

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 100**

51 Int. Cl.:

B60B 9/04 (2006.01)

B60B 9/00 (2006.01)

B60C 7/12 (2006.01)

B60C 7/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2008 E 12191788 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014 EP 2556968**

54 Título: **Llanta maciza sin aire basada en tensión**

30 Prioridad:

27.03.2007 US 691968

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.09.2014

73 Titular/es:

**RESILIENT TECHNOLOGIES, LLC (100.0%)
100 N. 72nd Avenue
Wausau, WI 54401, US**

72 Inventor/es:

**MANESH, ALI;
TERCHIA, MIKE;
ANDERSON, BRIAN;
MELISKA, BRIAN J.;
CERANSKI, FIDELIS y
AKINTEWE, OLUKEMI AYODEJI**

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 496 100 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Llanta maciza sin aire basada en tensión

5 Antecedentes de la invención

Campo de la Invención

La presente solicitud se refiere a una llanta, y más particularmente, a una llanta maciza sin aire.

10 Descripción de la técnica relacionada

15 Las llantas no neumáticas, o sin aire (NPT), históricamente se han comprendido en su mayor parte de una sustancia completamente maciza. Estas llantas macizas hacían el viaje más bien incómodo para los pasajeros y provocaban mayor daño a la suspensión de un vehículo, la cual tenía que compensar la falta de "flexibilidad" de una llanta maciza. Eventualmente, se descubrió que poner aire presurizado en las llantas da lugar a un viaje más cómodo. Sin embargo, junto con sus ventajas, las llantas neumáticas aún poseen algunos inconvenientes.

20 El material que encierra las llantas neumáticas convencionales es susceptible a dejar escapar el aire presurizado que trata de retener. Esto ocurre tanto por el escape alrededor del rin como, en menor escala, cuando el caucho de la llanta absorbe el oxígeno. Como resultado, la pérdida de presión provoca que la llanta se aplane en el área donde se aplica la carga, lo que con cada revolución somete una porción más grande de la llanta a la carga, y conduce a la degradación más rápida de la llanta. Más aún, una llanta dependiente del aire presurizado es susceptible a pincharse lo que conduce a la rápida liberación del aire presurizado.

25 Centradas en la eficacia del combustible, la seguridad y la comodidad de viaje, varias tentativas se han elaborado para abordar los problemas asociados con las llantas neumáticas a la vez que se mantienen sus ventajas sobre las llantas macizas sin aire. A manera de ejemplo, la solicitud publicada de Estados Unidos 2006/0113016 por Cron, y otros, y asignada a Michelin, describe una llanta maciza sin aire que comercialmente se conoce como Tweel™. En Tweel™, la llanta se combina con la rueda. Esta se conforma de cuatro partes que eventualmente se adhieren: la rueda, una sección de rayos, una banda anular reforzada que rodea la sección de rayos, y una porción de banda de rodamiento de caucho que hace contacto con el suelo.

30 Otras alternativas a las llantas neumáticas convencionales se han intentado, que incluyen la fabricación de llantas macizas de poliuretano en vez de caucho y materiales de refuerzo de suspensión dentro del poliuretano durante el moldeado. Otra alternativa es usar nervaduras internas elaboradas de un termoplástico que se refuerzan posteriormente con fibras de vidrio. Una tercera alternativa es usar un polímero electroactivo que tiene la capacidad de cambiar de forma cuando se le aplica una corriente eléctrica. Esto permite que la llanta cambie su forma o tamaño basada en las condiciones del camino mediante el uso del sistema eléctrico del automóvil.

35 EP0420033 describe un ejemplo de la técnica anterior de llantas no neumáticas que comprende las características del preámbulo de la reivindicación 1.

Resumen de la invención

45 De acuerdo con al menos un primer aspecto de la invención se proporciona una llanta maciza sin aire para soportar una carga aplicada de acuerdo con la reivindicación 1. En al menos una modalidad descrita en la presente, la llanta incluye un anillo interno que se une a una rueda que tiene un eje de rotación, un anillo externo, y una trama interconectada entre el anillo interno y el anillo externo. La trama interconectada puede fabricarse de un material que es relativamente más resistente a la tensión que a la compresión de tal manera que la porción de la trama entre la rueda y una región de la banda de rodamiento puede pandearse o someterse a una porción considerablemente más pequeña de la carga, si alguna, mientras que el resto de la carga puede distribuirse por la porción restante de la trama interconectada. En una modalidad, la trama interconectada puede unirse directamente a la rueda o a la capa con la banda de rodamiento.

55 La trama interconectada puede ser de una de múltiples formas posibles. En una modalidad, los elementos de la trama forman capas múltiples de aberturas generalmente poligonales que se entrelazan de manera que hay al menos dos capas adyacentes de aberturas separadas a diferentes distancias radiales entre sí cuando se observan en cualquier corte radial de la trama. Las aberturas de una capa pueden conformarse similarmente comparadas con las aberturas de al menos otra capa, pero pueden conformarse además de manera diferente. Además, las aberturas de una capa pueden conformarse similarmente a las otras aberturas en esa misma capa. Más aún, aunque las aberturas de una capa pueden conformarse similarmente a las aberturas de otra capa, pueden dimensionarse de manera diferente, de manera que las aberturas de una capa externa radialmente pueden ser más grandes o más pequeñas que las aberturas de una capa comparativamente interna en la dirección radial. En otra modalidad, las aberturas de una capa no se conforman similarmente a las aberturas en esa misma capa.

Una capa con la banda de rodamiento en el anillo externo puede comprender cintas de refuerzo y una capa del material de soporte, las cuales actúan como una capa de cizallamiento. Cuando una huella se forma por la llanta, el material de soporte entre las cintas de refuerzo se somete a una fuerza de corte. Así, la capa de soporte le proporciona a la capa con la banda de rodamiento una rigidez mayor.

De acuerdo con aún otra modalidad descrita en la presente, se proporciona una llanta maciza sin aire para soportar una carga aplicada, la llanta que tiene un componente generalmente cilíndrico que se sujeta a los componentes existentes de una rueda. Una trama interconectada y la superficie externa generalmente radial, que incluyen una capa de la banda de rodamiento, pueden moldearse en el componente cilíndrico, de manera que el componente cilíndrico, la trama, y la superficie externa generalmente radial puedan retirarse fácilmente de los componentes de rueda de la llanta para su reemplazo o mantenimiento.

De acuerdo con aún otra modalidad descrita en la presente, se proporciona una llanta maciza sin aire para soportar una carga aplicada, la llanta que tiene un componente generalmente cilíndrico que se une a una placa de rueda individual. Una trama interconectada y la superficie externa generalmente radial, que incluye una capa de banda de rodamiento, pueden moldearse en el componente cilíndrico, de tal manera que el componente cilíndrico, la trama, y la superficie externa generalmente radial pueden retirarse fácilmente de la placa de rueda de la llanta para su reemplazo o mantenimiento.

De acuerdo con aún otra modalidad descrita en la presente, se proporciona una llanta maciza sin aire para soportar una carga aplicada, la llanta que tiene una pared lateral unida directamente o conformada integralmente con una trama interconectada. La pared lateral puede tener una rigidez menor que esa de los elementos de trama interconectada de manera que la trama interconectada soporta la mayor parte de la carga de la llanta. La pared lateral puede flexionarse, o doblarse en los espacios entre los elementos de la trama interconectada.

De acuerdo con aún otra modalidad descrita en la presente, se proporciona una llanta maciza sin aire para soportar una carga aplicada, la llanta que tiene una pared lateral sólo parcialmente unida o conformada integralmente con una trama interconectada. La pared lateral puede tener una rigidez menor que esa de los elementos de la trama interconectada, y puede estar libre para flexionarse en aquellas áreas donde no se une a los elementos de la trama interconectada.

De acuerdo con aún otra modalidad descrita en la presente, se proporciona una llanta maciza sin aire para soportar una carga aplicada, la llanta que tiene una pared lateral parcialmente unida o conformada integralmente con una trama interconectada. La pared lateral puede tener forma "abovedada" o flexionada que facilita y desvía el doblado o la flexión de la pared lateral en una dirección prescrita fuera de la llanta.

Breve descripción de las figuras

Estas y otras características de las modalidades de la presente se harán más evidentes mediante la lectura de la descripción detallada que sigue y con referencia a las figuras acompañantes de las modalidades, en las cuales:

La Figura 1 es una vista frontal de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 2 es una vista frontal de la llanta maciza sin aire de la Figura 1 que se deforma cuando se somete a una carga.

La Figura 3 es una vista en perspectiva en sección de la llanta maciza sin aire no deformada tomada a lo largo de la línea 3-3 en la Figura 1.

La Figura 4 es una vista frontal de otra modalidad de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 5 es una vista frontal de aún otra modalidad de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 6 es una vista frontal de una modalidad adicional de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 7 es una vista frontal de aún otra modalidad de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 8 es una vista frontal de otra modalidad de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 9 es una vista frontal de aún otra modalidad de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 10 es una vista frontal de una modalidad adicional de una llanta maciza sin aire no deformada.

La Figura 11 es una vista en sección de una porción con banda de rodamiento de la técnica anterior unida a una llanta maciza sin aire tomada a lo largo de la línea 11-11 en la Figura 2.

La Figura 12 es una vista en sección de otra porción con banda de rodamiento unida a una llanta maciza sin aire tomada a lo largo de la línea 11-11 en la Figura 2.

La Figura 13 es una vista en sección de aún otra porción con banda de rodamiento unida a una llanta maciza sin aire tomada a lo largo de la línea 11-11 en la Figura 2.

La Figura 14 es una vista en perspectiva de una modalidad de una llanta maciza sin aire no deformada con segmentos desplazados circunferencialmente.

La Figura 15 es una vista en perspectiva en sección de la llanta maciza sin aire no deformada tomada a lo largo de

la línea 15-15 en la Figura 14.

La Figura 16 es una vista frontal de la llanta maciza sin aire no deformada como se ve desde la línea 16-16 en la Figura 14.

La Figura 17 es una vista en perspectiva de la llanta maciza sin aire de la Figura 1.

5 La Figura 18 es una vista ampliada, en corte de la trama interconectada de la llanta maciza sin aire de la Figura 17.

La Figura 19 es una vista en sección transversal de una modalidad de la capa de cizallamiento de una llanta maciza sin aire.

La Figura 20 es una vista en sección transversal de una modalidad de la capa de cizallamiento de una llanta maciza sin aire.

10 La Figura 21 es una vista en perspectiva de una modalidad de una llanta maciza sin aire que incorpora un cilindro y dos componentes de rueda.

La Figura 22 es una vista en despiece de la modalidad de la Figura 21.

La Figura 23 es una vista en perspectiva de una modalidad de una llanta maciza sin aire que incorpora un cilindro y una placa de rueda.

15 La Figura 24 es una vista en despiece de la modalidad de la Figura 23.

La Figura 25 es una vista en perspectiva de una modalidad de una llanta maciza sin aire, que incluye una pared lateral integrada con la trama interconectada.

La Figura 26 es una vista lateral izquierda de la pared lateral en la Figura 25.

20 La Figura 27 es una vista en perspectiva de una modalidad de una llanta maciza sin aire, que incluye una pared lateral integrada con la trama interconectada.

La Figura 28 es una vista lateral izquierda de la pared lateral en la Figura 27.

La Figura 29 es una comparación gráfica de las tensiones relativas en la llanta maciza sin aire basada en tensión con respecto al porcentaje de la llanta que experimenta esa tensión comparada con otra llanta maciza sin aire basada en tensión.

25 La Figura 30 es una comparación gráfica de las deformaciones relativas en la llanta maciza sin aire basada en tensión con respecto al porcentaje de la llanta que experimenta esa deformación comparada con otra llanta maciza sin aire basada en tensión.

30 Descripción detallada de las modalidades preferidas

Las Figuras 1, 2 y 3 ilustran una modalidad de una llanta maciza sin aire 10 que tiene ciertas características y ventajas de acuerdo con una modalidad de la presente invención. En la modalidad ilustrada, la llanta maciza sin aire 10 comprende un anillo interno generalmente anular 20 que se acopla a una rueda 60 a la cual se monta la llanta 10. La rueda 60 tiene un eje de rotación 12 alrededor del cual gira la llanta 10. El anillo interno generalmente anular 20 comprende una superficie interna 23 y una superficie externa 24 y puede fabricarse de polímeros reticulados o no reticulados. En una modalidad, el anillo interno generalmente anular 20 puede fabricarse de un material termoplástico tal como un elastómero termoplástico, un uretano termoplástico o una vulcanización termoplástica. En otra modalidad, el anillo interno generalmente anular 20 puede fabricarse de caucho, poliuretano, y/u otro material adecuado. En esta solicitud, el término "polímero" significa polímeros reticulados o no reticulados.

40 Para las cargas aplicadas L, más pequeñas, el anillo interno generalmente anular 20 puede acoplarse adhesivamente con la rueda 60 o puede experimentar algún cambio de su estructura química que le permite adherirse a la rueda 60. Para cargas aplicadas L, más grandes, el anillo interno generalmente anular 20 puede acoplarse a la rueda 60 por medio de alguna forma de una conexión mecánica tal como un ajuste coincidente, aunque una conexión mecánica pueda usarse también para soportar cargas más pequeñas. El acoplamiento mecánico puede proporcionar tanto a la rueda 60 como al anillo interno generalmente anular 20 resistencia extra para soportar la carga aplicada L, más grande. Además, una conexión mecánica tiene la ventaja adicional de facilitar el intercambio. Por ejemplo, si la llanta maciza sin aire 10 debe sustituirse, el anillo interno generalmente anular 20 puede separarse de la rueda 60 y sustituirse. La rueda 60 puede montarse de nuevo después al eje del vehículo, lo que permite que la rueda 60 sea reutilizable. En otra modalidad, el anillo interno 20 puede conectarse a la rueda 60 por una combinación de una conexión mecánica y adhesiva.

55 Con referencia continua a las Figuras 1, 2 y 3, la llanta maciza sin aire 10 comprende además un anillo externo generalmente anular 30 que rodea una trama interconectada 40 (se discute más abajo). El anillo externo 30 puede configurarse para deformarse en un área alrededor y que incluye una región de banda de rodamiento 32 (ver la Figura 2), que disminuye la vibración y aumenta la comodidad del viaje. Sin embargo, dado que en algunas modalidades la llanta maciza sin aire 10 no tiene una pared lateral, el anillo externo generalmente anular 30, combinado con la trama interconectada 40, puede añadir además rigidez lateral a la llanta 10 de manera que la llanta 10 no se deforma inaceptablemente en las porciones fuera de la región de banda de rodamiento 32.

60 En una modalidad, el anillo interno generalmente anular 20 y el anillo externo generalmente anular 30 se fabrican del mismo material que la trama interconectada 40. El anillo interno generalmente anular 20 y el anillo externo generalmente

anular 30 y la trama interconectada 40 pueden fabricarse por moldeado por compresión o inyección, de polímero moldeable, o cualquier otro método generalmente conocido en la técnica y pueden formarse al mismo tiempo de manera que su unión se forma por el material que comprende el enfriamiento y fraguado del anillo interno 20, del anillo externo 30 y de la trama interconectada 40.

5 Como se muestra en las Figuras 1, 2 y 3, la trama interconectada 40 de la llanta maciza sin aire 10 conecta el anillo interno generalmente anular 20 al anillo externo generalmente anular 30. En la modalidad ilustrada, la trama interconectada 40 comprende al menos dos capas radialmente adyacentes 56, 58 de los elementos de trama 42 que definen una pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50. En otras palabras, con al menos dos capas adyacentes 56, 58, un corte a través de cualquier porción radial de la llanta maciza sin aire 10 que se extiende desde el eje de rotación 12 al anillo externo generalmente anular 30 atraviesa o cruza al menos dos aberturas generalmente poligonales 50. Las aberturas poligonales 50 pueden formar diversas formas, algunas de las cuales se muestran en las Figuras 4-10. En muchas modalidades, la mayor parte de las aberturas generalmente poligonales 50 pueden ser de forma generalmente hexagonal con seis lados. Sin embargo, es posible que cada una de la pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50, tenga al menos tres lados. En una modalidad, la pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 es generalmente de forma hexagonal o de forma hexagonal circunferencialmente separada por aberturas que son generalmente de forma trapezoidal, como puede observarse en la Figura 1, que da a la trama interconectada 40 una forma que puede asemejarse a un panal.

20 Un intervalo preferido de ángulos entre dos elementos cualquiera de la trama interconectada (al ir radialmente desde la porción de banda de rodamiento de la llanta hacia la rueda) puede ser de entre 80 y 180 grados (Ver, por ejemplo, los elementos de trama de la Figura 1). Otros intervalos también son posibles.

25 Con referencia continua a la modalidad ilustrada de las Figuras 1, 2 y 3, la trama interconectada 40 puede disponerse de tal manera que un elemento de trama 42 se conecte al anillo interno generalmente anular 20 en cualquier punto o línea dados a lo largo del anillo interno generalmente anular 20 de tal manera que haya un primer juego de conexiones 41 a lo largo del anillo interno generalmente anular 20. Igualmente, un elemento de trama 42 puede conectarse con el anillo externo generalmente anular 30 a cualquier punto o línea dados a lo largo de una superficie interna 33 del anillo externo generalmente anular 30 de tal manera que haya un segundo juego de conexiones 43 a lo largo del anillo externo generalmente anular 30. Sin embargo, más de un elemento de trama 42 puede conectarse al anillo interno generalmente anular 20 o al anillo externo generalmente anular 30 en cualquier punto o línea dados.

35 Como se muestra en las Figuras 4-10, la trama interconectada 40 puede comprender además las intersecciones 44 entre los elementos de trama 42 a fin de distribuir la carga aplicada, L, por toda la trama interconectada 40. En estas modalidades ilustradas, cada intersección 44 une al menos tres elementos de trama 42. Sin embargo, en otras modalidades, las intersecciones 44 pueden unir más de tres elementos de trama 42, lo cual puede ayudar a distribuir adicionalmente las tensiones y las deformaciones experimentadas por los elementos de trama 42.

40 Con referencia continua a las Figuras 4-10, los elementos de trama 42 pueden inclinarse con relación a un plano radial 16 que contiene el eje de rotación 12 que atraviesa además el elemento de trama 42. Al inclinar los elementos de trama 42, la carga aplicada, L, que generalmente se aplica perpendicularmente al eje de rotación 12, puede aplicarse excéntricamente a los elementos de trama 42. Esto puede crear una componente giratoria o de flexión de una carga aplicada en cada elemento de trama 42, lo que facilita el pandeo de los elementos de trama 42 sometidos a una carga compresiva. Los elementos de trama situados de manera similar 42 pueden todos inclinarse en aproximadamente la misma magnitud y en la misma dirección con relación a los planos radiales 16. Preferentemente, sin embargo, los elementos de trama circunferencialmente consecutivos 42, que excluyen los elementos de trama tangenciales 45, de una capa de la pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 se inclinan en aproximadamente la misma magnitud pero medida en sentidos contrarios sobre los planos radiales de tal manera que los elementos de trama 42 sean generalmente imágenes especulares mutuas sobre el plano radial 16.

50 Cada una de las aberturas dentro de la pluralidad de aberturas tubulares generalmente poligonales 50 puede, pero no se requiere, ser de forma similar. La Figura 7, por ejemplo muestra una primera pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 que es de forma diferente de una segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales 51. En esta modalidad, al menos una abertura de la primera pluralidad de aberturas poligonales generales 50 puede ser más pequeña que al menos una abertura de la segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales 51. La Figura 7 también muestra que cada abertura generalmente poligonal en la primera pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 tiene un límite interno 57 separado una distancia radial, R_1 , del eje de rotación 12 y cada abertura generalmente poligonal en la segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales 51, tiene un segundo límite interno 59 separado una distancia radial, R_2 , que puede ser mayor que R_1 , del eje de rotación 12.

60 El número de aberturas 50 dentro de la trama interconectada 40 puede variar. Por ejemplo, la trama interconectada 40 puede tener cinco aberturas diferentemente dimensionadas en un patrón repetido 16 veces para un total de 80 celdas,

tal como en la Figura 1. En aún otras modalidades, pueden usarse otros números de aberturas 50 diferentes de 16. Por ejemplo, en las modalidades preferidas la trama interconectada 40 podría incluir entre 12-64 patrones de celdas. Otros números fuera de este intervalo también son posibles.

5 Como se muestra en las Figuras 7 y 8, las aberturas en una capa radialmente interna 56 pueden conformarse similarmente en comparación con aquellas en una capa radialmente externa 58, pero pueden dimensionarse
 10 diferentemente de aquellas aberturas de tal manera que las aberturas generalmente poligonales 50 aumenten en tamaño cuando se va de una abertura a otra en una dirección radialmente hacia afuera. Sin embargo, de vuelta a la Figura 10, una segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales 51 en una capa radialmente externa 58
 también pueden ser más pequeñas que aquellas en una primera pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 en una capa radialmente interna 56. Además, la segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales puede ya
 sea separarse circunferencialmente entre sí por una tercera pluralidad de aberturas generalmente poligonales 53 o puede ser más numerosa que la primera pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50, o pueden combinar
 15 ambas características.

Como se indicó anteriormente, las Figuras 1-9 muestran varias variaciones de una pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 que se conforman generalmente hexagonales. Como se muestra, estas aberturas pueden ser simétricas en una dirección o en dos direcciones, o, en otra modalidad, no son simétricas. Por ejemplo, en la Figura 1, los planos de simetría radiales 14 bisecan varias aberturas generalmente poligonales 50 de la pluralidad. Esas aberturas son
 20 generalmente simétricas respecto a los planos de simetría radiales 14. Sin embargo, la trama interconectada 40 de la llanta 10 también puede ser generalmente simétrica en conjunto sobre planos de simetría radiales. En la comparación, una segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales 14 puede ser generalmente simétrica sobre los planos de simetría radiales similares 14. Además, como se muestra en las Figuras 7-8, una segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales puede ser generalmente simétrica sobre líneas tangentes a un cilindro comúnmente centrado con el eje de rotación 12, que proporciona un segundo grado de simetría.

Los elementos de trama 42 pueden tener longitudes que varían considerablemente de una modalidad al otro o dentro de la misma modalidad. Por ejemplo, la trama interconectada 40 en la Figura 7 comprende elementos de trama 42 que son generalmente más cortos que los elementos de trama de la trama interconectada mostrada en la Figura 6. Como resultado, la trama interconectada 42 puede parecer más densa en la Figura 7, con más elementos de trama 42 y más aberturas generalmente poligonales 50 en un arco dado de la llanta 10. En la comparación, ambas Figuras 9 y 10 muestran tramas interconectadas 40 cuyos elementos de trama 42 varían sustancialmente de longitud dentro de la misma trama interconectada. En la Figura 9, los elementos de trama radialmente hacia adentro 42 son generalmente más cortos que los elementos de trama 42 ubicados comparativamente radialmente hacia afuera. Sin embargo, la
 35 Figura 10 muestra elementos de trama radialmente hacia adentro 42 que son sustancialmente más largos que sus elementos de trama radialmente hacia afuera 42. Como resultado, la trama interconectada 40 de la Figura 9 parece más densa hacia adentro que la trama interconectada 42 de la Figura 10.

Al seguir con la Figura 10, se muestra una trama interconectada 40 de tal manera que los elementos de trama 42 definen una capa radialmente interna 56 de aberturas generalmente poligonales 50 que es considerablemente más grande que una capa radialmente externa 58 de aberturas generalmente poligonales 50. La capa radialmente interna 56 puede comprender aberturas en forma de cuñas alternativas 55 que pueden ser o no de forma similar. Como se muestra, la segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales 51 puede separarse de la primera pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 por un elemento de trama generalmente continuo 42 de la trama interconectada 40 separado a una distancia radial generalmente constante del eje de rotación 12. El elemento de trama generalmente continuo, generalmente constante 42 puede ayudar a proporcionar rigidez adicional a la llanta maciza sin aire 10 en las regiones que son resistentes a la deformación.

Con referencia nuevamente a la Figura 2, la combinación de la geometría de la trama interconectada 40 y el material elegido en la trama interconectada 40 puede permitir que una carga aplicada, L, se distribuya por todos los elementos de trama 42. Dado que los elementos de trama 42 son preferentemente relativamente delgados y pueden fabricarse de un material que es relativamente débil en la compresión, aquellos elementos 42 que se someten a fuerzas de compresión pueden tener una tendencia a pandearse. Estos elementos están generalmente entre la carga aplicada, L, que generalmente atraviesa el eje de rotación 12 y la región de la banda de rodamiento 32 y se representan como la sección pandeada 48 en la Figura 2.
 55

En una modalidad, unos o todos los elementos de trama 42 pueden proporcionarse con secciones adelgazadas o debilitadas (por ejemplo, previamente dobladas) de tal manera que los elementos de trama 42 preferentemente se doblan y/o se desvían para doblarse en una cierta dirección. Por ejemplo, en una modalidad, los elementos de trama se desvían de tal manera que se doblen generalmente en una dirección hacia afuera. De esta manera, los elementos de trama no hacen contacto ni rozan entre sí cuando se pandean. Además, la posición de la porción debilitada o adelgazada puede usarse para controlar la ubicación de la flexión o pandeo para evitar tal contacto.
 60

5 Cuando se produce el pandeo, los elementos de trama restantes 42 pueden experimentar una fuerza de tracción. Son estos los elementos de trama 42 que soportan la carga aplicada L. Aunque relativamente delgados, debido a que los elementos de trama 42 pueden tener un elevado módulo de tracción, E, pueden tener una menor tendencia a deformarse pero en cambio pueden ayudar a mantener la forma de la capa con la banda de rodamiento 70. De esta forma, la capa con la banda de rodamiento 70 puede soportar la carga aplicada L en la llanta 10 cuando la carga aplicada L se transmite por la tensión a través de los elementos de trama 42. La capa con la banda de rodamiento 70, por su parte, actúa como un arco y proporciona soporte. En consecuencia, la capa con la banda de rodamiento 70 es preferentemente suficientemente rígida para soportar los elementos de trama 42 que están en tensión y que soportan la carga L. Preferentemente una cantidad sustancial de dicha carga aplicada L se soporta por la pluralidad de dichos elementos de trama que trabajan en tensión. Por ejemplo, en una modalidad, al menos el 75% de la carga se soporta en tensión, en otra modalidad al menos el 85% de la carga se soporta en tensión y en otra modalidad al menos el 95% de la carga se soporta en tensión. En otras modalidades, menos del 75% de la carga puede soportarse en tensión.

15 Aunque el anillo interno generalmente anular 20, el anillo externo generalmente anular 30, y la trama interconectada 40 pueden comprender el mismo material; todos pueden tener diferentes grosores. Es decir, el anillo interno generalmente anular puede tener un primer grosor, t_i , el anillo externo generalmente anular puede tener un segundo grosor, t_o , y la trama interconectada puede tener un tercer grosor, t_g . Como se muestra en la Figura 1, en una modalidad, el primer grosor t_i puede ser menor que el segundo grosor t_o . Sin embargo, el tercer grosor, t_g , puede ser menor que el primer grosor, t_i o el segundo grosor t_o . Esta disposición ilustrada se prefiere actualmente dado que un elemento de trama más delgado 42 se pandeo más fácilmente cuando se somete a una fuerza de compresión mientras que un anillo interno generalmente anular 20 y el anillo externo generalmente anular 30 relativamente más gruesos pueden ayudar de manera favorable a mantener la rigidez lateral de la llanta maciza sin aire 10 en una región no pandeada al resistir mejor la deformación.

25 El grosor, t_g , de los elementos de trama 42 puede variar, en dependencia de los requisitos de capacidad de carga predeterminados. Por ejemplo, cuando la carga aplicada, L, aumenta, los elementos de trama 42 pueden aumentar de grosor, t_g , para proporcionar la resistencia a la tracción aumentada, lo que reduce el tamaño de las aberturas en la pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50. Sin embargo, el grosor, t_g no debería aumentar demasiado como para inhibir el pandeo de aquellos elementos de trama 42 sometidos a una carga compresiva. Como con la elección del material, el grosor, t_g puede aumentar considerablemente con los aumentos de la carga aplicada L. Por ejemplo, en ciertas modalidades no limitantes, cada elemento de trama 42 de la trama interconectada 40 puede tener un grosor, t_g entre aproximadamente 0.04 pulgadas y 0.1 pulgadas de grosor para cargas de llanta de aproximadamente 0-1000 libras, entre aproximadamente 0.1 y 0.25 pulgadas de grosor para cargas de aproximadamente 500-5000 libras, y entre 0.25 y 0.5 pulgadas de grosor para cargas de aproximadamente 2000 libras o mayores. Los expertos en la técnica reconocerán que estos grosores pueden disminuirse o aumentarse en modalidades modificadas.

40 Además de los elementos de trama 42 que generalmente se inclinan con relación a los planos radiales 16 que pasan por el eje de rotación 12, la trama interconectada 40 puede incluir además los elementos de trama tangenciales 45, como se muestra en las Figuras 1-9. Los elementos de trama tangenciales 45 pueden orientarse de tal manera que se alinean generalmente con las tangentes a cilindros o círculos centrados en el eje de rotación 12. Los elementos de trama tangenciales 45 se prefieren porque ayudan a distribuir la carga aplicada L. Por ejemplo, cuando la carga aplicada L, se aplica, los elementos de trama 42 en una región por encima del eje de rotación superior 12 se someten a una fuerza de tracción. Sin los elementos de trama tangenciales 45, la trama interconectada 40 puede tratar de deformarse al hacer que los otros elementos de trama 42 se enderecen, con lo que se orientan en una dirección generalmente radial, que resulta en concentraciones de tensión en áreas localizadas. Sin embargo, al orientarse en una dirección generalmente tangencial, los elementos de trama tangenciales 45 distribuyen la carga aplicada, L por todo el resto de la trama interconectada 40, que minimiza por este medio las concentraciones de tensión.

50 Al seguir con las Figuras 1-9 se muestra la pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50 en donde cada una de las aberturas generalmente poligonales 50 de dicha pluralidad se orienta radialmente. Como se indicó anteriormente, las aberturas generalmente poligonales 50 pueden orientarse de tal manera que sean simétricas respecto a los planos de simetría radiales 14 que pasan por el eje de rotación 12. Esta disposición puede facilitar la instalación al permitir que la llanta 10 funcione aún correctamente incluso si se instala al revés debido a que debe comportarse de la misma manera independientemente de la orientación en que se instale.

60 Como se muestra en la Figura 1, el anillo externo generalmente anular 30 puede tener una superficie externa radialmente 34 a la cual se une una capa con la banda de rodamiento 70. La unión puede llevarse a cabo mediante adhesivo o mediante el uso de otros métodos comúnmente disponibles en la técnica. Además, como se ve en las Figuras 11-13, la capa con la banda de rodamiento 70 puede comprender cintas de refuerzo incorporadas 72 para añadir rigidez total aumentada a la llanta maciza sin aire 10 en donde la incorporación de las cintas de refuerzo 72 se realiza de acuerdo con los métodos comúnmente disponibles en la técnica. Las cintas de refuerzo 72 pueden fabricarse

de acero o de otros materiales de refuerzo.

5 Las Figuras 11-13 muestran varios ejemplos posibles de la disposición de las cintas de refuerzo 72 en la capa con la banda de rodamiento 70. La Figura 11 es una versión que muestra una banda de rodamiento 74 en la porción radial más externa de la llanta 10. Al ir radialmente hacia adentro hay una pluralidad de cintas de refuerzo 72a, una capa del material de soporte 76, que forma una capa de cizallamiento, y una segunda pluralidad de cintas de refuerzo 72b. En esta modalidad, las cintas de refuerzo 72a, 72b se disponen de manera que cada cinta está a una distancia radial generalmente constante desde el eje de rotación 12.

10 De vuelta a la modalidad de la Figura 12, se muestra una capa con la banda de rodamiento 70 similar a esa de la Figura 11. Sin embargo, la modalidad de la Figura 12 muestra la capa del material de soporte 76 que se biseca aproximadamente en una dirección generalmente radial por al menos una cinta de refuerzo transversal 72c. El material de soporte 76 puede ser un caucho, poliuretano o un compuesto similar que cuando se forma una huella por la llanta, el material de soporte 76 entre las cintas de refuerzo 72 se somete a una fuerza de corte. Así, la capa de soporte 76
15 proporciona mayor rigidez a la capa con la banda de rodamiento 70.

La capa con la banda de rodamiento 70 de la Figura 13 se asemeja a esa de la Figura 11 pero comprende dos agrupaciones adicionales de las cintas de refuerzo 72. Además de la pluralidad de cintas de refuerzo generalmente constante en la dirección radial 72a, 72b, la capa con la banda de rodamiento 70 en la Figura 13 incluye cintas de refuerzo transversales 72d, 72e. Las cintas de refuerzo transversales 72d, 72e incluyen al menos una cinta de refuerzo 72d próxima a una superficie interna longitudinalmente y al menos una cinta de refuerzo 72e próxima a una superficie externa longitudinalmente, de tal manera que las cintas de refuerzo 72a, 72b, 72d, 72e generalmente encierran la capa del material de soporte 76 en una forma de caja generalmente rectangular.

25 Las cintas de refuerzo 72 y el material de soporte 76 como se describió anteriormente generalmente forman una capa de cizallamiento. Cuando se forma una huella por la llanta, el material de soporte 76 entre las cintas de refuerzo se somete a una fuerza de corte. Así, la capa de soporte 75 proporciona mayor rigidez a la capa con la banda de rodamiento.

30 En una modalidad, la capa de cizallamiento (de material de soporte) 76 tiene un grosor que está en el intervalo de aproximadamente 0 pulgadas (es decir, ninguna capa de cizallamiento) hasta aproximadamente 1 pulgada de grosor (como se mide a lo largo de un radio que se extiende desde el eje de rotación). En otras aplicaciones de carga pesada, la capa de cizallamiento 76 puede tener un grosor mayor que 1 pulgada.

35 La trama interconectada 40, el anillo interno generalmente anular 20 y el anillo externo generalmente anular 30 pueden moldearse todos a la vez para producir un producto que tiene un ancho o profundidad de la llanta maciza sin aire terminada. Sin embargo, la trama interconectada 40, el anillo interno generalmente anular 20 y el anillo externo generalmente anular 30 pueden fabricarse en etapas y ensamblarse después como se observa en las modalidades de las Figuras 14-16. En estas figuras, cada segmento 18 tiene una trama interconectada 40 que tiene el mismo patrón que
40 la llanta maciza sin aire 10 de la Figura 1.

La Figura 14 muestra una vista en perspectiva de una modalidad donde la llanta 10 comprende una pluralidad de segmentos 18. Cada segmento 18 puede tener un ancho generalmente uniforme, W_s , pero también pueden tener diferentes anchos en modalidades modificadas. Los segmentos 18 pueden fabricarse del mismo molde para producir tramas interconectadas generalmente idénticas 40, pero también pueden fabricarse de diferentes moldes para producir patrones variables de las tramas interconectadas 40. Además, como se ve en las Figuras 14, 15 y 16, los segmentos 18 pueden desplazarse circunferencialmente entre sí de manera que una pluralidad de aberturas generalmente poligonales 50a de un segmento 18 no se alinee generalmente con una pluralidad de aberturas generalmente poligonales de forma similar 50b de un segmento adyacente radialmente 19. Los segmentos pueden alternar de manera que cada otro segmento 18 se alinee generalmente. En otra modalidad, los segmentos no se alternan. La Figura 15 muestra una modalidad que tiene siete segmentos 18, donde el primero, el tercero, el quinto y el séptimo segmentos 18a, 18c, 18e y 18g generalmente se alinean entre sí, el segundo, el cuarto y el sexto segmentos 18b, 18d, y 18f se alinean generalmente entre sí, pero los dos grupos de segmentos no se alinean generalmente en conjunto. Además, la Figura 15 es una vista en corte que muestra dos segmentos adyacentes radialmente 18, 19 que no se alinean generalmente.
50 Esta orientación de apilamiento puede ayudar con el pandeo alrededor de la región de banda de rodamiento 32, puede disminuir la vibración y el ruido, y puede proporcionar mayor rigidez a la torsión para la llanta maciza sin aire 10.

La elección de los materiales usados para la trama interconectada 40 puede ser una consideración importante. En una modalidad, el material que se usa se pandeará fácilmente en la compresión, pero será capaz de soportar la carga requerida en la tensión. Preferentemente, la trama interconectada 40 se fabrica de un polímero entrecruzado o no entrecruzado, tal como un elastómero termoplástico, un uretano termoplástico, o una vulcanización termoplástica. Más generalmente, en una modalidad, la trama interconectada 40 puede fabricarse preferentemente de un material
60

relativamente duro que tiene una medición de durómetro de aproximadamente 80A-95A, y en una modalidad 92A (40D) con un elevado módulo de tracción, E, de aproximadamente 21 MPa o aproximadamente 3050 psi o en otras modalidades entre aproximadamente 3000 psi a aproximadamente 8000 psi. Sin embargo, el módulo de tracción puede variar considerablemente para el caucho u otros materiales elastoméricos, de manera que esta es una aproximación muy general. Además, los requisitos de durómetro y del módulo de tracción pueden variar enormemente con los requisitos de la capacidad de carga.

Los materiales poliméricos mencionados anteriormente para la trama interconectada 40, el anillo interno 20, y/o el anillo externo 30 pueden incluir además aditivos configurados para mejorar el desempeño de la llanta 10. Por ejemplo, en una modalidad, los materiales poliméricos pueden incluir uno o más de los siguientes: antioxidantes, fotoestabilizadores, plastificantes, limpiadores de ácidos, lubricantes, materiales de procesamiento de polímeros, aditivos de antibloqueo, aditivos antiestáticos, antimicrobianos, agentes químicos productores de gas, peróxidos, colorantes, abrillantadores ópticos, rellenos y refuerzos, agentes de nucleación, y/o aditivos para propósitos de reciclaje.

Otras ventajas pueden obtenerse cuando se usa un material polimérico tal como el poliuretano para fabricar la llanta maciza sin aire 10 en lugar del caucho de las llantas tradicionales. Un fabricante de las modalidades ilustradas puede necesitar sólo una fracción del metraje cuadrado de espacio de trabajo y de inversión de capital requeridos para fabricar llantas de caucho. La cantidad de mano de obra calificada necesaria puede ser considerablemente menos que para una planta para llantas de caucho. Además, los desechos producidos al fabricar componentes a partir de un material de poliuretano pueden ser sustancialmente menos que cuando se usa el caucho. Esto se refleja además en la limpieza comparativa de las plantas de poliuretano, que permite construir las llantas en las ciudades sin necesidad de aislamiento, de manera que pueden reducirse los costes de embarque. Más aún, los productos fabricados de poliuretano pueden reciclarse más fácilmente.

Los polímeros reticulados y no reticulados, que incluyen el poliuretano y otros materiales elastoméricos similares sin caucho pueden funcionar a temperaturas más frías, que resulta en menos desgaste y una vida de fatiga extendida de la llanta 10. Además, la elección de los materiales para la trama interconectada 40 y el anillo externo 30 puede disminuir considerablemente la resistencia a la rodadura, que conduce a una disminución de aproximadamente un 10% en el consumo de combustible. El poliuretano tiene mejor resistencia a la abrasión y, por lo tanto, tiene mejor desgaste de banda de rodamiento que una llanta de caucho tradicional y, a diferencia del caucho, es inerte, que lo hace resistente a la oxidación o a reacciones con otros materiales que hacen endurecerse o incluso rajarse al caucho.

En otra modalidad mostrada en las Figuras 17 y 18, la trama interconectada 40 comprende los elementos de trama 42 que contienen además los componentes de refuerzo 46 tales como fibras de carbono, fibras de para-aramida tal como KEVLAR®, o algún material de refuerzo adicional para proporcionar resistencia a la tensión adicional a la trama interconectada 40. Las propiedades de los componentes de refuerzo 46 para ciertas modalidades pueden incluir elevada resistencia en la tensión, baja resistencia en compresión, peso ligero, vida de fatiga buena y una capacidad para adherirse al material que comprende la trama interconectada 40.

Con referencia nuevamente a las capas de la banda de rodamiento y de cizallamiento, en las modalidades mostradas en las Figuras 19 y 20, una configuración coronada (Figura 19) o redondeada (Figura 20) de los componentes de la capa de banda de rodamiento 70 pueden utilizarse para evitar o reducir el arrastre excesivo en los bordes de las capas de la banda de rodamiento y de cizallamiento 70 durante la dirección o la conducción en curvas del vehículo. Al proporcionar a la capa de banda de rodamiento una geometría curva o coronada, tal como esa mostrada en las Figuras 19 y 20, la banda de rodamiento a lo largo de los bordes externos de la llanta no se gastará tan rápidamente, y puede extenderse la vida de la llanta.

Así, por ejemplo, y con referencia a la Figura 19, en al menos una modalidad la capa con la banda de rodamiento 70 puede comprender las capas de cintas internas 78a y 78b. La capa de cintas 78a puede tener un ancho más grande que la capa de cintas 78b, que proporciona a la capa con la banda de rodamiento 70 una forma generalmente coronada o redondeada. Una capa del material de soporte 76 puede colocarse entre las capas de cintas 78a y 78b.

Con referencia a la Figura 20, en al menos otra modalidad la capa con la banda de rodamiento 70 puede comprender las capas de cintas 80a y 80b. Tanto las capas de cintas 80a como la 80b pueden curvarse a fin de proporcionar a la capa con la banda de rodamiento 70 una forma generalmente coronada o redondeada. Nuevamente, una capa del material de soporte 76 puede colocarse entre las capas de cintas 80a y 80b.

La capa con la banda de rodamiento 70 de las Figuras 11-13, 19 y 20 descrita anteriormente puede fabricarse de manera similar a las llantas neumáticas. Por ejemplo, en una modalidad, cada capa de la capa con la banda de rodamiento puede fabricarse por separado en rollos. El grosor de los rollos puede variar. En al menos una modalidad, algunos rollos pueden ser de caucho, mientras que otros rollos pueden comprender un encintado de acero que se recubre con un compuesto de caucho y se configura para un ángulo de cinta particular para una llanta particular. Cada

uno de los rollos puede ponerse en una máquina de fabricación de llantas, y envolverse en la máquina en un orden particular. La última capa puede comprender generalmente una capa gruesa de caucho para usarse como la banda de rodamiento exterior para la llanta.

5 Después de envolver cada capa, el ensamble completo puede ponerse en un molde. El diámetro externo del molde puede tener grabado en este el patrón inverso de la banda de rodamiento. El molde puede calentarse hasta una temperatura que permite que el caucho se deforme y/o fluya fácilmente. El ensamble puede colocarse en el molde, y puede aplicarse presión desde el interior para forzar la banda de rodamiento contra la pared externa del molde, lo cual convierte la capa externa gruesa en una banda de rodamiento con el patrón. El ensamble puede permanecer dentro del
10 molde bajo calor y presión durante un período de tiempo especificado, que permite que las capas de caucho vulcanicen y generalmente se transformen de varias capas individuales en una capa maciza.

Una vez que una capa con la banda de rodamiento se ha fabricado como se describió anteriormente, la capa con la banda de rodamiento 70 puede conectarse a la trama interconectada 40. Pueden usarse varios métodos. Por ejemplo, al menos una disposición comprende sobremoldear la trama interconectada 40 directamente en la superficie que se orienta hacia adentro radialmente de la capa con la banda de rodamiento 70. Puede rociarse un adhesivo en el diámetro interior de la capa con la banda de rodamiento 70 y en el diámetro exterior de la rueda de la llanta 60. En una modalidad, un molde puede llenarse después con el uretano líquido. El adhesivo en la capa de banda de rodamiento 70 y en la rueda 60 de la llanta 10 puede formar una unión con el uretano. Una vez que el uretano se cura y se pone rígido, la trama interconectada 40 se moldeará tanto a la capa con la banda de rodamiento 74 como a la rueda de llanta 60.
15

En otra modalidad, la trama interconectada 40 puede fabricarse primero por separado en su propio molde. El diámetro exterior de la trama interconectada 40, o el anillo externo generalmente anular 30, puede formarse de manera que sea ligeramente más grande que el diámetro interior de la capa con la banda de rodamiento 70. Un adhesivo puede aplicarse al diámetro exterior de la trama interconectada 40. La trama interconectada 40 puede comprimirse temporalmente después de manera que pueda colocarse en la capa con la banda de rodamiento 70. Una vez que la trama interconectada se coloca correctamente, puede retirarse la compresión sobre la trama interconectada 40. La trama interconectada 40 puede extenderse después y hacer contacto con la capa con la banda de rodamiento 70. Este método puede reducir la tensión residual (provocada al encoger el material de la trama cuando se cura) que podría producirse al moldear la trama interconectada 40 y unir la a la capa con la banda de rodamiento 70 al mismo tiempo como se mencionó anteriormente.
25

Como se mencionó anteriormente, la llanta 10 puede acoplarse a la rueda 60 de un vehículo. En al menos una modalidad, un componente generalmente cilíndrico puede sujetarse a la rueda de la llanta maciza sin aire 60. Por ejemplo, con referencia a las Figuras 21 y 22, una modalidad de una llanta maciza sin aire 110 puede comprender un cilindro metálico (o de otro material) hueco 112 configurado para unirse a los componentes de la rueda 114, 116 de un HMMWV o de otro vehículo existente. El cilindro 112 puede incluir una porción con bridas 118 que se extienden hacia la porción hueca interior del cilindro 112. La brida 118 puede tener orificios 119a que se alinean con los orificios 119b en los componentes de rueda 114, 116, que facilita así la unión del cilindro 112 y la rueda 114, 116 por tornillos u otros sujetadores (no se muestran). Aunque la modalidad mostrada exhibe una brida 118 que se extiende circunferencialmente alrededor de la parte interior del cilindro 112, en otras modalidades la brida 118 puede extenderse alrededor de sólo una porción de la parte interior del cilindro 112. En aún otras modalidades, puede haber una pluralidad de bridas separadas alrededor de la parte interior del cilindro 112.
35

Al menos una porción del cilindro 112 puede acoplarse al anillo interno generalmente anular 20 como se describió anteriormente. Así, una trama interconectada 40 y un anillo externo generalmente anular 30, tal como cualquiera de los mostrados en las Figuras 1-18, pueden unirse a la parte exterior, o a la superficie orientada radialmente hacia afuera, del cilindro 112 por medio de moldeo, adherencia, u otros métodos de unión. El cilindro 112, la trama interconectada 40, el anillo interno 20, y el anillo externo generalmente anular 30 pueden unirse después a la rueda 112, 114.
40

La configuración de llanta de las Figuras 21 y 22 proporciona una ventaja en el mantenimiento y reemplazo de la llanta. Por ejemplo, el cilindro 112 y los componentes de la rueda 114, 116 pueden retirarse fácilmente uno del otro al retirar los tornillos u otros sujetadores. Una vez que los tornillos se retiran, la llanta 10 puede recibir mantenimiento rápidamente, y/o las partes de la llanta 10 pueden sustituirse rápida y fácilmente.
45

Con referencia a las Figuras 23 y 24, otra modalidad de una llanta maciza sin aire 210 puede comprender un cilindro metálico (o de otro material) 212. El cilindro 212, muy similar al cilindro 112 de la modalidad precedente, puede incluir una brida 216 con orificios configurados para unir el cilindro 212 con la placa de la rueda 214. Igual que con el cilindro 112, el anillo interno 20, la trama interconectada 40 y el anillo externo generalmente anular 30, tal como cualquiera de los mostrados en las Figuras 1-18, pueden unirse a la superficie orientada hacia afuera radialmente del cilindro 212 por medio de moldeo, adherencia, u otros métodos de unión. La placa metálica individual de la rueda 214 puede retirarse rápida y fácilmente del resto de la llanta a fin de dar mantenimiento a la llanta o sustituir sus partes.
50

5 En aún otra modalidad, la trama interconectada y el anillo externo generalmente anular, tales como cualquiera de los mostrados en las Figuras 1-18, pueden unirse directamente a un rin existente (no se muestra) sin usar un cilindro tal como el cilindro 112 o 212. Así, en lugar de retirar cualquier tornillo y sustituir o dar mantenimiento a las diferentes partes de la llanta, la llanta simplemente puede desecharse cuando se ha gastado.

10 Adicionalmente, en aún otra modalidad, una trama interconectada puede acoplarse directamente por una rueda, una capa con la banda de rodamiento, o ambas. Por ejemplo, una rueda y la capa con la banda de rodamiento pueden cualquiera o ambas comprender uniones de cola de milano. La rueda y la capa con la banda de rodamiento pueden insertarse después en un molde con el material que comprende la trama interconectada que llena las uniones. En este caso, las superficies orientadas hacia afuera generalmente en la dirección radial de la rueda comprenden la superficie interna generalmente anular de la llanta, y la superficie interna orientada hacia adentro generalmente en la dirección radial de la capa con la banda de rodamiento comprende el anillo externo generalmente anular. Por lo tanto, cuando la trama interconectada fragua, la trama interconectada se acopla directamente, lo que evita la necesidad de unir o de cualquier otra manera fijar la trama interconectada al anillo externo generalmente anular.

20 Las llantas macizas sin aire, que incluyen las que usan una trama interconectada como se mencionó anteriormente, pueden incorporar además el uso de una pared lateral o alguna otra estructura capaz de cubrir y proteger la trama interconectada 40 y la llanta 10. El uso de una pared lateral ayuda a asegurar que no entren desechos, agua, u otro material en la llanta, que incluye el área de la trama interconectada, e interfieran con la funcionalidad y el desempeño de la llanta. La pared lateral puede ayudar además a evitar daños a la trama por proyectiles u otros desechos.

25 Con referencia a las Figuras 25 y 26, una pared lateral 310 puede unirse o integrarse con una trama interconectada 40. En al menos una modalidad, la pared lateral 310 puede adherirse directamente al menos a un lado de la trama interconectada 40. La pared lateral 310 puede ser completamente plana cuando se observa desde su lado, como se ilustra en la Figura 26, de tal manera que puede unirse directamente a los bordes de cada uno o de algunos de los elementos de trama interconectada 42 expuestos a lo largo de la parte exterior de la llanta 10. La pared lateral 310 puede fabricarse por separado como una pieza y después adherirse a la trama interconectada 40, o la pared lateral puede integrarse directamente en el molde de la trama interconectada durante la producción de la trama 40.

30 Con referencia continua a las Figuras 25 y 26, la pared lateral 310 puede cubrir todo, o sólo una porción, del lado de la trama interconectada 40. Al unir o integrar una pared lateral 310 en al menos una porción de la trama interconectada 40, puede evitarse que los desechos u otro material entren en el área de la trama interconectada de la llanta 10 e interfieran con los elementos de trama 42.

35 La pared lateral 310 puede fabricarse del mismo material que ese de la trama interconectada 40, o el material puede ser diferente, tal como caucho. En algunas modalidades, el material tanto para la trama interconectada 40 como para la pared lateral 310 es poliuretano fundido. Adicionalmente, en algunas modalidades la pared lateral 310 puede tener una menor rigidez que los elementos de trama interconectada 42. Al tener una menor rigidez, la pared lateral 310 como se ilustra en las Figuras 25 y 26 no soportará generalmente ninguna de las cargas que actúan sobre la llanta 10. En cambio, la pared lateral 310 puede doblarse o flexionarse durante la carga en las áreas entre los elementos de trama interconectada 42, lo que permite que los elementos de trama interconectada 42 mantengan el soporte de las cargas que actúan sobre la llanta 10. En otras modalidades, la pared lateral 310 puede soportar una carga.

45 En una modalidad adicional, y con referencia continua a las Figuras 25 y 26, la pared lateral 310 puede adherirse o integrarse con la trama interconectada 40 sólo cerca del anillo interno generalmente anular 20 y del anillo externo generalmente anular 30. En tales modalidades, la pared lateral 310 no se adhiere ni se integra con algunos elementos de trama interconectada 42 localizados entre el anillo interno generalmente anular 20 y la superficie externa generalmente anular 30. Esto le da a la pared lateral 310 la libertad de flexionarse y doblarse en la región entre los anillos internos generalmente anulares 20 y los anillos externos generalmente anulares 30, en lugar de sólo en las áreas entre los elementos de trama interconectada 42.

50 Con referencia a las Figuras 27 y 28, una modalidad adicional de una pared lateral 410 puede tener una forma generalmente "abovedada" o flexionada, a diferencia de la forma plana de la pared lateral 410 como se muestra en la Figura 26. En esta modalidad, la pared lateral 410 puede adherirse o integrarse con la trama interconectada 40 como se mencionó anteriormente cerca tanto del anillo interno generalmente anular 20 como del anillo externo generalmente anular 30. La forma "abovedada" de la pared lateral 410, como se ilustra en la Figura 28, desvía la pared lateral 410 a deformarse en una dirección prescrita (es decir lejos de la trama 40), en lugar de pandearse o deformarse hacia la trama 40 y los elementos de trama interconectada 42. Igual que con las modalidades anteriores, la pared lateral 410 y la trama interconectada 40 pueden fabricarse del mismo material, o de materiales diferentes. En algunas modalidades, el material de trama interconectada 40 es poliuretano fundido, y la pared lateral 410 es caucho.

En modalidades aún adicionales, las paredes 310, 410 descritas anteriormente pueden fabricarse separadas de la trama interconectada, y pueden retirarse de la llanta para su mantenimiento y/o reemplazo. Por ejemplo, la pared lateral 310, 410 puede mantenerse en su lugar adyacente a la trama interconectada 40 por una brida o bridas que rodean la llanta 10. Las bridas (no se muestran) pueden fabricarse de un material que tiene poca rigidez para impedir que las bridas interfieran con la funcionalidad y el desempeño de los elementos de trama interconectada 42. Las bridas pueden adherirse o integrarse con la trama interconectada 40 o con otras porciones de la llanta 10. En al menos algunas modalidades, la pared lateral puede deslizarse fuera del agarre de las bridas. En aún otras modalidades, las bridas pueden doblarse o flexionarse, lo que permite que la pared lateral se inserte o se retire. En aún otras modalidades, la pared lateral puede ser suficientemente flexible para doblarse e insertarse en las bridas inmóviles.

En modalidades aún adicionales, en lugar de una pared real a lo largo del(de los) lado(s) de la trama interconectada 40, la trama interconectada 40 puede llenarse parcial o totalmente con un relleno, por ejemplo, un material de espuma. En al menos una modalidad, la espuma puede comprender espuma de poliuretano. Al llenar la trama interconectada 40 con espuma o un material similar, puede evitarse que los desechos entren en las áreas entre los elementos de trama interconectada 42, los cuales pueden interferir sustancialmente con la funcionalidad y el desempeño de la llanta. Al mismo tiempo, la espuma puede ser flexible. Así, la propia espuma generalmente no soportará ninguna carga sobre la llanta, en cambio permitirá que los elementos de trama interconectada de la llanta mantengan el soporte de las cargas. Además, en otras modalidades modificadas, el relleno puede usarse para soportar parte de la carga. Como se mencionó anteriormente, pueden usarse además materiales que no son de espuma.

En modalidades aún adicionales, las llantas macizas sin aire pueden incorporar paredes laterales similares a llantas neumáticas. Las paredes pueden vulcanizarse a la porción de banda de rodamiento del anillo externo generalmente anular y adicionalmente montarse al rin después de que se ha formado la trama interconectada.

El grosor de la pared lateral puede variar, en dependencia de factores que incluyen, pero sin limitarse a, las cargas aplicadas previstas que la llanta experimentará durante su uso, así como también la resistencia y flexibilidad del material. Por ejemplo, en al menos una modalidad, una pared lateral que se comprende de caucho puede tener un grosor de aproximadamente 0.09375". En al menos algunas modalidades, el grosor de la pared lateral puede variar además a través de cada pared lateral individual.

De manera favorable, las modalidades de una llanta maciza sin aire descritas anteriormente exhiben muchas características con el mismo desempeño que las llantas neumáticas tradicionales. Por ejemplo, la llanta maciza sin aire puede exhibir una calidad del viaje y tracción generales similares a las llantas neumáticas actuales. La llanta maciza sin aire 10 puede tener además similares costes, peso, capacidad de soporte de carga y vida de la banda de rodamiento que las llantas neumáticas actuales.

Sin embargo, las llantas macizas sin aire de las modalidades descritas en la presente exhiben varias ventajas sobre las llantas neumáticas convencionales. Por ejemplo, además de eliminar prácticamente los reventones y las llantas pinchadas, la capacidad del anillo externo generalmente anular 30 y de la trama interconectada 40 para deformarse en un área alrededor de la región de la huella 32 como se muestra en la Figura 2 reduce las tensiones aplicadas a la rueda 60 cuando golpea un policia acostado, un bache, o un obstáculo similar, que hace así a la llanta maciza sin aire 10 y la rueda 60 menos susceptibles de dañarse. Sin depender de la presión del aire para mantener su funcionalidad, la trama interconectada 40 de la llanta maciza sin aire 10 puede ser además más capaz de resistir el daño provocado por los proyectiles. Si una porción de la trama interconectada 40 se daña, la carga aplicada L, que generalmente se aplica perpendicular al eje de rotación 12, puede transferirse a los elementos restantes de manera que un vehículo que depende de llantas macizas sin aire 10 no queda inmediatamente fuera de servicio. Además, debido a que la llanta maciza sin aire 10 no puede inflarse de más ni de menos, la región de banda de rodamiento 32 puede permanecer generalmente constante, lo que mejora la eficiencia del combustible en comparación con las llantas neumáticas tradicionales.

El anillo externo generalmente anular 30 combinado con la trama interconectada 40 puede mostrar una rigidez lateral mayor en comparación con las llantas neumáticas convencionales, especialmente en la modalidad en la cual se une la capa con la banda de rodamiento 70. Por lo tanto, a la vez que la calidad general del viaje puede ser similar a las llantas neumáticas convencionales, la llanta maciza sin aire 10 puede lograr mejor capacidad de conducción en las curvas. La llanta maciza sin aire 10 además puede requerir menos mantenimiento al eliminar la necesidad de comprobar y mantener la presión del aire.

Adicionalmente, una ventaja principal del uso de una llanta maciza sin aire comparada con una llanta convencional es la eliminación de los neumáticos pinchados. Si una porción de la trama se compromete, la carga se redistribuirá a los otros elementos de la trama en virtud del hecho de que la trama se interconecta, lo que prolonga la vida de la llanta. Además, al no transportar ninguna carga significativa a lo largo de una región de banda de rodamiento donde la llanta hace contacto con una superficie, resulta un paseo más suave dado que la llanta maciza sin aire es menos susceptible a los

choques y a la vibración.

Además de sus beneficios sobre las llantas neumáticas tradicionales, la llanta maciza sin aire 10 puede mostrar múltiples ventajas sobre otras llantas macizas sin aire. La mayoría de estas otras llantas tienen el rin macizo y una sección maciza de la llanta y se producen para aplicaciones de baja velocidad. En comparación con estas llantas, la llanta maciza sin aire 10 puede ser considerablemente más ligera. La trama interconectada 40 puede permitir que la llanta maciza sin aire 10 absorba los impactos considerablemente mejor, lo cual resulta en un viaje más cómodo. Además, las otras llantas macizas sin aire no son utilizables a altas velocidades debido a la cantidad de vibración que se genera. Algunas llantas macizas sin aire convencionales funcionan al poner en compresión la porción de la llanta que está entre la carga aplicada L y la superficie de contacto. Esto provoca que esa sección de la llanta y su estructura interna se deformen bajo la carga. Cuando el cuerpo al cual se une la llanta no está en movimiento, esta porción de la llanta permanece deformada bajo la carga estática. Con el tiempo, esto puede conducir a la deformación semipermanente de la llanta que provoca un desempeño menor, vibración con mayor ruido y peor eficiencia de combustible, entre otras cosas. Por el contrario, la sección pandeada 48 transporta muy poca carga, si alguna, de manera que la llanta puede permanecer deformada estáticamente durante un tiempo y no experimentar ninguna deformación semipermanente apreciable.

En comparación con otras llantas macizas sin aire basadas en tensión, la llanta 10 puede exhibir incluso beneficios adicionales. La llanta maciza sin aire 10 puede experimentar menores tensiones y deformaciones bajo condiciones de carga que otras llantas macizas sin aire basadas en tensión, como puede observarse en las Figuras 29 y 30. Al permitir que el aire fluya a través de la llanta 10 y alrededor de los elementos de trama 42, el diseño de la trama interconectada 40 puede resultar en menos generación de calor así como también en menos deformación, lo que prolonga la vida de la llanta 10. La capacidad de la trama interconectada 40 de pandearse alrededor de la región de la banda de rodamiento 32, lo que provoca así menos fuerza reactiva al pasar sobre un obstáculo, puede resultar además en menos vibración y en un mejor viaje. A pesar de la capacidad de la trama interconectada 40 de pandearse, también puede ser relativamente rígida en comparación con la estructura interna de otras llantas macizas sin aire basadas en tensión. Esto puede resultar en menos ruido generado, que resulta en un viaje más tranquilo. Esto puede provocar además que la llanta maciza sin aire 10 experimente un mejor desempeño al arrancar y al detenerse.

Ejemplo

En una modalidad de ejemplo no limitante, una llanta maciza sin aire 10 posee la trama interconectada 40 de la configuración mostrada en las Figuras 1 y 2. La llanta 10 tiene un radio de aproximadamente 9.5 pulgadas y la rueda 60 tiene un radio de aproximadamente $4 \frac{3}{8}$ pulgadas.

En general, la fuerza requerida para pandear una columna se gobierna por la ecuación: $F_{\text{pandeo}} = (KEI\pi^2)/L^2$ donde K = una constante cuyo valor depende de cómo se fijan los extremos de la columna, E = módulo de tracción, I = segundo momento de área, y L = la longitud no apoyada de la columna.

Si cada elemento de trama 42 de la trama interconectada 40 se modela como su propia columna delgada, los elementos más internos radialmente estarán fijos a un extremo y libres para moverse lateralmente en el otro extremo. En este ejemplo, $K = 1/4$.

En este ejemplo, la trama interconectada 40 y el anillo externo generalmente anular 30 se fabrican de un material similar que tiene un módulo de tracción, E , de aproximadamente 21 MPa o 3050 psi.

La llanta 10 puede ser de aproximadamente 8 pulgadas de ancho. Como se indicó anteriormente, en las modalidades preferidas, cada elemento de trama 42 de la trama interconectada 40 puede ser de entre aproximadamente 0.04 pulgadas y 0.1 pulgadas de grosor para cargas de llanta de aproximadamente 0-1000 libras, entre aproximadamente 0.1 y 0.25 pulgadas de grosor para cargas de aproximadamente 500-5000 libras, y de entre 0.25 y 0.5 pulgadas de grosor para cargas de aproximadamente 2000 libras o mayores. Un grosor de aproximadamente 0.08 pulgadas se usará para este ejemplo. En este caso, el segundo momento de área, $I = (w \cdot h^3)/12$ donde w = el ancho de cada elemento de trama 42, 8 pulgadas y h = el grosor, 0.08 pulgadas. Por lo tanto, I es aproximadamente 0.000341 pulgadas⁴.

Al usar los radios de la llanta y de la rueda mencionados anteriormente, y mantener el patrón de la trama interconectada 40 como se ve en las Figuras 1 y 2, cada elemento de trama 42 puede tener una longitud aproximada de aproximadamente $(9.5 - 4.375)/4$, o aproximadamente 1.28 pulgadas.

Basado en estos números, $F_{\text{pandeo}} = (KEI\pi^2)/L^2 =$ aproximadamente 1.59 libras. Además, los elementos de trama 42 de la trama interconectada 40 se inclinan con respecto a una dirección radial para facilitar el pandeo, lo cual puede disminuir adicionalmente a F_{pandeo} .

ES 2 496 100 T3

5 En esta aplicación, la llanta maciza sin aire 10 se somete a una carga, L, de aproximadamente 250 libras. La carga, L, se distribuye por todos los elementos de trama 42 de tal manera que toda la carga, L, no se soporta por un único elemento de trama individual, 42. Sin embargo, los elementos de trama 42 más directamente alineados con la dirección de la carga, L, deben soportar la mayor porción de la carga. Dado que L es considerablemente mayor que F_pandeo, los elementos 42 de la trama interconectada 40 que se someten a una fuerza de compresión se pandearán y no soportarán la carga, L.

10 Aunque la descripción escrita precedente de las modalidades de la invención permite al experto hacer y usar lo que se considera actualmente como la mejor manera de las mismas, los expertos entenderán y apreciarán la existencia de variaciones, combinaciones, y equivalentes de las modalidades y métodos ilustrativos específicos. Por lo tanto, la invención no debe limitarse por la modalidad y el método descritos anteriormente, sino por todas las modalidades y métodos dentro del alcance de la invención como se reivindican.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una llanta maciza sin aire (10) para soportar una carga, que comprende un anillo interno generalmente anular (20) que se fija a una rueda (60) que tiene un eje de rotación (12), un anillo externo generalmente anular (30); y una trama interconectada (40) entre el anillo interno generalmente anular (20) y el anillo externo generalmente anular (30) que tiene al menos dos capas radialmente adyacentes (56, 58) de elementos de trama (42) en cada sección transversal radial de la llanta y una pluralidad de elementos de trama tangenciales (45) que se alinean generalmente con una tangente a un círculo centrado alrededor del eje de rotación (12), los elementos de trama (42) que definen una pluralidad de aberturas generalmente poligonales (50), en donde una pluralidad de dichos elementos de trama (42) se inclinan con relación a un plano (16) que contiene dicho eje de rotación para facilitar que se curven los elementos de trama (42), y **caracterizada porque** una pluralidad de elementos de trama (42) comprenden miembros de refuerzo (46) y una cantidad sustancial de la carga se soporta por una pluralidad de los elementos de trama (42) que trabajan en tensión.
- 15 2. La llanta maciza sin aire de la reivindicación 1, **caracterizada porque** la trama interconectada (40) incluye una pluralidad de aberturas generalmente poligonales que tiene una primera pluralidad de aberturas generalmente poligonales (50) con una primera forma y una segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales (51) con una segunda forma diferente de la primera forma.
- 20 3. La llanta maciza sin aire de la reivindicación 2, **caracterizada porque** cada una de las aberturas generalmente poligonales (50) de la primera pluralidad tiene un primer límite interno (57) separado a una primera distancia radial del anillo interno (20) y cada una de las aberturas generalmente poligonales (51) de la segunda pluralidad tiene un segundo límite interno separado a una segunda, mayor distancia radial del anillo interno (20).
- 25 4. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizada porque** al menos una abertura generalmente poligonal de la primera pluralidad de aberturas generalmente poligonales (50) es más grande que al menos una abertura generalmente poligonal de la segunda pluralidad de aberturas generalmente poligonales (51).
- 30 5. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones 2 a la 4, **caracterizada porque** cada una de las aberturas generalmente poligonales (50) de la pluralidad se orienta radialmente.
6. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones 2 a la 5, **caracterizada porque** la pluralidad de aberturas generalmente poligonales (50) generalmente se conforman hexagonalmente.
- 35 7. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones 2 a la 6, **caracterizada porque** una capa interna relativamente radial (56) de la pluralidad de las aberturas generalmente poligonales (50) comprende aberturas alternativas generalmente en forma de cuña.
8. La llanta maciza sin aire de las reivindicaciones 2 a la 7, **caracterizada porque** cada una de las aberturas generalmente poligonales (50) de la pluralidad es generalmente simétrica respecto a un plano de simetría radial (14).
- 40 9. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** la trama interconectada (40) comprende intersecciones entre los elementos de trama (42), las intersecciones que unen al menos tres elementos de trama (42).
10. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** el anillo interno generalmente anular (20) tiene un primer grosor (t_i), el anillo externo generalmente anular (30) tiene un segundo grosor (t_o), y los elementos de trama (42) tienen un tercer grosor (t_g), el tercer grosor (t_g) que es más pequeño que el primer grosor (t_i) o el segundo grosor (t_o).
- 45 11. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** los miembros de refuerzo (46) se unen a los elementos de trama (42).
12. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** los miembros de refuerzo (46) se comprenden de al menos una de fibras de carbono y fibras sintéticas de una para-aramida.
13. La llanta maciza sin aire de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por** una capa con la banda de rodamiento (70) fija a una superficie externa radialmente (34) del anillo externo.

14. La llanta maciza sin aire de la reivindicación 13, **caracterizada porque** la capa con la banda de rodamiento (70) comprende cintas de refuerzo (72).
 15. La llanta maciza sin aire de la reivindicación 13 o 14, **caracterizada porque** una sección transversal de la capa con la banda de rodamiento (70) tomada a lo largo de un plano que se extiende radialmente desde el eje de rotación (12) tiene una de una forma redondeada y una forma de corona.
- 5

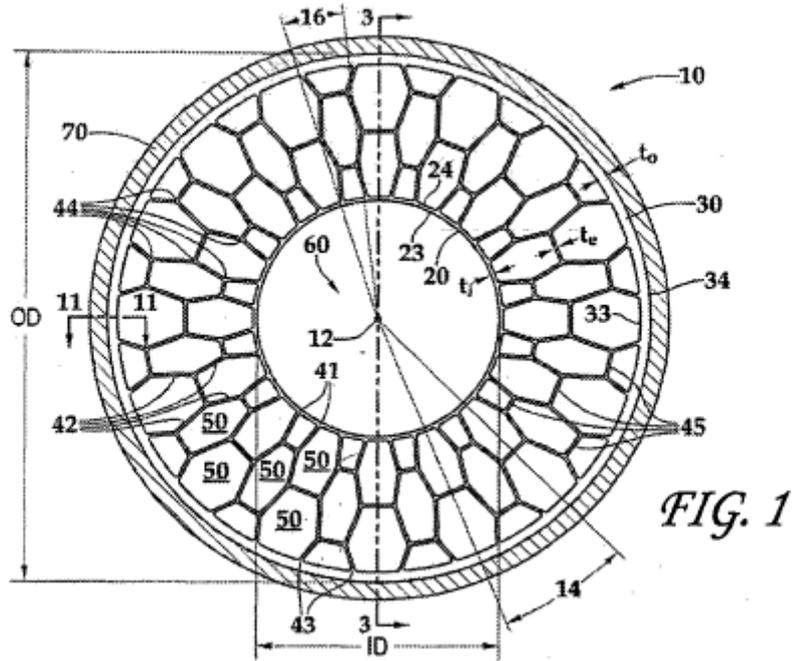


FIG. 1

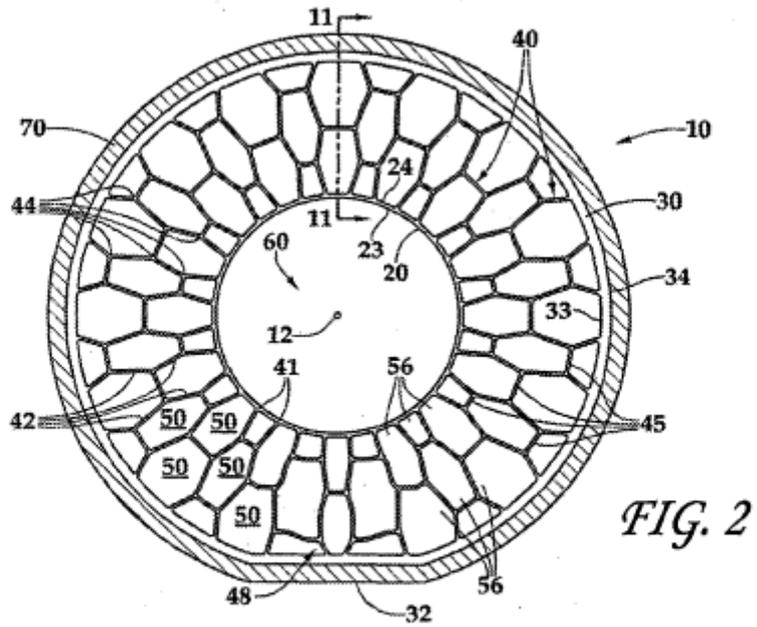


FIG. 2

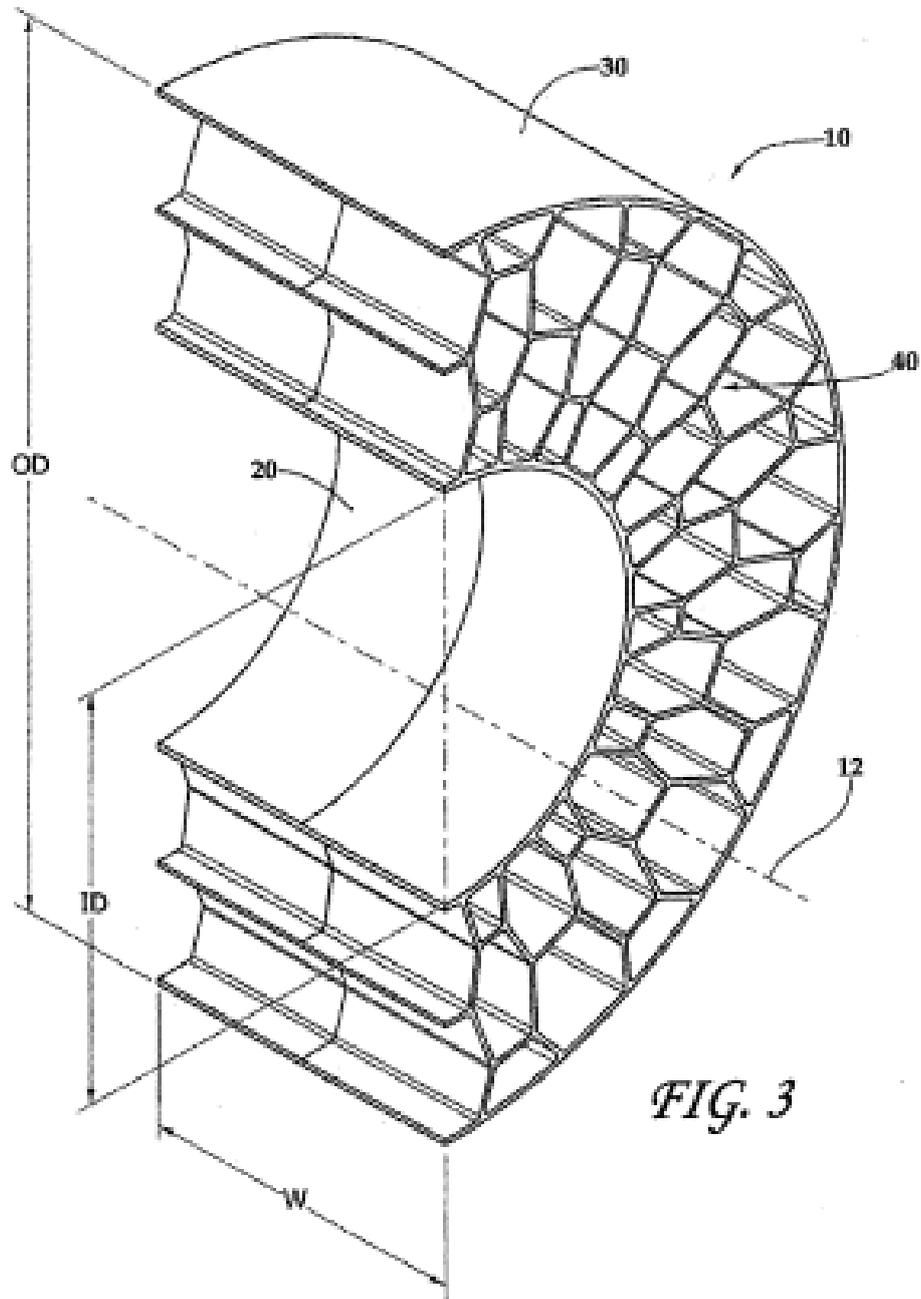


FIG. 3

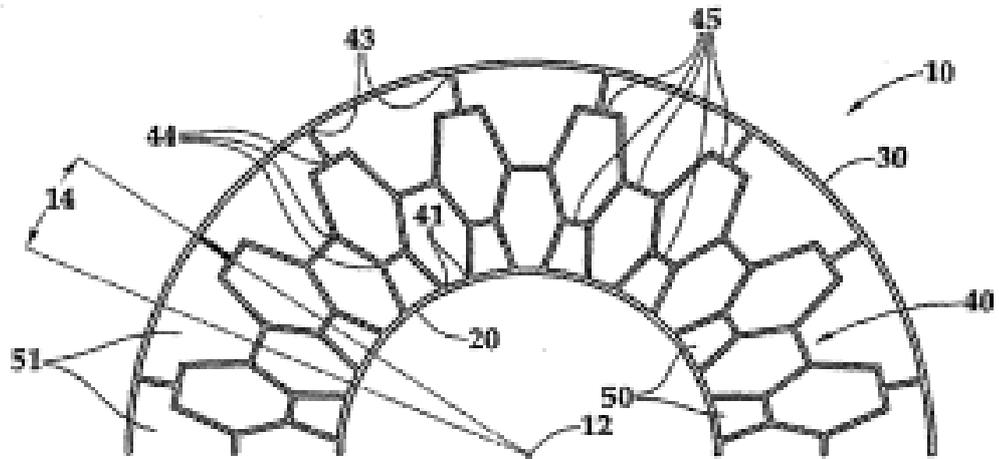


FIG. 4

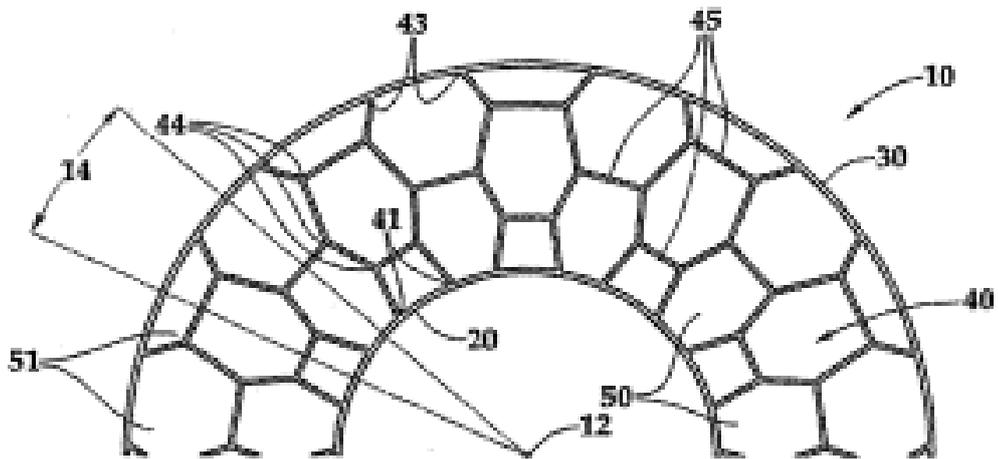


FIG. 5

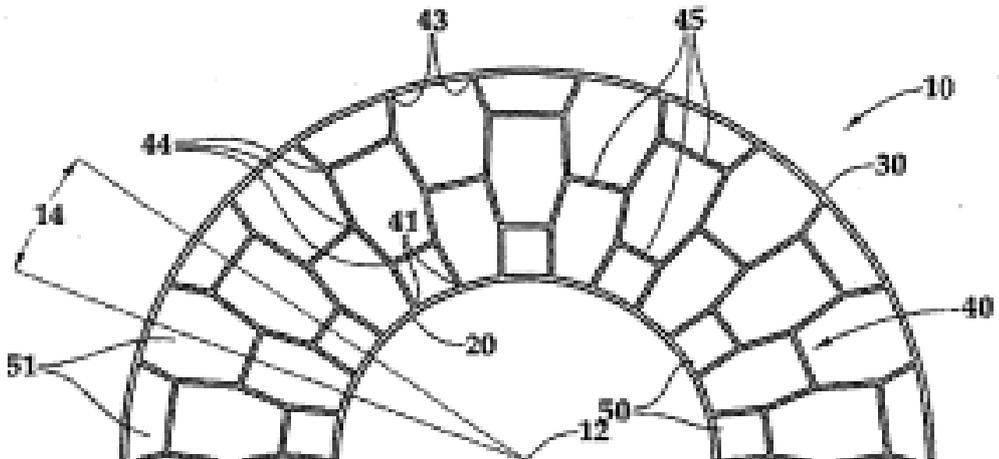
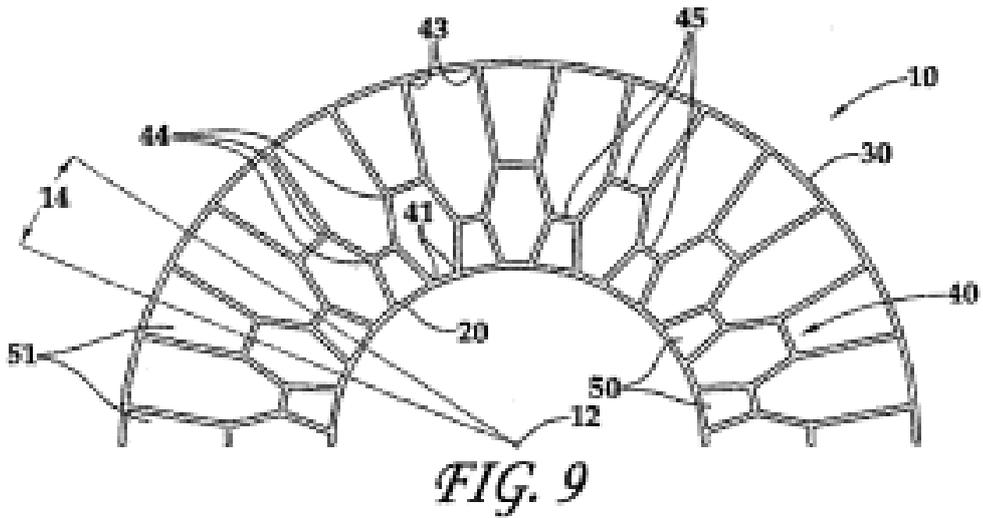
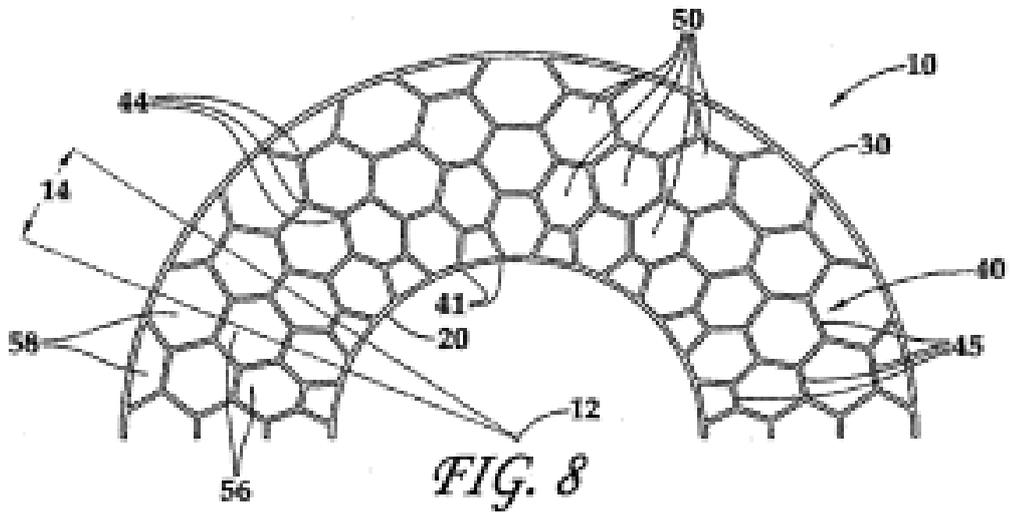
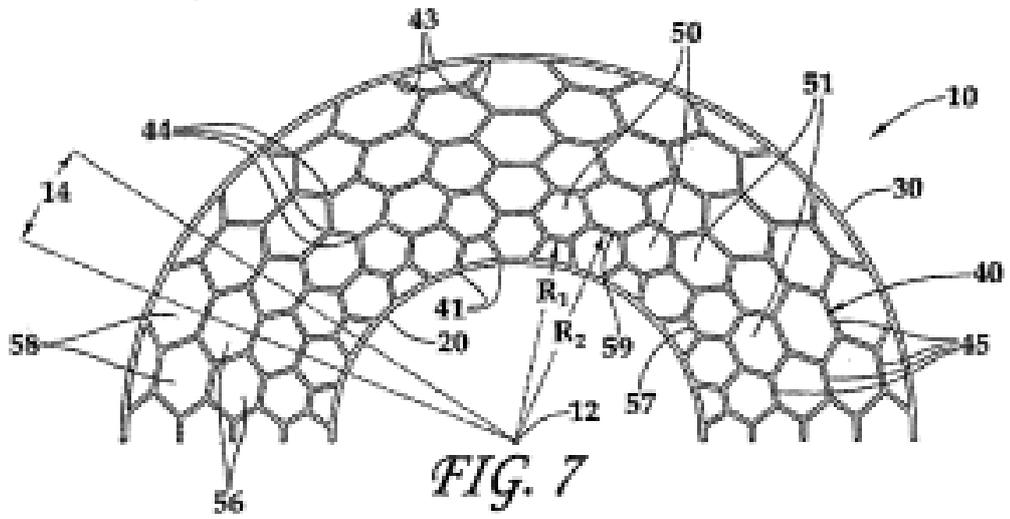
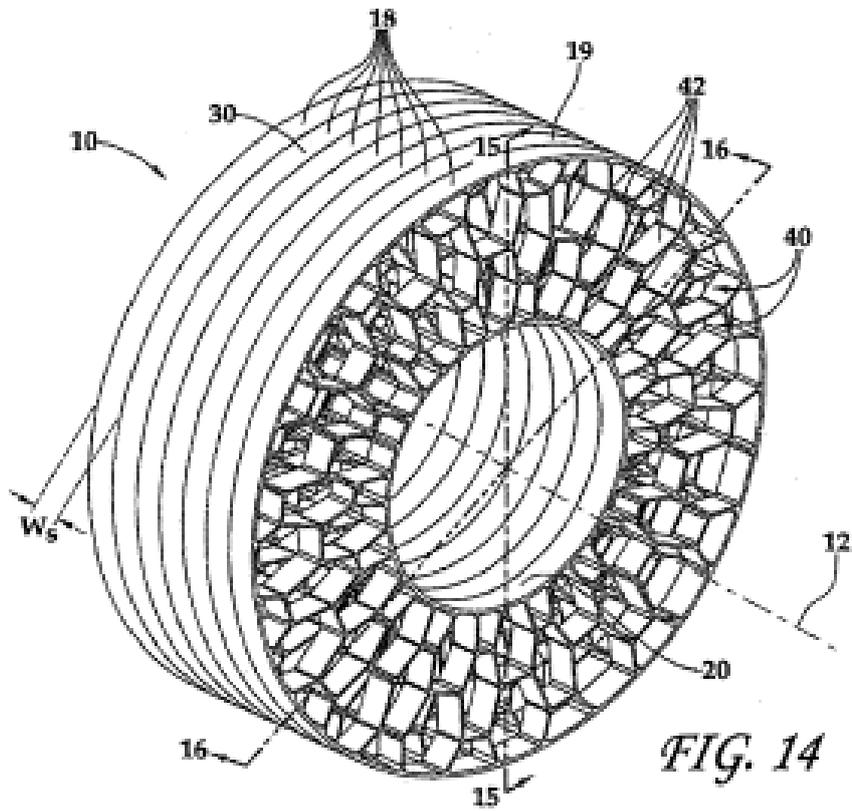
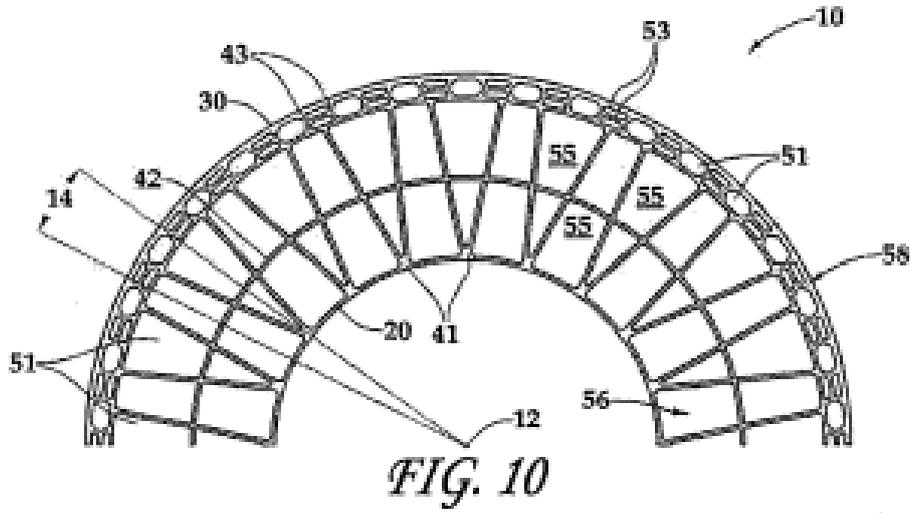


FIG. 6





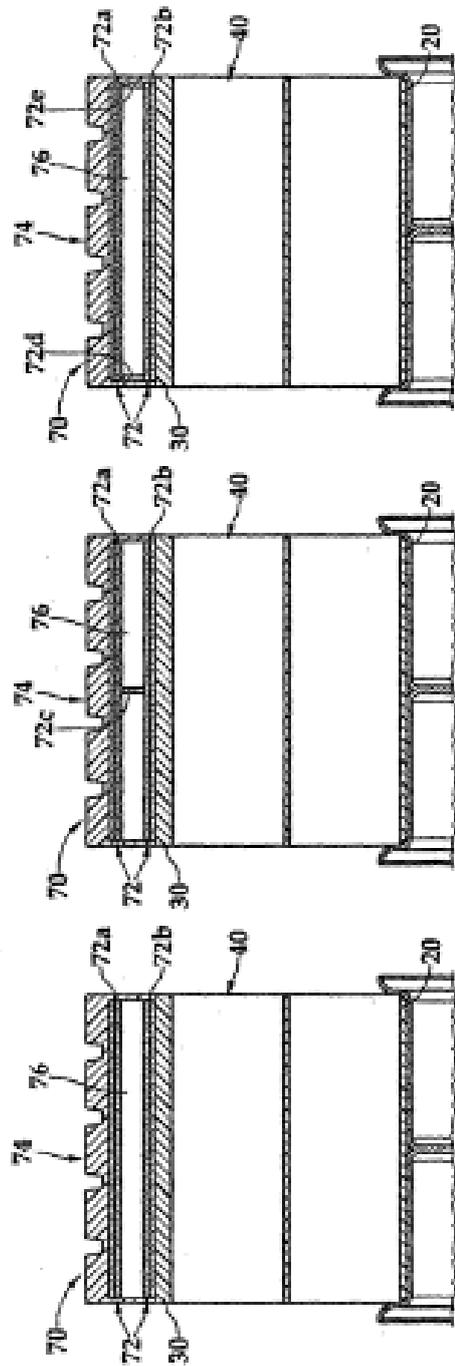


FIG. 13

FIG. 12

FIG. 11

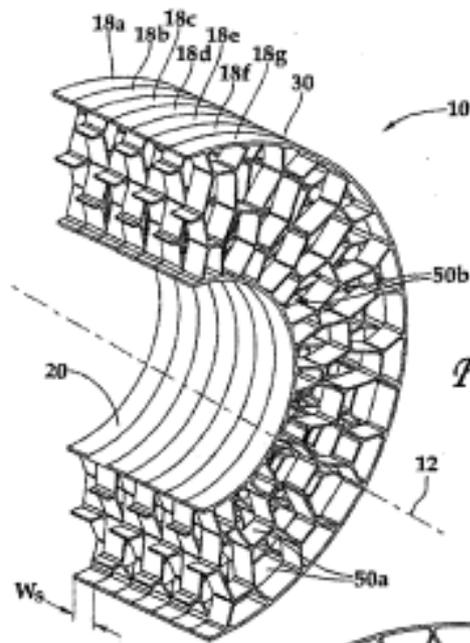


FIG. 15

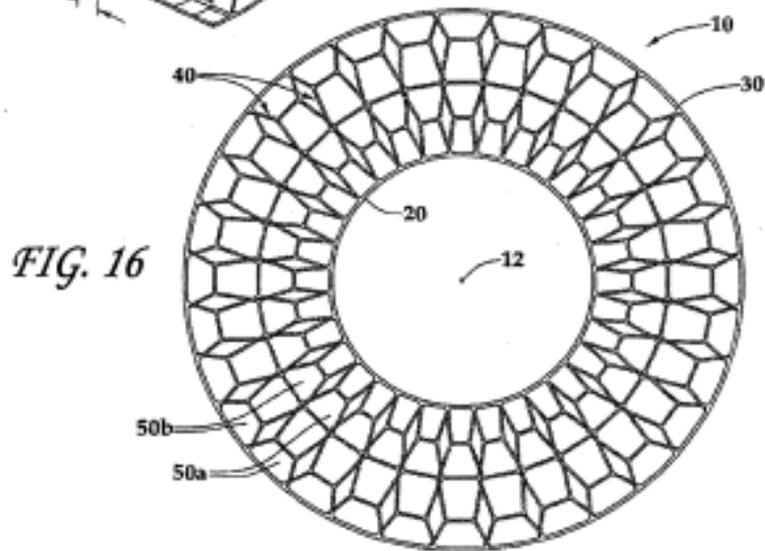
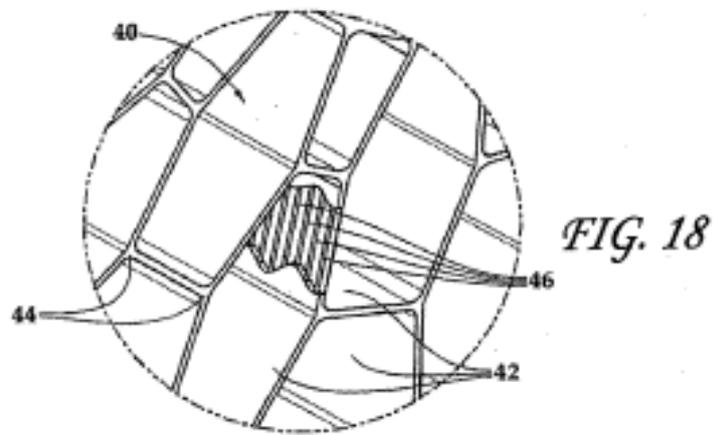
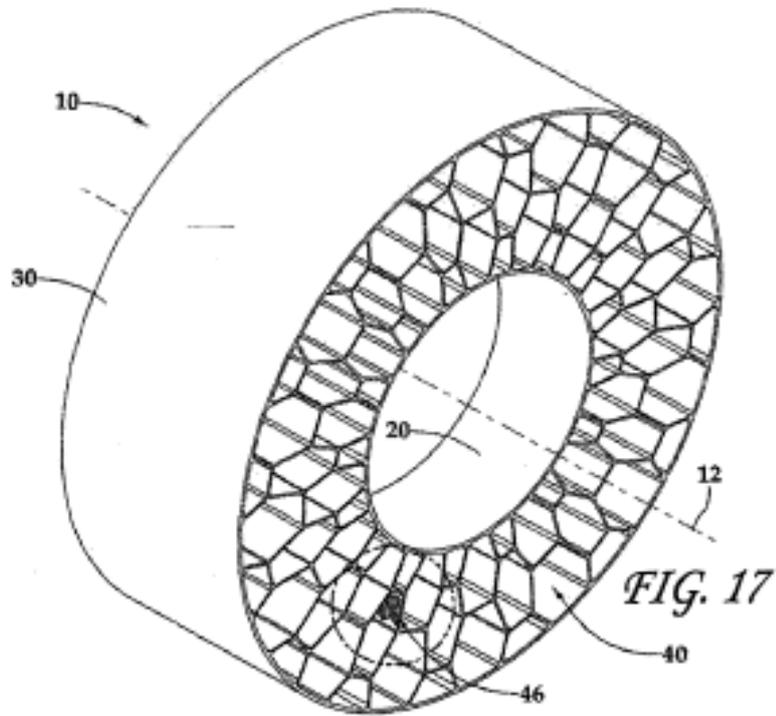


FIG. 16



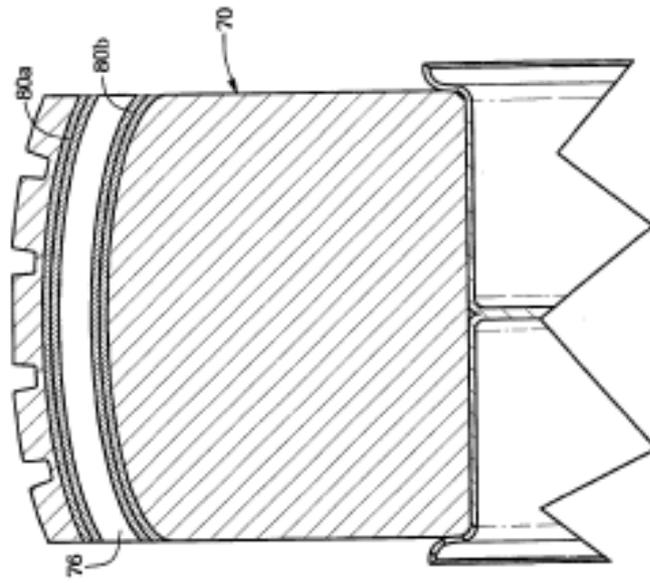


FIG. 20

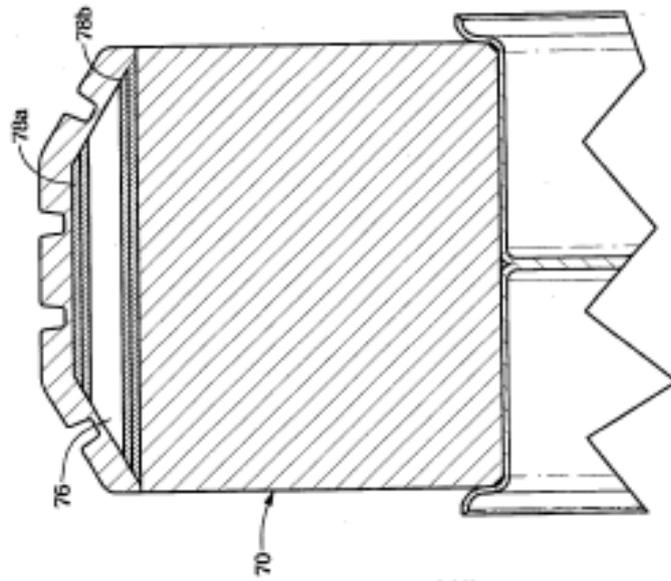


FIG. 19

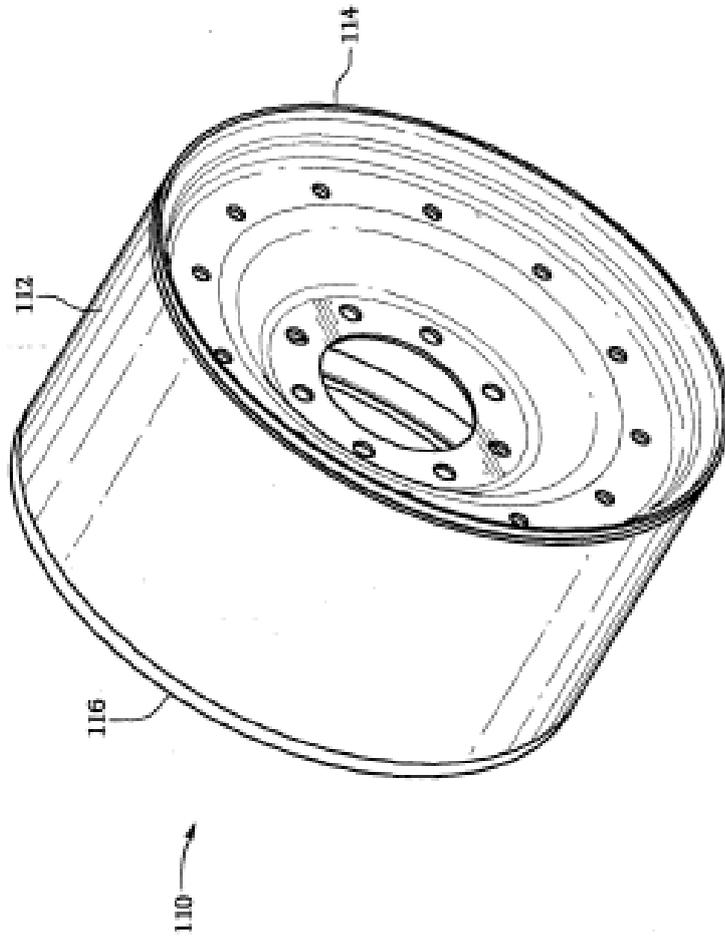


FIG. 21

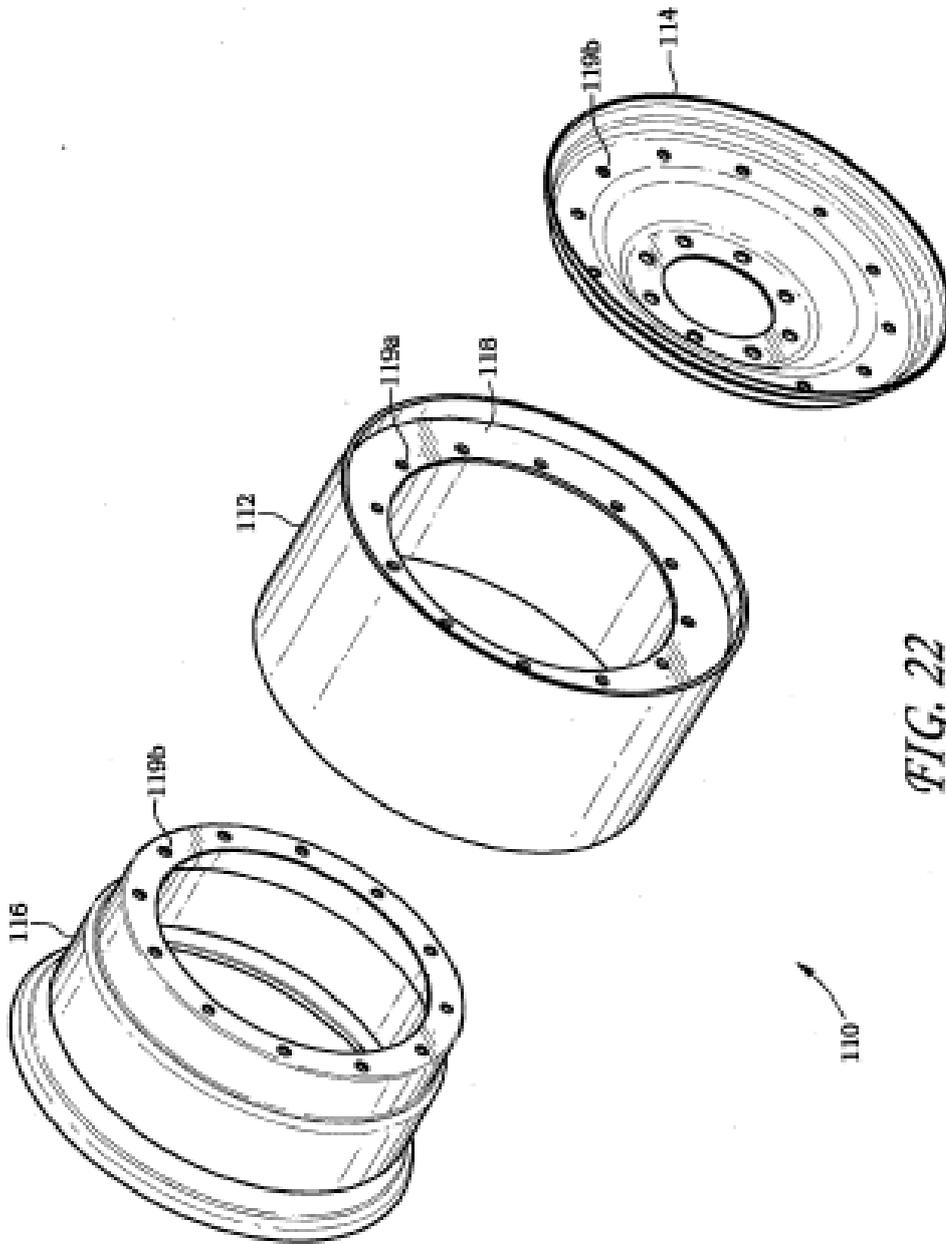


FIG. 22

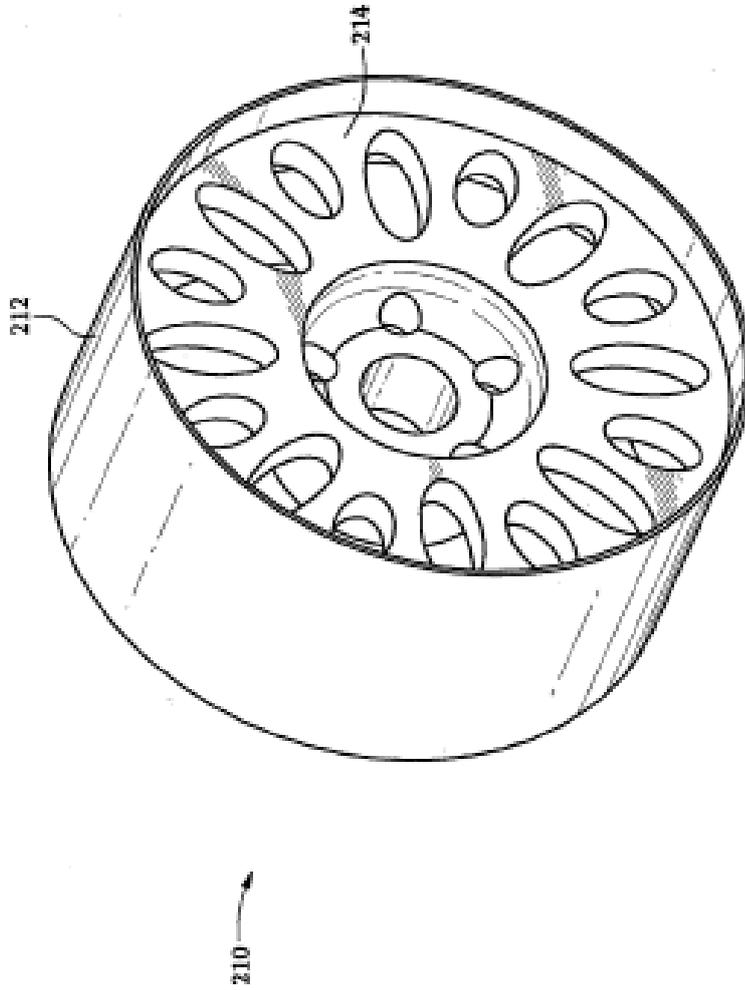


FIG. 23

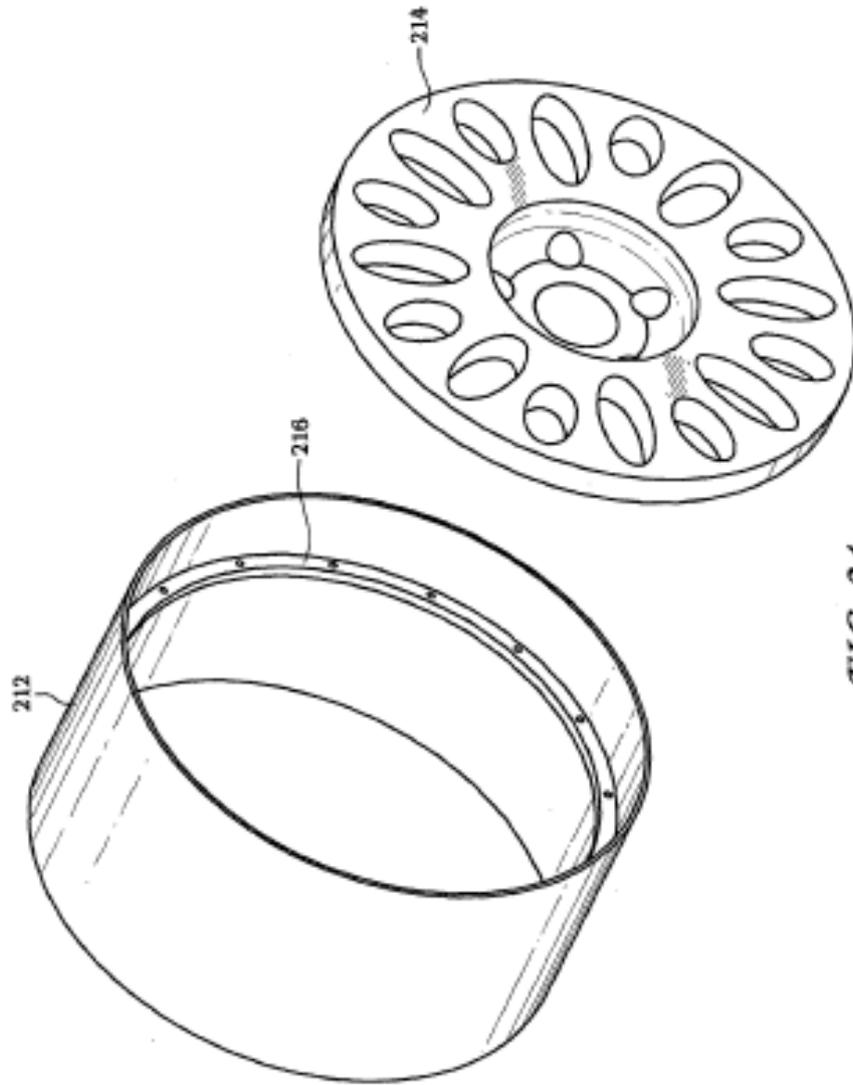


FIG. 24

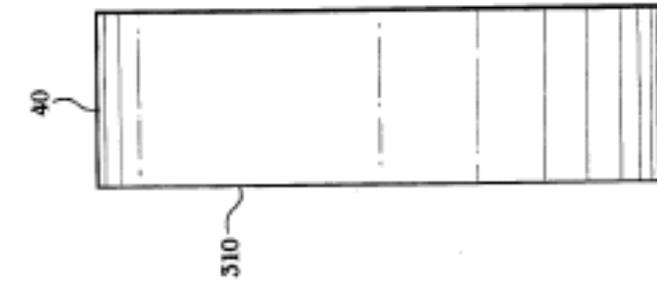


FIG. 25

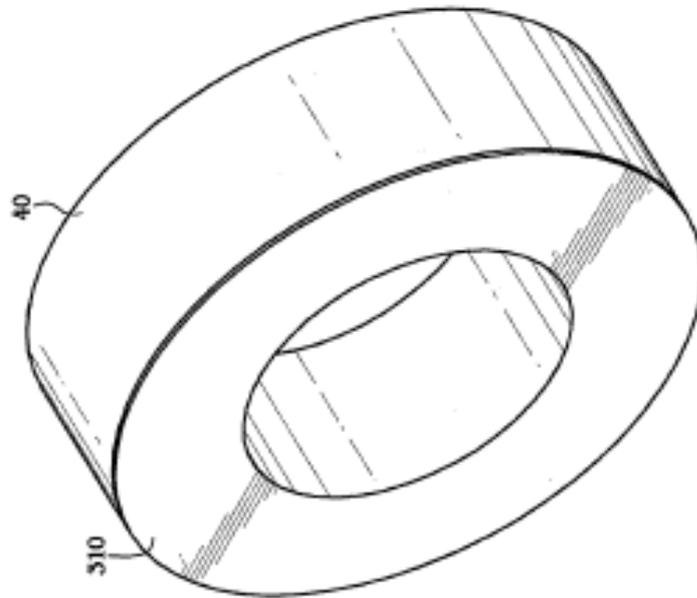


FIG. 26

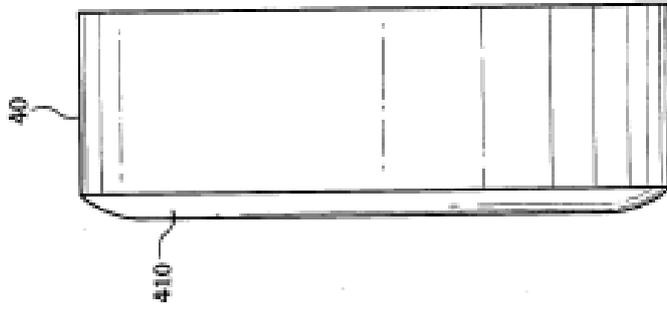


FIG. 28

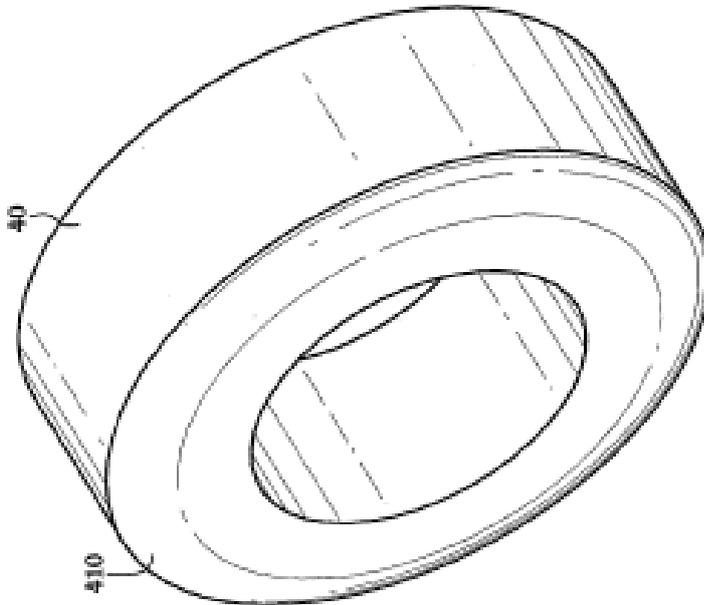
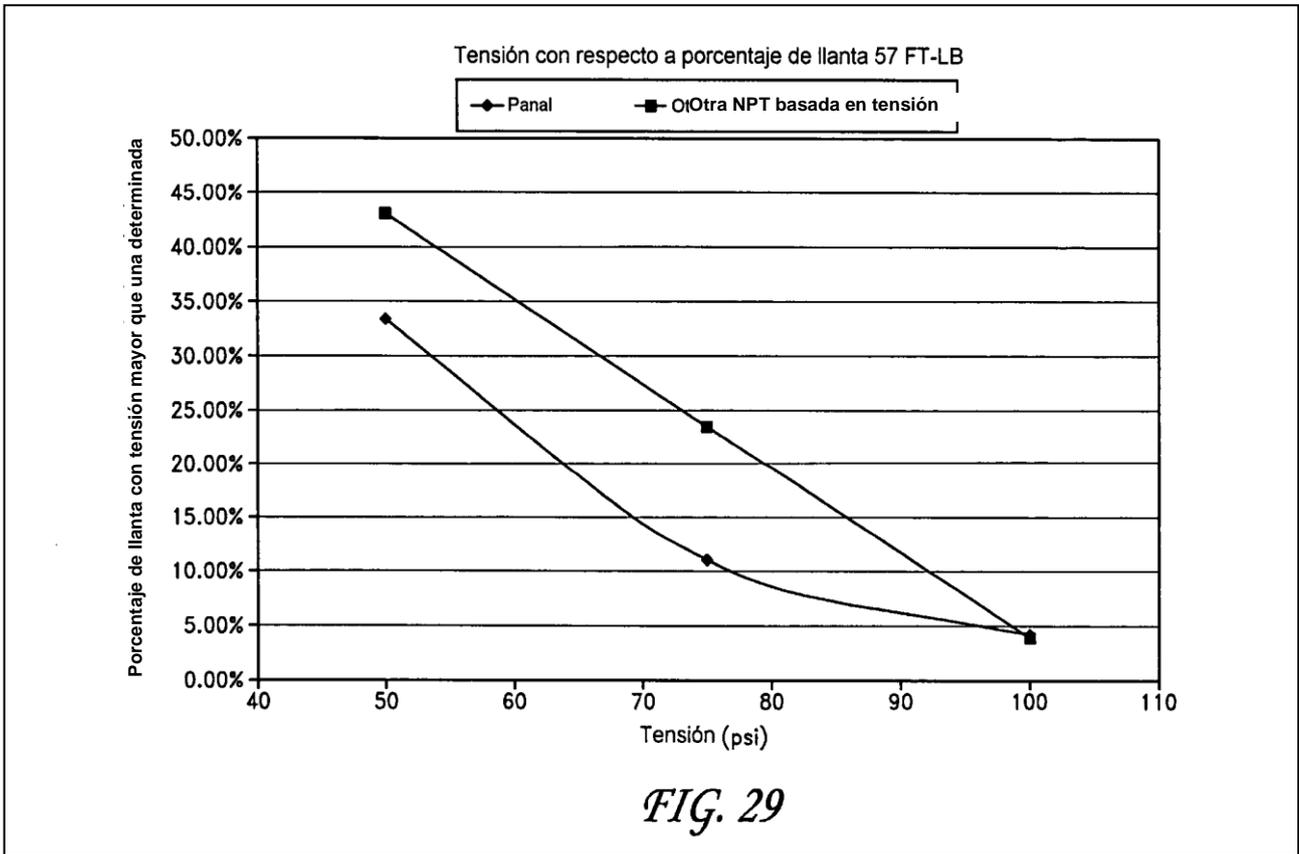


FIG. 27



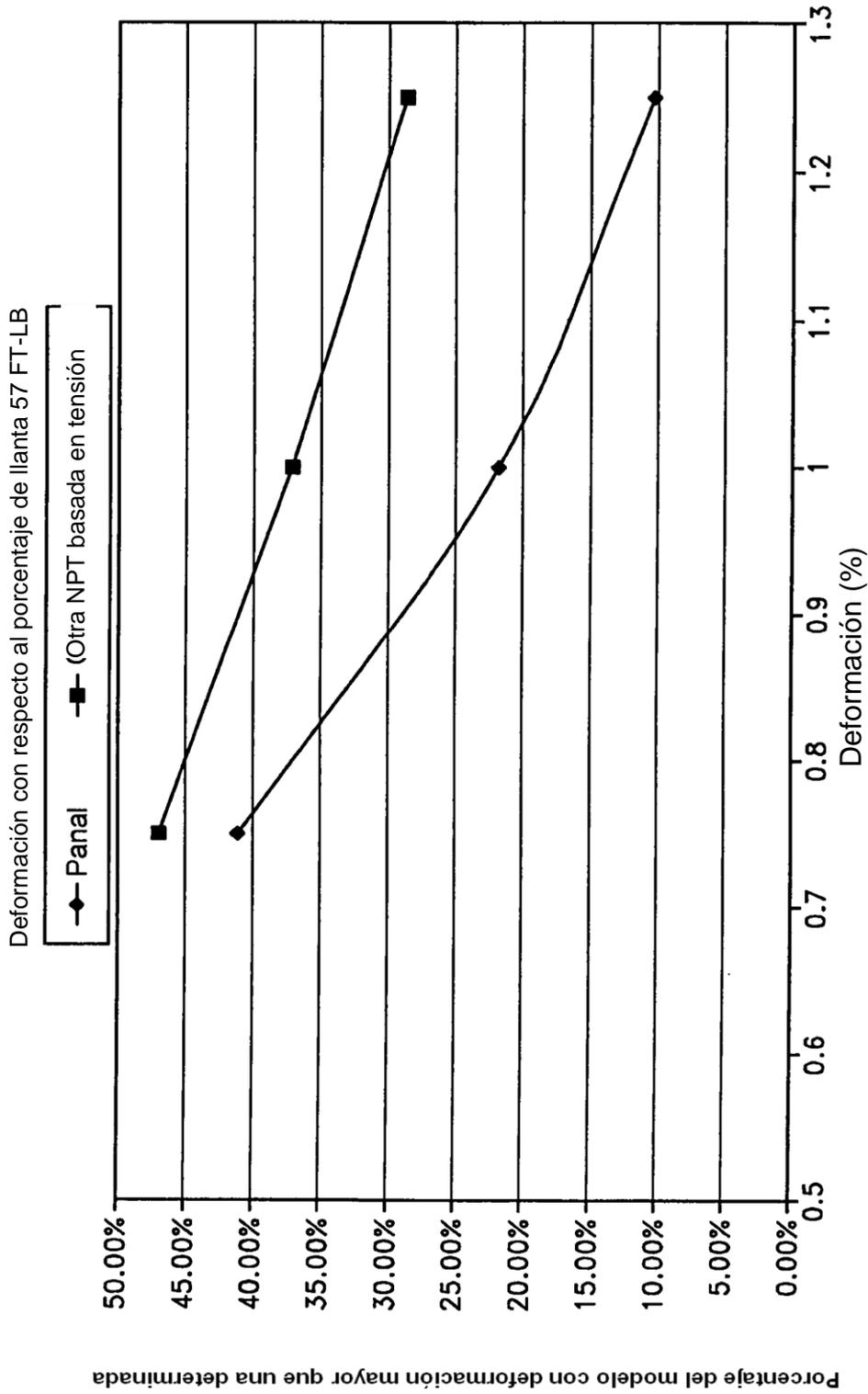


FIG. 30