



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 128 421**

51 Int. Cl.:

B32B 3/24 (2006.01)

B65B 11/00 (2006.01)

B65D 81/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA

T5

86 Número de solicitud europea: **93907517 .2**

86 Fecha de presentación : **16.03.1993**

87 Número de publicación de la solicitud: **0686089**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **13.12.1995**

54 Título: **Material de empaquetado.**

30 Prioridad: **16.03.1992 US 851911**
27.08.1992 US 936608
19.10.1992 US 962944

45 Fecha de publicación de la mención y de la traducción de patente europea: **16.05.1999**

45 Fecha de la publicación de la mención de la patente europea modificada BOPI: **16.06.2007**

45 Fecha de publicación de la traducción de patente europea modificada: **16.06.2007**

73 Titular/es: **Liberopax L.L.C.**
7700 Congress Avenue, Suite 1107
Boca Raton, Florida 33487, US

72 Inventor/es: **Hurwitz, Michael y**
Goodrich, David

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 128 421 T5

DESCRIPCIÓN

Material de empaquetado.

5 La presente invención se refiere en general a materiales de envoltura elástica o amortiguamiento para uso como material de empaquetado o embalaje y, más particularmente, a un material de envoltura elástica nuevo y mejorado para envolver artículos.

10 Los materiales para uso en el relleno de espacios huecos para empaquetar o envolver objetos para protección en movimiento son bien conocidos en la técnica anterior. Sin embargo, hasta la fecha, tales materiales han sido ineficaces, tal como papel de periódico, o insanos ecológicamente tal como espuma de estireno o burbujas de plástico. La producción de la espuma de estireno y las burbujas de plástico causa desechos tóxicos y crea problemas de eliminación de basuras. Aunque el reciclado de estos productos es posible, el almacenamiento de los productos para reutilización es voluminoso y no generalmente factible para propietarios de casas o algunas industrias. Otra desventaja de los materiales de relleno existentes es que no pueden transportarse en una forma no expandida, creando por ello coste de transporte basado en el volumen.

20 Aunque los dispositivos de técnica anterior proporcionan mejoras en las áreas propuestas, nada de la técnica anterior supera los problemas asociados con el transporte general. Ninguna de las patentes de técnica anterior describe un material ambientalmente seguro que pueda envolverse alrededor, y ajustarse a, un artículo delicado.

25 La presente invención describe un material de relleno ambientalmente seguro fabricado a partir de papel reciclado en tamaños diversos para satisfacer las necesidades del usuario. El efecto amortiguador del papel de relleno se consigue mediante la expansión en el momento de uso y, por tanto, se transporta en una forma no expandida para proporcionar una ventaja para transporte y almacenamiento.

30 El documento US-A-4832228 muestra un material de papel expansible que, al expandirse, tiene celdas hexagonales y espacios inclinados entre ellas. Su objeto pretendido es como un revestimiento de bandejas para polluelos y pollos, proporciona un buen apoyo de pie y drenaje a través de las celdas para desechos. La capa expandida está unida permanentemente a una lámina de base continua.

35 El documento US-A-2656291 muestra una almohadilla para amortiguar objetos. Está hecha de capas de un material expandido que puede ser papel, plástico, hoja metálica, etc. El material se expande en aberturas en forma de diamante. La almohadilla puede conformarse en un manguito con una cubierta continua que después se envuelve alrededor del objeto.

La presente invención proporciona un método para proteger un objeto envolviendo tal objeto como se describe en la reivindicación 1.

40 El material amortiguador expandido tiene la forma de al menos una hoja de papel reciclado. Es preferido el uso de papel de 0,15 kg/m². Más preferiblemente, se usa papel reciclado de al menos 0,35 kg/m² aproximadamente. Es preferido el papel reciclado que tiene una rigidez mayor que la del papel no reciclado y una longitud media de fibras que es sustancialmente menor que la del papel no reciclado. El papel reciclado tiene una orientación de granulos sustancialmente menor que la del papel no reciclado y, por consiguiente, una memoria de orientación inferior y una tendencia menor a volver a la configuración no expandida que la del papel no reciclado. El material de papel tiene preferiblemente un espesor menor que unos 0,7 mm y el espesor puede ser del orden de 0,5 mm aproximadamente.

50 Cada hoja tiene, en su forma no expandida, una pluralidad de filas paralelas separadas de rendijas individuales que pueden ser líneas esencialmente rectas del orden de unos 1,27 cm de longitud, extendidas transversalmente al granulado del papel y desde un extremo del material de papel al extremo opuesto del material de papel. Cada una de las filas está provista de intervalos sin rendijas entre rendijas consecutivas, con las rendijas en filas adyacentes situadas contiguas a los intervalos sin rendijas, situando las rendijas en una fila esencialmente enfrente de los intervalos de la fila siguiente. Preferiblemente, las rendijas están dispuestas en una configuración constante repetida uniformemente.

55 El material de papel en hoja flexible puede expandirse antes de envolver el objeto con el papel o durante el proceso de envolver.

60 Las hojas se expanden extendiendo la hoja en una dirección transversal a las filas de rendijas para formar una disposición ordenada de aberturas. Las aberturas son generalmente similares en forma y tamaño y tienen una forma generalmente hexagonal.

65 Siendo la presente hoja para uso en forma expandida como un material amortiguador para proteger un objeto, las dimensiones de las rendijas, los espacios intermedios y la separación entre filas son tales que dichas áreas de espacios intermedios forman un ángulo con el plano de la hoja no expandida de entre 45° y menor que 90°. Un ángulo preferible es 70° aproximadamente.

El material de relleno puede tener un espesor expandido del orden de al menos diez veces aproximadamente el espesor no expandido de la hoja y, preferiblemente, puede extenderse del orden de veinte veces el espesor no

ES 2 128 421 T5

expandido de la hoja. La acción de apertura causa que las secciones de espacios intermedios, o macizas, entre las rendijas se doblen en una dirección normal al plano del papel, proporcionando al papel un incremento extremo en el espesor efectivo.

5 El material amortiguador expandido puede tener una carga admisible mínima de al menos unos 732 kg/m² de material expandido. Preferiblemente, la carga admisible es al menos de unos 1.200 kg/m². Con una carga admisible de al menos unos 2.000 kg/m², se consigue mayor universalidad de aplicación y puede obtenerse amortiguamiento óptimo en aplicaciones típicas con el uso de dos o tres capas de hojas expandidas.

10 El intervalo preferido para la carga admisible es de unos 1.200 kg/m² hasta unos 9.600 kg/m². Con cargas admisibles excesivamente altas, el material amortiguador expandido es demasiado rígido para absorber impactos efectivamente y puede ser abrasivo más bien que flexible.

15 Cuando el material de relleno se envuelve alrededor de un artículo, está en forma de una pluralidad de capas de hojas expandidas interconectadas debido a que las áreas de espacios intermedios de hojas adyacentes de las capas de hojas encajan e interconectan entre sí, impidiendo así, o al menos restringiendo, la contracción de las hojas expandidas.

20 El material de relleno puede almacenarse en pilas de hojas. Alternativamente, adopta la forma de una sola hoja en un rollo continuo. El rollo puede estar formado por una pluralidad de capas de hojas tal que, cuando se desenrolla, al menos un par de hojas se desenrollan conjuntamente. Las filas paralelas de rendijas son paralelas a la dirección de la máquina del rollo continuo, facilitando de tal modo el arrollamiento de la hoja durante la fabricación, sin expansión después de la formación de las rendijas.

25 El granulado del papel es preferiblemente paralelo a la dirección de la máquina del rollo continuo a fin de proporcionar máxima resistencia al desgarro puesto que es difícil desgarrar a través del granulado más bien que entre fibras adyacentes.

30 Donde las filas paralelas de rendijas son transversales a la dirección de la máquina del rollo continuo, la hoja es expansible en la dirección en la que se desenrolla desde el rollo continuo, proporcionando así una comodidad de manejo en el momento del proceso de envoltimiento.

35 El material de empaquetado puede restaurarse a su configuración original aplicando fuerzas de contracción opuestas a los bordes del material de papel que no son paralelos a las filas de rendijas, invirtiendo así la acción de apertura. La fuerza de contracción se aplica perpendicularmente a la fuerza que se aplicó para expandir la hoja. Después, el papel puede almacenarse en un estado aplastado para reutilización futura.

Los objetos y ventajas de la presente invención resultarán evidentes cuando la memoria descriptiva se lee en conjunción con los dibujos, en los que:

40 la Figura 1 es una vista desde arriba de la hoja con rendijas usada en la presente invención;

la Figura 2 es una vista en perspectiva de una pila de las hojas con rendijas de la Figura 1;

45 la Figura 3 es una vista desde arriba de la hoja con rendijas expandida de la Figura 1;

la Figura 4 es una vista en corte transversal de un recipiente que utiliza las hojas con rendijas de la Figura 1;

50 la Figura 5 es una vista en corte transversal de un recipiente que usa las hojas con rendijas de la Figura 1 envueltas alrededor de un artículo;

la Figura 6 es una vista fragmentaria desde arriba, a escala ampliada, de una hoja con rendijas de papel;

55 la Figura 7 es una vista fragmentaria desde arriba, a escala ampliada, de la hoja con rendijas de la Figura 6 abierta parcialmente;

la Figura 8 es una vista fragmentaria desde arriba, a escala ampliada, de la hoja con rendijas de la Figura 6 abierta;

60 la Figura 9 es una vista fragmentaria desde arriba, a escala ampliada, de la hoja con rendijas de la Figura 6 abierta en 180° aproximadamente;

la Figura 10 es una vista lateral de dos de las celdas levantadas de la presente invención;

65 la Figura 11 es una vista lateral de una realización alternativa de dos de las celdas levantadas de la presente invención;

la Figura 12 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre papel suelto con un espesor de 2 mm;

la Figura 13 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre papel suelto con un espesor de 2 mm;

ES 2 128 421 T5

la Figura 14 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre papel suelto con un espesor de 2 mm;

la Figura 15 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre papel sujeto con un espesor de 2 mm;

5 la Figura 16 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre papel sujeto con un espesor de 2 mm;

la Figura 17 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre papel sujeto con un espesor de 2 mm;

10 la Figura 18 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre plástico sujeto con un espesor de 0,75 mm;

la Figura 19 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre plástico sujeto con un espesor de 0,75 mm;

15 la Figura 20 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre plástico sujeto con un espesor de 2 mm;

la Figura 21 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre plástico sujeto con un espesor de 2 mm;

20 la Figura 22 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre plástico sujeto con un espesor de 1 mm;

la Figura 23 ilustra el ensayo de carga en función de la deformación sobre plástico sujeto con un espesor de 1 mm;

la Figura 24 ilustra la relación entre las Figuras 15 y 18.

25 Para mantener la claridad dentro de la presente descripción, las definiciones de términos específicos se han incluido aquí. Las definiciones se obtuvieron de *Elementos de Física*, G.Shortley y D.Williams, Segunda Edición, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1.955.

30 La tensión está relacionada con la fuerza que causa deformación. La deformación unitaria está relacionada con la cantidad de deformación.

El trabajo se usa en su definición técnica. Es necesario que una fuerza actúe sobre un cuerpo y que el cuerpo experimente un desplazamiento que tenga un componente paralelo a la dirección en la que está actuando la fuerza.

35 La energía es una medida de la capacidad o aptitud del cuerpo para efectuar trabajo. Es una magnitud escalar y se mide en las mismas unidades que el trabajo. La energía poseída por un cuerpo como resultado de su movimiento se denomina energía cinética. La energía poseída por un cuerpo como resultado de su posición o configuración se denomina energía potencial. Cuando se refiere a un cuerpo elástico, la energía es denominada energía potencial elástica. La energía potencial elástica del material amortiguador es la cantidad de trabajo que el material amortiguador puede
40 realizar al absorber la energía del artículo.

Ley de Hooke: la deformación de un cuerpo elástico es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada, siempre que no se supere el límite elástico. El material expandido de la presente invención no exhibe una relación en línea recta entre la deformación y la magnitud de la fuerza aplicada. La relación sigue más aproximadamente la curva que es característica del caucho, como se muestra en la página 182 de *Elementos de Física*.
45

Cuerpo elástico es uno que experimenta un cambio de volumen o forma cuando las fuerzas deformadoras actúan sobre él pero recupera su tamaño o forma original cuando las fuerzas deformadoras dejan de actuar.

50 Fuerza elástica es la fuerza ejercida por el cuerpo en virtud de su deformación.

Punto de deformación permanente es el punto más allá de la tensión donde un gran incremento de deformación unitaria ocurre casi sin incremento de tensión.

55 La resistencia del papel es medida por la resistencia al estallido, al desgarro y a la tracción. La resistencia al desgarro tiene importancia con respecto a la capacidad del papel para resistir que las rendijas se desgarren durante la operación de expansión. La resistencia al desgarro del papel se mide de acuerdo con TAPPI-T-414 om-88. Este método mide la fuerza perpendicular al plano del papel requerida para desgarrar hojas múltiples de papel a través de una distancia especificada, después de que el desgarro se ha iniciado, usando una máquina de ensayo de desgarro tipo Elmendorf. En el caso de desgarrar una sola hoja de papel, la resistencia al desgarro se mide directamente. La
60 resistencia al desgarro de las rendijas es mayor transversalmente a la dirección del granulado que en la dirección del granulado. Esto es debido a que las fibras tienen una resistencia menor a separarse que a romperse o desgarrarse. Las fibras largas o fibras muy orientadas exhibirán grandes resistencias al desgarro transversal pero exhibirán "memoria" o una tendencia a volver a su posición inicial cuando se doblan. Así, un papel virgen de fibras largas puede proporcionar gran resistencia al desgarro pero una tendencia excesiva del papel a volver a cerrarse después del paso de expansión,
65 o sea, a exhibir memoria.

ES 2 128 421 T5

La resistencia a tracción es la fuerza necesaria para romper el papel y siempre es en la dirección opuesta que la resistencia al desgarro. La resistencia a tracción se mide de acuerdo con TAPPI-T494 om-88. Un papel con 50% de material Kraft reciclado con 40% de material virgen proporciona una resistencia al desgarro, con el granulado, de 240 gramos y una resistencia en dirección transversal de 120 gramos. El ensayo Mullen mostró un 100% Mullen. Por tanto, un papel de 0,35 kg/m² tendría una presión de estallido de 0,35 kg/m². La resistencia al estallido del papel reciclado con un contenido posconsumo es el 50% o 60% Mullen. En una muestra de 0,35 kg/m², la resistencia al estallido sería 0,6x0,35 kg/m² = 0,21 kg/m² y un gramaje de 112 gramos por metro cuadrado. El papel de 0,35 kg/m² proporciona una resistencia al desgarro de 96 gramos en la dirección de la máquina y de 120 gramos en la dirección transversal. La resistencia a tracción es de 6.792 gramos por centímetro en la dirección de la máquina y de 3.396 gramos por centímetro en la dirección transversal. Para uso con la presente invención, la resistencia al desgarro es de gran importancia para resistir la tendencia de las rendijas a desgarrarse bajo tensión. Una vez que la hoja de papel de la presente invención está expandida, la resistencia en el ensayo Mullen o la resistencia a tracción no influye sobre el efecto amortiguador. Sin embargo, la rigidez del papel tiene un efecto sobre el comportamiento funcional. Tener la estructura de granulado orientada predominantemente normal a las rendijas tiene la ventaja de proporcionar resistencia a tracción, resistencia al desgarro y rigidez óptimas de las regiones de espacios intermedios inclinadas.

En un ejemplo, un 60% de papel Kraft reciclado mezclado con 40% de material virgen se usó para producir material en hoja expansible. La resistencia al desgarro en la dirección del granulado fue 108 kg y en la dirección transversal 120 gramos. El papel mostró una presión de estallido de 70 gramos (papel de 0,35 kg/m², 100% Mullen). La resistencia al estallido del papel reciclado con un contenido de posconsumo tendría típicamente un 50% a 60% Mullen.

Ejemplo I

Un papel Kraft natural de 0,35 kg/m² se alimentó a una unidad cortadora para cortar simultáneamente todas las rendijas mientras las hojas están soportadas sobre un lecho plano. El papel tenía las características siguientes.

Peso	0,35 kg/m ² (intervalo aproximado de peso 0,31-0,34)
Espesor (calibre)	0,193 mm (intervalo de 0,188 a 0,203 mm)
Resistencia a tracción en seco (dirección de la máquina)	392 kg/m (mínimo: 345 kg/m)
Resistencia a tracción en seco (transversal a la dirección de la máquina)	9,07 kg (mínimo: 8,16 kg)
Humedad	5%
Resistencia al desgarro (dirección de la máquina)	140 gramos (mínimo: 130)
Resistencia al desgarro (transversal a la dirección de la máquina)	160 gramos (mínimo: 140)
Ensayo Mullen	379,2 kPa (mínimo 344,7 kPa)
Calandria	0 zonas de agarre

Cuando se fabrica, el papel se hace pasar a través de una serie de rodillos de calandrado, o "zonas de agarre", para aplastar la superficie superior con fines de impresión. De cero a ocho zonas de agarre producirán un papel fibroso voluminoso. Ocho zonas de agarre produce un papel de superficie dura, ruidoso, aplastado. Cuanto mayor es el número de zonas de agarre, más fibras son aplastadas y menor es la resistencia al desgarro del papel. La presente invención usa preferiblemente un material de cero zonas de agarre que mantiene las fibras voluminosas y fuertes. Esto es ventajoso cuando el papel está abriéndose manualmente o sin la maquinaria especializada descrita después. Para uso con la maquinaria especializada, se usa papel más débil, incrementando de tal modo la rigidez, la deformación permanente global y un producto más acabado. La capacidad de usar papel más ligero es debida al hecho de que la maquinaria abre las celdas suavemente, uniformemente, y debido a los rodillos, casi celda por celda, reduciendo por ello la fuerza necesaria para abrir las celdas. Una vez que las celdas están abiertas, diversos pesos del papel funcionarán bien, dependiendo de la rigidez. Sin embargo, el papel reciclado proporciona la ventaja de que las fibras más cortas tiene menos capacidad para estirarse y, por tanto, son más fáciles de abrir. Evidentemente, cuanto más preciso es el corte de rendijas del papel, más fácil es que el papel se abra. El reciclado del papel produce la rotura de fibras y la orientación reducida de fibras durante el reprocesamiento. La rotura de fibras debida al reciclado, o como resultado de estampación

ES 2 128 421 T5

en relieve, puede, en un extremo, producir finalmente una blandura como la del papel de seda. Este grado de blandura produce la cantidad mínima de abrasión pero escaso efecto amortiguador.

Un papel reciclado de modo esencialmente completo puede usarse si el granulado de papel (la dirección de resistencia máxima) fuera opuesto a la dirección de las rendijas. Cuando el granulado está en la misma dirección que las rendijas, es difícil abrir el papel y el papel tiende a rasgarse antes de la apertura. Mientras que parecería que la resistencia del papel debe estar en la dirección de expansión, lo que se precisa realmente es resistencia adecuada en el eje de la rendija a fin de impedir el desgarro de las rendijas. Cuando el papel se expande, las fuerzas que se aplican al papel se ejercen tangencialmente a la rendija y aumentan cuando el papel se estira. El papel reciclado es menos “estirable” que el papel virgen y está sujeto a rasgadura antes de que esté abierto totalmente si la dirección del granulado no se usa perpendicular a la dirección de rendija, puede usarse un papel reciclado muy débil, una vez que está abierto, porque las celdas hexagonales pueden ser muy rígidas.

Un medio para medir la aptitud del material amortiguador expandido para proporcionar el efecto amortiguador requerido es la capacidad de deformación. O sea, la cantidad en la que el material en hoja expandida se comprime sometido a una carga. Es preferida una capacidad de deformación total de al menos 25% aproximadamente de su espesor expandido. Expresado de otro modo, el material amortiguador expandido puede tener una capacidad de deformación de al menos unos 1,3 mm por capa, bajo una carga de unos 2.400 kg/m². En términos de la relación de carga a deformación, el material amortiguador expandido tiene ventajosamente una relación de carga/deformación de al menos 800 kgm⁻²/mm de compresión sobre una deformación de al menos 1,27 mm. Preferiblemente, el material amortiguador expandido tiene una relación media de carga/deformación de al menos 1.600 kgm⁻²/1 mm de compresión durante una deformación de al menos 2,5 mm.

El papel 10 con rendijas se ilustra en la Figura 1 como saldría de la máquina. La hoja flexible 12 se fabrica preferiblemente a partir de papel reciclado exclusivamente con el granulado del papel extendido en la dirección de la flecha A. La hoja flexible 12 está provista de rendijas 14 y rendijas 16 que son paralelas a los bordes 22 y 24 de la hoja flexible 12 y perpendiculares al granulado del papel. Las rendijas 14 y las rendijas 16 están situadas en filas y separadas entre sí por espacios intermedios 20. El espacio intermedio 20 es de tamaño constante y proporciona el soporte requerido para impedir que el papel se desgarre en bandas cuando es abierto. Por tanto, es necesario que el espacio intermedio 20 tenga tamaño suficiente para impedir el desgarro. La separación entre las rendijas 14 y las rendijas 16 individuales también debe ser de tamaño suficiente para impedir que el papel se desgarre. La ubicación desplazada de las filas de rendijas 14 y rendijas 16 proporciona elasticidad al papel cuando se abre y se trata con detalle después. La existencia de rendijas parciales 14 y 16 en los extremos 17 y 18 de la hoja flexible 12 no dificulta la eficiencia del papel 10 con rendijas y permite que la hoja flexible 12 se produzca a partir de papel en rollo después se corta en el tamaño deseado. Cuando está aplastada, la hoja está situada en un primer plano. Cuando se expande, la hoja expandida está formada por celdas 26 y áreas de espacios intermedios 20, como se ilustra en la Figura 3. Preferiblemente, al menos una mayoría de las áreas de espacios intermedios 20 están situadas en una pluralidad de planos paralelos. Los planos de las áreas de espacios intermedios 20 forman un ángulo de al menos 45 grados aproximadamente con el plano de la hoja en forma aplastada.

La operación cortadora de rendijas en la que las rendijas se cortan en el material en hoja puede adoptar varias formas. En una realización, las hojas rectangulares se proveen de su número total de rendijas en una acción. El término rectangular debería entenderse como incluyendo también rectángulos en los que los cuatro lados son iguales, o sea, cuadrados. Donde el material en hoja es sometido a corte de rendija rotativo, la presión requerida para la acción cortadora es significativamente menor que la que es requerida para el corte en lecho plano, puesto que esencialmente sólo una fila única o unas pocas filas de rendijas son cortadas simultáneamente. Donde las rendijas están orientadas en la dirección de la máquina, o sea paralelas a la dirección de desplazamiento del material en hoja a través del dispositivo cortador rotativo, la fuerza de tiro no causa la expansión prematura. A diferencia de las estructuras y sistemas de técnica anterior, no es deseable la expansión simultánea con el corte de rendijas. De este manera, el material en hoja tiene un espesor efectivo que es tanto como un veintavo del espesor de una hoja de material expandido. La configuración de tamaño reducido proporciona la optimización de transporte y almacenamiento.

Para resistencia óptima es crítico situar las filas de rendijas 14 y 16 perpendiculares al granulado A del papel. La construcción del papel es tal que la mayoría de las fibras se extienden en una sola dirección, creando el granulado que es la dirección más resistente del papel. La colocación de las filas de rendijas 14 y 16 perpendiculares al granulado A sitúa la resistencia en el eje de la rendija. Cuando el papel se estira, las fuerzas que se aplican al papel llegan tangencialmente a las rendijas 14 y 16 y aumentan cuando el papel se estira. Como el granulado A impide que las rendijas 14 y 16 se desgarren al interior del espacio intermedio 20, las rendijas 14 y 16 deben atravesar completamente el papel. El corte parcial de las rendijas 14 y 16 permite que permanezcan fibras a través de las rendijas 14 y 16 y dificulta la apertura completa de las rendijas 14 y 16 y la formación de los hexágonos. Las fibras no cortadas exigen mayor fuerza para abrir las celdas 26 y causarán que las celdas se deformen cambiando el levantamiento ascendente a uno descendente. La ubicación hacia abajo del espacio intermedio 20 también inhibe la interconexión del efecto de celosía cuando una hoja se coloca sobre la otra. Esto es debido al ángulo inverso de pendiente que aparta las hojas entre sí en lugar de interconectarlas.

La Figura 2 muestra el papel 10 con rendijas cortado y apilado para transporte. Como el papel 10 con rendijas es producido como hojas aplastadas, una gran cantidad puede transportarse en una pila relativamente compacta. Como un ejemplo, papel que tiene un espesor de 0,4 mm crea una pila de 40 cm aproximadamente de altura, pesa 22,6 kg

ES 2 128 421 T5

aproximadamente y contiene 771 hojas. La naturaleza compacta de este material permite que el equivalente de grandes cantidades de otros materiales de transporte sea transportado en muy poco espacio. La relación de espesores entre las hojas 10 con rendijas cuando son transportadas y después de que se expanden es 20 a 1 aproximadamente. Esto permite un ahorro sustancial de coste en transporte y almacenamiento. El espacio de relleno creado por la expansión de las

La hoja 10 con rendijas también puede “aplastarse” después del uso hasta su forma original aproximadamente y entonces puede almacenarse y reutilizarse varias veces. Esto ahorra no sólo en el coste de comprar materiales nuevos sino en ahorros ecológicos en un momento donde todo el mundo es consciente de esta necesidad.

La hoja 10 con hendiduras se muestra en la Figura 3 en un estado expandido. La hoja 10 con rendijas es expansible tirando simplemente de los extremos opuestos 22 y 24 en la dirección indicada por las flechas B y C. La expansión de la hoja 10 con rendijas abre las filas de rendijas 14 y 16 para formar una disposición ordenada de celdas hexagonales 26. Cuando la hoja con rendijas se expande, los espacios intermedios 20 se levantan para formar las secciones 30, 32 y 34 formando los dos lados similares de cada celda hexagonal 26 que giran hacia arriba y horizontalmente para formar el efecto de almohadillado levantado. La cantidad de espacio intermedio 20 entre las rendijas 14 y 16 y la distancia entre las filas de rendijas 14 y 16 determinan el ángulo de las secciones levantadas 30, 32 y 34. Cuanto mayor es el ángulo, mayor es el soporte. El ángulo de las celdas 26 permite que las celdas 26 contacten con el objeto sin la fuerza abrasiva plena de una arista vertical pura debido a la capacidad de flexión. Los ángulos creados por las secciones levantadas 30, 32 y 34 también sirven para fijar el papel 10 con rendijas sobre sí mismo. El espacio intermedio 20 ayuda a retener la “memoria” del papel, creando un efecto de tracción cuando el papel intenta volver a su forma original. Una arista vertical retendría la “memoria” durante un período corto de tiempo antes de volver a su posición original. Una vez que el papel es devuelto a su posición original, se suelta en el artículo, no proporcionando ya el amortiguamiento. El efecto de fijación también permite la sujeción fácil y hace opcional el encintado. La pendiente de las áreas de espacios intermedios es menor de 90 grados y así el objeto que ha de protegerse es sometido a una abrasión significativamente menor que la que se encontraría si el objeto descansara sobre un soporte rígido perpendicular a su superficie. Así, las áreas de espacios intermedios tienen una capacidad para proporcionar soporte elástico no abrasivo.

La utilización de papel reciclado, cuando la resistencia se utiliza apropiadamente, forma un medio de empaquetado muy fuerte una vez que está abierto. El papel reciclado tiene menos capacidad de estiramiento y está sujeto a desgarrar antes de que se abra si el granulado A no está situado perpendicular a las filas de rendijas 14 y 16. Un papel reciclado con una menor resistencia al estallido puede usarse puesto que una vez que está abierto, las celdas hexagonales pueden hacerse lo bastante rígidas para compensar la delgadez. Esta rigidez puede ser alterada en el punto de fabricación por el número de rodillos de calandrado.

La Figura 4 ilustra un método para usar las hojas 10 con rendijas para embalar un objeto 42, que no es según la invención. Las hojas 10 con rendijas se han expandido y colocado “desmoronadas” dentro del recipiente 48, llenando el recipiente 48 en 1/4 del espacio aproximadamente. El objeto 42 se coloca dentro del recipiente 48 y hojas adicionales 10 con rendijas adicionales se expanden y desmoronan, llenando el espacio abierto 40 alrededor y encima del objeto 42. Las celdas hexagonales 26 de las hojas 10 con rendijas atrapan el aire alrededor del objeto 42, proporcionando soporte adicional. Las secciones levantadas 30, 32 y 34 proporcionan un soporte no rígido que permite que el objeto permanezca no afectado por las influencias exteriores (registradas como número de g). Cuando las fuerzas se aplican, mediante vibración e impactos, el empaquetado interior de la presente invención, aunque no se hundirá ni aplastará, permite cierta deformación, impidiendo de tal modo que el objeto 42 golpee contra una superficie dura.

En la Figura 5 se ilustra el uso de la hoja 10 con rendijas según la presente invención. Se usa una hoja 10 con rendijas más larga que tiene longitud suficiente para proporcionar envolturas múltiples alrededor del objeto 42. La hoja 10 con rendijas se expande para permitir que las secciones levantadas 30, 32 y 34 formen las celdas hexagonales 26 protectoras. La hoja 10 con rendijas se envuelve alrededor del objeto 42, en la dirección de las flechas B y C, forzando de tal modo la expansión continuada de las celdas hexagonales 26 y permitiéndolas que se superpongan a la capa inferior. Las secciones levantadas 30, 32 y 34 forman un efecto de amortiguador y atrapan el aire. Un número suficiente de hojas se usan para llenar el espacio vacío 40 dentro del recipiente 48. La interconexión provista por las secciones levantadas 30, 32 y 34 permite que la hoja siguiente se fije a las hojas envueltas previamente sin necesidad de encintado.

La progresión preferida de apertura se ilustra en las Figuras 6, 7 y 8. La Figura 6 ilustra las rendijas 14 y 16 no abiertas. Cuanto más estrecha es la separación 38 entre filas, menor es el espacio intermedio 20 que es forzado a formar ángulo y son más los hexágonos que se crean. Inversamente, cuanto mayor es la separación 38 entre filas, mayor es el área de espacio intermedia 20 y son menos las celdas 26. El grado de los ángulos también es controlado por el tamaño de la separación 38 entre filas, con la separación menor creando ángulos más agudos. La separación 36 entre rendijas tiene un efecto directo sobre la facilidad de apertura y el número de celdas 26. La Figura 7 ilustra las rendijas 14 y 16 en un estado parcialmente abierto. Las celdas 26 son estrechas y el espacio intermedio 20 no se combe completamente. Las rendijas 14 y 16 se han extendido totalmente en la Figura 8, permitiendo una inclinación ligeramente menor que el 90% del espacio intermedio 20.

Cuando aumentan los tamaños de las celdas 26, la calidad del corte es de mayor importancia. Cuanto mayor es la celda 26, mayor es la deformidad, hasta que la deformidad está en el punto en el que el espacio intermedio 20 estará aplastado alrededor de los bordes del granulado en lugar de formar hexágonos levantados, como se ilustra en la Figura

9. Las celdas 40 se han estirado hasta su máximo y forman cuadrados o rectángulos en lugar de hexágonos. La expansión en este grado proporciona poco o ningún efecto de amortiguamiento mediante el espacio intermedio 42. Cuanto mayor es la altura deseada, más limpio y más completo debe ser el corte. Para proporcionar la combadura apropiada, el papel debe moverse 90 grados respecto a la dirección de estiramiento y aumentar en longitud simultáneamente. Esto causa una carga pesada en cada extremo de las rendijas 14 y 16 cuando intentan abrirse en la dirección opuesta, reforzando por ello la conveniencia de colocar el granulado A del papel perpendicular a las rendijas 14 y 16.

La longitud de la rendija y la relación de los intervalos intermedios entre rendijas afecta a las dimensiones de los polígonos que se forman durante el paso de expansión. Cuanto mayor es la relación de la longitud de rendija a la longitud de intervalo, mayor es el ángulo máximo que puede formarse entre el plano de la hoja y los planos de las áreas de espacios intermedios. Cuando mayor es la uniformidad de la forma y tamaño de las áreas abiertas de forma poligonal conformadas y el ángulo en el que las áreas de espacios intermedios se inclinan con respecto a la hoja aplastada, mayor es el grado en el que puede conseguirse la interconexión de las áreas de espacios intermedios. La interconexión de áreas de espacios intermedios, o sea, el encaje de las capas de hojas, reduce el espesor efectivo de las hojas. Sin embargo, el efecto neto sigue siendo un incremento espectacular del espesor efectivo de hoja. Por ejemplo, papel de 0,2 mm de espesor que tiene una configuración de rendijas con una rendija de 13 mm, un espacio intermedio de 1,6 mm por una separación de 3,2 mm entre filas, puede expandirse hasta un espesor de 6,4 mm aproximadamente y tendrá un espesor efectivo neto, cuando está encajado, de unos 9,5 mm.

Cuanto más larga es la rendija con respecto a la rigidez del material en hoja, más débil es el efecto de interconexión y el efecto de amortiguamiento debido a la debilidad de la estructura expandida. Un dimensionamiento de celda que produce una expansión máxima del 100% o más de la longitud no expandida, produce una debilidad excesiva de la estructura expandida. Si las rendijas son demasiado pequeñas, la expansión puede ser limitada fuertemente y el amortiguamiento puede ser limitado excesivamente. Esto no significa que las dimensiones sean estrechamente críticas sino más bien que la dimensión debe seleccionarse con respecto a las características del papel, por ejemplo el grado de rigidez, y los efectos de amortiguamiento o absorción de energía que son requeridos. La resistencia a la expansión aumenta con respecto al aumento del tamaño de las áreas de espacios intermedios. Debería comprenderse que se desea alguna resistencia a la apertura. El objeto descansa sobre, o contacta con, el borde de la hoja formado por la pendiente de las áreas de espacios intermedios que gira el perímetro de las aberturas hasta bordes superiores e inferiores.

El papel, a diferencia del metal, no fluye sometido a presión. Es decir, que el metal es dúctil o maleable y puede ser rajado y expandido sin producir necesariamente que las áreas de espacios intermedios se levanten para formar una pendiente con respecto al plano de la hoja metálica. En este aspecto, se llama la atención sobre el documento US-A-4.089.090 que describe la formación de una hoja metálica expandida sin una reducción concomitante de la anchura de la hoja.

Como se mencionó antes, las dimensiones de rendija pueden variarse para facilitar el proceso de apertura. Una rendija de 16 mm, espacio intermedio de 5 mm por separación de 5 mm entre filas, se abre muy fácilmente puesto que se reduce el número de hexágonos. Cuando el tamaño de los hexágonos se incrementa y el número se reduce, el espesor estirado se incrementó produciendo un material de envoltura muy viable. Este dimensionamiento aumenta la producción del papel y proporciona casi la misma protección que la rendija de 13 mm. Este dimensionamiento proporciona un producto menos caro que utiliza un contenido mayor de desecho de posconsumo mientras mantiene la integridad del producto de envoltura. La configuración de rendija de 13 mm, espacio intermedio de 1,6 mm por separación de 3,2 mm entre filas produce una envoltura más protectora debido al mayor número de envolturas que pueden formarse dentro del mismo volumen. Así, un jarrón de 1,1 kg puede protegerse desde una altura de 76 cm, con sólo 12 mm de espacio intermedio alrededor del jarrón, puede protegerse con la configuración de rendijas de 12 mm.

Las Figuras 10 y 11 ilustran con más detalle el efecto levantado de la hoja 10 con rendijas mediante una vista desde un extremo. Las porciones levantadas 60 están en un ángulo de 30° aproximadamente con respecto al plano original. Las porciones levantadas 60 representan una mayor separación 38 entre filas que las porciones levantadas 64 de la Figura 11. Cuanto mayor es la separación 38 entre filas, mayor será el espacio intermedio que será combado y menor el ángulo. Las porciones levantadas 64 de la Figura 11 están en un ángulo mayor que 45° y son creadas por el uso de una menor separación 38 entre filas. Cuanto mayor es el ángulo, mayor es la combadura y menor la posibilidad de que las celdas se cierren. El uso de las capas múltiples, creando el efecto de encaje, impide el cierre de las celdas, haciendo el ángulo de menos importancia en el uso general.

Una vez expandido, el papel crea picos o espacios intermedios semirrígidos. Estos picos son similares a un resorte porque una vez que la fuerza se aplica y suprime, vuelven a su ubicación original siempre que no se supere su límite elástico. La fuerza elástica creada por la resistencia de las fibras del papel reduce la aceleración de la fuerza. El trabajo realizado por el movimiento de los picos semirrígidos, cuando una fuerza es aplicada por un artículo, es la energía potencial elástica del material expandido.

Los gráficos de las Figuras 12-17 muestran la carga aplicada a las hojas expandidas por la placa de compresión, representada en función de los cambios de espesor del material expandido sometido a la carga. La placa de compresión aplica una fuerza a través de la superficie de toda la hoja expandida. La carga aplicada, como se presenta en el gráfico, es independiente del tamaño del material al que se aplica la carga. La Tabla II posterior muestra la conversión de la carga aplicada a la carga en términos de kg/m². Los resultados de ensayos descritos aquí se han convertido de carga total por hoja a kg/m² para proporcionar unos medios de comparación entre hojas de tamaños diferentes. La primera

ES 2 128 421 T5

columna de la Tabla II es la carga aplicada, la segunda columna define los kg/m^2 de material no expandido y la tercera columna los kg/m^2 de material expandido. Como es evidente por la Tabla II, cuando se determina la carga admisible requerida para proteger un artículo, puede determinarse por área de material expandido o no expandido.

5 Los ensayos se realizaron sobre hojas de 48 cm por 94 cm aproximadamente. La longitud de las hojas incluía unos 31 mm de material no cortado, así la región con rendijas es ligeramente menor que 50 cm por 94 cm. Las hojas se expandieron hasta 122 cm de longitud, produciendo un área superficial expandida de unos $0,51 \text{ m}^2$ en comparación con unos $0,46 \text{ m}^2$ no expandida. La expansión moderada de las hojas produjo un incremento total de longitud de
10 de anchura. Las hojas eran capaces de expansión adicional hasta 1,5 m aproximadamente pero no se sometieron a ensayo en expansión máxima. La originalidad de la invención reside en los resultados de amortiguamiento conseguidos mediante una expansión tan pequeña como un 10% en área superficial. Este incremento de área superficial acompaña al incremento de espesor. El incremento de espesor de al menos 10 veces aproximadamente es el que produce el efecto espectacular de amortiguamiento. En los ensayos, las hojas fueron sometidas a una carga inicial hasta que se alcanzó
15 la estabilización.

Al analizar la importancia de los datos de amortiguamiento, debería comprenderse que un bloque de hormigón tiene una gran carga admisible pero no la capacidad de amortiguar el impacto, o elasticidad mínima. Para amortiguar el impacto, el objeto que es protegido debe tener su cantidad de movimiento absorbida gradualmente por la elasticidad
20 del material amortiguador puesto que una parada brusca causaría daño. Así, debe haber una desaceleración significativa progresiva del objeto causada por la fuerza elástica de la resistencia a la distorsión del material amortiguador. Cuanto mayor es la cantidad de trabajo empleado para absorber continuamente el impacto, mayor es la efectividad del amortiguamiento. El trabajo empleado está relacionado directamente con la fuerza elástica del material amortiguador. El papel de peso reducido del documento US-A-4.832.228 tiene poca energía potencial elástica debido a la debilidad
25 del papel, de menos de $0,15 \text{ kg/m}^2$, usado en la invención de la patente. Se observa que el peso del papel es en kg de papel por m^2 antes de la expansión. La configuración de rendijas de este material permite una expansión en una cantidad mayor que el 100% de su longitud no expandida. Este material sólo puede efectuar una cantidad pequeña de absorción de energía durante la desaceleración del artículo que es protegido, hasta que se encuentra la cualidad rígida del material adhesivo, en cuyo punto la desaceleración es excesiva. Además, el material se usa de una manera
30 no interconectada y se basa en el adhesivo para resistencia estructural. La presencia de un adhesivo rígido es contraria a las exigencias de un material amortiguador. Así, es evidente que este material no puede usarse como un material amortiguador. Se observa además que el material se aplastaría bajo una fuerza pequeña y así sería incapaz de proteger a un artículo contra el impacto repetido mientras está en tránsito.

35 El papel expandido usado en la presente invención se deforma inicialmente, absorbiendo el impacto de tal modo. Esto se muestra en la Figura 16, en la que el gráfico ilustra la deformación del material del embalaje usando una carga de 1.800 kg. El papel absorbe gradualmente el impacto cuando la carga presiona hacia abajo hasta que alcanza el límite elástico en el punto A. Después de que se han alcanzado tensiones mayores que el punto A, el material de empaquetado alcanza su límite elástico y ya no recupera su forma original cuando se suprimen las fuerzas de distorsión.
40 Una vez que la fuerza llega al límite elástico, el material se distorsionará. Cuando la tensión se incrementa más allá del límite elástico, se alcanza el punto de deformación y las fibras se rompen, sin embargo, como el límite elástico y el punto de deformación permanente están relacionados tan estrechamente y son tan difíciles de separar, ambos puntos serán denominados aquí como el límite elástico. La fuerza adicional sirve para aplastar la estructura y el papel se repondrá él mismo en el punto B, proporcionando cierto amortiguamiento adicional hasta que se alcanza el
45 punto C, en cuyo punto se produce poca o ninguna compresión adicional con el incremento de carga. Típicamente, una vez que se alcanza el punto A de carga/deformación cualquier absorción posterior es generalmente demasiado rígida para proporcionar el amortiguamiento requerido. Aunque el punto B de reposición puede proporcionar soporte o amortiguamiento adicional, este factor se descartó en el ensayo descrito aquí. Como se observó previamente, una vez que se supera el límite elástico del material, el material pierde su capacidad para proporcionar amortiguamiento
50 adicional.

Cuando se usa en capas múltiples, se encuentran beneficios adicionales puesto que las capas encajan entre sí bajo la carga, proporcionando distribución incrementada de las fuerzas de impacto o absorción de energía. El encaje de las capas tiende a afectar sinérgicamente a las características de absorción de cada capa. En sistemas de capas múltiples,
55 los efectos de amortiguamiento de la región A-B de curva pueden ser sustanciales y cada capa puede tener su punto A de carga/deformación modificado diferente o independiente. Por tanto, el uso de capas múltiples proporciona efectos amortiguadores máximos.

El beneficio del diseño del papel expandido puede apreciarse adicionalmente cuando se ve desde la perspectiva de
60 la disipación de fuerzas de impacto. La red siempre creciente de hebras dentro del papel absorbe y disipa la energía del artículo cuyo movimiento está desacelerándose. El papel está compuesto por fibras múltiples desalineadas entre sí, proporcionando el equivalente de una tela no tejida. Las fibras desalineadas obligan al objeto a contactar con muchas más fibras en el impacto, distribuyendo la energía a lo largo del eje de fibras hasta cada punto de entrelazado donde se disipa. El ligante en las fibras impide que la onda de choque aparte las fibras, proporcionando un mayor
65 rendimiento de traslación. Idealmente, una estructura debería disipar la energía de impacto más bien que obstruirla. La fricción de fibras ayuda a absorber energía transfiriendo la fuerza creada a lo largo de las fibras. Cuando se usa en capas múltiples, se consigue un efecto tridimensional extenso puesto que la energía es disipada simultáneamente, en un modelo análogo al efecto ondulatorio de una piedra que cae en el agua, y de capa a capa. Se observó que el efecto

ES 2 128 421 T5

ondulatorio existe en cada capa. Las hojas de plástico, como se someten a ensayo y se muestran en las Figuras 18-23, eran relativamente inelásticas y sin fuerza elástica suficiente para proporcionar un grado significativo de absorción de impacto. Esencialmente, la película delgada de plástico falló en satisfacer el umbral mínimo de carga admisible. Replantado en términos técnicos, el límite elástico y la energía potencial elástica de la película de plástico eran inadecuados para que el material tuviera utilidad como un material amortiguador. Específicamente, una carga admisible menor que 480 kg/cm^2 es inadecuada para proporcionar los resultados mínimos requeridos. El uso de capas múltiples puede compensar o mitigar los problemas encontrados con la carga admisible pequeña pero, en este nivel, sería requerido un número no práctico de capas, anulando así totalmente la utilidad del material de plástico expandido como un material amortiguador. Así, las hojas de plástico expandidas del tipo descrito en el documento US-A-3.958.751 son inadecuadas para funcionar como un material de embalaje o empaquetado para amortiguar artículos durante el transporte. En el otro extremo, el material en hoja de refuerzo expandida del documento US-A-4.259.358 es demasiado rígido para funcionar como un material amortiguador. El material descrito en el documento US-A-4.259.358 proporciona poca elasticidad, teniendo por ello energía potencial elástica mínima para amortiguar el artículo. El documento US-A-4.937.131 se refiere a materiales de envoltura elástica amortiguadora. El término material amortiguador, como se emplea aquí, está de acuerdo con el término como se emplea en el documento US-A-4.937.131, cuya descripción se incorpora aquí como si se recitara plenamente, con objeto de proporcionar definiciones de términos y antecedentes respecto a los requisitos de productos amortiguadores, o envoltura elástica amortiguadora, para uso como materiales de empaquetado o embalaje.

El término envoltura elástica como se usa en la técnica anterior, como por ejemplo el documento US-A-4.937.131 y las patentes citadas en él, y el término material amortiguador como se usa aquí, significa un material que tiene capacidad de absorción de impacto suficiente para proteger un artículo en tránsito. Esencialmente, el material amortiguador debe ser capaz de absorber la energía del impacto, evitando de tal modo el daño en el artículo. La energía del impacto es expresada típicamente como la energía potencial elástica. Materiales tales como los descritos en los documentos US-A-4.832.228 y US-A-3.958.751, que han de usarse con espesor excesivo para proporcionar cierto grado de amortiguamiento debido a cargas admisibles pequeñas, no están incluidos dentro del término material amortiguador. Además, estos últimos materiales tienen un límite elástico tan bajo que no podrían usarse para absorber el impacto repetido como sería necesario para proteger un artículo en tránsito. Por ejemplo, si es necesario llenar una caja de $1,8 \text{ m}^3$ con un material para proteger un artículo de $0,45 \text{ kg}$, de 5 cm de diámetro por 30 cm de longitud, el material no está incluido en el término envoltura elástica o material amortiguador.

Como mínimo, una capa múltiple de 732 kg/m^2 de carga admisible es necesaria normalmente para producir los resultados mínimos requeridos. Cuando están empaquetándose objetos ligeros o se prevén problemas mínimos de manipulación, se usarían al menos dos o tres capas de material en hoja expandida.

Con una carga admisible de 1.200 kg/m^2 , objetos moderadamente delicados pueden ser protegidos por un número razonable de capas de hojas expandidas. Típicamente, al menos tres capas son necesarias para objetos delicados, en este nivel mínimo de capas.

Con una carga admisible de unos 1.460 kg/m^2 , se observa un incremento de aplicabilidad. O sea, el nivel de 1.460 kg/m^2 tiene aplicabilidad significativamente general.

Con la carga admisible de unos 1.950 kg/m^2 , se alcanza aplicabilidad esencialmente universal, particularmente debido al efecto multiplicador conseguido con el uso de una pluralidad de capas.

Otra variable que tiene un efecto sobre los resultados que pueden obtenerse es el espesor del papel expandido. El uso de mayor espesor expandido por hoja puede proporcionar fuerza elástica incrementada, aumentando de tal modo la resistencia a la fuerza y elevando el límite elástico. El uso de capas múltiples para conseguir el espesor necesario es preferido debido a la interacción de encaje y fijación entre capas adyacentes y a la distribución mejorada de las fuerzas de impacto entre capas encajadas. El límite superior no es estrechamente crítico excepto que, por supuesto, la rigidez excesiva es contraproducente. Las cargas admisibles superiores a 9.700 kg/m^2 por capa son indicativas de materiales rígidos que típicamente son excesivamente abrasivos con elasticidad pequeña. En la realización preferida, la carga admisible estaría en el intervalo de 2.400 a 7.300 kg/m^2 para proporcionar fuerza elástica óptima. El uso de capas múltiples aumenta la magnitud de disipación por kg que puede obtenerse del sistema amortiguador. Adicionalmente, cargas admisibles efectivas incrementadas pueden conseguirse debido a la cantidad significativa de desplazamiento que se obtiene con cargas elevadas.

Otro modo de evaluar la efectividad del efecto amortiguador se refiere a la pendiente de la curva de la línea que representa la carga trazada en función del desplazamiento. Cuando la curva es excesivamente empinada, está presente absorción mínima de choque puesto que el material muestra poca elasticidad. La carga admisible es la carga máxima que una hoja expandida puede soportar antes de que la pendiente se haga excesivamente grande. En los ensayos siguientes, la carga admisible es indicada como siendo la carga máxima que puede sostenerse antes de alcanzar el límite elástico.

Expresado de otro modo, una pendiente excesiva es una que representa desaceleración que es tan fuerte que proporciona absorción inadecuada de choques. Pendientes excesivamente pequeñas son indicativas de que un material tiene fuerza elástica demasiado pequeña, proporcionando poca o ninguna resistencia a la fuerza aplicada. Para superar esta falta de fuerza elástica, o elasticidad excesiva, el material debe ser excesivamente grueso para producir la absorción

ES 2 128 421 T5

efectiva de la fuerza de un impacto entre el objeto y el material expandido. Las cargas admisibles en el intervalo de unos 1.200 kg/m² a unos 3.600 kg/m² deberían ser compatibles con el uso de un número razonable de capas de hojas expandidas, típicamente, dos a cuatro capas de hojas expandidas.

- 5 En términos de desplazamiento de material, la hoja expandida puede tener una capacidad de deformación total de al menos 25% aproximadamente de su espesor expandido. La deformación es preferiblemente al menos de unos 1,3 mm bajo una carga de al menos 2.400 kg/m². Una deformación de al menos 1,3 mm bajo una carga de al menos unos 9.700 kg/m² proporciona resultados extremadamente efectivos.
- 10 Las cargas admisibles superiores a 14.500 kg/m² extienden el alcance de aplicaciones útiles del material amortiguador en hoja expandida.

15 Como se muestra en el gráfico de la Figura 15, la deformación primaria tiene lugar sobre una distancia de compresión de unos 4,5 mm bajo una carga de unos 2.300 kg. Se observa que en la carga de 2.300 kg, la hoja se aplastó rápidamente, después reanudó la compresión progresivamente sobre una distancia de unos 1,27 mm. Como se expresó, la segunda etapa de compresión tiende a ser demasiado rigurosa en términos de kg/m² de carga por mm de compresión y, por tanto, no se consideró al evaluar los materiales descritos aquí. La primera etapa de compresión es definida como la región en la que se exhibe carga admisible significativa.

- 20 Ensayos de compresión se realizaron sobre los cinco (5) tipos siguientes de materiales amortiguadores de empaquetado: se subraya que sólo los materiales amortiguadores de papel de empaquetado son realizaciones de la presente invención. Todos los demás se incluyen sólo para composición.

	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>	<u>Espesor (mm)</u>	<u>Medios de montaje</u>
25	5	Papel	2	Suelto
	5	Papel	2	Sujeto
	4	Plástico	0,76	Sujeto
30	5	Plástico	2,03	Sujeto
	5	Plástico	1,02	Sujeto

Los materiales se sometieron a ensayo usando los datos siguientes:

35	Temperatura de acondicionamiento:	+23±3°C
	Humedad relativa de acondicionamiento:	50±5%
	Duración de acondicionamiento:	24 horas (mínima)
40	Especificación aplicable:	ASTM D642-90
	Máquina de ensayo:	Plato fijo
	Dirección de carga aplicada:	De arriba a abajo
	Velocidad de máquina:	0,2 mm/s
45	Datos de ensayo registrados:	Flecha de carga (cm) para límite de deformación permanente (kg).

	Equipo	Fabricante	Modelo
50	Máquina de ensayo a compresión	LAB	5250
55	Temperatura/Humedad	ATL	Cámara de equipo accesible a externos
	Psicrómetro-honda	Taylor	N/A

- 60 Las lecturas de salida de datos de ensayo eran en fuerza de compresión total debajo de un plato. El área total de una hoja de material expansible cambia cuando la hoja se expande a su longitud de expansión máxima. Sin embargo, con respecto al alcance de la invención, el 10% de la diferencia entre 4.800 kg/m² y 4.400 kg/m² no es significativa. Así, la comparación de la carga admisible entre dos hojas puede ser significativa, incluso si una hoja está expandida totalmente y la otra hoja está expandida parcialmente.

65

ES 2 128 421 T5

Un sumario de los resultados de ensayo se muestra a continuación en la Tabla I.

TABLA I

Número de Ensayo	Límite de deformación permanente	Desplazamiento
	kg	mm
1	1.122	3,9
2	1.349	2,7
3	1.480	4,8
4	1.093	3,5
5	935	3,3
6	2.335	4,8
7	2.324	4,5
8	2.244	5,2
9	1.859	4,8
10	1.184	4,4
11	26,3/118	4,3
12	24,9/102	3,7
13	26,3/79,4	4,1
14	25,8/68	3,5
15	24,9/79,3	5,5
16	24,9/86,1	5,8
17	25,8/79,4	6,6
18	25,9/95,2	5,8
19	26,3/90,7	6,6
20	24,9/56,7	2,16
21	26,7/56,7	3,0
22	27,2/68	3,5
23	28,6/70,3	3,5
24	27,2/81,6	3,5

Los Números de Ensayo 2,3,5,7,10,11,14,15,19,20 y 23 se han incluido como Figuras 12-22, respectivamente. Para evitar el uso de un número excesivo de figuras, todos los resultados de todos los Números de Ensayo se identifican anteriormente. Para los ensayos 11 a 24, se incluyen dos conjuntos de números para el límite de deformación permanente. El valor menor es el punto en el que el material se aplasta y el valor mayor es la carga máxima.

Las Figuras 12-14 ilustran los resultados de ensayos realizados sobre papel suelto con un espesor de 2 mm. En la Figura 12, el punto A de límite elástico se alcanza en un peso de 1.347 kg con un desplazamiento de 3,81 mm; en la Figura 13, el punto A de límite elástico se alcanza en 1.480 kg con un desplazamiento de 4,8 mm; y en la Figura 14, el límite elástico es 935 kg con un desplazamiento de 4,8 mm. Las muestras de papel suelto tendían a volver a su estado no estirado anterior al completar la compresión.

Las Figuras 15-17 ilustran ensayos realizados sobre papel sujeto con un espesor de 2 mm. En la Figura 15, el punto A de límite elástico se alcanza en un peso de 2.321 kg con un desplazamiento de 4,6 mm; en la Figura 16, el punto A de límite elástico se alcanza en 1.857 kg con un desplazamiento de 4,8 mm; y en la Figura 17, el límite elástico es 1.183 kg con un desplazamiento de 4,4 mm. Las muestras de papel sujeto exhibieron evidencia de deformación al completar el ensayo de compresión.

Las Figuras 18 y 19 ilustran ensayos realizados en plástico sujeto con un espesor de 0,76 mm. En la Figura 18, el punto A de límite elástico se alcanza en un peso de 26,3 kg con un desplazamiento de 4,3 mm; y en la Figura 19, el punto A de límite elástico se alcanza en 26,3 kg con un desplazamiento de 4,06 mm.

ES 2 128 421 T5

Las Figuras 20 y 21 ilustran ensayos realizados sobre plástico sujeto con un espesor de 2,03 mm. En la Figura 20, el punto A de límite elástico se alcanza en un peso de 25,8 kg con un desplazamiento de 3,56 mm; y en la Figura 21, el punto A de límite elástico se alcanza en 26,2 kg con un desplazamiento de 6,6 mm.

- 5 Las Figuras 22 y 23 ilustran ensayos realizados sobre plástico sujeto con un espesor de 1,01 mm. En la Figura 22, el punto A de límite elástico se alcanza en un peso de 24,9 kg con un desplazamiento de 2,16 mm; y en la Figura 23, el punto A de límite elástico se alcanza en 28,5 kg con un desplazamiento de 3,56 mm.

- 10 Los gráficos anteriores de las Figuras 12-23 proporcionan curvas similares a las producidas por el caucho. Los resultados que producen muchos materiales, según la ley de Hooke, no se aplican a los materiales con rendijas porque no hay una relación en línea recta entre la expansión elástica y la fuerza aplicada. Por tanto, la disminución de fuerza elástica debe ser contrarrestada por el material usado. Como se muestra en las figuras, el plástico tiene poca fuerza elástica, o resistencia, a la presión ejercida. El papel de la presente invención contrarresta la fuerza elástica reducida disminuyendo la desaceleración del objeto mediante la resistencia del material.

- 15 La Figura 24 ilustra la relación entre las Figuras 15 y 18. Ilustra claramente aquí que el efecto amortiguador del plástico de la línea C no se aproxima al efecto amortiguador de la presente invención, línea D.

- 20 La correlación entre la carga total en kg a la carga por m² del material expandido y a la carga por m² del material no extendido se proporciona en la tabla siguiente.

TABLA DE CONVERSIÓN

	Carga absoluta	Carga por m ² de material no expandido	Carga por m ² de material expandido
	kg	kg/m ²	kg/m ²
25			
30	2718	5858	5326
	2265	4882	4437
	1812	3905	3549
	1359	2929	2660
35	906	1952	1777
	453	976	888
	407	878	800
40	362	781	707
	317	683	620
	271	585	532
	226	488	444
45	181	390	356
	136	293	268
	90	195	175
50	45	97	87,8

- Comercialmente, el envolvimiento de un artículo puede adoptar la secuencia siguiente. El material en hoja se desenrolla desde un rollo continuo de material y se expande como se usa para envolver y rodear un objeto. Después, el material en hoja se corta o rasga del rollo y se completa la acción de envolvimiento. En otra realización, el material se alimenta desde su rollo a un segundo rollo que está girando a una velocidad que es mayor que la velocidad periférica del primer rollo, estirando y expandiendo así el material en hoja cuando está desenrollándose. Este mecanismo permite que el material en hoja sea abierto hasta su estado máximo en el que el hexágono se expande a una configuración rectangular. En el caso de objetos esencialmente cilíndricos, tales como botellas de licor, el material en hoja se extiende más allá de la longitud de la botella y contornea alrededor de las partes superior e inferior de la botella, encerrando así completamente el artículo.

- Las hojas con rendijas se fabrican a gran velocidad utilizando un dispositivo cortador rotativo modificado en combinación con desenrollado convencional y rebobinado convencional. El dispositivo cortador rotativo utiliza dos cilindros de acero, conteniendo el superior un volante de inercia que contiene las aristas cortantes. El troquel cortante de madera se ha modificado para contener cuchillas montadas dentro de rendijas precortadas que se encuentran dentro de la madera. Para facilitar la adición del troquel cortante de madera modificado y para facilitar el cambio de las cuchillas dañadas más fácilmente, el cilindro superior se maquina con una serie de orificios roscados para acomodar

ES 2 128 421 T5

tornillos maquinados. Un mecanismo de bloqueo se fija al cilindro, mediante el uso de tornillos, que sujeta la cuchilla cortante en su lugar. El cilindro inferior se modifica añadiendo una superficie flexible denominada una manta. La manta permite que la cuchilla del cilindro superior pase a través del papel y perfora la superficie de la manta. Esto garantiza un corte a través del papel y evita la necesidad de que los cilindros tengan que estar emparejados perfectamente con redondez y presión uniformes.

El equipo de desenrollado y rebobinado permite que los rollos de papel se usen directamente, en un proceso continuo, procedentes directamente de la fábrica de papel. El desenrollado permite que el rollo de papel mantenga tracción constante cuando el rollo disminuye de diámetro. Un trayecto de deslizamiento referenciado se usa en ambos lados del dispositivo cortador de troquel rotativo para mantener el papel en un trayecto uniforme. El rebobinado usa tracción para volver a enrollar apropiadamente los géneros terminados o puede ser circunvalado por un dispositivo cortador de hojas que corta el papel en rollo en la longitud deseada.

Ha de comprenderse que las hojas de material de relleno de la presente invención pueden conformarse con cualesquiera dimensiones deseables y adecuadas dependiendo de los espacios huecos que han de rellenarse al empaquetar materiales.

REIVINDICACIONES

1. Un método para proteger un objeto envolviendo tal objeto usando un material(10) en forma de hoja de papel reciclado expansible plano que comprende:

al menos una hoja de papel (12) con rendijas;

teniendo cada una de dicha al menos una hoja de papel, en su forma no expandida, una configuración de rendijas con una pluralidad de filas separadas paralelas de rendijas consecutivas (14,16) e intervalos sin rendijas, extendidas transversalmente al granulado del papel y desde un borde (18,17) de dicha hoja de papel al borde opuesto (17,18) de dicha hoja de papel, teniendo cada una de dichas filas sus rendijas (14,16) situadas adyacentes a intervalos sin rendijas de la fila paralela adyacente de rendijas, formando áreas de espacios intermedios (20);

comprendiendo el método expandir el material extendiendo la hoja en una dirección (A) transversal a dichas filas de rendijas, teniendo dichos intervalos sin rendijas y dicha separación entre filas de rendijas dimensiones mediante las cuales las rendijas forman una disposición ordenada de aberturas hexagonales (26), las dimensiones de las rendijas (14,16), los espacios intermedios (20) y la separación (38) entre filas son tales que dichas áreas de espacios intermedios (20) forman un ángulo con el plano de la hoja no expandida de entre 45 grados y menor que 90 grados;

comprendiendo además el método envolver el material expandido alrededor del objeto para que se superponga consigo mismo, entrelazándose las zonas (20) de una capa de envoltura con las de una capa adyacente de forma que se restrinja la contracción de la lámina expandida.

2. El método según la reivindicación 1, en el que dicho material (10) de papel tiene un espesor expandido de al menos unas diez veces el espesor no expandido de dicho material en hoja de papel cuando se expande hasta el 130% aproximadamente de su longitud no expandida, dichas rendijas (14,16) son líneas esencialmente rectas de una longitud del orden de unos 10 mm, siendo el espacio de intervalo entre los extremos de dos rendijas adyacentes (14,16) del orden de un cuarto aproximadamente de la longitud de una rendija y siendo la separación entre filas paralelas del orden de unos 3 mm.

3. El método de la reivindicación 1, en el que dicha al menos una hoja (10) es una sola hoja en un rollo continuo no expandido.

4. El método según la reivindicación 1, en el que dicho ángulo es 70° aproximadamente.

5. El método según la reivindicación 3, en el que el grano del material en hoja de papel es paralelo a la dirección de la máquina de dicho rollo continuo.

6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho material (10) en hoja expansible tiene una resistencia al desgarro en cada rendija (14,16), de una resistencia a tracción perpendicular a cada rendija (14,16), del orden de al menos unos 18 kg.

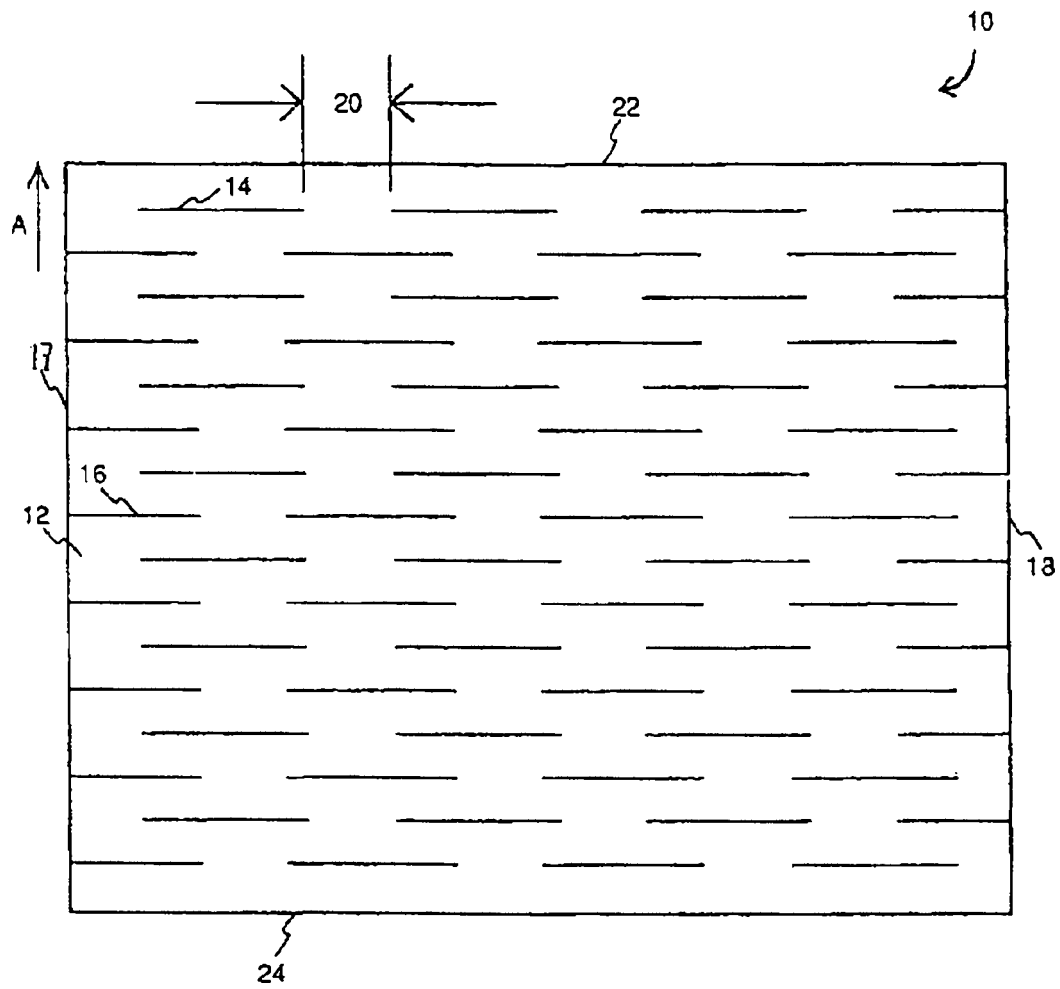


Fig. 1

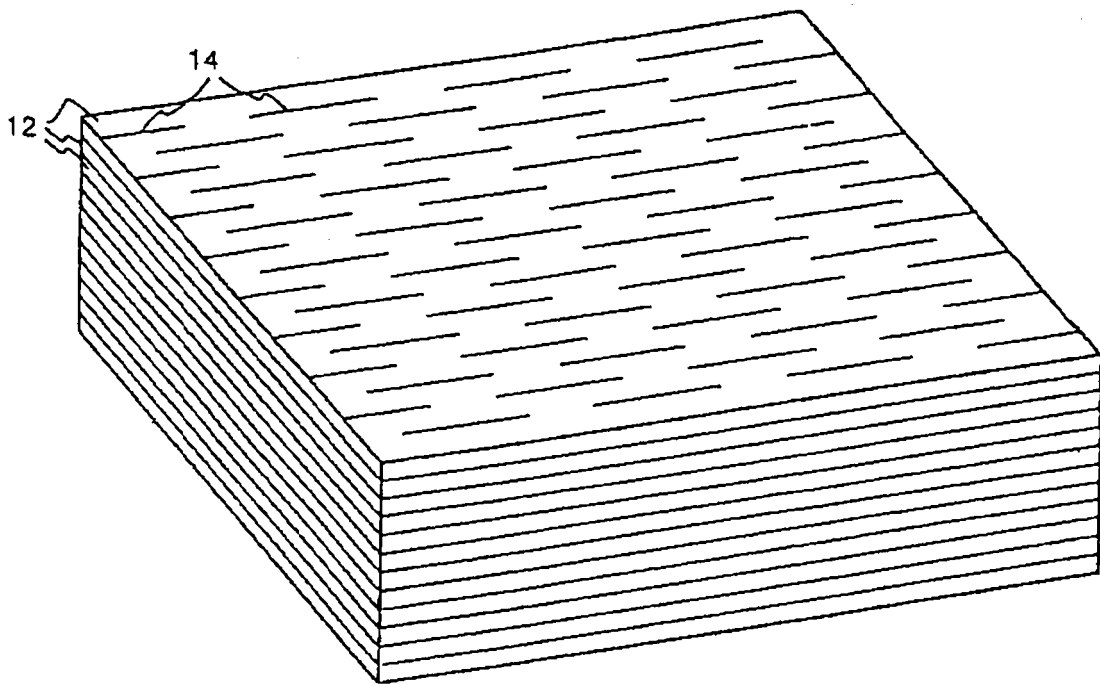


Fig. 2

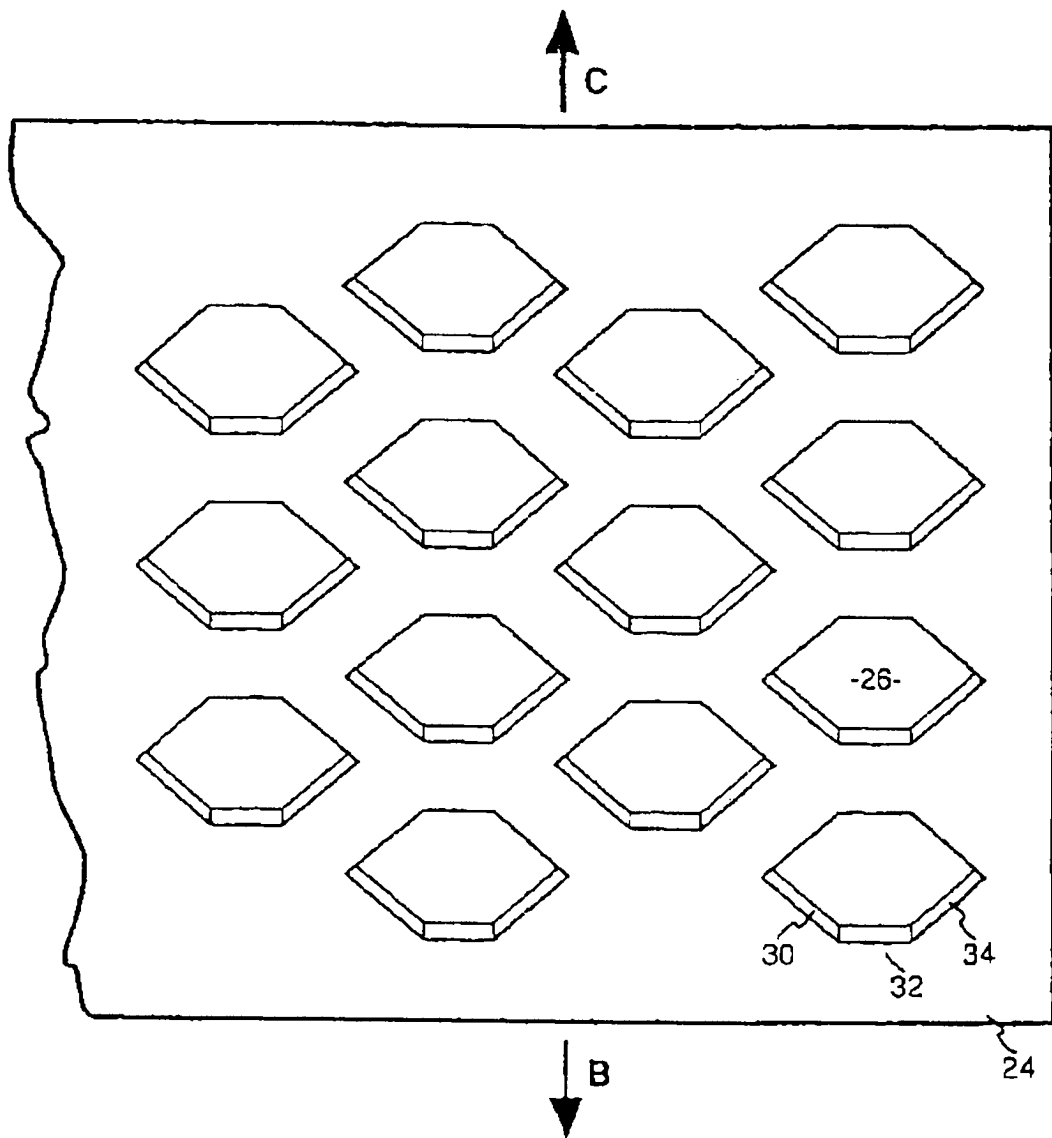


Fig. 3

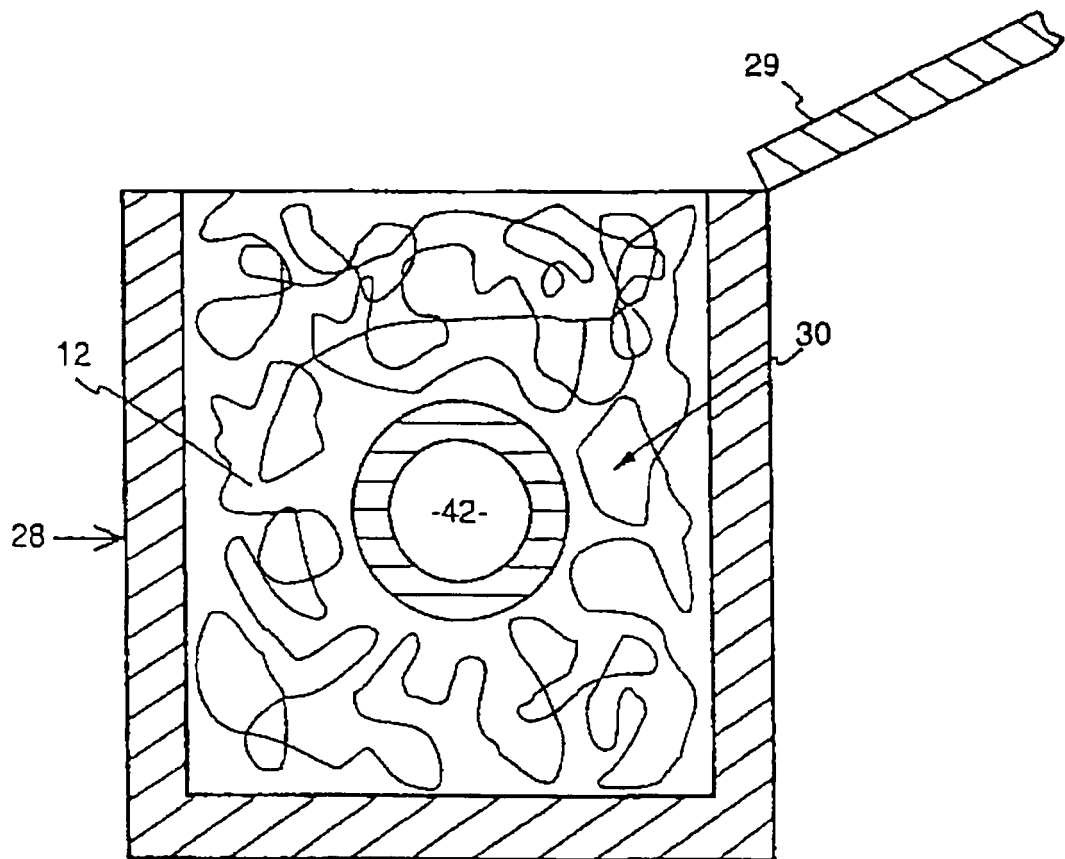


Fig. 4

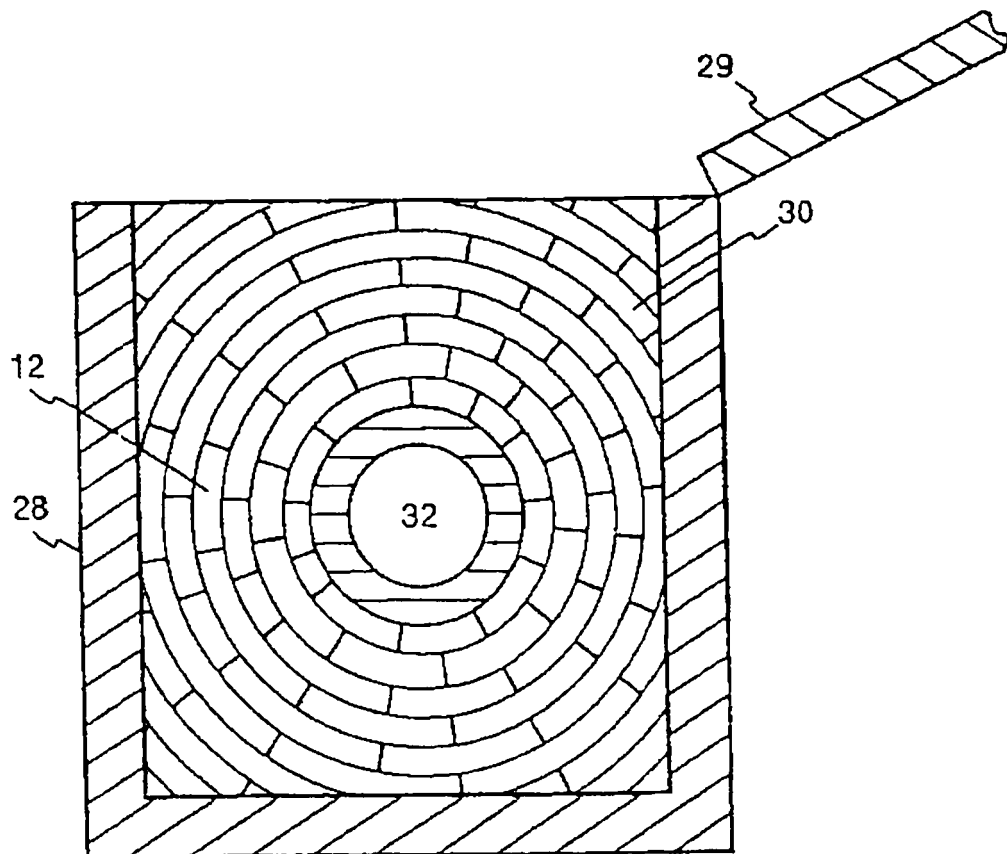


Fig. 5

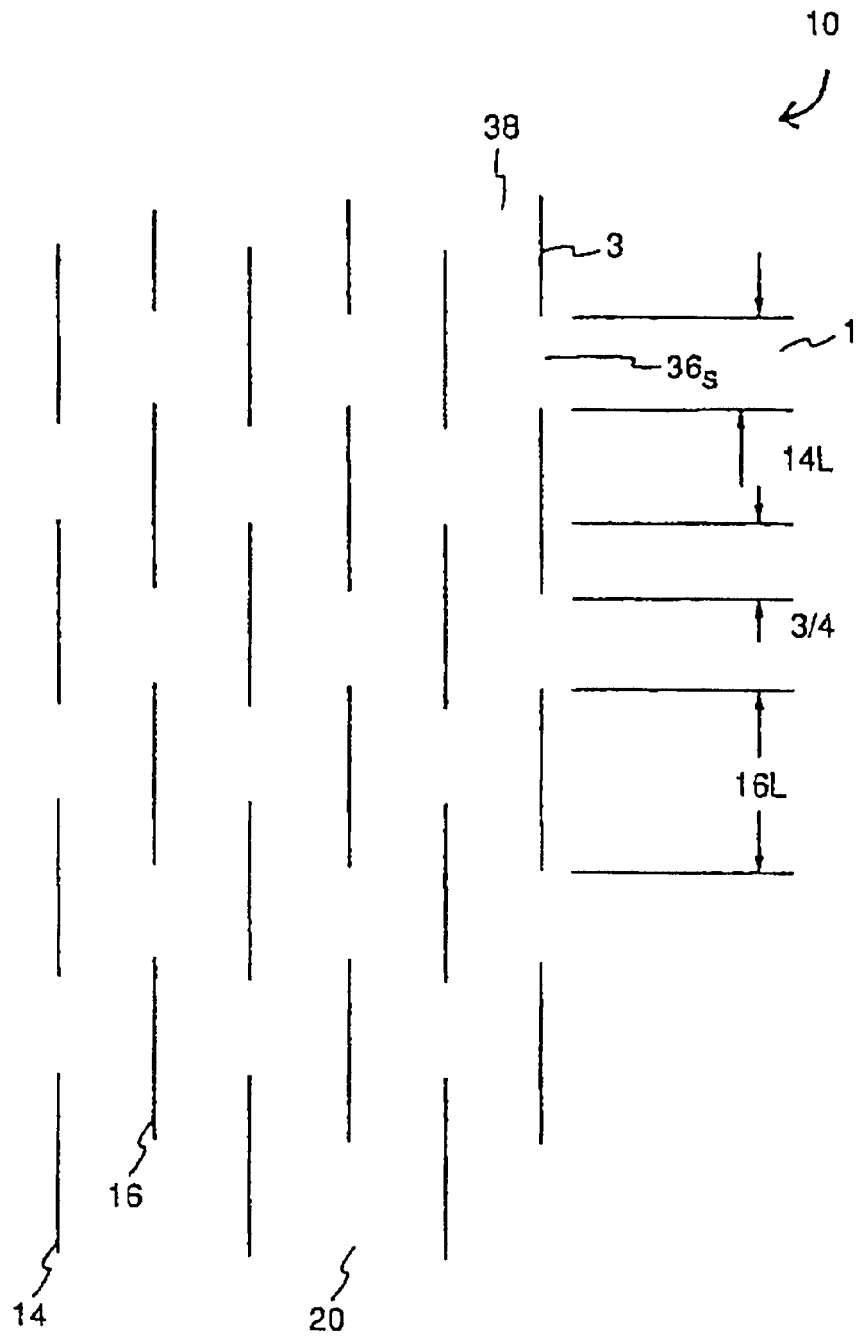


Fig. 6

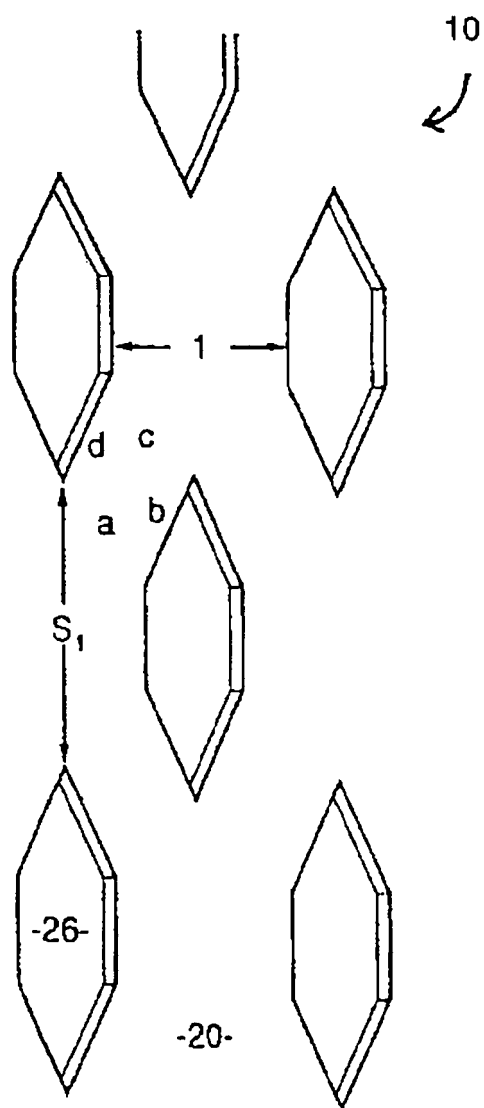


Fig. 7

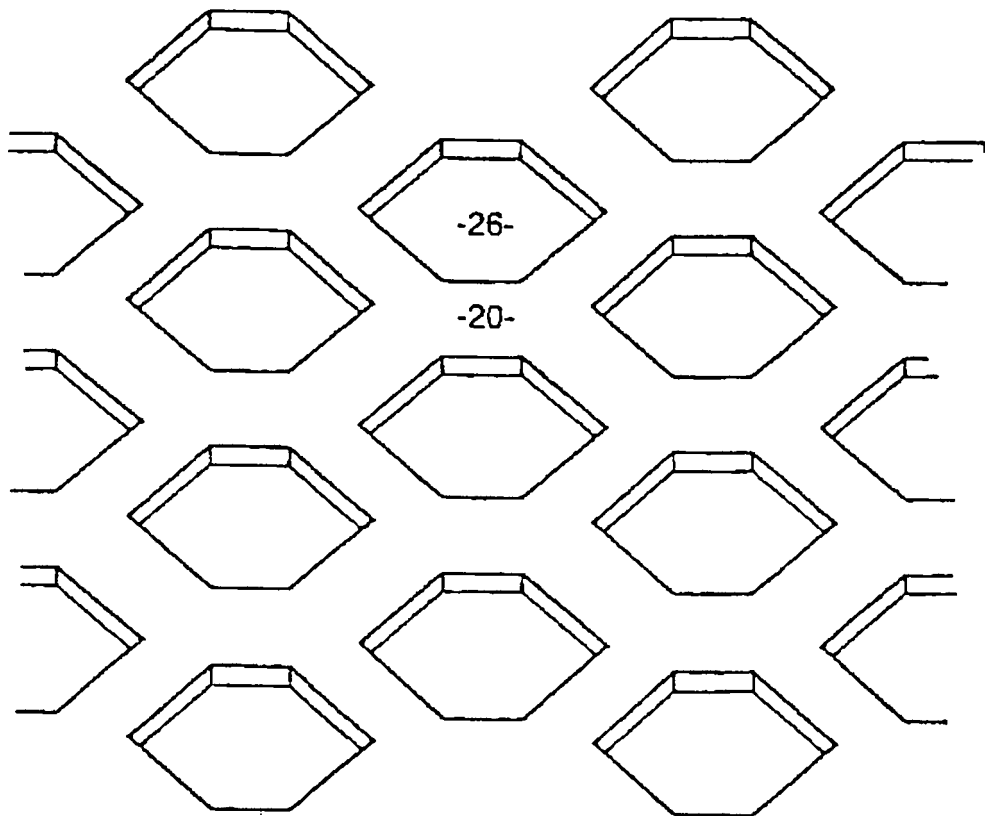


Fig. 8

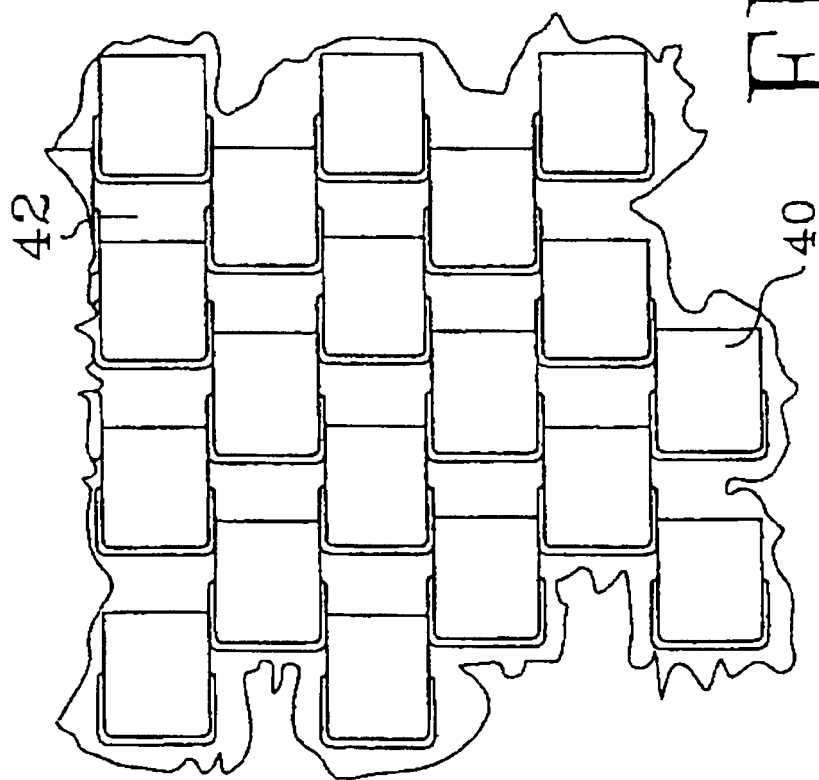


FIG. 9

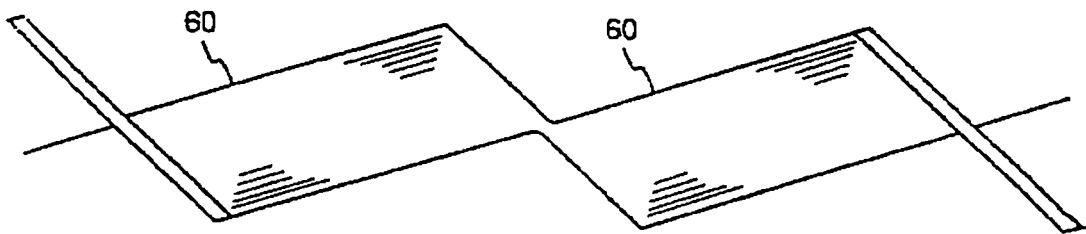


Fig. 10

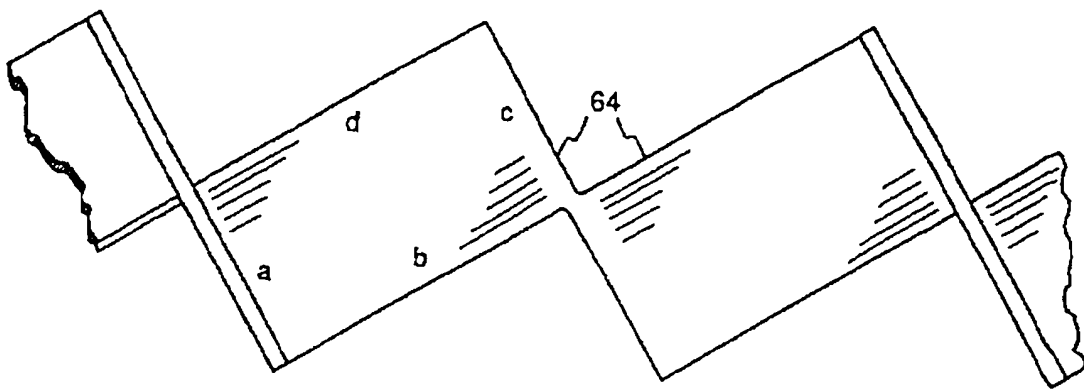


Fig. 11

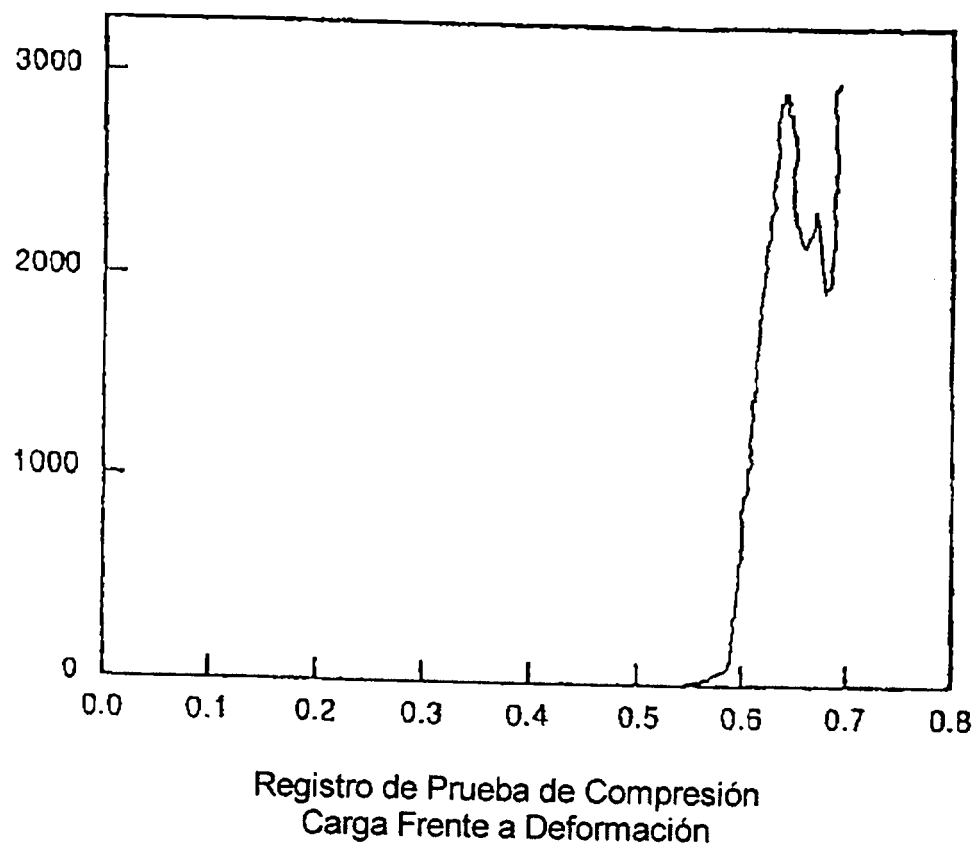


Fig. 12

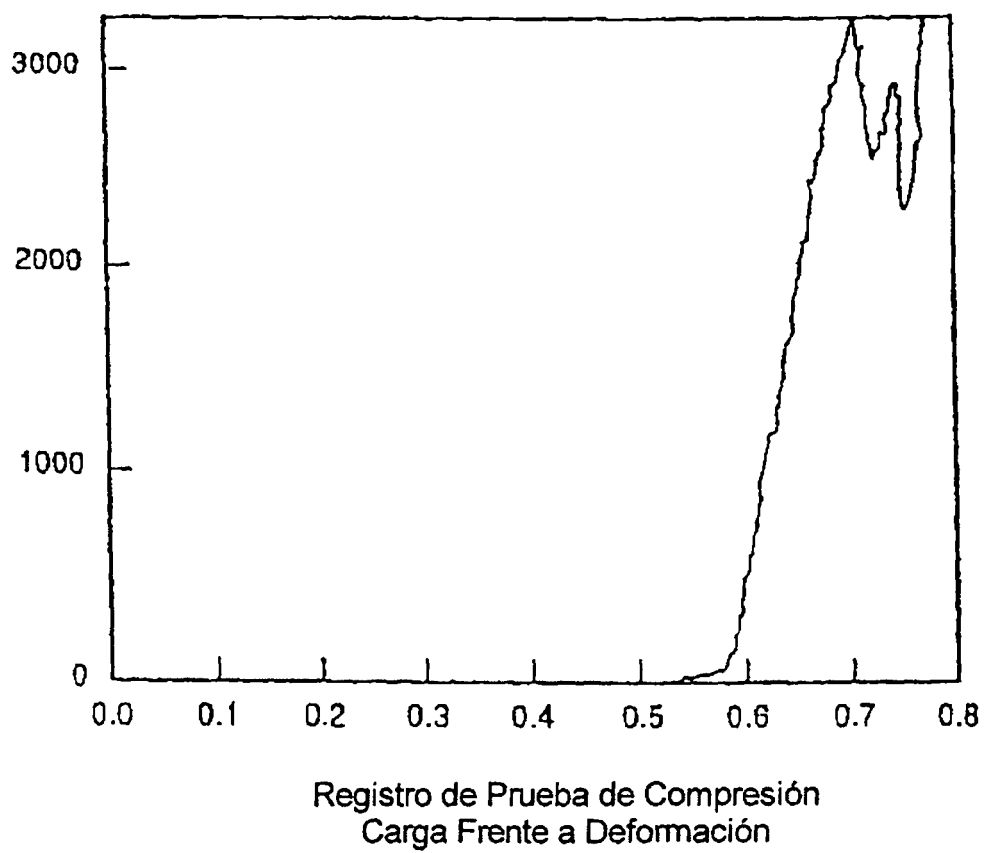
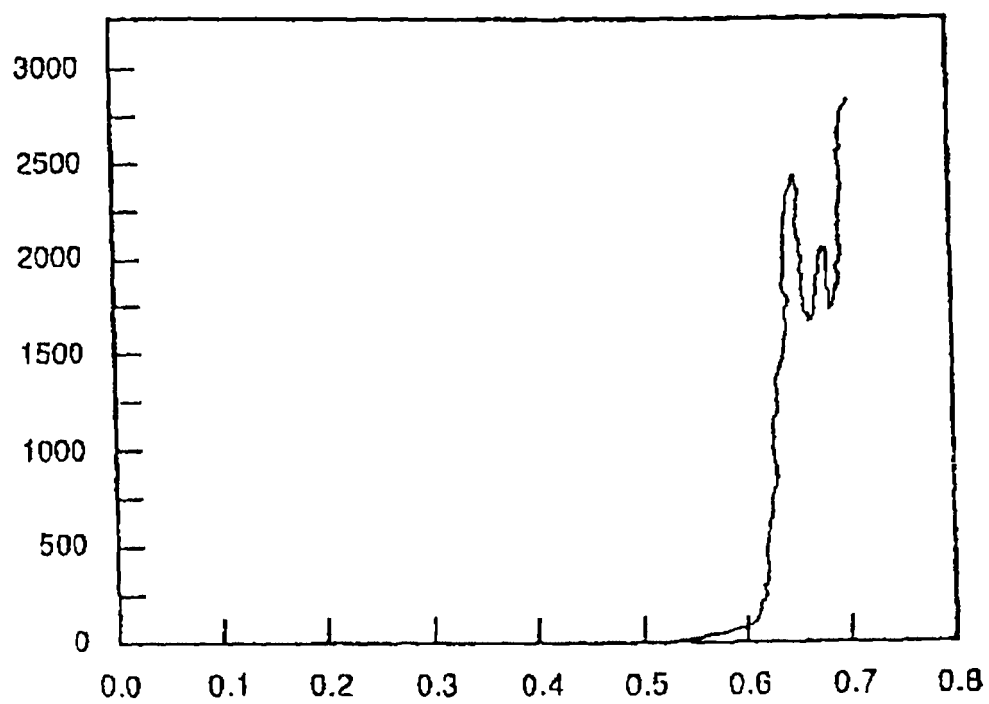
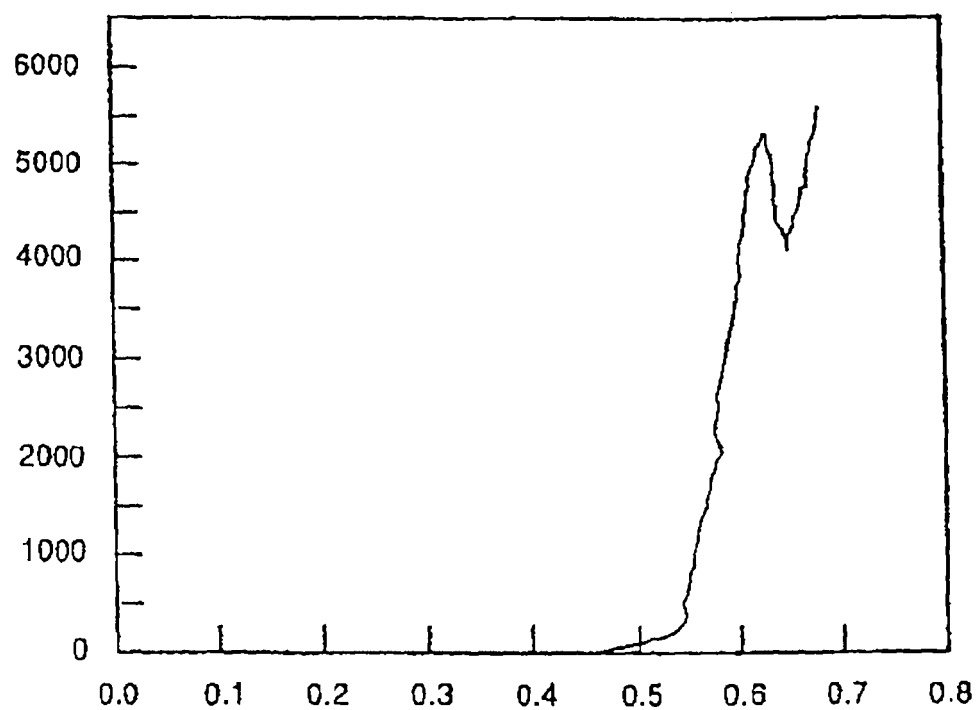


Fig. 13



Registro de Prueba de Compresión
Carga Frente a Deformación

Fig. 14



Registro de Prueba de Compresión
Carga Frente a Deformación

Fig. 15

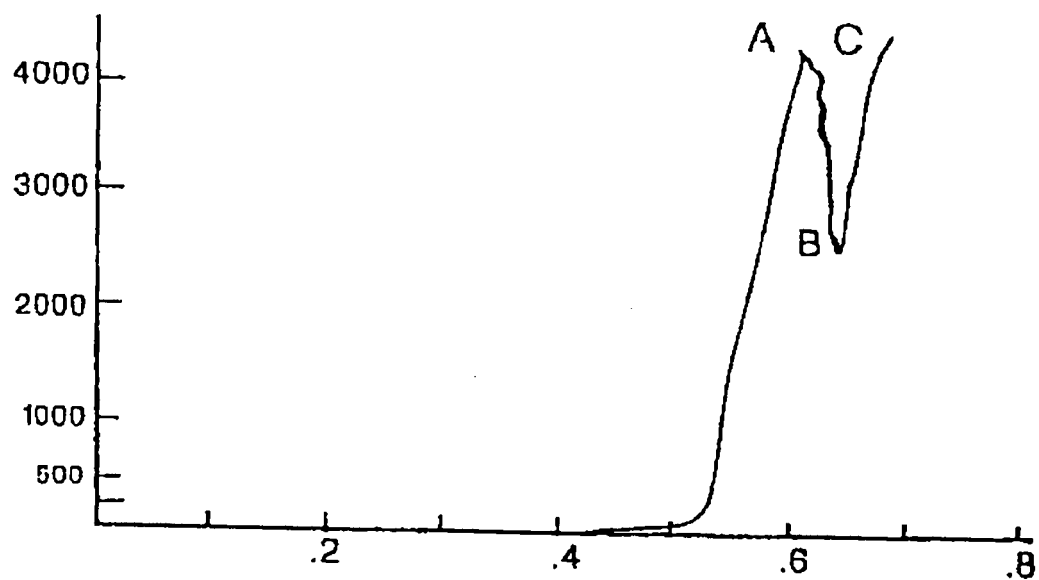


FIG. 16

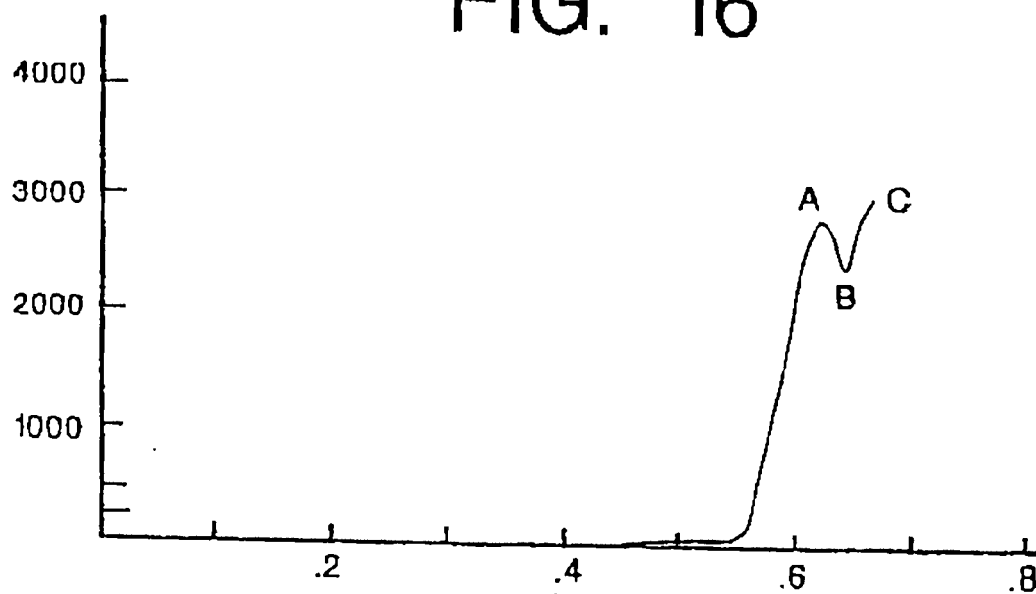


FIG. 17

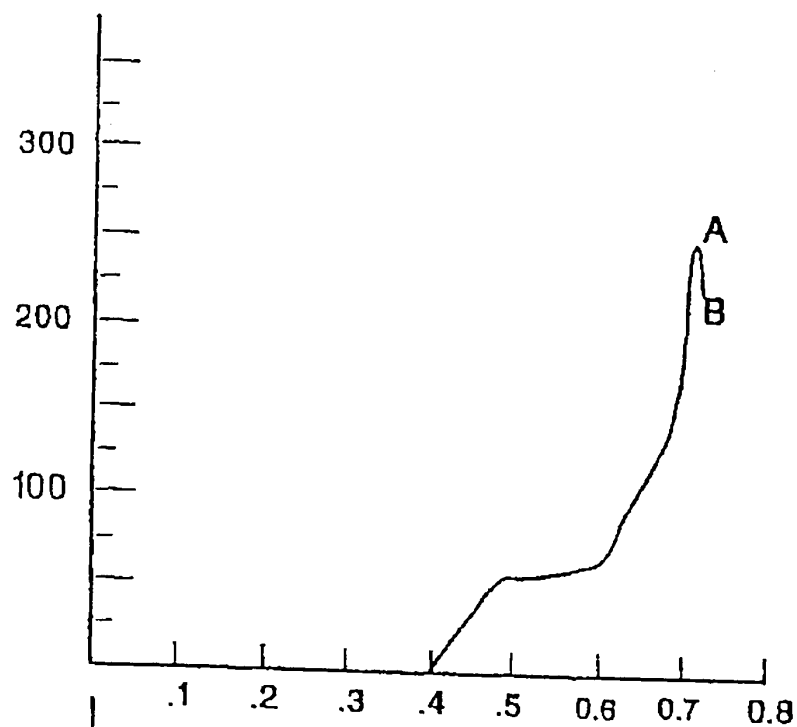


FIG. 18

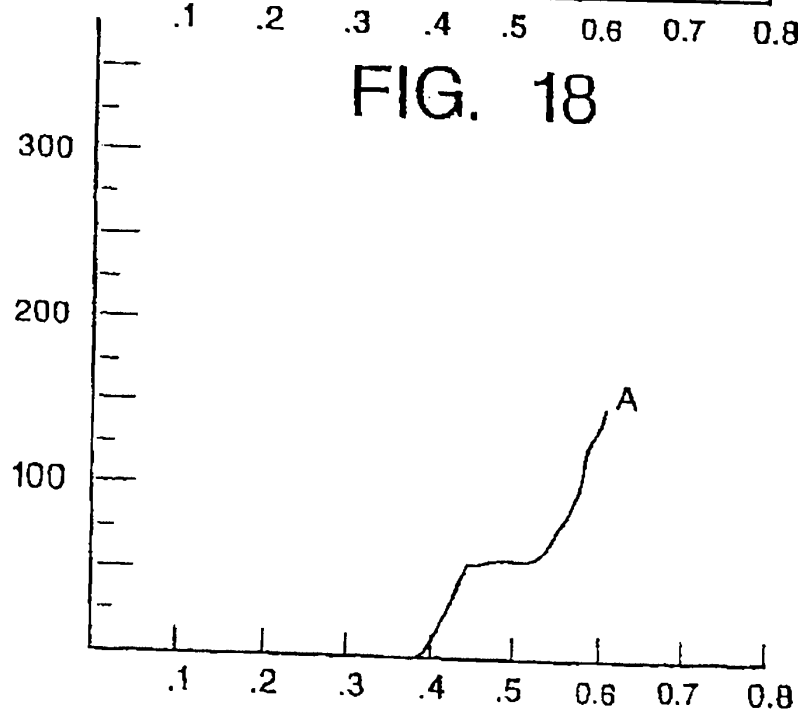


FIG. 19

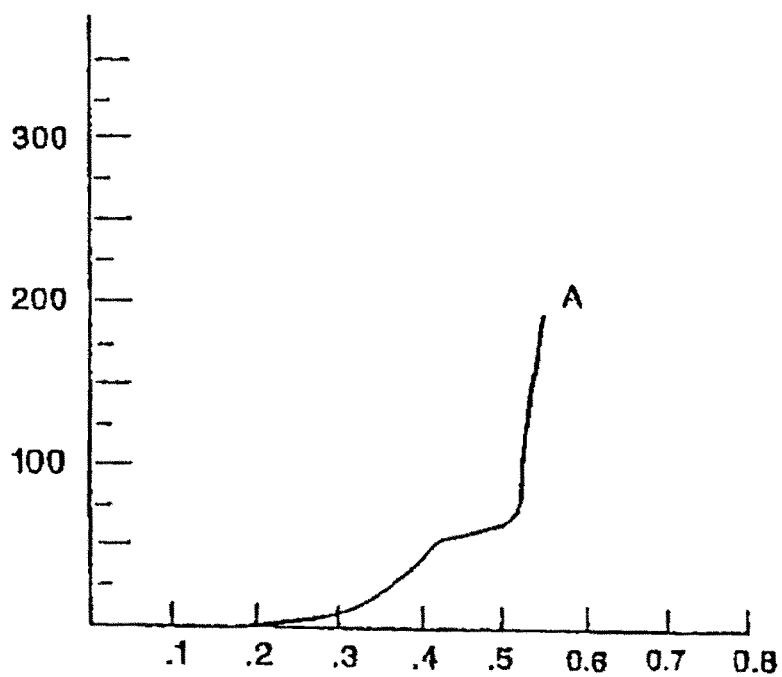


FIG. 20

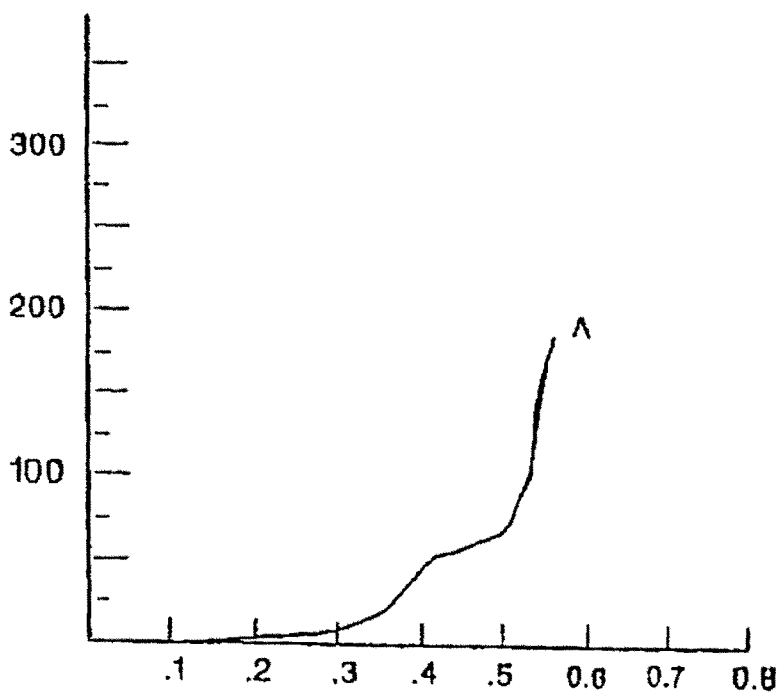


FIG. 21

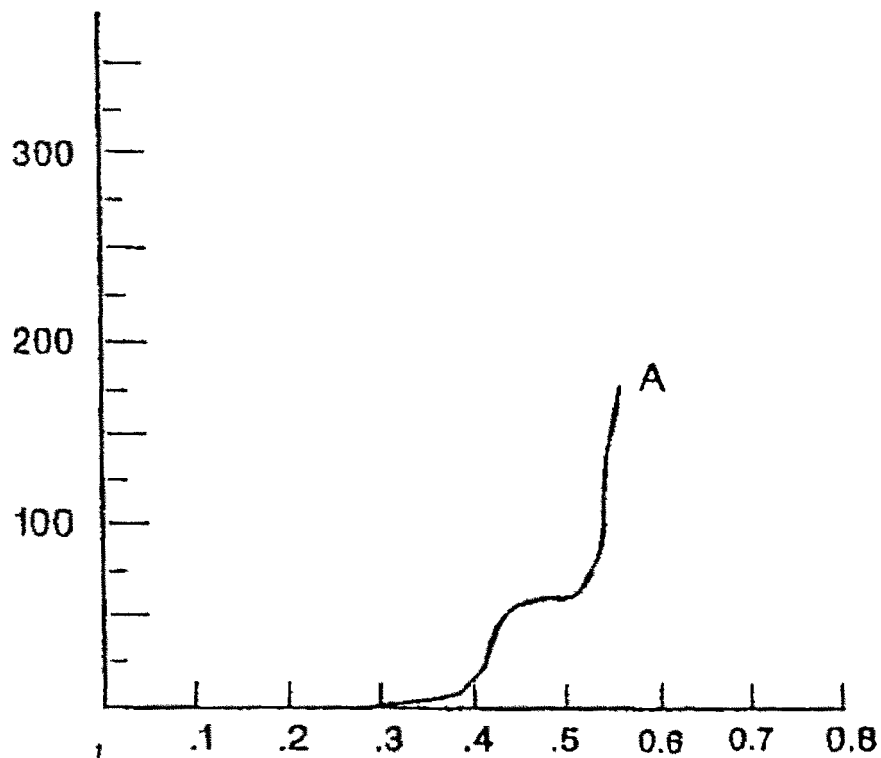


FIG. 23

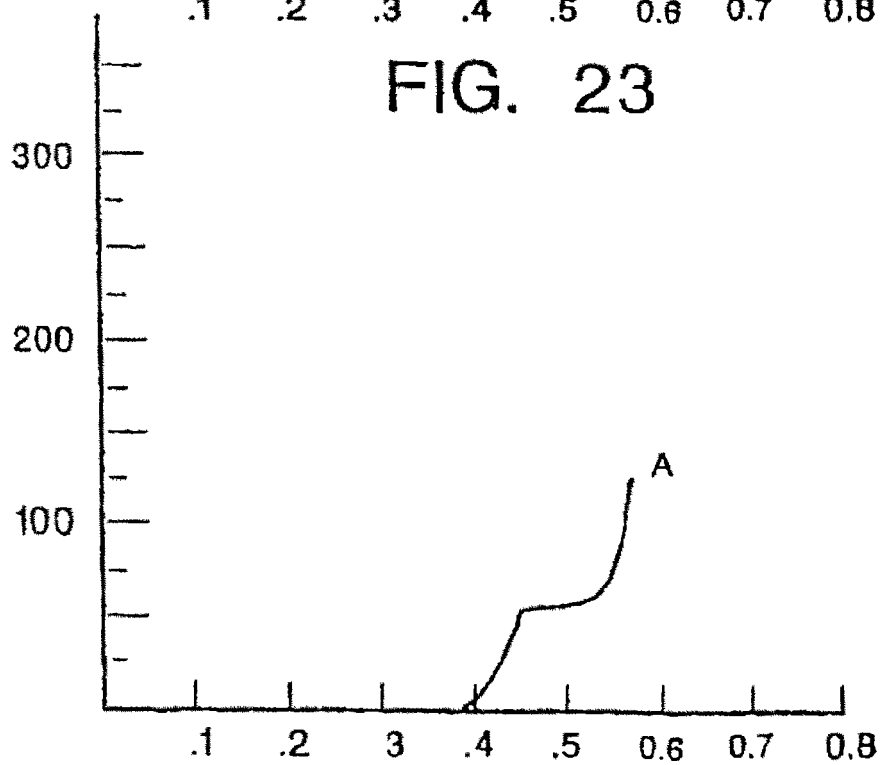


FIG. 22

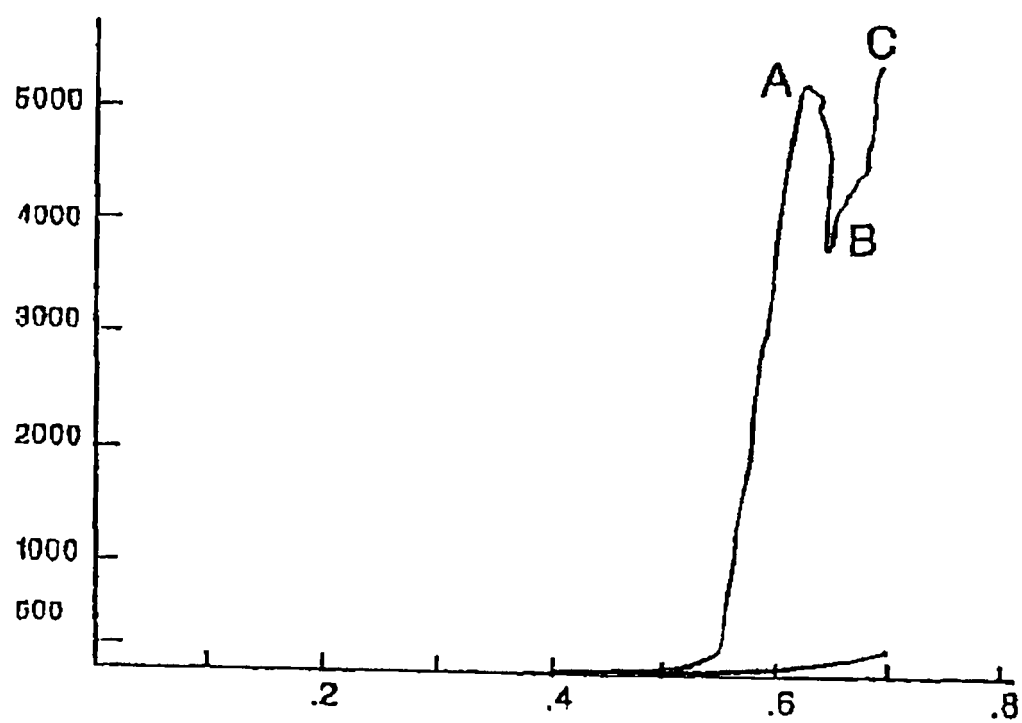


FIG. 24