



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

(21) PI 0809050-5 A2



* B R P I 0 8 0 9 0 5 0 A 2 *

(22) Data de Depósito: 26/03/2008

(43) Data da Publicação: 02/09/2014
(RPI 2278)

(51) Int.Cl.:

B60B 9/04

(54) Título: PNEUS NÃO PNEUMÁTICOS

(57) Resumo:

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

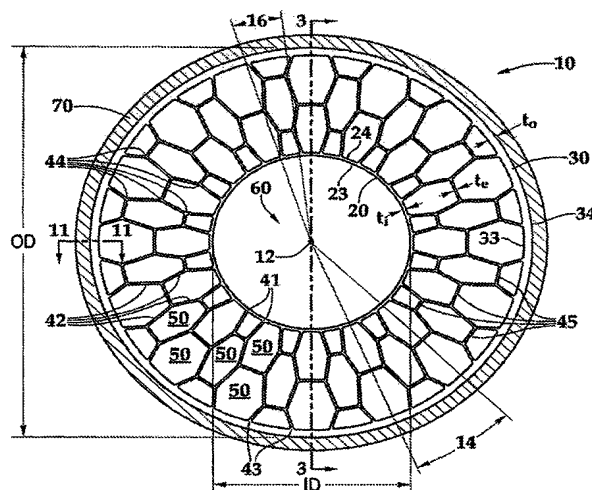
(73) Titular(es): Resilient Technologies, LLC.

(72) Inventor(es): Ali Manesh, Brian Anderson, Brian J. Meliska,
Fidelis Ceranski, Mike Tercha

(74) Procurador(es): Hugo Silva, Rosa & Maldonado-
Prop Int

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

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



“Pneus Não Pneumáticos”

Relatório Descritivo

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

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-
10 08-C-0034. Desta forma, os Estados Unidos podem ter alguns direitos nesta invenção.

Antecedentes da Invenção

Campo da Invenção

O presente Pedido está direcionado para um pneu e, mais
15 particularmente, para um pneu não pneumático.

Descrição da Técnica Relacionada

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
20 para os passageiros e provocaram grandes danos à suspensão de um veículo, que tinham que compensar uma falta de “flexibilidade” num 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
25 algumas desvantagens.

O material que contém pneus pneumáticos padrão é sus-

ceptível a vazamento do ar pressurizado que deve manter. Isto ocorre tanto por vazamento em torno do aro da roda, quanto, em menor escala, 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.

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.

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 subsequentelemente 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

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 tensão 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. Numa modalidade, a malha interconectada pode ser fixada diretamente à roda ou à camada de rolamento.

A malha interconectada pode ser uma de formas múltiplas possíveis. Numa modalidade, os elementos da malha formam camadas múltiplas de aberturas poligonais genericamente 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. Noutra modalidade, as aberturas de uma camada não são formatadas de modo semelhante às aberturas nesta mesma camada.

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.

De acordo ainda com outra modalidade aqui descrita, é provido um pneu não pneumático para suportar uma carga aplicada, apresentando o pneu um componente genericamente cilíndrico que se fixa a um componente existente da roda. Uma malha interconectada e uma superfície externa genericamente 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 genericamente radial podem ser facilmente removidos dos componentes da roda do pneu para substituição ou manutenção.

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

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.

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.

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 numa direção prescrita em afastamento do pneu.

Breve Descrição dos Desenhos

Estas e outras características das presentes realizações ficarão mais claras pela leitura da descrição detalhada a seguir e com referência aos desenhos anexos das realizações, 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;

5 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;

10 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;

15 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;

20 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;

5 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;

10 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;

15 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;

20 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;

25 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;

5 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;

10 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;

15 a **Figura 29** é uma comparação gráfica dos esforços relativos no pneu não pneumático a base de tensão contra a percentagem do pneu que experimenta o esforço em comparação com um outro pneu não pneumático a base de tensão;

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

20

Descrição Detalhada

das Realizações Preferidas

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
25 ilustrada, o pneu não pneumático (10) compreende um anel interno

genericamente 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 genericamente anular (20) compreende uma superfície interna (23) e uma superfície externa (24) e
5 pode ser feito de polímeros reticulados ou não reticulados. Em uma modalidade, o anel interno genericamente 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 genericamente anular (20) pode ser feito de
10 borracha, poliuretana e/ou outro material adequado. Neste Pedido, o termo “polímero” significa polímeros reticulados ou não reticulados.

Para cargas aplicadas menores, L, o anel interno genericamente anular (20), pode ser fixado de forma adesiva ou pode ser submetido a alguma alteração na estrutura química permitindo que este se
15 ligue à roda (60). Para cargas aplicadas maiores, L, o anel interno genericamente 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
20 (60) quanto o anel interno genericamente 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 genericamente anular (20) pode ser
25 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 genericamente anular (20) pode ser conectado à roda (60) por uma combinação de uma conexão mecânica com uma adesiva.

30 Com referência ainda às Figuras 1, 2 e 3, o pneu não

pneumático (10) compreende ainda um anel externo genericamente 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 realizações, o pneu não pneumático (10) não apresenta uma parede lateral, o anel externo genericamente 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).

Em uma modalidade, o anel interno genericamente anular (20) e um anel externo genericamente anular (30) são feitos do mesmo material que a malha interconectada (40). O anel interno genericamente anular (20) e o anel externo genericamente 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.

Conforme mostrado nas Figuras 1, 2 e 3, a malha interconectada (40) do pneu não pneumático (10) conecta o anel interno genericamente anular (20) ao anel externo genericamente 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 genericamente 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 genericamente anular (30) passa através ou transversal a pelo menos duas aberturas genericamente poligonais (50). As aberturas poligonais (50) podem formar vários formatos, alguns dos quais são mostrados nas Figuras 4-10. Em muitas das realizações, a maioria das

5 aberturas genericamente poligonais (50) pode ser de formato genericamente hexagonal com seis lados. Entretanto, é possível que cada uma da pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50) apresente pelo menos três lados. Em uma modalidade, a pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50) é de formato genericamente hexagonal ou

10 de formato hexagonal circunferencialmente separadas por aberturas que são de formato genericamente trapezoidal, como pode ser observado na Figura 1, conferindo à malha interconectada (40) um formato que pode se assemelhar a uma colméia.

Uma faixa preferida de ângulos entre quaisquer dois elementos da malha interconectada (movendo-se radialmente da parte de

15 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.

Continuando-se com referência à modalidade ilustrada nas

20 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 genericamente anular (20) em qualquer ponto ao longo do anel interno genericamente anular (20) de tal forma que ocorre um primeiro conjunto de conexões (41) ao longo do anel interno genericamente anular (20).

25 Da mesma forma, um elemento de malha (42) pode se conectar ao anel externo genericamente anular (30) em quaisquer ponto ou linha dados ao longo de uma superfície interna (33) do anel externo genericamente anular (30), de tal forma que ocorre um segundo conjunto de conexões (43) ao longo do anel externo genericamente anular (30). Entretanto,

30 mais de um elemento de malha (42) pode ser conectado ao anel interno

genericamente anular (20) ou ao anel externo genericamente anular (30) em qualquer ponto ou linha dados.

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 realizações, as interseções (44) podem unir mais de três elementos de malha (42), o que pode auxiliar na distribuição adicional de esforços e tensões experimentadas pelos elementos de malha (42).

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 elementos de malha tangenciais (45) de uma camada de uma pluralidade de aberturas genericamente 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 genericamente imagens espelhadas em torno do plano radial (16) entre si.

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

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 noutras realizações, 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.

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 genericamente poligonais (50) aumentam de tamanho, quando se deslocam de abertura para abertura

numa direção radialmente para fora. Entretanto, voltando-se para Figura 10, uma segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais (51) numa camada radialmente externa (58) podem ser também menores que aquelas em uma primeira pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50) em uma camada radialmente interna (56). Além disso, a segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais pode ser ou separada circunferencialmente entre si por uma terceira pluralidade de aberturas genericamente poligonais (53) ou pode ser maior em número que a primeira pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50), ou pode ser ambos.

Conforme observado acima, as Figuras 1-9 mostram várias variações de uma pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50) que é de formato genericamente 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 genericamente poligonais (50). Estas aberturas são genericamente simétricas em torno dos planos de simetria radiais (14). Entretanto, a malha interconectada (40) do pneu (10) pode ser também genericamente simétrica como um todo, em torno dos planos de simetria radiais. Em comparação, uma segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais (14) pode ser genericamente simétrica em torno de planos de simetria radiais (14) similares. Além disso, como mostrado nas Figuras 7-8, uma segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais pode ser genericamente simétrica em torno de linhas tangenciais a um cilindro comumente centralizado com o eixo de rotação (12), provendo um segundo grau de simetria.

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 genericamente 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 genericamente 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 genericamente 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.

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 genericamente poligonais (50), que é maior do que uma camada radialmente externa (58) de aberturas genericamente 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 genericamente poligonais (51) pode ser separada da primeira pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50) por um elemento de malha (42) genericamente contínuo da malha interconectada (40) espaçado em uma distância radial genericamente constante do eixo de rotação (12). O elemento de malha (42) genericamente contínuo e genericamente constante pode auxiliar no provimento de rigidez adicional ao pneu não pneumático (10) em regiões que são resistentes à deformação.

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.

Numa 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, numa modalidade, os elementos de malha são influenciados de tal forma que se dobram genericamente 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 retorcadura de maneira a evitar esse contato.

Quando ocorre a retorcadura, os elementos de malha (42) restantes podem experimentar uma força de tensão. 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 tensão 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 tensão 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 tensão 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 tensão. Por exemplo, em uma modalidade, pelo menos 75% da carga é suportada em tensão, em outra modalidade pelo menos 85% da carga é suportada em tensão e em outra modalidade pelo menos 95% da carga é suportada em tensão. Em outras modalidades, menos de 75% da carga pode ser suportada em tensão.

Embora o anel interno genericamente anular (20), o anel externo genericamente anular (30), e a malha interconectada (40) possam ser feitos do mesmo material; podem todos apresentar diferentes espessuras. Isto é, o anel interno genericamente anular pode apresentar uma primeira espessura, t_i , o anel externo genericamente anular pode apresentar uma segunda espessura, t_o , 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_o . Entretanto, a terceira espessura, t_e , pode ser menor que a primeira espessura, t_i , ou que a segunda espessura, t_o . Esta disposição ilustrada é presentemente preferida na medida em que o elemento de malha (42) se retorce mais facilmente quando submetido a uma força de compressão, enquanto um anel interno genericamente anular (20) e o anel externo genericamente anular (30) relativamente mais delgados podem vantajosamente auxiliar em manter a rigidez lateral do pneu não pneumático (10) numa região não retorcida por melhor resistência à deformação.

A espessura, t_e , 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, t_e , de maneira a prover uma resistência à tensão aumentada, reduzindo o tamanho das aberturas na pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50). Entretanto, a espessura, t_e , 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, t_e , 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, t_e , entre cerca de 1 milímetro (0,04 polegadas) 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 polegadas) 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 polegadas) 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 realizações modificadas.

Além dos elementos de malha (42) que são genericamente angulados em relação aos planos radiais (16) que passam através do eixo de rotação (12), a malha interconectada (40) pode incluir também elementos de malha tangenciais (45), como mostrado nas Figuras 1-9. Os elementos de malha tangenciais (45) podem ser orientados de tal forma que sejam genericamente 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 tensão. 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 genericamente radial, resultando em concentrações de esforço em áreas localizadas. Entretanto, sendo orientados em uma direção genericamente 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 esforço.

Permanecendo nas Figuras 1-9, a pluralidade de aberturas genericamente poligonais (50) é mostrada onde cada uma das ditas aberturas genericamente poligonais (50) da pluralidade é orientada radialmente. Conforme observado acima, as aberturas genericamente 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.

Conforme mostrado na Figura 1, o anel externo genericamente 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.

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 genericamente constante do eixo de rotação (12).

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 genericamente 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.

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) genericamente 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) genericamente contêm a camada de material de suporte (76) em uma caixa de formato genericamente retangular.

As cintas de reforço (72) e o material de suporte (76), como

descrito acima, formam genericamente 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
5 camada de rolamento com rigidez aumentada.

Numa 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
10 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).

A malha interconectada (40), o anel interno genericamente anular (20) e o anel externo genericamente anular (30) podem ser
15 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 genericamente anular (20) e anel externo genericamente anular (30) podem ser manufaturados em etapas e então montados como mostrado nas realizações das Figuras 14-16. Nestas Figuras, cada segmento (18) apresenta uma malha
20 interconectada (40) apresentando o mesmo padrão que o pneu não pneumático (10) da Figura 1.

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 genericamente uniforme, W_s , no entanto podem também apresentar diferentes larguras em realizações modificadas. Os segmentos (18) podem ser
25 feitos a partir do mesmo molde de tal forma a produzir malhas interconectadas (40) genericamente idênticas, no entanto podem ser também feitos a partir de moldes diferentes para produzir padrões variáveis de
30

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 genericamente poligonais (50a) de um segmento (18) não é genericamente alinhada com uma pluralidade de aberturas genericamente 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 genericamente 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 genericamente alinhados entre si, o segundo, quarto e sexto segmentos (18b, 18d, 18f) são genericamente alinhados entre si, mas os dois grupos de segmentos não são genericamente alinhados como um todo. Além disso, a Figura 15 é uma vista em corte mostrando dois segmentos radialmente adjacentes (18, 19) que não são genericamente alinhados. Esta orientação em pilha pode auxiliar com a retorcedura 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).

A escolha dos materiais utilizados para a malha interconectada (40) pode ser uma consideração importante. Numa modalidade, o material que é utilizado irá se retorcer facilmente sob compressão, mas ser capaz de suportar a carga requerida em tensão. 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 freqüentemente, 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 tensão alto, E, de cerca de 21 MPa ou cerca de 3.050 psi ou em outras realizações entre cerca de 20, 68 MPa (3.000 psi) e cerca

de 55,16 MPa (8.000 psi). Entretanto, o módulo de tensão 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 tensão podem variar amplamente com os requerimentos de capacidade de carga.

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, seqüestradores ácidos, lubrificantes, auxiliares de processamento de polímero, aditivos anti-bloqueio, aditivos anti-estáticos, anti-microbianos, agentes químicos de enchimento, peróxidos, corantes, alvejantes óticos, cargas e reforços, agentes de nucleação, e/ou aditivos para propósitos de reciclagem.

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 realizações 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 poliuretana pode ser substancialmente menor que de quando da utilização de borracha. Isto é também refletido na limpeza comparativa das plantas de poliuretana, 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 poliuretana podem ser mais facilmente reciclados.

Os polímeros reticulados e não reticulados, incluindo poliuretana 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 poliuretana 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.

Noutra 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 tensão adicional à malha interconectada (40). As propriedades dos componentes de reforço (46) para certas realizações podem incluir alta resistência à tensão, 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).

Com referência novamente às camadas de rolamento e de cisalhamento, nas realizações 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.

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 genericamente em coroa ou arredondado. Novamente, uma camada de material de suporte (76) pode ser colocada entre as camadas de cintas (80a) e (80b).

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, numa 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.

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 genericamente a partir de várias camadas individuais em uma camada sólida.

Uma vez produzida a camada de rolamento como descrito
5 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
10 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
15 uretana, a malha interconectada (40) será moldada tanto à camada de rolamento (74) quanto à roda (60) do pneu.

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
20 genericamente 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
25 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 tensão residual (causada pelo encolhimento do
30 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.

Conforme mencionado acima, o pneu (10) pode ser acoplado à roda (60) de um veículo. Em pelo menos uma modalidade, um
5 componente genericamente 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
10 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
15 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 realizações o flange (118) pode se estender em torno apenas de uma parte do interior do cilindro (112). Ainda noutras realizações, pode haver uma pluralidade de flanges
20 espaçados em torno do interior do cilindro (112).

Pelo menos uma parte do cilindro (112) pode ser acoplada ao anel interno genericamente anular (20) como descrito acima. Desta forma, uma malha interconectada (40) e um anel externo genericamente anular (30), tal como qualquer um dos mostrados nas Figuras 1-18,
25 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 genericamente anular (30) podem então ser fixados à roda (112, 114).

30 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.

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 genericamente anular (30), tal como quaisquer daqueles 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.

Ainda noutra modalidade, a malha interconectada e o anel externo genericamente 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.

Além disso, ainda noutra 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 genericamente radialmente para fora da roda compreendem a superfície interna genericamente anular do pneu e a superfície interna voltada genericamente radialmente para dentro da camada de rolamento compreende o anel externo genericamente 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 genericamente anular.

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.

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).

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).

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 realizações, o material tanto para a malha interconectada (40) quanto para a parede lateral (310) é poliuretana moldada. Além disso, em algumas realizações, 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 realizações, a parede lateral (310) pode suportar uma carga.

Numa 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 genericamente anular (20) e do anel externo genericamente 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 genericamente anular (20) e a superfície

externa genericamente anular (30). Isto permite que a parede lateral (310) tenha liberdade para flexionar e dobrar na região entre o anel interno genericamente anular (20) e o anel externo genericamente anular (30), em vez de apenas naquelas áreas entre os elementos de malha interconectada (42).

Com referência às Figuras 27 e 28, uma modalidade adicional de uma parede lateral (410) pode apresentar um formato flexionado genericamente 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 genericamente anular (20), quanto do anel externo genericamente 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 interconectada (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 realizações, o material da malha interconectada (40) é poliuretano moldado, e o material da parede lateral (410) é borracha.

Ainda noutras realizações 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 integra-

dos com a malha interconectada (40) ou outras partes do pneu (10). Em pelo menos algumas realizações, a parede lateral pode deslizar para fora do grampo dos flanges. Ainda noutras realizações, os flanges podem dobrar ou flexionar, permitindo que a parede lateral seja inseri-
5 da ou removida. Ainda noutras realizações, a parede lateral pode ser flexível o suficiente para dobrar e ser inserida nos flanges estacionários.

Ainda realizações 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
10 enchimento, por exemplo, um material em espuma. Em pelo menos uma modalidade, a espuma pode compreender espuma de poliuretano. 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
15 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
20 modificadas, o enchimento pode ser utilizado para suportar parte da carga. Conforme mencionado acima, materiais não espuma podem ser também utilizados.

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

A espessura da parede lateral pode variar, dependendo de fatores incluindo, mas, sem limitação, as cargas aplicadas previstas que
30 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 realizações, a espessura da parede lateral pode variar também para cada parede lateral individual.

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.

Entretanto, os pneus não pneumáticos das realizações 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 genericamente 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 o esforço colocado 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 genericamente constante, aumentando a eficiência do combustível em comparação com os pneus pneumáticos tradicionais.

O anel externo genericamente 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.

Além disso, uma vantagem importante da utilização de um pneu não pneumático em comparação com um pneu padrão é a eliminação 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.

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 L 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 semi-permanente 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.

Em comparação com outros pneus não pneumáticos a base de tensão, o pneu (10) pode demonstrar ainda mais benefícios. O pneu não pneumático (10) pode experimentar esforços e tensões menores sob condições de carga que outros pneus não pneumáticos a base de tensão, 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 tensão. Isto pode resultar em menos ruído sendo gerado, resultando em um deslocamen-

to mais silencioso. Isto pode também fazer com que o pneu não pneumático (10) experimente uma performance de partida e de parada melhores.

Exemplo

5 Numa 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).

10 Em geral, a força requerida para a retorcência de uma coluna é governada pela equação: $F_{\text{retorcência}} = (KEI\Delta^2)/L^2$, onde K = uma constante cujo valor depende de como as extremidades da coluna são fixadas, E = módulo de tensão, I = área do momento de inércia e L = o comprimento não suportado da coluna.

15 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.

20 Neste Exemplo, a malha interconectada (40) e o anel externo genericamente anular (30) são feitos de um material similar apresentando um módulo de tensão, E, de cerca de 21 MPa ou 3050 psi.

25 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 milímetro (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 (500-

5.000 lbs), e entre 6,3 e 12,7 milímetros (0,25 e 0,5 polegadas) 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.

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).

Com base nestes números, $F_{\text{retorcedura}} = (KEI \Delta^2)/I^2$ = 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 radial para facilitar a retorcedura, o que pode reduzir adicionalmente o $F_{\text{retorcedura}}$.

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 $F_{\text{retorcedura}}$, 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 .

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 realizações 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.

“Pneus Não Pneumáticos”

Reivindicações

1 - Pneu não pneumático, para suportar carga, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

5 um anel interno genericamente anular que apresenta um eixo de rotação;

 um anel externo genericamente anular deformável; e

 uma malha interconectada que se estende entre os referidos anéis interno e externo, compreendendo a malha interconectada
10 pelo menos duas camadas radialmente adjacentes de elementos de malha a cada seção transversal radial do citado pneu, definindo os elementos de malha uma pluralidade de aberturas genericamente poligonais e compreendendo pelo menos um elemento de malha que está em ângulo em relação a um plano que se estende radialmente
15 através do eixo de rotação e pelo menos um elemento de malha tangencial que é genericamente transversal ao plano radial e uma quantidade substancial da dita carga é suportada por uma pluralidade dos referidos elementos de malha trabalhando sob tensão.

2 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado**
20 **rizado** pelo fato de que compreende adicionalmente uma camada de rolamento fixada numa superfície radialmente externa do referido anel externo, sendo a citada camada de rolamento suficientemente rígida para suportar os ditos elementos de malha que trabalham sob tensão.

3 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado**
25 **rizado** pelo fato de que a referida pluralidade de aberturas genericamente poligonais compreende uma primeira pluralidade de aberturas genericamente poligonais que apresenta um primeiro formato e uma

segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais que apresenta um segundo formato diferente do citado primeiro formato.

4 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos uma da referida primeira pluralidade de aberturas genericamente poligonais e pelo menos uma da citada segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais são transversais, quando em movimento em qualquer direção radialmente para fora a partir do dito eixo de rotação.

5 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que cada uma da referida primeira pluralidade de aberturas genericamente poligonais apresenta um primeiro limite interno espaçado a uma primeira distância radial e cada uma da citada segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais apresenta um segundo limite interno espaçado a uma segunda distância radial.

6 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos uma abertura genericamente poligonal da referida primeira pluralidade de aberturas genericamente poligonais é maior que pelo menos uma abertura genericamente poligonal da citada segunda pluralidade de aberturas genericamente poligonais.

7 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que um elemento de malha engata o referido anel interno em um dado local.

8 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que um elemento de malha engata o referido anel externo em um local dado.

9 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a malha interconectada compreende interseções

entre os referidos elementos de malha, unindo as citadas interseções pelo menos três elementos de malha.

5 **10 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o referido anel interno apresenta uma primeira espessura, o citado anel externo apresenta uma segunda espessura e os ditos elementos de malha apresentam uma terceira espessura.

10 **11 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente elementos de malha que se estendem numa direção substancialmente radial em relação ao eixo de rotação.

12 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que cada uma da referida pluralidade de aberturas genericamente poligonais é orientada radialmente.

15 **13 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que cada uma da referida pluralidade de aberturas genericamente poligonais apresenta pelo menos três lados.

14 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a referida pluralidade de aberturas genericamente poligonais é em formato genericamente hexagonal.

20 **15 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente uma pluralidade de segmentos unidos, apresentando cada um uma largura mais estreita do que uma largura do referido pneu.

25 **16 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que um primeiro segmento unido é estabelecido circunferencialmente a partir de um segmento unido.

17 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de que um primeiro segmento unido apresenta uma malha interconectada que é substancialmente similar a uma malha interconectada de um segundo segmento unido.

5 **18 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que uma camada interna relativamente radial da referida pluralidade de aberturas genericamente poligonais compreende aberturas alternadas genericamente em formato de cunha.

10 **19 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que cada uma da referida pluralidade de aberturas genericamente poligonais é genericamente simétrica em torno de um plano de simetria radial.

15 **20 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a referida malha interconectada compreende um elemento de malha genericamente contínuo, genericamente constante radialmente intermediário ao citadop anel interno e a dito anel externo.

21 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o referido anel interno é engatado de forma adesiva com a citada roda.

20 **22 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o referido anel interno é ligado quimicamente à citada roda.

25 **23 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o referido anel interno é conectado mecanicamente à citada roda.

24 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que os referidos elementos de malha compreendem

componentes de reforço adicionais.

25 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que os referidos elementos de malha compreendem componentes de reforço adicionais.

5 **26 - Pneu Não Pneumático**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente uma parede lateral ao longo de pelo menos uma parte da malha interconectada.

27 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 26, **caracterizado** pelo fato de que a parede lateral é fixada a pelo menos uma
10 parte da referida malha interconectada.

28 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 26, **caracterizado** pelo fato de que a referida parede lateral é formada integralmente com pelo menos uma parte da malha interconectada.

29 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 26, **caracterizado** pelo fato de que a referida parede lateral apresenta um formato em domo que se estende em afastamento da malha interconectada.
15

30 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente uma camada de rolamento fixada a uma superfície radialmente externa do referido anel
20 externo.

31 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 30, **caracterizado** pelo fato de que a referida camada de rolamento compreende cintas de reforço.

32 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 30, **caracterizado** pelo fato de que uma seção transversal da referida camada de rolamento tomada ao longo de um plano que se estende radialmente a
25

partir do centro do pneu apresenta um formato arredondado.

33 - Pneu não pneumático, de acordo com a Reivindicação 30, **caracterizado** pelo fato de que uma seção transversal da referida camada de rolamento tomada ao longo de um plano que se estende radialmente a partir do centro do pneu apresenta um formato de coroa.

34 - Pneu Não Pneumático, caracterizado pelo fato de que compreende:

um anel interno genericamente anular que se fixa a uma roda,

um anel externo genericamente anular,

uma malha interconectada entre o referido anel interno genericamente anular e o citado anel externo genericamente anular e

um eixo de rotação;

definindo a dita malha interconectada uma pluralidade de abertura espaçadas circunferencialmente em torno do referido pneu e espaçadas radialmente a distâncias variadas a partir do citado eixo de rotação, de forma a suportar uma carga por trabalho sob tensão.

35 - Pneu Não Pneumático, caracterizado pelo fato de que compreende:

um anel interno genericamente anular que se fixa a uma roda,

um anel externo genericamente anular,

uma superfície radialmente externa engatando uma camada de rolamento,

uma malha interconectada entre o referido anel interno genericamente anular e o citado anel externo genericamente anular, e

um eixo de rotação;

definindo a dita malha interconectada uma pluralidade
5 de aberturas em formato genericamente hexagonal espaçadas circunferencialmente em torno do referido pneu e espaçadas radialmente a distâncias variáveis a partir do citado eixo de rotação, sendo uma primeira pluralidade de aberturas em formato genericamente quadrilateral adjacentes ao dito anel interno genericamente anular e uma
10 segunda pluralidade de aberturas em formato genericamente quadrilateral adjacentes ao referido anel externo genericamente anular, sendo cada uma da citada primeira pluralidade de aberturas em formato genericamente quadrilateral e cada uma da dita segunda pluralidade de aberturas em formato genericamente quadrilateral separadas circunferencialmente de cada uma da referida primeira pluralidade de aberturas
15 em formato genericamente quadrilateral e de cada uma da citada segunda pluralidade de aberturas em formato genericamente quadrilateral, respectivamente, por pelo menos uma da dita pluralidade de aberturas em formato genericamente hexagonal, de forma a suportar
20 uma carga por trabalho sob tensão.

36 - Pneu Não Pneumático, de acordo com a Reivindicação 35, **caracterizado** pelo fato de que a referida camada de rolamento compreende um rolamento reforçado por cinta.

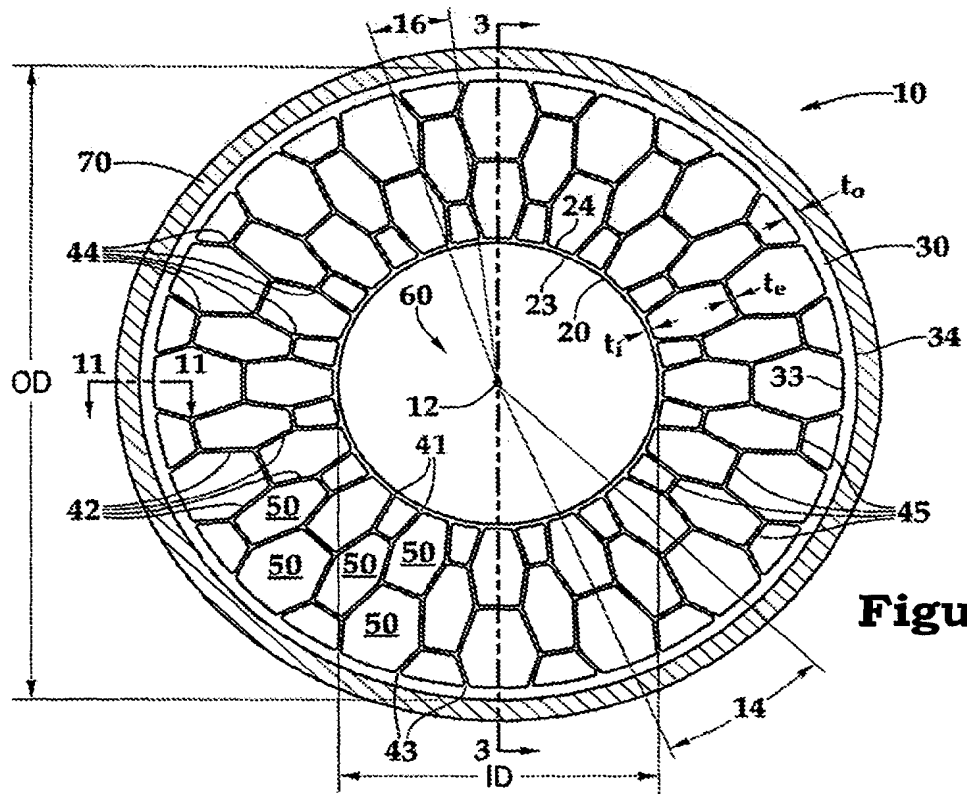


Figura 1

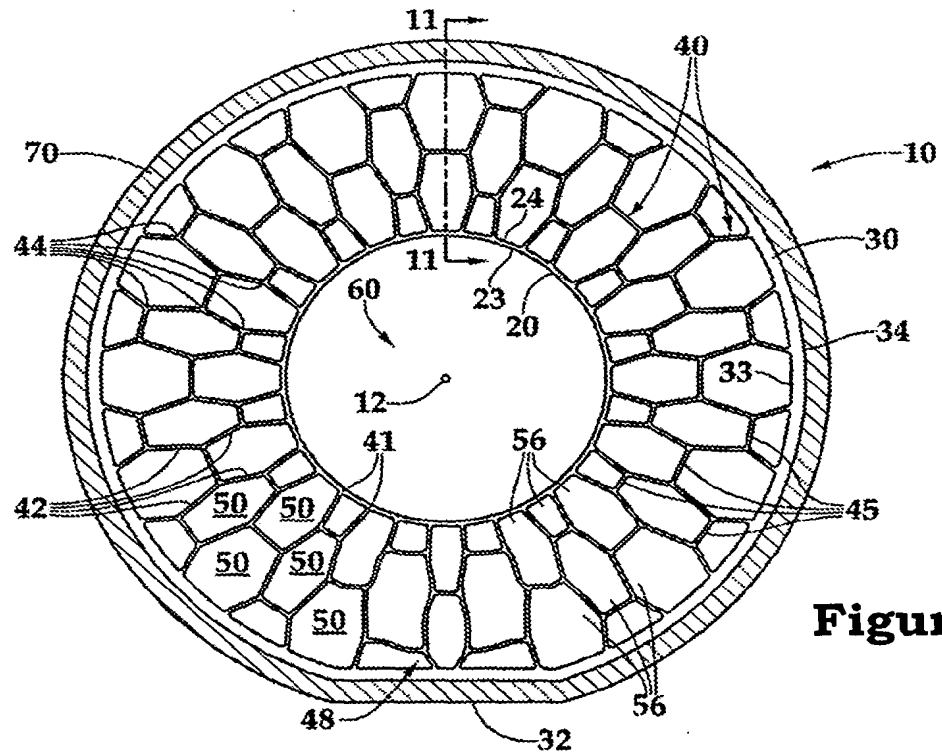


Figura 2

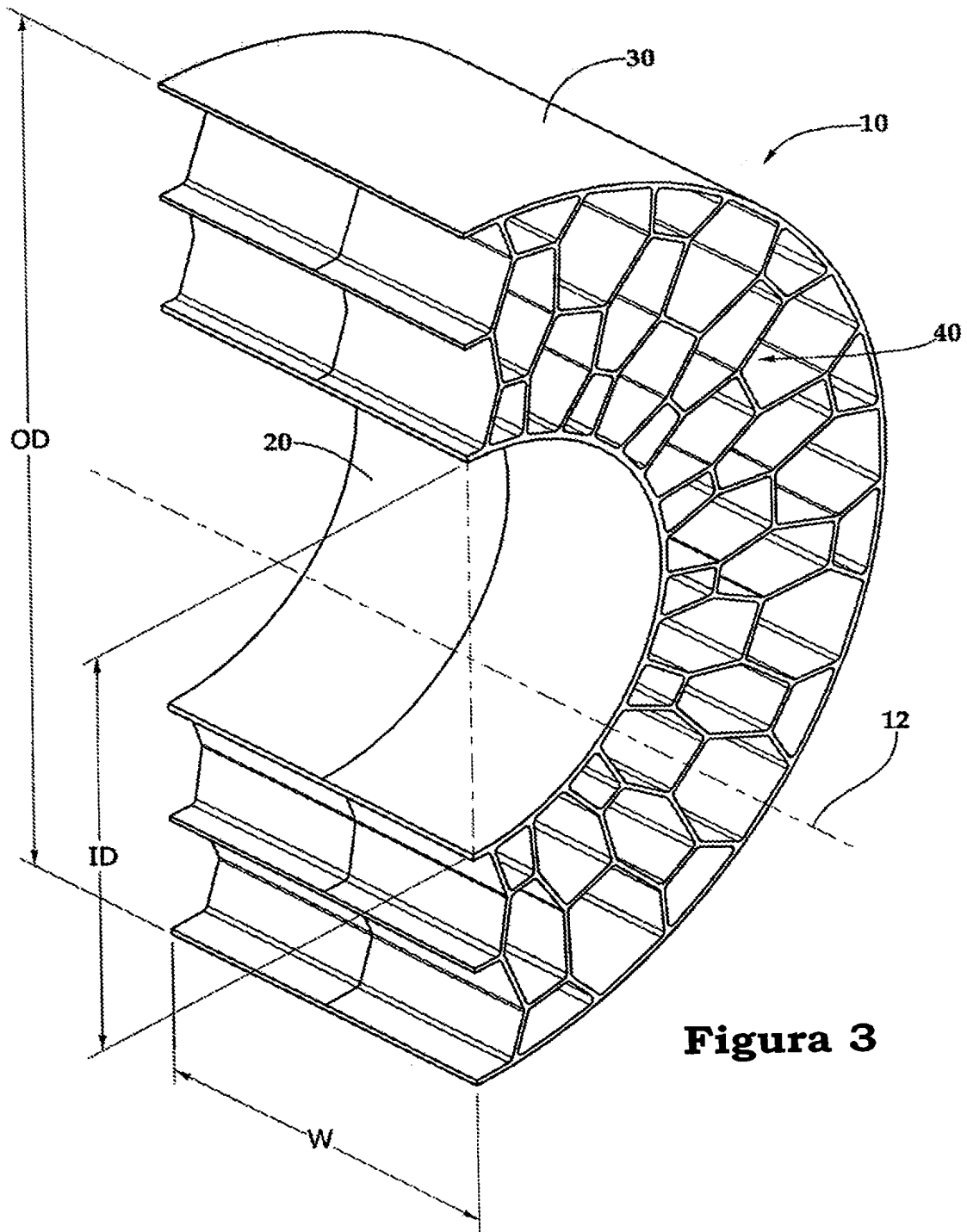


Figura 3

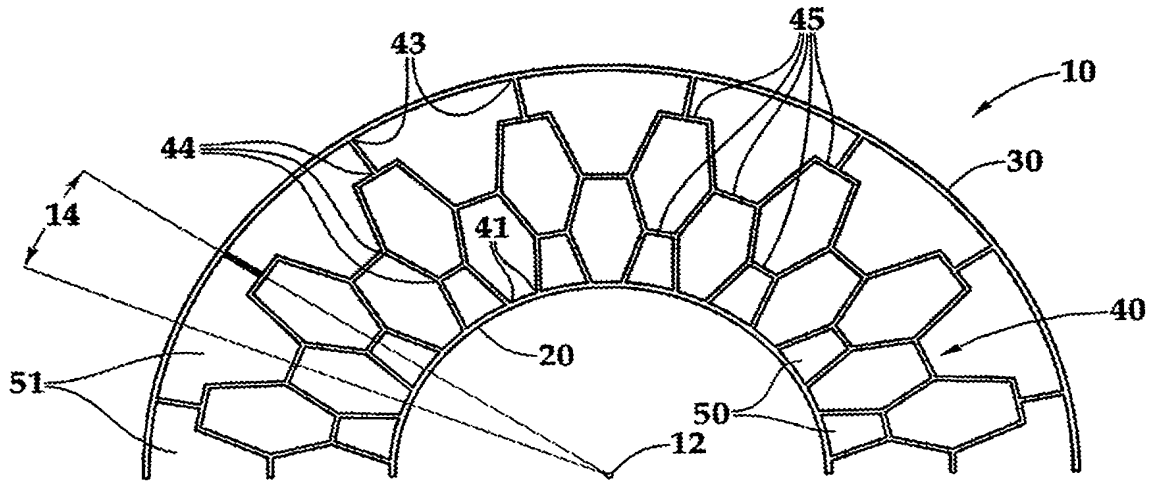


Figura 4

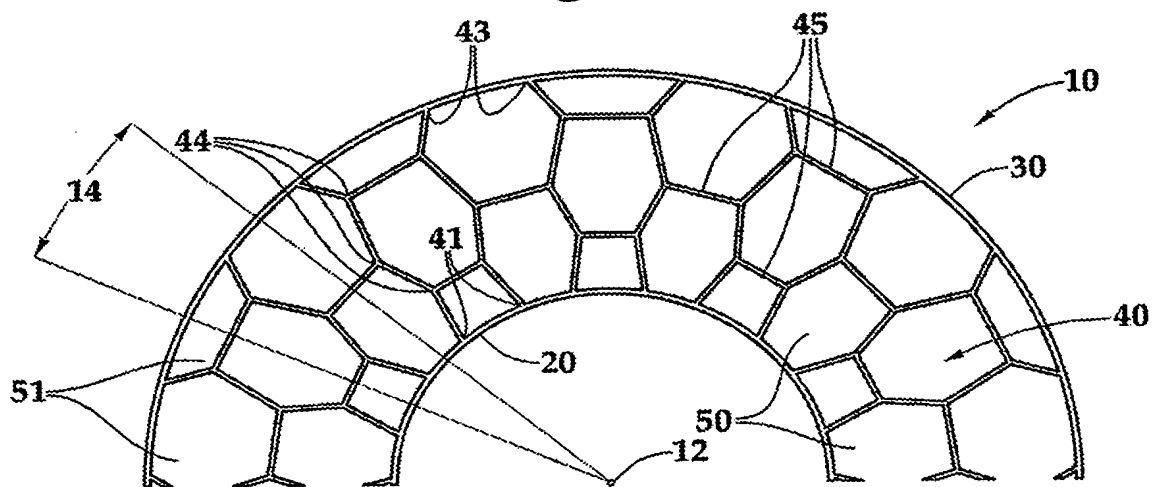


Figura 5

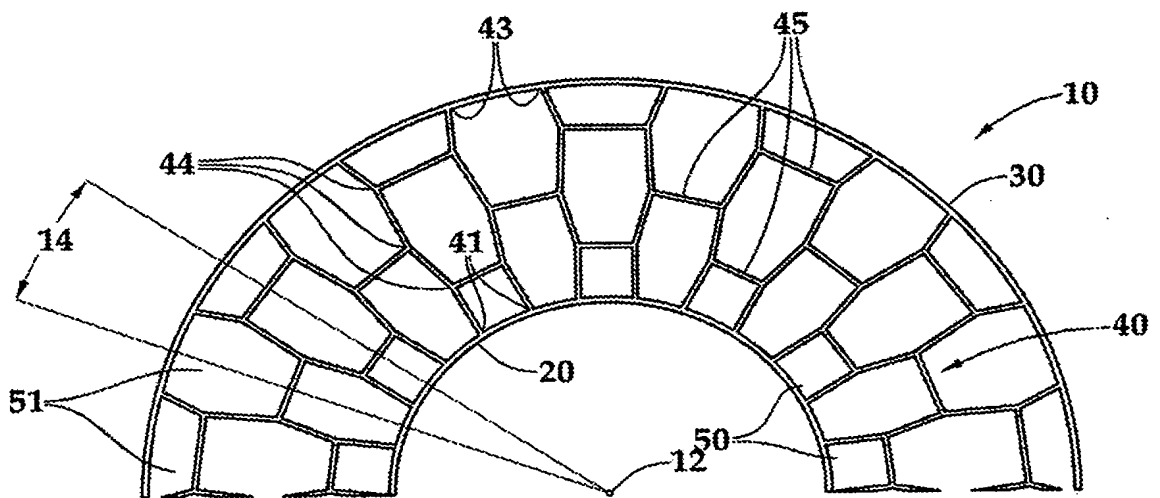
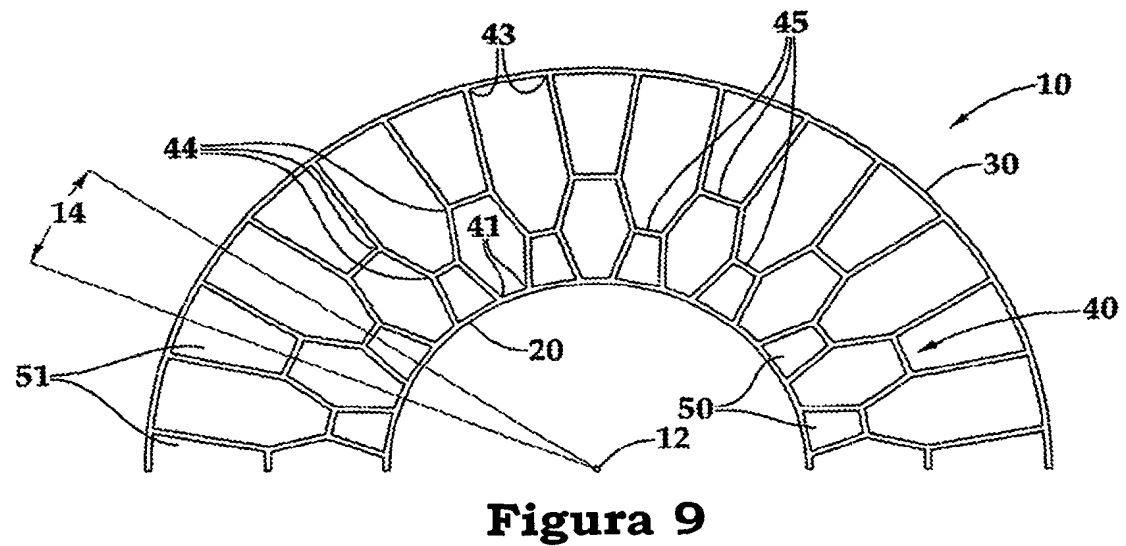
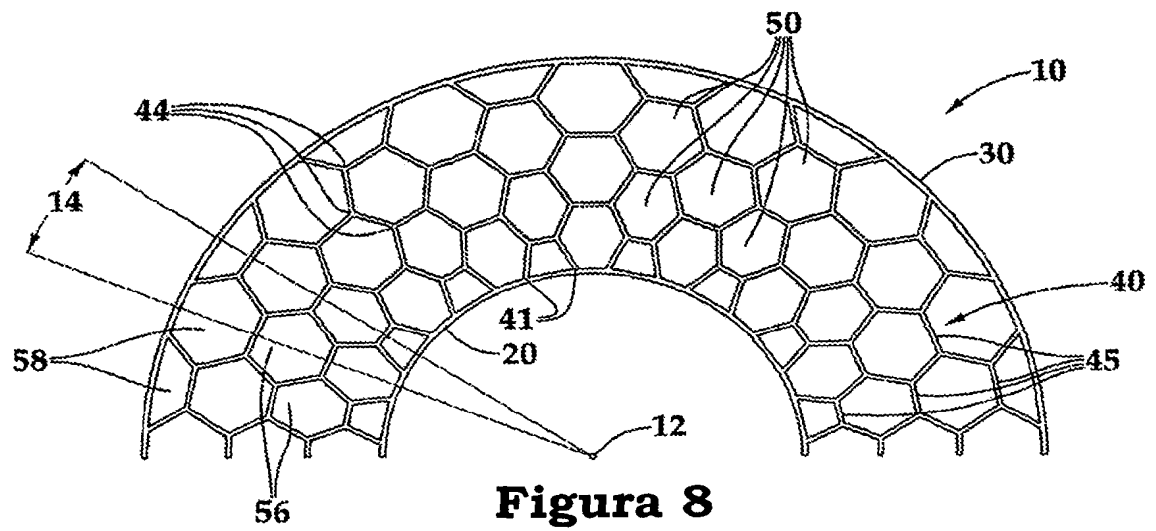
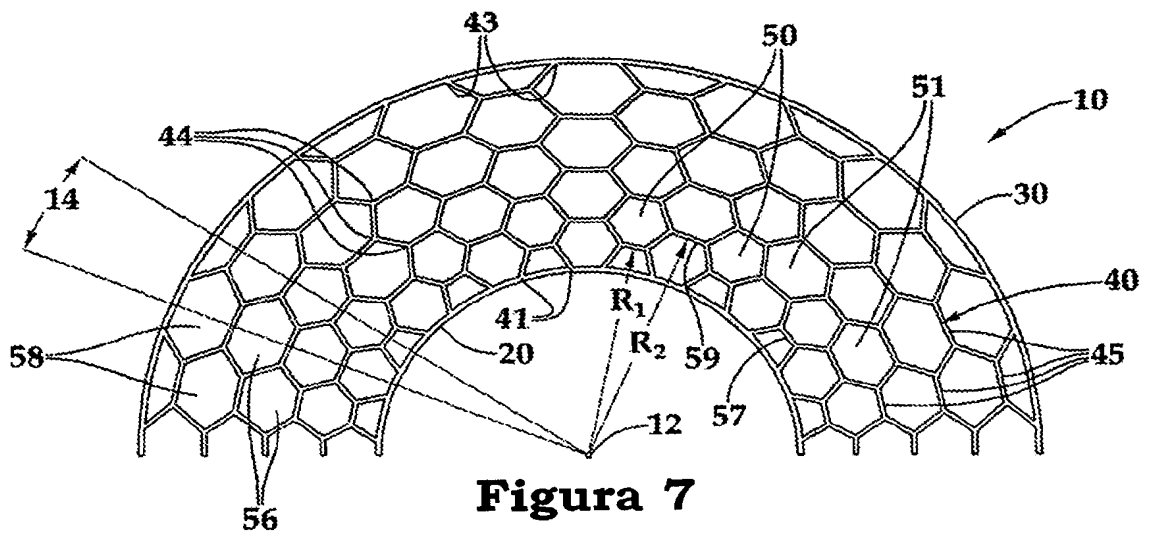
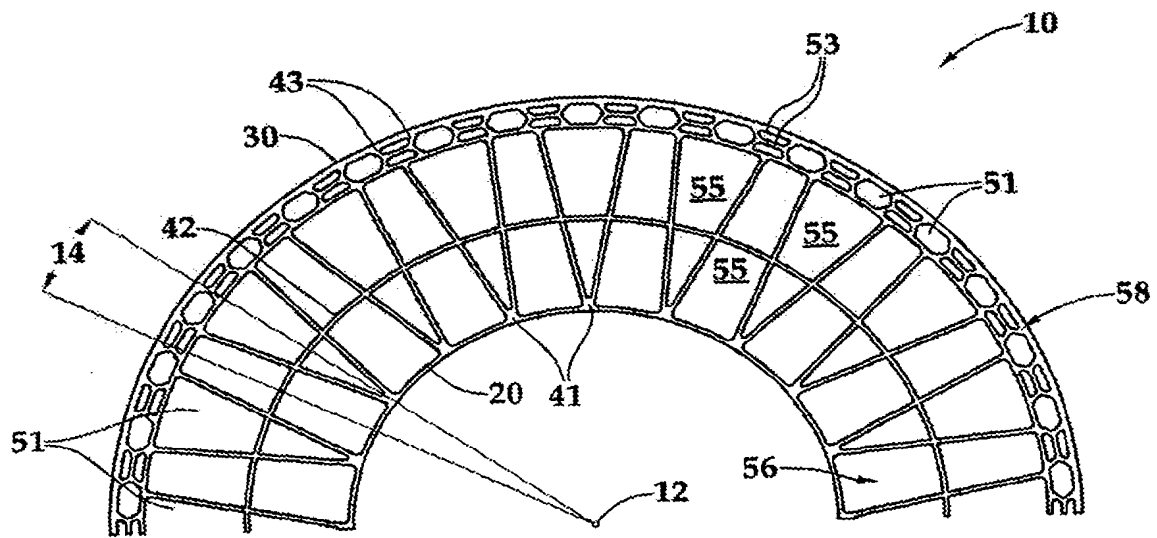
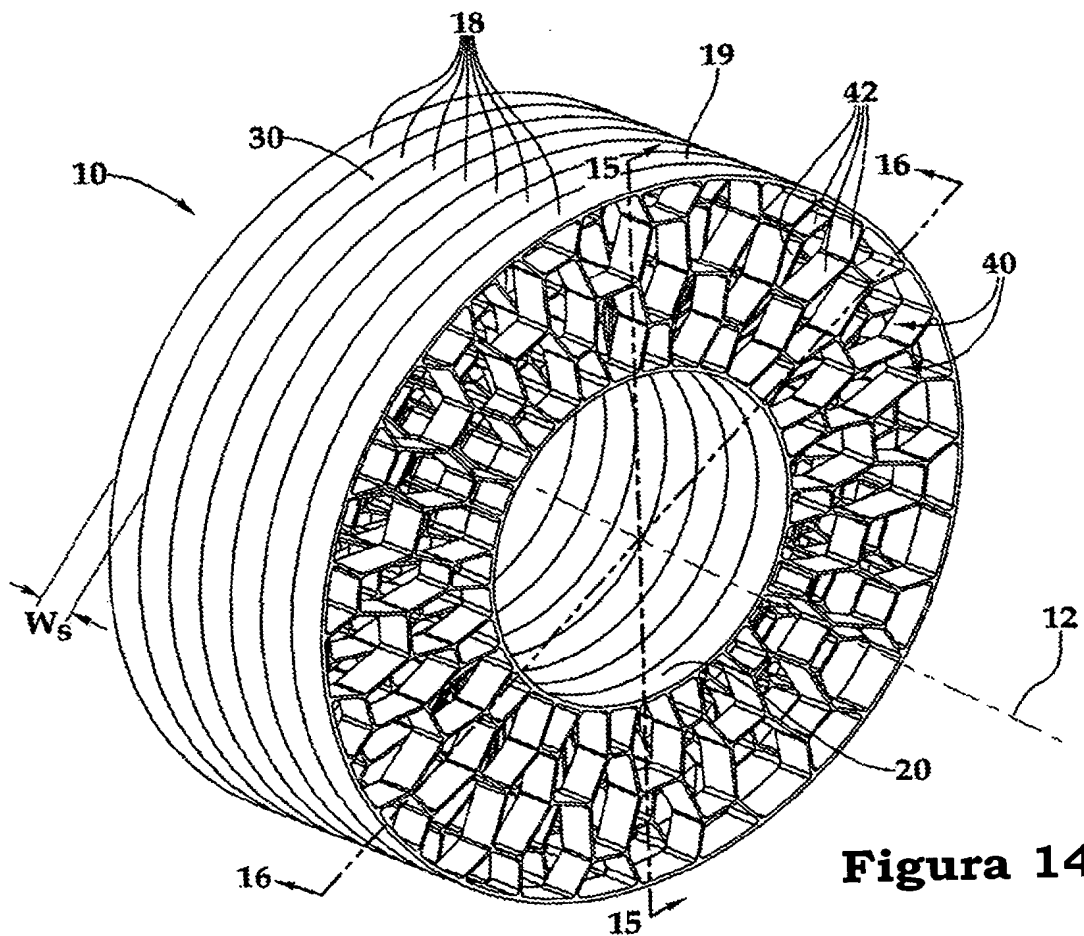


Figura 6



**Figura 10****Figura 14**

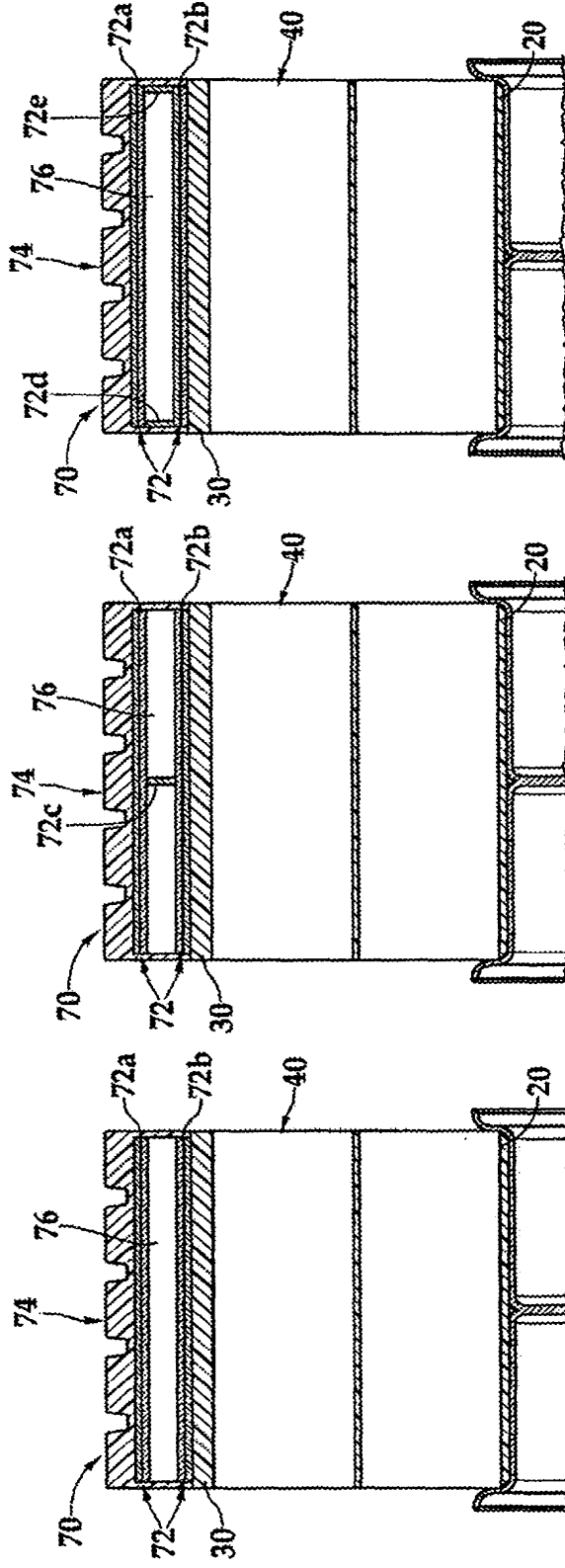


Figure 11

Figure 12

Figure 13

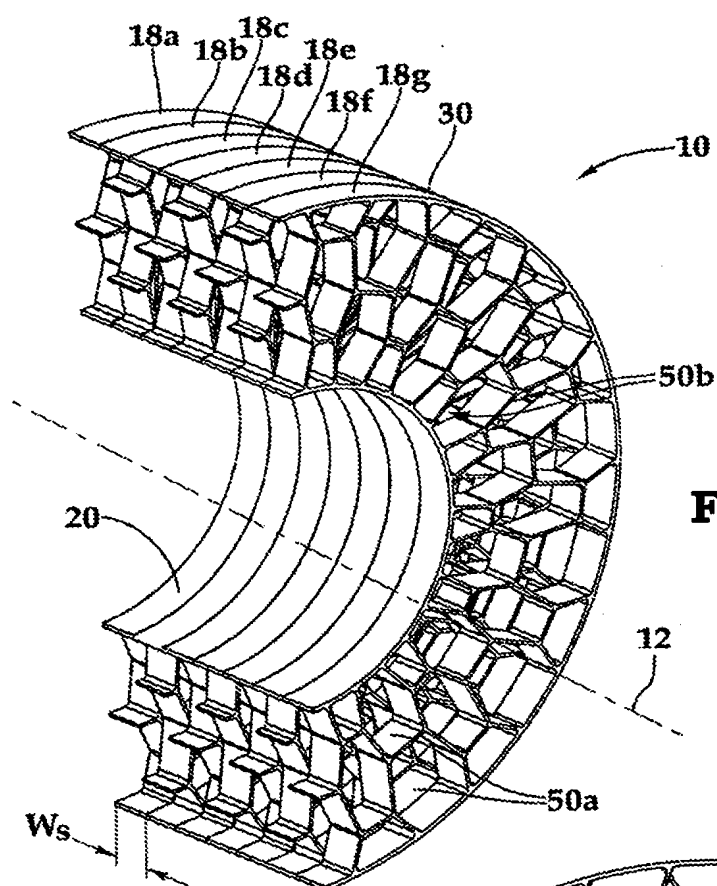


Figura 15

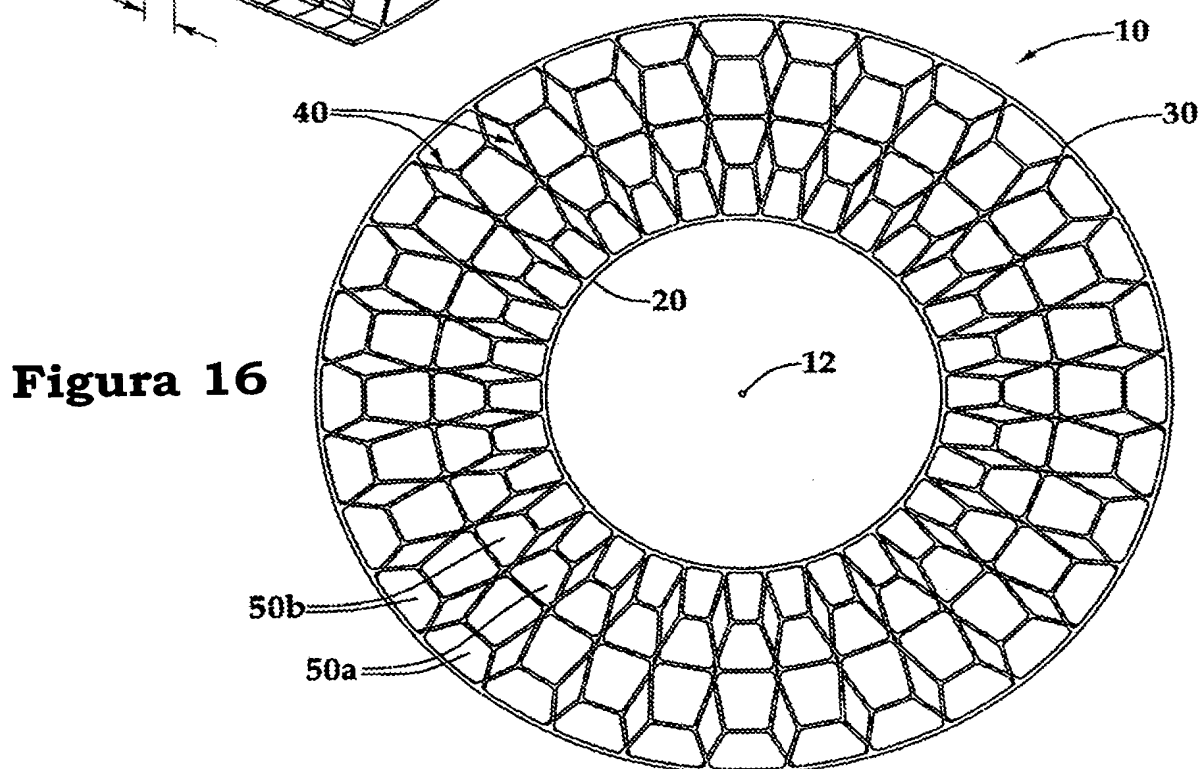
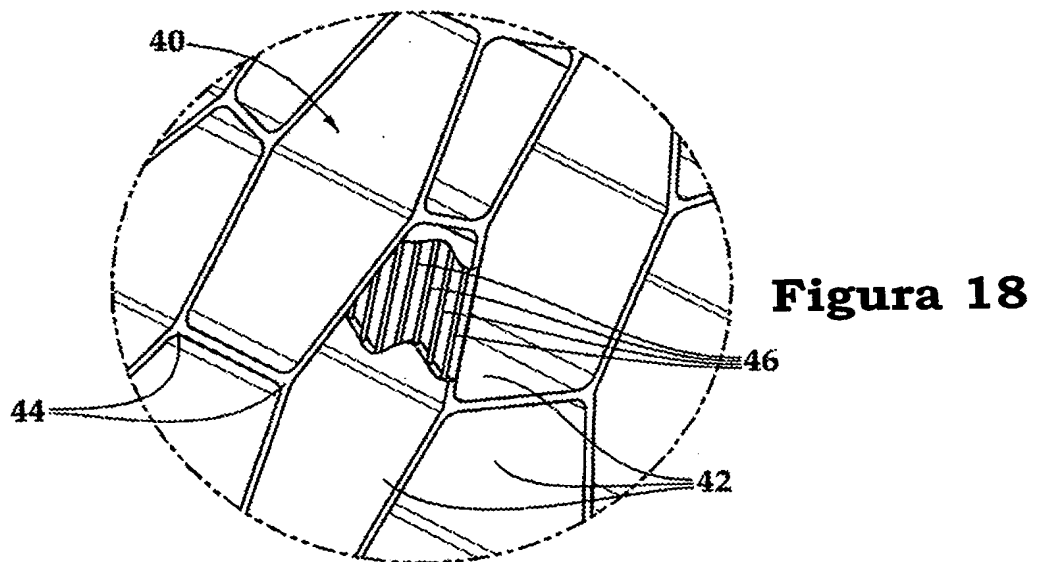
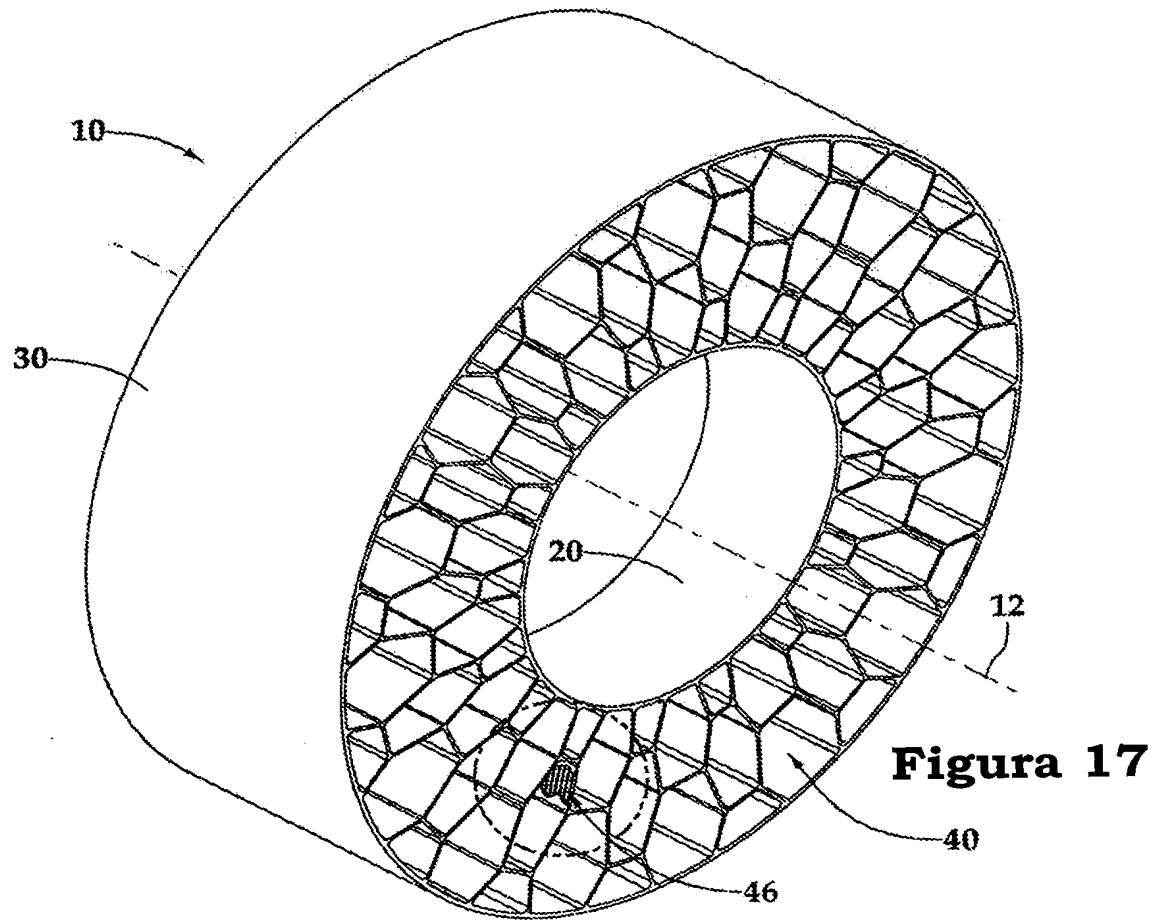


Figura 16



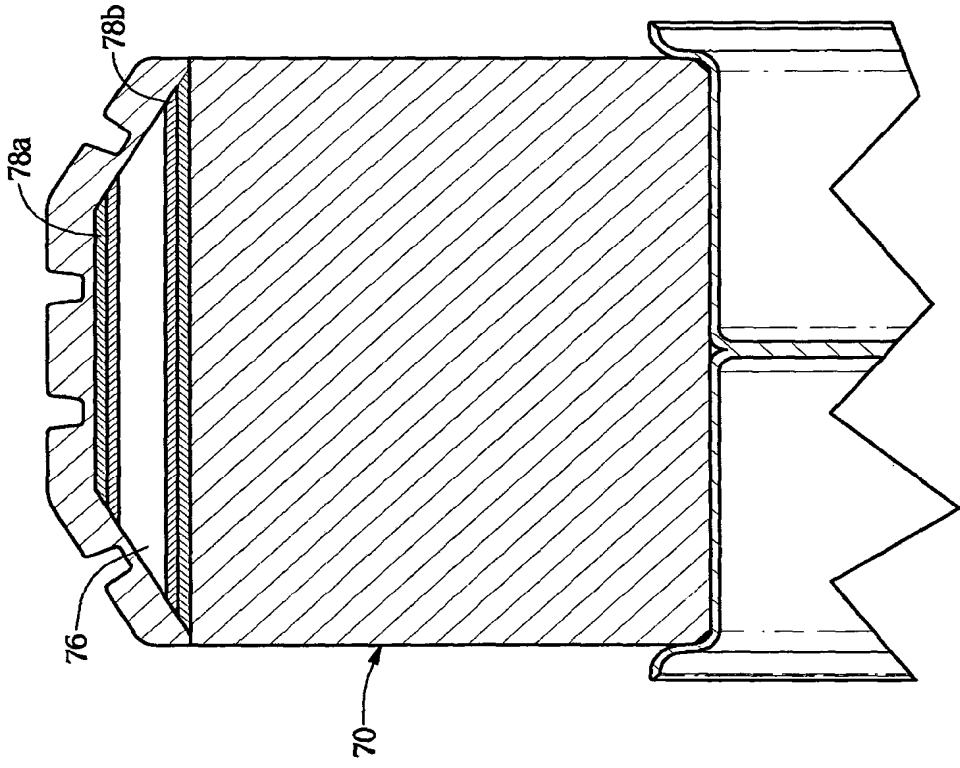


Figure 19

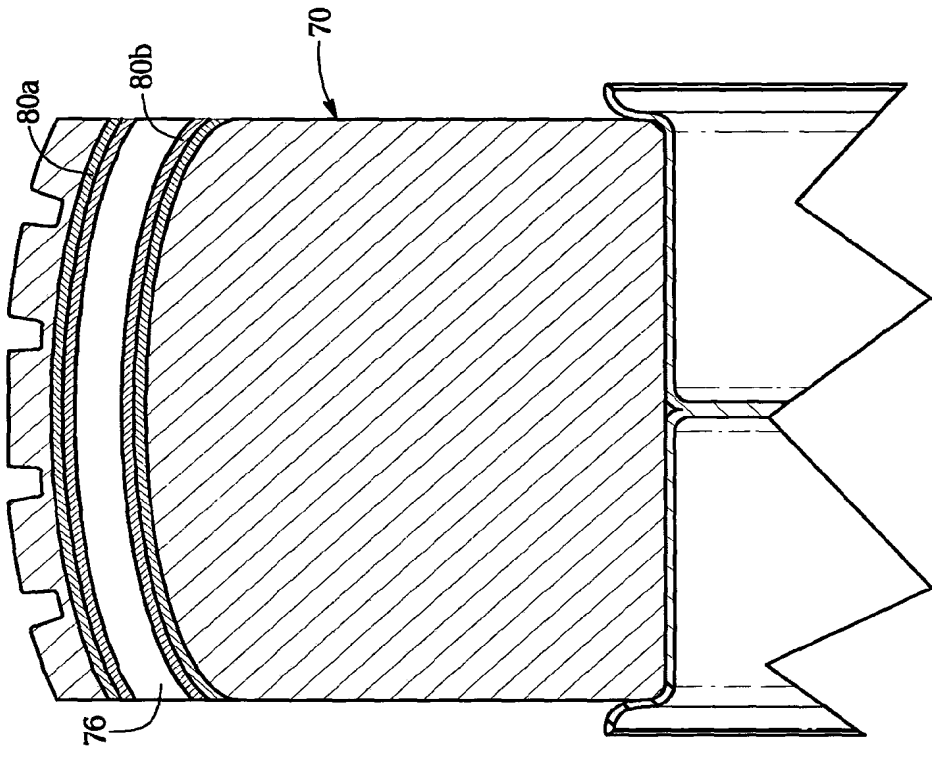


Figure 20

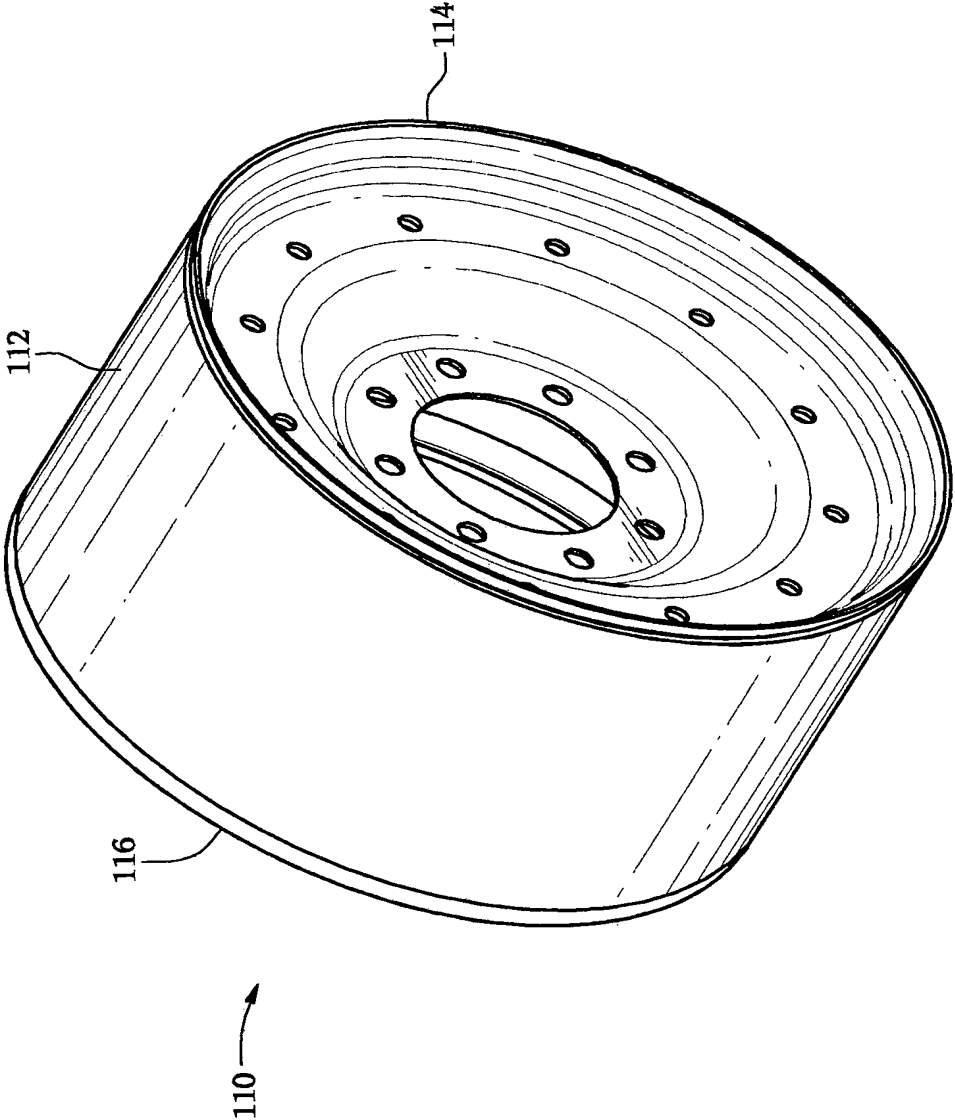


Figure 21

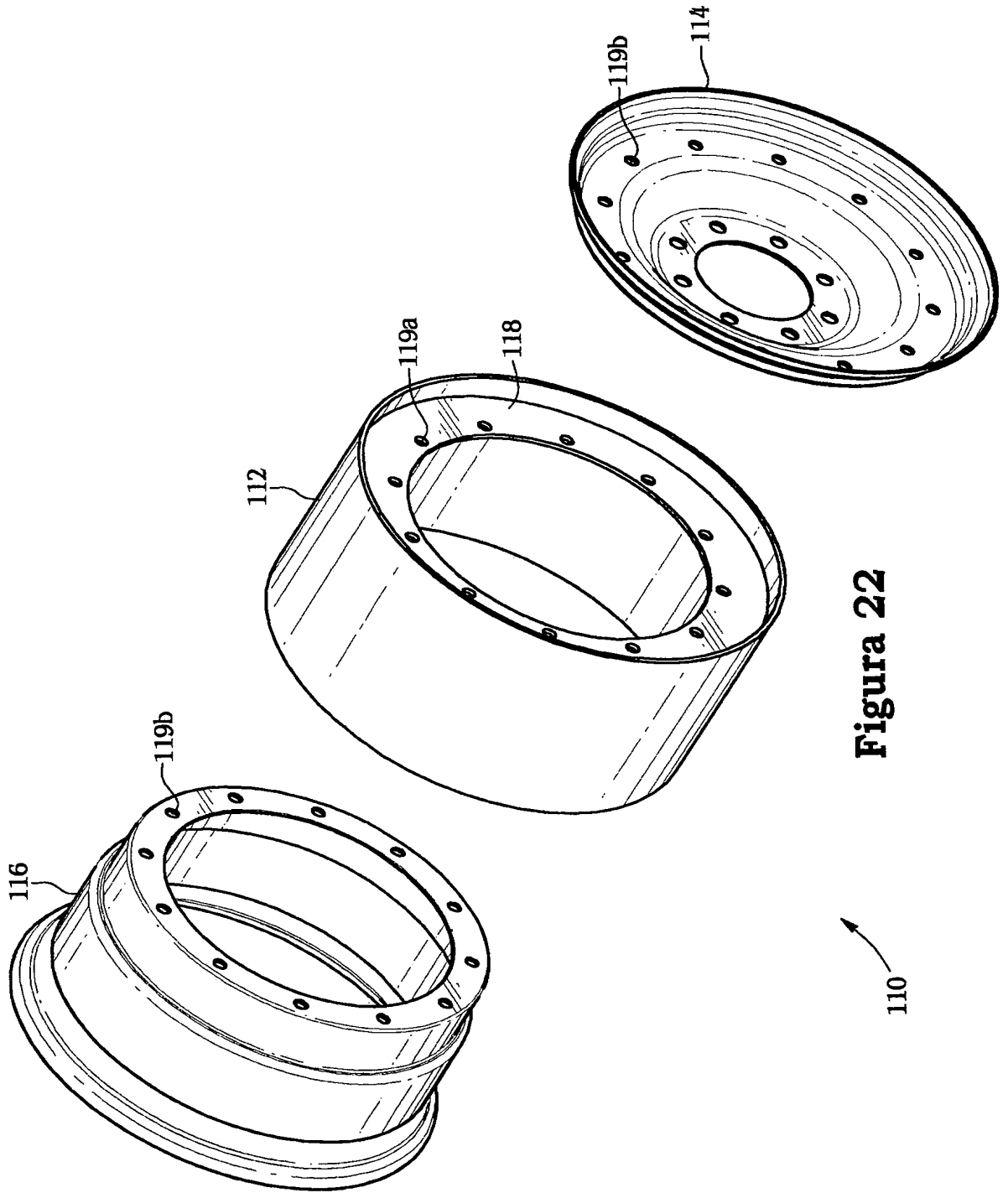


Figure 22

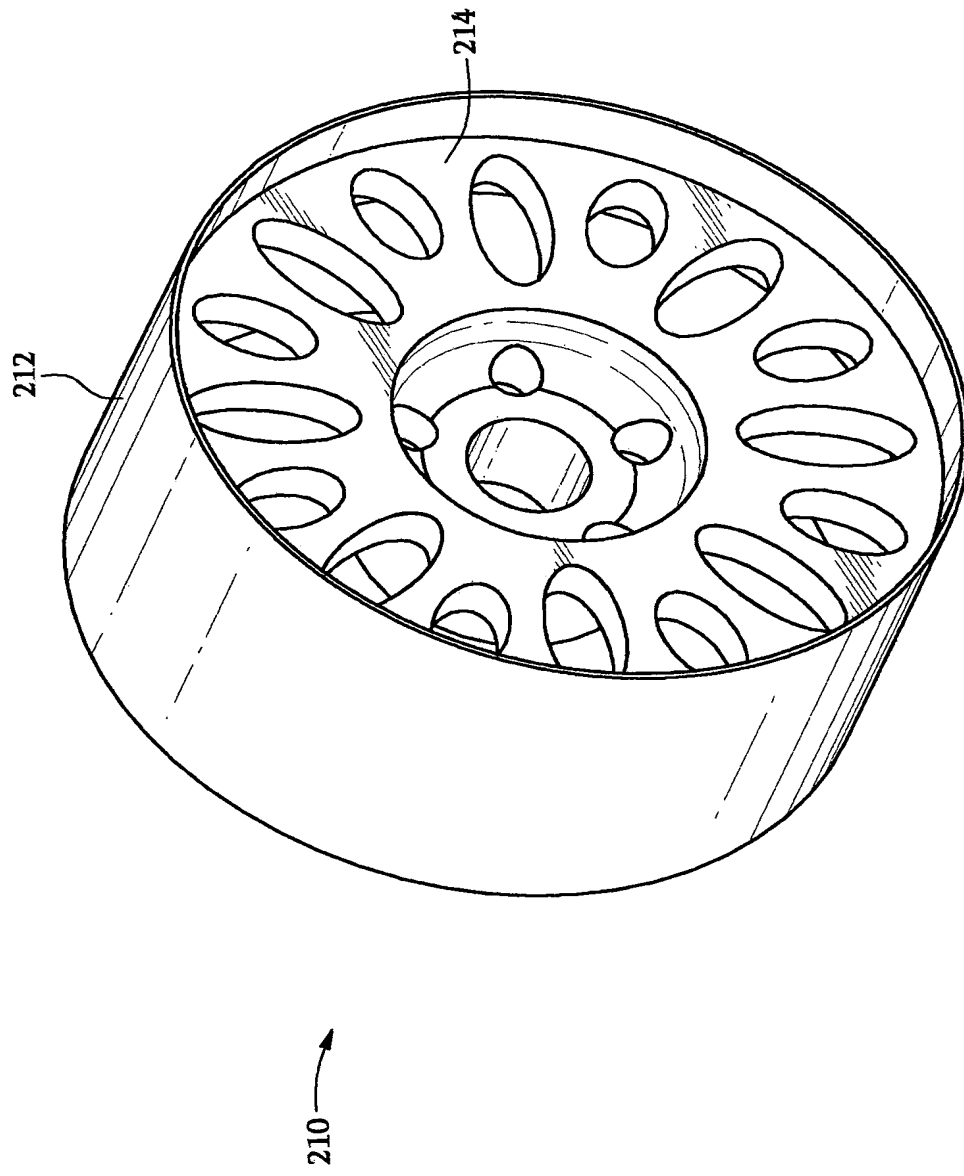


Figure 23

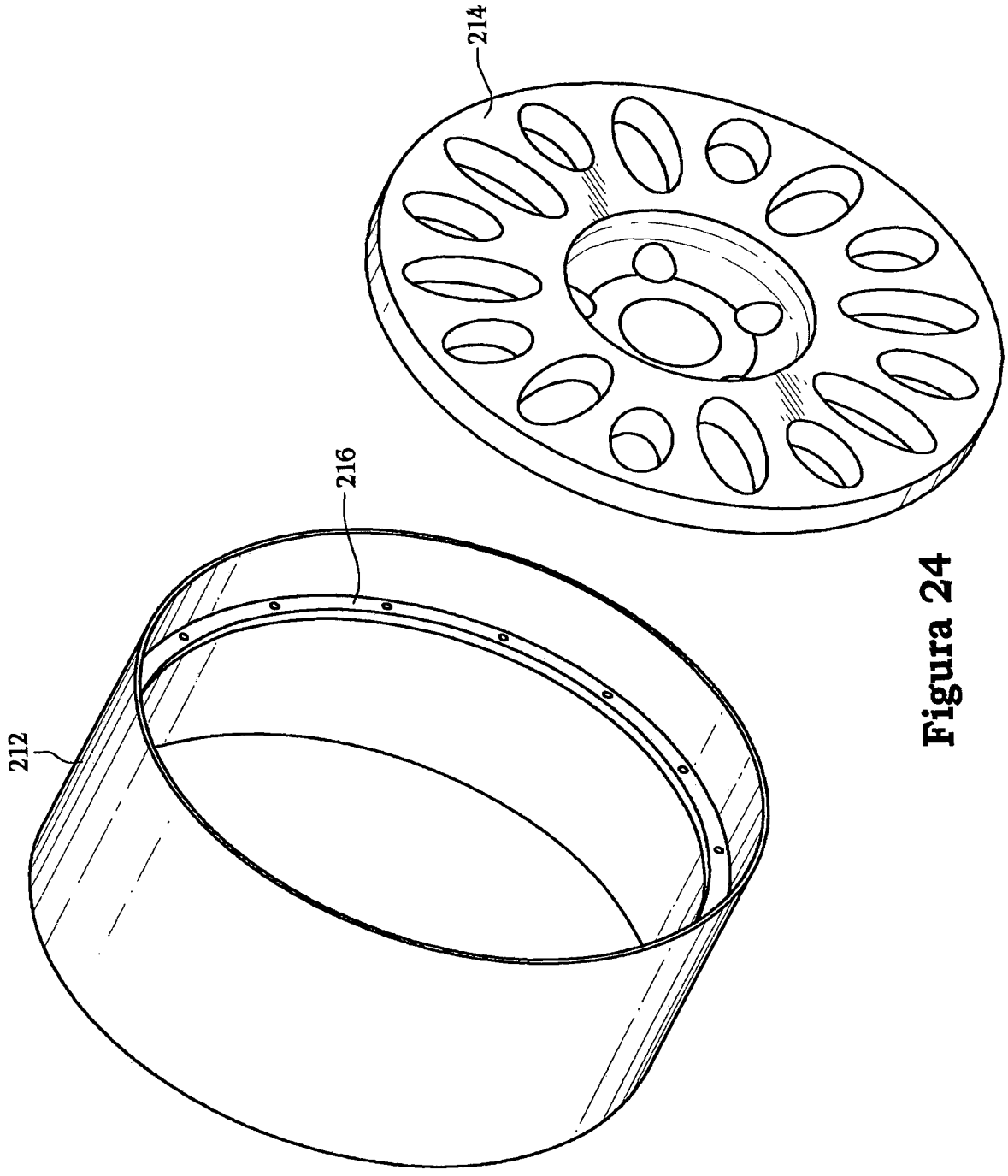


Figure 24

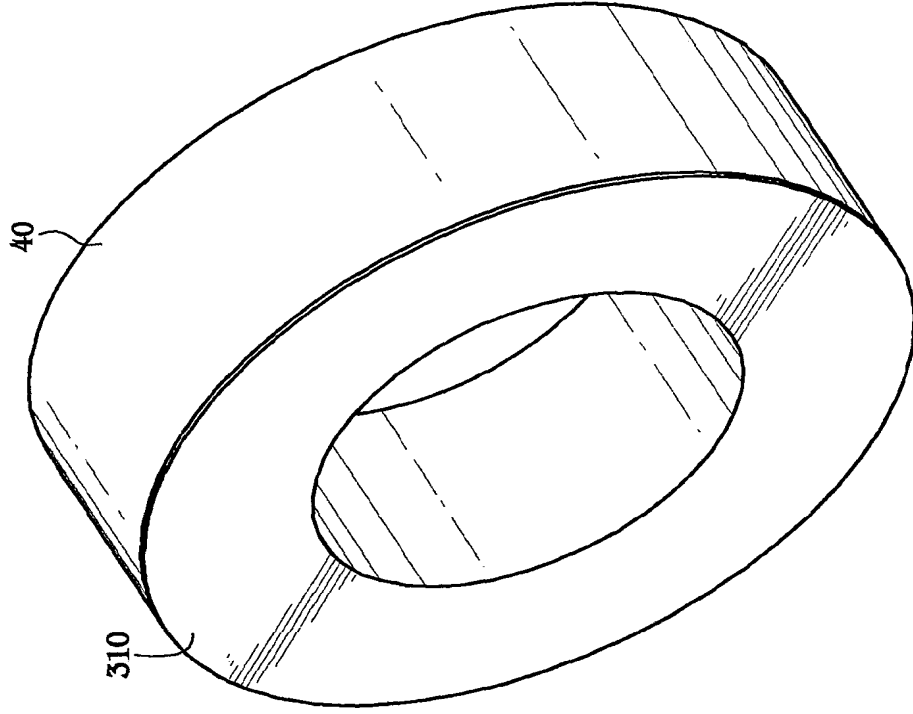


Figure 25

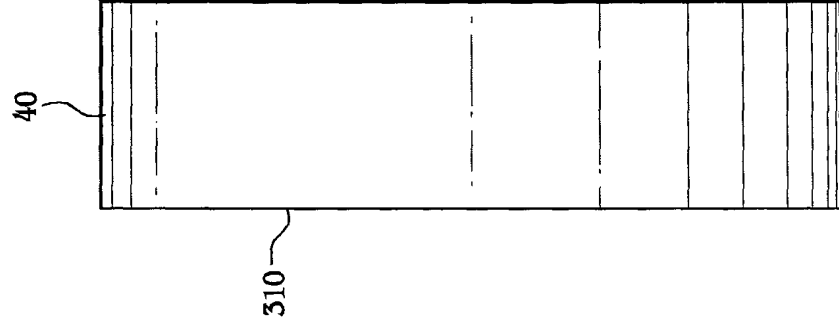


Figure 26

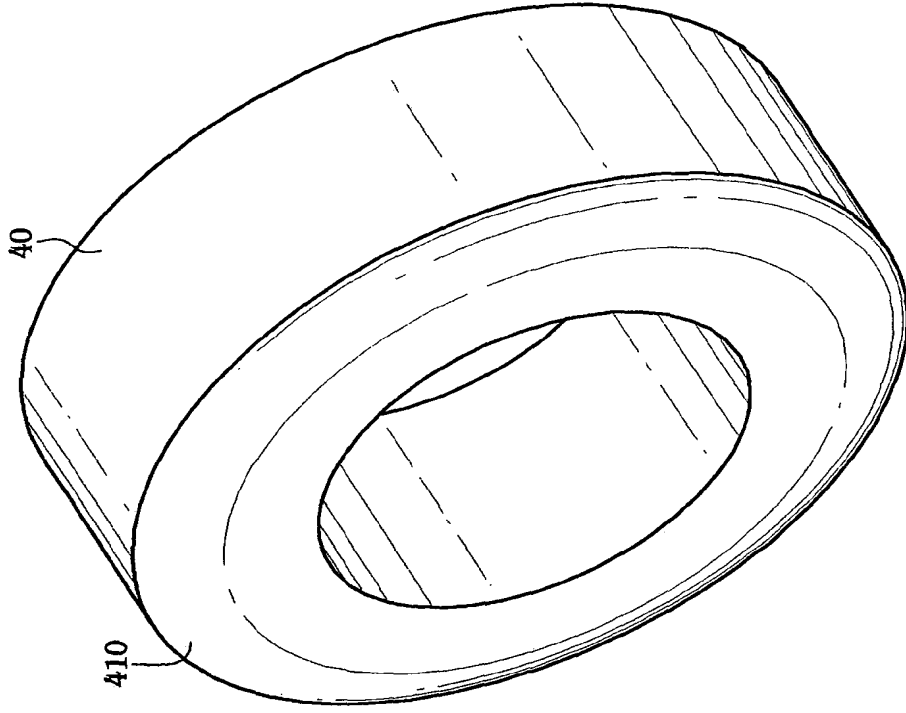


Figure 27

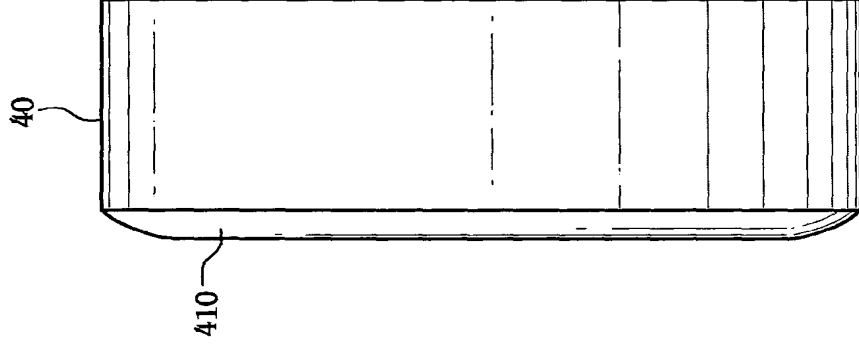


Figure 28

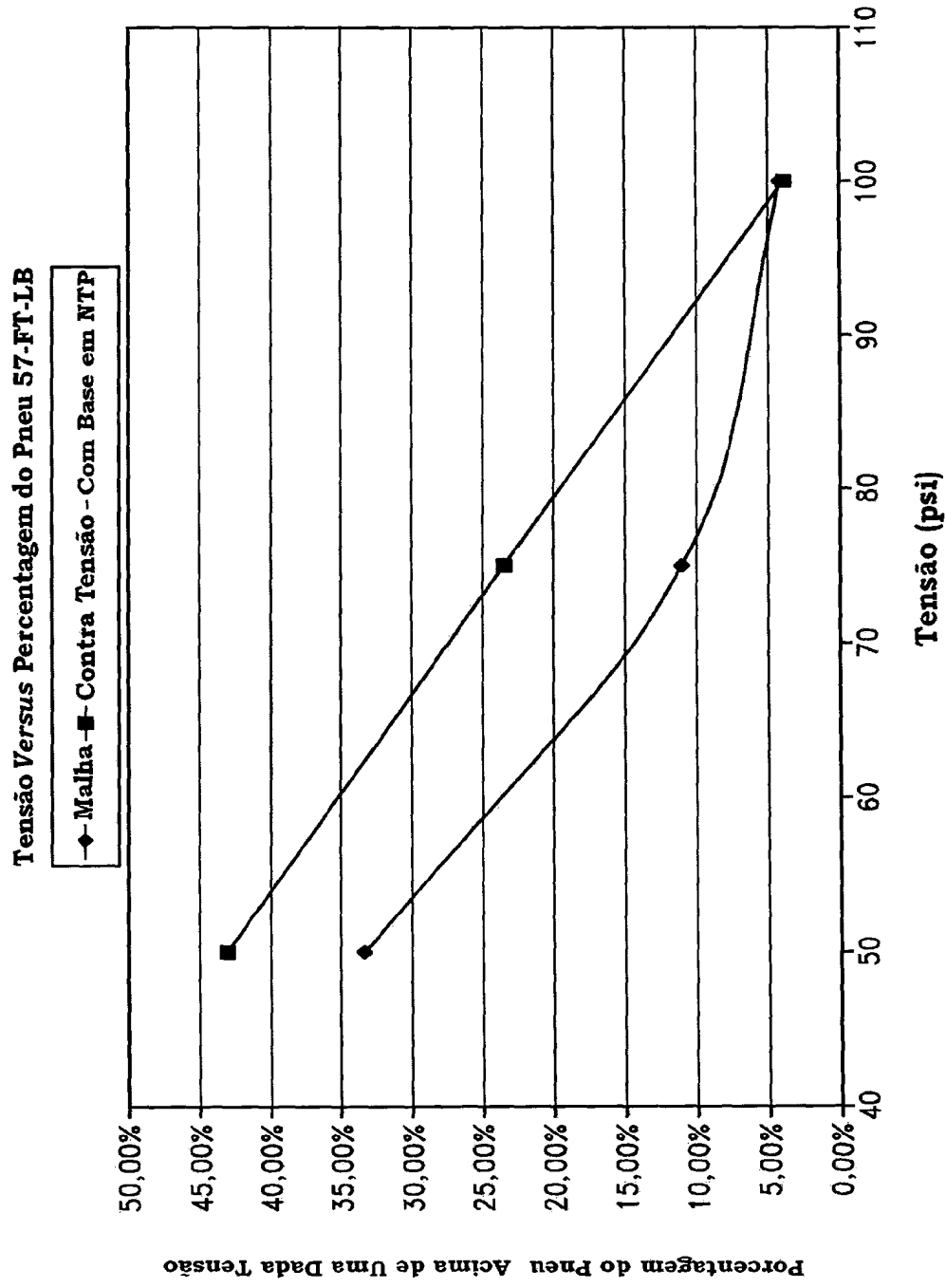
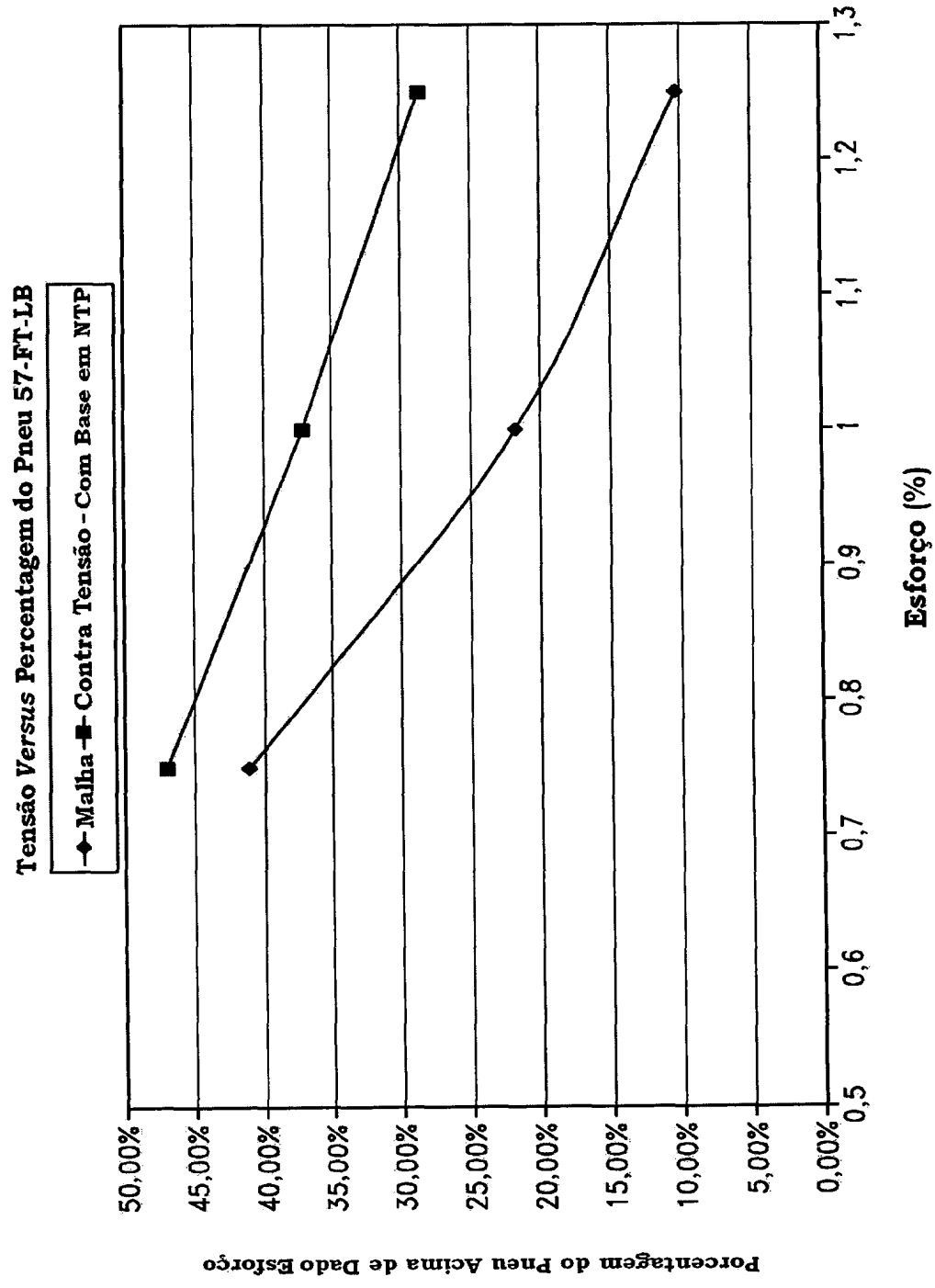


Figura 29

**Figura 30**

“Pneus Não Pneumáticos”

Resumo

A presente invenção refere-se a pneu não pneumático para suportar uma carga por trabalho sob tensão, compreendendo um anel
5 interno genericamente anular, um anel externo genericamente anular e uma malha interconectada que apresenta uma pluralidade de elementos de malha e compreendendo uma pluralidade de aberturas genericamente poligonais. Os elementos de malha são dimensionados, orientados e feitos de um material que facilita a retorcedura, quando
10 submetido a uma carga de compressão. Pela retorcedura, aqueles elementos numa 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
15 partes da malha interconectada operem em tensão para suportar a carga.