

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 184**

51 Int. Cl.:

F41H 1/08 (2006.01)

A42B 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2008 E 08794322 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2013 EP 2132516**

54 Título: **Estructura protectora**

30 Prioridad:

22.03.2007 US 689541

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

02.12.2013

73 Titular/es:

**XENITH, LLC (100.0%)
672 SUFFOLK STREET
LOWELL, MA 01854, US**

72 Inventor/es:

FERRARA, VINCENT R.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 432 184 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

Estructura protectora

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere, en general, a un procedimiento y sistema de gestión de energía de impacto. Más específicamente, se refiere a una estructura protectora que está diseñada para proteger un objeto o cuerpo impactado de un daño debido a impactos y que tiene propiedades que se adaptan fácilmente para proporcionar respuestas de atenuación de impacto óptimas sobre una amplia variedad de energías de impacto.

Información antecedente

15 A. La física de colisión de objetos

Un objeto en movimiento posee energía cinética (E_c), que es una función de su masa (m) y velocidad (v), descrita por la ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

20 Cuando ese objeto colisiona con otro objeto, la energía se transfiere, impartiendo una fuerza (F). La fuerza transmitida es una función de dos relaciones primarias.

En primer lugar, la fuerza (F) impartida a un objeto es igual a la masa del objeto (m) y su aceleración resultante (a), que se rige por la segunda ley de movimiento de Newton, fuerza = masa x aceleración o $F = m \cdot a$. La aceleración (a) mide el cambio del objeto en su velocidad (Δv) con el tiempo (t) (el cambio en la velocidad puede ser positivo o negativo, por lo tanto la aceleración puede representar una cantidad positiva o bien negativa), por lo que la ley de Newton se puede reescribir como sigue:

$$F = m ((\Delta v)/t) \quad (2)$$

30 A partir de esta ecuación, es evidente que una forma de reducir la fuerza impartida a un objeto de masa fija (m) es la de prolongar el tiempo (t) sobre el que el objeto cambia su velocidad, reduciendo de este modo su aceleración.

En segundo lugar, la fuerza (F) es un resultado de la distancia (d) sobre la que se transfiere la energía del objeto (E) (en forma de energía cinética), lo que da la ecuación:

$$F = E/d \quad (3)$$

A partir de esta ecuación, es evidente que otra forma de reducir la fuerza (F) de un objeto que impacta con una cantidad dada de energía (E) es la de prolongar la distancia (d) sobre la que se transfiere la energía del objeto (E).

40 Una tercera relación rige el efecto de una fuerza impartida. La presión (P) describe la concentración de la fuerza (F) sobre un área (A) dentro de la que se imparte la fuerza (F) y se rige por la ecuación:

$$P = F/A \quad (4)$$

45 A partir de esta ecuación, es evidente que se puede reducir la presión (P) de un impacto reduciendo la fuerza (F) impartida por el objeto que impacta o incrementando el área (A) sobre la que se imparte la fuerza (F).

Dadas las tres relaciones anteriores, es evidente que los procedimientos para reducir el daño causado por un objeto que impacta son disminuir el nivel de la fuerza (F) impartida prolongando el tiempo (t) sobre el que ese objeto acelera (o decelera) o la distancia (d) sobre la que se transfiere energía, o incrementar el área (A) sobre la que se extiende esa fuerza (F). Un sistema ideal podría emplear los tres procedimientos para reducir el daño por impacto.

50 La fuerza se mide en Newtons ($1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$) o libras (lb): la masa se mide en kilogramos (kg) o libras de masa (lb-m); y la aceleración se mide en metros por segundo por segundo (m/s^2) o pies por segundo por segundo (ft/s^2). Una fuerza comúnmente conocida es el peso (w) que mide la fuerza de gravedad que actúa sobre un objeto. Es igual a la masa del objeto (m) multiplicada por la aceleración debida a la gravedad (g), que es de $9,81 \text{ m/s}^2$ o 32 ft/s^2 . Cuando se comparan las fuerzas que actúan sobre objetos de la misma masa o de masa similar (m), es común expresarlas en términos de unidades de aceleración en lugar de unidades de fuerza (recordar, $F=ma$). En estos casos, la aceleración a menudo se expresa como múltiplos de la aceleración de la gravedad, o en "g". Por tanto, se puede decir que un objeto ha experimentado una fuerza "80-g", o una fuerza igual a 80 veces la fuerza de la gravedad. En general, se puede asumir que las fuerzas más altas son más dañinas para un objeto que las fuerzas

más bajas.

En cualquier actividad en la que sea probable que dos objetos colisionen, es una práctica común utilizar materiales o estructuras protectoras diseñadas para gestionar la energía de la colisión y minimizar el daño al objeto impactado causado por la colisión. Un procedimiento común de someter a prueba la eficacia de dichos sistemas protectores es el de impartir una fuerza conocida (F) a un lado del material o la estructura protectora y medir la fuerza transmitida a través del sistema al otro lado. A menudo, esto se lleva a cabo con una "prueba de caída". En este tipo de prueba, se deja caer un objeto que impacta (o se acelera mecánicamente) desde una altura dada sobre una superficie fija, que está adaptada para registrar la fuerza impartida en ella por el objeto que impacta. Es típico que la superficie impactada sea una placa de acero, bajo la que está unido un "anillo de fuerza", que puede registrar las fuerzas suministradas a la placa, y transmitir una señal representativa de las fuerzas a un sistema de captura de datos, típicamente un ordenador programado. La combinación de la placa de acero y el anillo de fuerza se denomina "placa de fuerza". Por tanto, una comparación útil de los sistemas protectores implica situar el material o sistema de gestión de energía sobre la placa de fuerza, dejar caer una masa de impacto sobre el sistema o material, y registrar las fuerzas transmitidas a través del material o sistema a la placa de fuerza en función del tiempo.

Cuanto mayor sea la altura desde la que se deja caer un objeto de masa fija, mayor será la velocidad que alcanzará antes del impacto, y más energía cinética poseerá para transferir a la superficie impactada. La fuerza de ese impacto con el tiempo se representa en una curva de fuerza/tiempo, tal como la curva mostrada en la figura 1 del dibujo adjunto.

Es importante destacar que todos los objetos con la misma masa y la misma velocidad de impacto poseerán la misma cantidad de energía. La manera en que se gestiona esa energía por un material o estructura protectora determinará la forma de la curva de fuerza/tiempo. Para un objeto dado que impacta con una velocidad dada, el área bajo la curva de fuerza/tiempo, conocida como el impulso (I), será la misma, independientemente de la forma de la curva. Sin embargo, la forma de esa curva es una representación del perfil de fuerza, que puede variar significativamente, dependiendo del sistema de gestión de energía que se emplee. En general, cuando se gestionan impactos, se puede considerar que el nivel de fuerza máximo alcanzado es el indicador más crítico de la eficacia de un sistema de gestión de energía.

B. Espuma como material absorbente del impacto

Uno de los materiales más comunes usados para proteger objetos de fuerzas de impacto es la espuma. Las espumas sólidas forman una clase importante de materiales de ingeniería celular ligeros, y se usan en muchas aplicaciones en las que los impactos son comunes, tales como en actividades deportivas (por ejemplo, casco protector) y aplicaciones de automoción (por ejemplo, revestimientos de salpicadero). La definición más general de espuma es una sustancia que contiene un volumen relativamente alto en porcentaje de poros pequeños, y que está formada por burbujas de gas atrapadas en un líquido o sólido. Los poros permiten que la espuma se deforme elásticamente bajo un impacto, y la energía de impacto se disipa ya que el material se comprime. En general, las espumas disminuyen la presión por impacto extendiendo las fuerzas sobre un área amplia y prolongando la distancia y el tiempo sobre los que se producen los impactos y reducen de este modo el nivel de fuerza transmitida.

Aunque las espumas han sido un pilar en la protección contra impacto durante décadas, se basan únicamente en la deformación del material para sus capacidades de gestión de la energía. Esto presenta dos limitaciones importantes.

En primer lugar, basarse en propiedades materiales limita gravemente la adaptabilidad de la espuma. Las espumas se pueden adaptar para responder de forma óptima sólo a un intervalo muy específico de energías de impacto, cambiando la densidad o bien la geometría (grosor) de la espuma, pero las espumas no pueden adaptar su respuesta a un amplio intervalo de energías de impacto. Esto puede dar lugar a un desequilibrio de la capacidad funcional de la espuma con respecto a la energía de impacto, haciendo que la espuma ser "demasiado blanda" o "demasiado dura" para el impacto. Una espuma que sea demasiado blanda (no lo suficientemente densa) para un impacto se comprimirá demasiado rápido o "llegará al límite" y transmitirá demasiada fuerza al cuerpo impactado. Una espuma que sea demasiado dura (demasiado densa) para un impacto no se comprimirá lo suficiente y decelerará el cuerpo impactado demasiado rápido.

Cuando la espuma se comprime totalmente bajo un impacto, actúa como un cuerpo rígido y pierde su capacidad para absorber energía. La energía de impacto restante después de que la espuma se comprima totalmente se transmite directamente a través de la espuma al cuerpo impactado. Una espuma que sea demasiado blanda para un impacto dado se comprimirá demasiado rápido, lo que permite que grandes fuerzas se liberen al cuerpo impactado y disminuya con mucho efecto la distancia y el tiempo funcionales sobre los que se produce el impacto. Una curva de fuerza/tiempo para una espuma que sea demasiado blanda para un impacto dado se muestra en la figura 2 del dibujo adjunto.

En la fase inicial del impacto, la espuma no ralentiza el objeto lo suficiente, y esto se representa por un segmento de línea creciente sólo gradualmente, temprano en la curva de fuerza/tiempo de la figura 2, desde 0 hasta 0,075 segundos. A continuación, durante un periodo de tiempo de desde 0,075 hasta 0,0125 segundos, la espuma se

comprime rápidamente y se compacta, punto en el que se produce la deceleración en una distancia y tiempo cortos, mostrado como un pico en la curva de la figura 2. Esta curva demuestra que la mayoría de la deceleración se produce en un periodo corto de tiempo y distancia, liberando de este modo una fuerza máxima alta, que es lo que más daña al cuerpo impactado. Además, el potencial para la compresión localizada de la espuma blanda disminuye el área sobre la que se puede transmitir la fuerza, incrementando potencialmente, por lo tanto, la presión y el daño del impacto. Debido a las consecuencias potencialmente catastróficas de la llegada al límite dentro de un área pequeña, las espumas blandas no se pueden usar en situaciones que puedan implicar impactos de energía moderados o altos.

A la inversa, una espuma también puede ser demasiado dura (demasiado densa) para un impacto dado. Si la espuma es demasiado dura, presentará demasiada resistencia en la fase temprana del impacto, y no se comprimirá lo suficiente (no "aguantará" lo suficiente) para prolongar la distancia o tiempo de impacto. Por lo tanto, detiene el objeto de repente, representado como el aumento continuo brusco para una fuerza máxima alta en la curva de fuerza/tiempo mostrada en la figura 3 del dibujo. Esto es más evidente con respecto a la curva calificada como "Ensayo 1" en la figura 3.

Estas espumas densas funcionan principalmente extendiendo el área de impacto y reduciendo la presión sobre el área, pero aun así pueden dar lugar a fuerzas altas. Otro problema con espumas densas es el potencial para un "rebote" alto, en el que la espuma almacena temporalmente energía de impacto en compresión, a continuación la vuelve a liberar de rebote. Por lo tanto, las espumas densas son útiles para reducir la presión de impactos, pero su capacidad para reducir significativamente una fuerza máxima es limitada.

Aun cuando se de la casualidad de que las espumas se adapten al impacto (que se puede producir por casualidad, o por ingeniería específica de las espumas para que cumplan determinados estándares de niveles de energía muy específicos), todavía tendrán limitaciones inherentes. Una limitación importante es la incapacidad de la espuma para "aguantar" lo suficiente para prolongar la distancia y el tiempo del impacto. La mayoría de las espumas aguantarán hasta un máximo de un 60-70 % de su altura original, lo que limita la distancia y el tiempo sobre los que se produce el impacto, y da lugar a fuerzas máximas mayores. Dada la capacidad limitada para adaptar espumas, para un material dado que funcione a un nivel de energía dado, esto sólo presenta una opción para reducir adicionalmente las fuerzas máximas. Específicamente, la única manera para reducir adicionalmente fuerzas máximas es disminuir la densidad de la espuma e incrementar su altura o su grosor. Esta modificación puede servir para reducir las fuerzas de los picos, pero debido a las propiedades inherentes de la espuma, que hacen que se vuelva progresivamente más densa bajo compresión, la curva aún tiene forma de joroba o de campana, lo que limita la capacidad de la espuma para reducir la fuerza del pico. Además, un incremento en el grosor de la espuma puede ser cosmética o prácticamente inaceptable para determinadas aplicaciones, y también puede incrementar la masa y el peso del sistema de gestión de la energía hasta niveles inaceptables.

Dadas las propiedades de la espuma, una vez se fabrica, tendrá un determinado nivel de energía en el que actúa "de forma óptima", pero este rendimiento aún sigue dejando un gran margen de mejora, y fuera de su intervalo óptimo la función de la espuma será incluso peor, siendo potencialmente demasiado dura o bien demasiado blanda para un impacto dado. Por lo tanto, la espuma carece de una capacidad para adaptarse al potencial para impactos de diferentes niveles de energía. Esto conduce al uso de espumas diseñadas de forma sencilla para funcionar mejor a un determinado estándar, o diseñadas para evitar sólo las formas de daño más críticas, pero dejando otras formas de daño mal tratadas. La figura 4 de los dibujos incluye dos curvas de fuerza/tiempo para una espuma dada generadas en respuesta a dos energías de impacto diferentes. Como es evidente de la figura 4, el rendimiento de la espuma se deteriora con el incremento de la energía de impacto.

La segunda limitación principal de la espuma es que todas las espumas mostrarán un deterioro en su función después de impactos repetidos. Algunas espumas comunes, tales como poliestireno expandido (EPS), están diseñadas sólo para un único impacto. Otras espumas, aunque están diseñadas para ser "multi-impacto," también se verán deterioradas en su función después de impactos repetidos. Esta carencia de durabilidad puede presentar limitaciones prácticas así como de seguridad con el uso de espumas. La figura 5 de los dibujos incluye una serie de curvas de fuerza/tiempo para impactos sucesivos para una espuma "multi-impacto" que ilustra el deterioro en el rendimiento de la espuma con impactos repetidos.

En resumen, los problemas asociados con la espuma como material de absorción de impacto incluyen:

- (a) adaptabilidad limitada;
- (b) gestión de la energía de impacto no óptima;
- (c) compensación entre la capacidad de absorción de energía y la cantidad de material usado; y
- (d) mala durabilidad.

Aunque los inventores se han centrado específicamente en las limitaciones de las espumas, los expertos en la

técnica apreciarán que se pueden emplear otros mecanismos de gestión de energía, y que también pueden estar sujetas a las mismas limitaciones funcionales o similares que la espuma.

5 Por tanto, existe la necesidad en la técnica de una gestión de la energía de impacto para un sistema novedoso que pueda tratar las limitaciones de las espumas y otros sistemas de gestión de energía convencionales. El documento US 5.204.998 es relevante para las presentes reivindicaciones y divulga una estructura protectora como se divulga en el preámbulo de la reivindicación 1. La técnica relacionada también se muestra en los documentos FR 1.572.542 y WO 2006/089235.

10 **Sumario de la invención**

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de gestión de la energía de impacto novedoso que está diseñado para tratar las limitaciones de la espuma y otros sistemas de gestión de energía convencionales, como se analiza anteriormente.

15 De acuerdo con un modo de realización ilustrativo, la invención proporciona una estructura protectora de acuerdo con la reivindicación 1.

20 **Breve descripción de los dibujos**

Los anteriores y otros objetivos, características y ventajas de la invención se entenderán mejor por los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada de los modos de realización ilustrativos tomados conjuntamente con los dibujos adjuntos en los que:

25 la figura 1 es una curva de fuerza/tiempo típica para un material de absorción de impacto material, que muestra la fuerza transmitida por el material en función del tiempo;

la figura 2 es una curva de fuerza/tiempo para un material de espuma que es demasiado "blando" para el impacto aplicado a la espuma;

30 la figura 3 es una serie de curvas de fuerza/tiempo para un material de espuma que es demasiado "duro" para un impacto dado (es decir, ensayo 1) aplicado a la espuma;

35 la figura 4 muestra dos curvas de fuerza/tiempo para una espuma dada que ilustra el cambio en el rendimiento de la espuma en respuesta a diferentes energías de impacto;

la figura 5 es una serie de curvas de fuerza/tiempo para un material de espuma que ilustra el deterioro en el rendimiento de la espuma como resultado de impactos repetidos;

40 la figura 6 es una vista lateral, parcialmente en sección, de una celda compresible realizada de acuerdo con la invención;

la figura 7 es una vista superior de la celda de la figura 6, que ilustra su configuración y forma simétrica, en general redonda;

45 la figura 8 es una curva de fuerza/tiempo para una celda tal como la que se muestra en la figura 6, que ilustra cómo se pueden adaptar la celda para producir una respuesta a la fuerza casi trapezoidal y aplanada;

50 la figura 9 muestra dos curvas de fuerza/tiempo para una celda tal como la que se muestra en la figura 6, que ilustra la respuesta de la celda a dos energías de impacto diferentes;

la figura 10 muestra una curva de fuerza/tiempo para una celda compresible que tiene una forma de plato, sin un mecanismo inicialmente resistivo;

55 la figura 11 muestra una curva de fuerza/tiempo para una celda compresible que tiene paredes laterales similares a un fuelle, de nuevo sin un mecanismo inicialmente resistivo;

la figura 12 es una ilustración esquemática que muestra una sección transversal detalles geométricos de una celda preferente realizada de acuerdo con la invención;

60 la figura 13 es una ilustración esquemática que muestra secciones transversales de otras formas de celdas potencialmente adecuadas para la invención;

65 la figura 14 es una vista lateral, parcialmente en sección, de un segundo modo de realización de la invención en la que el mecanismo inicialmente resistivo comprende un anillo plegable elásticamente situado dentro de la celda;

la figura 15 es una vista lateral, parcialmente en sección, de un tercer modo de realización de la invención en la que una celda tal como la que se muestra en la figura 6 está combinada con una placa de base de espuma para potenciar la respuesta de absorción de golpe y la durabilidad de la celda y el confort de las estructuras protectoras que la incorporan;

5 la figura 16 es una vista lateral de un cuarto modo de realización de la invención en la que una celda tal como la que se muestra en la figura 6 está combinada con una segunda celda de construcción similar;

10 la figura 17 muestra una pluralidad de celdas tales como las celdas mostradas en las figuras 6, 14, 15 o 16 dispuestas una al lado de otra para formar una capa media de una estructura protectora multicapa que tiene un armazón externo y una capa interna,

15 la figura 18 es una vista similar a la figura 15 de un modo de realización de la invención que comprende una estructura protectora compuesta con dos elementos plegables;

la figura 19 muestra una pluralidad de las estructuras mostrada en la figura 18 incorporadas en una estructura multicapa tal como un casco; la figura 19A es una vista en sección a mayor escala tomada a lo largo de la línea 19A-19A de la figura 19, y la figura 19B es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 19B-19B de la figura 19A.

20 Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

Una celda o unidad protectora compresible de absorción de impacto, compresible 10 realizada de acuerdo con la invención se muestra en las figuras 6 y 7 de los dibujos.

25 En el modo de realización ilustrativo de las figuras 6 y 7, la celda 10 está fabricada de un material termoplástico, tal como poliuretano termoplástico (TPU) o elastómero termoplástico (TPE), formado en un recinto hueco de paredes finas 12 con una pared superior 14a y una pared inferior 14b y un orificio 16 a través de su pared inferior 14b. Las paredes laterales 18 de la celda 10 están orientadas semi-verticalmente, de modo que proporcionen una resistencia inicial a un impacto en la celda 10, pero después se tuercen estratégicamente hacia fuera para permitir que el fluido en la celda 10, en este caso aire, gestione el resto del impacto ventilando a través del orificio 16, como se indica por la flecha de flujo de aire 20. Las propiedades elásticas del material termoplástico a partir del que se fabrica la celda 10, acoplada con la carga de aire a través del orificio 16, permiten que la celda 10 vuelva rápidamente a su forma original después del impacto.

35 La figura 7 es una vista superior de la celda 10, que muestra su configuración y forma de disco simétrico y en general redondo. Esta forma en general simétrica permite que la celda responda de forma consistente independientemente de donde se aplique el impacto en la celda 10 e independientemente del ángulo del impacto con relación a la celda 10.

40 El concepto básico de la celda 10 trata específicamente las limitaciones de las espumas convencionales y otras estructuras y materiales de gestión de energía similares, y es diferente de otros sistemas de aire empleados previamente en sistemas de gestión de energía. En primer lugar, la celda 10 proporciona múltiples opciones de adaptación, que incluyen la selección y alteración de las propiedades del material termoplástico a partir del que se fabrica, el grosor de sus paredes, la geometría de la celda, el contenido de fluido de la celda, y el tamaño, configuración, posición y número de orificio(s) de ventilación. Al seleccionar y ajustar cuidadosamente estas propiedades, en coordinación entre sí, se puede adaptar la función de la celda 10, lo que permite un mejor intervalo funcional del que ha sido posible hasta ahora con espumas convencionales y otros sistemas. La calibración cuidadosa de estas propiedades permitirá a los expertos en la técnica determinar la combinación óptima basándose en la aplicación particular a la que se va a poner la celda 10.

50 En segundo lugar, la celda 10 sirve para gestionar la energía de impacto de una única forma. Se recordará de lo anterior que, para un objeto de masa dada (m) que viaja a una velocidad dada (v), el impulso de ese objeto, o el área bajo su curva de fuerza/tiempo, será el mismo. Sin embargo, la manera en que la celda de absorción de impacto 10 gestiona ese impulso determinará el perfil de la curva de fuerza/tiempo. Se recuerda que incluso las espumas óptimas proporcionarán una curva de fuerza/tiempo con forma de campana o joroba. Sin embargo, la celda 10 permite que se gestione el mismo impulso de forma diferente a la espuma. A diferencia de la curva con forma de campana o joroba, la celda 10, debido principalmente a su mecanismo inicialmente resistivo, gestiona el impulso de modo que la curva de fuerza/tiempo se vuelve casi trapezoidal, aumentando rápidamente hasta una región plana y después, debido principalmente al mecanismo de ventilación de fluido, presenta una parte plana significativa en la mayor parte del resto del impulso antes de que vuelva a cero. Por lo tanto, la celda 10 puede reducir las fuerzas máximas que transfiere gestionando el impulso de modo que su curva de fuerza/tiempo en realidad se "aplane". Un ejemplo de una curva de fuerza/tiempo aplanada del tipo proporcionado por la celda 10 de la invención se muestra en la figura 8 de los dibujos.

65 Para gestionar este impulso de forma que la curva de fuerza/tiempo normalmente con forma de campana se vuelva casi trapezoidal y aplanada, las propiedades de la celda 10, a saber, material, grosor de pared, geometría de celda,

- 5 contenido en fluido y tamaño, situación de la configuración y número de orificios, se seleccionan en coordinación entre sí para proporcionar la respuesta deseada. Específicamente, estas propiedades se seleccionan de modo que, en la parte inicial del impulso, el mecanismo inicialmente resistivo, por ejemplo, las paredes laterales plegables 18 de la celda 10, sirvan para iniciar la deceleración del objeto, representado por la parte inicial de inclinación pronunciada de la curva de fuerza/tiempo de la figura 8, durante el periodo de tiempo de desde 0 hasta 0,005 segundos. Una vez que las paredes laterales 18 de la celda 10 comienzan a colapsar y a torcerse hacia fuera, el impacto se gestiona por el fluido que se ventila desde la celda 10 a través del orificio 16, que está representado por la parte plana de la curva de la figura 8, durante el periodo de tiempo de desde 0,005 hasta 0,02 segundos.
- 10 Una de los motivos principales por los que la celda 10 puede gestionar mejor la energía de impacto es que la ventilación de fluido permite que la celda 10 "aguante" hasta una distancia más óptima que las espumas; en la mayoría de los casos, dependiendo del grosor de pared particular de la celda 10, se puede comprimir fácilmente hasta más de un 90 % de su altura original. Esta capacidad compresiva permite que el impacto se produzca a una distancia y tiempo mayores que las espumas. Además, el fluido en la celda 10 no se vuelve sustancialmente más denso durante la compresión, permitiendo así una resistencia más constante con el tiempo y la distancia, al contrario que las espumas que se vuelven progresivamente más densas con la compresión y que dan lugar a una curva puntiaguda. El incremento en el aguante y una densidad constante de la celda 10 proporciona una curva más plana de fuerza/tiempo, lo que indica un "aterrizaje más suave" para el objeto que impacta.
- 15 Otro beneficio principal de la celda 10 es su capacidad para adaptarse a diferentes niveles de energía de impacto. Este beneficio resulta en general de las propiedades de los fluidos en compresión. En este caso, con una energía de impacto incrementada, el fluido en la cámara interna 12 de la celda 10 se vuelve cada vez más turbulento y no fluye tan fácilmente a través del orificio 16 en comparación con su flujo bajo impactos de energía menores. Por lo tanto, en realizada el fluido se comporta como un mecanismo más rígido bajo una energía de impacto alta en comparación con su comportamiento más blando bajo una energía de impacto menor. Esta adaptación proporciona una gestión de energía más óptima sobre diferentes niveles de energía de impacto. Un ejemplo de esta adaptación de la celda 20 se muestra en la figura 9 de los dibujos. La figura 9 muestra las curvas de fuerza/tiempo para una celda compresible tal como la celda 10 en dos niveles de energía de impacto diferentes; a partir de estas curvas es evidente que las fuerzas máximas de dos impactos son relativamente las mismas, a pesar del incremento en la energía de impacto y el tamaño de impulso en la segunda curva. Esta adaptación proporciona una ventaja valiosa sobre las espumas, como es evidente de una comparación de las curvas de la figura 9 con las curvas para una única espuma en dos niveles de energía de impacto diferentes mostrados en la figura 4 de los dibujos.
- 25 Finalmente, la celda 10 tiene el potencial para presentar una durabilidad mayor que las espumas. Dependiendo del material elegido para la celda 10, y con el potencial para combinar la celda 10 con un componente de gestión de energía complementario, tal como se analizó junto con los modos de realización de las figuras 13, 14 y 16 a continuación, la celda 10 puede presentar un rendimiento de absorción de impacto consistente con poca o ninguna disminución en la función incluso después de impactos repetidos.
- 30 Es importante destacar que las propiedades clave de la celda 10 analizadas anteriormente están optimizadas en cualquier diseño para proporcionar las características de gestión del impulso también analizadas anteriormente. Si mecanismo inicialmente resistivo de la celda 10, por ejemplo, las paredes laterales plegables 18, es demasiado duro, la celda 10 se comportará de forma similar a una espuma densa; si el mecanismo inicialmente resistivo (por ejemplo, las paredes laterales 18) es demasiado blando, la celda 10 se comportará de forma similar a una espuma de densidad baja. Si el fluido no se ventila desde el orificio 16 de forma apropiada, la celda 10 no responderá apropiadamente después del impacto inicial. Si, por ejemplo, el orificio 16 es demasiado grande, el aire no proporciona resistencia durante el ventilado y la celda 10 se comporta de forma similar a una espuma blanda; si el orificio 16 es demasiado pequeño, el aire queda atrapado y se comporta como un resorte, impartiendo así un efecto rebote no deseado en contraposición a un efecto amortiguador.
- 35 También es importante destacar que no todas las cavidades llenas de fluido huecas ni las cámaras de aire gestionarán la energía de esta única manera descrita anteriormente. El uso de aire como un sistema de gestión de energía se ha empleado ampliamente, pero en otras formas sufre limitaciones. Las curvas de fuerza/tiempo para otros dos tipos de celdas llenas de aire sin ningún mecanismo inicialmente resistivo se muestran en las figuras 10 y 11 de los dibujos. La figura 10 corresponde a una celda compresible, ventilada, con forma y conformación de un disco o platillo volante, sin mecanismo inicialmente resistivo. La figura 11 corresponde a una celda compresible ventilada con paredes laterales corrugadas o similares a un fuelle, de nuevo sin mecanismo inicialmente resistivo.
- 40 Las celdas cuyas curvas de fuerza/tiempo se ilustran en las figuras 10 y 11 no proporcionan suficiente resistencia inicial al impacto, como se muestra por las partes primeras de las curvas, que sólo se incrementan gradualmente antes de que la curva aumente rápidamente a una fuerza máxima alta. Estas curvas parecen análogas a las de espumas más blandas. Dada la compresibilidad del aire, si no se incorpora un mecanismo resistivo inicial en la celda, se comprimirá demasiado rápido y no proporcionará la curva forma trapezoidal aplanada que aumenta rápidamente. A la inversa, si la celda se sella y se presuriza, puede volverse demasiado dura y no rendir lo suficiente para gestionar la energía apropiadamente, y de nuevo, puede crear un efecto rebote no deseado. O, si el aire está contenido en una red de cámaras de aire extensa de celdas compresibles interconectadas (al contrario que el

entorno relativamente contenido de la celda 10), después del impacto, el aire puede viajar por toda la cámara de aire y ofrecer muy poca resistencia al impacto.

El material, grosor de pared, geometría de celda y tamaño y tamaño de orificio preferentes para la celda 10 de la figura 6 dependerá, por supuesto, de la aplicación particular para la que se use la celda 10, así como el número de dichas celdas usadas en una estructura protectora particular y los otros elementos y componentes de esa estructura. Como se destaca, los materiales TPE son particularmente bien adecuados como material para la celda 10. Los TPE Arnitel® y Santoprene™ son dos TPE comercialmente disponibles que se pueden moldear por soplado fácilmente a la forma y configuración deseadas de la celda 10 y que presentan resiliencia y durabilidad excelentes. Otros materiales que se pueden usar para la celda 10 incluyen elastómeros de poliuretano termoplástico (TPU) y polietileno de baja densidad (LDPE).

La figura 12 de los dibujos es una ilustración esquemática que muestra una sección transversal y detalles geométricos y dimensionales de una unidad protectora o celda 10 preferente realizada de acuerdo con la invención. La sección transversal de la celda preferente está representada por líneas más gruesas y en negrita en la figura 12. La celda 10 de la figura 12 es preferentemente simétrica sobre su eje central X de modo que cualquier sección transversal de la celda 10 a lo largo de un plano normal al eje X forma un círculo. Como se destaca anteriormente, esto ayuda a garantizar que la respuesta de la celda 10 sea la misma independientemente de la posición y del ángulo del impacto. Cuando la celda 10 están en sección transversal en elevación lateral en cualquier diámetro, tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 12, los bordes de la celda forman una forma simétrica que pasa a través de un conjunto específico de puntos dispuestos en un patrón específico. Estos puntos, que pueden ser círculos en el caso en el que los bordes de la celda 10 sean redondos, están etiquetados como A, A', B, B', C, y C' en la figura 12. En el patrón, los puntos B y B' son equidistantes entre A y C y A' y C', respectivamente. El ángulo formado por las líneas AC y AB es mayor que cero y menor que 45°. Lo mismo es válido para los ángulos formados por las líneas CA y CB, A'C' y A'B' y C'A' y C'B', respectivamente. Otras formas en sección transversal de celda que satisfacen esta definición, y que son potencialmente adecuadas para su uso para la celda 10 de acuerdo con la invención, están representadas por las líneas más delgadas, más suaves en la figura 12.

La figura 13 ilustra otras formas en sección transversal que son potencialmente adecuadas para su uso para la celda 10 de acuerdo con la invención.

Como se destaca anteriormente, la forma y dimensiones específicas de la celda 10 dependerán de algún modo de la aplicación particular a la que se pone. Una celda como la celda 10 de la figura 12 que está destinada para su uso en una estructura protectora, tal como la ilustrada en, y descrita a continuación en relación con, la figura 17 de los dibujos, junto con una pluralidad de celdas idénticas, conformadas y configuradas para su uso como casco protector pueden tener las siguientes dimensiones y otros detalles. La altura h de la celda 10 de la figura 12 es de aproximadamente 1,0 pulgada (2,54 cm), los diámetros d_1 de sus paredes superior e inferior son de aproximadamente 1,75 pulgadas (4,45 cm), y su diámetro medio d_2 es de aproximadamente 2,00 pulgadas (5,08 cm). Aunque el material de la celda 10 es TPU, también podría ser TPE. El grosor de pared (t) del recinto de la celda 12 puede estar en el intervalo de aproximadamente 1,0 a aproximadamente 3,00 mm, con un grosor típico (t) de aproximadamente 2,00 mm. El diámetro del orificio 16 (véase la figura 6) puede estar en el intervalo de aproximadamente 1,0 mm a aproximadamente 5,00 mm, siendo un diámetro de orificio típico de aproximadamente 2,5 mm. Se apreciará que una variación en una cualquiera de estas dimensiones y/o ángulos puede requerir un ajuste correspondiente de las otras dimensiones y/o ángulos puesto que todos los valores están interrelacionados. La combinación óptima de valores para una aplicación dada se puede determinar fácilmente a través de muestreo sin experimentación indebida.

La figura 14 muestra un modo de realización alternativo de la invención en forma de una unidad protectora o celda compresible 50 que es similar en diseño a la celda 10 descrita previamente. Sin embargo, en la celda 50, el mecanismo inicialmente resistivo se proporciona por un componente que está separado del recinto 52 de la celda 50 pero que coactúa con el recinto 52 para proporcionar la resistencia inicial deseada. En este modo de realización ilustrativo, el componente inicialmente resistivo comprende un anillo de plásticos elástico 62 que está situado dentro del recinto 52 de la celda 50. La celda 50 tiene, en general, paredes laterales verticales 58 que pueden ser relativamente dóciles de modo que proporcionen poca resistencia al colapso en respuesta a un impacto. El anillo interno 62, sin embargo, está diseñado para resistir el colapso durante la fase inicial de un impacto, de la misma manera que lo hacen las paredes laterales 18 en la celda 10, y a continuación se tuercen estratégicamente hacia dentro y se colapsan, lo que permite que fluido que llena al menos parcialmente la celda 50 y se ventila a través del orificio 56 de la celda 50 sirva como mecanismo para el tratamiento del resto del impacto. Como la celda 10, las propiedades de la celda 50 y su anillo interno 62 se pueden modificar para proporcionar una curva de fuerza/tiempo aplanada, casi trapezoidal en respuesta a un amplio intervalo de energías de impacto.

El anillo 62 se puede fabricar por separado del recinto 52 de la celda 50 y se puede insertar dentro del recinto de la celda 52 antes de que se asegure la pared inferior 54. El anillo 62 puede estar unido en sus bordes superior e inferior a las superficies internas del recinto 52. Se apreciará que el componente inicialmente resistivo también puede estar dispuesto fuera del recinto de la celda 52 alrededor del perímetro de la celda 50.

La figura 15 muestra otro modo de realización de la invención en el que una celda compresible, tal como la celda 10 de la figura 6, está combinada con una placa de base 70 de espuma convencional. La placa de base de espuma 70 puede estar unida, soldada o asegurada de otro modo a la celda 10 y puede tener una apertura central 72 que permite al fluido fluir libremente fuera de la celda 10 durante un impacto y volver de nuevo a la celda 10 al final del impacto. La placa de base de espuma 70 mejora la capacidad de la celda combinada 10 para atenuar y absorber impactos y mejora la durabilidad de la celda 10, es decir, su capacidad para soportar múltiples impactos con daño y degradación mínimos de su rendimiento, y por tanto el confort de los cascos y otras estructuras protectoras que incorporan la celda.

La figura 16 ilustra otro modo de realización de la invención, en el que una unidad o estructura protectora 100 incluye un par de celdas compresibles, tales como la celda 10 de la figura 6 o la celda 50 de la figura 14, unidas a lados opuestos de una placa de base común 102. La celda superior 10 o 50 está orientada de modo que ventile hacia abajo en el impacto. La celda inferior 10 o 50 está orientada de modo que ventile hacia arriba en el impacto. La placa de base 102, que puede ser de espuma u otro plástico, está provista de varios pasajes radiales extendidos de forma opuesta 104 que permiten que el fluido se ventile lateralmente desde las celdas 10 o 50 tras el impacto y que vuelva lateralmente a las celdas 10 o 50 después del impacto. Aunque las celdas 10 o 50 en la figura 16 se muestran como del mismo tamaño relativo, se apreciará que podrían ser de diferentes tamaños, por ejemplo, la celda inferior 10 o 50 podría más pequeña que la celda superior 10 o 50, para conservar espacio y hacer la estructura menos voluminosa.

La figura 17 es una vista en sección transversal de un modo de realización de una estructura de armazón protector multicapa 200 para proteger un cuerpo B de daño debido a impactos. La estructura protectora 200 comprende una pluralidad de unidades protectoras compresibles o celdas, tales como la celda 10 de la figura 6 o la celda 50 de la figura 14, dispuestas una al lado de otra en una capa media 202 entre un armazón externo 204 y una capa interna 206. El armazón externo 204 puede ser una capa de plástico relativamente dura, relativamente fina que se deforma localmente y radialmente en respuesta a un impacto. La capa interna 206 puede ser de una espuma convencional. Las celdas 10 o 50 pueden estar unidas a la superficie interna del armazón externo 204 y/o a la superficie externa de la capa interna 206, o pueden estar aseguradas de forma semipermanente a ella por elementos de fijación liberables (no mostrado). La capa interna 206, como la placa de base de espuma 70 en el modo de realización de la figura 15, puede estar provisto de una pluralidad de aperturas 208 que permiten que el fluido que se ventila desde las celdas 10 o 50 pase a través de la capa interna 206 al cuerpo B durante un impacto. Se apreciará que, debido a la naturaleza elástica de las celdas 10 o 50, el armazón externo 204 no sólo se deformará en respuesta a los componentes radiales de un impacto, componentes que se absorberán eficazmente por las celdas 10 o 50 y la capa interna 206, sino que también romperá con relación a la capa interna 106 en respuesta a componentes tangenciales de un impacto, absorbiendo también esos componentes.

La estructura en capas 200 de la figura 17 es particularmente adecuada para su uso en la construcción de un casco protector para proteger la cabeza del que lo lleva de conmociones relacionadas con el impacto y otras lesiones. Las configuraciones e implementaciones específicas de la estructura en capas 200 incluyen cascos, cascos de motocicleta, cascos de bicicleta, cascos de esquí, cascos de lacrosse, cascos de hockey, cascos de fútbol, cascos de bateo, cascos para escalada o montañismo y cascos para boxeadores. Otras aplicaciones incluyen cascos usados en obras de construcción, en aplicaciones militares y defensa, y para actividades bajo tierra.

También se apreciará que las celdas 10 y 50, así como la estructura en capas 200, pueden estar adaptadas para su uso en una amplia variedad de otras aplicaciones de atenuación de golpes y de absorción de impacto.

Por supuesto, la celda básica del solicitante se puede combinar con miembros de absorción de impacto distintos a la espuma como en la figura 15 u otra celda similar como en la figura 16, para formar una unidad protectora que proporcione una gestión de energía por impacto de acuerdo con la invención. La figura 18 ilustra una unidad o estructura protectora 220 que comprende una celda 222 y una cápsula de fuelle 224 conectada en oposición y en comunicación fluida libre entre sí para formar una unidad protectora compuesta.

La celda 222 tiene una pared de extremo o superior 222a y paredes laterales troncocónicas conectadas en oposición 222b que tienen características plegables similares a las de las celdas 10 y 50 descritas anteriormente. El extremo inferior de la pared lateral inferior 222b está conectado a un reborde o pared inferior anular 222c que une una gran abertura 226 en la parte inferior de la celda.

La celda 222 tiene al menos un orificio de ventilación 230 en la pared superior o lateral de la celda. La celda ilustrada 222 tiene dos orificios en forma de válvulas en la pared superior 222a.

La cápsula de fuelle 224, por otra parte, comprende una pared inferior 224a y una pared lateral contorneada convencional 224b con un borde superior que está conectado a un reborde o pared superior anular 224c que rodea una gran abertura 232 en la parte superior de la cápsula de fuelle. La cápsula ilustrada tiene sólo dos contornos pero, de hecho, podría tener más. La pared o reborde 224c es del mismo tamaño que la pared o reborde 220c de modo que las dos paredes o rebordes pueden estar situadas en contacto cara a cara y pueden estar soldadas por radiofrecuencia o unidas juntas como se muestra en 228 en la figura 18. Por supuesto, en una aplicación dada, las

paredes o rebordes opuestos tanto de la celda como de la cápsula de fuelle se pueden asegurar a las caras opuestas de un anillo. En cualquier acontecimiento, los espacios dentro de la celda 222 y la cápsula 224 están en comunicación fluida libre y por tanto definen una única cámara relativamente grande que es estanca excepto por los orificios 230. Siendo ese el caso, el/los orificio(s) de ventilación puede(n) estar presente(s) en una pared de la cápsula de fuelle en lugar de, o además de, una pared de celda 222, como se muestra con líneas discontinuas en 236 en la figura 18 o puede(n) estar formado(s) como un paso(s) radial(es) entre rebordes 222c y 224c como se indica con líneas discontinuas en 237 en esta misma figura.

La cápsula de fuelle 224 añade un volumen compresible apreciable a la estructura de celda básica. Por lo tanto, mejora la capacidad de toda la estructura para atenuar y absorber impactos. Específicamente, prolonga la duración de la parte plana de la curva de fuerza/tiempo descrita anteriormente en relación con la figura 8, por ejemplo. En algunas aplicaciones, para conformar adicionalmente esa curva y para mejorar el rendimiento confortado de toda la estructura protectora, un cuerpo elástico compresible, por ejemplo de espuma, similar a la placa de espuma 70 en la figura 15 puede estar incluido en la cápsula de fuelle 224 como se indica en líneas discontinuas en 239 en la figura 18. El cuerpo 239 puede estar soportado por una red fina 239a, por ejemplo una malla o película, asegurada a una cara del cuerpo 239 y que tiene un margen de borde sobresaliente entre los rebordes 222c y 224c cuando esos rebordes se sueldan por RF o se aseguran juntos de otro modo.

Dependiendo de la aplicación particular, el/los orificio(s) de ventilación 230 (y/o 236) puede(n) tener varias características. Por ejemplo, en un caso, dos de dichos orificios pueden estar implementados como dos válvulas de retención dirigidas opuestamente que incorporan diferentes restrictores de flujo que permiten que la unidad protectora 220 inhale y exhale a diferentes tasas de flujo. Por tanto, pueden controlar la duración de la parte plana de la curva de fuerza/tiempo cuando la estructura se ve impactada y su tasa de recuperación después de un impacto de este tipo: En otra aplicación, puede ser deseable proporcionar un orificio de ventilación en forma de una válvula que se abre cuando la presión en la estructura excede una magnitud seleccionada. De este forma, la unidad 220 atraparé aire temporalmente mientras la presión del aire se acumula en la estructura y a continuación liberará el aire cuando se abra la válvula. Por medio del uso de múltiples de dichas válvulas, cada una con su propio punto de referencia de nivel de presión, la tasa de ventilación de la estructura se puede optimizar a múltiples niveles de energía de impacto.

Además, aunque la celda 222 y la cápsula de fuelle 224 en la figura 18 se muestran sustancialmente con el mismo diámetro o área de sección transversal, para lograr una forma deseada de curva de fuerza/tiempo para una aplicación particular, puede ser deseable fabricar la cápsula más grande o más pequeña que la celda y/o fabricar la cápsula de un material o grosor de pared diferentes de la celda y/o proporcionar la cápsula con una tasa de accionamiento seleccionada, siendo el objetivo último adaptar toda la unidad o estructura protectora 220 lo más posible a la aplicable dada.

Un uso particular para el que la unidad 220 de la figura 18 es especialmente adecuado es como parte de una estructura de armazón protectora de múltiples capas para proteger el cuerpo humano de lesiones relacionadas con impactos. La figura 19 es una vista en sección fragmentada de dicha estructura de múltiples capas mostrada, en general, en 240 como se puede usar para proteger la cabeza H de un usuario tal como un atleta o un trabajador, por ejemplo.

Como se muestra en la figura 19, la estructura 240 comprende un armazón externo 242 que puede ser una capa de plástico relativamente dura que se deforma local y radialmente en respuesta a un impacto y una capa interna 244 que puede ser de un material menos rígido, más blando, todo como se describe en detalle en las aplicaciones anteriores. La estructura 240 también incluye una tercera capa, media mostrada en general en 246 que comprende las celdas 222 de una pluralidad de las unidades protectoras compresibles 220 mostradas en la figura 18. Las estructuras 220 están situadas lado a lado en agujeros 248 formados en la capa interna 244 de modo que las cápsulas de fuelle 224 de todas las estructuras se proyecta una distancia seleccionada por debajo de la capa interna 244 y juntas forman una funda interna conformable 250. En otras palabras, un segmento de cada unidad protectora 220, que consiste en la celda 222, se proyecta desde una cara de la capa interna 244 hacia la capa externa 242 mientras que otro segmento de esa unidad se proyecta desde la cara opuesta de la capa 244 para formar parte de una funda interna 250.

Preferentemente, usando varios medios, las estructuras 220 se pueden interconectar de forma liberable con la capa 224 en la estructura de múltiples capas 240 de modo que se pueden reemplazar fácilmente si se dañan en el uso o para facilitar su sustitución por estructuras 220 que tienen propiedades diferentes. Por ejemplo, el borde de cada abertura 248 en la capa 244 puede estar formado con muescas o rendijas radiales 248a de modo que el margen del borde de la abertura es de algún modo flexible y elástico. Una unidad protectora compuesta 220 se inserta en cada abertura 248 desde abajo. El reborde 222c, 224c de cada unidad encajará en su sitio sobre la capa 244 como se muestra en las figuras 19A y 19B justo donde la parte superior de la unidad toca el armazón externo 242 de modo que la capa 244 está capturada entre el reborde de la unidad y el primer contorno de la cápsula de fuelle como se observa mejor en la figura 19B. De forma alternativa, se pueden proporcionar muescas en el reborde de la unidad de protección 222c, 224c para lograr el mismo efecto. Se pueden usar los mismos medios para conectar de forma liberable las unidades protectoras 10, 50 y 100 a una capa de soporte 244 de modo que los segmentos

correspondientes de las unidades proyectan la capa 244 hacia la capa externa 242 formando de este modo la capa media 246 de esa estructura. En el caso de unidades protectoras 100 y 220, los segmentos de extremo opuestos de esas unidades se proyectan desde la cara opuesta de la capa de soporte para formar una funda interna similar a la funda 250.

5 Preferentemente, el/los orificio(s) 230 de la estructura 220 están situados en ranuras 256 formadas en las paredes superiores 222a de las celdas 222 de modo que aire fluye libremente a y desde los orificios 230 a un borde abierto de la estructura 240 o a través de agujeros en la capa interna 244. Por ejemplo, en algunas aplicaciones, puede ser deseable extender las rendijas o muescas 248a más allá del borde del reborde 222c, 224c para proporcionar
10 agujeros como se muestra en 248b en la figura 19A de modo que el aire en la capa intermedia 246 se puede ventilar a la parte inferior de la capa interna 244, por ejemplo para enfriar la cabeza H del usuario.

15 Cuando las celdas 222 están asentadas como se muestra para formar la capa media 246, las paredes inferiores 224a de las cápsulas de fuelle 224 están todas en posición para acoplarse con la cabeza H del usuario. En efecto, las cápsulas de fuelle forman una funda interna dinámica de la estructura de múltiples capas 240 que conforman próxima al contorno de la cabeza H del usuario.

20 En otras palabras, cuando la estructura de múltiples capas 240 está en reposo sobre la cabeza del usuario, la presión en cada estructura protectora 220 es relativamente baja y cada cápsula de fuelle se puede flexionar lo necesario para conformarse próxima al área subyacente de la cabeza del usuario. Por lo tanto, las cápsulas de fuelle como un todo proporcionan una funda interna relativamente blanda y confortable cerca de la cabeza del usuario. Por otra parte, cuando toda la estructura 240 se ve impactada, la presión en cada estructura 220 se incrementa en una cantidad dependiendo de la localización y la gravedad del impacto en el armazón externo 242. De esta forma, las cápsulas sirven para amortiguar el impacto y por tanto proteger la cabeza del usuario de lesiones.

25 En resumen, las cápsulas de fuelle 224 forman eficazmente una funda interna dinámica para la estructura 240. Proporcionan ajuste y confort sobre un gran intervalo de tamaños de cabeza puesto que las cápsulas se pueden autoajustar en un amplio intervalo para conformarse a la cabeza del usuario. Entonces, durante un impacto, las cápsulas se presurizan y funcionan de forma dinámica para ayudar en la gestión de la energía de impacto como se describe anteriormente.

30 En lugar de reemplazar las unidades protectoras una a una como se describe anteriormente, la estructura 240 puede estar diseñada de modo que la capa interna 244, con las unidades protectoras 220 ya instaladas en ella, se puedan insertar como un subsistema completo dentro del armazón externo 242 y conectarse de forma liberable a ella por medios de fijación adecuados en bordes externos opuestos de las capas 242 y 244, por ejemplo medios de fijación de cierre, elementos de fijación de gancho y bucle, etc. o elementos de fijación de acoplamiento 260a, 260b en las superficies opuestas del armazón externo 242 y las paredes de extremo 222a de las celdas 222.

35 Como se destaca anteriormente, las celdas (y cápsulas de fuelle) de las diversas estructuras de gestión de energía de impacto descritas anteriormente pueden estar formadas usando procedimientos de moldeo por soplado convencionales. Sin embargo, en algunas aplicaciones, puede ser deseable controlar más estrechamente el grosor de sus paredes y adaptar selectivamente sus grosores. Por ejemplo, en una aplicación dada, puede ser deseable proporcionar una celda 10, 50 o 222 con paredes laterales plegables que son más gruesas o más finas que las paredes de extremo o con un grosor que varía con la altura de las paredes laterales para lograr una característica de pliegue inicial seleccionada.

40 Se ha descubierto que se pueden lograr dichas tolerancias estrechas moldeando por inyección las celdas (y la cápsula de fuelle) usando moldes con núcleos de molde plegables especiales del tipo divulgado, por ejemplo, en las patentes de EE. UU. 3.247.548 y 4.919.608, de las que el contenido se incorpora en el presente documento por referencia. Este tipo de molde permite el moldeo de artículos con simetría axial pero con un diámetro que puede variar a lo largo del eje del artículo. Dichos moldes incluyen una sección de molde externa que forma la pared externa del artículo y un núcleo plegable interno que forma la pared interna del artículo. Una vez se completa la operación de moldeo, el núcleo interno se puede plegar para permitir su retirada axial del interior del artículo. Dichos moldes permiten la formación de una celda con paredes laterales anguladas como se describe anteriormente cuyo
45 grosor de pared se puede controlar de forma precisa para lograr los objetivos de la invención.

50 En resumen, lo que se describe es una unidad o estructura protectora que posee una combinación única de elementos y propiedades que se pueden seleccionar y ajustar individualmente y que actúan en coordinación entre sí para gestionar la energía de impacto de una manera novedosa. Específicamente, estas estructuras proporcionan los siguientes beneficios:

- 60
- (a) múltiples opciones de adaptación;
 - (b) resistencia gradual ofrecida por diferentes mecanismos de absorción de impacto (permite darle forma a la curva de fuerza y reducción en la fuerza máxima);
- 65

(c) incremento en el "aguante" y evitar el incremento en la densidad con la compresión (da lugar al aplanado de las curvas de fuerza y reducción en fuerzas máximas sin la necesidad de un incremento en el grosor);

(d) adaptación a niveles de energía de impacto variables; y

(e) durabilidad superior en comparación con la espuma.

Aunque la invención se ha mostrado y descrito con referencia a modos de realización específicos, se entenderá por el experto en la técnica que se pueden realizar varias modificaciones y adiciones a los modos de realización descritos sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, se apreciará que el/los orificio(s) descritos en la estructura 220 se pueden emplear en las estructuras 10 y 50 y que una cápsula de fuelle 224 se puede unir a la estructura 50 para formar una unidad protectora compuesta. Además, en algunas aplicaciones, cada unidad protectora puede comprender una única estructura plegable, tal como una cápsula de fuelle relativamente larga, que está retenida en las aberturas 248 de modo que los segmentos de extremo opuestos de esa estructura se proyectan desde caras opuestas de la capa de soporte 244. Es decir, estas estructuras forman tanto la capa media 246 como la funda interna 250. Los expertos en la técnica apreciarán también que otros numerosos mecanismos se pueden concebir y usar para proporcionar las celdas divulgadas con la resistencia deseada para plegarse durante la fase inicial de un impacto. Por lo tanto, es la intención de las reivindicaciones adjuntas cubrir estas y otras modificaciones que pueden ser obvias para los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura protectora (200, 240) para proteger un cuerpo frente a un impacto, que comprende:

5 una capa interna (201, 244) de material relativamente flexible, teniendo dicha capa interna una pluralidad de aberturas espaciadas entre sí (208, 248) que se extienden entre caras opuestas de la misma,

10 una pluralidad correspondiente de unidades protectoras (10, 220), constituyendo cada unidad protectora un recinto plegable estanco al fluido (10, 220), un volumen de fluido que llena el recinto y al menos un orificio (16, 230) en una pared del recinto que ventila de forma resistiva fluido desde el recinto (10, 220) a una tasa seleccionada en respuesta a un impacto sobre la estructura (200, 240), estando recibidas dicha pluralidad de unidades protectoras (10, 220) en la pluralidad de aberturas (206, 248) de modo que los correspondientes primeros segmentos (10, 222) de los recintos (10, 220) que se proyectan desde una cara de la capa interna (206, 244) forman juntos una capa media (202, 246), y las superficies de cooperación (222c, 244) en la capa interna (206, 244) y cada unidad protectora (10, 220) para retener cada unidad protectora en la abertura correspondiente (206, 248) en la capa interna (206, 244);

20 caracterizada porque el primer segmento del recinto (10, 222) de cada unidad protectora (10, 220) comprende un par de paredes laterales sustancialmente troncocónicas (18, 222b) conectadas en oposición para definir un ángulo obtuso entre ellas (en B, B'), extendiéndose dichas paredes laterales desde la superficie de cooperación (14a, 222c) de esa unidad protectora hasta una pared de extremo (222a) del primer segmento del correspondiente recinto (10, 222).

25 2. La estructura protectora definida en la reivindicación 1, en la que dichas superficies de cooperación (222c, 244) están adaptadas para retener de forma liberable la pluralidad de unidades protectoras (10, 220) en la pluralidad de aberturas (208, 248).

30 3. La estructura protectora definida en la reivindicación 1 y que incluye además una capa externa relativamente rígida (204, 242) que se extiende generalmente paralela a la capa interna (206, 244) y que acopla los primeros segmentos (10, 222) de los recintos.

35 4. La estructura protectora definida en la reivindicación 1, en la que cada unidad protectora (220) también incluye un segundo segmento de recinto (224) que se extiende desde el primer segmento de recinto correspondiente (222) de esa misma unidad protectora (220), proyectándose dicho segundo segmento de recinto desde la otra cara de la capa interna (244) de modo que los segundos segmentos de recinto (224) de todas las unidades protectoras (220) forman juntos una funda interna conformable (246) de la estructura protectora (240).

40 5. La estructura protectora definida en la reivindicación 4, en la que el segundo segmento de recinto (224) de cada unidad protectora es una extensión del primer segmento de recinto (240) de la misma.

6. La estructura protectora definida en la reivindicación 1, en la que dicho al menos un orificio (16, 230) también permite una entrada de fluido en dicho recinto (10, 220) para devolver dicho recinto a su configuración no plegada después del impacto.

45 7. La estructura protectora definida en la reivindicación 4, en la que el segundo segmento de recinto de cada unidad protectora comprende una cápsula de fuelle en comunicación fluida con el primer segmento de recinto correspondiente de esa misma unidad protectora.

50 8. La estructura protectora definida en la reivindicación 7, en la que la cápsula de fuelle contiene un cuerpo elástico compresible.

9. La estructura protectora de la reivindicación 1, en la que dicho al menos un orificio (230) comprende una válvula de ventilación (230) que tiene un punto de referencia de modo que la válvula se abre sólo cuando la presión en dicho recinto (220) excede una magnitud seleccionada.

55 10. La estructura protectora de la reivindicación 1, en la que al menos un orificio (230) comprende una primera válvula de ventilación y una válvula de entrada que tienen características de restricción de flujo diferentes de modo que el recinto (220) exhala e inhala a tasas de flujo diferentes.

60 11. La estructura protectora definida en la reivindicación 1, en la que el primer segmento de recinto (10, 222) de cada unidad protectora (10, 220) tiene paredes laterales (18, 222b) que resisten cediendo en respuesta a una fase inicial de un impacto y se pliega después de dicha fase de impacto inicial para permitir que se gestione el resto del impacto por la ventilación de fluido a través de dicho al menos un orificio (16, 230) de la correspondiente unidad protectora (10, 220).

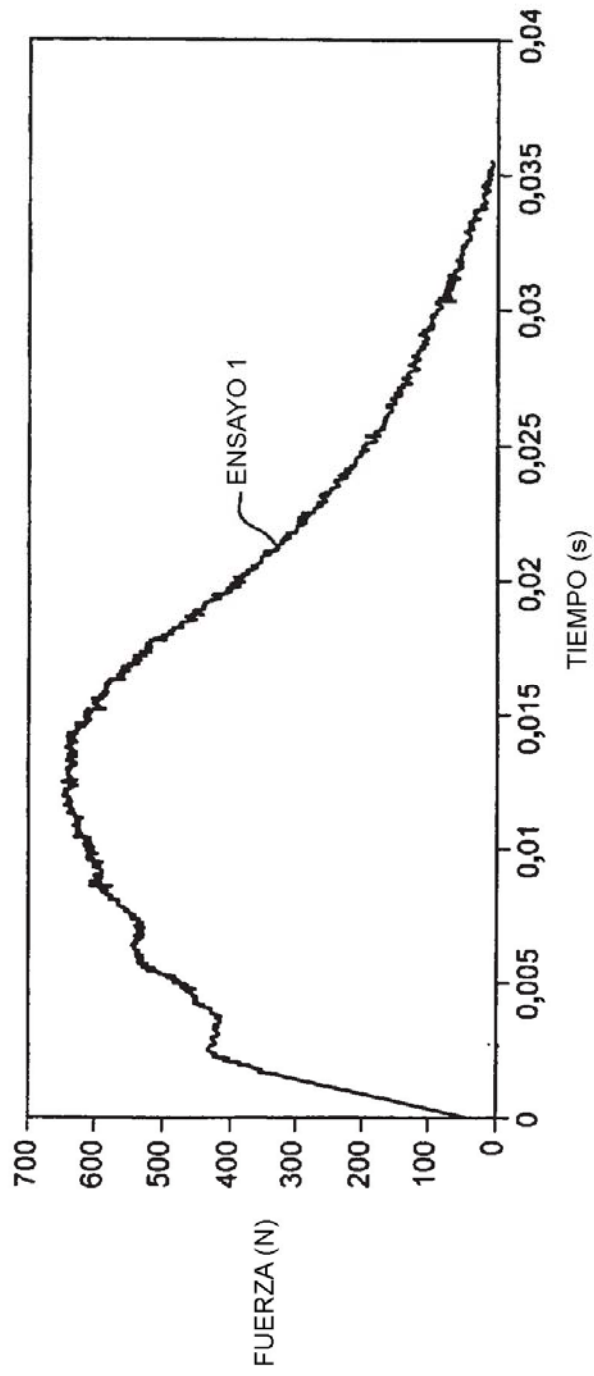


FIG. 1

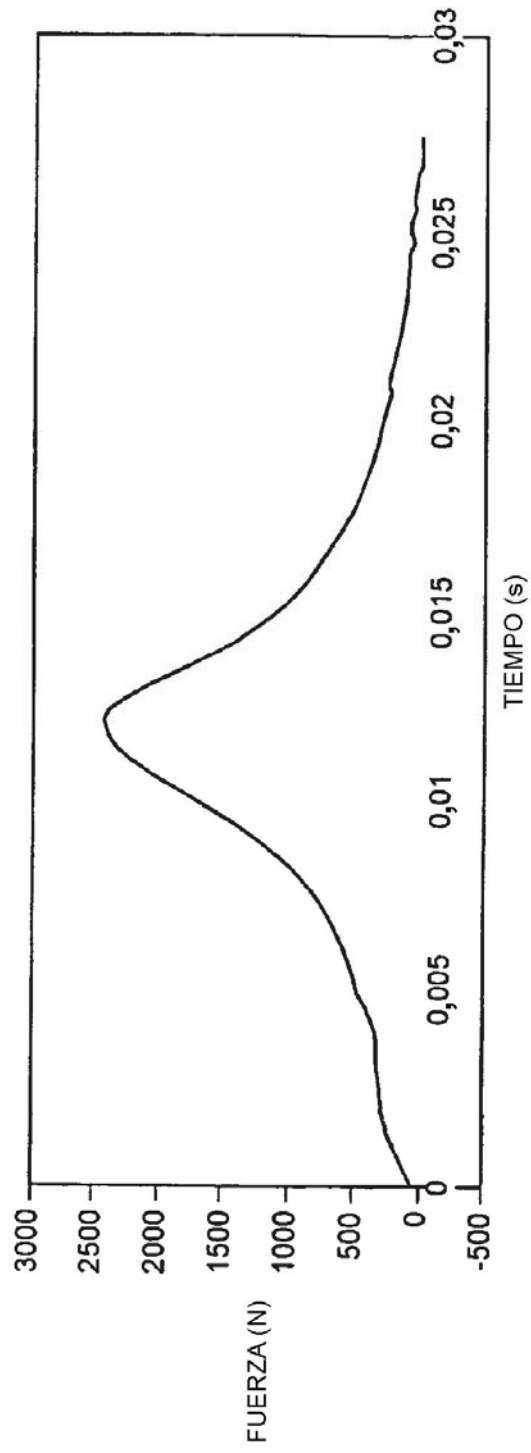


FIG. 2

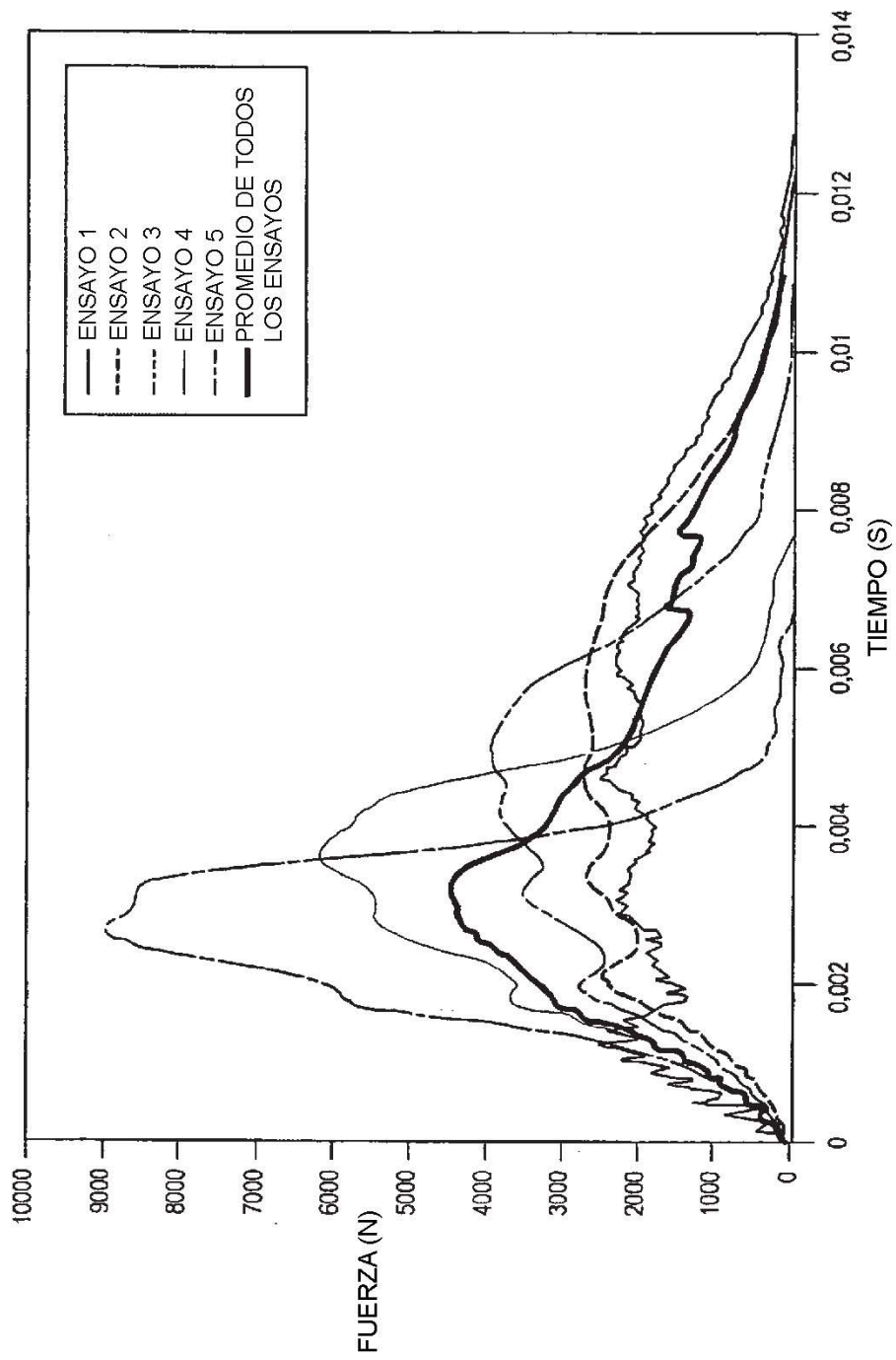


FIG. 3

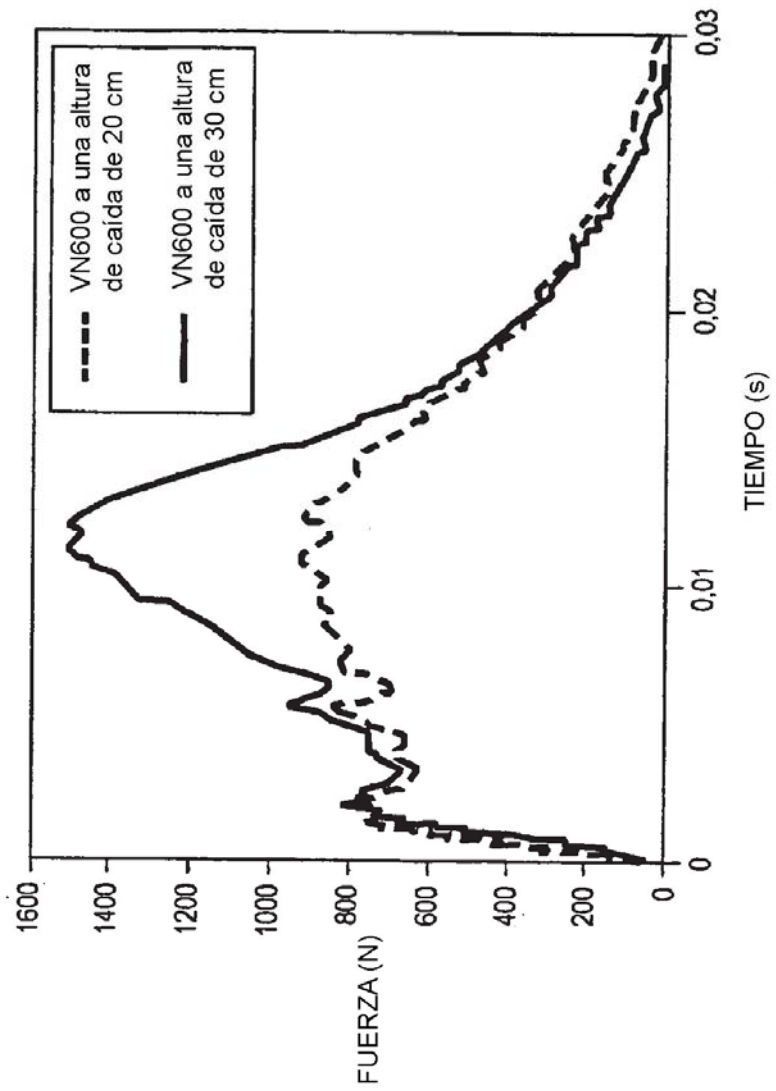


FIG. 4

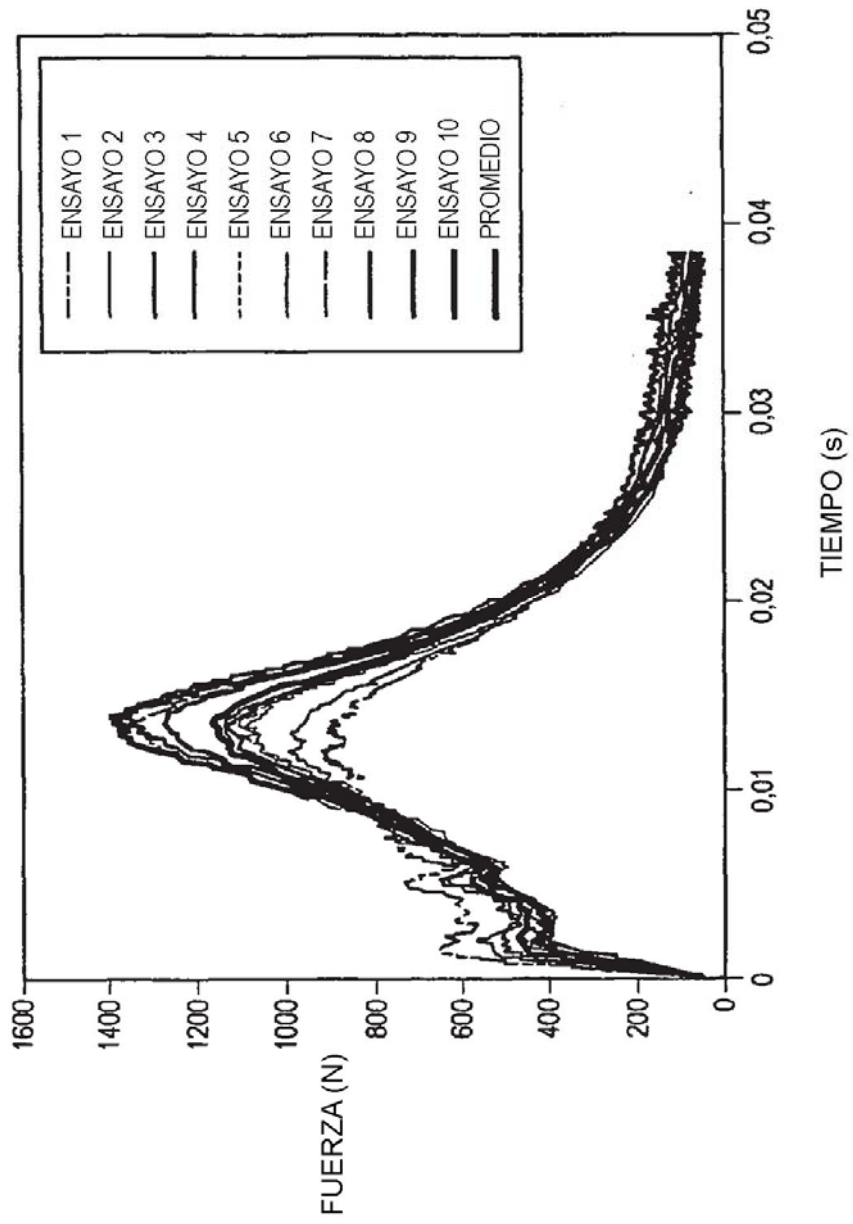


FIG. 5

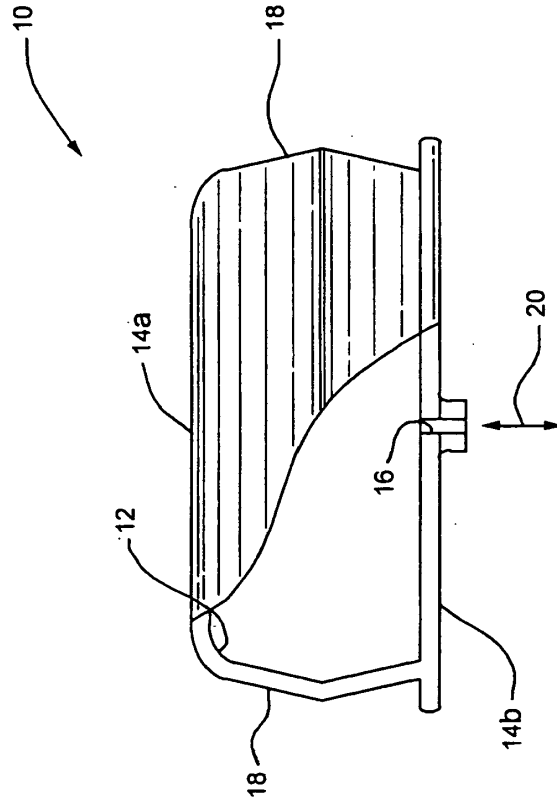


FIG. 6

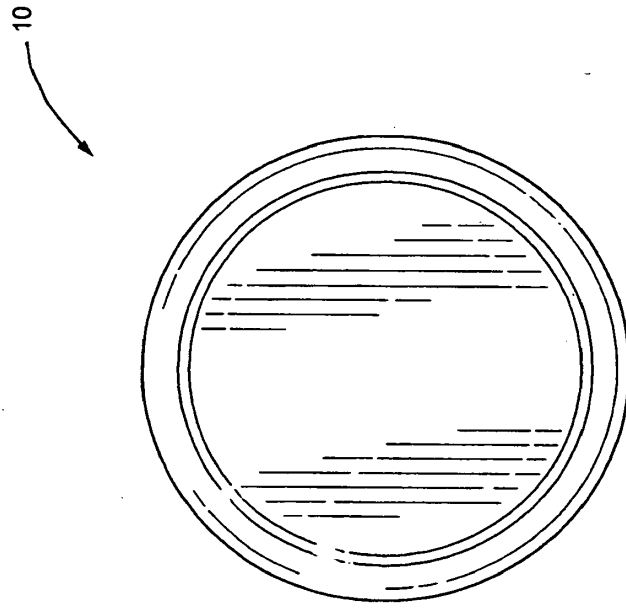


FIG. 7

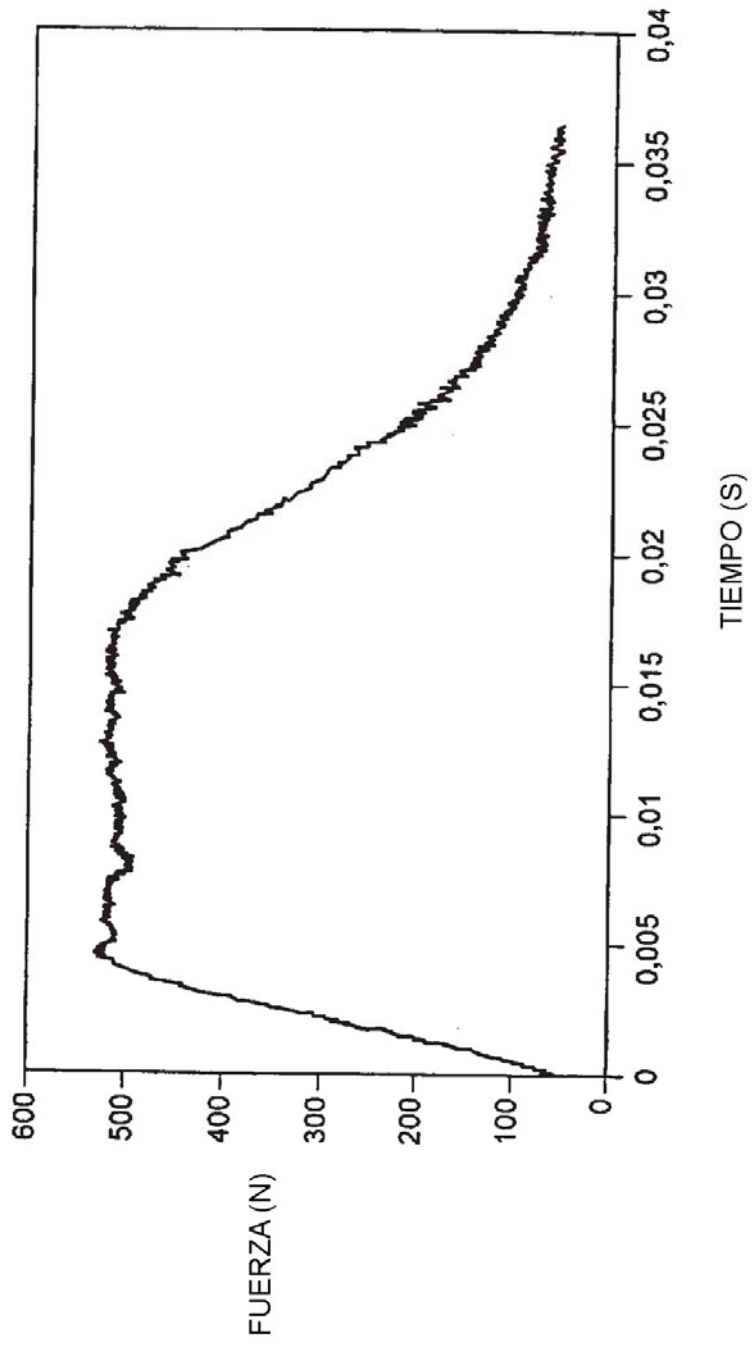


FIG. 8

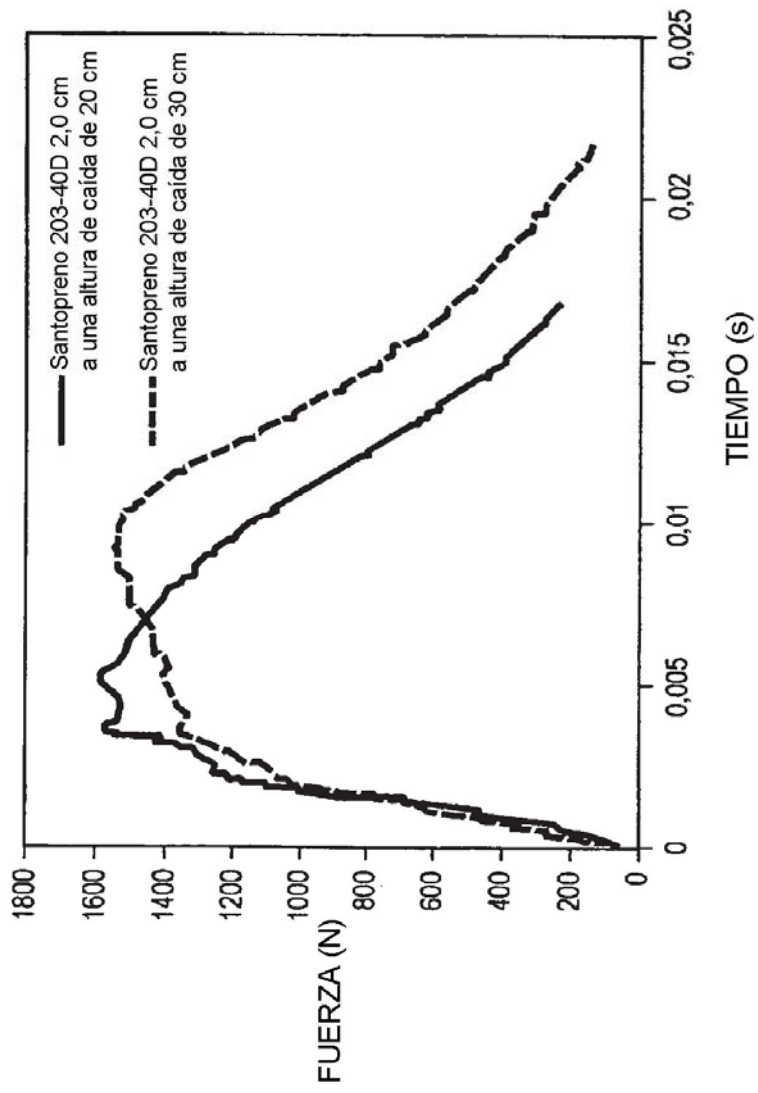


FIG. 9

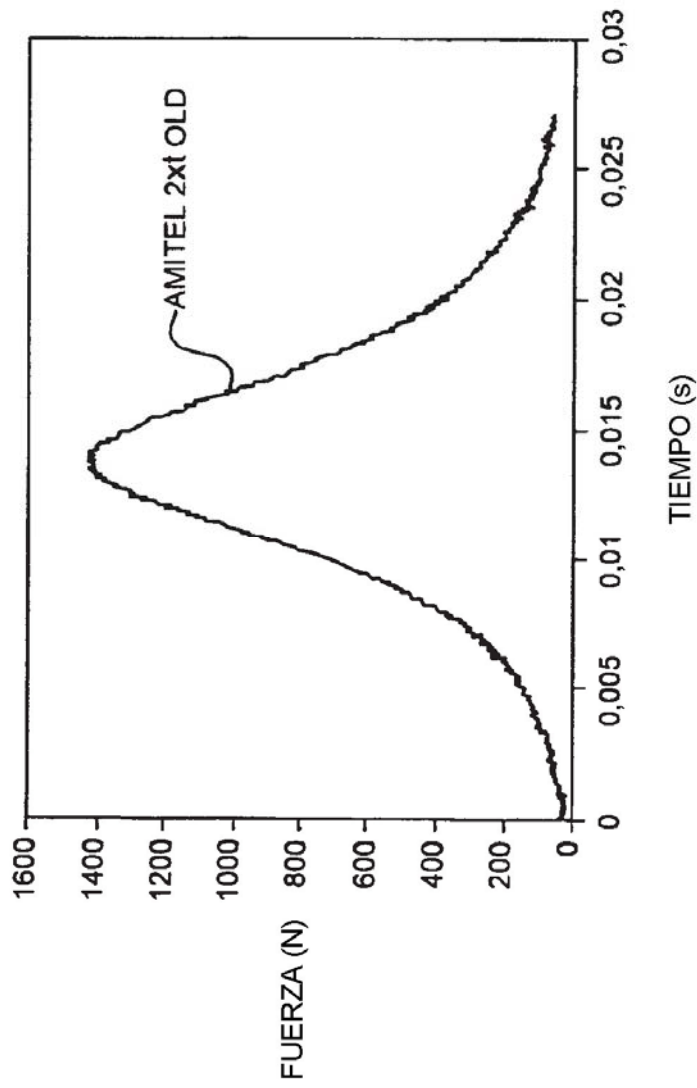


FIG. 10

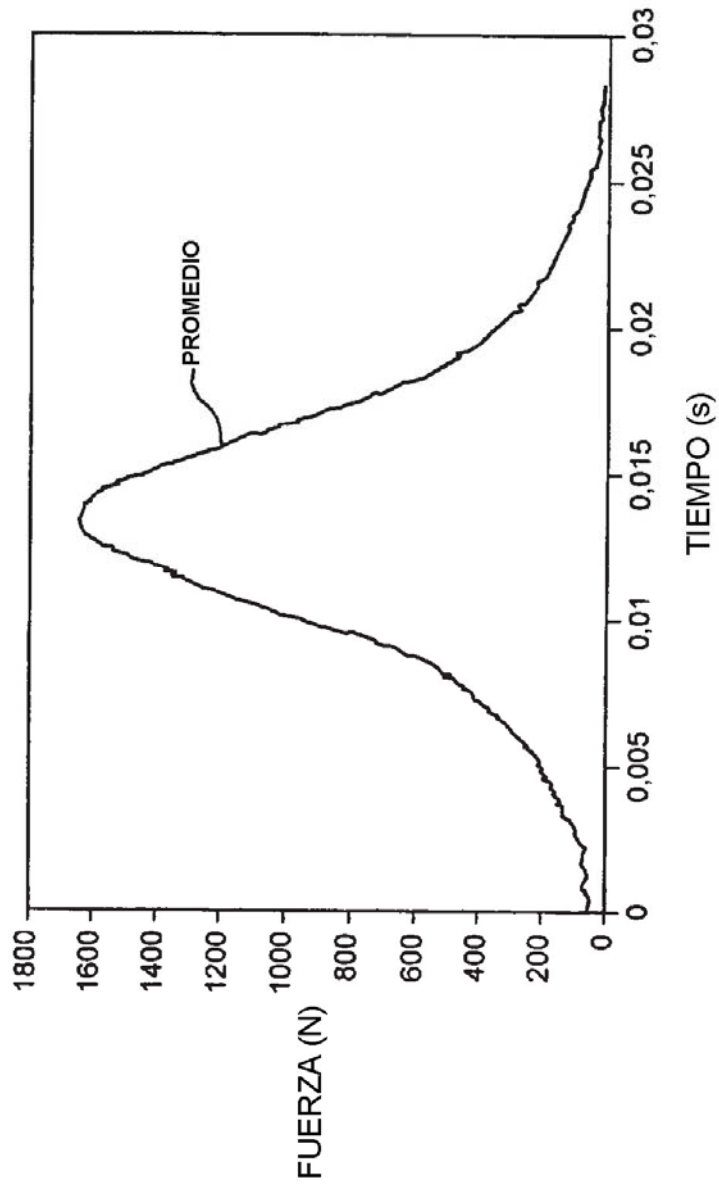


FIG. 11

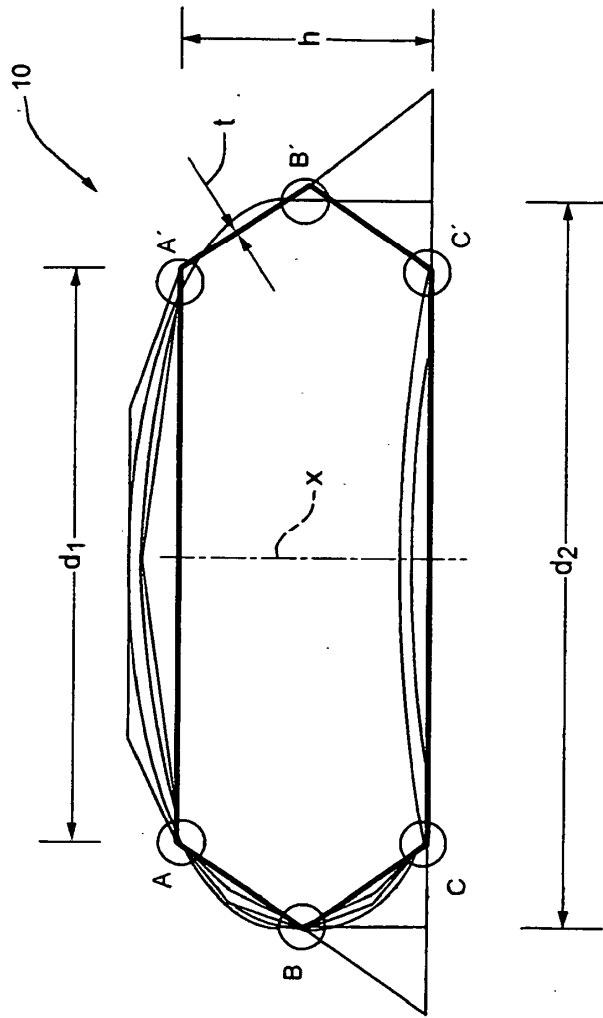


FIG. 12

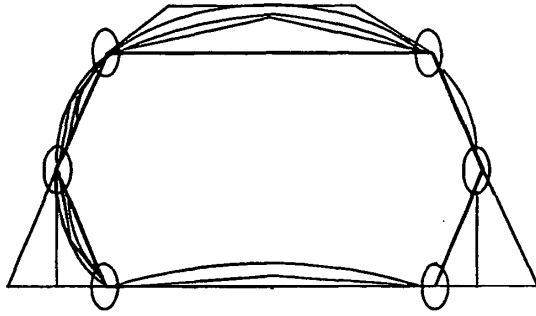


FIG. 13A

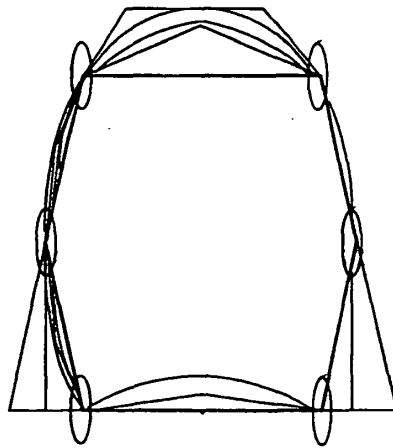


FIG. 13B

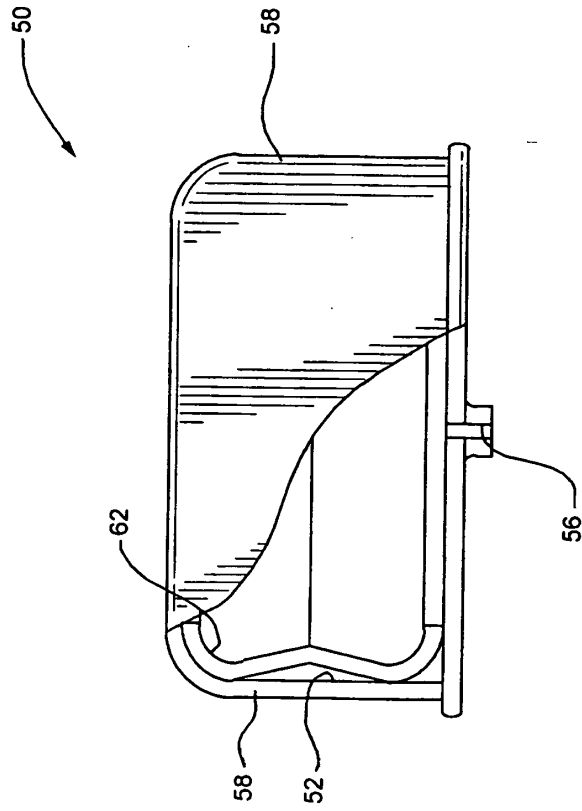


FIG. 14

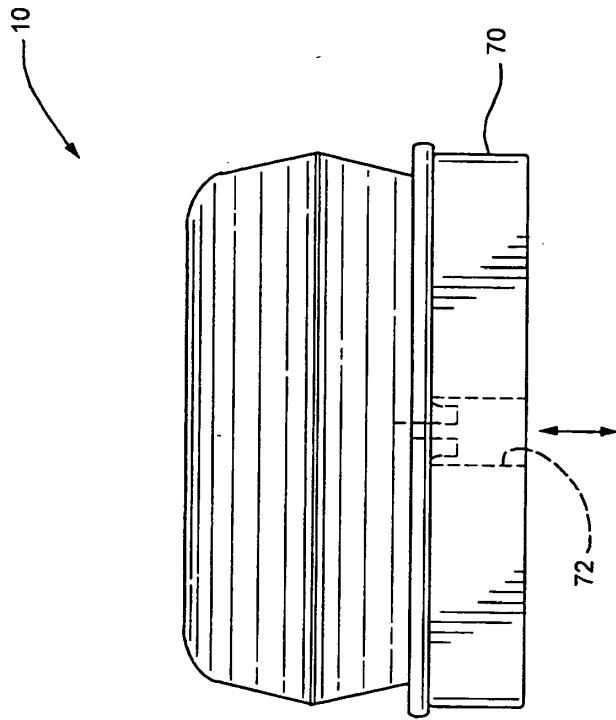


FIG. 15

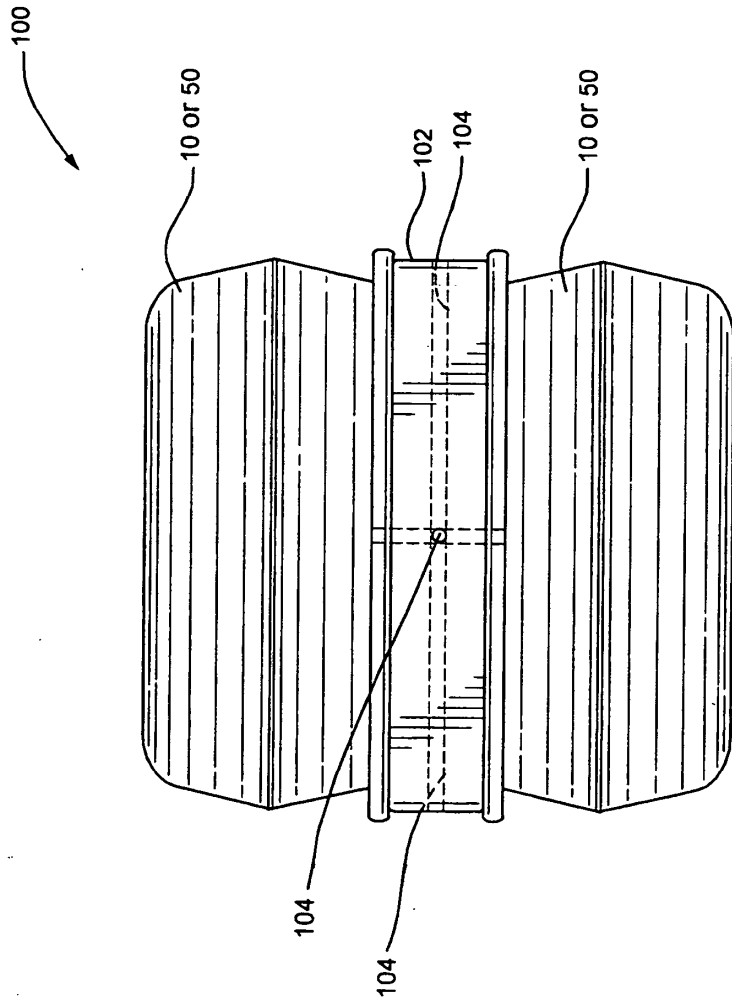


FIG. 16

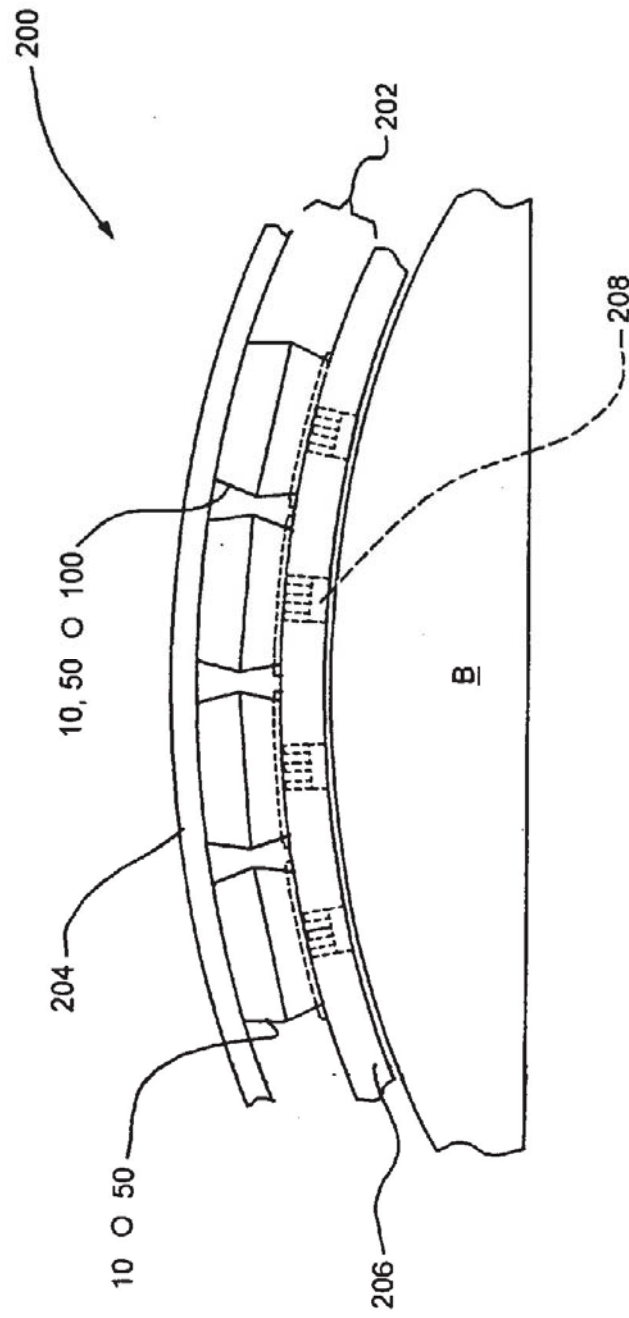


FIG. 17

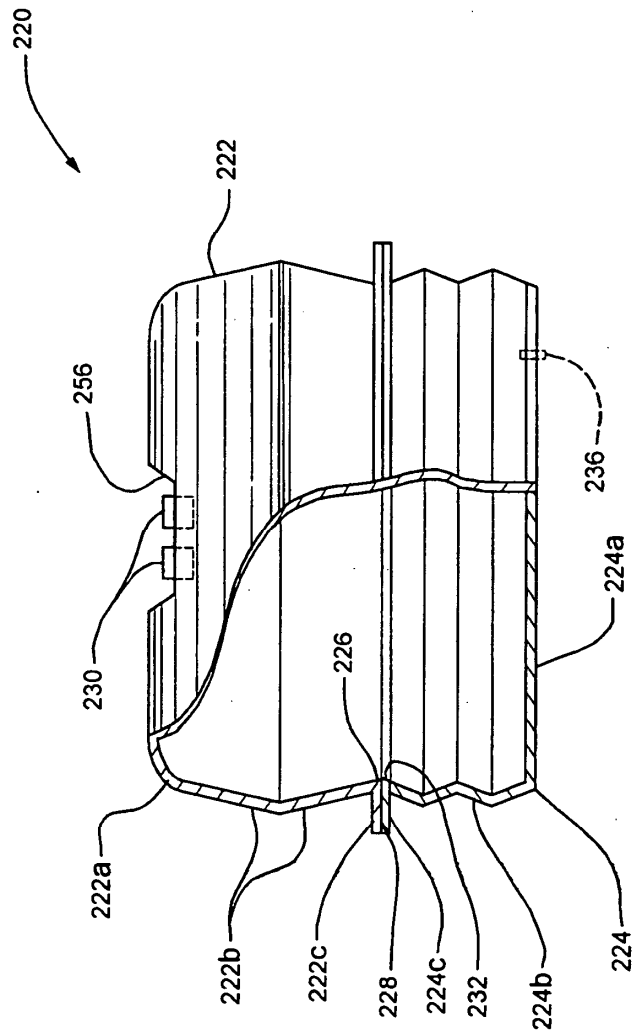


FIG. 18

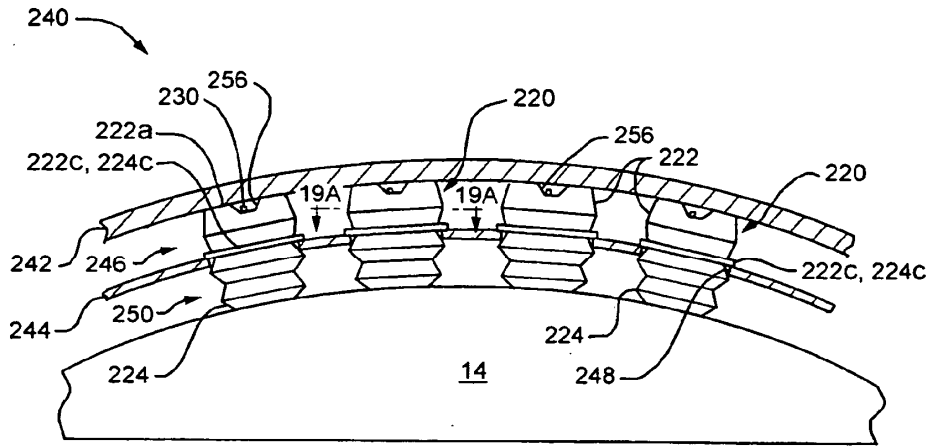


FIG. 19

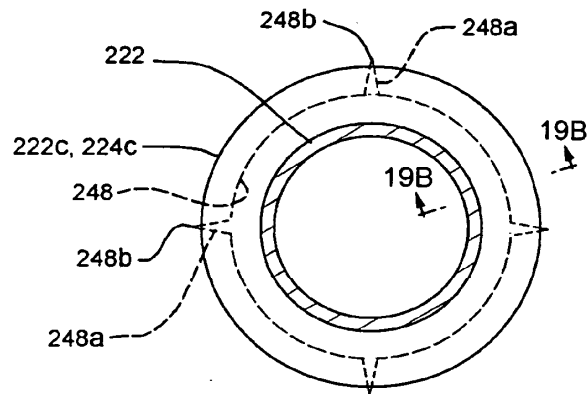


FIG. 19A

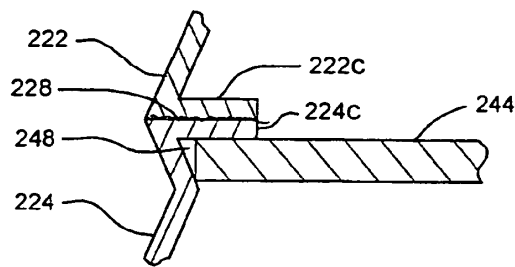


FIG. 19B