(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 560 306**

(51) Int. Cl.:

A47C 27/18	(2006.01)
A47C 27/08	(2006.01)
B32B 3/28	(2006.01)
F16F 7/12	(2006.01)
A42B 3/12	(2006.01)
A41D 13/015	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2011** **E 11846168 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015** **EP 2648574**

(54) Título: **Amortiguación celular intercalada**

(30) Prioridad:

10.12.2010 US 421713 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.02.2016

(73) Titular/es:

SKYDEX TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
12508 E. Briarwood Avenue, Suite 1-f
Centennial, CO 80112, US

(72) Inventor/es:

KANOUS, TREVOR;
FOLEY, PETER;
METZER, COLLIN;
SUGANO, ERIC;
BUCHEN, GERALD;
MASSMAN, MARK y
NEAL, JON

(74) Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 560 306 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

Amortiguación celular intercalada.

Campo técnico

La presente invención se refiere, en general, a unos sistemas y procedimientos de amortiguación y absorción de energía.

Antecedentes

Los sistemas de amortiguación se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen la comodidad y la protección frente a impactos del cuerpo humano. Un sistema de amortiguación se coloca adyacente a una parte del cuerpo (con una o más capas de material entre el cuerpo y el sistema de amortiguación, en algunas implementaciones) y proporciona una barrera entre el cuerpo y uno o más objetos que chocan contra el cuerpo. Por ejemplo, una esterilla de espuma contiene múltiples huecos llenos de aire que amortiguan el cuerpo con respecto a una superficie de suelo dura. De manera similar, sillas, guantes, rodilleras, cascos, etc. pueden incluir un sistema de amortiguación que proporciona una barrera entre una parte del cuerpo y uno o más objetos que chocan contra esta parte del cuerpo.

Se utilizan una variedad de estructuras para sistemas de amortiguación. Una estructura de amortiguación de este tipo se da a conocer por ejemplo en el documento US nº 5.030.501 A1. En otro ejemplo, una matriz de cámaras de aire de celda cerrada constituye a menudo un acolchado de protección frente a diversos impactos (por ejemplo, almohadillas y cascos). Ejemplos adicionales incluyen estructuras en panal de abeja elastoméricas y de espuma de celda abierta o cerrada. Estas estructuras pueden romperse con el paso del tiempo y a menudo carecen de una constante o constantes de elasticidad controladas a lo largo de todo el intervalo de deformación de las estructuras.

Sumario

Implementaciones descritas y reivindicadas en la presente memoria abordan los problemas anteriores proporcionando un sistema de amortiguación celular intercalada según la reivindicación 1.

Implementaciones adicionales descritas y reivindicadas en la presente memoria abordan los problemas anteriores proporcionando un procedimiento de absorción de energía cinética según la reivindicación 13.

Implementaciones todavía adicionales descritas y reivindicadas en la presente memoria abordan los problemas anteriores proporcionando un procedimiento de fabricación de un sistema de amortiguación celular intercalada según la reivindicación 14.

También se describen y se citan otras implementaciones en la presente memoria.

Breves descripciones de los dibujos

La figura 1 ilustra dos usuarios que están de pie sobre una superficie que incorpora un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo.

La figura 2 ilustra una vista en perspectiva de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo.

La figura 3 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo.

La figura 4 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de 2 capas de ejemplo.

La figura 5 ilustra una vista en planta de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo.

La figura 6 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo en un estado sin carga.

La figura 7 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo cargado en un primer rango de carga.

La figura 8 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo cargado en un segundo rango de carga.

La figura 9 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo cargado en un tercer rango de carga.

La figura 10 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo cargado en un cuarto rango de carga.

La figura 11 ilustra una gráfica de fuerza con respecto a desplazamiento de ejemplo con cuatro rangos de carga, cada uno con características de constante de elasticidad únicas.

La figura 12 ilustra una primera gráfica de fuerza con respecto a tiempo de ejemplo que compara el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación celular intercalada con el comportamiento frente a impactos de sistemas de amortiguación de celdas vacías opuestas.

La figura 13 ilustra una segunda gráfica de fuerza con respecto a tiempo de ejemplo que compara el comportamiento frente a impactos de dos sistemas de amortiguación celular intercalada con el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación de celdas vacías opuestas.

La figura 14 ilustra una tercera gráfica de fuerza con respecto a tiempo de ejemplo que compara el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación celular intercalada con el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación de celdas vacías opuestas.

La figura 15A ilustra una celda no comprimida de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada.

La figura 15B ilustra una celda de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada comprimida en un primer rango de carga.

La figura 15C ilustra una celda de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada comprimida en un segundo rango de carga.

La figura 15D ilustra una celda de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada comprimida en un tercer rango de carga.

La figura 15E ilustra una celda de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada comprimida en un cuarto rango de carga.

La figura 16 ilustra operaciones de ejemplo para utilizar un sistema de amortiguación celular intercalada.

La figura 17 ilustra un procedimiento de fabricación de termoconformado de ejemplo para preparar un sistema de amortiguación celular intercalada de 2 capas.

La figura 18 ilustra operaciones de ejemplo para fabricar un sistema de amortiguación celular intercalada.

Descripciones detalladas

La figura 1 ilustra dos usuarios 102, 104 que están de pie sobre un suelo 106 que incorpora un sistema de amortiguación celular intercalada 108 de ejemplo. El suelo 106 es la superficie de tracción o asentamiento de un vehículo, edificio u otra estructura, por ejemplo. Unido a una superficie inferior del suelo 106 se encuentra el sistema de amortiguación 108. En algunas implementaciones, una capa de unión superior 112 del sistema de amortiguación 108 puede servir como suelo 106. En otras implementaciones, el sistema de amortiguación 108 se utiliza bajo el suelo 106. Por debajo del sistema de amortiguación 108 se encuentra una capa protectora o de distribución de cargas 120 que está unida a una capa de unión inferior 114 del sistema de amortiguación 108. En una implementación, la capa protectora 120 está blindada para proteger a los usuarios 102, 104 frente a proyectiles entrantes. En otra implementación, la capa protectora 120 es simplemente otra capa del suelo. En algunas implementaciones, la capa protectora 120 no está incluida.

El sistema de amortiguación 108 incluye celdas vacías (por ejemplo, celdas vacías 110, 116) o unidades de soporte dispuestas en una matriz conectada mediante la capa de unión superior 112 y la capa de unión inferior 114. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. En una implementación, cada celda dirigida hacia arriba (por ejemplo, celda 116) está rodeada por celdas dirigidas hacia abajo y cada celda dirigida hacia abajo (por ejemplo, celda 110) está rodeada por celdas dirigidas hacia arriba. Las celdas vacías son cámaras huecas que resisten la deformación debida a fuerzas de compresión, de manera similar a resortes de compresión. En una implementación, cada celda dirigida hacia arriba es un saliente de la capa de unión superior 112 y cada celda dirigida hacia abajo es un saliente de la capa de unión inferior 114. Cada pico (por ejemplo, pico 118) de las celdas dirigidas hacia arriba está unido a la capa de unión inferior 114. De manera similar, cada pico de las celdas dirigidas hacia abajo está unido a la capa de unión superior 112. Las capas de unión 112, 114 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 108.

En el caso de una explosión (por ejemplo, explosión 122), u otro impulso grande de energía cinética (por ejemplo, un impacto físico), la capa protectora 120 puede combarse tal como se muestra o también puede perforarse o

romperse. La deformación hacia arriba de la capa protectora 120 se absorbe por el sistema de amortiguación 108. Las celdas adyacentes a la explosión 122 se comprimen en diversos estados para garantizar que se transmite una energía mínima a través del suelo 106 a los usuarios 102, 104. En algunas implementaciones con impactos o explosiones particularmente grandes, el suelo 106 puede verse afectado algo, pero en menor grado que la capa protectora 120. El resultado final es que gran parte del movimiento hacia arriba de la capa protectora y la energía creada por la explosión 122 se absorben en gran medida por el sistema de amortiguación 108 y se reduce o se impide una lesión a los usuarios 102, 104 porque el suelo 106 se ve afectado relativamente poco.

En una aplicación adicional, el sistema de amortiguación 108 puede utilizarse para cambiar una trayectoria de un proyectil entrante. Cambiar la trayectoria de un proyectil puntiagudo, tal como una bala, puede reducir la eficacia del proyectil a la hora de penetrar en una superficie. Por ejemplo, si una bala penetra en la capa protectora 120 y avanza al interior del sistema de amortiguación 108, el sistema de amortiguación 108 puede no reducir significativamente la energía cinética de la bala a medida que la bala pasa a través del sistema de amortiguación 108. Sin embargo, las estructuras variables (por ejemplo, las celdas vacías) en el sistema de amortiguación 108 pueden hacer que la bala rote o empiece a girar. Como resultado, se reduce la eficacia de la bala a la hora de penetrar en el suelo 106 y los usuarios 102, 104 se protegen mejor.

La figura 2 ilustra una vista en perspectiva de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo 208. El sistema de amortiguación 208 incluye celdas vacías (por ejemplo, celda vacía 210) dispuestas en una matriz conectada mediante la capa de unión superior 212 y una capa de unión inferior 214. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. En una implementación, cada celda dirigida hacia arriba hacia dentro de los bordes del panel del sistema de amortiguación 208 (por ejemplo, celda 216) está rodeada por los cuatro lados por celdas dirigidas hacia abajo y cada celda dirigida hacia abajo hacia dentro de los bordes del panel del sistema de amortiguación 208 están rodeadas de manera similar por los cuatro lados por celdas dirigidas hacia arriba. Las celdas vacías en el borde del panel del sistema (por ejemplo, celda 210) están rodeadas por celdas dirigidas hacia arriba por menos de cuatro lados (por ejemplo, la celda 210 está rodeada por tres lados). La intercalación de las celdas vacías puede ayudar al sistema de amortiguación 208 a resistir cargas no normales, por lo menos en comparación con otros materiales que incorporan una geometría de absorción de energía. Más específicamente, las fuerzas de cizallamiento a lo largo de las capas de unión superior e inferior 212, 214 pueden no afectar significativamente a la capacidad de absorción de energía del sistema de amortiguación 208 debido por lo menos en parte a la intercalación de las celdas vacías.

Las celdas vacías son cámaras huecas que resisten la deformación debida a fuerzas de compresión, de manera similar a resortes de compresión. El perfil de fuerza-deformación o perfil de constante de elasticidad (es decir, la fuerza de compresión requerida por unidad de desplazamiento por compresión) de la matriz de celdas vacías puede configurarse basándose en la aplicación pretendida del sistema de amortiguación 208. Además, las constantes de elasticidad de las celdas vacías en combinación con el grosor del sistema de amortiguación 212 global pueden proporcionar una absorción de energía deseada para un intervalo esperado de energías cinéticas que pueden aplicarse al sistema de amortiguación 212.

Por lo menos una elección de material, grosor de pared, tamaño, separación y forma de cada una de las celdas vacías define la fuerza resistiva que puede aplicar cada una de las celdas vacías. Los materiales utilizados para las celdas vacías pueden generalmente deformarse de manera elástica en condiciones de carga esperadas y aguantarán numerosas deformaciones sin fractura. Los materiales de ejemplo incluyen elastómeros plásticos de calidad para ingeniería (por ejemplo, uretano termoplástico, Dow Pellethane®, y Lubrzol Estane®), copolímeros de estireno, metalocenos, elastómeros de poliéster termoplástico (por ejemplo, Dupont™ Hytrel®), acetato de etilenvinilo, vulcanizado termoplástico y caucho. Además, el grosor de pared de cada una de las celdas vacías puede oscilar entre 0,127 y 2,54 mm (entre 0,005 y 0,1 pulgadas). En algunas implementaciones, el grosor de pared de cada celda vacía varía con respecto a la altura de la celda vacía (por ejemplo, las celdas vacías pueden ser cada una más delgadas en la base y más gruesas en el pico). Este fenómeno puede ser un subproducto del procedimiento de fabricación o puede diseñarse de manera intencionada en el procedimiento de fabricación. Todavía adicionalmente, el tamaño de cada una de las celdas vacías puede oscilar entre 5,08 y 76,199 mm (entre 0,2 y 3 pulgadas) en diámetro y altura.

Todavía adicionalmente, las celdas vacías pueden ser cúbicas, piramidales, semiesféricas, semielipsoidales, cónicas, cónicas truncadas, o presentar cualquier otra forma que pueda presentar un volumen interior hueco. Todavía adicionalmente, las celdas vacías pueden estar caracterizadas como columnas o columnas de sección decreciente. Todavía adicionalmente, las celdas vacías pueden estar separadas una variedad de distancias entre sí. Por ejemplo, una matriz de celdas vacías con una separación más estrecha dará probablemente como resultado un valor de absorción de energía mayor que una matriz de celdas vacías con una separación más amplia. Un intervalo de separación de ejemplo es de prácticamente cero (o contacto) a 76,199 mm (3 pulgadas) o más entre celdas vacías. Además, las características mencionadas anteriormente de las celdas vacías pueden no ser uniformes por todo el sistema de amortiguación 208. Por ejemplo, las características de cada una de las celdas vacías unidas a la capa de unión superior pueden variar con respecto a las características de cada una de las celdas vacías unidas a la capa de unión inferior. Las características de las celdas vacías, ya sean uniformes a través del sistema de amortiguación o no, están diseñadas para proporcionar un perfil de constante de elasticidad deseado (véase, por

ejemplo, la figura 11). Las dimensiones mencionadas anteriormente son sólo ejemplos; el sistema de amortiguación 208 puede utilizar dimensiones fuera de los intervalos facilitados.

En una implementación, cada celda dirigida hacia arriba es un saliente de la capa de unión superior 212 y cada celda dirigida hacia abajo es un saliente de la capa de unión inferior 214. Cada pico de las celdas dirigidas hacia arriba está unido a la capa de unión inferior 214. De manera similar, cada pico (por ejemplo, pico 218) de las celdas dirigidas hacia abajo está unido a la capa de unión superior 212. Las capas de unión 212, 214 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 208. En otras implementaciones, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo no son salientes de las capas de unión superior e inferior 212, 214. En su lugar, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo están simplemente unidas a las capas de unión superior e inferior 212, 214. Las capas de unión superior e inferior 212, 214 pueden construirse con los mismos materiales posibles que las celdas vacías y en una implementación son contiguas a cada una de las celdas vacías. Uno o más nervios de acoplamiento (no mostrados) pueden unirse al exterior de las celdas vacías extendiéndose en vertical a las capas de unión superior y/o inferior 212, 214. Estos nervios pueden añadir una rigidez adicional a las celdas vacías.

Las celdas vacías están llenas de aire ambiental, una espuma o un fluido distinto del aire, por ejemplo. La espuma o determinados fluidos pueden utilizarse para añadir aislamiento o resistencia adicional frente a la deformación al sistema de amortiguación 208. En un entorno a vacío, las celdas vacías pueden no estar llenas. Al no depender de la presión de aire para la resistencia frente a la deformación, las celdas vacías pueden conseguir una constante de elasticidad controlada que no es necesariamente lineal (por ejemplo, como con un resorte helicoidal tradicional), o creciente exponencialmente (por ejemplo, como con una cámara cerrada de aire con paredes no elásticas). Pueden forzarse aire y/o agua a través de los huecos entre las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo para facilitar la limpieza sustancial de todas las superficies de los componentes del sistema de amortiguación 208. Además, estas superficies del sistema de amortiguación 208 pueden tratarse con una sustancia antimicrobiana o el propio material del sistema de amortiguación 208 puede ser antimicrobiano.

El sistema de amortiguación 208 puede fabricarse utilizando una variedad de procedimientos de fabricación (por ejemplo, moldeo por soplado, extrusión con conformación, moldeo por inyección, moldeo por inyección reactiva (RIM), conformación a vacío, laminación, etc.). En una implementación, el sistema de amortiguación 208 se fabrica en dos mitades. Una primera mitad comprende la capa de unión superior 212 con celdas vacías que sobresalen de la misma. Una segunda mitad comprende la capa de unión inferior 214, también con celdas vacías que sobresalen de la misma. Las dos mitades se colocan entonces una adyacente a la otra con celdas vacías de la capa de unión superior 212 sobresaliendo hacia la capa de unión inferior 214 y viceversa. Las celdas vacías de la capa de unión superior 212 se alternan con las celdas vacías de la capa de unión inferior 214. Los picos o partes superiores (por ejemplo, pico 218) de cada una de las celdas vacías en la capa de unión superior 212 se laminan o se pegan entonces con la capa de unión inferior 214, y viceversa. En una implementación, no se requiere que la capa de unión superior 212 y la capa de unión inferior 214 estén alineadas de manera precisa porque las celdas vacías intercaladas encuentran de manera natural una posición entre sí cuando se sitúan juntas para el proceso de soldadura o pegado. Como resultado, pueden reducirse los costes de fabricación. Además, múltiples puntos de soldadura entre la capa de unión superior 212 y la capa de unión inferior 214 constituyen una unión muy fuerte entre las capas 212, 214. En otra implementación, el sistema de amortiguación 208 se fabrica en una pieza en lugar de dos piezas, tal como se comentó anteriormente. Además, un sistema de amortiguación según la tecnología dada a conocer en la presente memoria puede incluir dos o más matrices de celdas vacías intercaladas (es decir, dos o más sistemas de amortiguación 208) apiladas unas encima de otras.

La figura 3 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada 308 de ejemplo. El sistema de amortiguación 308 incluye celdas vacías (por ejemplo, celda vacía 310) dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior 312 y una capa de unión inferior 314. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. En una implementación, cada celda dirigida hacia arriba (por ejemplo, celda 316) está rodeada por celdas dirigidas hacia abajo y cada celda dirigida hacia abajo (por ejemplo, celda 310) está rodeada por celdas dirigidas hacia arriba. Las celdas vacías son cámaras huecas que resisten la deformación debida a fuerzas de compresión, de manera similar a resortes de compresión. El perfil de fuerza-deformación de la matriz de celdas vacías puede configurarse basándose en la aplicación pretendida del sistema de amortiguación 308.

Cada celda dirigida hacia arriba es un saliente de la capa de unión superior 312 y cada celda dirigida hacia abajo es un saliente de la capa de unión inferior 314. Cada pico (por ejemplo, pico 318) de las celdas dirigidas hacia arriba está unido a la capa de unión inferior 314. De manera similar, cada pico de las celdas dirigidas hacia abajo está unido a la capa de unión superior 312. Las capas de unión 312, 314 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 308. En otras implementaciones, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo no son salientes de las capas de unión superior e inferior 312, 314. En su lugar, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo están simplemente unidas a las capas de unión superior e inferior 312, 314. Uno o más nervios 324 de acoplamiento pueden unirse al exterior de las celdas vacías extendiéndose en vertical a las capas de unión superior y/o inferior 312, 314. Estos nervios pueden añadir rigidez adicional a las celdas vacías.

La figura 4 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de 2 capas 408 de ejemplo. El sistema de amortiguación 408 incluye dos capas 411, 415 de celdas vacías (por ejemplo, celda vacía

416). Cada capa 411, 415 está dispuesta en una matriz conectada mediante dos capas de unión. La capa superior 411 está dispuesta en una matriz conectada mediante una capa de unión superior 412 y una capa de unión central 413. La capa inferior 415 está dispuesta en una matriz conectada mediante la capa de unión central 413 y una capa de unión inferior 414.

Las celdas en cada capa 411, 415 se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. En una implementación, cada celda dirigida hacia arriba (por ejemplo, celda 416), exceptuando las celdas en el borde o la esquina del sistema de amortiguación 408, está rodeada por los cuatro lados por celdas dirigidas hacia abajo y cada celda dirigida hacia abajo (por ejemplo, celda 410), exceptuando las celdas en el borde o la esquina del sistema de amortiguación 408, está rodeada por los cuatro lados por celdas dirigidas hacia arriba. Además, cada pico (por ejemplo, pico 418) de la capa superior 411 puede estar alineado con cada pico de la capa inferior 415. De manera similar, cada cámara hueca de cada celda vacía en la capa superior 411 puede estar alineada con cada cámara hueca de cada celda vacía en la capa inferior 415. Las celdas vacías son cámaras huecas que resisten la deformación debida a fuerzas de compresión, de manera similar a resortes de compresión. El perfil de fuerza-deformación de la matriz de celdas vacías puede configurarse basándose en la aplicación pretendida del sistema de amortiguación 408.

Las celdas dirigidas hacia arriba son salientes de la capa de unión central 413 o la capa de unión superior 412. De manera similar, las celdas dirigidas hacia abajo son salientes de la capa de unión central 413 o la capa de unión inferior 414. Los picos de las celdas dirigidas hacia arriba están unidos a la capa de unión central 413 o la capa de unión inferior 414. De manera similar, los picos de las celdas dirigidas hacia abajo están unidos a la capa de unión central 413 o la capa de unión superior 412. En algunas implementaciones, la capa de unión central 413 incluye dos subcapas, una subcapa asociada con la capa superior 411 y una subcapa asociada con la capa inferior 415. Las capas de unión 412, 413, 414 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 408. En otras implementaciones, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo no son salientes de las capas de unión 412, 413, 414. En su lugar, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo están simplemente unidas a las capas de unión 412, 413, 414.

La figura 5 ilustra una vista en planta de un sistema de amortiguación celular intercalada 508 de ejemplo. El sistema de amortiguación 508 incluye celdas vacías (por ejemplo, celda vacía 416) dispuestas en una matriz conectada mediante la capa de unión superior 412 y una capa de unión inferior (no mostrada). Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. En una implementación, cada celda dirigida hacia arriba (por ejemplo, celda 516) está rodeada por celdas dirigidas hacia abajo y cada celda dirigida hacia abajo (no mostrada) está rodeada por celdas dirigidas hacia arriba. Las celdas vacías son cámaras huecas que resisten la deformación debida a fuerzas de compresión, de manera similar a resortes de compresión. El perfil de fuerza-deformación de la matriz de celdas vacías puede configurarse basándose en la aplicación pretendida del sistema de amortiguación 508.

Cada celda dirigida hacia arriba es un saliente de la capa de unión superior 512 y cada celda dirigida hacia abajo es un saliente de la capa de unión inferior. Cada pico de las celdas dirigidas hacia arriba está unido a la capa de unión inferior. De manera similar, cada pico de las celdas dirigidas hacia abajo está unido a la capa de unión superior 512 (véase, por ejemplo, en el punto o área 526 de unión). Las capas de unión enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 508. En otras implementaciones, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo no son salientes de las capas de unión superior e inferior. En su lugar, las celdas dirigidas hacia arriba y hacia abajo están simplemente unidas a las capas de unión superior e inferior.

En algunas implementaciones, las distancias entre los puntos de unión en una capa de unión (por ejemplo, capa de unión 512) y los centros de las celdas abiertas en la misma capa de unión son equidistantes (es decir, distancias A = B = C = D). Esto crea una separación igual entre las celdas vacías en el sistema de amortiguación 508. Esto puede aplicarse a una o ambas capas de unión. Además, esta separación igual proporciona un perfil de fuerza-deformación constante de la matriz de celdas vacías a través del área superficial de las capas de unión.

La figura 6 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada 608 de ejemplo en un estado sin carga. El sistema de amortiguación 608 incluye celdas vacías (por ejemplo, celda vacía 610) dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior 612 y una capa de unión inferior 614. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada pico de las celdas dirigidas hacia arriba está unido a la capa de unión inferior 614. De manera similar, cada pico (por ejemplo, pico 618) de las celdas dirigidas hacia abajo está unido a la capa de unión superior 612. Las capas de unión 612, 614 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 608.

El sistema de amortiguación 608 se coloca en un aparato de prueba 628 que está configurado para simular una variedad de cargas que pueden aplicarse al sistema de amortiguación 608. El sistema de amortiguación 608 no está bajo carga por el aparato de prueba 628. Como resultado, la capa de unión superior 612 y la capa de unión inferior 614 pueden no ser completamente planas y las celdas vacías aún no están implicadas para proporcionar resistencia frente a la compresión del sistema de amortiguación 608. Además, pueden estar presentes hoyos (no mostrados) en la capa de unión superior 612 y/o capa de unión inferior 614, en los que las celdas vacías que sobresalen de la capa de unión opuesta se unen a la capa de unión superior 612 y/o la capa de unión inferior 614 cuando el sistema de amortiguación 608 no está bajo carga. Las características mencionadas anteriormente del sistema de amortiguación

608 que no están bajo carga pueden diseñarse de manera intencionada en el sistema de amortiguación 608 o pueden ser una consecuencia del procedimiento de fabricación. Además, la magnitud de estas características puede variar.

La figura 7 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada 708 de ejemplo cargado en un primer rango de carga. El sistema de amortiguación 708 incluye celdas vacías (por ejemplo, celda vacía 710) dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior 712 y una capa de unión inferior 714. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada pico de las celdas dirigidas hacia arriba está unido a la capa de unión inferior 714. De manera similar, cada pico (por ejemplo, pico 718) de las celdas dirigidas hacia abajo está unido a la capa de unión superior 712. Las capas de unión 712, 714 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 708.

El sistema de amortiguación 708 se coloca en un aparato de prueba 728 que está configurado para simular una variedad de cargas que pueden aplicarse al sistema de amortiguación 708. Una carga distribuida dentro del primer rango de carga (véase la figura 11, región 1) se aplica al sistema de amortiguación 708 mediante el aparato de prueba 728 tal como se ilustra mediante las flechas opuestas. Como resultado, la capa de unión superior 712 y la capa de unión inferior 714 están aplanadas y todas las muescas están aplanadas. Además, las celdas vacías están implicadas y resisten la carga dentro del primer rango de carga con una deformación relativamente pequeña.

La figura 8 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada 808 de ejemplo cargado en un segundo rango de carga. El sistema de amortiguación 808 incluye celdas vacías (por ejemplo, celda vacía 810) dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior 812 y una capa de unión inferior 814. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada una de las celdas dirigidas hacia arriba está unida a la capa de unión inferior 814. De manera similar, cada una de las celdas dirigidas hacia abajo está unida a la capa de unión superior 812. Las capas de unión 812, 814 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 808.

El sistema de amortiguación 808 se coloca en un aparato de prueba 828 que está configurado para simular una variedad de cargas que pueden aplicarse al sistema de amortiguación 808. Una carga dentro del segundo rango de carga (véase la figura 11, región 2) se aplica al sistema de amortiguación 808 mediante el aparato de prueba 828. Como resultado, los picos (por ejemplo, pico 718 de la figura 7) de cada una de las celdas vacías se aplanan y las paredes laterales de cada una de las celdas vacías se reorientan verticalmente. En otras implementaciones, las paredes laterales no se reorientan verticalmente. Sin embargo, las celdas vacías están implicadas y resisten la carga dentro del segundo rango de carga con aplanamiento de los picos de cada una de las celdas vacías, pero sustancialmente sin combadura de las paredes laterales de cada una de las celdas vacías. Una consecuencia de la deformación de cada una de las celdas vacías es que la capa de unión superior 812 y/o la capa de unión inferior 814 también pueden empezar a combarse.

La figura 9 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada 908 de ejemplo cargado en un tercer rango de carga. El sistema de amortiguación 908 incluye celdas vacías (por ejemplo, celda vacía 910) dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior 912 y una capa de unión inferior 914. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada una de las celdas dirigidas hacia arriba está unida a la capa de unión inferior 914. De manera similar, cada una de las celdas dirigidas hacia abajo está unida a la capa de unión superior 912. Las capas de unión 912, 914 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 908.

El sistema de amortiguación 908 se coloca en un aparato de prueba 928 que está configurado para simular una variedad de cargas que pueden aplicarse al sistema de amortiguación 908. Una carga dentro del tercer rango de carga (véase la figura 11, región 3) se aplica al sistema de amortiguación 908 mediante el aparato de prueba 928. Como resultado, las paredes laterales de cada una de las celdas vacías se comban sustancialmente en comparación con las paredes laterales de cada una de las celdas vacías representadas en la figura 8. Además, las celdas vacías están separadas suficientemente entre sí de modo que las paredes laterales combadas no se toquen entre sí. En otras implementaciones, las celdas vacías pueden presentar una separación menor entre sí y presionar unas contra otras en determinadas condiciones de carga. Si las paredes laterales combadas se tocan entre sí durante la compresión, la fuerza requerida por unidad de deformación generalmente aumenta. Una consecuencia de la deformación de cada una de las celdas vacías es que la capa de unión superior 912 y/o la capa de unión inferior 914 también pueden combarse.

La figura 10 ilustra una vista en alzado de un sistema de amortiguación celular intercalada de ejemplo cargado en un cuarto rango de carga. El sistema de amortiguación 1008 incluye celdas vacías (que ya no pueden verse individualmente) dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior 1012 y una capa de unión inferior 1014. Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada una de las celdas dirigidas hacia arriba está unida a la capa de unión inferior 1014. De manera similar, cada una de las celdas dirigidas hacia abajo está unida a la capa de unión superior 1012. Las capas de unión 1012, 1014 enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación celular intercalada 1008.

El sistema de amortiguación 1008 se coloca en un aparato de prueba 1028 que está configurado para simular una variedad de cargas que pueden aplicarse al sistema de amortiguación 1008. Una carga dentro del cuarto rango de carga (véase la figura 11, región 4) se aplica al sistema de amortiguación 1008 mediante el aparato de prueba 1028. Como resultado, cada una de las celdas vacías se comprime totalmente. Cualquier deformación adicional del sistema de amortiguación 1008 requiere aumentos sustanciales de la carga. En una implementación, el cuarto rango de carga se denomina densificación.

La figura 11 ilustra una gráfica de fuerza con respecto a desplazamiento 1100 con cuatro rangos de carga (1, 2, 3 y 4), cada uno con características de constante de elasticidad únicas. Una fuerza aplicada sustancialmente en perpendicular a una capa de unión superior y una capa de unión inferior de un sistema de amortiguación celular intercalada se traza sobre el eje vertical de la gráfica 1100. Un desplazamiento (o distancia comprimida) del sistema de amortiguación se traza sobre el eje horizontal de la gráfica 1100. Una constante de elasticidad se refiere a la relación entre la fuerza (o carga) aplicada al sistema de amortiguación y el desplazamiento por compresión del sistema de amortiguación. La gráfica de fuerza con respecto a desplazamiento 1100 es simplemente un ejemplo de la tecnología dada a conocer en la presente memoria. Diversas características de los sistemas de amortiguación comentados en la presente memoria pueden modificarse para proporcionar una gráfica de fuerza con respecto a desplazamiento 1100 con características deseadas para una aplicación específica.

En una primera región de carga (ilustrada mediante el óvalo 1 en la gráfica 1100), se requiere una fuerza relativamente pequeña (es decir, de 0 a 11,33 kg (25 lb)) para provocar una deformación del sistema de amortiguación de desde 0 hasta 2,54 mm (de 0 a 0,1 pulgadas). Este intervalo es indicativo de una carga que aplana la capa de unión superior y la capa de unión inferior del sistema de amortiguación y que implica a todas las celdas vacías en el sistema de amortiguación. Por ejemplo, esta región de carga se ilustra mediante la figura 6 (aproximadamente 0 kg de carga, y 0 mm de desplazamiento) y la figura 7 (aproximadamente 11,33 kg (25 lb) de carga y de 2,54 a 5,08 mm (0,1 pulgadas) de desplazamiento).

En una segunda región de carga (ilustrada mediante el óvalo 2 en la gráfica 1100), se requiere más fuerza (es decir de 11,33 kg a 79,37 kg) (de 25 a 175 lb) por unidad de desplazamiento para provocar una deformación del sistema de amortiguación de desde 2,54 hasta 5,08 mm (de 0,1 a 0,2 pulgadas). Este intervalo es indicativo de que todas las celdas vacías en el sistema de amortiguación están implicadas y del hundimiento de los picos de cada una de las celdas vacías. Además, las paredes laterales de cada una de las celdas vacías, que normalmente se estrecharían hacia dentro ligeramente cuando no se han hundido empiezan a deformarse a una orientación generalmente perpendicular a la carga. En otras implementaciones, las paredes laterales de cada una de las celdas vacías no se deforman necesariamente de manera sustancial, incluso bajo carga. Por ejemplo, esta región de carga se ilustra mediante la figura 8.

En una tercera región de carga (ilustrada mediante el óvalo 3 en la gráfica 1100), se requiere menos fuerza por unidad de desplazamiento que en la región 2, pero más fuerza por unidad de desplazamiento que en la región 1, de 79,37 a 136,07 kg (de 175 a 300 lb) para provocar una deformación del sistema de amortiguación de desde 5,08 hasta 8,889 mm (de 0,2 a 0,35 pulgadas). Este intervalo es indicativo de las celdas vacías que se comban y se hunden en el sistema de amortiguación. Por ejemplo, esta región de carga se ilustra mediante la figura 9.

En una cuarta región de carga (ilustrada mediante el óvalo 4 en la gráfica 1100), se requiere una fuerza exponencialmente creciente por unidad de desplazamiento de 136,07 a 272,15 kg (de 300 a 600 lb) para provocar una deformación del sistema de amortiguación de desde 8,889 hasta 10,16 mm (de 0,35 a 0,4 pulgadas). Este intervalo es indicativo de una compresión completa del sistema de amortiguación y una compresión de los propios materiales del sistema de amortiguación. En una implementación, el cuarto rango de carga se denomina densificación. Por ejemplo, esta región de carga se ilustra mediante la figura 10.

Una característica de la gráfica de fuerza con respecto a desplazamiento 1100 es que la fuerza requerida para comprimir el sistema de amortiguación celular intercalada aumenta a lo largo del intervalo de desplazamiento por compresión. Esto se denomina en la presente memoria curva de fuerza-deformación que aumenta de manera monótona. Además, un sistema de amortiguación celular intercalada con una curva de fuerza-deformación que aumenta de manera monótona proporciona unas celdas vacías que se hunden de manera monótona.

La figura 12 ilustra una primera gráfica de fuerza con respecto a tiempo 1200 de ejemplo que compara el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación celular intercalada con el comportamiento frente a impactos de sistemas de amortiguación de celdas vacías opuestas. La gráfica 1200 ilustra un impacto de ejemplo aplicado sustancialmente en perpendicular a las capas de unión de los diversos sistemas de amortiguación con una masa de 2,355 kilogramos (kg) que se mueve a 5 metros por segundo (m/s). La fuerza en Newtons (N) transmitida a través de los sistemas de amortiguación se ilustra sobre el eje y vertical de la gráfica 1200 y la duración de tiempo en milisegundos (ms) del impacto se ilustra sobre el eje x horizontal de la gráfica 1200. El impacto de ejemplo se produce en un plazo de aproximadamente 10,5 ms para cada uno de los sistemas de amortiguación.

La línea continua 1205 ilustra un sistema de amortiguación de huecos opuestos de una sola capa de ejemplo que utiliza una única capa de huecos semielipsoidales opuestos, en el que cada uno de los huecos semielipsoidales se

unen entre sí en sus picos y los huecos semielipsoidales se conectan entre sí mediante capas de unión superior e inferior. El sistema de amortiguación de huecos opuestos de una sola capa de ejemplo presenta un grosor de 19,049 mm (0,75 pulgadas (in)) en esta implementación. La línea continua 1205 ilustra que el sistema de amortiguación de huecos opuestos de una sola capa de ejemplo absorbe la mínima fuerza de los sistemas de amortiguación de ejemplo ilustrados con una carga transmitida máxima de 12.724,73 N, que se concentra entre aproximadamente 4,5 ms y 6 ms.

La línea de trazos 1210 ilustra un sistema de amortiguación de huecos opuestos de doble capa de ejemplo que utiliza dos capas de huecos semielipsoidales opuestos. Dentro de cada capa los huecos semielipsoidales están unidos entre sí en sus picos y conectados entre sí mediante las capas de unión superior e inferior. Las dos capas se apilan entonces y se unen entre sí para formar el sistema de amortiguación de huecos opuestos de doble capa. El sistema de amortiguación de huecos opuestos de doble capa de ejemplo presenta un grosor de 19,049 mm (0,75 in) en esta implementación (es decir, cada una de las dos capas presenta un grosor de 9,5249 mm (0,375 in)). La línea de trazos 1210 ilustra que al sistema de amortiguación de huecos opuestos de doble capa de ejemplo absorbe más fuerza que el sistema de amortiguación de huecos opuestos de una sola capa con una carga transmitida máxima 4.473,801 N, que se concentra entre aproximadamente 3 ms y 6 ms.

La línea de puntos 1215 ilustra un sistema de amortiguación de huecos intercalados de doble capa de ejemplo que utiliza dos capas de huecos semielipsoidales intercalados. Cada capa incluye celdas vacías dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior y una capa de unión inferior (véanse, por ejemplo, las figuras 2, 3). Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada una de las celdas dirigidas hacia arriba está unida a la capa de unión inferior. De manera similar, cada una de las celdas dirigidas hacia abajo está unida a la capa de unión superior. Las capas de unión enlazan las celdas vacías entre sí formando una capa de sistema de amortiguación. Las dos capas entonces se apilan y se unen entre sí para formar el sistema de amortiguación de huecos intercalados de doble capa (véase, por ejemplo, la figura 4). El sistema de amortiguación de huecos intercalados de doble capa de ejemplo presenta un grosor de 19,049 mm (0,75 in) en esta implementación (es decir un grosor de 9,5249 mm (0,375 in) para cada capa). La línea de puntos 1215 ilustra que el sistema de amortiguación de huecos intercalados de doble capa de ejemplo absorbe más fuerza que tanto el sistema de amortiguación de huecos opuestos de una sola capa como el sistema de amortiguación de huecos opuestos de doble capa con una carga transmitida máxima de 3.301,411 N, que se concentra entre aproximadamente 3 ms y 6 ms.

En resumen, el sistema de amortiguación de huecos intercalados de doble capa ilustrado mediante la línea de puntos 1215 es particularmente eficaz a la hora de absorber energía cinética y reducir la carga transmitida máxima provoca para un impacto. El sistema de amortiguación de huecos intercalados de doble capa ilustrado mediante la línea de puntos 1215 es simplemente un ejemplo de la tecnología dada a conocer en la presente memoria. Diversas características de los sistemas de amortiguación comentados en la presente memoria pueden modificarse para proporcionar gráficas de fuerza con respecto a tiempo diferentes con características deseadas para diferentes aplicaciones y condiciones de carga esperadas.

La figura 13 ilustra una segunda gráfica de fuerza con respecto a tiempo de ejemplo 1300 que compara el comportamiento frente a impactos de dos sistemas de amortiguación celular intercalada con el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación de celdas vacías opuestas. Los sistemas de amortiguación ilustrados en la gráfica 1300 son para una aplicación en un casco, aunque pueden utilizarse para otras aplicaciones. La gráfica 1300 ilustra un impacto de ejemplo aplicado sustancialmente en perpendicular a las capas de unión de los diversos sistemas de amortiguación con una masa de 5,355 kg que se mueve a 4,27 m/s. La fuerza transmitida a través de los sistemas de amortiguación se ilustra sobre el eje y vertical de la gráfica 1300 y la duración de tiempo del impacto se ilustra sobre el eje x horizontal de la gráfica 1300. El impacto de ejemplo se produce en el plazo de aproximadamente 4,5 ms para cada uno de los sistemas de amortiguación y cada uno de los sistemas de amortiguación presenta un grosor similar (por ejemplo 12,7-25,4 mm) (0,5-1,0 in).

La línea 1305 ilustra un casco de ejemplo sin sistema de amortiguación. El casco de ejemplo sin sistema de amortiguación transmite la mayor cantidad de fuerza con una carga transmitida máxima de 32.000,29 N, que se concentra entre aproximadamente 0 ms y 1,75 ms.

La línea 1310 ilustra un sistema de amortiguación de casco de huecos opuestos de una sola capa de ejemplo que utiliza una única capa de huecos semielipsoidales opuestos, en el que cada uno de los huecos semielipsoidales están unidos entre sí en sus picos y los huecos semielipsoidales están conectados entre sí mediante las capas de unión superior e inferior. La línea 1310 ilustra que el sistema de amortiguación de casco de huecos opuestos de una sola capa de ejemplo absorbe significativamente más fuerza que el casco de ejemplo sin sistema de amortiguación con una carga transmitida máxima de 22.070,06 N, que se concentra entre aproximadamente 0 ms y 2,5 ms.

La línea 1315 ilustra un sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de una sola capa de ejemplo que utiliza celdas vacías dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior y una capa de unión inferior (véanse, por ejemplo, las figuras 2, 3). Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada una de las celdas dirigidas hacia arriba está unida a la capa de unión inferior. De manera similar, cada una de las celdas dirigidas hacia abajo está unida a la capa de unión superior. Las capas de unión enlazan las celdas vacías entre sí

formando el sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de una sola capa. La línea 1315 ilustra que el sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de una sola capa de ejemplo absorbe una cantidad similar de fuerza a la del sistema de amortiguación de casco de huecos opuestos de una sola capa con una carga transmitida máxima de 22205,24 N, que se concentra entre aproximadamente 0 ms y 2,5 ms.

La línea 1320 ilustra un sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de doble capa de ejemplo que utiliza dos capas de huecos semielipsoidales intercalados. Cada capa incluye celdas vacías dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior y una capa de unión inferior (véanse, por ejemplo, las figuras 2, 3). Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada una de las celdas dirigidas hacia arriba está unida a la capa de unión inferior. De manera similar, cada una de las celdas dirigidas hacia abajo está unida a la capa de unión superior. Las capas de unión enlazan las celdas vacías entre sí formando una capa de sistema de amortiguación. Las dos capas entonces se apilan y se unen entre sí para formar el sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de doble capa (véase, por ejemplo, la figura 4). La línea 1320 ilustra que el sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de doble capa de ejemplo absorbe más fuerza que tanto el sistema de amortiguación de casco de huecos opuestos de una sola capa ilustrado mediante la línea 1310 como el sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de una sola capa ilustrado mediante la línea 1315. El sistema de amortiguación de casco de huecos intercalados de doble capa de ejemplo presenta una carga transmitida máxima de 11.240,39 N, que se concentra entre aproximadamente 0 ms y 3 ms.

En resumen, el sistema de amortiguación de huecos de casco intercalados de doble capa ilustrado mediante la línea 1320 es particularmente eficaz a la hora de absorber energía cinética y reducir la carga transmitida máxima provocada por un impacto. En aplicaciones de casco, esto puede reducir la aparición de lesiones por contusión a los individuos que lleven puestos los cascos así equipados. El sistema de amortiguación de huecos de casco intercalados de doble capa ilustrado mediante la línea 1320 es simplemente un ejemplo de la tecnología dada a conocer en la presente memoria. Diversas características de los sistemas de amortiguación comentados en la presente memoria pueden modificarse para proporcionar gráficos de fuerza con respecto a tiempo diferentes con características deseadas para diferentes aplicaciones y condiciones de carga esperadas.

La figura 14 ilustra una tercera gráfica de fuerza con respecto a tiempo 1400 de ejemplo que compara el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación celular intercalada con el comportamiento frente a impactos de un sistema de amortiguación de celdas vacías opuestas. La gráfica 1400 ilustra un impacto de ejemplo aplicado sustancialmente en perpendicular a las capas de unión de los sistemas de amortiguación con una masa de 2,355 kg que se mueve a 7,0 m/s. La fuerza transmitida a través de los sistemas de amortiguación se ilustra sobre el eje y vertical de la gráfica 1400 y la duración de tiempo del impacto se ilustra sobre el eje x horizontal de la gráfica 1400. El impacto de ejemplo se produce entre aproximadamente 0,5 ms y 3,0 ms para cada uno de los sistemas de amortiguación.

La línea 1405 ilustra un sistema de amortiguación de huecos opuestos de ejemplo que utiliza una única capa de huecos semielipsoidales opuestos, en el que cada uno de los huecos semielipsoidales están unidos entre sí en sus picos y los huecos semielipsoidales están conectados entre sí mediante las capas de unión superior e inferior. El sistema de amortiguación de huecos opuestos presenta un grosor de aproximadamente 19,04 mm (0,75 in). La línea 1405 ilustra que el sistema de amortiguación de huecos opuestos de ejemplo presenta una carga transmitida máxima de 25.553,44 N, que se concentra entre aproximadamente 1,75 ms y 3,0 ms.

La línea 1410 ilustra un sistema de amortiguación de huecos intercalados de ejemplo que utiliza una única capa de celdas vacías dispuestas en una matriz conectada mediante una capa de unión superior y una capa de unión inferior (véanse, por ejemplo, las figuras 2, 3). Las celdas se alternan dirigidas hacia arriba y hacia abajo. Cada una de las celdas dirigidas hacia arriba está unida a la capa de unión inferior. De manera similar, cada una de las celdas dirigidas hacia abajo está unida a la capa de unión superior. Las capas de unión enlazan las celdas vacías entre sí formando el sistema de amortiguación de huecos intercalados. El sistema de amortiguación de huecos intercalados presenta un grosor de aproximadamente 8,2549 mm (0,325 in). La línea 1410 ilustra que el sistema de amortiguación de huecos intercalados de ejemplo transmite aproximadamente un 6% más fuerza que el sistema de amortiguación de huecos opuestos con una carga transmitida máxima de 27.175,55 N, que se concentra entre aproximadamente 1,75 ms y 3,0 ms.

En resumen, el sistema de amortiguación de huecos intercalados ilustrado mediante la línea 1410 es sólo aproximadamente un 6% menos eficaz que el sistema de amortiguación de huecos opuestos a la hora de absorber una fuerza de impacto al tiempo que utiliza aproximadamente un 50% del grosor de material global del sistema de amortiguación de huecos opuestos. Esto hace que el sistema de amortiguación de huecos intercalados sea particularmente eficaz en zonas con espacio limitado. El sistema de amortiguación de huecos intercalados ilustrado mediante la línea 1410 es simplemente un ejemplo de la tecnología dada a conocer en la presente memoria. Diversas características de los sistemas de amortiguación comentados en la presente memoria pueden modificarse para proporcionar gráficas de fuerza con respecto a tiempo diferentes con características deseadas para diferentes aplicaciones y condiciones de carga esperadas.

La figura 15A ilustra una celda no comprimida 1510 de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada

1500. La celda 1510 no está comprimida y presenta cuatro regiones diferenciadas. La región A está ocupada por una muesca en una capa de unión superior 1512. La muesca puede estar diseñada como parte del sistema de amortiguación 1500 o como consecuencia del procedimiento de fabricación utilizado para crear el sistema de amortiguación 1500. La región B está ocupada por la parte de cúpula o de pico de la celda 1510. La región C está ocupada por las paredes laterales de la celda 1510 y la región D está ocupada por la base de la celda 1510. En una implementación, la figura 15A corresponde a la figura 6 y la figura 11 a 0 kg de carga y 0 mm de desplazamiento.

La figura 15B ilustra una celda 1510 de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada 1500 comprimida en un primer rango de carga. La compresión de la celda 1510 elimina la muesca y la región A, que estaba ocupada por la muesca en la figura 15A. La celda 1510 está bajo carga, pero no se ha deformado sustancialmente con respecto a su forma en la figura 15A. Como resultado, las regiones B, C y D está relativamente inalteradas con respecto a la figura 15A. En una implementación, la figura 15B corresponde a la figura 7 y la figura 11, región de carga 1.

La figura 15C ilustra una celda 1510 de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada 1500 comprimida en un segundo rango de carga. La compresión adicional de la celda 1510 cambia la forma de la celda 1510. La parte de cúpula o pico de la celda 1510 ilustrada en las figuras 15A y 15B está en su mayor parte, si no completamente, hundida. Por tanto, la región B se reduce hasta una dimensión vertical prácticamente de cero. Además, la base de la celda 1510 está comprimida y también reducida en tamaño. La región C crece hasta abarcar la mayor parte de la altura de la celda 1510 en comparación con las figuras 15A y 15B. En una implementación, la figura 15C corresponde a la figura 8 y la figura 11, región de carga 2.

La figura 15D ilustra una celda 1510 de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada 1500 comprimida en un tercer rango de carga. La compresión adicional de la celda 1510 comba las paredes laterales de la celda 1510. La celda 1510 se hunde a medida que las paredes laterales de la celda 1510 se hunden adicionalmente. En una implementación, la figura 15D corresponde a la figura 9 y la figura 11, región de carga 3.

La figura 15E ilustra una celda 1510 de ejemplo en un sistema de amortiguación celular intercalada 1500 comprimida en un cuarto rango de carga. La compresión adicional de la celda 1510 comba completamente las paredes laterales y se hunde completamente la celda 1510. Cualquier compresión adicional de la celda 1510 se debe a la compresión del material utilizado para construir la celda (denominado densificación en la presente memoria). En una implementación, la figura 15E corresponde a la figura 10 y la figura 11, región de carga 4.

La figura 16 ilustra operaciones 1600 de ejemplo para utilizar un sistema de amortiguación celular intercalada. Una primera operación de hundimiento 1605 hunde una primera matriz de celdas vacías interconectadas por una capa de unión inferior. La primera operación de hundimiento 1605 puede producirse como resultado de un impacto o una explosión de manera adyacente a la capa de unión inferior que aplica una energía cinética sustancial a la capa de unión inferior. El hundimiento de la primera matriz de celdas vacías absorbe algo de la energía cinética aplicada a la capa de unión inferior. Una segunda operación de hundimiento 1610 hunde una segunda matriz de celdas vacías intercalada con la primera matriz de celdas vacías e interconectadas mediante una capa de unión central inferior. El hundimiento de la segunda matriz de celdas vacías absorbe más de la energía cinética provocada por el impacto o la explosión, por ejemplo.

Una tercera operación de hundimiento 1615 hunde una tercera matriz de células vacías interconectadas mediante una capa de unión central superior. La tercera operación de hundimiento 1615 puede producirse como resultado de la energía del impacto o la explosión que se desplaza a través de las matrices de celdas vacías hundidas primera o segunda hasta la tercera matriz de celdas vacías. El hundimiento de la tercera matriz de celdas vacías absorbe más de la energía cinética provocada por el impacto o la explosión, por ejemplo. Una cuarta operación de hundimiento 1620 hunde una cuarta matriz de celdas vacías intercaladas con la tercera matriz de celdas vacías e interconectadas con una capa de unión superior sin hundir la capa de unión superior. Las matrices de celdas vacías primera, segunda, tercera y cuarta y las capas de unión inferior, central inferior, central superior y superior en combinación forman el sistema de amortiguación celular intercalada. El hundimiento de la cuarta matriz de celdas vacías absorbe más de la energía cinética provocada por el impacto o la explosión, por ejemplo.

Si se absorbe suficiente energía por el hundimiento de las matrices de celdas vacías primera, segunda, tercera y cuarta, la capa de unión superior no se hunde. Esto protege al personal y/o al equipo adyacente a la capa de unión superior. En otras implementaciones, la capa de unión superior está parcialmente hundida, pero menos que las capas de unión inferior, central inferior y central superior, protegiendo parcialmente al personal y/o al equipo adyacente a la capa de unión superior. En algunas implementaciones, se utilizan sólo dos (en vez de cuatro) matrices de celdas vacías para formar el sistema de amortiguación celular intercalada. En otras implementaciones, se utilizan más de cuatro matrices de celdas vacías para formar el sistema de amortiguación celular intercalada.

Por ejemplo, el sistema de amortiguación celular intercalada puede absorber una explosión que deforma una capa de blindaje en un lado del sistema de amortiguación celular intercalada sin deformar una capa de revestimiento de suelo en el lado opuesto del sistema de amortiguación celular intercalada. El sistema de amortiguación celular puede actuar absorbiendo la energía de la explosión de modo que el revestimiento de suelo no transfiere la energía a los

usuarios que están de pie sobre el suelo.

La figura 17 ilustra un procedimiento de fabricación de termoconformado 1700 de ejemplo para preparar un sistema de amortiguación celular intercalada de 2 capas 1743. Dos rollos de reserva de lámina termoplástica 1730, 1731 se alimentan desde los rollos 1732, 1733 a través de rodillos 1734 a calentadores 1735 de reserva de lámina para elevar la temperatura de la reserva de lámina hasta sustancialmente su temperatura de conformación normal. La reserva de lámina 1730, 1731 se hace avanzar entonces a una estación de conformación 1736 con un molde superior 1737 y un molde inferior 1738. Se aplica vacío a los moldes 1737, 1738 para forzar el material de lámina superior 1731 al interior del molde superior 1737 y el material de lámina inferior 1730 al interior del molde inferior 1738. También puede aplicarse presión de aire entre las láminas para ayudar a forzar la reserva de lámina termoplástica 1730, 1731 de manera firme al interior de los moldes 1737, 1738. Las láminas conformadas 1739, 1740 de termoplástico con salientes semielipsoidales se retiran de los moldes 1737, 1738 y se unen entre sí orientando los salientes semielipsoidales unos con respecto a otros y soldando los picos de cada uno de los salientes semielipsoidales con la lámina opuesta de material termoplástico. El material resultante es una primera capa de amortiguación celular intercalada 1741.

Una segunda capa de amortiguación celular intercalada 1742 se fabrica en un procedimiento similar al comentado anteriormente con respecto a la primera capa de amortiguación celular intercalada 1741. En algunas implementaciones, las láminas conformadas se colocan simplemente en la posición mencionada anteriormente sin soldadura. Las láminas conformadas se mantienen en su sitio mediante las soldaduras adicionales comentadas más adelante. Sin embargo, en esta implementación, sólo se sueldan los salientes semielipsoidales de la primera capa de amortiguación celular intercalada que coinciden con la segunda capa de amortiguación celular intercalada, y viceversa.

La segunda capa de amortiguación celular intercalada 1742 puede fabricarse simultáneamente utilizando equipo adicional tal como se representa en la figura 17 o fabricarse de manera secuencial después de la primera capa de amortiguación celular intercalada 1741 utilizando el mismo equipo que la primera capa de amortiguación celular intercalada 1741. Además, puede utilizarse un molde para fabricar secuencialmente las láminas conformadas 1739, 1740 de termoplástico en vez de los dos moldes 1737, 1738 representados que fabrican las láminas conformadas 1739, 1740 simultáneamente. En otra implementación, pueden utilizarse láminas independientes de termoplástico en lugar de los rollos continuos representados de reserva de lámina termoplástica. Las láminas se mueven de estación en estación (por ejemplo, del calentamiento al moldeo) en un procedimiento de este tipo.

La primera capa de amortiguación celular intercalada 1741 y la segunda capa de amortiguación celular intercalada 1742 se colocan adyacentes entre sí con los picos de salientes semielipsoidales en cada una de las capas de amortiguación celulares 1741, 1742 alineados. Las capas de amortiguación celulares 1741, 1742 se unen mediante soldadura en los picos de los salientes semielipsoidales donde coinciden las cuatro capas de material termoplástico. El material resultante es el sistema de amortiguación celular intercalada de 2 capas 1743. En algunas implementaciones, capas de amortiguación celular intercalada adicionales u otros materiales pueden aplicarse al sistema de amortiguación celular intercalada 1743 para proporcionar al sistema 1743 diferentes características.

Tal como se ha descrito, cada una de las capas de amortiguación celulares 1741, 1742 y/o láminas conformadas 1739, 1740 de termoplástico con salientes semielipsoidales puede construirse de diferentes materiales termoplásticos. Por consiguiente, las características del sistema de amortiguación celular intercalada 1743 pueden ajustarse para aplicaciones específicas. Por ejemplo, la capa 1741 puede estar compuesta por un material termoplástico más grueso, más pesado, mientras que la capa 1742 puede estar compuesta por un material termoplástico más delgado, más ligero. De manera similar, la lámina 1739 puede estar compuesta por un material termoplástico más grueso, más pesado, mientras que la lámina 1740 puede estar compuesta por un material termoplástico más delgado, más ligero. El hecho de presentar capas de amortiguación celulares 1741, 1742 y/o láminas conformadas 1739, 1740 correspondientes de diferentes materiales aumenta la capacidad del diseñador para construir diferentes grados de flexibilidad o resistencia en zonas específicas del sistema 1743. Variando los materiales empleados en cuando a propiedades específicas tales como resistencia a la tracción, grosor de material, y elongación, y variando las dimensiones de los salientes semielipsoidales, pueden modificarse mediante ingeniería varias regiones reproducibles de manera sistemática de resistencia y flexibilidad deseadas en el sistema 1743 para cumplir con requisitos específicos.

La figura 18 ilustra operaciones 1800 de ejemplo para fabricar un sistema de amortiguación celular intercalada. Una operación de calentamiento 1805 calienta la reserva de lámina termoplástica hasta una temperatura de conformación. La reserva de lámina termoplástica puede ser un rollo continuo o láminas diferenciadas de material. Una operación de moldeo 1810 moldea la reserva de lámina para dar una primera lámina con salientes de celdas vacías y una segunda lámina con salientes de celdas vacías. La operación de moldeo 1810 puede utilizar un molde para formar la primera lámina y la segunda lámina secuencialmente o dos moldes para formar la primera lámina y la segunda lámina simultáneamente. Los salientes de celdas vacías pueden presentar una variedad de formas (por ejemplo, semielipsoidal), tamaños y separación. Además, la operación de moldeo 1810 puede utilizar una o ambas de presiones positivas y negativas para ayudar a las láminas a adaptarse al/a los molde(s).

Una operación de disposición 1815 dispone la primera lámina moldeada adyacente a la segunda lámina moldeada con las celdas vacías orientadas unas con respecto a otras, sobresaliendo hacia y entrando en contacto con la lámina moldeada opuesta (denominada en la presente memoria intercalación). Una operación de soldadura 1820 suelda los picos de cada una de las celdas vacías con la lámina moldeada opuesta para formar una primera capa de amortiguación celular intercalada. En una implementación, la operación de soldadura 1820 se lleva a cabo acercando un hierro caliente desde arriba y un hierro caliente correspondiente u otra estructura desde abajo y proporcionando una presión y energía térmica suficientes desde el/los hierro(s) caliente(s) para que las láminas moldeadas entre sí se fundan y experimenten coalescencia entre sí en el punto del contacto con el/los hierro(s) caliente(s). En algunas implementaciones, la operación de soldadura 1820 es opcional ya que la operación de soldadura 1835 sola puede unir suficientemente las láminas moldeadas entre sí.

Una operación de conformación 1825 forma una segunda capa de amortiguación celular intercalada. La operación de conformación 1825 puede llevarse a cabo repitiendo las operaciones 1805-1820, por ejemplo. Una operación de disposición 1830 dispone la primera capa de amortiguación de manera adyacente a la segunda capa de amortiguación con los picos de las celdas vacías en cada una de las capas de amortiguación primera y segunda alineados entre sí. Como resultado, las cuatro láminas de material termoplástico son adyacentes entre sí en los picos de las celdas vacías dirigidas hacia fuera. La operación de soldadura 1835 suelda los picos de las celdas vacías donde coinciden las cuatro láminas de material termoplástico. La operación de soldadura 1835 puede llevarse a cabo tal como se comentó anteriormente con respecto a la operación de soldadura 1820. Como resultado, las cuatro láminas de material termoplástico se sueldan y experimentan coalescencia entre sí en los puntos de soldadura y la estructura es un sistema de amortiguación celular intercalada de 2 capas. En algunas implementaciones, pueden añadirse capas de amortiguación celular intercalada adicionales u otros materiales al sistema de amortiguación celular intercalada para conseguir las propiedades deseadas del sistema de amortiguación celular intercalada. En algunas implementaciones, las capas adicionales pueden incluir un suelo para usuarios para que estén de pie sobre el mismo y/o blindaje para proteger a los usuarios frente al impacto de diversos proyectiles.

La memoria, los ejemplos y los datos anteriores proporcionan una descripción completa de la estructura y la utilización de las formas de realización a modo de ejemplo de la invención. Dado que muchas formas de realización de la invención pueden realizarse sin apartarse del espíritu y el alcance de la invención, la invención se basa en las reivindicaciones adjuntas a continuación en la presente memoria. Además, las características estructurales de las diferentes formas de realización pueden combinarse en aún otra forma de realización sin apartarse de las reivindicaciones citadas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de amortiguación celular intercalada (108), que comprende:

una primera lámina de material elástico que incluye una primera capa de unión (112) y una primera matriz de celdas vacías (116) que sobresalen de la primera capa de unión (112), y

una segunda lámina de material elástico, que incluye una segunda capa de unión (114) y una segunda matriz de celdas vacías (110), que sobresalen de la segunda capa de unión (114), estando las celdas vacías (110, 116) configuradas para hundirse de manera monótona bajo una carga que aumenta de manera monótona, entrando un pico de cada celda vacía (116) en la primera matriz en contacto con la segunda capa de unión (114) y entrando un pico de cada celda vacía (110) en la segunda matriz en contacto con la primera capa de unión (112) y estando por lo menos una celda vacía (116) en la primera matriz unida a la segunda capa de unión (114) y estando por lo menos una celda vacía (110) en la segunda matriz unida a la primera capa de unión (112).

2. Sistema de amortiguación celular intercalada según la reivindicación 1, que además comprende:

una tercera lámina de material elástico, que incluye una tercera capa de unión y una tercera matriz de celdas vacías, que sobresalen de la tercera capa de unión; y

una cuarta lámina de material elástico, que incluye una cuarta capa de unión y una cuarta matriz de celdas vacías, que sobresalen de la cuarta capa de unión, entrando un pico de cada celda vacía en la tercera matriz en contacto con la cuarta capa de unión y entrando un pico de cada celda vacía en la cuarta matriz en contacto con la tercera capa de unión, y estando por lo menos una celda vacía en la tercera matriz unida a la cuarta capa de unión, estando por lo menos una celda vacía en la cuarta matriz unida a la tercera capa de unión y estando la segunda capa de unión unida a la tercera capa de unión.

3. Sistema de amortiguación celular intercalada según la reivindicación 2, en el que las celdas vacías en la primera matriz están alineadas con las celdas vacías en la cuarta matriz, y las celdas vacías en la segunda matriz están alineadas con las celdas vacías en la tercera matriz.

4. Sistema de amortiguación celular intercalada según la reivindicación 3, en el que el pico de dicha por lo menos una celda vacía en la primera matriz, la segunda capa de unión, la tercera capa de unión, y el pico de dicha por lo menos una celda vacía en la cuarta matriz están unidos entre sí.

5. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las celdas vacías son semielipsoidales.

6. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada celda vacía en la primera matriz está unida a la segunda capa de unión y cada celda vacía en la segunda matriz está unida a la primera capa de unión.

7. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las celdas vacías en la primera matriz de celdas vacías están separadas por igual con respecto a las celdas vacías en la segunda matriz de celdas vacías.

8. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material elástico en una base de por lo menos una celda vacía es más delgado que el material en un pico de la celda vacía.

9. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada una de las celdas vacías están configuradas para hundirse sin entrar en contacto con las celdas vacías adyacentes.

10. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que por lo menos una de entre la primera capa de unión y la segunda capa de unión está configurada para adaptarse a una superficie curvada.

11. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera matriz de celdas vacías están configuradas para hundirse a una velocidad diferente con respecto a la segunda matriz de celdas vacías.

12. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las celdas vacías están configuradas para hundirse de manera uniforme.

13. Procedimiento de absorción de energía cinética, que comprende:

hundir de manera monótona el sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

14. Procedimiento de fabricación del sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, que comprende:

moldear la primera lámina de material elástico;

moldear la segunda lámina de material elástico;

moldear la tercera lámina de material elástico;

moldear la cuarta lámina de material elástico; y

soldar un pico de una celda vacía en la primera matriz con la segunda capa de unión, la tercera capa de unión y un pico de una celda vacía en la cuarta matriz.

15. Sistema de amortiguación celular intercalada según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y 8 a 13, en el que la primera matriz de celdas vacías es contigua a la primera capa de unión y la segunda matriz de celdas vacías es contigua a la segunda capa de unión.

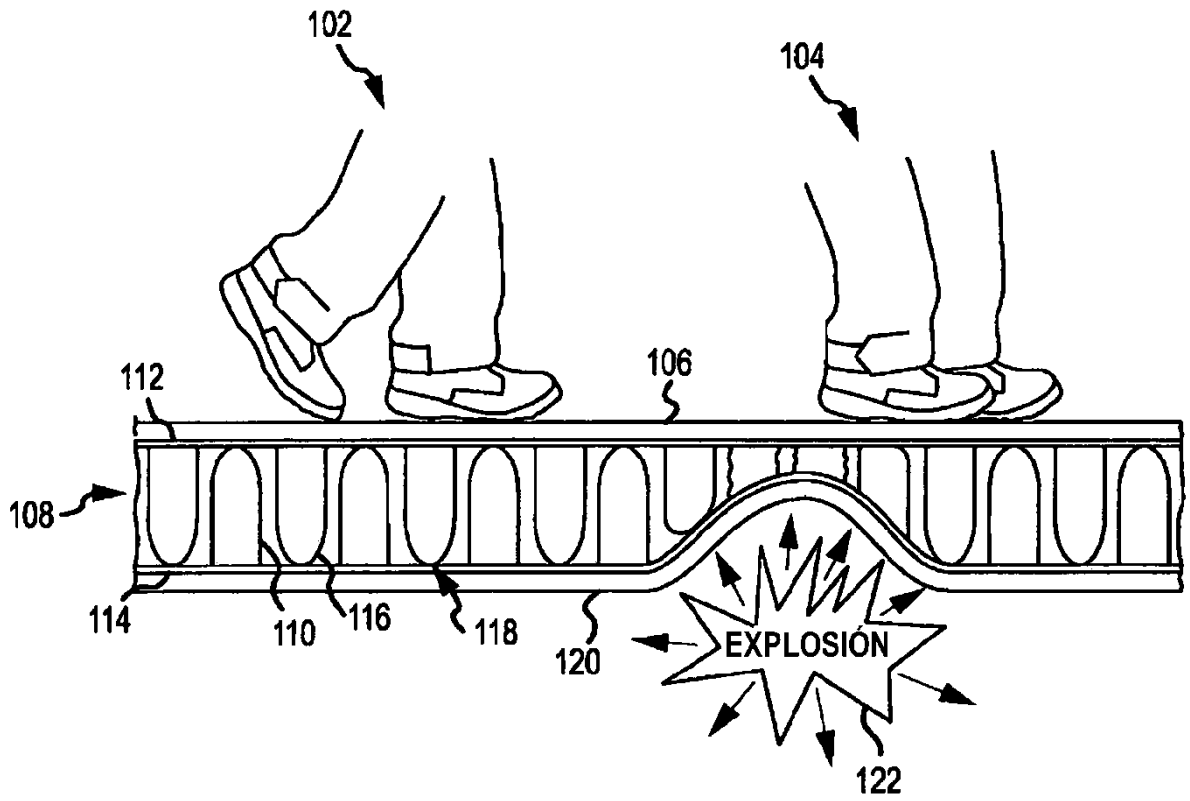

FIG. 1

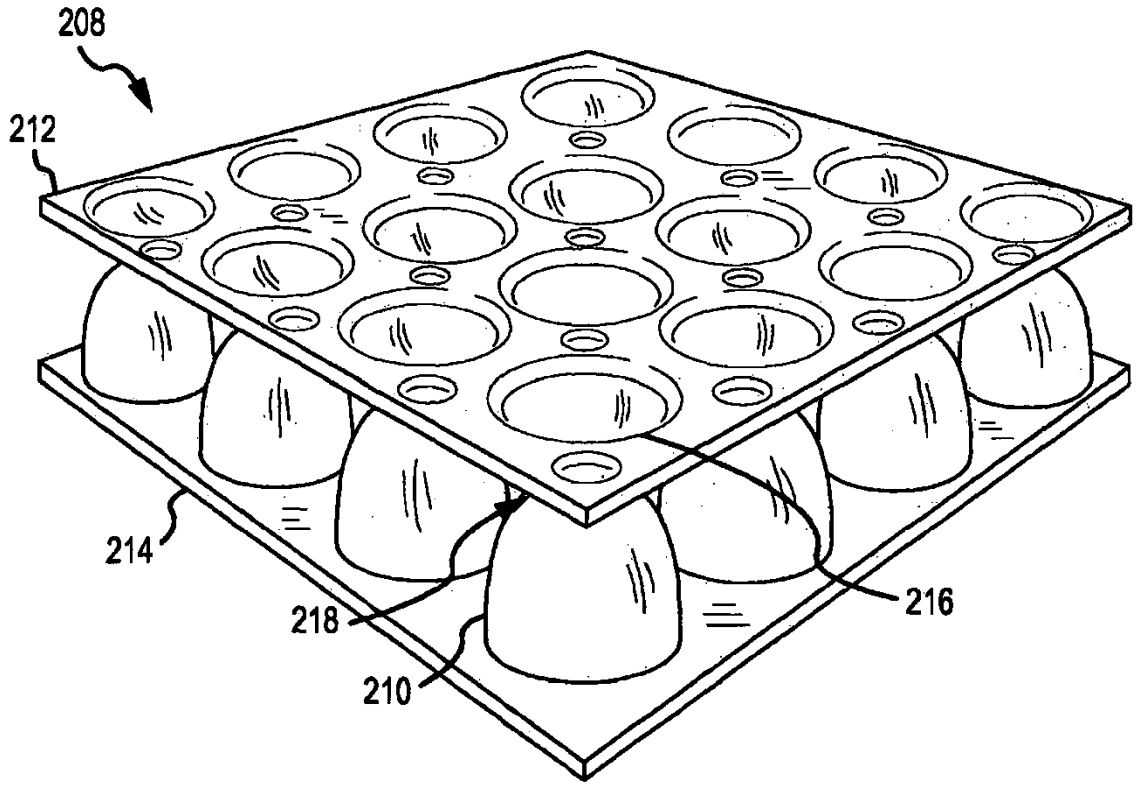

FIG. 2

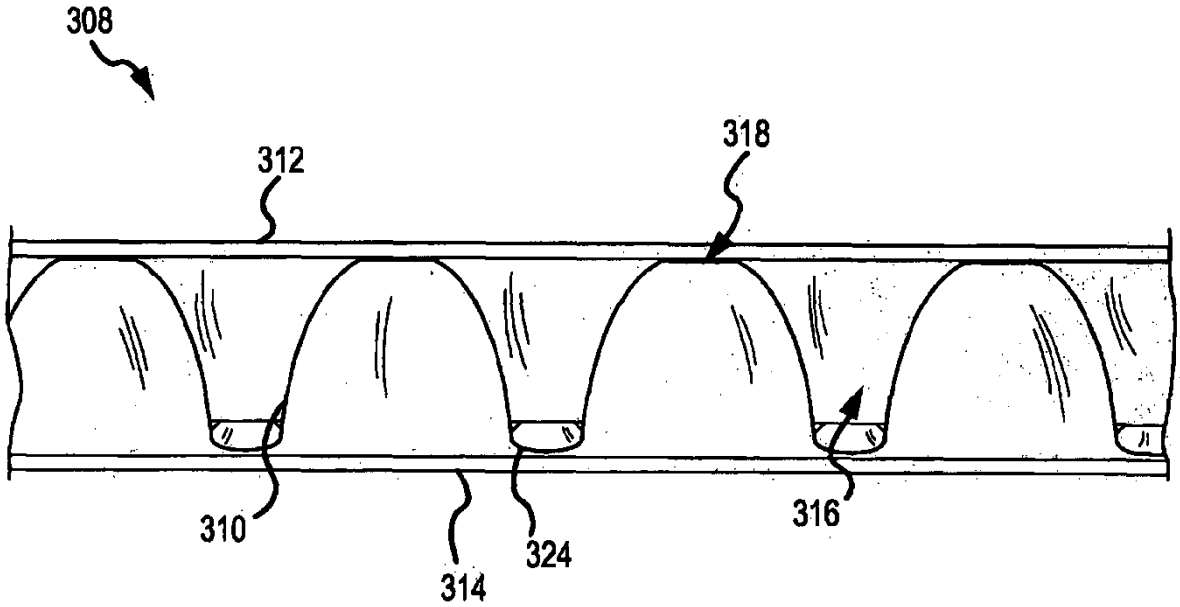

FIG. 3

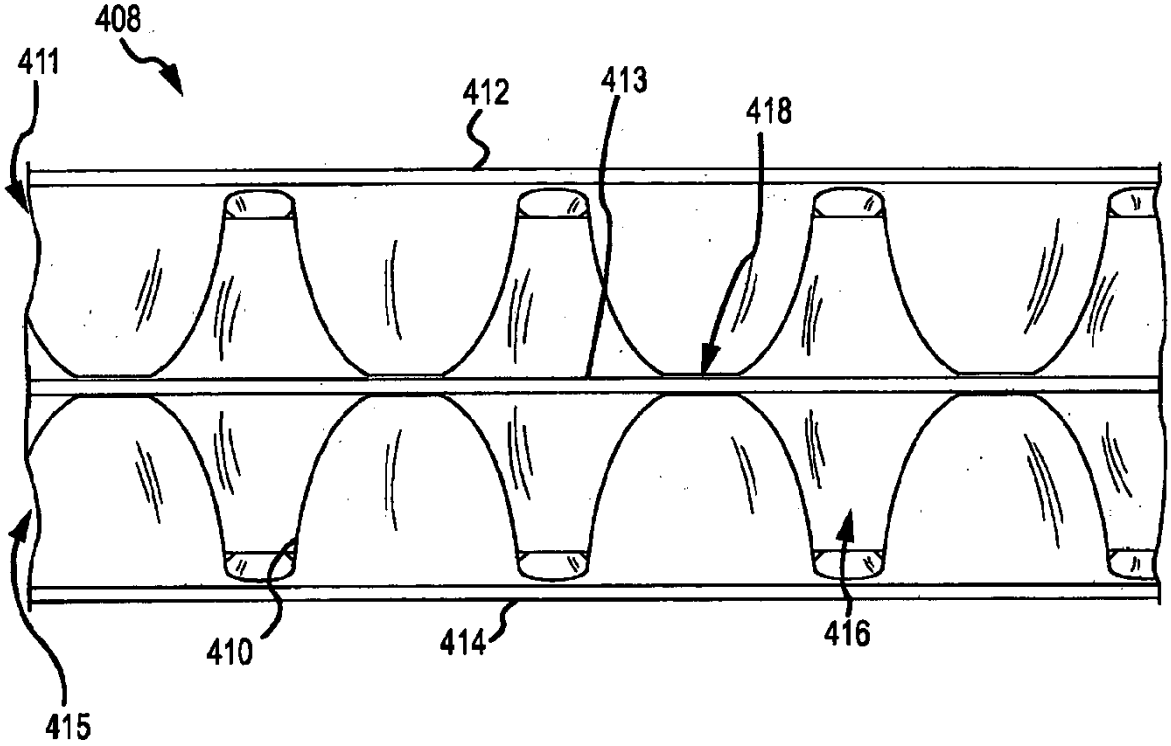

FIG. 4

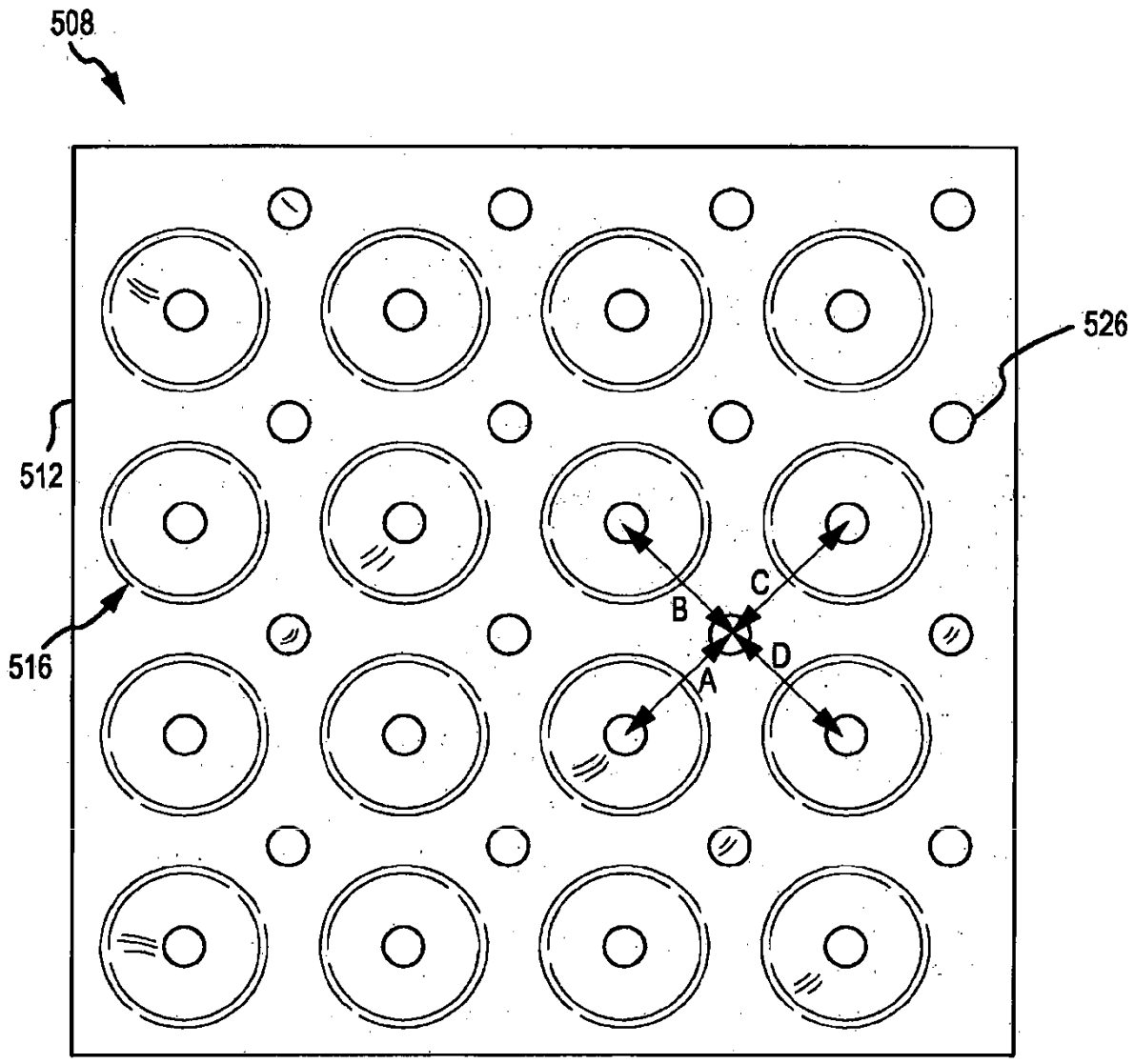

FIG. 5

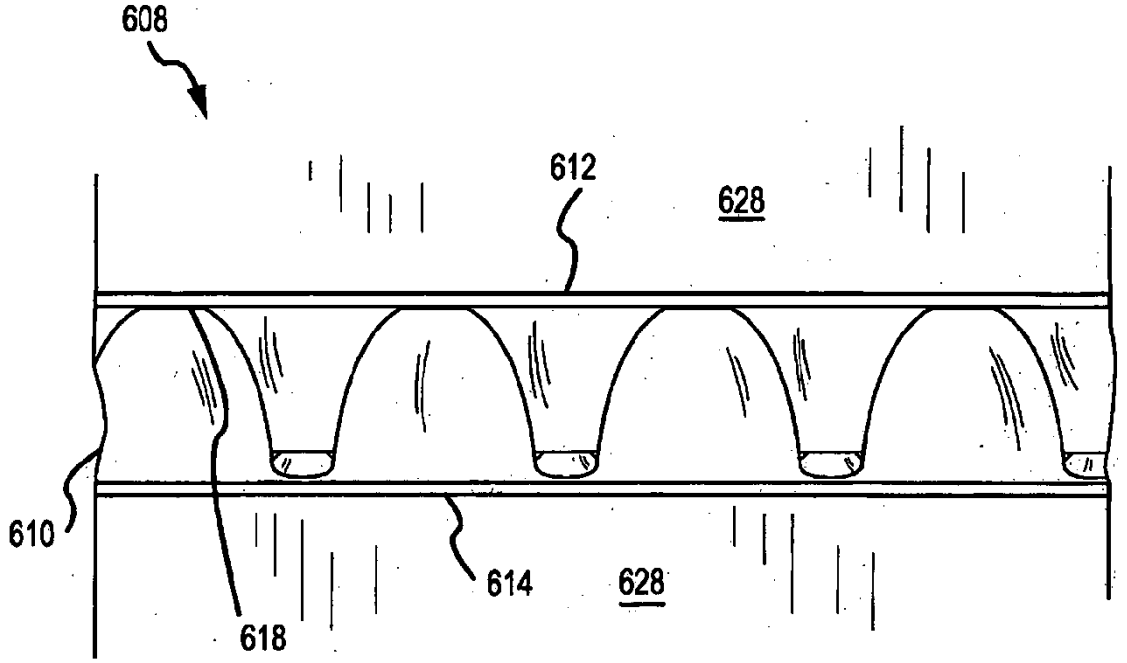

FIG. 6

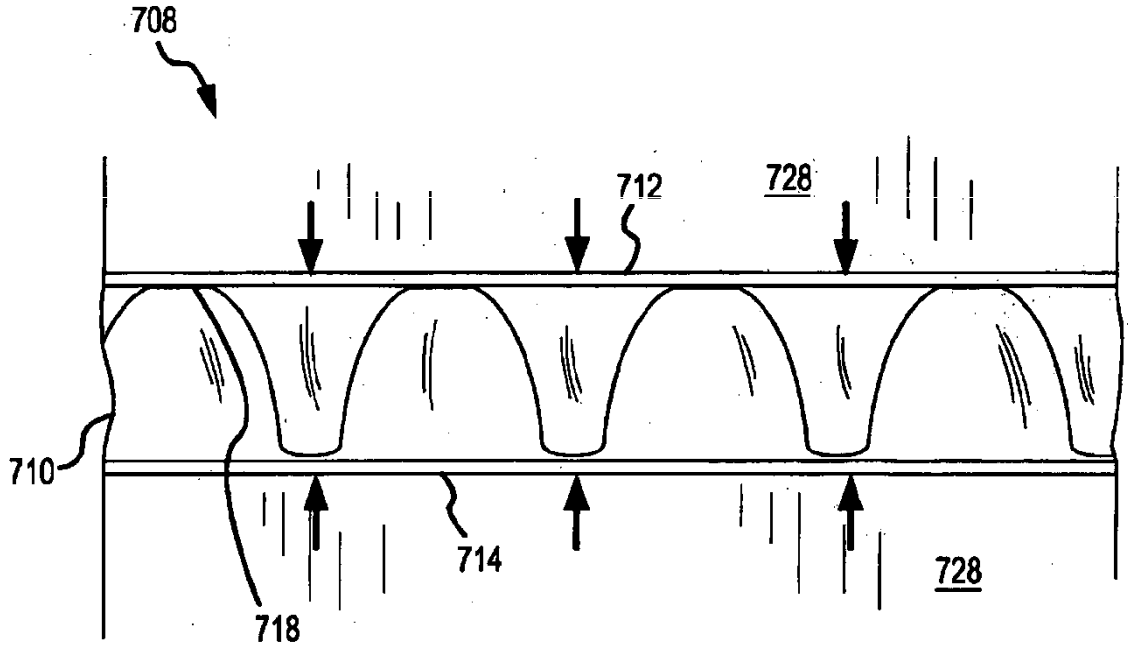

FIG. 7

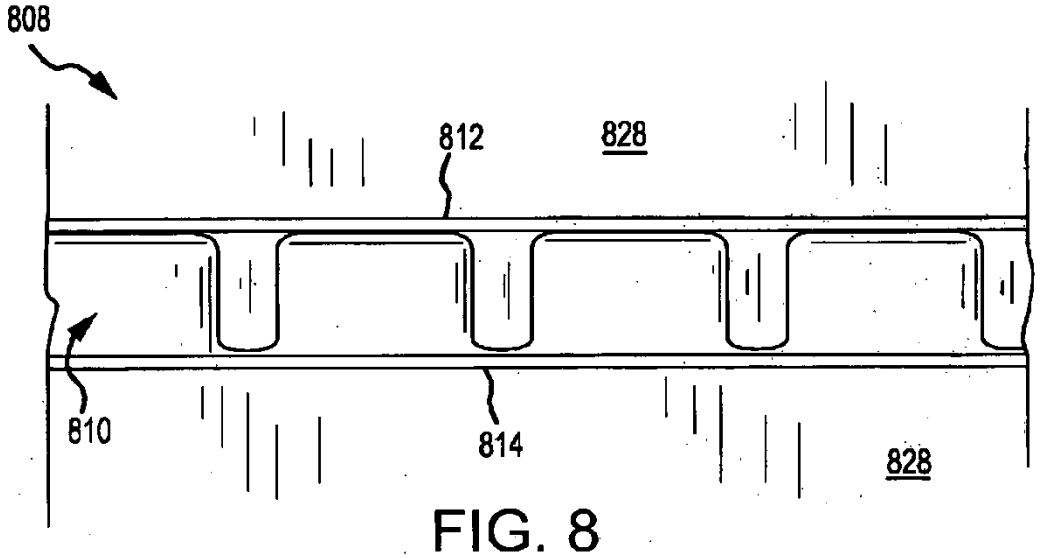

FIG. 8

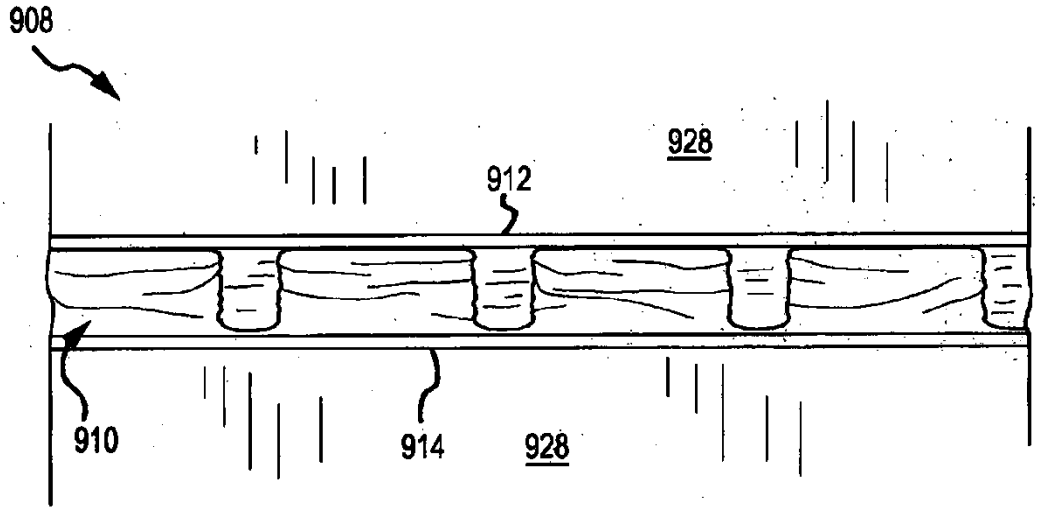

FIG. 9

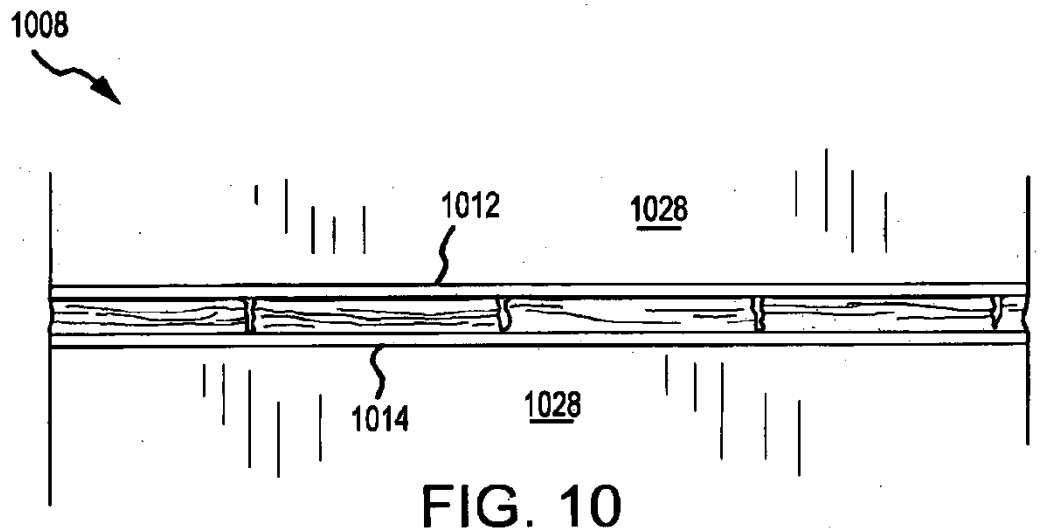

FIG. 10

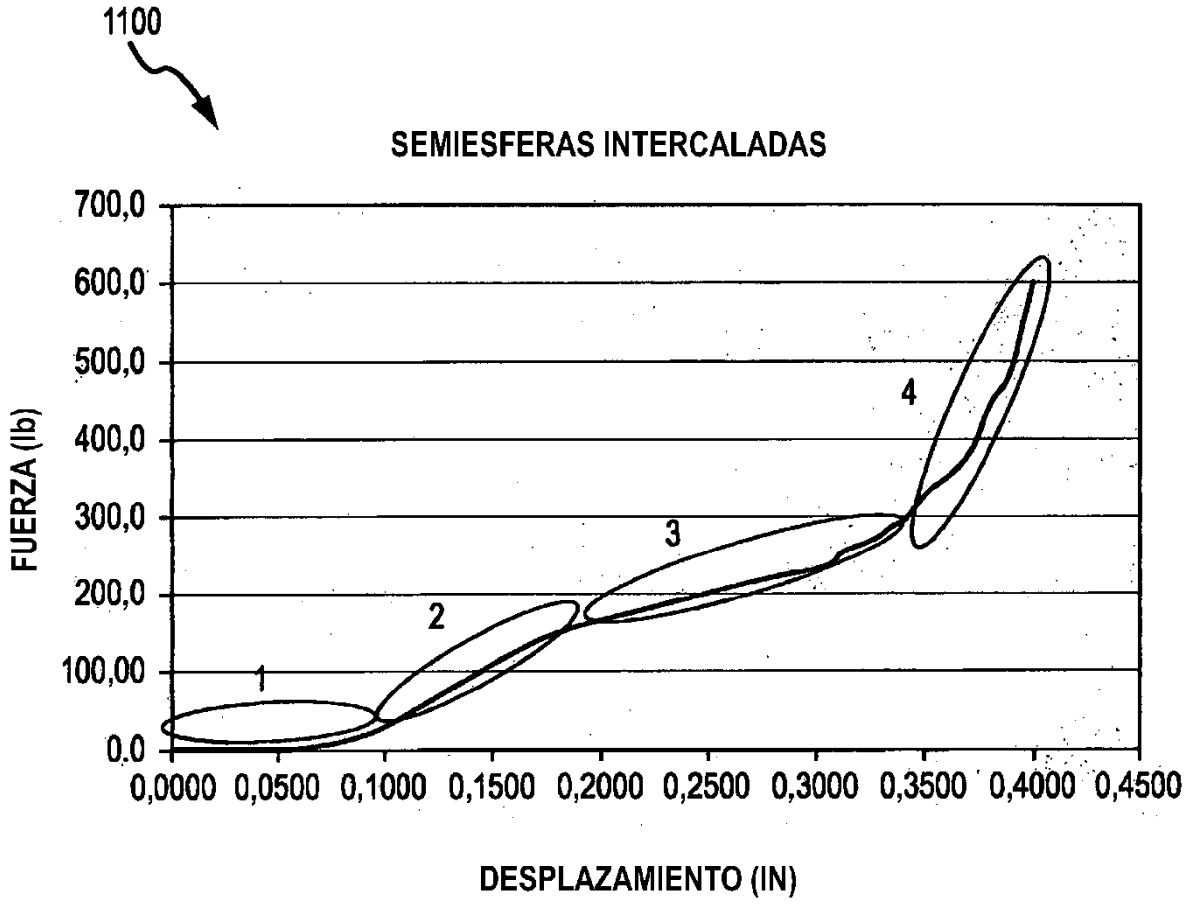
1100
SEMIESFERAS INTERCALADAS
700,0
600,0
500,0
400,0
300,0
200,0
100,00
0,0
FUERZA (lb)
1
2
3
4
0,0000
0,0500
0,1000
0,1500
0,2000
0,2500
0,3000
0,3500
0,4000
0,4500
DESPLAZAMIENTO (IN)

FIG. 11

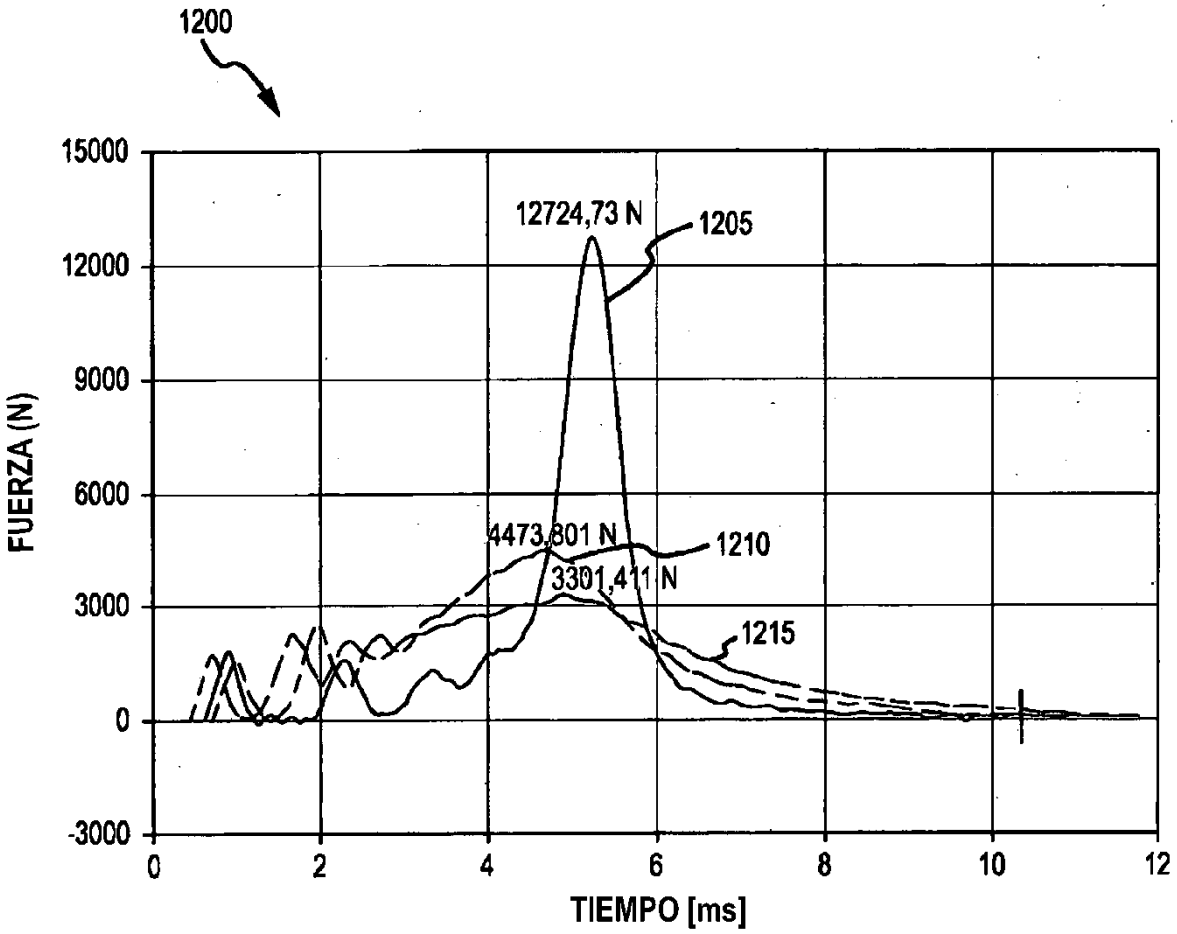
1200
15000
12000
9000
6000
3000
0
-3000
FUERZA (N)
12724,73 N
1205
4473,801 N
1210
3301,411 N
1215
0
2
4
6
8
10
12
TIEMPO [ms]

FIG. 12

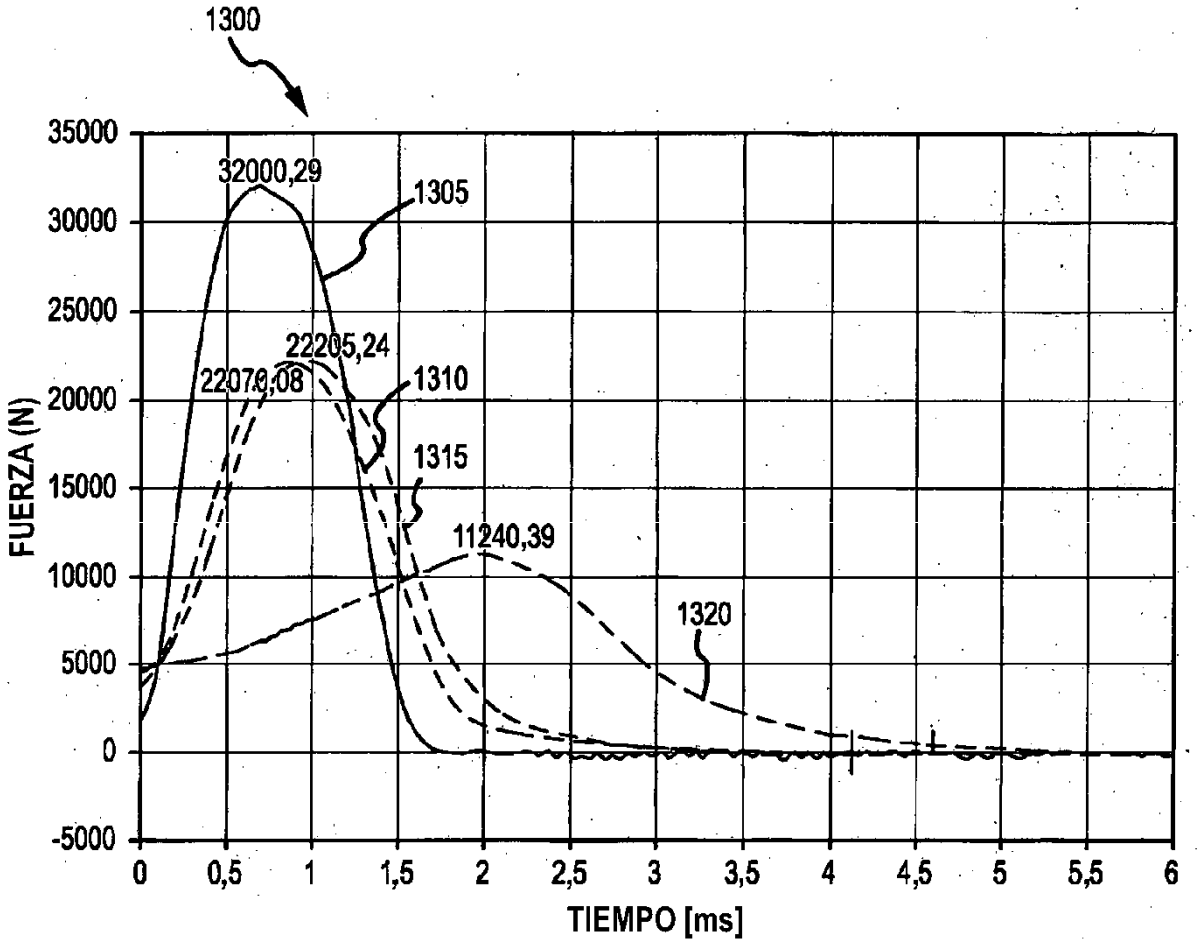
1300
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
-5000
FUERZA (N)
32000,29
1305
22205,24
22070,08
1310
1315
11240,39
1320
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
5,5
6
TIEMPO [ms]

FIG. 13

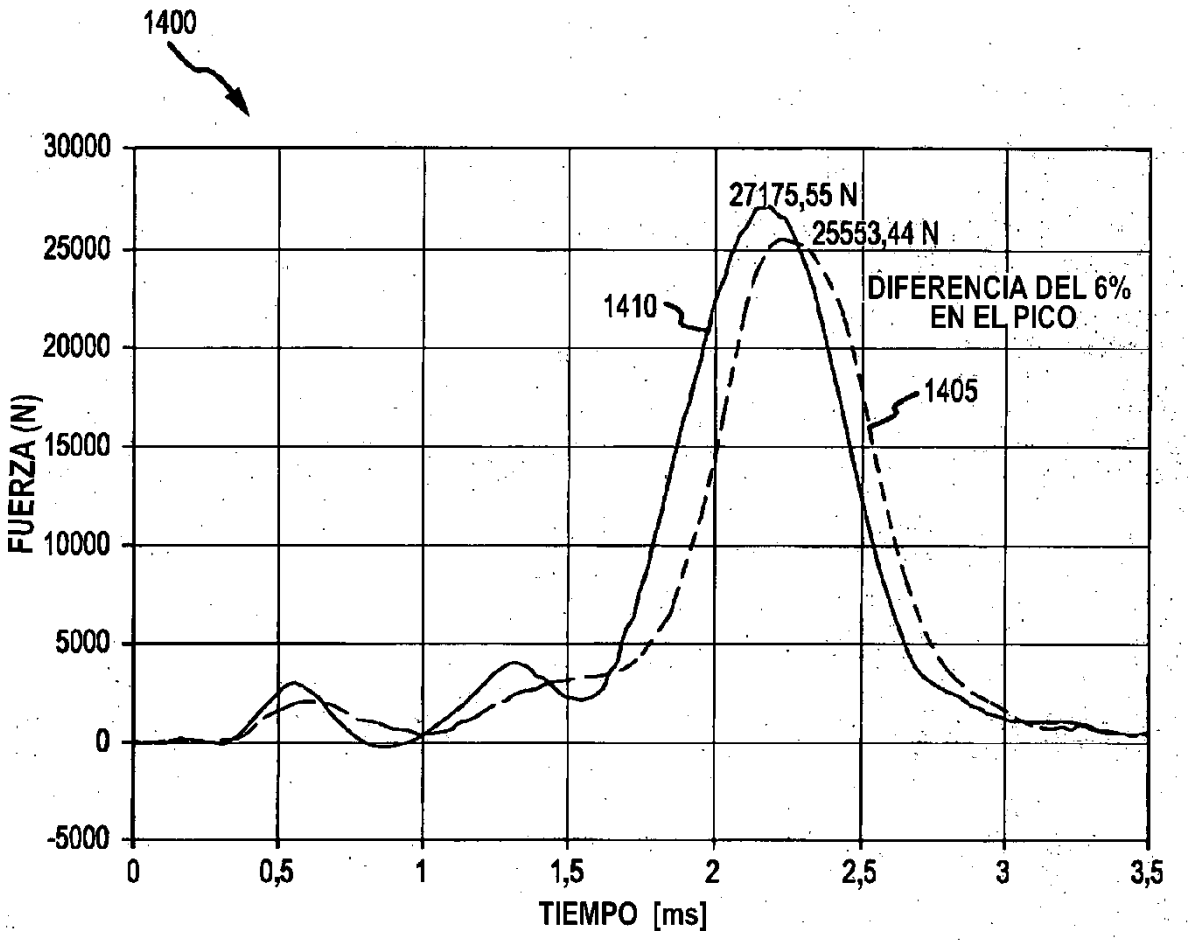
1400
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
-5000
FUERZA (N)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
TIEMPO [ms]
27175,55 N
25553,44 N
DIFERENCIA DEL 6%
EN EL PICO
1410
1405

FIG. 14

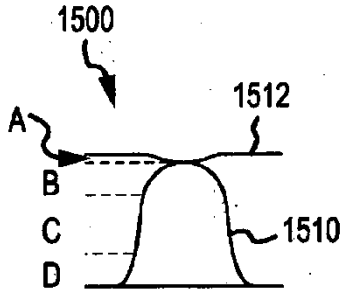

FIG. 15A

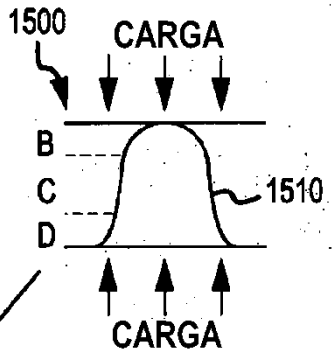

FIG. 15B

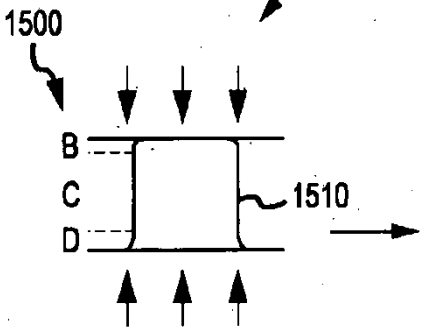

FIG. 15C

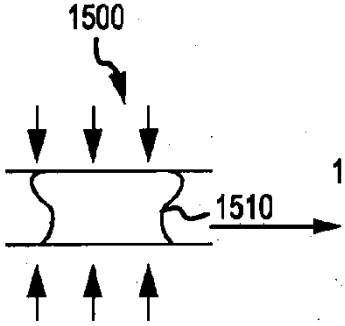

FIG. 15D

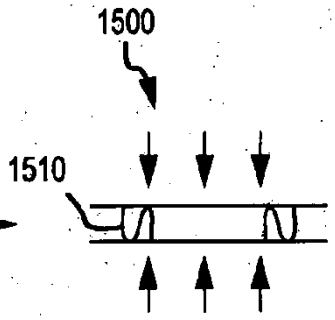

FIG. 15E

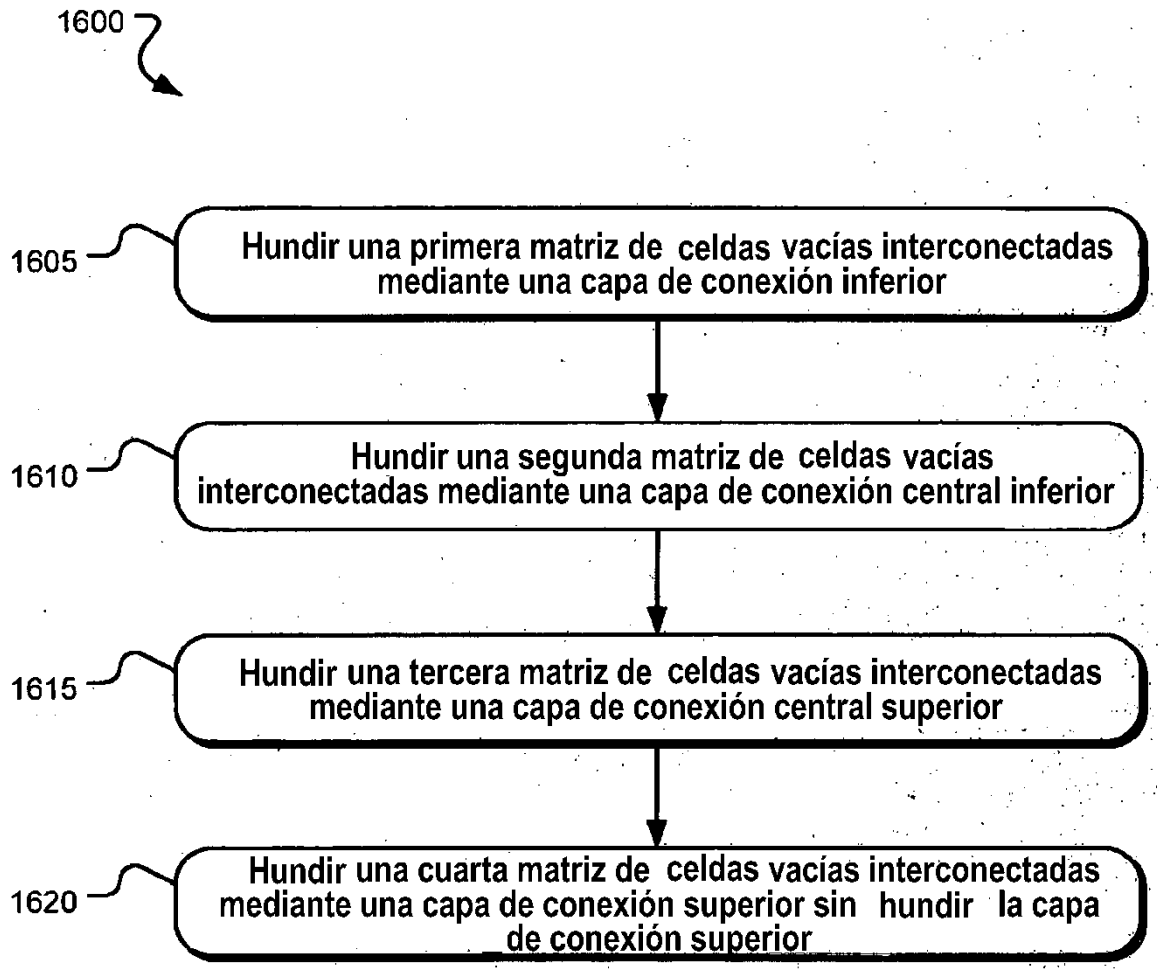
1600
1605
Hundir una primera matriz de celdas vacías interconectadas mediante una capa de conexión inferior
1610
Hundir una segunda matriz de celdas vacías interconectadas mediante una capa de conexión central inferior
1615
Hundir una tercera matriz de celdas vacías interconectadas mediante una capa de conexión central superior
1620
Hundir una cuarta matriz de celdas vacías interconectadas mediante una capa de conexión superior sin hundir la capa de conexión superior

FIG. 16

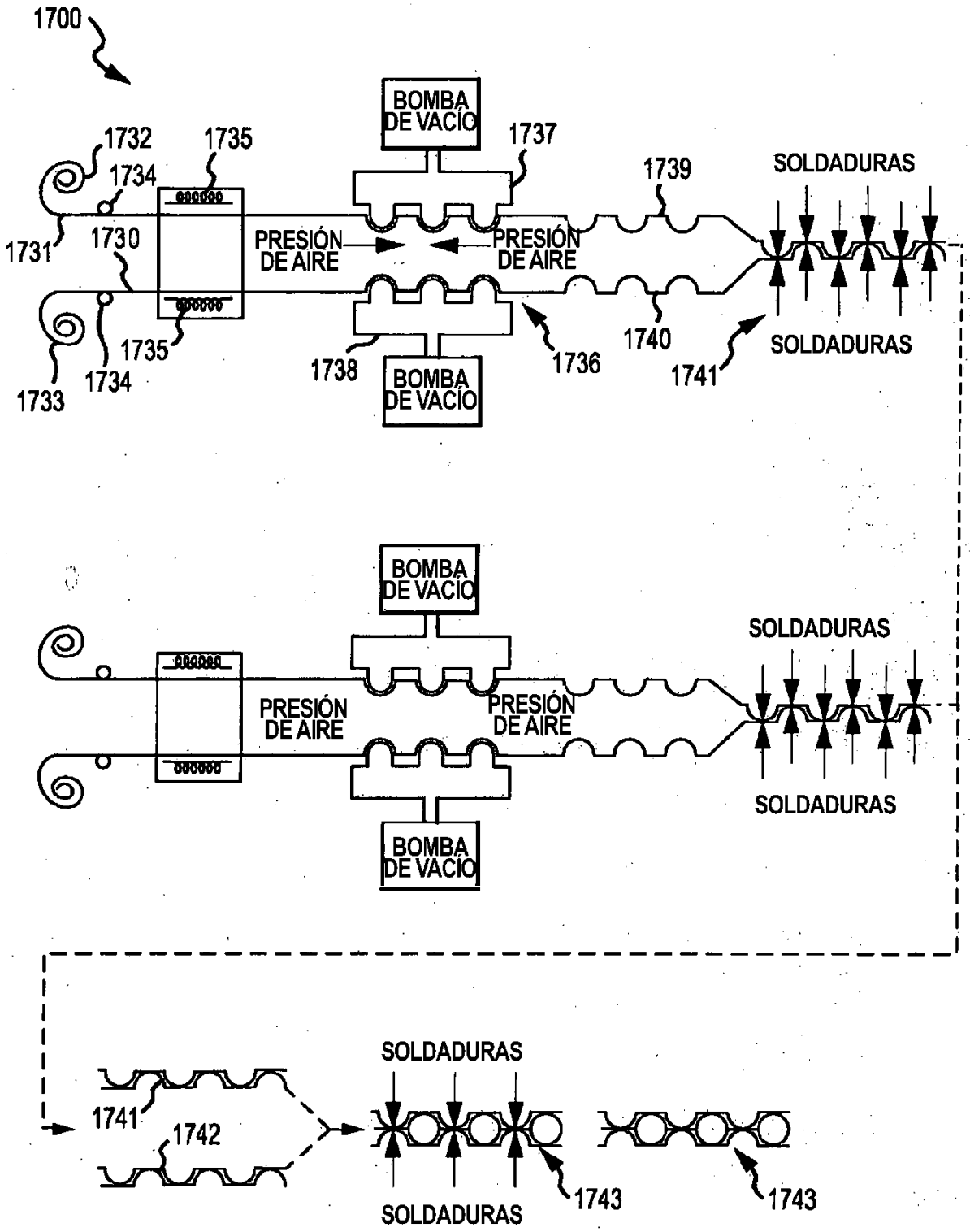
1700
BOMBA DE VACÍO
1732
1735
1737
1739
SOLDADURAS
1734
1731
1730
PRESIÓN DE AIRE
PRESIÓN DE AIRE
1735
1740
SOLDADURAS
1733
1734
1738
BOMBA DE VACÍO
1736
1741
BOMBA DE VACÍO
SOLDADURAS
PRESIÓN DE AIRE
PRESIÓN DE AIRE
SOLDADURAS
BOMBA DE VACÍO
SOLDADURAS
1741
1742
SOLDADURAS
1743
1743

FIG. 17

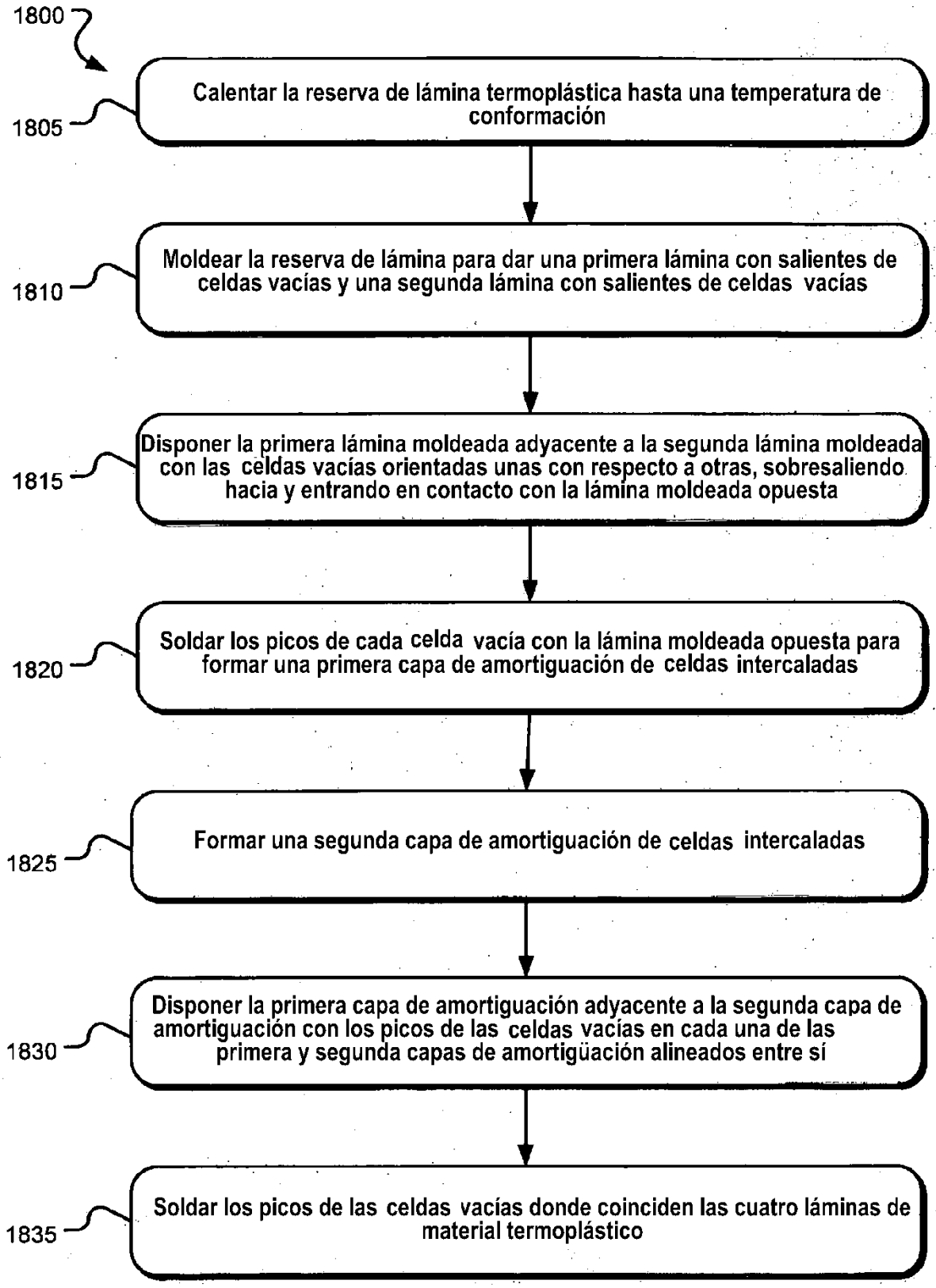
1800
1805
Calentar la reserva de lámina termoplástica hasta una temperatura de conformación
1810
Moldear la reserva de lámina para dar una primera lámina con salientes de celdas vacías y una segunda lámina con salientes de celdas vacías
1815
Disponer la primera lámina moldeada adyacente a la segunda lámina moldeada con las celdas vacías orientadas unas con respecto a otras, sobresaliendo hacia y entrando en contacto con la lámina moldeada opuesta
1820
Soldar los picos de cada celda vacía con la lámina moldeada opuesta para formar una primera capa de amortiguación de celdas intercaladas
1825
Formar una segunda capa de amortiguación de celdas intercaladas
1830
Disponer la primera capa de amortiguación adyacente a la segunda capa de amortiguación con los picos de las celdas vacías en cada una de las primera y segunda capas de amortigüación alineados entre sí
1835
Soldar los picos de las celdas vacías donde coinciden las cuatro láminas de material termoplástico

FIG. 18