



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

(21) **PI 0621824-5 A2**

(22) Data de Depósito: 13/10/2006
(43) Data da Publicação: 18/09/2012
(RPI 2176)



(51) *Int.Cl.:*
B60B 15/04

(54) Título: BANDA DE CISALHAMENTO, E, PNEU

(73) Titular(es): Michelin Recherche At Technique S.A., Société de Technologie Michelin

(72) Inventor(es): Ronald Hobart Thompson

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006040727 de 13/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2008/045098de 17/04/2008

(57) Resumo: BANDA DE CISALHAMENTO, E, PNEU. É provida uma banda de cisalhamento melhorada para uso em pneus não-pneumáticos, pneus pneumáticos, e em outras tecnologias. A banda de cisalhamento é construída como um compósito de camadas que são combinadas de uma maneira específica. Cada camada é constituída a partir de um ou mais materiais tendo determinadas propriedades físicas selecionadas. As camadas são combinadas de maneira específica para criar um compósito tendo propriedades físicas e características de desempenho sobrepujando desejavelmente aquelas dos materiais individuais que formam as camadas. Quando usadas na construção do pneu, também podem ser obtidas melhorias na resistência ao rolamento.

14

“BANDA DE CISALHAMENTO, E, PNEU”

Campo técnico

A presente invenção prevê uma banda de cisalhamento aperfeiçoada para uso em pneus não-pneumáticos, pneus pneumáticos e outras tecnologias. A banda de cisalhamento aperfeiçoada é exclusivamente construída como um compósito de camadas individuais. As camadas individuais são selecionadas a partir de certos materiais tendo propriedades físicas específicas que, quando combinados de uma maneira particular como aqui descrito, provêem propriedades físicas globais e características de desempenho que excedem o da banda de cisalhamento construída de apenas um dos materiais individuais. Quando usada na construção de pneu, aperfeiçoamentos em resistência à rolagem também podem ser obtidos.

Fundamentos da invenção

Pneus utilizando uma banda anular exclusiva foi revelada. Por exemplo, a patente US 6.769.465 refere-se a um pneu resiliente estruturalmente suportado que suporta uma carga sem pressão de ar interna. Em um modo de realização exemplificativo, este pneu não-pneumático inclui uma porção de contato com o chão e porção de parede lateral que se estendem radialmente para dentro a partir da porção de banda de rodagem e ancoradas nas porções de talão que são adaptadas para permanecer presas a uma roda durante a rolagem do pneu. Uma banda anular reforçada é disposta radialmente para dentro da porção de banda de rodagem. Esta banda de cisalhamento inclui pelo menos uma camada de cisalhamento, uma primeira membrana aderida à extensão radialmente para dentro da camada de cisalhamento e uma segunda membrana aderida à extensão radialmente para fora da camada de cisalhamento. Cada uma das membranas tem um módulo de tração suficientemente maior do que o módulo de cisalhamento dinâmico da camada de cisalhamento de modo que, quando sob carga, a porção do pneu que contata o solo se deforma em uma região de contato plana através do

esforço de cisalhante na camada de cisalhamento enquanto mantendo constante o comprimento das membranas. O deslocamento relativo das membranas ocorre substancialmente pelo esforço cisalhante na camada de cisalhamento. A invenção da patente US 6.769.465 provê várias vantagens, incluindo, por exemplo, a capacidade de operar sem uma pressão de inflação e a flexibilidade de ajustar a rigidez vertical do pneu de modo um tanto independente da pressão de contato com o solo.

Como outro exemplo, ao pedido de patente US 2004/159.385 também se refere a um pneu não-pneumático. Em um modo de realização exemplificativo, este pneu não- pneumático inclui uma banda de cisalhamento anular externa e uma pluralidade de raios de rede que se estendem transversalmente e radialmente para dentro da banda anular e ancorados em uma roda ou cubo. Em certos modos de realização exemplificativos, a banda de cisalhamento anular pode compreender ainda uma camada de cisalhamento, pelo menos uma primeira membrana aderida à extensão radialmente para fora da camada de cisalhamento. Sob carga, a banda anular se deforma na área de contato com a superfície do terreno através de um mecanismo que inclui deformação cisalhante da banda anular. Em adição à capacidade de operar sem uma pressão de inflação exigida, a invenção do pedido de patente 2004/159.385 provê vantagens que incluem uma pressão de contato com o solo mais uniforme por toda a extensão da área de contato que, por seu turno, provê características de desempenho similares a um pneu pneumático sem certas desvantagens dos pneus não- pneumáticos anteriores.

Como descrito para os modos de realização exemplificativos das referências acima explicadas, ambos utilizam uma banda de cisalhamento anular compreendendo uma camada de cisalhamento para prover benefícios de desempenho desejáveis em um pneu. Como descrito abaixo, os requerentes descobriram uma construção vantajosa para a camada de cisalhamento que realça ainda mais a capacidade de desempenho da banda anular. Esta

construção aperfeiçoada para a camada de cisalhamento tem aplicação em pneus pneumáticos como também em outros produtos. Em adição, essas vantagens podem ser obtidas, caso assim desejado, sem o uso de elementos de reforço adicionais dentro da camada de cisalhamento.

5

Sumário da invenção

Objetivos e vantagens da invenção serão apresentados, em parte, na descrição a seguir, ou podem ser óbvios a partir da descrição, ou podem ser aprendidas pela prática da invenção.

No modo de realização exemplificativo da presente invenção, é provida uma banda de cisalhamento que define uma direção radial. A banda de cisalhamento compreende uma camada de cisalhamento de compósito tendo um módulo de cisalhamento dinâmico geral. A camada de cisalhamento de compósito compreende pelo menos (1) uma ou mais camadas tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e uma primeira fração de volume total, e (2) uma ou mais camadas tendo um segundo módulo de cisalhamento dinâmico e uma segunda fração de volume total. A reação entre o segundo módulo de cisalhamento dinâmico e o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico é de pelo menos cerca de 3. As camadas da banda de cisalhamento de compósito são arranjadas de uma maneira alternada entre camadas tendo o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e camadas tendo o segundo módulo de cisalhamento dinâmico. Pelo menos uma primeira membrana é aderida a uma extensão radialmente para dentro da camada de cisalhamento de compósito. A relação do módulo de tração longitudinal de uma das membranas e o módulo de cisalhamento dinâmico geral da camada de cisalhamento de compósito é de pelo menos cerca de 100:1. Para este modo de realização exemplificativo, a(s) camada(s) tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico pode(m) compreender pelo menos um material tendo uma histerese menor do que cerca de 0,2 em esforços entre cerca de 15% e cerca de 30%. Alternativamente, as camadas tendo um primeiro módulo de

177

cisalhamento dinâmico podem compreender pelo menos um material tendo uma histerese menor do que cerca de 0,1 em esforços entre cerca de 15% e cerca de 30%. Adicionalmente, para este modo de realização exemplificativo, a(s) camada(s) um segundo módulo de cisalhamento dinâmico pode(m) compreender pelo menos um material tendo uma histerese menor do que cerca de 0,04 em esforços entre cerca de 0,1% e cerca de 2%. Apenas como exemplo, estes modos de realização exemplificativos de uma banda de cisalhamento podem ser incorporados em pneus, cada um tendo uma porção de contato como terreno e uma porção de banda de rodagem.

Em outro modo de realização exemplificativo da presente invenção, um pneu para colocação sobre uma roda é provido com o pneu definindo uma direção radial. O pneu compreende uma porção de banda de rodagem em contato com o terreno. Uma banda anular reforçada compreende uma camada de cisalhamento de compósito tendo um módulo de cisalhamento dinâmico geral. A camada de cisalhamento de compósito compreende (i) uma ou mais camadas constituídas por materiais tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e uma primeira fração de volume total, e (ii) uma ou mais camadas constituídas por materiais tendo um segundo módulo de cisalhamento dinâmico e uma segunda fração de volume total. A relação entre o segundo módulo de cisalhamento dinâmico e o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico é de cerca de 3. As camadas de materiais tendo o primeiro ou o segundo módulo de cisalhamento dinâmico são arranjadas de uma maneira alternada entre o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e o segundo módulo de cisalhamento dinâmico ao longo da direção radial do pneu. Uma estrutura de suporte é provida para a montagem da banda e a porção de banda de rodagem à roda. A estrutura de suporte fica localizada radialmente para dentro da banda anular reforçada. Pelo menos uma primeira membrana é aderida à extensão radialmente para dentro da camada de cisalhamento de compósito. Pelo menos uma segunda membrana é aderida à

extensão radialmente para fora da camada de cisalhamento de compósito. A relação entre o módulo de tração de uma das membranas e o módulo de cisalhamento dinâmico geral da camada de cisalhamento de compósito é de pelo menos 100:1.

Estas e outras características, aspectos e vantagens da presente invenção se tornarão melhor compreendidas com referência à descrição a seguir e reivindicações anexas. Os desenhos anexas, aqui incorporados e que constituem uma parte deste relatório, ilustram modos de realização da invenção e, juntamente com a descrição, servem para explicar os princípios da invenção.

Descrição resumida dos desenhos

Uma descrição compreensiva da presente invenção, incluindo seu melhor modo, direcionada a alguém experiente na técnica, é apresentada, fazendo referência às figuras anexas, nas quais:

A fg. 1A é um diagrama esquemático ilustrando as forças de reação do terreno para uma banda homogênea de referência.

A fg. 1B é um diagrama esquemático ilustrando as forças de reação do terreno para uma banda anular tendo uma camada de cisalhamento.

As fgs. 2, 3 e 4 são vistas de seção transversal de compósitos de camadas de cisalhamento para bandas de cisalhamento construídas de acordo com os modos de realização exemplificativos da presente invenção.

As fgs. 5 e 6 são gráficos de dados conforme descrito abaixo.

A fg. 7 é uma vista de seção transversal de um modo de realização exemplificativo da presente invenção, tendo uma banda de cisalhamento conforme aqui descrita.

A fg. 8 é uma vista em perspectiva parcial de um modo de realização exemplificativo da presente invenção, tendo uma banda de cisalhamento conforme descrita aqui.

A fg. 9 é uma vista de seção transversal do modo de realização

exemplificativo da presente invenção ilustrado na fig. 8. Uma seção transversal de uma banda de cisalhamento exemplificativa é ilustrada.

O uso repetido de caracteres de referência idênticos ou similares por todo o presente relatório e desenhos anexos tem a intenção de representar as mesmas ou análogas características ou elementos da invenção.

Descrição detalhada de modos de realização representativos

Definições

Agora, será feita referência detalhada a modos de realização da invenção, um ou mais exemplos dos quais estando ilustrados nas figuras.

10 Cada exemplo é provido à guisa de explanação da invenção, não significando uma limitação da invenção. Por exemplo, características ilustradas ou descritas como parte de um modo de realização podem ser usadas com outro modo de realização para propiciar, ainda, um terceiro modo de realização. Pretende-se que a presente invenção inclua estas e outras modificações e

15 variações. Deve-se notar que, para a finalidade de explicação, apenas a metade dos modos de realização exemplificativos do pneu foi descrita em uma ou mais das figuras. Um perito na técnica, usando os ensinamentos aqui revelados, compreenderá que as mesmas características ou outras substancialmente similares são repetidas em ambos os lados do pneu.

20 Os seguintes termos são definidos como a seguir para esta apresentação:

"Compósito", como aqui usado, significa constituído por duas ou mais camadas.

25 "Módulo de cisalhamento dinâmico" significa o módulo de cisalhamento medido pela ASTM D5992.

"Alongamento na ruptura" significa o alongamento elástico como medido pela ASTM D412 98a e conduzido a 100°C, ao invés da temperatura ambiente.

"Plano equatorial" significa um plano perpendicular ao eixo de

rotação do pneu, passando através da linha central do pneu.

"Histerese" significa a tangente da perda dinâmica ($\tan \delta$). As características dinâmicas dos materiais são medidas em um Sistema de Teste de Elastômero MTS 831, de acordo com a ASTM D5992. Foi gravada uma resposta de uma amostra de material vulcanizado (peça de teste cilíndrica com uma espessura de 4mm e uma seção de 400mm²), submetida a uma única tensão cisalhante senoidal alternada, a uma frequência de 10Hz e a 80°C. O escaneamento foi efetuado a uma amplitude de deformação de 0,1 a 50% (ciclo para fora), e, a seguir, de 50% a 0,1% (ciclo de retorno). O módulo de cisalhamento máximo G^* máximo em MPa e o valor máximo da tangente do ângulo de perda $\tan \delta$ (tan máxima δ) são determinados durante o ciclo para fora.

"Plano meridiano" significa um plano paralelo ao eixo de rotação do pneu e se estendendo radialmente para fora a partir do eixo.

"Módulo" das membranas significa o módulo tênsil de elasticidade a 1% de alongamento na direção circunferencial, multiplicado pela espessura efetiva da membrana. Este módulo pode ser calculado pelas Equações 6 ou 7, abaixo, para materiais de cinta de aço de pneu convencionais. Este módulo é anotado com uma primeira designação (').

"Roda" ou "Cubo" refere-se a qualquer dispositivo ou estrutura para suportar o pneu e montá-lo no eixo do veículo, e estes termos são aqui, permutáveis.

Descrição detalhada

A presente invenção provê uma banda de cisalhamento melhorada que pode ser usada em uma variedade de produtos, incluindo, por exemplo, pneus não-pneumáticos, pneus pneumáticos e outras tecnologias. A banda de cisalhamento aperfeiçoada é construída como um compósito constituído por camadas individuais que são, por sua vez, constituídas por determinados materiais tendo propriedades físicas específicas que, quando

JF

combinadas de uma maneira particular, como aqui descrito, provêm propriedades físicas totais e características de desempenho excedendo de maneira desejável aquelas que seriam obtidas de uma banda de cisalhamento constituída apenas por um dos materiais individuais. Apenas como exemplo, em determinados modos de realização que podem ser usados para a construção do pneu, melhorias na resistência à rolagem e na flexibilidade do projeto do pneu podem ser obtidas.

Como plano de fundo para a presente invenção, a utilidade de uma banda de cisalhamento construída a partir de apenas um único material, uma camada de cisalhamento única pode ser descrita com referência às FIGS. 1A e 1B. A FIG. 1A ilustra uma banda anular rígida 50 constituída por um material homogêneo, por exemplo, um anel metálico, que não permite deformação cisalhante mais do que insignificante sob carga. Na banda anular rígida 50 da FIG. 1 A, a distribuição de pressão que satisfaz a força de equilíbrio e as exigências do momento de flexão é constituída por um par de forças concentradas F, localizadas em cada extremidade da área de contato, uma das extremidades mostrada na FIG. 1A. Em contraste, a FIG. 1B ilustra uma banda de cisalhamento tendo uma única camada de cisalhamento 60, reforço interno ou membrana 70, e reforço externo ou membrana 80. A estrutura da FIG. 1B, tendo uma banda construída como descrito, por exemplo, na patente US 6.769.465, prescreve a deformação cisalhante dentro da camada de cisalhamento 60, resultando em uma distribuição de pressão desejável Q substancialmente uniforme na região de contato com o solo. Mais especificamente, quando a relação do módulo de tração efetivo das membranas ($E'_{MEMBRANA}$) 70 e 80 e o módulo dinâmico de cisalhamento G da camada de cisalhamento 60 for suficientemente alta (por exemplo, pelo menos aproximadamente, 100:1), a deformação da banda de cisalhamento sob carga é essencialmente por deformação cisalhante da camada de cisalhamento 60, com pouca extensão longitudinal ou compressão das membranas 70 e 80,

resultando em uma distribuição substancialmente uniforme de pressão de contato com o solo Q.

Quando a banda de cisalhamento da FIG. 1B se deforma substancialmente por deformação cisalhante na camada de cisalhamento 60, é criada uma relação vantajosa, permitindo que sejam especificados os valores do módulo de cisalhamento dinâmico G da camada 60 e sua espessura h para uma dada aplicação:

(1)

$$P_{\text{eff}} * R = G * h$$

Onde:

P_{eff} = pressão predeterminada de contato com o solo

G = módulo de cisalhamento dinâmico da camada 60

H = espessura da camada de cisalhamento 60

R = posição radial da membrana externa 80

P_{eff} e R são parâmetros de projeto escolhidos de acordo com o uso pretendido do pneu. A equação acima sugere, então, que o produto do módulo dinâmico de cisalhamento G da camada de cisalhamento, vezes a espessura radial da camada de cisalhamento 60, é aproximadamente igual a um produto de uma pressão predeterminada de contato com o solo vezes uma posição radial da extensão mais externa da membrana externa 80. A relação acima é vantajosa para alguém que projete um pneu. Por exemplo, para projetar um pneu pretendido para uso em um carro de passageiro, o projetista pode selecionar uma pressão de contato de projeto P_{eff} de 1,5 a 2,5 DaN/cm² e um tamanho de pneu em que o raio R seja, aproximadamente, 335mm. Multiplicando estes valores, um "fator de camada de cisalhamento" de 50,25 a 83,75 DaN/cm pode ser determinado, que pode ser usado para especificar a espessura h da camada de cisalhamento 60, e o módulo de cisalhamento dinâmico G, da camada de cisalhamento 60.

Entretanto, como indicado previamente, são encontrados

desafios na fabricação de um pneu tendo ambas, uma baixa resistência à rolagem e uma camada de cisalhamento de material único, que exiba todas as propriedades físicas desejadas. Com o objetivo de explicação, sabe-se que a resistência à rolagem é proporcional a determinados parâmetros físicos como a seguir:

(2)

$$RR \propto (\tau_{\max}) (\gamma_{\max}) (\tan \delta) (h)$$

Onde:

RR = Resistência à rolagem

$\tau_{\max}$ = tensão cisalhante no ângulo máximo de cisalhamento

$\gamma_{\max}$ = ângulo máximo de cisalhamento

$\tan \delta$ = histerese, retardo de fase entre a tensão e o esforço para o material da camada de cisalhamento

h = espessura de uma única camada de cisalhamento

Selecione-se materiais para a construção de uma banda de cisalhamento a partir de uma única camada de cisalhamento de uma maneira que minimize a resistência à rolagem enquanto provê, igualmente, um módulo de cisalhamento dinâmico para a camada de cisalhamento na faixa desejada de cerca de 3 a cerca de 20MPa exigiu, previamente, um ajuste entre propriedades físicas desejáveis competitivas. Mais especificamente, é difícil construir uma camada de cisalhamento feita de um único material que seja simultaneamente rígida (módulo de cisalhamento dinâmico G, alto), resistente (tendo um alongamento elevado na ruptura), e de baixa histerese ($\tan \delta$ baixa). Há menos dificuldade na fabricação de um material que tenha quaisquer duas destas três propriedades. Por exemplo, podem ser projetados materiais que exibam rigidez (módulo de cisalhamento dinâmico G alto) e baixa histerese ($\tan \delta$ baixa), mas esta construção resultará, tipicamente, em um $\gamma_{\max}$ menor. Embora uma resistência à rolagem RR mais baixa possa ser obtida, a resistência será pobre, a menos que uma construção de camada de

cisalhamento tendo uma espessura h maior seja construída para reduzir os esforços de cisalhamento δ . Entretanto, aumentar a espessura h da camada de cisalhamento aumenta indesejavelmente a massa do pneu. Similarmente, selecionar materiais que provejam uma camada de cisalhamento que seja resistente e tenha baixa histerese também proverá, infelizmente, um módulo de cisalhamento dinâmico G inaceitavelmente, baixo. Outra vez, a espessura h da camada de cisalhamento será aumentada para conseguir uma P_{eff} aceitável. Finalmente, a seleção de materiais que sejam rígidos e resistentes proverá uma camada de cisalhamento tendo uma histerese indesejavelmente alta.

Os requerentes determinaram que, uma camada de cisalhamento que tenha uma P_{eff} desejável, uma espessura h baixa, e uma resistência à rolagem RR mais baixa, pode ser conseguida construindo-se a camada de cisalhamento 60 como um compósito de camadas diferentes feito a partir de materiais, cada um deles tendo determinadas propriedades físicas individuais. Mais especificamente, uma banda de cisalhamento tendo as propriedades físicas desejadas totais pode ser projetada para superar os inconvenientes dos materiais individuais, construindo-se a camada de cisalhamento de uma maneira particular, como um compósito de materiais especialmente selecionados. As propriedades físicas do compósito de materiais individuais podem exibir as propriedades físicas desejadas e uma melhoria na resistência à rolagem na espessura desejada de h , o que não seria possível com apenas uma única camada de cisalhamento construída de um único material individual. Em adição, se desejado, o compósito de camadas de cisalhamento pode ser construído a partir destes materiais sem ter que usar componentes de reforço não-elastoméricos. Alternativamente, modos de realização exemplificativos da presente invenção podem incluir, também, estes componentes de reforço.

Como exemplo, com referência, agora, à FIG. 2, uma banda de cisalhamento, de acordo com um modo de realização exemplificativo da

presente invenção, é mostrada como sendo construída de duas camadas de cisalhamento diferentes 10 e 20. A camada 10 tem um módulo de cisalhamento dinâmico G_{10} e a camada 20 tem um módulo de cisalhamento dinâmico G_{20} . Na FIG. 2, para finalidade de explicação, as camadas de cisalhamento 10 e 20 estão descritas sob uma tensão de cisalhamento máximo resultando em um esforço determinado para cada uma das camadas. Como mostrado na FIG. 2, cada camada 10 e 20 é descrita como experimentando um esforço cisalhante máximo resultando em ângulos de cisalhamento máximos de $\gamma_{10\max}$ e $\gamma_{20\max}$, respectivamente. Os requerentes determinaram que uma banda de cisalhamento construída a partir de camadas de cisalhamento combinadas 10 e 20 pode ser projetada, através de uma única combinação e seleção de materiais, para exibir uma resistência à rolagem RR mais baixa, e propriedades físicas mais vantajosas, do que uma banda não-compósito, uma banda de cisalhamento de camada única.

Como determinado pelos requerentes, em relação à camada 20, a camada 10 é construída a partir de um material mais macio, com um módulo de cisalhamento dinâmico G_{10} , relativamente menor, que exibirá histerese baixa, mesmo que este material esteja operando em um esforço relativamente mais elevado do que a camada 20 para um esforço cisalhante dado. Por exemplo, preferivelmente, o material para a camada 10 deve ter um alongamento na ruptura a 100°C (determinado pela ASTM D412 testado a 100°C) maior do que cerca de 100 por cento e, alternativamente, maior do que cerca de 180 por cento. Além disso, o módulo de cisalhamento dinâmico (determinado pela ASTM D5992) deveria estar entre cerca de 1,5MPa e 5,0MPa e, alternativamente, entre cerca de 2,0MPa e 4,0MPa. Por outro lado, em relação à camada 10, a camada 20 é construída a partir de um material mais rígido, com um módulo de cisalhamento dinâmico G_{20} , relativamente mais alto, que exibirá histerese baixa como se este material estivesse operando na região de esforço baixo para as faixas de tensão de cisalhamento

τ , que serão encontradas. O material para a camada 20 deveria ter um módulo de cisalhamento dinâmico G_{20} que fosse, cerca de, 3 vezes maior do que o módulo de cisalhamento dinâmico G_{10} , e, mais desejavelmente, cerca de 6 vezes maior do que o módulo de cisalhamento G_{10} . Formadas juntas como a

5 banda de cisalhamento, as duas camadas 10 e 20 exibirão propriedades físicas totais de rigidez, resistência, e baixa histerese, não presentes em uma ou outra camada individualmente. Onde usada em uma construção de pneu, a banda de cisalhamento resultante também pode exibir um nível aceitável de resistência à rolagem, sem a necessidade de aumentar a espessura total h , das camadas de

10 cisalhamento combinadas 10 e 20, indesejavelmente.

Além disso, um projetista de pneu pode ainda obter, igualmente, um módulo de cisalhamento dinâmico geral G_{eff} para a banda de cisalhamento resultante que esteja na faixa desejada (3MPa a 20MPa) para o pneu fabricado, como explicado acima. O módulo de cisalhamento dinâmico

15 geral G_{eff} , para o feixe de cisalhamento de compósito construído das camadas 10 e 20, pode ser calculado como a seguir:

(3)

$$G_{\text{eff}} = 1 / ((Vf_{10}/G_{10}) + Vf_{20}/G_{20}))$$

Onde:

20 G_{eff} = módulo dinâmico de cisalhamento efetivo da camada de cisalhamento de compósito (o módulo de uma camada homogênea necessário para conseguir a mesma rigidez da camada de cisalhamento de compósito)

Vf_{10} = fração de volume do material macio

25 G_{10} = módulo de cisalhamento dinâmico do material da camada de cisalhamento mais macia, como medido pela ASTM D5992

Vf_{20} = fração de volume do material mais rígido

G_{20} = módulo de cisalhamento dinâmico do material da camada de cisalhamento mais rígida, como medido pela ASTM D5992

As frações de volume podem ser calculadas como a seguir:

$$Vf_{10} = h_{10}/h$$

$$Vf_{20} = h_{20}/h$$

Onde:

h_{10} = altura ou espessura da camada 10

5 h_{20} = altura ou espessura da camada 20

h = espessura total de todas as camadas - isto é, $h_{10} + h_{20}$

Deve-se notar que a equação da fração de volume dada acima é apropriada para uso quando h for pequeno se comparado ao raio do pneu. Em outros pedidos, por exemplo, para pneus de pequeno diâmetro, como rodízios, as relações geométricas conhecidas por aqueles peritos na técnica

10 deveriam ser substituídas para as equações acima.

Como exemplo, assume-se que um projetista seleciona um raio R de 300mm e tem dois materiais para à escolha para a construção da banda de cisalhamento. Assume-se que os materiais têm um módulo de

15 cisalhamento dinâmico de 30MPa e 3MPa, respectivamente. Previamente, para a construção da camada de cisalhamento, o projetista selecionaria um único material para a banda de cisalhamento, tendo um módulo de cisalhamento dinâmico, que resultasse em uma espessura aceitável h para a camada de cisalhamento, como pode ser calculado usando-se a equação (1).

20 Entretanto, como descrito previamente, a seleção de qualquer material único para a camada de cisalhamento envolve, necessariamente, um ajuste das propriedades físicas desejadas e pode não otimizar a resistência à rolagem RR. A seleção do material relativamente duro (30MPa) reduziria a espessura h da banda de cisalhamento, mas, igualmente, reduziria sua resistência. A

25 seleção de um material mais macio (3MPa) melhoraria a resistência, mas às expensas de uma maior espessura h .

Entretanto, uma banda de cisalhamento compósita com camadas 10 e 20 pode ser construída a partir de ambos, materiais de módulo dinâmico alto e de módulos dinâmicos baixos, para conseguir um G_{eff} que

esteja dentro da faixa desejada. Assume-se que a camada 20 foi construída a partir do material tendo o módulo de cisalhamento dinâmico de 30MPa e a camada 10 foi construída de material tendo um módulo de cisalhamento dinâmico de 3MPa. No caso onde as camadas são construídas de um volume igual, usando-se a equação (3) acima, o módulo de cisalhamento dinâmico efetivo G_{eff} seria de cerca de 6MPa. Usando-se a equação (1) acima e selecionando-se uma espessura da banda de cisalhamento de 10mm, a P_{eff} resultante seria de 300kPa - bem dentro da faixa considerada para o projeto do pneu.

Em adição, selecionando-se um material para a camada 10 que exiba uma histerese baixa em esforço elevado e selecionando-se um material para a camada 20 tendo uma histerese baixa em esforço baixo, o compósito exibirá uma resistência à rolagem RR aceitável. Como exemplo, em esforços entre 15 por cento e 30 por cento, o material para a camada 10 pode ser selecionado a partir de materiais tendo uma histerese menor do que cerca de 0,2 ou, mais preferivelmente, menor do que cerca de 0,1. Como exemplo, em esforços entre cerca de 0,1 por cento e 2 por cento, o material para a camada 10 pode ser selecionado a partir de materiais tendo uma histerese menor do que cerca de 0,07 ou, ainda mais preferivelmente, menor do que cerca de 0,04.

Preferivelmente, a espessura da camada 20 não deveria exceder 2 por cento do raio externo da banda de cisalhamento. Esta construção limita o esforço devido ao flexionamento a menos de cerca de 1 por cento. Retornando ao exemplo de um tamanho do pneu tendo um raio de 300mm, a camada 20 pode ter uma espessura de menos de cerca de 15mm e, alternativamente, ter uma espessura de menos de cerca de 6mm.

A presente invenção não está limitada a apenas duas camadas 10 e 20 para uma banda de cisalhamento compósita, como mostrado na FIG.2. Em vez disto, a banda de cisalhamento pode ser constituída por múltiplas

29

camadas alternadas de materiais tendo um módulo de cisalhamento dinâmico de G_{10} ou G_{20} . Isto pode ser desejável, por exemplo, quando um projetista seleciona um raio R que seja menor que 300mm, como, 150mm. Retornando ao exemplo acima, isto resultará em uma P_{eff} de 600kPa, onde o projetista tem

5 dois materiais com um G_{eff} de cerca de 6MPa. Neste caso, múltiplas camadas para a banda de cisalhamento são necessárias, de modo que a espessura das camadas construídas de material de módulo dinâmico mais alto G_{20} , de preferência, não exceda 2 por cento do raio externo da banda de cisalhamento.

Conseqüentemente, a FIG. 3 ilustra outro modo de realização

10 exemplificativo da presente invenção, em que a frações de volume de G_{10} e G_{20} ainda são iguais (0,5). Entretanto, a banda de cisalhamento está mostrada como sendo constituída por três camadas. Duas camadas 20 tendo um módulo de cisalhamento dinâmico G_{20} relativamente mais alto são posicionadas radialmente para dentro e radialmente para fora da camada relativamente mais

15 macia 10, tendo um módulo dinâmico da cisalhamento G_{10} mais baixo. A FIG. 4 ilustra, ainda, outro modo de realização exemplificativo, onde múltiplas camadas alternadas 10 e 20 de materiais selecionados, cada uma tendo um módulo de cisalhamento dinâmico G_{10} ou G_{20} , são usadas para a banda de cisalhamento. Como exemplo adicional, combinações de modos de realização

20 das FIGs. 3 e 4 também podem ser usadas. Um perito na técnica, usando os ensinamentos aqui apresentados, entenderá que vários modos de realização da presente invenção podem ser criados caindo dentro da presente descrição e das reivindicações anexas

A FIG. 5 provê um gráfico da Eficiência da Rigidez (SE)

25 versus a fração de volume V_{f20} para a camada 20, a camada relativamente mais rígida, para várias relações do módulo dinâmico do material da camada de cisalhamento mais rígido G_{20} e o material da camada de cisalhamento mais macio G_{10} . Os requerentes definiram Eficiência da Rigidez (SE) como o aumento real na rigidez de cisalhamento dividido pelo aumento ideal na

rigidez de cisalhamento (isto é, o aumento na rigidez de cisalhamento caso nenhum esforço cisalhante tenha ocorrido no material mais rígido). Como mostrado na FIG. 5, a Eficiência da Rigidez (SE) diminui quando a fração de volume do material mais rígido Vf_{20} aumenta. Para uma fração de volume Vf_{20} de 0,50, a relação de G_{20} para G_{10} deve ser pelo menos 3,0 para se obter uma eficiência de 50 por cento. Uma relação G_{20} para G_{10} de 6,0 resulta em uma eficiência da rigidez de cerca de 75 por cento.

Uma fração de volume Vf_{20} em uma faixa de cerca de 0,3 a 0,7 pode ser usada com a presente invenção. Alternativamente, uma fração de volume Vf_{20} de aproximadamente 0,5 pode ser usada. Deve-se compreender que, onde mais de uma camada de materiais (cada camada tendo um módulo dinâmico de cisalhamento particular G_x) for usada na banda de cisalhamento, a fração de volume Vf_x será a relação do volume total de materiais na banda de cisalhamento, tendo um módulo de cisalhamento dinâmico de G_x , e o volume total de materiais na banda de cisalhamento. Ou seja, a fração de volume é calculada baseada no volume total de material presente, tendo um módulo de cisalhamento dinâmico particular, em relação ao total de volume de materiais na banda de cisalhamento, e não é baseada na fração de volume de uma camada particular, porque múltiplas camadas de materiais podem estar presentes. Retornando à equação 3, as frações de volume para uma banda de cisalhamento constituída por múltiplas camadas de materiais podem ser calculadas usando-se a seguinte equação:

(4)

$$Vf_x = h_x/h$$

Onde:

Vf_x = fração de volume total de materiais tendo um módulo e cisalhamento dinâmico particular G_x

h_x = altura ou espessura total de todas as camadas construídas de materiais tendo um módulo de cisalhamento dinâmico particular G_x

h = espessura total de todas as camadas na banda de cisalhamento.

Os requerentes igualmente determinaram que o aumento do módulo de cisalhamento dinâmico G_{20} do material mais duro que é usado para a camada 20 tem uma melhoria significativa na resistência à rolagem RR da banda de cisalhamento compósita total. Assumindo-se um G_{10} de 2,0MPa e frações de volume iguais Vf_{10} e Vf_{20} , a Fig. 6 provê um gráfico da Eficiência da Resistência à Rolagem (RRE) versus G_{20} . A Eficiência da Resistência à Rolagem (RRE) é aqui definida como o aumento real na resistência à rolagem RR dividido pelo aumento ideal na resistência à rolagem RR, com a resistência à rolagem sendo calculada baseada na contribuição das camadas da cisalhamento usando-se o seguinte:

(5)

$$RR = (G_{10}) (Vf_{10}) (\gamma_{10\max}) (\tan\delta_1) + (G_{20}) (Vf_{20}) (\gamma_{20\max}) (\tan\delta_2)$$

Onde:

RR = resistência à rolagem

G_{10} = módulo de cisalhamento dinâmico do material da camada de cisalhamento mais macia, como medido pela ASTM D5992.

Vf_{10} = fração de volume do material macio

$\gamma_{10\max}$ = ângulo de cisalhamento máximo para o material da camada 10

G_{20} = módulo de cisalhamento dinâmico do material da camada de cisalhamento mais rígida, como medido pela ASTM D5992

Vf_{20} = fração de volume do material mais rígido

$\gamma_{20\max}$ = ângulo de cisalhamento máximo para o material da camada 20

Embora empiricamente a curva não possa se transformar realmente em uma linha reta quando G_{20} aumenta, a Fig. 6 demonstra que o efeito de selecionar a camada 20 a partir de um material que exiba histerese

baixa nos esforços baixos experimentados pela camada 20 é o fato da contribuição da resistência à rolagem RR do material mais rígido se tornar efetivamente zero, enquanto G_{20} for suficientemente alto em relação a G_{10} .

Modos de realização exemplificativos adicionais da presente invenção, em várias construções de pneu não-pneumático, serão agora descritos. Entretanto, como será compreendido por alguém com experiência normal na técnica usando os ensinamentos aqui apresentados, deveria ser compreendido que a presente invenção não está limitada aos pneus não-pneumáticos e, ao contrário, pode ser usada com pneus pneumáticos, bem como, com outras tecnologias. Adicionalmente, a descrição a seguir é apenas para modos de realização exemplificativos de pneu; vários outros modos de realização, bem como, métodos da invenção, caem dentro do escopo da presente invenção como determinado nas reivindicações anexas.

Conseqüentemente, como exemplo, um pneu resiliente suportado estruturalmente de acordo com um modo de realização exemplificativo da presente invenção está mostrado na FIG. 7. O pneu 100, mostrado na FIG. 7, tem uma porção de banda de rodagem contatando o solo 110, porções de paredes laterais 150 se estendendo radialmente para dentro a partir da porção da banda de rodagem 110, e porções de talão 160 nas extremidades das porções de paredes laterais 150. As porções de talão 160 ancoram o pneu 100 a uma roda 15. A porção da banda de rodagem 110, porções de parede lateral 150 e porções de talão 160 definem uma cavidade, um espaço anular 105.

Uma banda anular reforçada está disposta radialmente para dentro da porção da banda de rodagem 110. No modo de realização exemplificativo ilustrado na FIG. 7, a banda anular compreende um compósito de camadas de cisalhamento 10 e 20 construídas como descrito acima. Embora apenas duas camadas 10 e 20 estejam mostradas, deveria ser compreendido que múltiplas camadas podem ser usadas como previamente

descrito. A banda anular compreende, adicionalmente, uma primeira membrana 130 com camadas reforçadas 131 e 132 que são aderidas à extensão radialmente mais interna da camada de cisalhamento 10, e uma segunda membrana 140, tendo camadas reforçadas 141 e 142 que são aderidas à extensão radialmente mais externa da camada de cisalhamento 20.

A porção da banda de rodagem 110 pode não ter ranhuras, ou pode ter uma pluralidade de ranhuras de banda de rodagem 115 orientadas longitudinalmente, formando nervuras de banda de rodagem essencialmente longitudinais 116 entre elas. As nervuras 116 podem ser, além disto, divididas transversal ou longitudinalmente para formar um padrão de banda de rodagem adaptado às exigências do uso da aplicação particular do veículo. As ranhuras da banda de rodagem 115 podem ter qualquer profundidade consistente com o uso pretendido do pneu. A segunda membrana 140 é deslocada radialmente para dentro, a partir do fundo da ranhura da banda de rodagem, por uma distância suficiente para proteger a estrutura da segunda membrana de cortes e penetrações pequenas da porção da banda de rodagem. A distância de deslocamento é aumentada ou diminuída, dependendo do uso pretendido do pneu. Por exemplo, um pneu de caminhão pesado usaria, normalmente, uma distância de deslocamento de cerca de 5 a 7mm.

Cada uma das camadas da primeira 130 e da segunda 140 membrana compreende, essencialmente, reforços de corda inextensíveis embutidas dentro de um revestimento elastomérico. Para um pneu construído de materiais elastoméricos, as membranas 130 e 140 são aderidas às camadas de cisalhamento 10 e 20 por vulcanização dos materiais. Está dentro do escopo da invenção que as membranas 130 e 140 sejam aderidas à camada de cisalhamento 120 por qualquer método apropriado de ligação química, adesiva ou de fixação mecânica. Cada uma das camadas de cisalhamento 10 e 20 pode ser constituída por uma variedade de materiais. Como exemplo, estes materiais podem incluir borracha, poliuretano, e elastômeros termoplásticos.

Os materiais podem ser mutuamente aderidos por qualquer método de ligação apropriado, ou fixação mecânica.

Os elementos de reforço das camadas 131-132 e 141-142 podem ser de qualquer um dos vários materiais apropriados para uso, como cintas de reforço de pneu em pneus convencionais, como monofilamentos ou cordas de aço, aramida, ou outros têxteis de módulo alto. Para os pneus ilustrativos aqui descritos, os reforços são cordas de aço de quatro fios de 0,28mm de diâmetro (4 x 0,28). Embora as variações da invenção aqui apresentadas tenham camadas reforçadas de corda para cada uma das membranas, qualquer material apropriado pode ser empregado para as membranas, desde que satisfaça as exigências quanto a rigidez elástica, rigidez ao flexionamento e propriedades de resistência ao arqueamento compressivo exigidas da banda anular. Isto é, a estrutura da membrana pode ser qualquer uma das várias alternativas, como um material homogêneo, uma matriz reforçada de fibra ou uma camada tendo elementos de reforço discretos.

Na primeira membrana 130, as camadas 131 e 132 têm cordas essencialmente paralelas orientadas angularmente em relação ao plano equatorial do pneu, e as cordas das camadas respectivas têm uma orientação oposta. Isto é, um ângulo $+\alpha$ na camada 131 e um ângulo $-\alpha$ na camada 132. Similarmente, para a segunda membrana 140, as camadas 141 e 142 têm cordas essencialmente paralelas orientadas em ângulos $+\beta$ e $-\beta$, respectivamente, ao plano equatorial. Nestes casos, o ângulo incluído das cordas entre camadas adjacentes será duas vezes o ângulo especificado, α ou β . Os ângulos α e β estarão, tipicamente, na faixa de cerca de 10° a cerca de 45° , ou, de preferência, cerca de 20° a cerca de 35° , ou, ainda mais preferencialmente, na faixa de cerca de 25° a cerca de 30° . Entretanto não é exigido que as cordas dos pares de camada em uma membrana sejam orientadas a ângulos mutuamente iguais e opostos. Por exemplo, pode ser

desejável que as cordas dos pares de camada sejam assimétricas em relação ao plano equatorial do pneu.

As cordas de cada um das camadas 131, 132 e 141, 142 são embutidas em uma camada de revestimento elastomérico tendo, tipicamente, um módulo de cisalhamento dinâmico de cerca de 20MPa. É preferido que o módulo de cisalhamento dinâmico das camadas de revestimento seja maior do que o módulo de cisalhamento dinâmico total G_{eff} do compósito das camadas de cisalhamento 10 e 20 (explicado adicionalmente abaixo), para assegurar que a deformação da banda anular seja, primariamente, por deformação cisalhante dentro das camadas de cisalhamento combinadas 10 e 20.

O relacionamento entre o módulo dinâmico de cisalhamento total G_{eff} do compósito das camadas de cisalhamento 10 e 20 e o módulo de tração longitudinal efetiva $E'_{MEMBRANA}$ das membranas 130 e 140 controla a deformação da banda anular sob uma carga aplicada. O módulo de tração efetiva $E'_{MEMBRANA}$ da membrana usando materiais de cinta de pneu convencionais pode ser estimado pela seguinte equação:

(6)

$$E'_{MEMBRANA} = (2D + t) \frac{E_{BORRACHA}}{2(1 - \nu^2)} \left[\left(\frac{P}{P - D} \right) \frac{2 - (1 + \nu) \text{SEN}^2(2\alpha)}{\text{SEN}^4 \alpha} + \left(\frac{t}{D} \right) \frac{1}{\text{TAN}^2 \alpha} \left(\frac{1}{\text{TAN}^2 \alpha} - \nu \right) \right]$$

onde:

$E_{BORRACHA}$ = módulo de tração do material de revestimento

P = passo da corda (espaçamento da linha central da corda) medido perpendicular à direção da corda

D = diâmetro da corda

ν = coeficiente de Poisson para o material de revestimento

α = ângulo da corda em relação ao plano equatorial

t = espessura de borracha entre cabos em camadas adjacentes

Note-se que $E'_{MEMBRANA}$ é o módulo de tração da membrana vezes a espessura efetiva da membrana. Quando a relação $E'_{MEMBRANA} / G_{eff}$

for relativamente baixa, a deformação da banda anular sob carga se aproximará daquela da banda homogênea e produzirá uma pressão de contato não uniforme com o solo. Por outro lado, quando a relação $E'_{\text{MEMBRANA}} / G_{\text{eff}}$ for suficientemente alta, a deformação da banda anular sob carga será essencialmente por deformação cisalhante do compósito das camadas de cisalhamento 10 e 20, com pouca extensão longitudinal ou compressão das membranas. Conseqüentemente, a pressão de contato com o solo será substancialmente uniforme.

A relação do módulo de tração longitudinal da membrana, E'_{MEMBRANA} e o módulo de cisalhamento dinâmico total G_{eff} do compósito das camadas de cisalhamento 10 e 20 é de pelo menos cerca de 100:1, e, preferivelmente, pelo menos de cerca de 1000: 1. Para as membranas compreendendo camadas reforçadas de corda usando as cordas 4x0,28 e os ângulos aqui apresentados, o módulo de cisalhamento dinâmico total desejado G_{eff} do compósito das camadas de cisalhamento 10 e 20 é cerca de 3MPa a cerca de 20MPa. A deformação repetida do compósito das camadas de cisalhamento 10 e 20 durante rolagem sob carga provoca dissipação de energia devido à natureza histerética dos materiais usados. O acúmulo total de calor no pneu é uma função desta dissipação de energia e da espessura da camada de cisalhamento. Assim, para um dado projeto do pneu usando materiais convencionais, a histerese da camada de cisalhamento 10 e 20 deveria ser especificada para manter as temperaturas de operação do pneu abaixo de cerca de 130°C, para pneus em uso contínuo.

De acordo com outro modo de realização exemplificativo da presente invenção, as cordas de pelo menos uma camada das membranas podem estar a 0°, ou próximo a isso, em relação ao plano equatorial para maior rigidez elástica das membranas 130 e 140. Para este modo de realização, as cordas de cada uma das camadas 131, 132 e 141, 142 são embutidas em uma camada de revestimento elastomérico tendo, tipicamente,

um módulo de cisalhamento dinâmico de cerca de 3 a 20MPa. Neste caso, é preferido que o módulo de cisalhamento dinâmico das camadas de revestimento seja substancialmente igual ao módulo de cisalhamento dinâmico total da camadas de cisalhamento, 10 e 20, para assegurar que a

5 deformação da banda anular seja primariamente por deformação cisalhante dentro da banda de cisalhamento compreendida das camadas de cisalhamento 10 e 20.

Para uma membrana em que as cordas de reforço estejam orientadas a menos de 10° ao plano equatorial, para estimar o módulo de

10 tração da membrana pode ser usado a seguinte equação

(7)

$$E'_{\text{MEMBRANA}} = E_{\text{CORDA}} * V * t_{\text{MEMBRANA}}$$

Onde:

E_{CORDA} = módulo de tração da corda

15 V = fração de volume do cabo na membrana

t_{MEMBRANA} = espessura da membrana

Para membranas compreendendo um material homogêneo ou uma fibra ou outro material de matriz reforçada, o módulo é o módulo de tração do material ou matriz.

20 Como uma explicação adicional, as FIGs. 8 e 9 descrevem ainda outro modo de realização exemplificativo da presente invenção em um pneu não-pneumático. O pneu 200, mostrado na FIG. 8, tem uma porção de banda de rodagem contatando o solo 205, uma banda anular reforçada 210

25 disposta radialmente para dentro da porção da banda de rodagem, uma pluralidade de raios de rede 250 se estendendo transversalmente ao longo e radialmente para dentro da banda anular, e uma banda de montagem 260 na extremidade radialmente interna dos raios de rede 250. A banda de montagem 260 ancora o pneu 200 a uma roda 210 ou cubo. Como aqui usado, "se estendendo transversalmente" significa que os raios de rede 250 podem ser

alinhados axialmente, ou podem ser oblíquos ao eixo do pneu. Além disto, "estender radialmente para dentro" significa que os raios de rede 250 podem estar situados em um plano radial ao eixo do pneu ou podem ser oblíquos ao plano radial. Em adição, uma segunda pluralidade de raios de rede pode se estender no plano equatorial.

Com referência à FIG. 9, que mostra o pneu 200 e a roda 210 em seção vista no plano meridiano, a banda anular reforçada 210 compreende camadas de cisalhamento elastoméricas 10 e 20 construídas como descrito acima. Uma primeira membrana 230 é aderida à extensão radialmente mais para dentro da camada de cisalhamento elastomérica 10, e uma segunda membrana 240 é aderida à extensão radialmente mais para fora da camada de cisalhamento elastomérica 20. As membranas 130 e 140 têm uma rigidez elástica que é maior do que a rigidez de cisalhamento de camada de cisalhamento 120, de modo que a banda anular reforçada 110 seja submetida à deformação cisalhante sob carga. Como com outros modos de realização exemplificativos aqui descritos, a banda anular reforçada pode compreender uma camada de cisalhamento que inclua múltiplas camadas 10 e 20, em vez de apenas uma de cada.

Deveria ser compreendido que a presente invenção inclui as várias modificações que possam ser feitas aos modos de realização exemplificativos dos aparelho e método aqui descritos que estejam dentro do escopo das reivindicações anexas e seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Banda de cisalhamento definindo uma direção radial, a banda de cisalhamento caracterizada pelo fato de compreender:

uma camada de cisalhamento de compósito tendo um módulo de cisalhamento dinâmico total, a mencionada camada de cisalhamento de compósito compreendendo pelo menos: (i) uma ou mais camadas tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e uma primeira fração de volume total, (ii) uma ou mais camadas tendo um segundo módulo de cisalhamento dinâmico e uma segunda fração de volume total, onde a relação do segundo módulo de cisalhamento dinâmico e o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico é pelo menos cerca de 3, e onde as mencionadas uma ou mais camadas, tendo um primeiro ou segundo módulo de cisalhamento dinâmico, são arranjadas de uma maneira alternada entre camadas tendo o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e camadas tendo o segundo módulo de cisalhamento dinâmico.

pelo menos uma primeira membrana aderida a uma extensão radialmente para dentro da mencionada camada de cisalhamento de compósito; e

pelo menos uma segunda membrana aderida a uma extensão radialmente para fora da mencionada camada de cisalhamento de compósito;

onde, uma relação do módulo de tração longitudinal de uma das mencionadas membranas e o módulo de cisalhamento dinâmico total da mencionada camada de cisalhamento de compósito, seja pelo menos cerca de 100:1.

2. Banda de cisalhamento de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato das mencionadas uma ou mais camadas tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico compreender pelo menos um material tendo uma histerese menor do que cerca de 0,2 em esforços entre cerca de 15 por cento e cerca de 30 por cento.

3. Banda de cisalhamento de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato das mencionadas uma ou mais camadas tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico compreender pelo menos um material tendo uma histerese menor do que cerca de 0,1 em esforços entre
5 cerca de 15 por cento e cerca de 30 por cento.

4. Banda de cisalhamento de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato das mencionadas uma ou mais camadas ter um segundo módulo de cisalhamento dinâmico compreendendo pelo menos um material tendo uma histerese menor do que cerca de 0,07 em esforços entre
10 cerca de 0,1 por cento e cerca 2 por cento.

5. Banda de cisalhamento de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato das mencionadas uma ou mais camadas ter um segundo módulo de cisalhamento dinâmico compreendendo pelo menos um material tendo uma histerese menor do que cerca de 0,04 em esforços entre
15 cerca de 0,1 por cento e cerca 2 por cento.

6. Pneu tendo uma porção de contato com o solo e uma porção de banda de rodagem, caracterizado pelo fato do pneu compreender a banda de cisalhamento como definido na reivindicação 5.

7. Pneu de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo
20 fato da segunda fração de volume total estar na faixa de cerca de 0,3 a cerca 0,7.

8. Pneu para colocação em uma roda, o pneu definindo uma direção radial, caracterizado pelo fato de compreender:

uma porção de banda de rodagem contatando o solo;

25 uma banda anular reforçada disposta radialmente para dentro da mencionada porção de banda de rodagem, onde a mencionada banda anular reforçada compreende uma camada de cisalhamento de compósito tendo um módulo de cisalhamento dinâmico total, a mencionada camada da cisalhamento de compósito compreendendo:

ny

(i) uma ou mais camadas construídas de materiais tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e uma primeira fração de volume total; e

5 (ii) uma ou mais camadas construídas de materiais tendo um segundo módulo de cisalhamento dinâmico e uma segunda fração de volume total;

onde a relação do segundo módulo de cisalhamento dinâmico e o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico é pelo menos cerca de 3, e onde as mencionadas uma ou mais camadas de materiais tendo o primeiro, ou o
10 segundo módulo de cisalhamento dinâmico são arrançadas de uma maneira alternada entre o primeiro módulo de cisalhamento dinâmico e o segundo módulo de cisalhamento dinâmico, ao longo da direção radial do pneu;

uma estrutura de suporte para montar a mencionada banda e a mencionada porção de banda de rodagem à roda, a mencionada estrutura de
15 suporte estando localizada radialmente para dentro da mencionada banda anular reforçada;

pelo menos uma primeira membrana aderida à extensão radialmente para dentro da mencionada camada de cisalhamento de compósito; e

20 pelo menos uma segunda membrana aderida à extensão radialmente para fora da mencionada camada de cisalhamento de compósito;

onde, uma relação do módulo de tração longitudinal de uma das mencionadas membranas e o módulo de cisalhamento dinâmico total da mencionada camada e cisalhamento de compósito, seja pelo menos cerca de
25 100: 1.

9. Pneu de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato da segunda fração de volume total estar na faixa de cerca de 0,3 a cerca 0,7.

10. Pneu de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo

fato da segunda fração de volume total ser cerca de 0,5.

11. Pneu de acordo com as reivindicações 8, 9, ou 10, caracterizado pelo fato do primeiro módulo de cisalhamento dinâmico ser maior do que cerca de 1,5 MPa, mas menor do que cerca de 5 MPa.

5 12. Pneu de acordo com as reivindicações 8, 9, ou 10, caracterizado pelo fato do primeiro módulo dinâmico ser maior do que cerca de 2 MPa, mas menor do que cerca de 4 MPa.

10 13. Pneu de acordo com as reivindicações 8, 9, ou 10, caracterizado pelo fato do Alongamento na Ruptura a 100°C ser maior do que cerca de 100 por cento para as mencionadas uma ou mais camadas construídas a partir de materiais tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico.

15 14. Pneu de acordo com as reivindicações 8, 9, ou 10, caracterizado pelo fato do Alongamento na Ruptura a 100°C ser maior do que cerca de 180 por cento para as mencionadas uma ou mais camadas construídas a partir de materiais tendo um primeiro módulo de cisalhamento dinâmico.

20 15. Pneu de acordo com as reivindicações 8, 9, ou 10, caracterizado pelo fato de cada uma das mencionadas primeira e segunda membranas compreenderem, adicionalmente, camadas de reforços de cordas substancialmente inextensíveis embutidas em uma camada de revestimento tendo um módulo de cisalhamento de elasticidade maior, ou igual à pelo menos o módulo de cisalhamento dinâmico total da mencionada camada de cisalhamento de compósito.

4/8

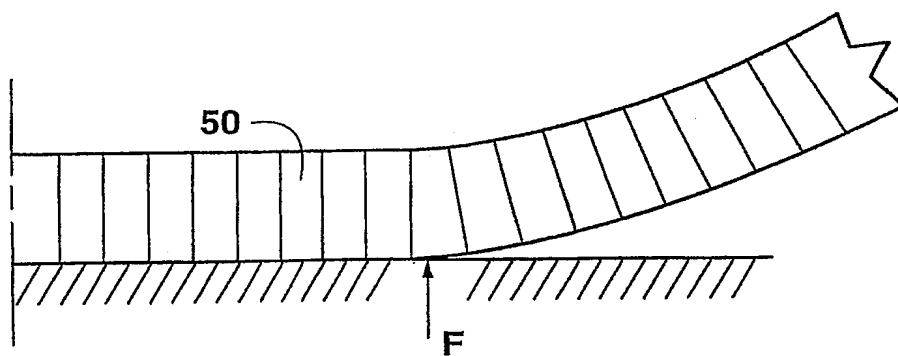


FIG. 1A

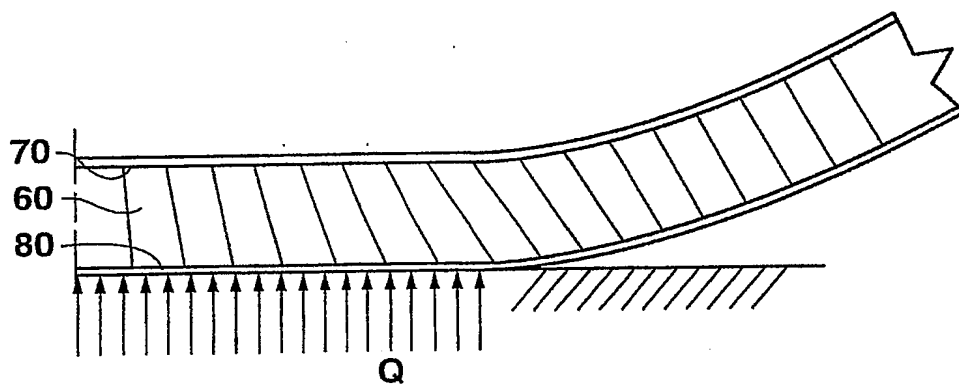


FIG. 1B

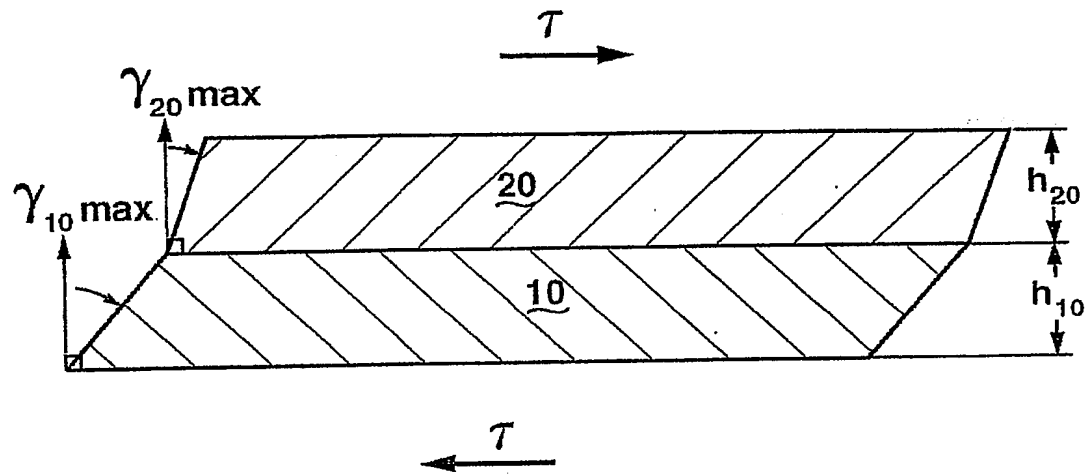
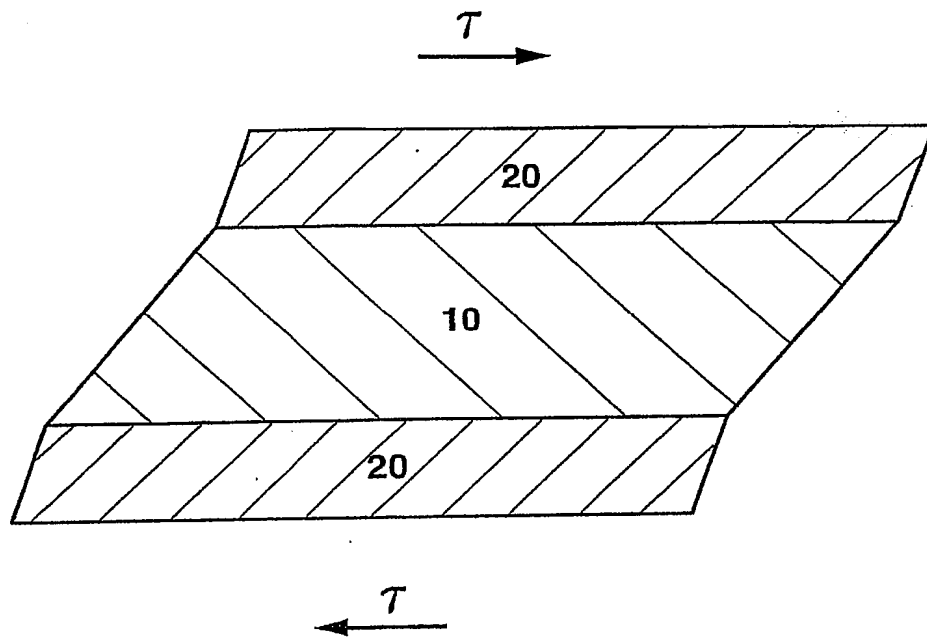
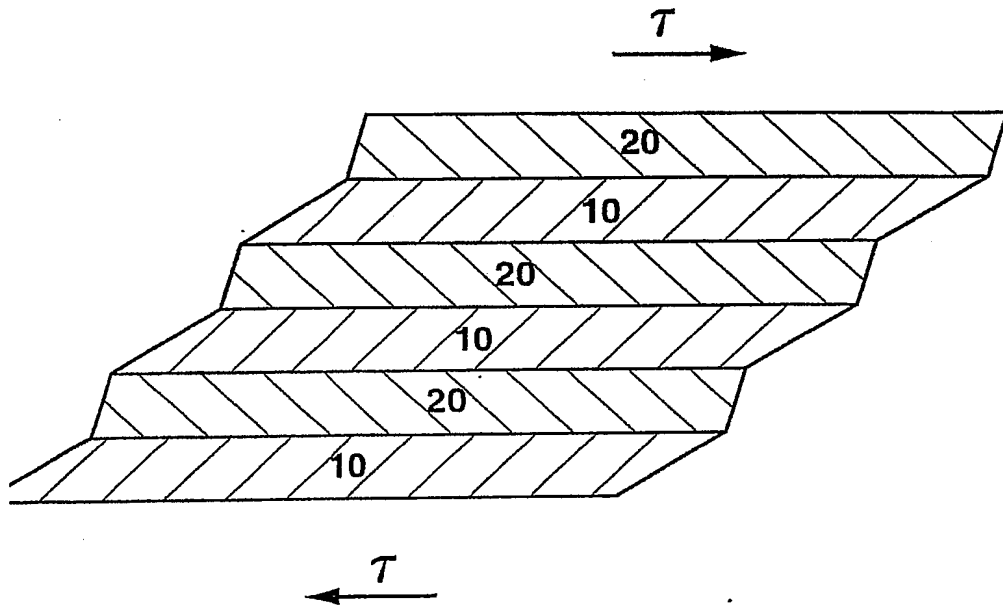


FIG. 2

**FIG. 3**

68

**FIG. 4**

50

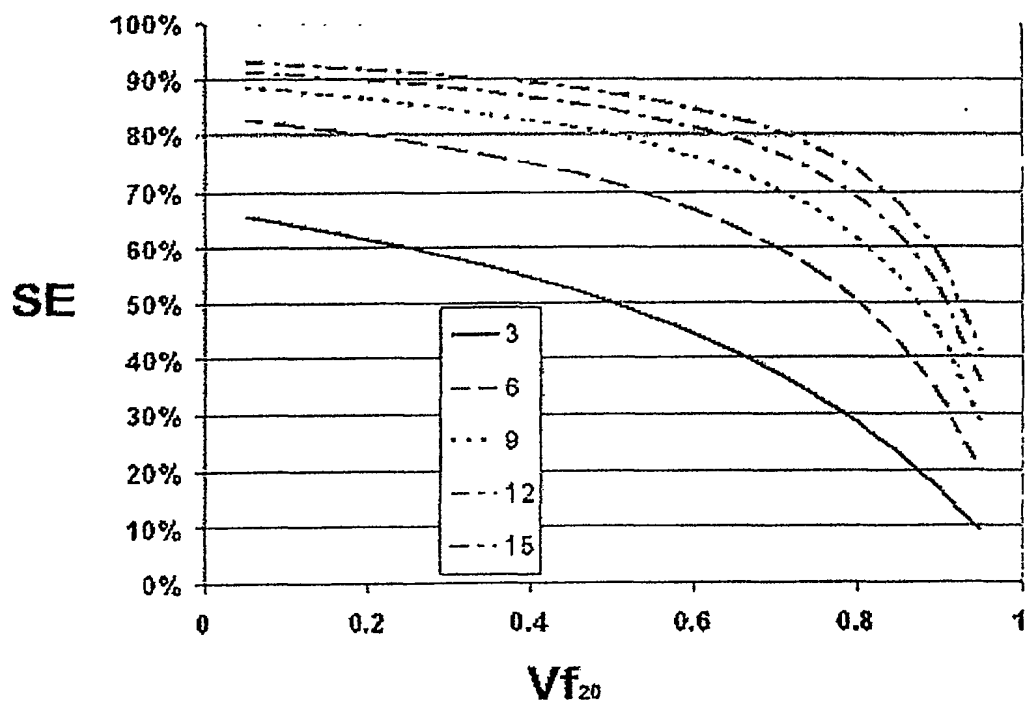


FIG. 5

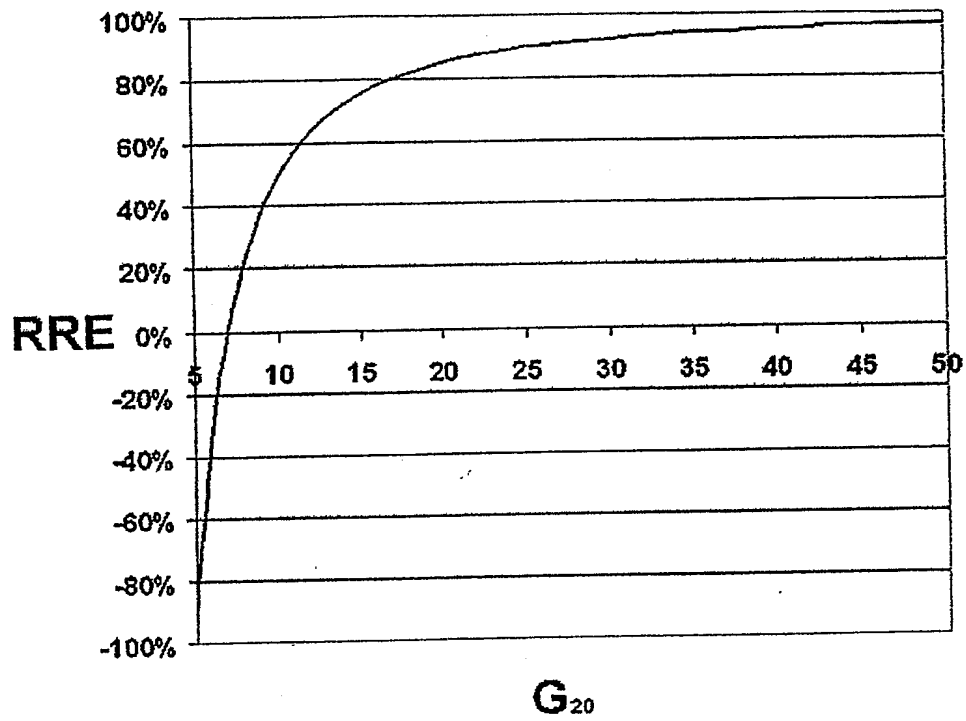
54
8

FIG. 6

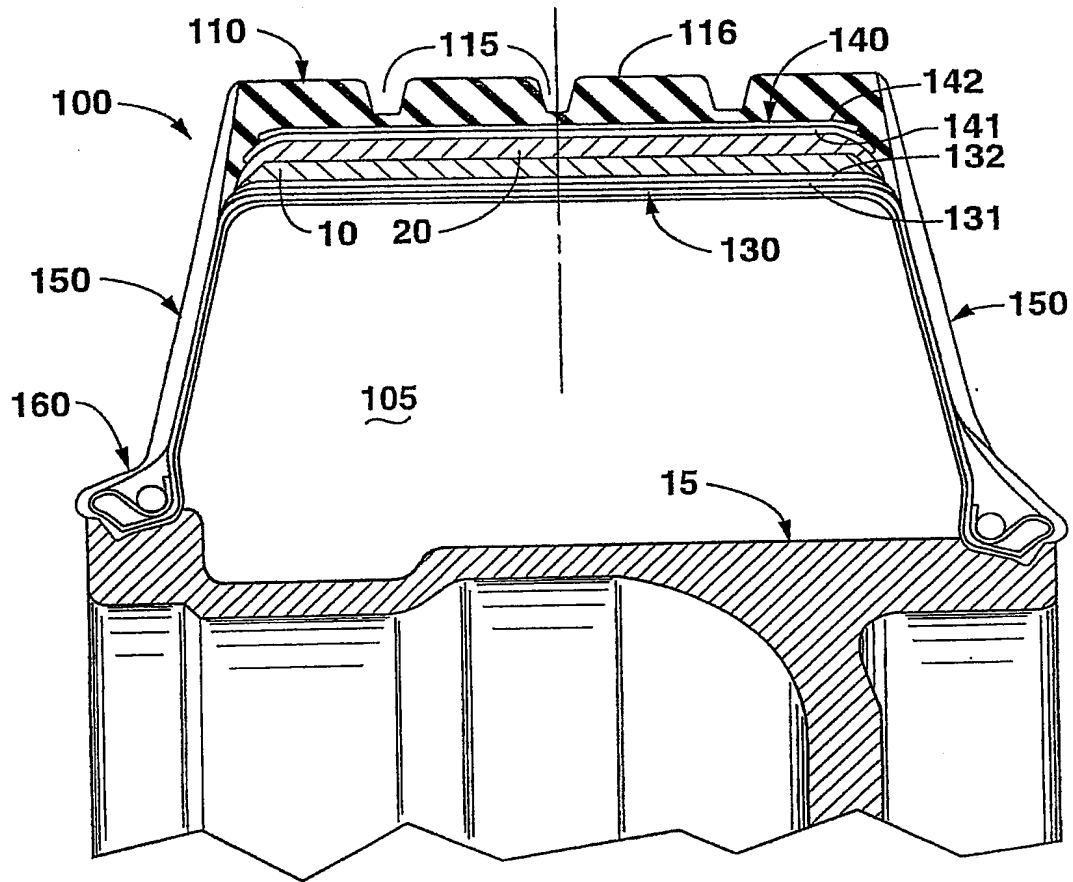
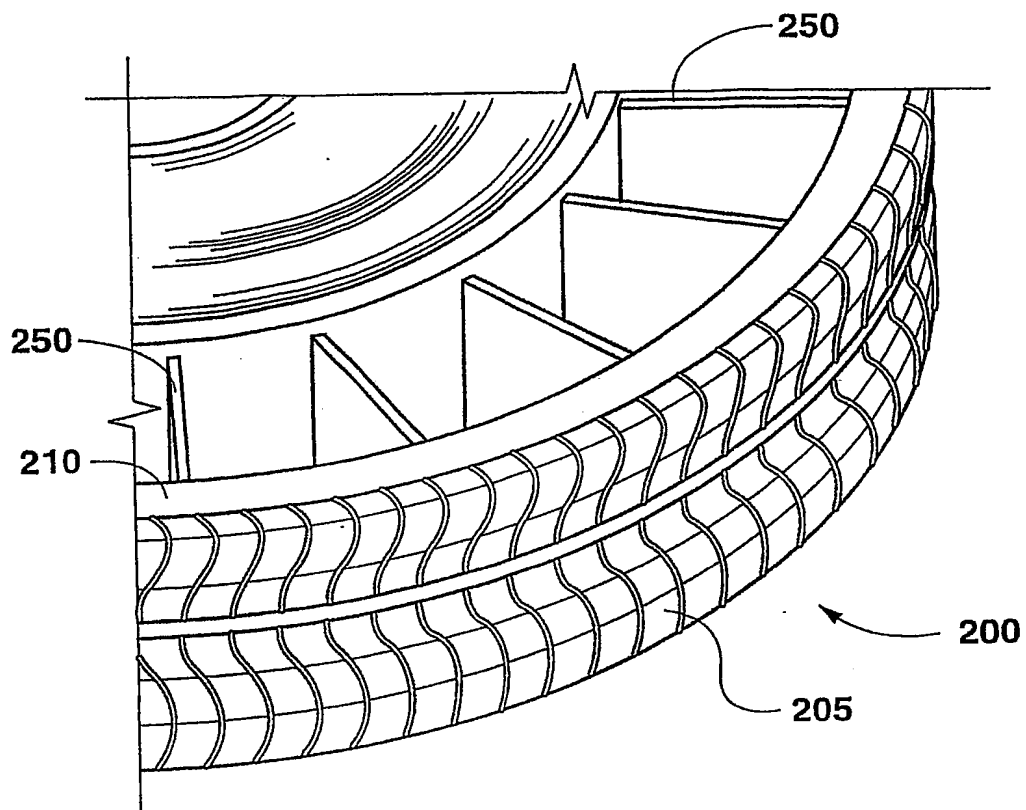


FIG. 7

**FIG. 8**

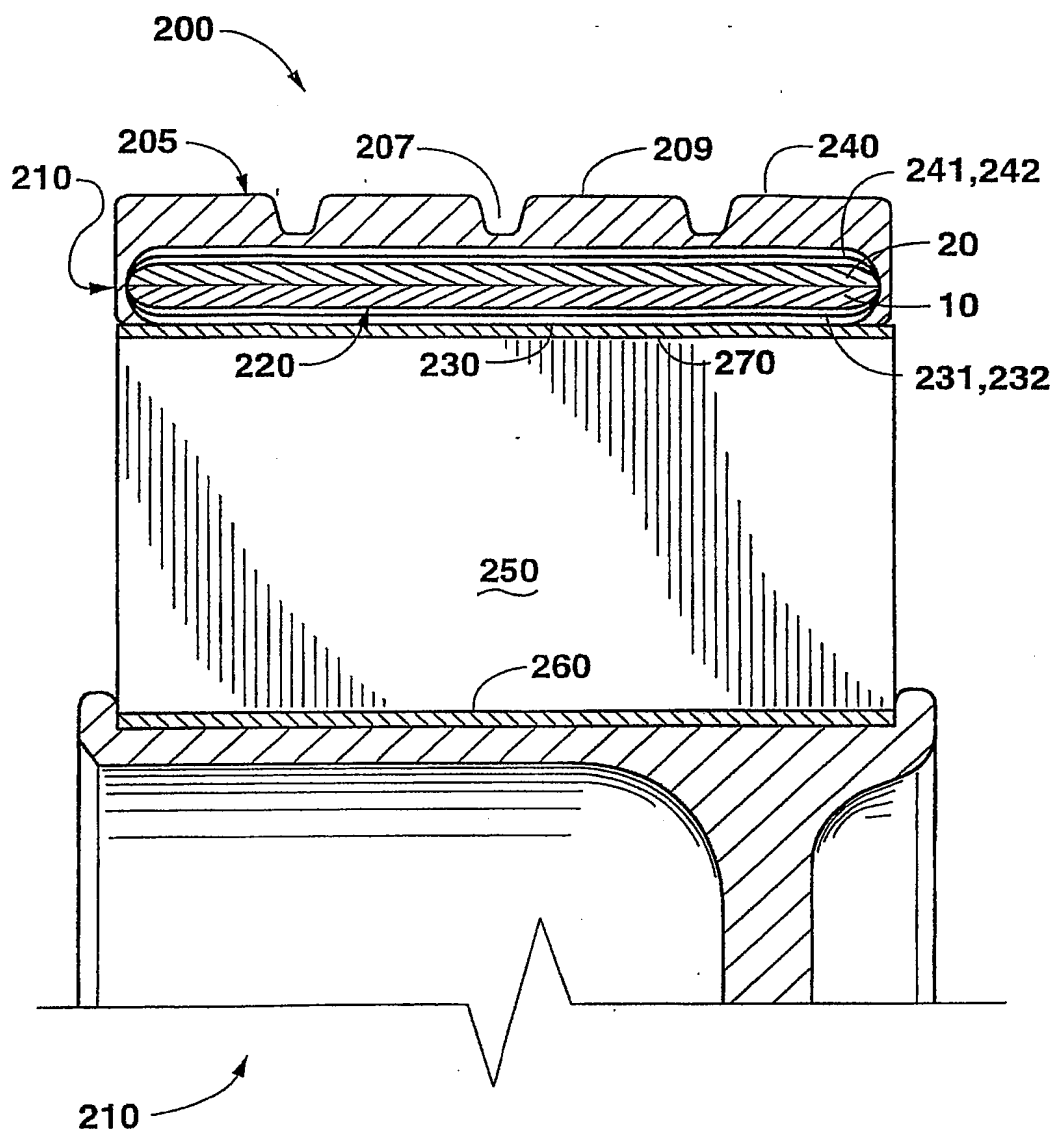


FIG. 9

RESUMO

“BANDA DE CISALHAMENTO, E, PNEU”

É provida uma banda de cisalhamento melhorada para uso em pneus não-pneumáticos, pneus pneumáticos, e em outras tecnologias. A banda de cisalhamento é construída como um compósito de camadas que são combinadas de uma maneira específica. Cada camada é construída a partir de um ou mais materiais tendo determinadas propriedades físicas selecionadas. As camadas são combinadas de maneira específica para criar um compósito tendo propriedades físicas e características de desempenho sobrepujando desejavelmente aquelas dos materiais individuais que formam as camadas. Quando usadas na construção do pneu, também podem ser obtidas melhorias na resistência ao rolamento.