetro e módulo de tração podem variar amplamente com os requerimentos de capacidade de carga.

[0049] Os materiais poliméricos discutidos acima para a malha interconectada 40, o anel interno 20, e/ou o anel externo 30 podem incluir adicionalmente aditivos configurados para aumentar a performance do pneu 10. Por exemplo, em uma modalidade, os materiais poliméricos podem incluir um ou mais do que se segue: antioxidantes, estabilizantes de luz, plastificantes, sequestradores ácidos, lubrificantes, auxiliares de processamento de polímero, aditivos antibloqueio, aditivos antiestáticos, antimicrobianos, agentes químicos de enchimento, peróxidos, corantes, alvejantes óticos, cargas e reforços, agentes de nucleação, e/ou aditivos para propósitos de reciclagem.

[0050] Outras vantagens podem ser obtidas quando da utilização de um material polimérico tal como poliuretana para a fabricação do pneu não pneumático 10, no lugar de borracha dos pneus tradicionais. Um fabricante das modalidades ilustradas pode precisar de apenas uma fração da metragem quadrada de área de trabalho e investimento

de capital requeridos para fabricar pneus de borracha. A quantidade de trabalho especializado necessária pode ser significativamente menor que aquela de uma planta de pneu de borracha. Além disso, o rejeito produzido pela manufatura dos componentes de um material de poliuretano pode ser substancialmente menor que de quando da utilização de borracha. Isto é também refletido na limpeza comparativa das plantas de poliuretano, permitindo que estas sejam construídas sem a necessidade de isolamento, desta forma os custos de transporte podem ser reduzidos. Além disto, os produtos feitos de poliuretano podem ser mais facilmente reciclados.

[0051] Os polímeros reticulados e não reticulados, incluindo poliuretano e outros materiais elastoméricos não de borracha, podem operar a temperaturas mais frias, resultando em menor desgaste e vida de fadiga estendida do pneu 10. Além disso, a escolha dos materiais para a malha interconectada 40 e anel externo 30 pode reduzir significativamente a resistência ao deslocamento, levando a cerca de 10% de redução no consumo de combustível. A poliuretano apresenta uma melhor resistência à abrasão e, desta forma, melhor desgaste por rolamento que um pneu de borracha tradicional e, diferentemente da borracha, é inerte, tornando resistente à oxidação ou reação com outros materiais que fazem com que a borracha endureça ou mesmo rache.

[0052] Em outra modalidade mostrada nas Figuras 17 e 18, a malha interconectada 40 compreende elementos de malha 42 que contêm também componentes de reforço 46 tais como fibras de carbono, KEVLAR®, ou algum material de reforço adicional para prover resistência à tração adicional à malha interconectada 40. As propriedades dos componentes de reforço 46 para certas modalidades podem incluir alta resistência à tração, baixa resistência em compressão, baixo peso, boa vida de fadiga e uma capacidade de se ligar ao material de que

é feita a malha interconectada 40.

[0053] Com referência novamente às camadas de rolamento e de cisalhamento, nas modalidades mostradas nas Figuras 19 e 20, uma configuração em coroa (Figura 19) ou arredondada (Figura 20) dos componentes da camada de rolamento 70 pode ser utilizada para prevenir ou reduzir um arraste excessivo nas bordas da camada de rolamento e cisalhamento 70 durante o deslocamento ou durante curvas do veículo. Conferindo à camada de rolamento uma geometria curvada ou em coroa, tal como mostrado nas Figuras 19 e 20, o rolamento ao longo das bordas externas do pneu não irá se desgastar tão rapidamente, e a vida útil do pneu pode ser estendida.

[0054] Portanto, por exemplo, e com referência à Figura 19, em pelo menos uma modalidade a camada de rolamento (70) pode compreender camadas de cintas internas (78a e 78b). A camada de cinta (78^a) pode ter uma largura maior que a camada de cinta (78b), dando a camada de rolamento (70) um formato geralmente em coroa ou arredondado. Uma camada de material de suporte (76) pode ser colocada entre as camadas de cintas (78a e 78b).

[0055] Com referência à Figura 20, em pelo menos outra modalidade a camada de rolamento 70 pode compreender camadas de cintas 80a, 80b. Ambas as camadas de cintas 80a e 80b podem ser curvadas de maneira a conferir à camada de rolamento 70 um formato geralmente em coroa ou arredondado. Novamente, uma camada de material de suporte 76 pode ser colocada entre as camadas de cintas 80a e 80b.

[0056] A camada de rolamento 70 das Figuras 11-13, 19 e 20 descrita acima pode ser manufaturada de modo semelhante aos pneus pneumáticos. Por exemplo, em uma modalidade, cada camada da camada de rolamento pode ser manufaturada separadamente em rolos. A espessura dos rolos pode variar. Em pelo menos uma modalidade,

alguns dos rolos podem ser de borracha, enquanto que outros rolos podem compreender uma cinta de aço que é revestida com um composto de borracha e configurada para um ângulo de cinta particular para um pneu particular. Cada um dos rolos pode ser levado para uma máquina de produção de pneu, e colocado na máquina em uma ordem particular. A última camada pode geralmente compreender uma camada espessa de borracha a ser utilizada como rolamento externo para o pneu.

[0057] Após a colocação de cada camada, a montagem completa pode ser levada para um molde. O diâmetro externo do molde pode apresentar o padrão inverso do rolamento gravado em si. O molde pode ser aquecido para uma temperatura que permita à borracha se deformar facilmente e/ou fluir. A montagem pode ser colocada no molde, e pode ser aplicada pressão a partir do interior de maneira a forçar o rolamento contra a parede externa do molde, o que converte a camada externa espessa em um rolamento padronizado. A montagem pode assentar no interior do molde sob calor e pressão por um período de tempo específico, permitindo às camadas de borracha vulcanizarem e se transformarem geralmente a partir de várias camadas individuais em uma camada sólida.

[0058] Uma vez produzida a camada de rolamento como descrito acima, a camada de rolamento 70 pode ser conectada à malha interconectada 40. Vários métodos podem ser utilizados. Por exemplo, pelo menos uma disposição compreende moldagem em multicomponente da malha interconectada 40 diretamente sobre a superfície voltada radialmente para dentro da camada de rolamento 70. Um adesivo pode ser aspergido sobre o diâmetro interno da camada de rolamento 70 e sobre o diâmetro externo da roda 60 do pneu. Em uma modalidade, um molde pode então ser preenchido com uretana líquida. O adesivo na camada de rolamento 70 e roda 60 do pneu 10 pode formar uma

ligação com a uretana. Uma vez curada e endurecida a uretana, a malha interconectada 40 será moldada tanto à camada de rolamento 74 quanto à roda 60 do pneu.

[0059] Em outra modalidade, a malha interconectada 40 pode primeiramente ser obtida separadamente em seu próprio molde. O diâmetro externo da malha interconectada 40 ou o anel externo geralmente anular 30, pode ser formado de tal maneira que seja ligeiramente maior do que o diâmetro interno da camada de rolamento 70. Um adesivo pode ser aplicado ao diâmetro externo da malha interconectada 40. A malha interconectada 40 pode então ser temporariamente comprimida de tal forma que possa ser colocada na camada de rolamento 70. Uma vez que a malha interconectada esteja posicionada corretamente, a compressão sobre a malha interconectada 40 pode ser removida. A malha interconectada 40 pode então ser espalhada e posta em contato com a camada de rolamento 70. Este método pode reduzir a tração residual (causada pelo encolhimento do material da malha conforme este é curado) isto pode ocorrer pela moldagem da malha interconectada 40 e sua fixação à camada de rolamento 70 ao mesmo tempo como discutido acima.

[0060] Conforme mencionado acima, o pneu 10 pode ser acoplado à roda 60 de um veículo. Em pelo menos uma modalidade, um componente geralmente cilíndrico pode se fixar à roda 60 do pneu não pneumático. Por exemplo, com referência às Figuras 21 e 22, uma modalidade de um pneu não pneumático 110 pode compreender um cilindro metálico (ou de outro material) oco 112 configurado para fixação a um HMMWV existente ou outros componentes 114, 116 da roda do veículo. O cilindro 112 pode incluir uma parte em flange 118 que se estende na direção da parte oca interna do cilindro 112. O flange 118 pode apresentar orifícios 119a que se alinham com os orifícios 119b nos componentes da roda 114, 116, facilitando, desta forma, a fixação

do cilindro 112 a da roda 114, 116 por rebites ou outros fixadores (não mostrados). Embora a modalidade mostrada descreva um flange 118 que se estende circunferencialmente em torno do interior do cilindro 112, em outras modalidades o flange 118 pode se estender em torno apenas de uma parte do interior do cilindro 112. Ainda em outras modalidades, pode haver uma pluralidade de flanges espaçados em torno do interior do cilindro 112.

[0061] Pelo menos uma parte do cilindro 112 pode ser acoplada ao anel interno geralmente anular 20 como descrito acima. Desta forma, uma malha interconectada 40 e um anel externo geralmente anular 30, tal como qualquer um dos mostrados nas Figuras 1-18, podem ser fixados ao exterior, ou à superfície voltada radialmente para fora, do cilindro 112 por meio de moldagem, adesão ou outros métodos de fixação. O cilindro 112, a malha interconectada 40, o anel interno 20, e o anel externo geralmente anular 30 podem então ser fixados à roda 112, 114.

[0062] A configuração do pneu das Figuras 21 e 22 provê uma vantagem na manutenção e substituição do pneu. Por exemplo, o cilindro 112 e os componentes 114, 116 da roda podem ser facilmente removidos uns dos outros, removendo-se os rebites ou outros fixadores. Uma vez removidos os rebites, o pneu 10 pode ser rapidamente manuseado, e/ou partes do pneu 10 podem ser rapidamente e facilmente substituídas.

[0063] Com referência às Figuras 23 e 24, outra modalidade de um pneu não pneumático 210 pode compreender um cilindro metálico (ou de outro material) 212. O cilindro 212, semelhantemente ao cilindro 112 da modalidade precedente, pode incluir um flange 216 com orifícios configurados para fixar o cilindro 212 com a placa de roda 214. Tal como com o cilindro 112, o anel interno 20, a malha interconectada 40 e o anel externo geralmente anular 30, tal como quaisquer daque-

les mostrados nas figuras 1-18, pode ser fixado à superfície voltada radialmente para fora do cilindro 212 por meio de moldagem, adesão, ou outros métodos de fixação. A placa de roda 214 de metal único pode rapidamente e facilmente ser removida do restante do pneu de maneira a se proceder à manutenção do pneu ou substituir partes.

[0064] Ainda em outra modalidade, a malha interconectada e o anel externo geralmente anular, tal como quaisquer dos mostrados nas Figuras 1-18, podem ser diretamente fixados a um aro de roda existente (não mostrado) sem a utilização de um cilindro tal como o cilindro 112 ou 212. Desta forma, em vez de remover quaisquer rebites e substituir ou manusear diferentes partes do pneu, o pneu pode ser simplesmente descartado quando estiver gasto.

[0065] Além disso, ainda em outra modalidade, uma malha interconectada pode ser diretamente fixada por uma roda, camada de rolamento, ou ambas. Por exemplo, uma roda e uma camada de rolamento podem uma ou ambas compreender juntas do tipo *"dovetail"*. A roda e a camada de rolamento podem então ser inseridas em um molde com o material compreendendo a malha interconectada preenchendo as juntas. Neste caso, as superfícies voltadas geralmente radialmente para fora da roda compreendem a superfície interna geralmente anular do pneu e a superfície interna voltada geralmente radialmente para dentro da camada de rolamento compreende o anel externo geralmente anular. Por esta razão, quando a malha interconectada sedimenta, a malha interconectada é diretamente associada, evitando a necessidade de ligar ou de qualquer outra forma fixar a malha interconectada ao anel externo geralmente anular.

[0066] Os pneus não pneumáticos, incluindo aqueles que utilizam uma malha interconectada como discutido acima, podem incorporar também o uso de uma parede lateral ou outra estrutura capaz de cobrir e proteger a malha interconectada 40 e pneu 10. O uso de uma

parede lateral ajuda a assegurar que detritos, água ou outro material não entrem no pneu, incluindo a área da malha interconectada, e interfiram com a funcionalidade e performance do pneu. A parede lateral pode auxiliar também em prevenir danos à malha por conta de projéteis ou outros detritos.

[0067] Com referência às Figuras 25 e 26, uma parede lateral 310 pode ser fixada a ou integrada com a malha interconectada 40. Em pelo menos uma modalidade, a parede lateral 310 pode ser fixada diretamente a pelo menos uma lateral da malha interconectada 40. A parede lateral 310 pode ser inteiramente plana quando vista a partir de sua lateral, como ilustrado na Figura 26, de tal forma que possa ser fixada diretamente às bordas de cada uma ou de todos os elementos de malha 42 expostos ao longo do exterior do pneu 10. A parede lateral 310 pode ser manufaturada separadamente como uma peça e então ser fixada à malha interconectada 40 ou a parede lateral pode ser integrada diretamente no molde da malha interconectada durante a produção da malha 40.

[0068] Continuando com referência às Figuras 25 e 26, a parede lateral 310 pode cobrir toda, ou apenas uma parte da, lateral da malha interconectada 40. Pela fixação ou integração de uma parede lateral 310 em pelo menos uma parte da malha interconectada 40, detritos ou outro material podem ser evitados de entrarem na área da malha interconectada do pneu 10 e interferir com os elementos de malha 42.

[0069] A parede lateral 310 pode ser feita do mesmo material que o da malha interconectada 40, ou o material pode ser diferente, tal como borracha. Em algumas modalidades, o material tanto para a malha interconectada 40 quanto para a parede lateral 310 é poliuretana moldada. Além disso, em algumas modalidades, a parede lateral 310 pode apresentar uma rigidez mais baixa do que a dos elementos de malha interconectada 42. Pelo fato de apresentar uma rigidez mais

baixa, a parede lateral 310 conforme ilustrada nas Figuras 25 e 26, não irá suportar em geral quaisquer das cargas que atuam sobre o pneu 10. Em vez disto, a parede lateral 310 pode se curvar ou flexionar durante a aplicação de carga nas áreas entre os elementos da malha interconectada 42, permitindo que os elementos de malha interconectada 42 continuem a suportar as cargas que atuam sobre o pneu 10. Em outras modalidades, a parede lateral 310 pode suportar uma carga.

[0070] Em uma modalidade adicional e continuando-se com referência às Figuras 25 e 26, a parede lateral 310 pode ser fixada ou integrada com a malha interconectada 40 apenas nas proximidades do anel interno geralmente anular 20 e do anel externo geralmente anular 30. Nessas modalidades, a parede lateral 310 não é fixada ou integrada com alguns dos elementos de malha interconectada 42 localizados entre o anel interno geralmente anular 20 e a superfície externa geralmente anular 30. Isto permite que a parede lateral 310 tenha liberdade para flexionar e dobrar na região entre o anel interno geralmente anular 20 e o anel externo geralmente anular 30, em vez de apenas naquelas áreas entre os elementos de malha interconectada 42.

[0071] Com referência às Figuras 27 e 28, uma modalidade adicional de uma parede lateral 410 pode apresentar um formato flexionado geralmente em "domo", em oposição ao formato plano da parede lateral 410 como mostrada na Figura 26. Nesta modalidade, a parede lateral 410 pode ser fixada ou integrada com a malha interconectada 40 como discutido acima nas proximidades tanto do anel interno geralmente anular 20, quanto do anel externo geralmente anular 30. O formato em "domo" da parede lateral 410, como ilustrado na Figura 28, induz a parede lateral 410 a se deformar em uma direção prescrita (isto é, em afastamento da malha 40), em oposição à retorcida ou deformação na direção da malha 40 e elementos de malha interconecta-

da 42. Exatamente como com as modalidades prévias, a parede lateral (410) e malha interconectada 40 podem ser feitas do mesmo material, ou de materiais diferentes. Em algumas modalidades, o material da malha interconectada 40 é poliuretana moldada, a o material da parede lateral 410 é borracha.

[0072] Ainda em outras modalidades adicionais, as paredes laterais 310, 410 descritas acima podem ser obtidas em separado na malha interconectada, e serem removíveis do pneu para manutenção e/ou substituição. Por exemplo, a parede lateral (310, 410) pode ser mantida no local adjacente à malha interconectada 40 por um flange ou flanges circundando o pneu 10. Os flanges (não mostrados) podem ser feitos de um material apresentando baixa rigidez de forma a evitar que os flanges interfiram com a funcionalidade e performance dos elementos de malha interconectada 42. Os flanges podem ser fixados a ou integrados com a malha interconectada 40 ou outras partes do pneu 10. Em pelo menos algumas modalidades, a parede lateral pode deslizar para fora do grampo dos flanges. Ainda em outras modalidades, os flanges podem dobrar ou flexionar, permitindo que a parede lateral seja inserida ou removida. Ainda em outras modalidades, a parede lateral pode ser flexível o suficiente para dobrar e ser inserida nos flanges estacionários.

[0073] Ainda modalidades adicionais, em vez de uma parede real ao longo da(s) lateral(ais) da malha interconectada 40, a malha interconectada 40 pode ser preenchida parcialmente ou totalmente com um enchimento, por exemplo, um material em espuma. Em pelo menos uma modalidade, a espuma pode compreender espuma de poliuretana. Pelo preenchimento da malha interconectada 40 com espuma ou material similar, detritos podem ser evitados de entrar nas áreas entre os elementos de malha interconectada 42, detritos estes que podem interferir substancialmente com a funcionalidade e performance do

pneu. Ao mesmo tempo, a espuma pode ser flexível. Desta forma, a espuma em si geralmente irá suportar quaisquer cargas sobre o pneu, em vês de permitir que os elementos de malha interconectada do pneu continuem a suportar as cargas. Além disso, em outras modalidades modificadas, o enchimento pode ser utilizado para suportar parte da carga. Conforme mencionado acima, materiais não espuma podem ser também utilizados.

[0074] Ainda em modalidades adicionais, os pneus não pneumáticos podem incorporar paredes laterais similares às dos pneus pneumáticos. As paredes laterais podem ser vulcanizadas às partes de rolamento do anel externo geralmente anular e adicionalmente montadas ao aro da roda após a formação da malha interconectada.

[0075] A espessura da parede lateral pode variar, dependendo de fatores incluindo, mas, sem limitação, as cargas aplicadas previstas que o pneu será submetido durante a utilização, bem como a resistência e flexibilidade do material. Por exemplo, em pelo menos uma modalidade, uma parede lateral feita de borracha pode apresentar uma espessura de aproximadamente 0,09375". Em pelo menos algumas modalidades, a espessura da parede lateral pode variar também para cada parede lateral individual.

[0076] De modo vantajoso, as modalidades de um pneu não pneumático descritas acima exibem muitas das mesmas características de performance de pneus pneumáticos tradicionais. Por exemplo, o pneu não pneumático pode demonstrar uma qualidade de deslocamento geral e tração similar aos pneus pneumáticos atuais. O pneu não pneumático 10 pode também apresentar custos, peso, capacidade de suporte de carga e vida útil similares aos pneus pneumáticos atuais.

[0077] Entretanto, os pneus não pneumáticos das modalidades descritas aqui demonstram várias vantagens em relação aos pneus

pneumáticos padrão. Por exemplo, em adição ao fato de eliminarem virtualmente estouros do pneu e esvaziamento do pneu. A capacidade do anel externo geralmente anular 30 e da malha interconectada 40 em se deformarem em uma área em torno da região de contato com o solo 32, como mostrado na Figura 2, reduz as tensões colocadas sobre a roda 60 quando atinge uma protuberância, buraco ou obstáculo similar, tornando, desta forma, o pneu não pneumático 10 e a roda 60 menos susceptíveis a danos. Sem necessitar de pressão de ar para manter a sua funcionalidade, a malha interconectada 40 do pneu não pneumático 10 pode ser também mais capaz de suportar danos causados por projéteis. Se uma parte da malha interconectada 40 é danificada, a carga aplicada L, que é geralmente aplicada perpendicular ao eixo de rotação 12, pode ser transferida para os elementos restantes de tal forma que um veículo utilizando pneus não pneumáticos 10 não é imediatamente desabilitado. Além disso, tendo em vista que o pneu não pneumático 10 não pode ser sobre ou subinflado, a região de contato com o solo 32 permanece geralmente constante, aumentando a eficiência do combustível em comparação com os pneus pneumáticos tradicionais.

[0078] O anel externo geralmente anular 30, combinado com a malha interconectada 40, pode demonstrar rigidez lateral mais alta em comparação com os pneus pneumáticos padrão, especialmente na modalidade na qual a camada de rolamento 70 é fixada. Por esta razão, embora a qualidade de deslocamento geral possa ser similar à dos pneus pneumáticos padrão, o pneu não pneumático 10 pode alcançar capacidade de deslocamento em curva melhorada. O pneu não pneumático 10 pode também requerer menos manutenção evitando a necessidade de verificação e manutenção da pressão de ar.

[0079] Além disso, uma vantagem importante da utilização de um pneu não pneumático em comparação com um pneu padrão é a elimi-

nação de pneus vazios. Se uma parte da malha for comprometida, a carga será distribuída através dos outros elementos da malha em virtude do fato da malha ser interconectada, prolongando a vida útil do pneu. Além disso, pelo fato de não portar qualquer carga significativa ao longo da região de contato com o solo quando o pneu entra em contato com uma superfície, resulta em um deslocamento mais suave, uma vez que o pneu não pneumático é menos susceptível a choque e vibração.

[0080] Além de seus benefícios sobre os pneus pneumáticos tradicionais, o pneu não pneumático 10 pode exibir vantagens múltiplas sobre outros pneus não pneumáticos. A maioria destes outros pneus não pneumáticos apresenta um aro rígido e uma seção sólida de pneu e estão em produção para aplicações de baixa velocidade. Em comparação com estes pneus, o pneu não pneumático 10 pode ser significativamente mais leve. A malha interconectada 40 pode permitir que o pneu não pneumático absorva impactos significativamente melhor, resultando em um deslocamento mais confortável. Além disso, outros pneus não pneumáticos não são utilizáveis a altas velocidades devido à quantidade de vibração que é gerada. Alguns dos pneus não pneumáticos convencionais trabalham colocando a parte do pneu que fica entre a carga aplicada e a superfície de contato em compressão. Isto faz com que a seção do pneu e sua estrutura interna se deformem sob a carga. Quando o corpo ao qual o pneu está fixado não está em movimento, esta parte do pneu permanece deformada sob carga estática. Com o tempo, isto pode ocasionar uma deformação semipermanente do pneu causando uma redução da performance, vibração por ruído aumentada e uma pior eficiência do combustível, entre outras coisas. Em contraste, a seção retorcida 48 porta muito pouca, se alguma, carga de tal forma que o pneu pode permanecer estaticamente deformado por um momento e não experimenta qualquer deformação semi-

permanente apreciável.

[0081] Em comparação com outros pneus não pneumáticos a base de tração, o pneu 10 pode demonstrar ainda mais benefícios. O pneu não pneumático 10 pode experimentar tensões e deformações menores sob condições de carga que outros pneus não pneumáticos a base de tração, como pode ser observado nas Figuras 29 e 30. Pelo fato de permitir que ar flua através do pneu 10 e em torno dos elementos de malha 42, o desenho da malha interconectada 40 pode resultar em menos geração de calor bem como menos fadiga, prolongando a vida útil do pneu 10. A capacidade da malha interconectada 40 em se retorcer em torno da região de contato com o solo 32, desta forma causando menos força de reação quando passa sobre um obstáculo, pode resultar também em menos vibração e melhor deslocamento. Apesar da capacidade da malha interconectada 40 em se retorcer, pode ser também relativamente rígida quando comparada com a estrutura interna de outros pneus não pneumáticos a base de tração. Isto pode resultar em menos ruído sendo gerado, resultando em um deslocamento mais silencioso. Isto pode também fazer com que o pneu não pneumático 10 experimente uma performance de partida e de parada melhores.

Exemplo

[0082] Em uma modalidade exemplificativa não limitativa, um pneu não pneumático 10 possui a malha interconectada 40 com uma configuração mostrada nas Figuras 1 e 2. O pneu 10 tem um raio de cerca de 24 centímetros (9,5 polegadas) e a roda 60 tem um raio de cerca de 11 centímetros (4 3/8 polegadas).

[0083] Em geral, a força requerida para a retorcência de uma coluna é governada pela equação: $F_{\text{retorcência}} = (KEITTA^2)/IA^2$, onde K = uma constante cujo valor depende de como as extremidades da coluna são fixadas, E = módulo de tração, I = área do momento de

inércia e l = o comprimento não suportado da coluna.

[0084] Se cada elemento de malha 42 da malha interconectada 40 for modelado como sua própria coluna delgada, os elementos radialmente mais internos ficarão fixados em uma extremidade e livres para se deslocar lateralmente na outra extremidade. Neste exemplo, $K = 1/4$.

[0085] Neste Exemplo, a malha interconectada 40 e o anel externo geralmente anular 30 são feitos de um material similar apresentando um módulo de tração, E , de cerca de 21 MPa ou 3050 psi.

[0086] O pneu 10 pode apresentar uma largura de 20,3 centímetros (8 polegadas), cada elemento de malha 42 da malha interconectada 40 pode apresentar uma espessura entre cerca de 1 milímetro (0,04 polegada) e 2,5 milímetros (0,1 polegada) para cargas no pneu de cerca de 0-453 kg (0-1.000 lbs), entre cerca de 2,5 milímetros (0,1 e 0,25 polegada) de espessura para cargas de cerca de 226-2.265 kg (5005.000 lbs), e entre 6,3 e 12,7 milímetros (0,25 e 0,5 polegada) de espessura para cargas de cerca de 906 kg (2.000 lbs) ou acima. Uma espessura de cerca de 2 milímetros (0,08 polegada) será utilizada para este Exemplo. Neste caso, a área do momento de inércia, $I = (w \cdot h^3) / 12$, onde w = a largura de cada elemento de malha 42, 20 centímetros (8 polegadas) e h = a espessura, 2 milímetros (0,08 polegada). Desta forma, I é cerca de 0,000341 polegada⁴.

[0087] Utilizando-se os raios do pneu e da roda mencionados acima, e observando-se o padrão da malha interconectada 40, como visto nas Figuras 1 e 2, cada elemento de malha 42 pode apresentar um comprimento aproximado de cerca de 24 - 11 centímetros (9,5" - 4,375")/4, ou aproximadamente 3,25 centímetros (1,28 polegada).

[0088] Com base nestes números, $F_{\text{retorcedura}} = (KEIDA2)/IA^2 =$ cerca de 0,72 (1,59 lbs). Além disso, os elementos de malha 42 da malha interconectada 40 são angulados em relação a uma direção ra-

dial para facilitar a retorcedura, o que pode reduzir adicionalmente o $F_{re\ torcedura}$.

[0089] Neste Pedido, o pneu não pneumático 10 é submetido a uma carga, L , de cerca de 113 kg (250 lbs). A carga L , é distribuída através dos elementos de malha 42 de tal forma que nem toda a carga, L , é suportada por um único elemento de malha (42. Entretanto, os elementos de malha 42 mais diretamente alinhados com a direção da carga, L , devem suportar a maior parte da carga. Uma vez que L é significativamente maior do que $F_{retorcedura}$, os elementos de malha 42 da malha interconectada 40 que estão submetidos a uma força de compressão irão se retorcer e não suportar a carga, L .

[0090] Embora a descrição acima das modalidades da invenção possibilite a um especialista na técnica realizar e utilizar o que é considerado presentemente como sendo o melhor modo, estes especialistas na técnica irão compreender e apreciar a existência de variações, combinações e equivalentes das modalidades típicas específicas e métodos apresentados aqui. A invenção não deve, desta forma, ficar limitada pela modalidade e método descritos acima, mas por todas as modalidades e métodos dentro do escopo e espírito da invenção tal como reivindicada.

REIVINDICAÇÕES

1. Pneu não pneumático (10) para suportar uma carga compreendendo:

um anel interno anular (20) tendo um eixo de rotação (12);

um anel externo anular (30) deformável; e

uma malha interconectada (40) flexível que se prolonga entre o referido anel interno (20) e o referido anel externo (30), compreendendo pelo menos duas camadas radialmente adjacentes (56, 58) de elementos de malha (42) em cada seção transversal radial do referido pneu (10),

caracterizado por compreender ainda uma pluralidade de elementos de malha (42) tendo uma pluralidade de cordas de reforço paralelas, axialmente espaçadas, embutidas nas mesmas, sendo as cordas de reforço construídas de um material diferente do dos elementos de malha (42) e posicionadas radialmente intermediárias aos anéis interno (20) e externo (30), os elementos de malha (42) que definem uma pluralidade de aberturas poligonais (50) e compreendendo pelo menos um elemento de malha (42) radial em ângulo relativo a um plano que se estende radialmente através do eixo de rotação (12) e pelo menos um elemento de malha (42) tangencial que é transversal ao plano radial, e pelo menos 75% da referida carga é suportada por uma pluralidade dos referidos elementos de malha (42) trabalhando sob tração.

2. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os membros de reforço estarem incluídos em uma porção da malha afastada dos anéis interno (20) e externo (30).

3. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma camada suporte de banda de rodagem afixada a uma superfície radialmente

externa do referido anel externo (30), sendo a referida camada de suporte de banda de rodagem configurada para suportar os referidos elementos de malha (42) trabalhando em tração.

4. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita pluralidade de aberturas poligonais (50) compreende uma primeira pluralidade de aberturas poligonais (50) tendo uma primeira forma e uma segunda pluralidade de aberturas poligonais (51) tendo uma segunda forma diferente da dita primeira forma.

5. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um elemento de malha (42) engata no referido anel externo (30) num determinado local.

6. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita malha interconectada (40) compreender interseções entre os ditos elementos de malha (42), as ditas interseções unindo pelo menos três elementos de malha (42).

7. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o referido anel interno (20) tem uma primeira espessura, o referido anel externo (30) tem uma segunda espessura e os referidos elementos de malha (42) têm uma terceira espessura, sendo a referida terceira espessura menor que a dita primeira espessura ou dita segunda espessura.

8. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda elementos de malha (42) que se estendem em uma direção radial em relação ao eixo de rotação (12).

9. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada uma da dita pluralidade de aberturas poligonais (50) é radialmente orientada.

10. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindica-

ção 1, caracterizado pelo fato de que cada uma das ditas pluralidades de aberturas poligonais (50) tem, pelo menos, 3 lados.

11. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita pluralidade de aberturas poligonais (50) é de forma hexagonal.

12. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma camada interna (56) relativamente radial da referida pluralidade de aberturas poligonais (50) compreender aberturas alternadas em forma de cunha (55).

13. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada uma das ditas pluralidades de aberturas poligonais (50) é simétrica em relação a um plano de simetria radial.

14. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o referido anel interno (20) está acoplado de forma adesiva com a referida roda (60).

15. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito anel interno (20) estar quimicamente ligado à dita roda (60).

16. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita malha interconectada (40) ser feita de um polímero.

17. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma camada de suporte de banda de rodagem afixada a uma superfície radialmente externa do referido anel externo (30).

18. Pneu não pneumático (10) compreendendo:
um anel interno anular (20) que se liga a uma roda (60), um anel externo anular (30),
uma malha interconectada (40) entre o referido anel interno

anular (20) e o referido anel externo anular (30), e compreendendo uma pluralidade de elementos de malha (42) que se estendem radialmente que definem uma pluralidade de aberturas, pelo menos uma parte dos elementos de malha (42) tendo um primeiro lado, um segundo lado oposto primeiro lado, e

caracterizado por compreender ainda uma pluralidade de cordas de reforço paralelas espaçadas axialmente posicionadas entre o primeiro lado e o segundo lado do elemento de malha (42) e estendendo-se radialmente em relação a um eixo de rotação (12) da roda (60) para maior tração radial do elemento de malha (42).

19. Pneu não pneumático (10) compreendendo:

um anel interno anular (20) que se liga a uma roda (60),

um anel externo anular (30) afastado do anel interior (20) ao longo de uma direção radial do pneu não pneumático (10);

uma superfície radialmente externa (34) envolvendo uma camada de suporte de banda de rodagem,

uma malha interconectada (40) entre o referido anel interno anular (20) e o referido anel externo anular (30), e

um eixo de rotação (12);

a dita malha interconectada (40) compreendendo uma pluralidade de elementos de malha (42) que definem uma pluralidade de aberturas espaçadas circunferencialmente em volta do dito pneu (10) e espaçadas radialmente a distâncias variáveis do dito eixo de rotação (12); e

caracterizado por compreender ainda uma pluralidade de componentes de reforço (46) paralelos, axialmente espaçados, cada um embutido em pelo menos um dos elementos de malha (42) e tendo um comprimento que se estende entre os anéis interno (20) e externo (30) para maior tração radial do elemento de malha (42) correspondente.

20. Pneu não pneumático (10) de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que os componentes de reforço (46) são compostos por pelo menos uma dentre fibras de carbono e fibras sintéticas de para-aramida.

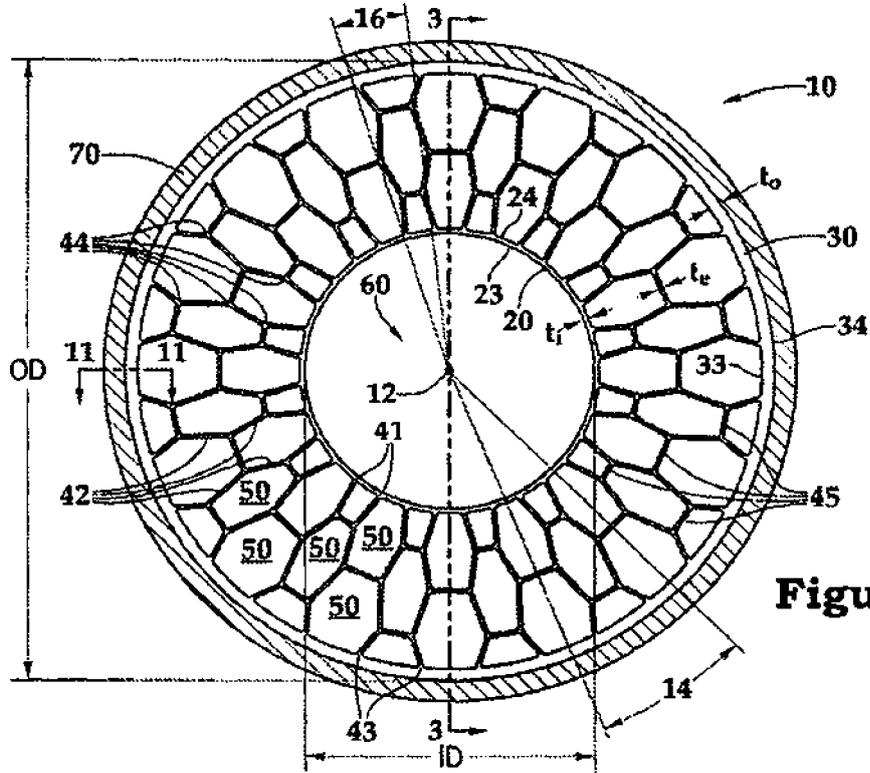


Figura 1

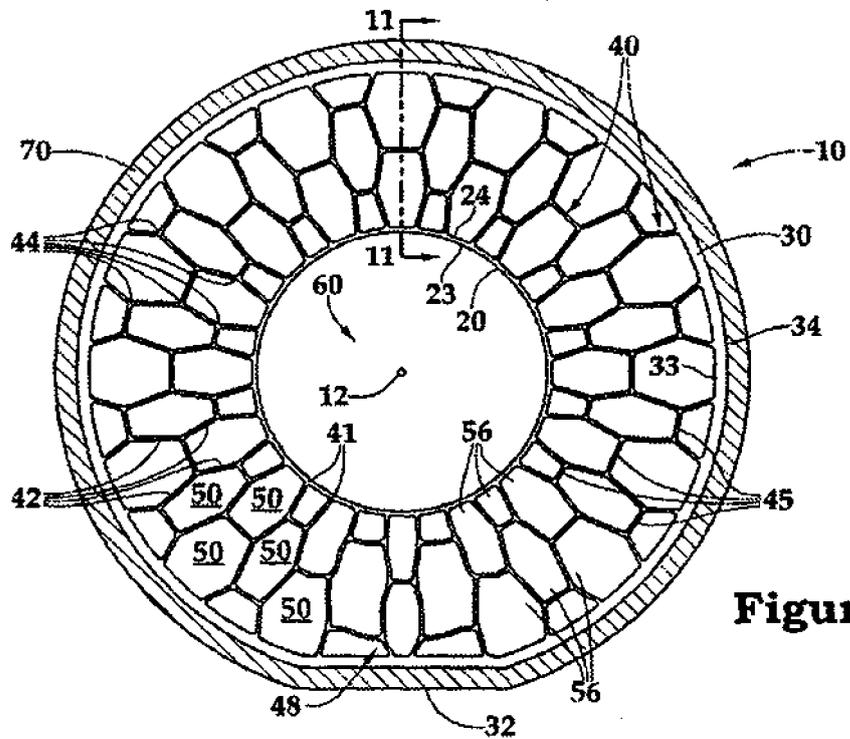


Figura 2

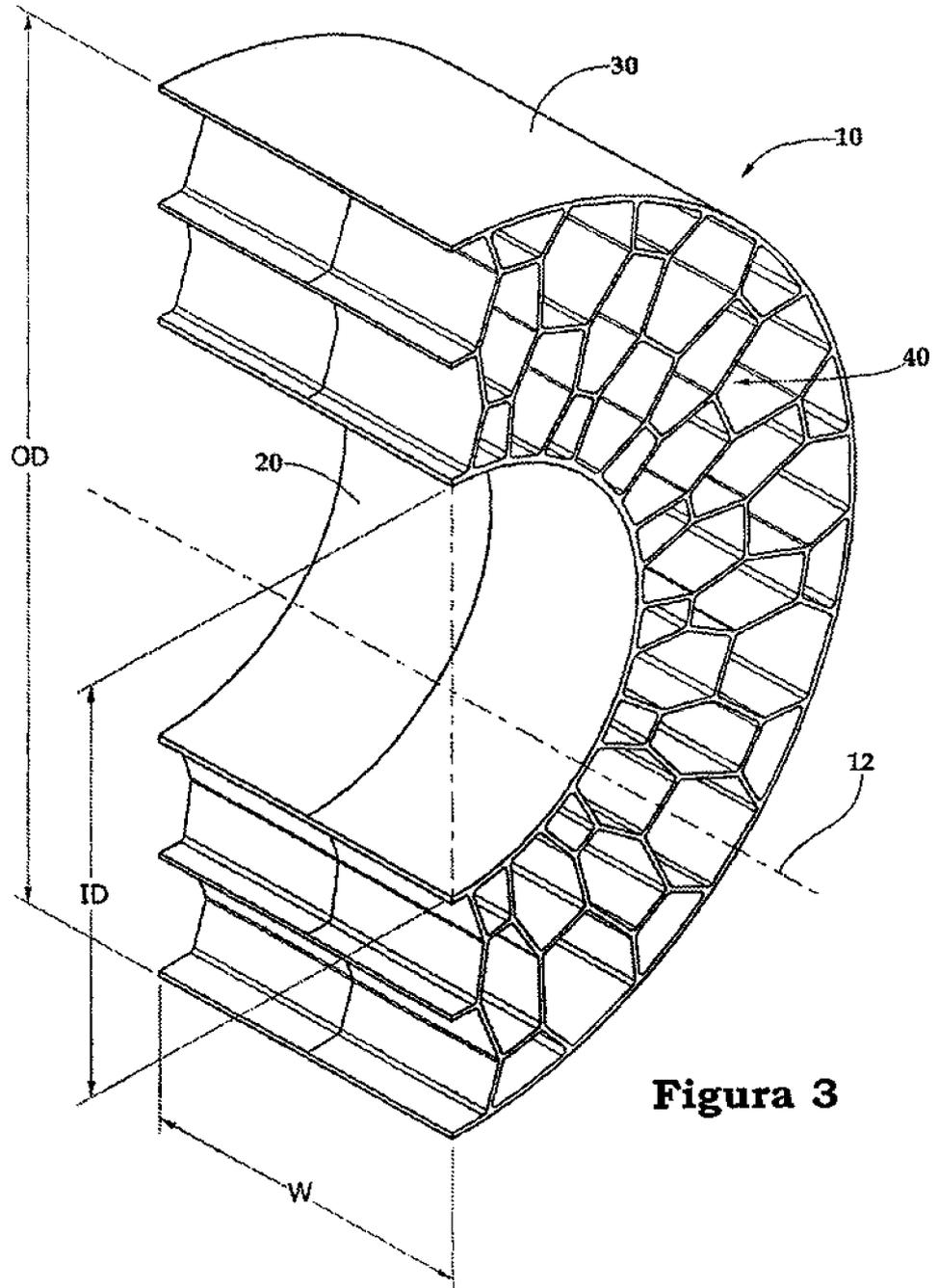


Figura 3

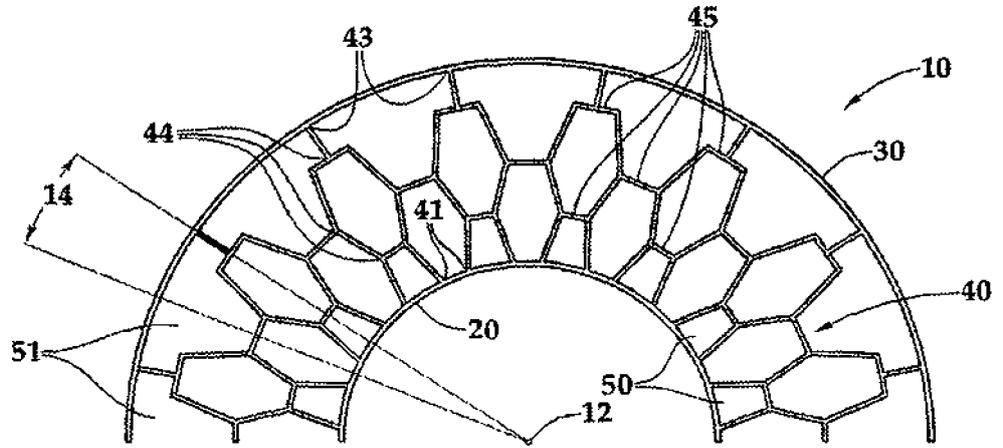


Figura 4

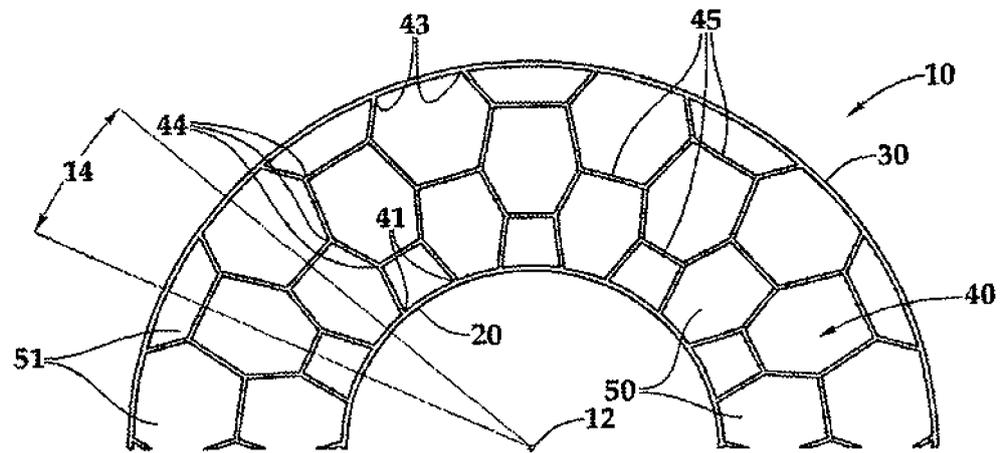


Figura 5

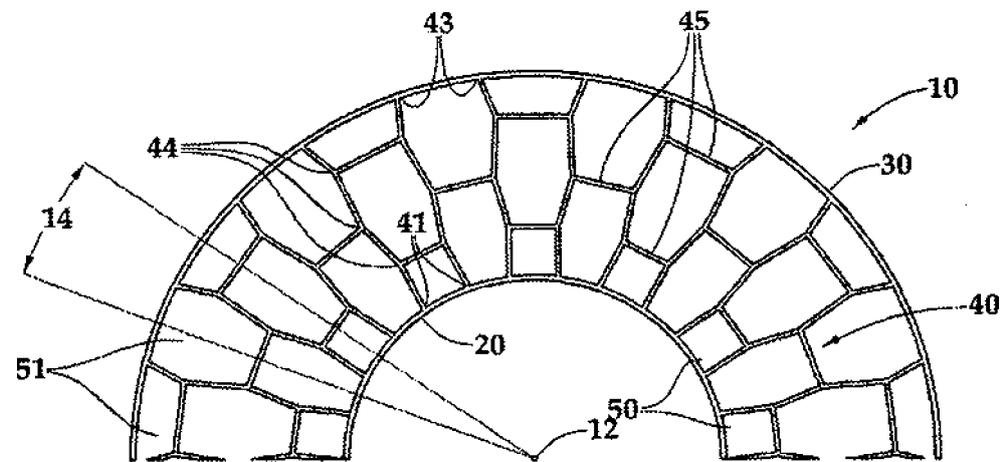


Figura 6

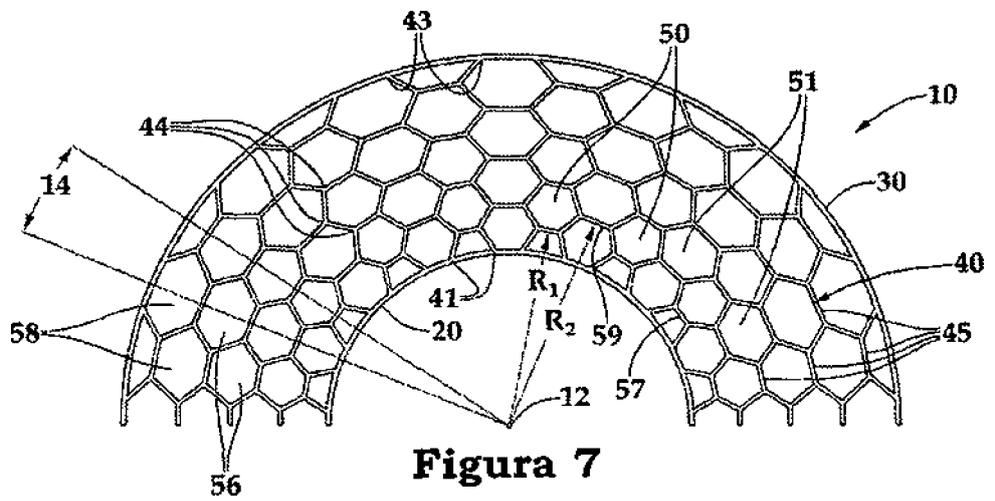


Figura 7

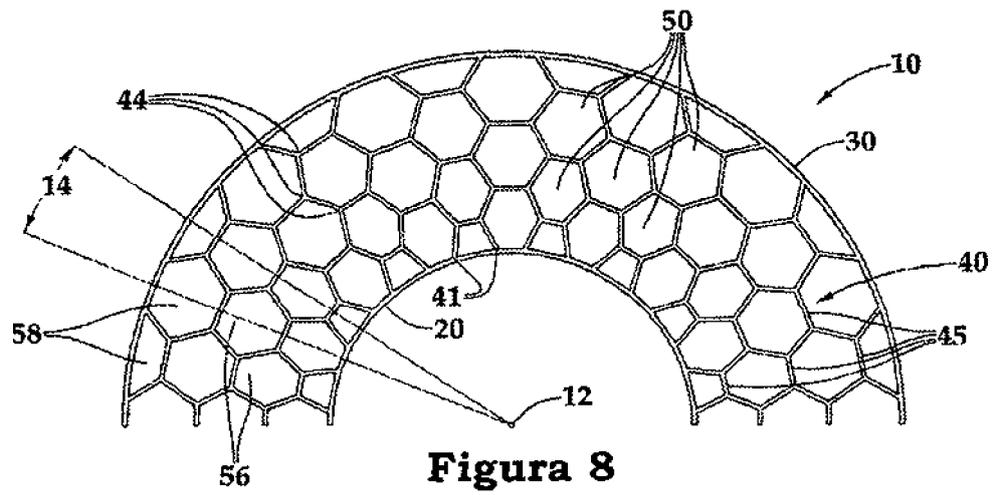


Figura 8

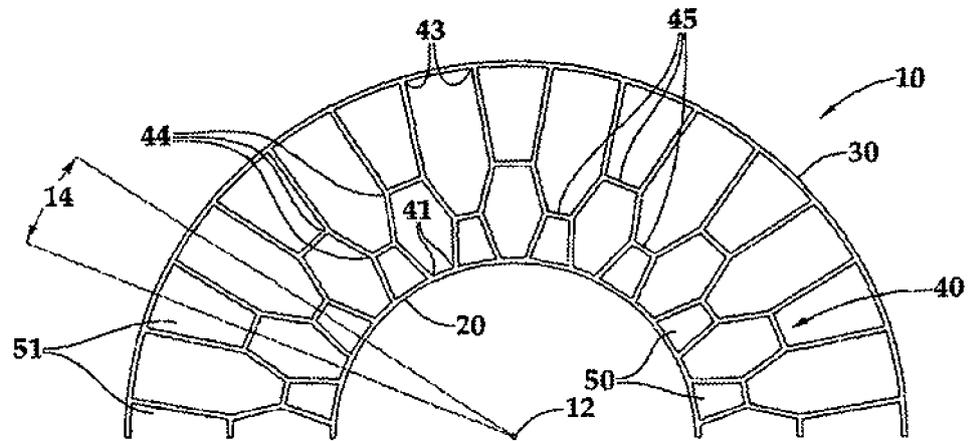


Figura 9

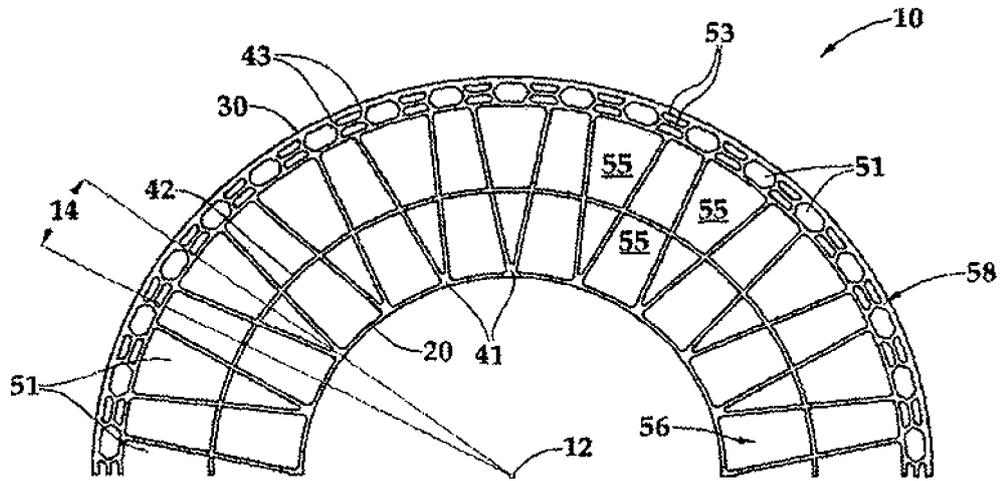


Figura 10

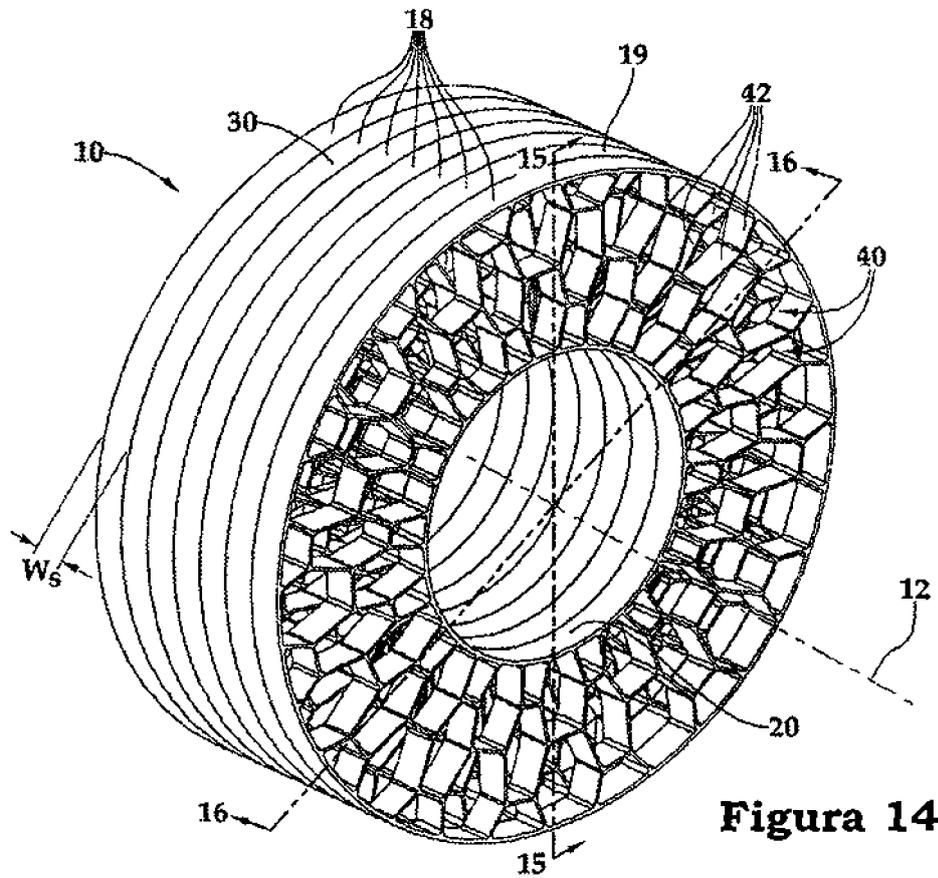


Figura 14

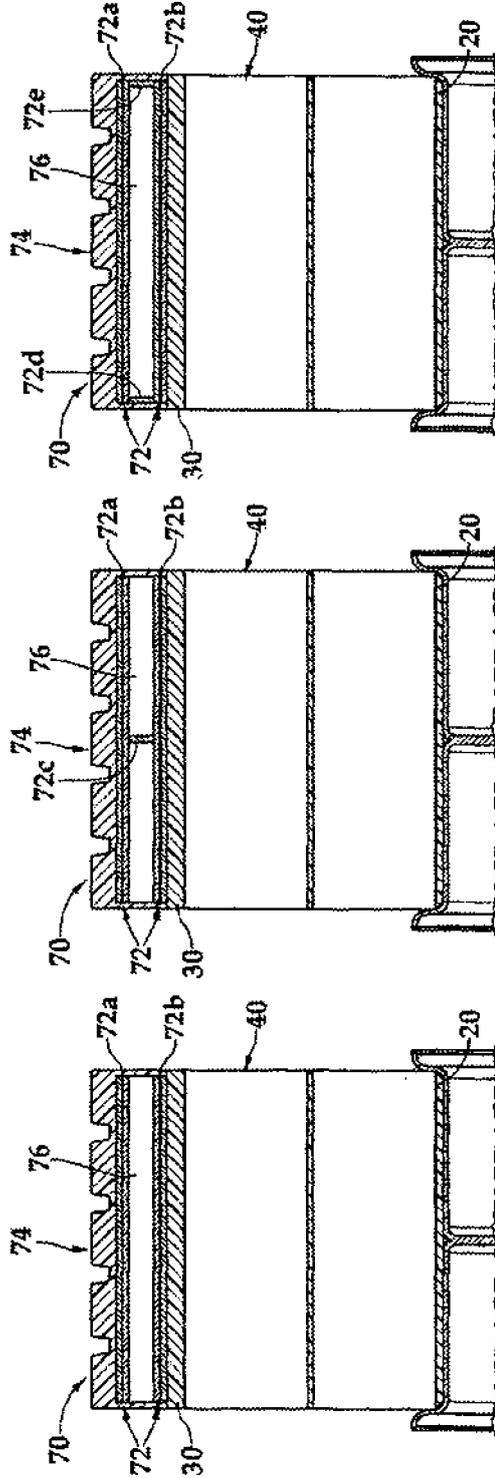


Figura 13

Figura 12

Figura 11

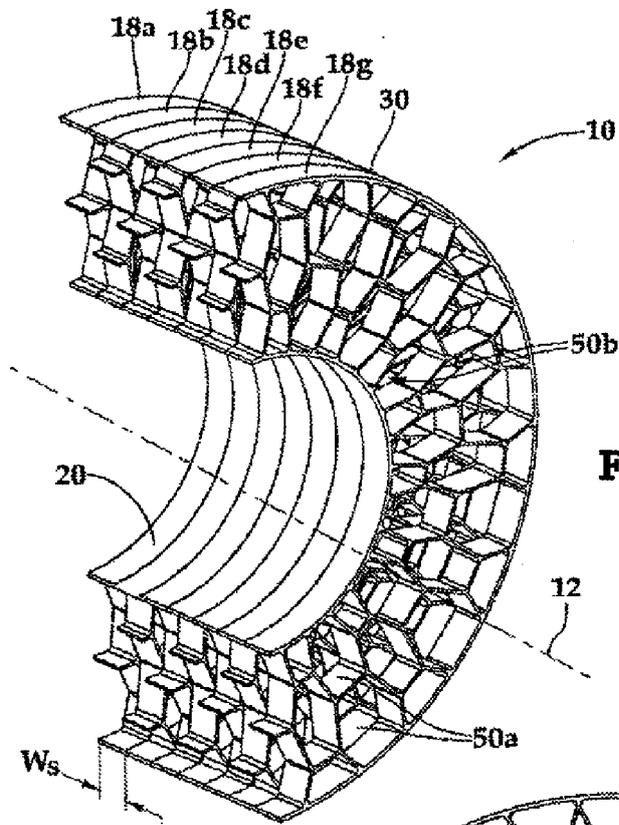
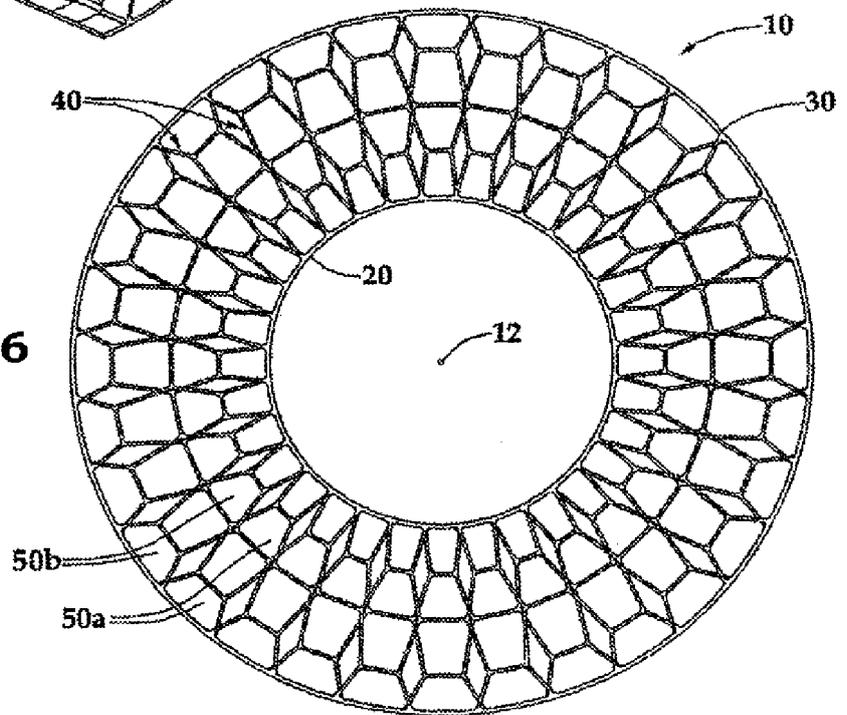
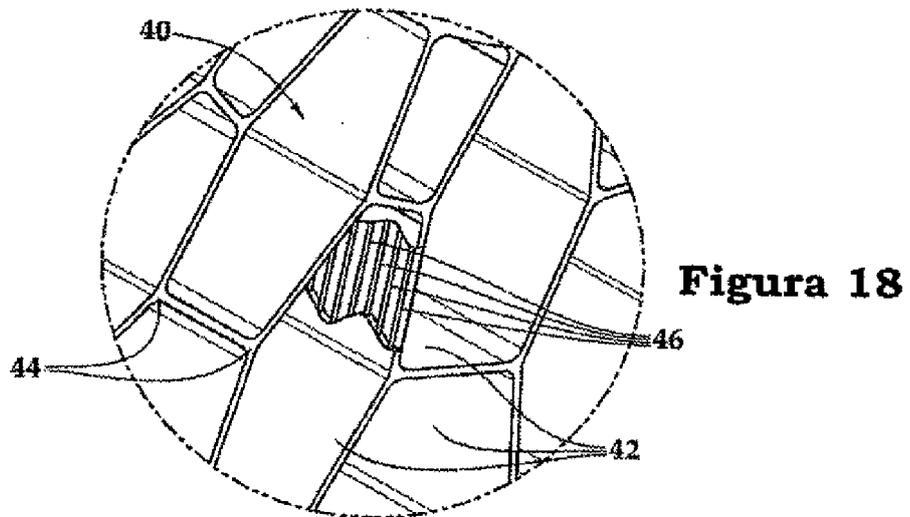
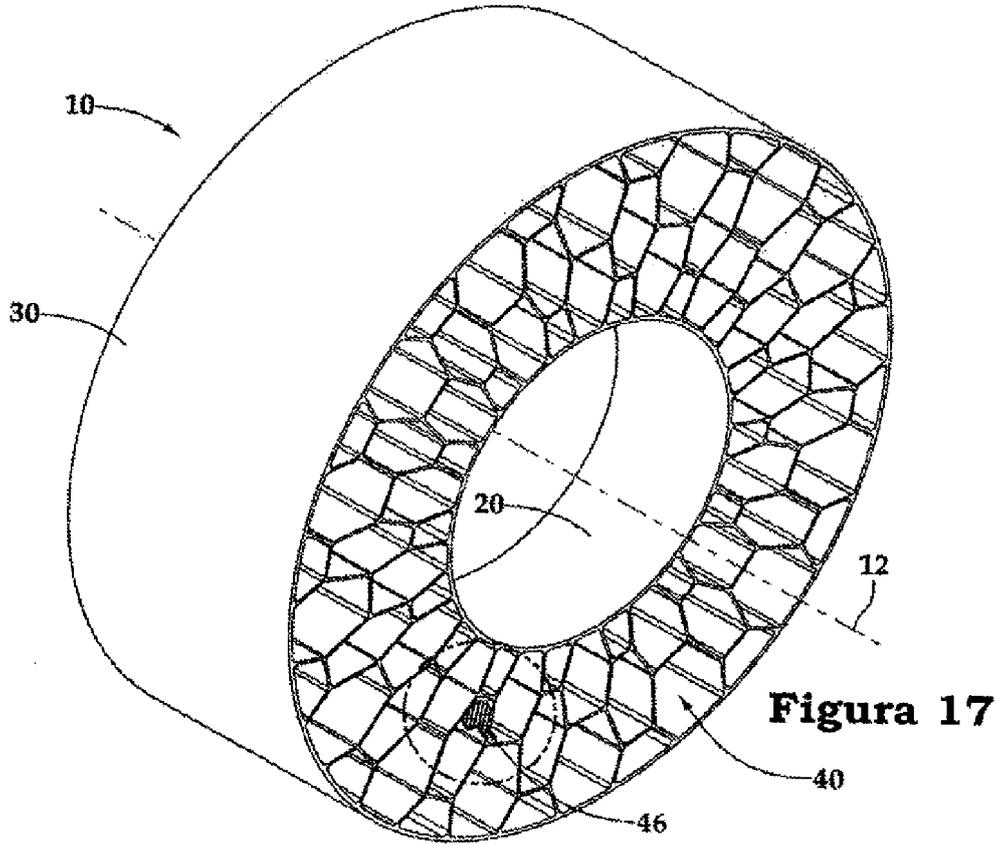


Figura 15

Figura 16





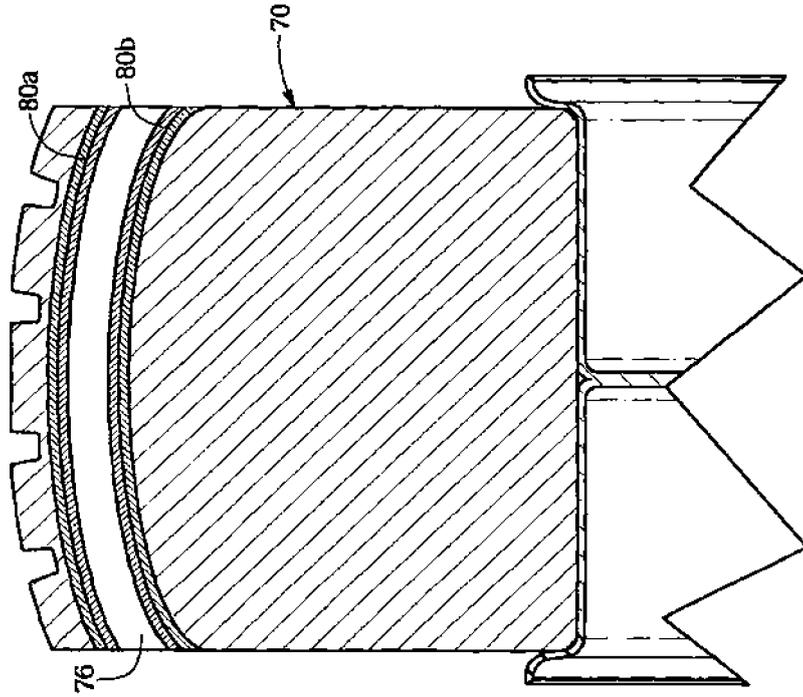


Figura 20

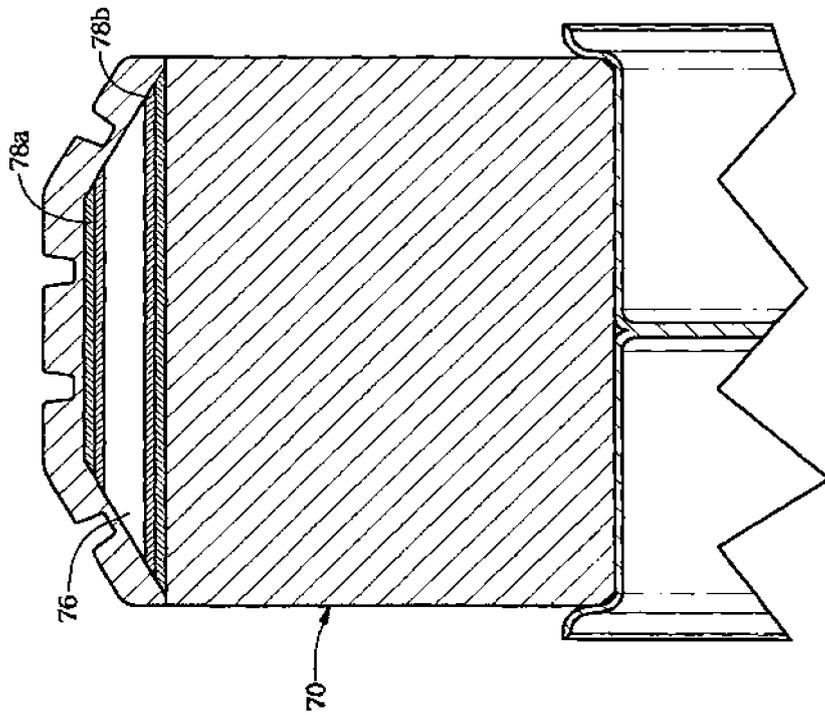


Figura 19

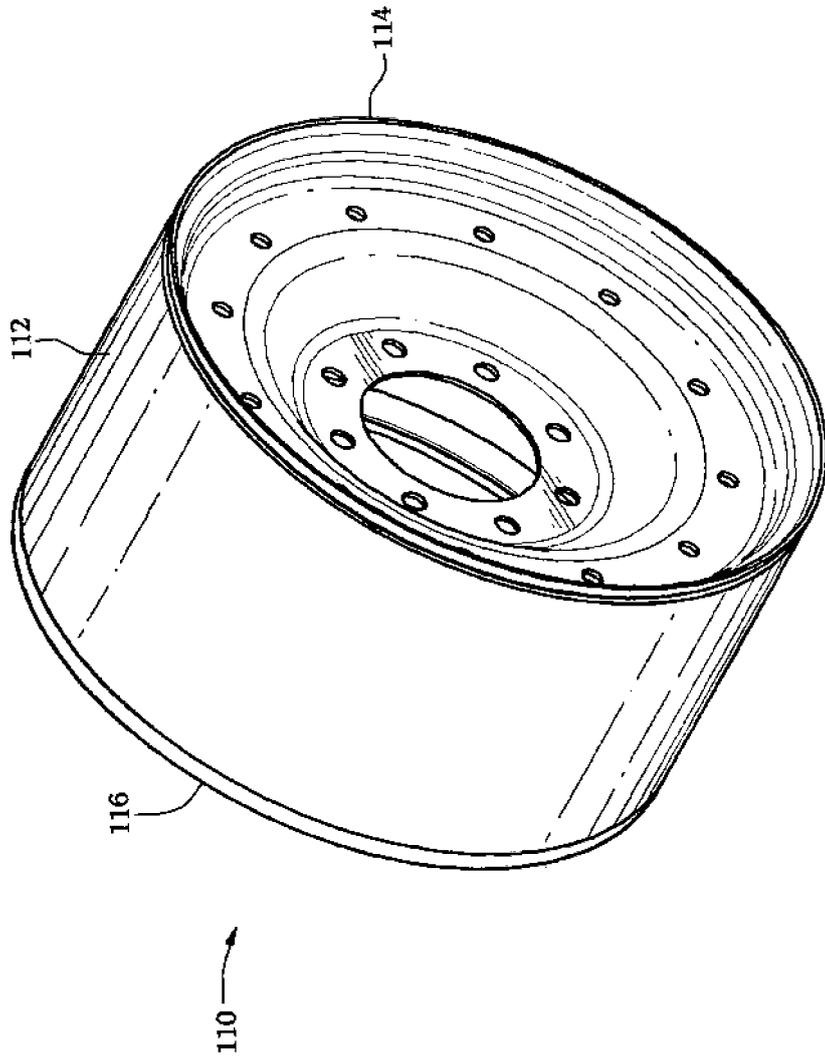


Figura 21

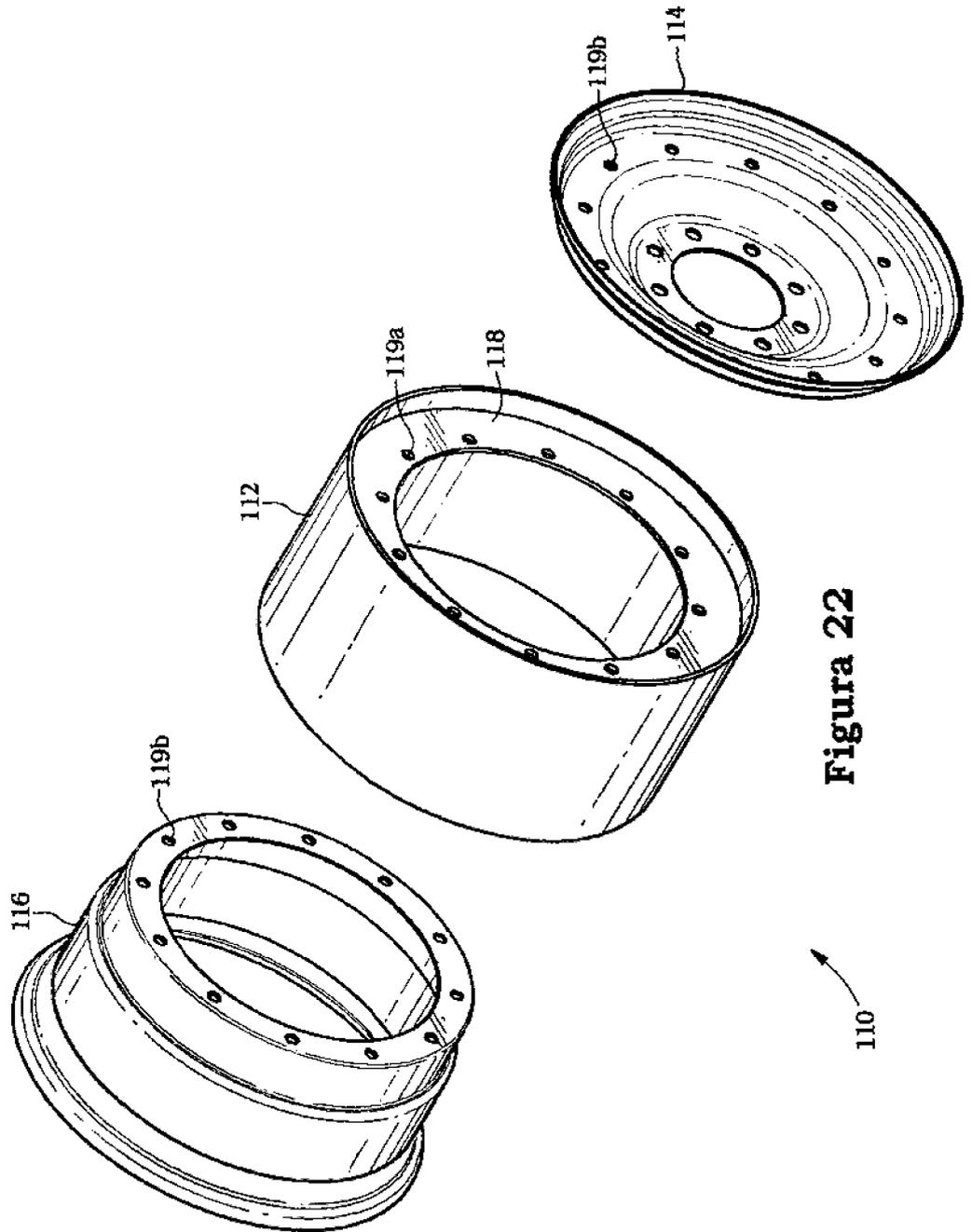


Figura 22

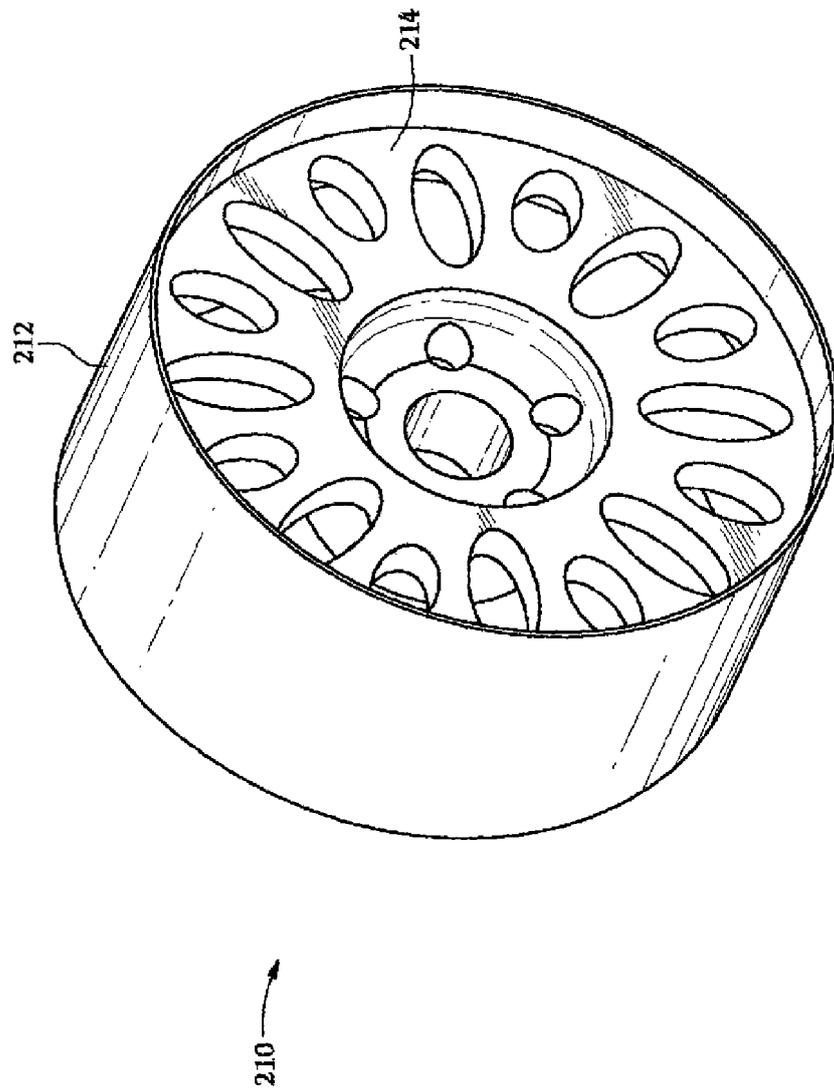


Figura 23

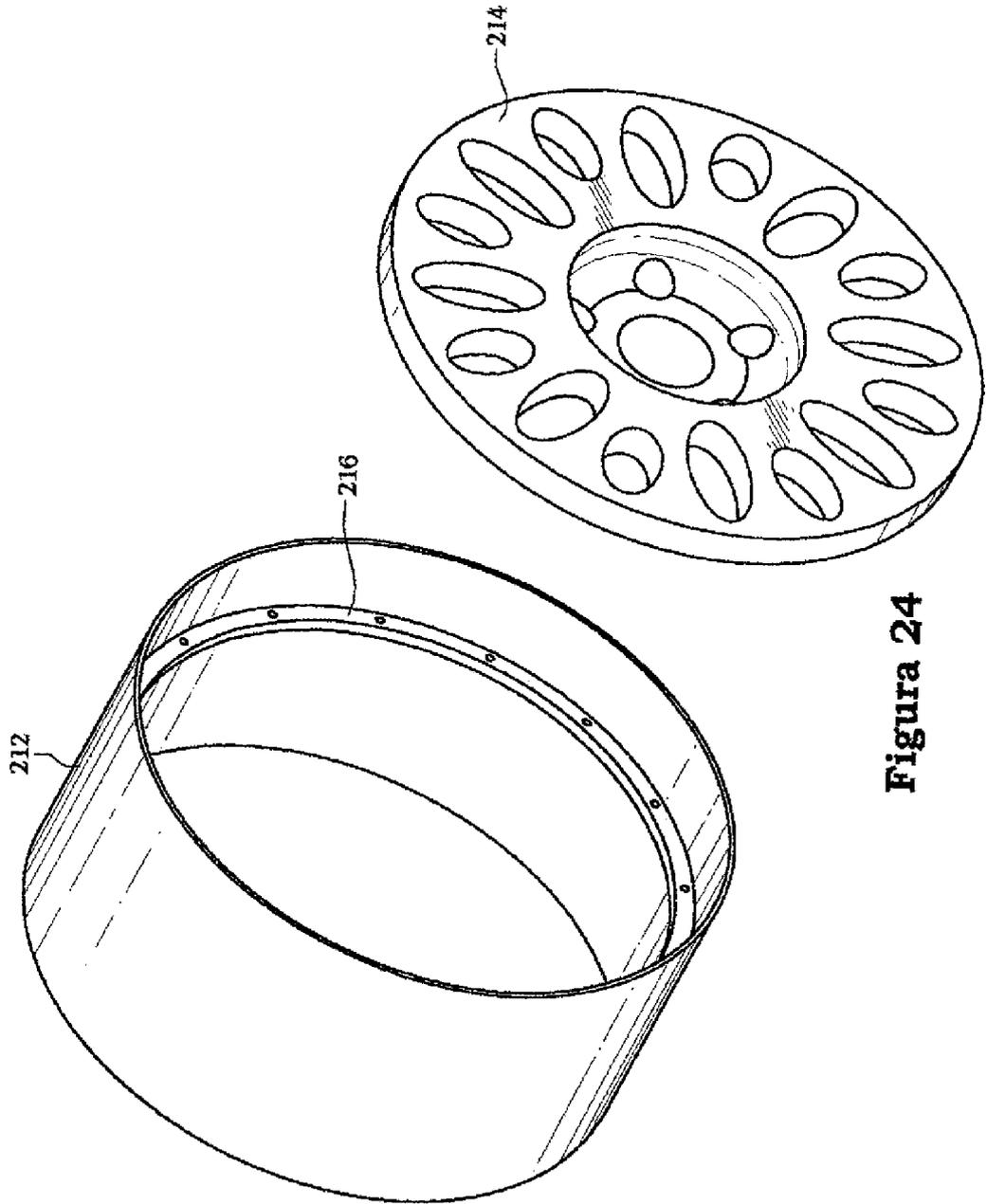


Figura 24

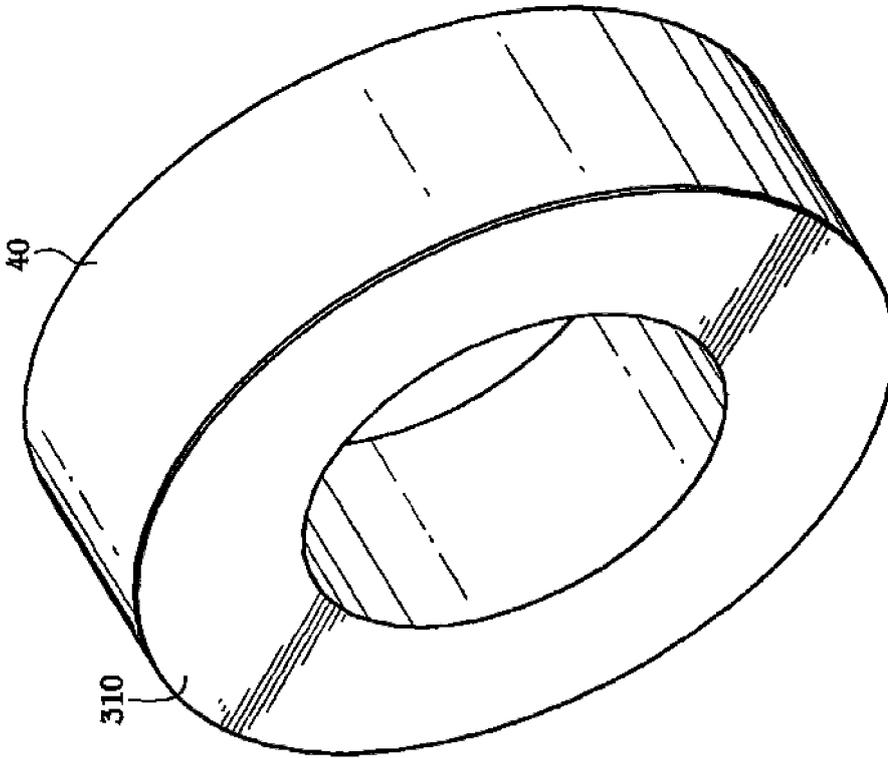


Figura 25

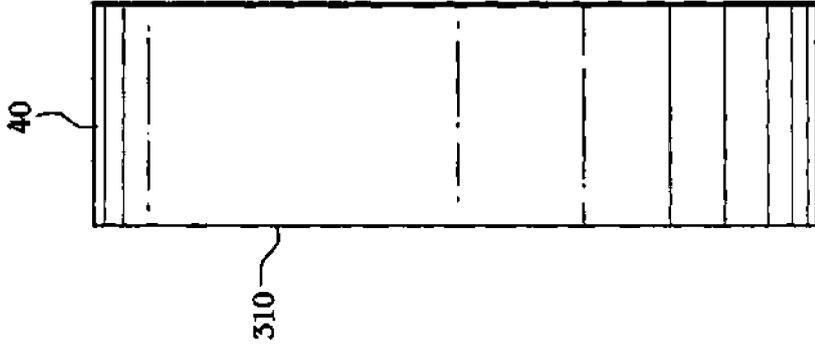


Figura 26

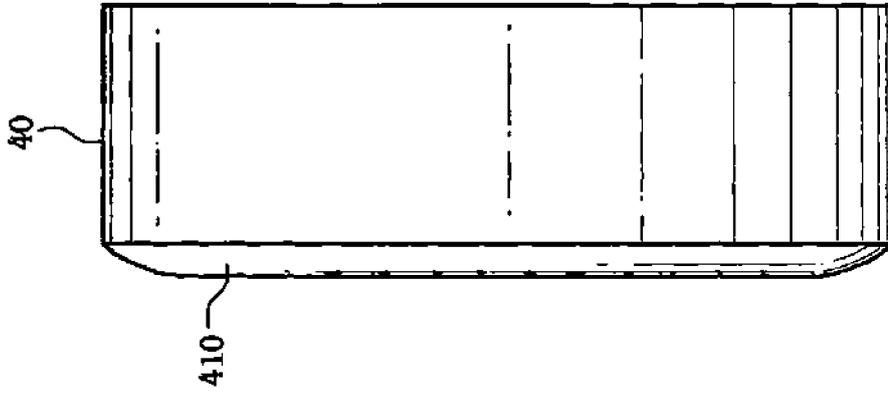


Figura 28

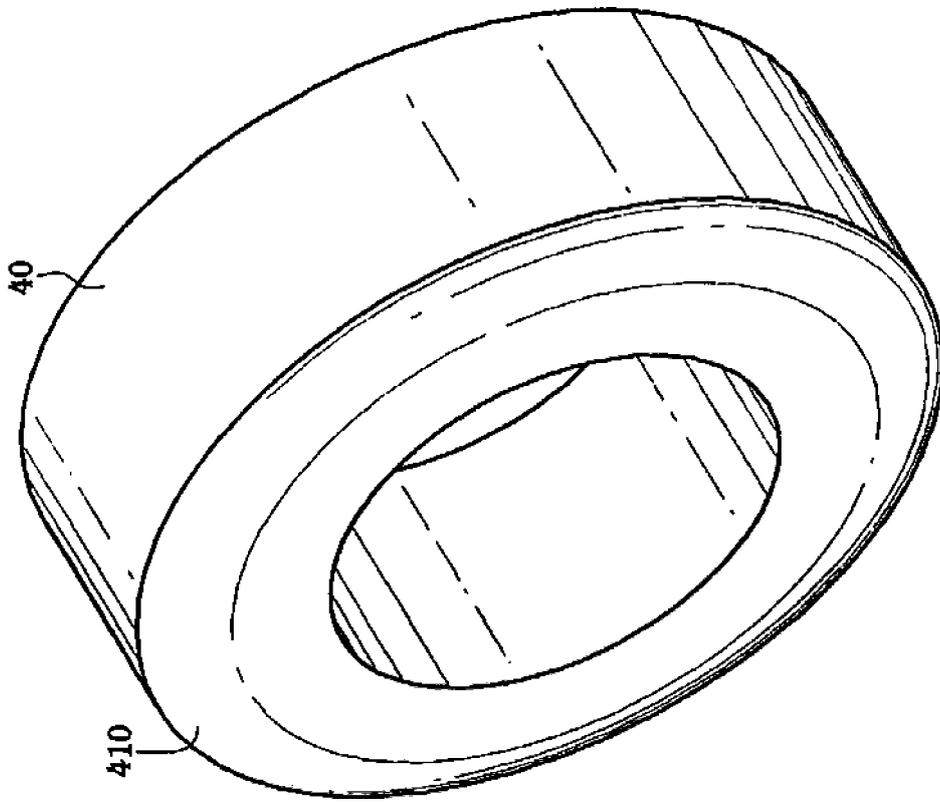


Figura 27

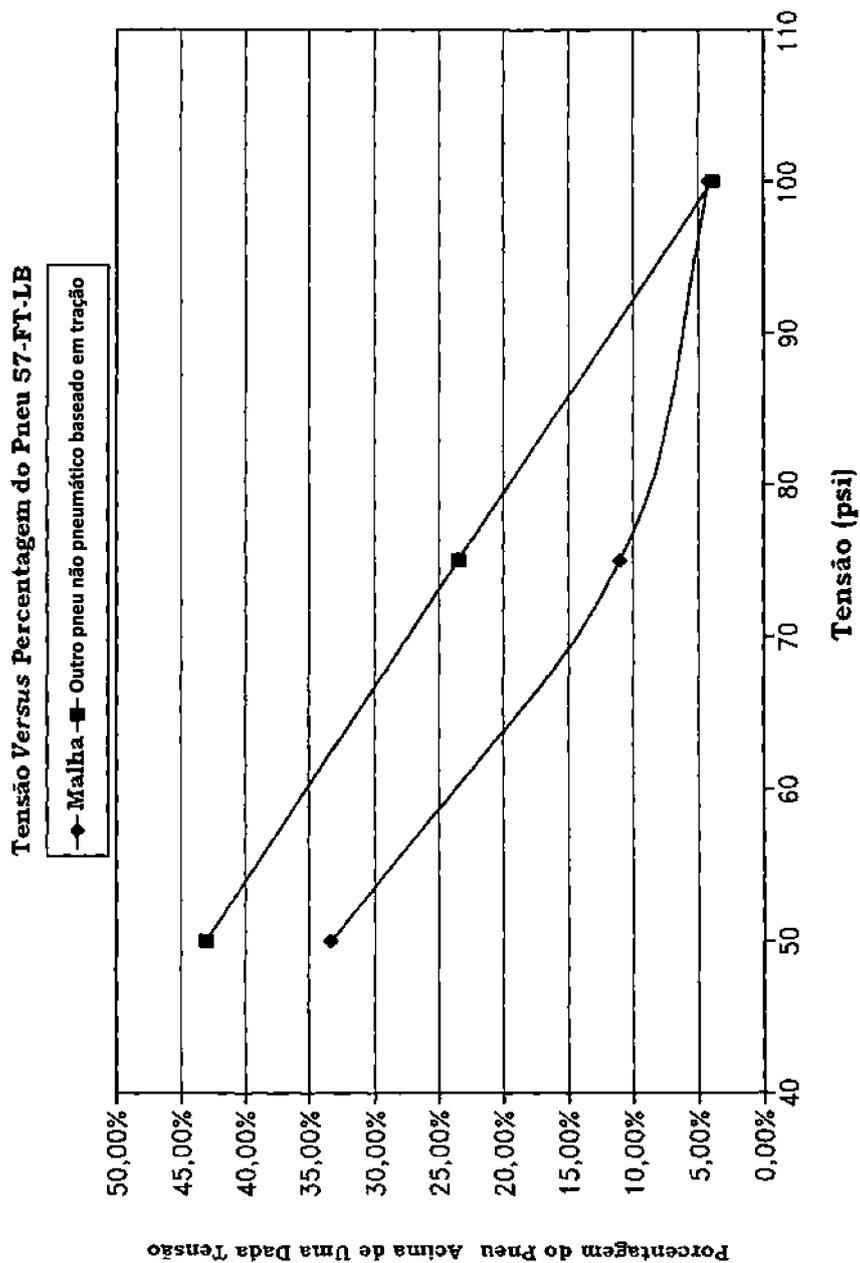


Figura 29

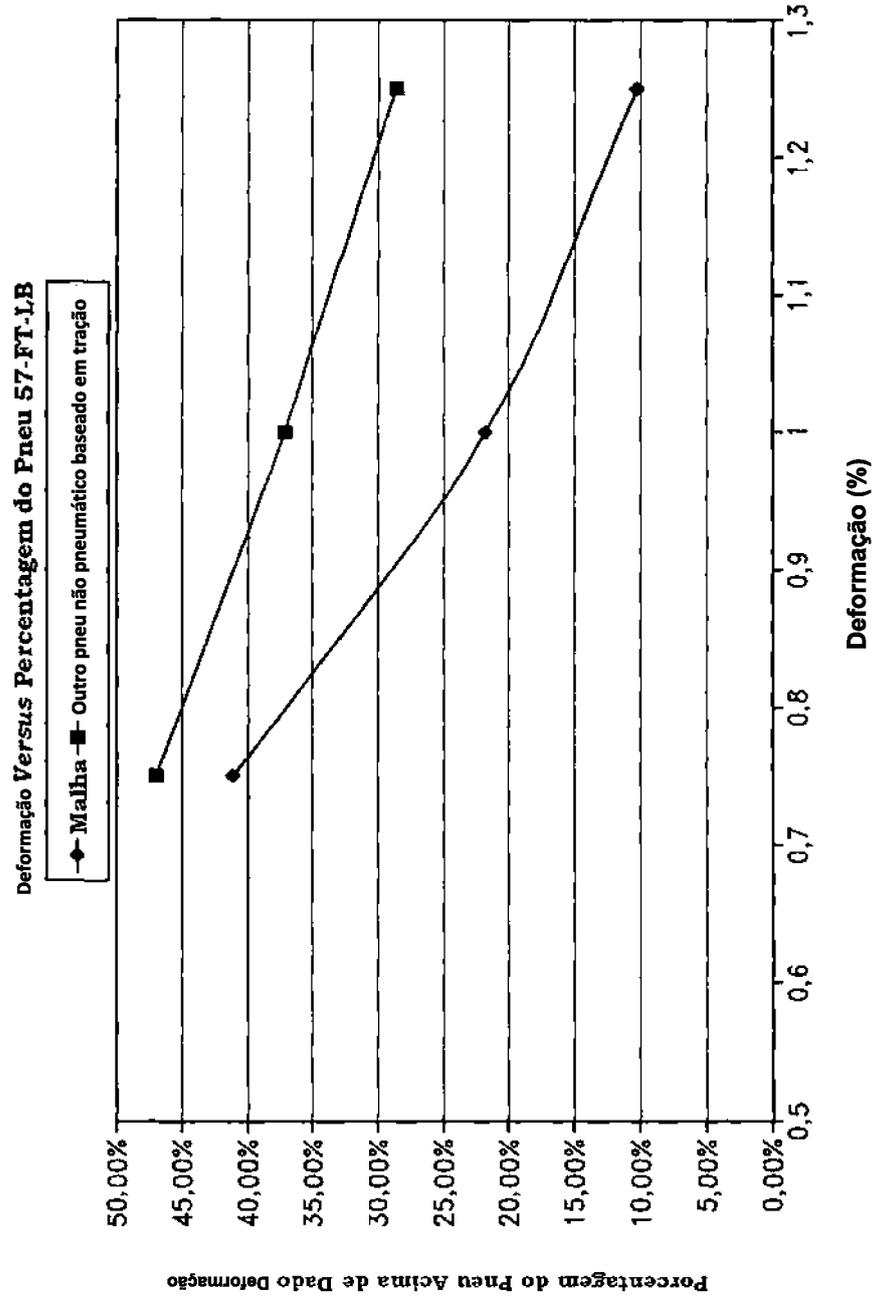


Figura 30