

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 052**

51 Int. Cl.:

E01D 6/00 (2006.01)

E04G 1/17 (2006.01)

E04C 3/08 (2006.01)

E04B 1/19 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2013 PCT/IB2013/060857**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.11.2016 WO2014097066**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2013 E 13826866 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2935699**

54 Título: **Armadura de tipo celosía**

30 Prioridad:

20.12.2012 IT BG20120054

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

29.05.2017

73 Titular/es:

**POLITECNICO DI MILANO (100.0%)
Piazza Leonardo da Vinci 32
20133 Milano, IT**

72 Inventor/es:

GAZZOLA, FILIPPO

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 614 052 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

Armadura de tipo celosía

5 La presente invención se refiere a una armadura de tipo celosía, y en particular para soportar un puente colgante.

Las aplicaciones industriales de la presente invención se refieren a la construcción de armaduras para puentes colgantes pequeños o grandes, armaduras para otras estructuras que requieren soporte (comprendiendo naves industriales). Finalmente, puede utilizarse el mismo diseño para estructuras de tipo celosía, tales como andamiajes de cualquier tipo, comprendiendo andamiajes para proyectos de restauración que requieren una "jaula".

Después del conocido colapso del puente de Tacoma en 1940, los diseñadores de puentes han sentido la necesidad de reforzar el firme con armaduras de metal que amortigüen las oscilaciones. En el puente de Tacoma fueron visibles dos tipos de oscilaciones: las longitudinales y las torsionales. Sin duda, las que provocaron el colapso fueron las de tipo torsional, que estuvieron generadas a su vez por las longitudinales.

Inmediatamente después del colapso del puente en Tacoma, se ha intentado proporcionar varias explicaciones, empezando por posibles teorías matemáticas. Pero no ha habido avances de simulación significativos. El motivo ha de atribuirse sin duda a las enormes dificultades de la teoría de la elasticidad; muchos problemas relativamente sencillos siguen todavía sin tener respuesta. Además, la creciente conciencia de las fuertes no linealidades del comportamiento oscilatorio de los puentes, ha disuadido a muchas generaciones de buscar teorías precisas. Hasta la fecha no hay una teoría que describa con exactitud el comportamiento oscilatorio de los puentes ni que pueda explicar completamente el colapso del puente de Tacoma.

25 Posteriormente, otros puentes varios han mostrado fuertes oscilaciones que, en algunos casos, han conducido a su colapso.

Por tanto, es necesario encontrar la mejor manera de mitigar las oscilaciones longitudinales e impedir la formación de oscilaciones torsionales. Es obvio que ambas oscilaciones pueden eliminarse con armaduras muy rígidas, pesadas y caras. Recientemente, se ha planteado el problema de cuál podría ser el equilibrio correcto entre rigidez y economía; con respecto a la economía, que significa no solo la economía directa de material sino también la economía indirecta de una estructura con menor masa y que requiere torres de soporte y cables con unas prestaciones más moderadas.

35 Para amortiguar las oscilaciones del puente, bajo el firme se sitúan habitualmente armaduras de metal horizontales armadas con diferentes tipos de formas, normalmente poligonales. Hay dos o más capas de estas armaduras horizontales conectadas entre sí con armaduras verticales o con arzones, similares o diferentes dependiendo de la estructura.

40 En el libro de T. Kawada, titulado "History of the Modern Suspension Bridge: solving the dilemma between economy and stiffness", ASCE Press (2010), se revisan armaduras de refuerzo de los puentes colgantes existentes y se describen maneras de conectar entre sí los diferentes segmentos de armadura. Entre las formas utilizadas más frecuentemente están los cuadrados 10, los triángulos equiláteros 11 y los triángulos rectángulos isósceles 12.

45 El fin de la presente invención es proporcionar una armadura de tipo celosía que sea ligera mientras mantiene o mejora las prestaciones técnicas.

Según la presente invención, estos objetivos se logran mediante una armadura de tipo celosía tal como se define en la reivindicación 1 adjunta.

50 Se describen características adicionales de la invención en las reivindicaciones dependientes.

Las ventajas de esta solución en comparación con las soluciones de la técnica anterior son diferentes.

55 La utilización de enrejados de forma hexagonal, o si no la utilización de segmentos de armadura conectados entre sí en forma de Y con ángulos iguales a un tercio del ángulo de 360 grados, permite para la misma longitud de la armadura, reducir tanto el momento de las fuerzas aplicadas como la cantidad de energía almacenada por la estructura. Además, para superar el comportamiento oscilatorio no lineal establecido, se propone un acoplamiento entre armaduras verticales y horizontales según una regla apropiada que permita reducir las oscilaciones de un puente con una menor cantidad de material.

60 Además de la forma hexagonal, se proporcionan ventajas particulares mediante el acoplamiento entre los diferentes tamaños de los hexágonos verticales y horizontales; y esto sirve para romper la simetría de la estructura impidiendo la formación de oscilaciones longitudinales debido a tensiones por el viento o a cargas de tráfico de vehículos.

65

La estructura según la presente invención es también muy sencilla de implementar porque con solamente tres medidas de segmentos de armadura es posible obtener la estructura completa.

5 Las características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de una forma de realización de la misma, que se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos, en los que:

10 La figura 1 muestra esquemáticamente una estructura de soporte de un puente, según una primera forma de realización, de forma cuadrada, de la técnica anterior;

la figura 2 muestra esquemáticamente una estructura de soporte de un puente, de acuerdo con una segunda forma de realización, en forma de triángulos equiláteros, de la técnica anterior;

15 la figura 3 muestra esquemáticamente una estructura de soporte de un puente, según una tercera forma de realización, en forma de triángulos rectángulos isósceles, de la técnica anterior;

la figura 4 muestra esquemáticamente una figura geométrica, en vista en perspectiva, que define los componentes de una estructura de soporte de un puente;

20 la figura 5 muestra esquemáticamente una parte de una armadura de tipo celosía, según la presente invención;

la figura 6 muestra esquemáticamente una primera forma de realización de un armazón lateral de conexión de una estructura de soporte de un puente, según la presente invención;

25 la figura 7 muestra esquemáticamente una segunda forma de realización de un armazón lateral de conexión de una estructura de soporte de un puente, según la presente invención;

la figura 8 muestra esquemáticamente una tercera forma de realización de un armazón lateral de conexión de una estructura de soporte de un puente, según la presente invención;

30 las figuras 9a, 9b y 9c muestran esquemáticamente una parte de una armadura de tipo celosía, dividida en tres partes para facilitar la comprensión de los enlaces, según una variante de la presente invención.

35 Haciendo referencia a las figuras adjuntas, una armadura de tipo celosía, en particular de soporte para un puente colgante, según la presente invención, comprende cuatro vigas rectas 20, tan largas como la longitud completa del puente. Comprende un armazón horizontal superior 21 fijado a las dos vigas superiores 20 y un armazón horizontal inferior 22 fijado a las dos vigas inferiores 20.

40 Comprende además dos armazones laterales 23 conectados respectivamente a los dos pares de vigas laterales 20.

Dependiendo del tamaño del puente y de las cargas, los armazones horizontales pueden estar en un número mayor de dos, y deben fijarse entre sí mediante más armazones laterales.

45 Los armazones horizontales 21 y 22 están constituidos por segmentos de armadura 24 conectados entre sí en forma de Y con tres juntas de salida y con ángulos iguales a un tercio del ángulo de 360 grados. Dichos segmentos de armadura 24 forman entonces hexágonos regulares 25 de lado L. La longitud de lado L depende del tamaño del puente y las cargas implicadas pero deberá ser de aproximadamente 2 m.

50 En la figura se muestra solamente una parte de un armazón y dichos hexágonos 25 deberán repetirse tantas veces como se requiera por la anchura y longitud del puente.

55 Obsérvese que la conexión de los segmentos de armadura 24 con las vigas 20 (laterales del puente) se realiza de manera perpendicular. Dependiendo de la anchura del puente, los segmentos de armadura 24 utilizados para la conexión con las vigas 20, que presentan el número de referencia 27, deben presentar un tamaño comprendido entre $\frac{1}{4}L$ y $\frac{3}{4}L$, de manera que se evitan segmentos en voladizo demasiado largos.

60 El armazón horizontal superior 21 está situado a una distancia del armazón horizontal inferior 22 igual a $\sqrt{3}L/2$ (la raíz cuadrada de 3 por L dividido entre 2), que es el diámetro de un círculo inscrito en un hexágono regular de lado $L/2$.

Además, el armazón horizontal superior 21 está situado de manera que sus hexágonos 25 están en correspondencia con los hexágonos 25 del armazón horizontal inferior 22.

65 Entre cada lado de cada hexágono 25 del armazón horizontal superior 21 y cada lado de cada hexágono 25 del armazón horizontal inferior 22, debe formarse un hexágono regular 30 de lado $L/2$, exactamente a la mitad de los

ES 2 614 052 T3

lados de los hexágonos 25. Así que los hexágonos 30 están compuestos por segmentos de armadura 26 de longitud $L/2$.

5 Asimismo, tal como puede observarse, una vez definida la longitud de los segmentos de armadura 26 igual a $L/2$, la distancia de $\sqrt{3}L/2$ entre los armazones 21 y 22, que se calcula basándose en el teorema de Pitágoras, no está implicada directamente en las etapas de construcción y ensamblaje de estos nuevos hexágonos 30.

10 De este modo, los dos vértices intermedios del hexágono vertical (los que están a la mitad de la distancia entre los armazones horizontales) están exactamente en el punto medio M del segmento vertical (virtual) que presenta dos vértices de hexágonos horizontales como extremos. Del punto medio M se bifurcan seis segmentos de armadura 26.

15 Los hexágonos verticales 30, que están situados entre los lados de los hexágonos horizontales superior e inferior 25 se enganchan de manera perpendicular a las vigas rectas 20. Dado que, tal como se mencionó anteriormente, la parte lateral 27 del hexágono horizontal 25 estará comprendida entre $\frac{1}{4}L$ y $\frac{3}{4}L$, el hexágono vertical 30 presenta los lados horizontales que se enganchan a las vigas 20. Esto sucede precisamente porque la parte lateral 27 está comprendida entre $\frac{1}{4}L$ y $\frac{3}{4}L$.

20 Los dos armazones laterales 23, de conexión lateral entre los armazones 21 y 22, también comprenden hexágonos 36, o en cualquier caso se componen de segmentos de armadura 35 conectados entre sí en forma de Y.

25 En particular, en una primera posible forma de realización de un armazón lateral 23 para la conexión de una estructura de soporte de un puente solo se usan segmentos de armadura 35 iguales a $L/2$. Por tanto, hay hexágonos regulares 36 conectados entre sí, de manera centrada entre sus vértices, mediante un segmento de armadura horizontal 37 de conexión entre dos hexágonos 36 consecutivos.

En una segunda posible forma de realización, se forman hexágonos 36 de lado oblicuo 35 de longitud $L/2$ mientras que el segmento de armadura horizontal 38 de conexión entre dos hexágonos 36 consecutivos es de una longitud diferente de $L/2$.

30 En una tercera posible forma de realización, se forman hexágonos 39 cuyos lados de fijación horizontales de las vigas rectas 20 presentan una longitud diferente de $L/2$.

35 Reducir estas distancias horizontales corresponde a obtener una estructura más sólida; en cambio, aumentar estas distancias significa aligerar el armazón. Estas dos distancias han de ajustarse según las prestaciones requeridas por el puente. El único punto fijado es la distancia igual a un tercio del ángulo de 360 grados.

Tal como se describió anteriormente, se requieren tres longitudes diferentes de los diversos segmentos de la viga: 24 (longitud L), 26, 35, 37 (longitud $L/2$), 27 (longitud que ha de determinarse dependiendo del tamaño del puente).

40 En primer lugar, se define el tamaño de la malla hexagonal horizontal 24 con lados iguales a L , y como consecuencia de esta longitud, se determina la longitud del lado de la malla hexagonal vertical 26 igual a $L/2$.

45 Dependiendo de la anchura del puente se define como longitud de los segmentos de armadura 24 utilizados para conectar las vigas 20, con el número de referencia 27, comprendida entre $\frac{1}{4}L$ y $\frac{3}{4}L$.

La conexión entre los diferentes segmentos de armadura puede lograrse con procedimientos de conexión normales, tales como fijar los extremos de los segmentos de armadura con placas o tres cartelas de entrada, o proporcionar un componente en Y en el que sujetar (bloquear) las vigas.

50 Los materiales utilizados para implementar el sistema de soporte de un puente colgante, así como las dimensiones, pueden variar dependiendo de los requisitos y el estado de la técnica.

Para evaluar las ventajas con respecto a la técnica anterior debe considerarse lo siguiente.

55 La superficie X para soportar (firme: longitud con respecto a anchura) es un factor dado del problema y se expresa en metros cuadrados. Supongamos que se desea soportar el firme con una armadura de longitud LL también predeterminada, expresada en metros lineales. Entonces, para cada forma poligonal, es posible determinar la longitud del lado mayor del polígono que forma el armazón en función del cociente X/LL en metros lineales. Se enumera a continuación el coeficiente de multiplicación (normalizado) del cociente X/LL para determinar la longitud de los segmentos de viga de las diferentes formas.

Tipo de polígono	Triángulo rectángulo	Triángulo equilátero	Cuadrado	Hexágono
Lado de máxima longitud (m)	4,83	3,46	2	1,15

5 Tal como puede observarse, los hexágonos presentan segmentos de viga de menor longitud y, por tanto, con mayor resistencia a cargas: esto significa mejores prestaciones, o, para iguales prestaciones, menor sección del segmento de viga y, por tanto, menores costes. El momento de una fuerza aplicada es igual a la distancia desde el punto de apoyo hasta la intensidad de la fuerza: por tanto, con la misma carga aplicada a la mitad del segmento de armadura, los momentos de las fuerzas respectivas siguen las proporciones de la tabla anterior. Por tanto, para obtener iguales prestaciones de la estructura hexagonal es posible reducir la masa total (y, por tanto, la sección de la armadura) siguiendo las proporciones expresadas mediante la tabla previa.

10 También existen ventajas con respecto a la cantidad de energía elástica almacenada que es menor que la de otras formas; entonces se tiene de nuevo unas mejores prestaciones o, para iguales prestaciones, menor coste y menor peso de la estructura. Se enumera a continuación el coeficiente multiplicativo de la energía elástica total de la superficie que va a soportarse (normalizado adecuadamente) para diversas formas poligonales.

Tipo de polígono	Triángulo rectángulo	Triángulo equilátero	Cuadrado	Hexágono
Energía elástica normalizada	34	32	27	24

15 También se deseaba experimentar con un nuevo parámetro de evaluación de prestaciones denominado distancia al cuadrado media. La definición exacta es bastante técnica y se omite en la presente memoria; sin embargo, las prestaciones siempre son mejores para la armadura hexagonal.

20 La ventaja determinada mediante la combinación entre los tamaños de los hexágonos horizontales y verticales es romper la simetría del sistema y, por tanto, contrarrestar el comportamiento no lineal del puente. Finalmente, desde el punto de vista ambiental, habría una ventaja en los ahorros de la cantidad que va a producirse, y por tanto en la energía.

25 En una variante de forma de realización, la armadura de tipo celosía, mostrada en tres partes para facilitar la comprensión de los enlaces, comprende dos armazones horizontales 50 (superior e inferior) formados por hexágonos regulares 51 que se enganchan en perpendicular, por medio de vigas de conexión 52, a las vigas laterales 53 que delimitan el armazón. Todos los ángulos internos para el armazón son de 120°. Los dos armazones horizontales 50 se solapan desplazados en oposición de fase, es decir, los lados 54 de los hexágonos superiores 51, en perpendicular a las vigas laterales 53, se superponen en el centro de los hexágonos inferiores 51 (extremos 56 del hexágono inferior 51). De este modo, los hexágonos del armazón superior no están alineados con los hexágonos del armazón inferior.

35 Los hexágonos superiores se conectan a los hexágonos inferiores 51 juntando los extremos 51 de los lados 54 hasta los extremos de los lados 55, en perpendicular a las vigas laterales 53, del hexágono inferior más cercano (figura 9a).

Se representan solamente 3 cruces para evitar sobrecargar el dibujo.

40 Hay una conexión adicional entre los hexágonos 51. Los extremos de los lados 54 de los hexágonos superiores 51 se conectan a los extremos centrales 56 de los hexágonos inferiores 51. Los extremos centrales 57 de los hexágonos superiores 51 se conectan a los extremos centrales 55 de los hexágonos inferiores 51 (figura 9b).

45 La conexión lateral entre los dos armazones horizontales 50 se logra mediante conexión con las vigas 58 de los puntos de extremo de las vigas de conexión 52 de los armazones tanto superior como inferior 50 (figura 9c).

Las dimensiones de la armadura dependen de los requisitos de diseño; es razonable pensar que la distancia entre armazones horizontales paralelos es por lo menos $\frac{1}{4}$ de la anchura y como mucho igual a la anchura de la plataforma.

50 Con esta variante se obtiene una mayor flexibilidad en cuanto al tamaño: ya no hay tales restricciones limitadas en las proporciones de los diversos segmentos de armadura, pueden adaptarse las medidas de los mismos según las circunstancias. Además, el nuevo armazón ha mostrado unas mejores prestaciones con respecto a la flexión y torsión, sin perjudicar a las ya buenas prestaciones relacionadas con la geometría y energía elástica. Las armaduras de tipo celosía así concebidas son susceptibles de numerosas modificaciones y variaciones, todas dentro del alcance del concepto inventivo; además, todos los detalles pueden sustituirse por elementos técnicamente equivalentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Armadura de tipo celosía que comprende: dos vigas superiores (20, 53) y dos vigas inferiores (20, 53); un
armazón horizontal superior (21, 50) fijado a dichas dos vigas superiores (20, 53); un armazón horizontal inferior (22,
50) fijado a dichas dos vigas inferiores (20, 53); dos armazones laterales (23) conectados respectivamente a una de
dichas dos vigas superiores (20) y a una de dichas dos vigas inferiores (20), caracterizada por que dicho armazón
horizontal superior (21, 50) y dicho armazón horizontal inferior (22, 50) se conectan entre sí por medio de unos
segmentos de armadura (24, 26, 35, 37, 52, 54) conectados entre sí en forma de Y con unos ángulos iguales a un
tercio del ángulo de 360 grados; dichos segmentos de armadura (24, 26, 35, 37) conectados entre sí en forma de Y
10 forman una pluralidad de hexágonos (25, 30, 36, 39); formando dichos segmentos de armadura (24) parte de dicho
armazón horizontal superior (21) y de dicho armazón horizontal inferior (22), presentan una longitud igual a L; y por
que dichos segmentos de armadura (35) que forman parte de dichos dos armazones laterales (23) presentan una
longitud igual a L/2; cada lado, de longitud L, de cada hexágono (25) perteneciente a dicho armazón horizontal
superior (21) está conectado a cada lado de cada hexágono (25) perteneciente a dicho armazón horizontal inferior
15 (22) por medio de un hexágono (30) de lado L/2; las partes de dichos hexágonos (25) que se conectan a dichas dos
vigas superiores (20) y a dichas dos vigas inferiores (20), se conectan en perpendicular con segmentos de armadura
(27) que presentan una longitud comprendida entre $\frac{1}{4}L$ y $\frac{3}{4}L$; la distancia entre dicho armazón horizontal superior
(21) y dicho armazón horizontal inferior (22) es igual a $\sqrt{3}L/2$.
- 20 2. Armadura según la reivindicación 1, caracterizada por que dichos dos armazones laterales (23) se conectan
entre sí a modo de segmentos de armadura (24, 26, 35, 37, 52, 54) conectados entre sí en forma de Y con ángulos
iguales a un tercio del ángulo de 360 grados.
- 25 3. Armadura según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que cada uno de dichos segmentos de
armadura (24) que forman parte de dicho armazón horizontal superior (21) y de dicho armazón horizontal inferior
(22), se conectan entre sí a modo de segmentos de armadura (26) de longitud L/2.
- 30 4. Armadura según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dichos dos armazones laterales
(23) comprenden unos hexágonos (36, 39) conectados entre sí mediante segmentos de armadura horizontales (37,
38, 40).
- 35 5. Armadura según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dicha armadura forma parte de
una estructura de soporte de un puente colgante.
6. Armadura según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dicho armazón horizontal superior
(50) y dicho armazón horizontal inferior (50), iguales entre sí, se solapan desplazados entre sí.
- 40 7. Armadura según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dichos hexágonos superiores (51)
están conectados a los hexágonos inferiores (51) que unen los extremos de los lados (54), en perpendicular a las
vigas laterales (53), del armazón horizontal superior (50), a los extremos de los lados (55), en perpendicular a las
vigas laterales (53), del armazón horizontal superior (50), del hexágono subyacente más cercano (51).
- 45 8. Armadura según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los extremos de los lados (54) de
los hexágonos superiores (51) están conectados a los extremos centrales (56) de los hexágonos inferiores (51), y los
extremos centrales (57) de los hexágonos superiores (51) están conectados a los extremos de los lados (55) de los
hexágonos inferiores (51).
9. Sistema de soporte de un puente colgante que comprende una armadura de tipo celosía según la reivindicación
1.

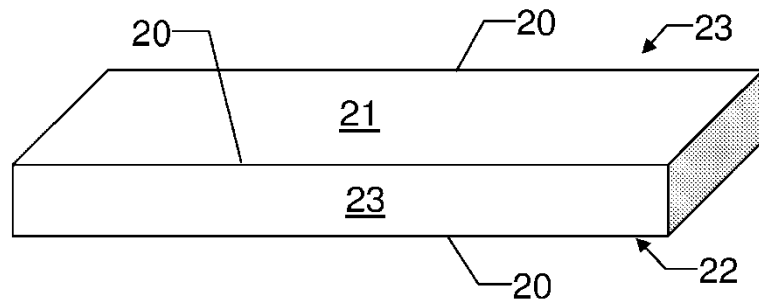
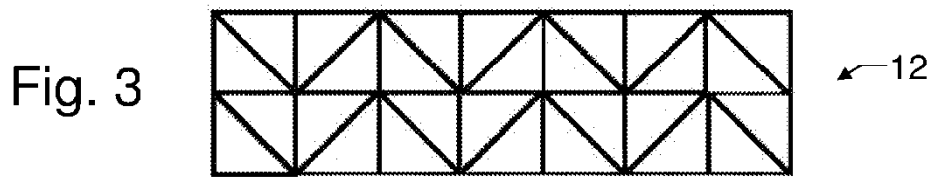
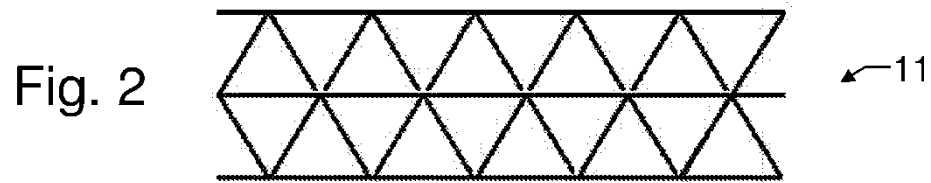
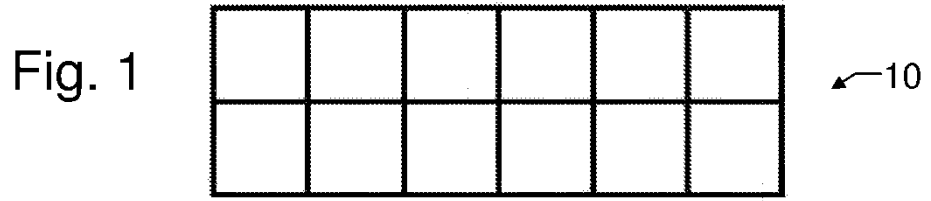


Fig. 4

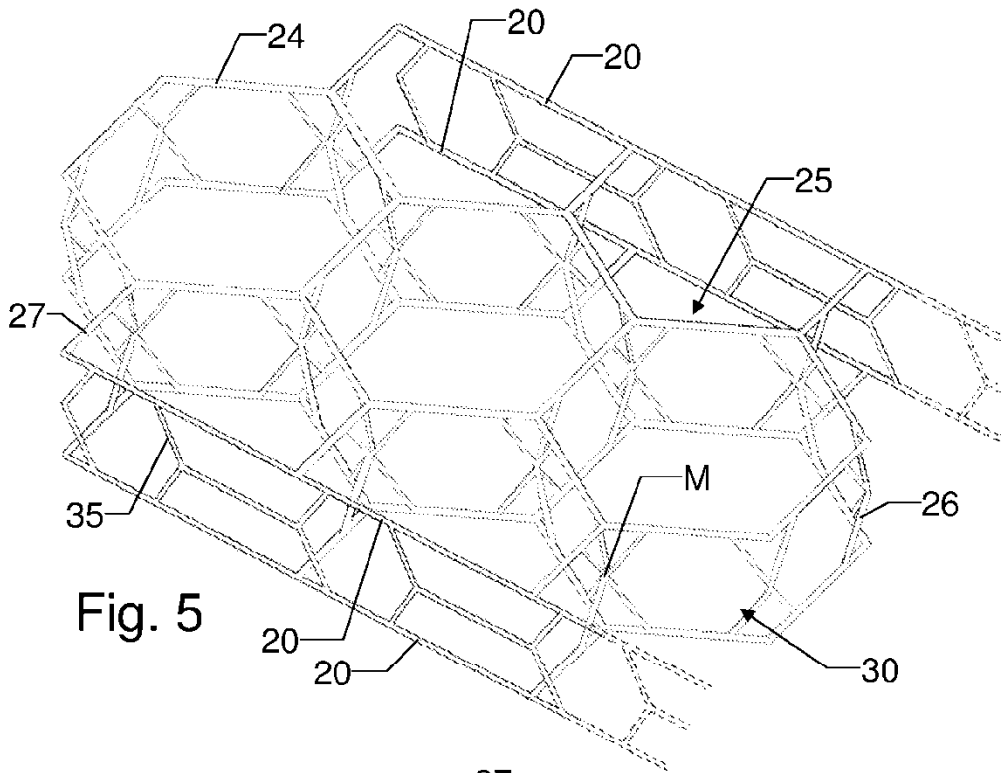


Fig. 5

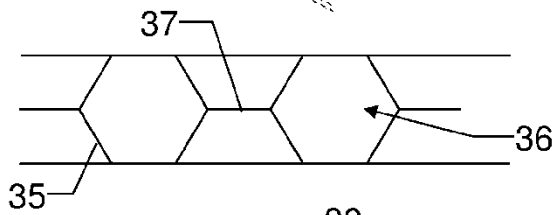


Fig. 6

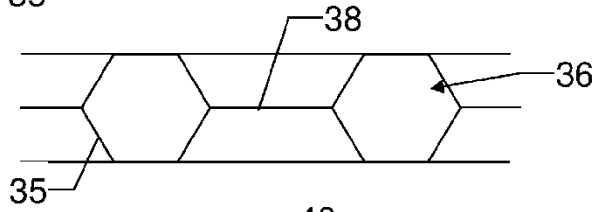


Fig. 7

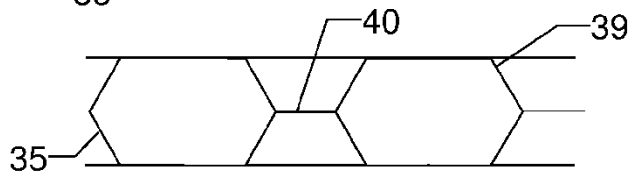


Fig. 8

