



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 673**

51 Int. Cl.:
B62D 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08715500 .8**

96 Fecha de presentación : **14.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2114755**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.11.2009**

54 Título: **Construcción de peso ligero con una estructura de apoyo de división fractal.**

30 Prioridad: **05.03.2007 DE 10 2007 011 107**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.04.2011

73 Titular/es: **Stiftung Alfred-Wegener-Institut für
Polar- und Meeresforschung
Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven, DE**

72 Inventor/es: **Hamm-Dubischar, Christian**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 357 673 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

Construcción de peso ligero con una estructura de apoyo de división fractal.

[0001] La invención se refiere a una construcción de peso ligero de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 [0002] Las construcciones de peso ligero siguen una filosofía de construcción, que tiene como objetivo un ahorro máximo de peso con una estabilidad óptima. Los motivos para la construcción de peso ligero pueden ser de diferente naturaleza. Un argumento principal para la construcción de peso ligero es el ahorro de materias primas tanto en la fabricación de los productos como también en su utilización. En vehículos y aviones, con una construcción de peso ligero consecuente, se requiere una potencia de accionamiento más reducida para las mismas propiedades de marcha o de vuelo. Por lo demás, se reduce el consumo de combustible y se mejora la relación de peso entre el medio de transporte y la carga. De esta manera, el aparato total, la fuente de accionamiento y la reserva de combustible se pueden dimensionar más pequeños. La construcción de peso ligero es muy significativa para la fabricación de vehículos, para la construcción de aviones y en la construcción aeroespacial. Especialmente en la construcción aeroespacial cada kilogramo transportado cuesta miles de euros, en los que se pueden conseguir grandes ahorros a través de la construcción de peso ligero. También en la construcción de edificios, sobre todo en la industria de la construcción de naves de producción, de naves de montaje y de naves de almacenamiento, la construcción de peso ligero representa una alternativa de coste favorable y muy flexible. Los materiales metálicos de construcción de peso ligero son, por ejemplo, aluminio, magnesio, aceros de alta resistencia y titanio. Además, los plásticos, los materiales de madera y los materiales de papel y los materiales compuestos de fibras se consideran como materiales clásicos de la construcción de peso ligero. En los últimos años, los plásticos y especialmente los materiales compuestos de plásticos y fibras han adquirido mucha importancia. Debido a sus altas rigideces y resistencias específicas, son materiales atractivos para la construcción de peso ligero. Ofrecen una multitud de nuevas posibilidades de procesamiento y de configuración.

10
15
20
25 [0003] La construcción de peso ligero trata de conseguir el objetivo de la construcción de peso ligero a través de medidas constructivas. En primer término, se pretende un aprovechamiento lo más uniforme posible del volumen del material. Así, por ejemplo, los componentes solicitados a flexión son sustituidos por soluciones sándwich o armazones. En principio, se trata de construir con pared lo más fina posible. Sin embargo, esto eleva el peligro del fallo de la estabilidad (flexión, pandeo), lo que hace necesario un análisis mecánico exacto. Las fuerzas en las construcciones de peso ligero deberían conducirse directamente. En el caso de construcciones complejas, deben reducirse al mínimo especialmente las tensiones de entalladura. Los soportes de armazones con barras puramente de tracción y compresión representan estructuras óptimas a este respecto.

ESTADO DE LA TÉCNICA

30
35 [0004] Una construcción de peso ligero con dos revestimientos superficiales, entre los que se extienden bandas de metal, que se extienden onduladas o bien en forma de semi-panal de abejas, como nervaduras de apoyo de una estructura de apoyo, se conoce a partir de documento US 2022/0108349 A1. El documento DE 10 2004 025 667 A1 publica una estructura de apoyo para construcciones de peso ligero en tipo de construcción de varias capas, en el que unas nervaduras de apoyo están dispuestas desplazadas a modo de muro como rectángulos cerrados y están rellenas con un material de relleno. Se conoce a partir del documento DE 10 2004 031 823 A1 una placa de construcción de peso ligero, en la que se definen varias zonas de nervaduras de apoyo onduladas de forma diferente. Se conocen a partir del documentote 101 19 020 A1 estructuras de panal de abejas curvadas con estructuras de apoyo de diferentes características. En los documentos DE 100 22 742 A1, DE 100 37 589 A1 y DE 203 19 426 U1 se definen estructuras de apoyo con un desarrollo en forma de tronco de pirámide: El documento DE 100 37 589 A1 muestra la estructura de apoyo en forma de tronco de pirámide para una configuración de una construcción de peso ligero en forma de una cúpula de peso ligero.

40
45 [0005] Se conoce a partir del documento EP 0 618 842 B1 un cuerpo de panal de abejas con una estructura interna, que es retenida por una estructura de apoyo. El cuerpo de panal de abejas puede estar dispuesto en un tubo. La estructura de apoyo puede estar constituida por chapas onduladas con diferentes radios, que están colocadas superpuestas. Un componente de peso ligero de cuerpo hueco se publica en el documento DE 198 48 516 A1. La construcción de peso ligero en forma de bandejas presenta un espacio interior. Las nervaduras de apoyo que se extienden en forma de rejilla se encuentran en la pared entre las dos superficies.

50
55 [0006] Una construcción de peso ligero con una estructura de apoyo que se puede constituir periódicamente de forma regular y que refuerza mecánicamente su revestimiento superficial se describe en el documento DE 100 47 753 A1, en el que la estructura de apoyo en esta construcción de peso ligero conocida, está constituida por nervaduras de apoyo dispuestas en forma de estrella. La construcción de peso ligero está configurada en forma de tubo y dispone de un espacio interior útil. La estructura de apoyo está dispuesta sobre el lado exterior del tubo entre un revestimiento superficial interior y un revestimiento superficial exterior, que sirve como revestimiento exterior. Para el revestimiento exterior, para el revestimiento interior y para las nervaduras de apoyo se pueden utilizar espesores de pared relativamente reducidos, de manera que existe una construcción de peso muy ligero, que presenta, sin embargo, a pesar de todo una resistencia alta en virtud de la estructura de apoyo compleja. En los puntos de cruce de ángulo agudo de las nervaduras de apoyo resultan, sin embargo, en la estructura de apoyo conocida cargas mecánicas altas debido a

la acción de entalladura y, por lo tanto, debido a los picos de tensión. Además, entre las nervaduras de apoyo individuales existen zonas triangulares sin apoyo adicional, de manera que sobre estos lugares no podrían actuar fuerzas de presión mayores. En este caso, solamente serviría como ayuda un incremento de los espesores de la pared y de las nervaduras de apoyo, lo que no va, sin embargo, en el sentido de ahorro de material en las construcciones de peso ligero.

[0007] El documento U5 2002/104288 A1 publica una construcción de peso ligero con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

PLANTEAMIENTO DEL COMETIDO

[0008] El cometido de la presente invención se puede ver, por lo tanto, en desarrollar la construcción de peso ligero, partiendo de la construcción de peso ligero del tipo indicado al principio con una estructura de apoyo constituida periódicamente de forma regular y que refuerza mecánicamente su revestimiento exterior, de tal forma que se consigue tanto un ahorro de material como también una fiabilidad elevada del sistema con relación al parámetro de resistencia a la presión de cuerpos huecos y elementos de obturación y de acoplamiento. La combinación de los parámetros de fiabilidad del sistema, ahorro del material y resistencia a la presión tiene una importancia especial, por ejemplo, en construcciones de peso ligero en forma de aviones, cascos de buques y submarinos así como, por ejemplo, en mamparos de aire de aviones y cúpulas luminosas. La solución de acuerdo con la invención de este cometido se puede deducir a partir de la reivindicación principal. Los desarrollos ventajosos de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes y se explican en detalle a continuación con relación a la invención.

[0009] La construcción de peso ligero de acuerdo con la invención se caracteriza, en principio, por una división fractal de la estructura de apoyo en varios, al menos dos planos fractales, en la que el desarrollo del contorno de apoyo se repite en sí mismo al menos todavía otra vez. El número de las repeticiones de similitud propia, que se reducen, en general, en cada caso en una dimensión, indica el número de los planos fractales. Entre los planos están las transiciones fluidas e integradas. Como ventajas esenciales de la utilización de una estructura de apoyo fractal se pueden considerar que se evitan con seguridad picos de tensión de entalladura a través de las transiciones fluidas directas (en dirección-z) entre las estructuras integradas en los diferentes planos fractales de la estructura de apoyo sin cantos de entalladura o de rotura y en que con la misma resistencia se pueden emplear estructuras más ligeras que apoyan de manera más eficiente. La resistencia resulta a través de la estampación correspondiente de la estructura de apoyo fractal tanto en zonas de apoyo pequeñas como también en zonas de apoyo mayores y en zonas de apoyo muy grandes. La división de la estructura de apoyo crece, por lo tanto, con el tamaño de la zona de apoyo y se puede adaptar fácilmente. Además, la estructura se puede fabricar a partir de una fundición, se suprimen las uniones y los encolados y los problemas que resultan de ello. Con la invención se aplica un principio no aplicado todavía hasta ahora en la técnica de una zona marginal dividida de forma fractal con transiciones fluidas integradas perpendicularmente al revestimiento superficial (dirección-z) para el apoyo de revestimientos superficiales.

[0010] El concepto "fractal" (adjetivo o sustantivo) fue impreso por Benoît Mandelbrot (1975) y se deriva de la palabra latina fractus – roto. Con fractales se designan estructuras naturales o artísticas o modelos geométricos, que presentan un alto grado de invarianza de escala o bien de similitud propia. Éste es el caso, por ejemplo, cuando un objeto está constituido por varias copias reducidas de sí mismo. Cada reducción define entonces un plano fractal. Es sorprendente siempre la transición fluida entre los elementos estructurales en los diferentes planos fractales. Los objetos geométricos de este tipo se diferencian en aspectos esenciales de las figuras lisas convencionales. No obstante, en este caso, la similitud propia no debe ser perfecta, como muestra la aplicación con éxito de los métodos de la geometría fractal a estructuras naturales como árboles, nubes, líneas de la costa, etc. Los objetos mencionados están estructurados con similitud propia en una mayor o menor medida (una rama de un árbol aparece aproximadamente como un árbol más pequeño), pero la similitud no es estricta, sino estocástica. En oposición a las formas de la geometría euclidiana que, en el caso de una ampliación, son con frecuencia cada vez más planas y, por lo tanto, más sencillas (por ejemplo, un círculo), en el caso de las divisiones fractales aparecen detalles cada vez más complejos y nuevos. Los modelos fractales son generados con frecuencia a través de operaciones recursivas. También reglas de generación sencillas dan como resultado después de pocas etapas de recursión ya modelos complejos. Esto se puede ver, por ejemplo, en el árbol de Pitágoras. Tal árbol es un fractal, que está constituido por cuadrados, que están dispuestos como se define en el principio de Pitágoras. Otro fractal es el fractal de Newton, que se calcula a través del método de Newton, que se utiliza en el cálculo de posiciones cero. Un fractal en el espacio tridimensional es la esponja de Menger. Los conceptos fractales se encuentran también en la naturaleza. En este caso, sin embargo, el número de los planos de estructuras similares propias es limitado y es con frecuencia solamente 3 a 5. Ejemplos típicos de la biología son las estructuras estrictamente fractales en el cultivo de la coliflor verde Romanesco, en los helechos y en las amonitas. Una buena visión de conjunto sobre las estructuras fractales en las amonitas se da en el libro "Ammonoideen: Leben zwischen Skylla und Charibdis" de Ulric Lehmann (Enke Verlag, Stuttgart 1990), páginas 63 – 105. Pero también las microalgas muestran con frecuencia estructuras de apoyo constituidas de forma fractal en varios planos. Muy extendidas son también las estructuras fractales con similitud propia estadística. A ellas pertenecen, por ejemplo, los árboles, la circulación de la sangre, los sistemas de flujo y las líneas de la cosa.

[0011] Los derechos de protección sobre el tema "Configuración fractal" solamente se conocen en la construcción de antenas (DE 10 2004 013642 B4, DE 696 33 975 T2), en la generación de una estructura de amortiguación en la zona marginal de una platina de circuito (DE 103 36 290 A), de turbulencia interfluido (DE 697 31 841 T2) o polímeros (DE

696 35 552 T2) y en una cubierta parcial de una carretera para la protección del ruido (DE 102 20 989 A1). No se describen estructuras de apoyo fractales con un desarrollo de acuerdo con el prototipo de amonitas o microalgas, aquí especialmente las cáscaras de algas silíceas, en aplicaciones técnicas.

5 **[0012]** Las amonitas (del latín Ammonoidea) altamente especializadas, muy ricas en formas se extinguieron hace aproximadamente 65 millones de años con una catástrofe natural global (caída de meteorito). Sus características estructurales se habían desarrollado, sin embargo, esencialmente más que las de sus parientes que viven actualmente como, por ejemplo, Nautilus. Por lo tanto, algunas de las estructuras más interesantes para la construcción de peso ligero no hay que buscarlas en la actualidad, sino como en el caso mostrado aquí sino en la época de la formación cretácea. En el transcurso de la evolución, especialmente las paredes de separación (tabique) de la parte de la cáscara rellena de gas (Phragmokon) tienden a plegamientos cada vez más filigranas y más complejos, de manera que, por ejemplo, en numerosas amonitas de la época de la formación cretácea, cada centímetro cuadrado de la capa exteriores apoyado por las estructuras internas. Hacia el centro de la pared de separación se conectan sus zonas exteriores fuertemente plegadas para formar una superficie sencilla lisa y muestran las transiciones fluidas integradas entre los elementos de la estructura en los planos fractales individuales, que conducen a una ausencia de tensión de entalladura casi perfecta. Una aplicación de la estructura de apoyo de división fractal de acuerdo con la invención es conveniente siempre que el espacio interior de la construcción de peso ligero no está prevista o totalmente para una utilización (por ejemplo, parachoques, cubiertas de buques, cascos de buques y partes de aviones para el almacenamiento de líquidos (combustibles, por lo tanto depósitos y superficies de sustentación). En este caso, las estructuras de apoyo pueden estar previstas, de acuerdo con el requerimiento y las relaciones de espacio tanto sobre el lado exterior como también sobre el lado interior del revestimiento superficial. Las construcciones de estructura especialmente estable pueden presentar estructuras de apoyo también sobre los dos lados del revestimiento exterior. En la ampliación, una estructura de apoyo se puede adaptar de manera extraordinariamente variable y de nuevo a las relaciones de caga y de espacio.

25 **[0013]** Un elemento que aparece con frecuencia en una estructura de apoyo es la nervadura de apoyo. Otros elementos son, por ejemplo, arcos de apoyo, puentes de apoyo, tirantes de apoyo, pilares de apoyo, paredes de apoyo y placas de apoyo. En este caso, en conexión con la invención se puede hablar, en general, de nervaduras de apoyo, también cuando éstas se extienden, por ejemplo, en el espacio interior de un tubo sobre toda su sección transversal. A partir de la técnica de construcción se conocen nervaduras de apoyo realizadas, en general, no continuas. Las nervaduras de apoyo que forman una especie de pared de separación (de manera similar al tabique de las amonitas) no deben estar impresas en este caso de ninguna manera impermeables, sino que, en caso necesario, pueden presentar una o varias aberturas para el paso de fluidos. De acuerdo con el tipo de la construcción de peso ligero, la estructura de apoyo puede estar fabricada a partir de los más diferentes materiales, por ejemplo madera, cartón, plásticos, materiales de fibras y otros materiales compuestos y de materiales metálicos. Los campos de aplicación de la invención para la industria no están actualmente todavía solamente contemplados. Son concebibles numerosos campos de aplicación comenzando con ahorros de peso de supertanques, que entonces estarían en condiciones que llevar más carga, pasando por submarinos que se sumergen más profundamente, superficies de sustentación más ligeras y fuselajes de aviones, parachoques y protección contra impacto lateral de vehículos hasta nuevos diseños para muebles de asiento. Un ejemplo concreto de una aplicación es también el tabique de aire de aviones, que está expuesto a una diferencia de presión considerable de manera correspondiente a la pared de separación más exterior de las amonitas.

40 **[0014]** De acuerdo con el prototipo de la naturaleza, al desarrollo fractal de las nervaduras de apoyo se puede superponer todavía un desarrollo en forma de meandro de las nervaduras de apoyo, con lo que resulta un apoyo especialmente uniforme del revestimiento superficial. En la presente invención, por meandro no se entienden formas ortogonales, sino formas redondeadas con modificaciones de la dirección en la línea de desarrollo de la forma, es decir, en el sentido de líneas onduladas. En este caos, el desarrollo en forma de meandro puede ser también asimétrico. En efecto, llama la atención que las zonas exteriores en forma de meandro de las estructuras de apoyo (las líneas de lóbulos) en las amonitas están constituidas, en general, de forma asimétrica, es decir, en una dirección en punta, y en la otra dirección están estampadas en forma de arco. En el caso de una diferencia de la presión entre dos cámaras separadas por estas estructuras, esto es técnicamente conveniente cuando la resistencia máxima a la tracción del material se diferencia en una medida significativa de la resistencia a la presión.

50 **[0015]** Por lo demás, las nervaduras de apoyo se extienden también cerradas, por ejemplo en forma de un rectángulo o con preferencia en forma de panal de abejas. El desarrollo fractal resulta entonces a través de la disposición integrada de nervaduras de apoyo de panal de abejas cada menores y más bajas. Esto tiene en cuenta que la presión superficial y la sección transversal del material se escalan ambas con el cuadrado de la escala longitudinal. Por lo tanto, también la anchura y la altura de las estructuras de panal de abejas se reducen en la misma medida que su diámetro. A través de este principio, los revestimientos exteriores de las carcasas de presión, en función del número de los planos fractales, se pueden configurar discretionalmente finos. Los panales de abejas integrados se pueden colocar en este caso tanto dentro como también fuera. Cada plano fractal se define por una forma de reducción de la estructura de apoyo (ver a este respecto también la parte de la descripción especial). Una combinación de la estructura de apoyo fractal con una estructura de apoyo convencional, no fractal, por ejemplo una estructura sencilla de nervaduras, es posible igualmente de manera ventajosa.

60 **[0016]** Además, el revestimiento superior de la construcción de peso ligero puede estar configurada como revestimiento exterior. Entonces se puede tratar, por ejemplo, de una superficie de soporte o de un tabique de un avión o de un casco de buque. Tales construcciones de peso ligero, en las que la construcción de peso ligero está configurada

entonces más bien en forma de placa, dado el caso con una curvatura, presentan, en general, un espacio interior útil. De esta manera se condiciona que la estructura de apoyo no pueda atravesar todo el espacio interior, sino solamente en la zona del revestimiento exterior. Pero en el espacio interior se puede tratar también de un tubo. En este caso, la estructura de apoyo puede estar dispuesta con preferencia en el tubo. Las nervaduras de apoyo pueden atravesar entonces todo el tubo y pueden presentar escotaduras, cuando un fluido debe circular en el tubo. La configuración de las nervaduras de apoyo que se extienden en forma fractal se puede realizar con preferencia como un plano radial ondulado axialmente o como varios planos radiales lisos (ver a este respecto también la parte de la descripción especial).

EJEMPLOS DE REALIZACIÓN

10 **[0017]** Las formas de configuración de la construcción de peso ligero con una estructura de apoyo fractal de acuerdo con la invención se explica a continuación con la ayuda de las figuras esquemáticas para la mejor comprensión de la invención. En este caso:

La figura 1 muestra una fotografía de la vista superior de la cáscara de una amonita con líneas de lóbulos (prototipo de la naturaleza)

15 La figura 2 muestra una fotografía de la vista interior de la cáscara en las amonitas según la figura 1 (prototipo de la naturaleza).

La figura 3 muestra un diagrama sobre el desarrollo de líneas de lóbulos cada vez más complejas (prototipo de la naturaleza).

La figura 4 muestra simulaciones de diferentes líneas de lóbulos (estado de la técnica).

20 La figura 5 muestra una fotografía de una vista interior de la cáscara en otra amonita (prototipo de la naturaleza).

La figura 6 muestra un fragmento ampliado de una primera estructura de apoyo fractal.

La figura 7 muestra la disposición de la estructura de apoyo según la figura 6 en un tubo (sección longitudinal dividida por la mitad).

25 La figura 8 muestra un fragmento ampliado de una segunda estructura de apoyo fractal.

La figura 9 muestra una cáscara con una tercera estructura de apoyo fractal en forma de panal de abejas.

Las figuras 10, 11, 12 muestran tomas microscópicas de microalgas (cáscaras de algas silíceas) (prototipo de la naturaleza) y

La figura 13 muestra un desarrollo de evolución de las amonitas con diagramas simulados de la tensión.

30 **[0018]** A partir del libro citado anteriormente de Ulric Lehmann proceden las siguientes figuras 1 a 5:

La figura 1 muestra las líneas de lóbulos de una amonita (*Amphipopanoceras médium*) en un núcleo de piedra, hallado en Spitzberg, de un ejemplar fosfatado con relleno de carbonato cálcico. La línea de lóbulos representa la línea de contacto de la estructura de apoyo interior o bien de las nervaduras de apoyo (tabiques) con la pared exterior de la cáscara. Se puede reconocer claramente el desarrollo de división fractal de las líneas de lóbulos. Pero este despliegue está limitado solamente sobre la zona marginal, el desarrollo se alisa hacia el interior (ver la figura 2) y muestra las transiciones fluidas integradas entre los planos fractales. La estructuración fractal sirve, por lo tanto, para el apoyo óptimo del revestimiento exterior fino.

40 **[0019]** Las paredes exteriores de las cámaras rellenas de gas no pudieron ser reparadas por el animal, puesto que no se extienden hasta el tejido vivo. El daño de las paredes de las cámaras y la inundación implicada con ello de las cámaras condujo de esta manera al hundimiento del animal y a su muerte. Por lo tanto, desde el punto de vista de la historia del desarrollo es razonable que las amonitas desarrollasen una cáscara cada vez más estable, sobreviviendo los animales con estas cáscaras más estables a los ataques de enemigos comedores o estando estos animales en condiciones de utilizar recursos alimenticios que se encontraban más profundo, no accesibles para otros. El desarrollo de cáscaras más macizas se enfrentaba en este caso a dos circunstancias. Por una parte, una cáscara más maciza con paredes más gruesas requiere un gasto de construcción elevado. Debería invertirse energía adicional en la construcción de la cáscara, que falta entonces para otras zonas importantes para la vida. Por otra parte, paredes más gruesas de la cáscara significan un peso adicional, lo que solamente se puede compensar en márgenes estrechos en un animal que se mueve suspendido en el agua.

50 **[0020]** Por lo tanto, las mejores posibilidades de supervivencia y de desarrollo las tenían los animales que procuraron desarrollar una cáscara más estable, sin necesitar más material para ello. Una tendencia, que se puede constatar de la misma manera muchas veces en la historia del desarrollo de las amonitas, es en este caso la formación de estructuras de tabiques plegados fractales. Las paredes de separación entre las cámaras llegaron a ser en este caso con el tiempo

5 cada vez mas filigranas y más complejas (ver la figura 3). La configuración repetida de esta forma muy especial de tabiques muestra que en este caso no se trataba de un desarrollo casual, sino que las paredes plagadas de las cámaras debían implicar una ventaja considerable frente a la competencia. El tabique de las amonitas debe cumplir, en principio, dos funciones. Se refuerza la cáscara contra el ataque de enemigos comedores, que tratan de romper con sus dientes la cáscara. En este caso, se trata de una carga fuerte puntual. La segunda función del tabique es la estabilización de la cáscara contra una presión exterior elevada, como aparece en grandes profundidades. En este caso, se produce una carga de presión regular en la periferia de la cáscara y en el tabique en el extremo de la cámara de vivienda.

10 **[0021]** En el transcurso de la historia del desarrollo de las amonitas se llegó varias veces casi hasta la extinción completa de este grupo de animales. Estos instantes del retroceso drástico de la pluralidad de tipos de las amonitas coinciden la mayoría de las veces muy cerca con la transición desde una época a la siguiente. En este caso, sobreviven con frecuencia solamente una o dos especies poco especializadas con estructura sencilla de la cáscara. En el transcurso de la multiplicación siguiente de los tipos se produce también de nuevo un plegamiento más fuerte de los tabiques.

15 **[0022]** La figura 4 muestra diferentes simulaciones de tabiques de amonitas (parte superior izquierda: por medio de chapa ondulada, parte superior derecha: por medio de serpentinas de alambre y burbuja de jabón, parte inferior izquierda: por medio de serpentinas de alambre y papel, parte inferior derecha: por medio de serpentinas de alambre y revestimiento de goma). Se puede reconocer claramente la estructura de apoyo fractal en varios planos fractales. También se puede reconocer claramente que la estampación de las estructuras de apoyo está diseñada para una sollicitación a presión lateral –sobre la pared exterior de la cáscara-.

20 **[0023]** La figura 5 muestra una estructura de apoyo de división fractal con un modelo en forma de árbol (hallado en *Lytoceras siemens*).

25 **[0024]** La figura 6 muestra en una ampliación de 1,5 veces un fragmento de una primera estructura de apoyo FSS1 de división fractal (formulada de forma abreviada como fractal) para la disposición en un tubo. Las nervaduras de apoyo SR se extienden sobre uno de los lados S1 en un desarrollo de orden superior de las ondas WV11 y están onduladas una segunda vez dentro de este desarrollo de orden superior de las ondas WV11, de manera que resulta un desarrollo subordinado de las ondas WV12 con dimensiones reducidas aproximadamente un orden de magnitud con respecto al desarrollo de orden superior de las ondas WV11. El desarrollo de orden superior de las ondas WV11 forma un primer plano fractal FE1, el desarrollo subordinado de las ondas WV12 forma un segundo plano fractal FE2. La transición entre los dos planos fractales FE1, FE2 está integrada de forma fluida, de manera que no aparecen entalladuras en punta y, por lo tanto, picos de tensión de entalladura. Esto se ve de manera todavía más clara en el alisamiento de la estructura de apoyo FSS1 hacia el centro axial. Si el desarrollo subordinado de las ondas WV12 se ondula de nuevo en su desarrollo, existiría todavía un tercer plano fractal. De manera similar se extienden las nervaduras de apoyo SR sobre el otro lado S2 en un desarrollo de orden superior de las ondas WV21 y en un desarrollo subordinado de las ondas WV22. Aquí, sin embargo, con la diferencia de que el periodo del desarrollo de orden superior de las ondas WV21 está desplazado medio periodo con respecto al desarrollo de orden superior de las ondas WV11 sobre el primer lado S1, de manera que los máximos de las ondas sobre el primer lado S1 están colocados frente a los mínimos de las ondas sobre el segundo lado S2.

40 **[0025]** La figura 7 muestra a escala original la estructura de apoyo FSS1 de división fractal en la disposición en un tubo RO cortado en la dirección longitudinal. Se puede reconocer claramente que la estructura de apoyo FSS1 de división fractal presenta de nuevo transiciones integradas fluidas en dirección al eje del tubo y el tubo RO se apoya de manera óptima sobre su lado interior. El tubo RO presenta un espacio interior NI útil, que puede ser atravesado por ejemplo por un fluido. A tal fin, las nervaduras de apoyo SR presentan varias aberturas DB. El revestimiento superficial del tubo RO puede estar configurado como revestimiento exterior AH y, por lo tanto, puede estar sometido a influencias del medio ambiente, en particular también a cargas de presión. El tubo RO representa una construcción de peso ligero LBK, puesto que en lugar de una pared gruesa, intensiva de material, presenta una estructura de apoyo FSS1 de división fractal.

45 **[0026]** La figura 8 muestra en ampliación duplicada una segunda estructura de apoyo FSS2 de división fractal en la semi-sección longitudinal, que corresponde a la primera estructura de apoyo de división fractal, pero que presenta otro periodo.

50 **[0027]** La figura 9 muestra una cáscara GH con una estructura de apoyo FFS3 de división fractal en forma de panal de abejas. La estructura de apoyo FFS3 de división fractal presenta dos planos fractales: sobre un primer plano fractal FE1 con paneles de abejas individuales WB1 se encuentran dentro de cada panal de abejas WB1 cinco paneles de abejas WB2 cada vez más pequeños, que forman el segundo plano fractal FE2. Otros paneles de abejas de estos paneles de abejas pequeños formarían un tercer plano fractal.

55 **[0028]** Además, en la figura 9 se puede reconocer que la estructura de apoyo FFS3 de división fractal está superpuesta con otra estructura de apoyo NFS no fractal (aquí, sin embargo, fuera de la estructura de apoyo FFS3; de la misma manera es posible una superposición directa de las estructuras). En este caso se trata de una estructura de nervaduras lineal sencilla con una nervadura longitudinal LR y varias nervaduras transversales QR. A través de la combinación de

diferentes estructuras de apoyo FSS, NFS de tipo fractal y no fractal se puede reforzar de manera óptima cualquier construcción de peso ligero sin empleo adicional significativo de material.

5 **[0029]** El prototipo de la naturaleza para la estructura de apoyo FSS3 de división fractal según la figura 8 se muestra en la figura 10: estas microalgas en forma de algas silíceas bentitas muestran una división fractal en tres planos fractales. La figura 11 muestra otra cáscara de alga silícea de división fractal muy expresiva. La figura 12 muestra un alga silícea de división fractal (*Isthmia*) con una estructura de nervaduras no fractal superpuesta directamente sobre la división fractal.

10 **[0030]** La figura 13 muestra en la parte superior la evolución de una amonita con complejidad creciente de la estructura de apoyo. La amonita derecha muestra una estructura de apoyo fractal. Los diagramas de la tensión correspondientes (creados de acuerdo con el Método de los elementos finitos FEM) muestran un incremento de la potencia en la zona del revestimiento exterior a través de la división fractal (la región nuclear de tensiones más fuertes (coloración oscura) ha sido menor, toda la región de la introducción de la tensión (coloración gris clara) es mayor y, por lo tanto, ha sido más uniforme).

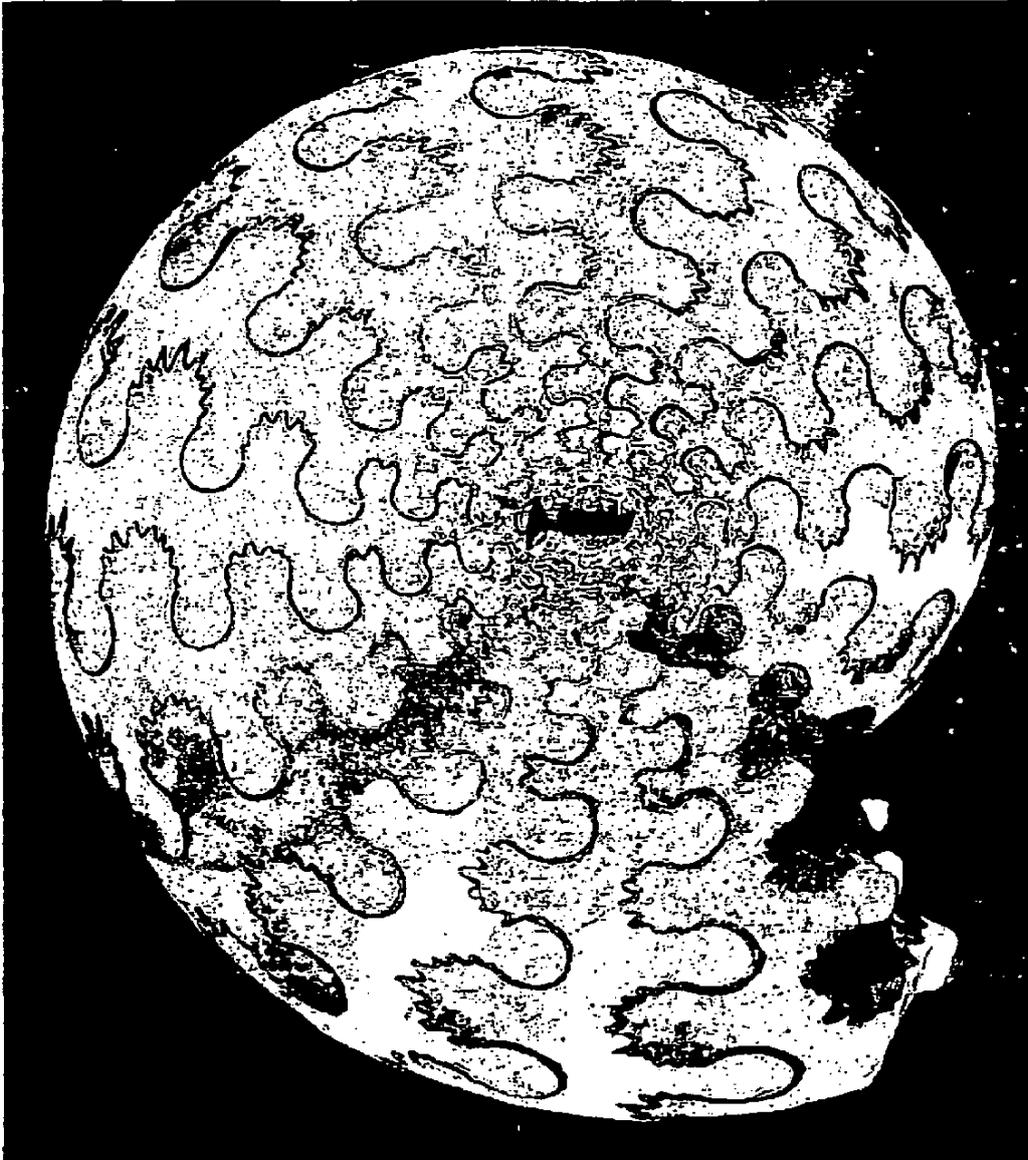
Lista de signos de referencia

15 **[0031]**

AH	Revestimiento exterior
DB	Abertura
FE	Plano fractal
FSS	Estructura de división fractal
20 GH	Cáscara
LBK	Construcción de peso ligero
LR	Nervadura longitudinal
NFS	Estructura de apoyo no fractal
NI	Espacio interior útil
25 QR	Nervadura transversal
TO	Tubo
S	Lado
SR	Nervadura de apoyo
WB	Panal de abejas
30 WV	Desarrollo de las ondas

REIVINDICACIONES

- 5 1. Construcción de peso ligero (LBK) con una estructura de apoyo (FSS1, FSS2, FSS3) constituida periódicamente de forma regular y que refuerza mecánicamente su revestimiento superficial (AH), con una división fractal de la estructura de apoyo (FSS1, FSS2, FSS3) en al menos dos planos fractales (FE1, FE2), caracterizada por transiciones fluidas integradas entre los planos fractales (FE1, FE2).
2. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por una disposición de la estructura de apoyo (FSS1, FSS2, FSS3) sobre el lado exterior y/o sobre el lado interior del revestimiento superficial de la construcción de peso ligero (LBK).
- 10 3. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por una constitución de la estructura de apoyo de nervaduras de apoyo (SR) con un desarrollo fractal.
4. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada por un desarrollo fractal de las nervaduras de apoyo (SR) de acuerdo con el prototipo de amonitas o microalgas.
- 15 5. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, caracterizada por una superposición de las nervaduras de apoyo (SR) que se extienden fractales con un desarrollo en forma de meandro de las nervaduras de apoyo (SR).
6. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizada por un desarrollo asimétrico en forma de meandro de las nervaduras de apoyo (SR).
7. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada por un desarrollo cerrado de las nervaduras de apoyo (SR).
- 20 8. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada por un desarrollo (WB) en forma de panal de abejas de las nervaduras de apoyo (SR).
9. Construcción de peso ligero de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada por una combinación de la estructura de apoyo (FSS1, FSS2, FSS3) de división fractal con una estructura de apoyo (NFS) no dividida fractal.
- 25 10. Construcción de peso ligero de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por una abertura (DB) sencilla o múltiple, que sirve para el paso de fluidos, de la estructura de apoyo (FSS1, FSS2, FSS3).
11. Construcción de peso ligero de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por una configuración del revestimiento superficial como revestimiento exterior (AH).
- 30 12. Construcción de peso ligero de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por un espacio interior (NI) útil.
13. Construcción de peso ligero de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizada por una configuración como tubo (RO).
- 35 14. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizada por una disposición de la estructura de apoyo (FSS1) en el tubo (RO) y una superposición de las nervaduras de apoyo (SR) que se extienden de forma fractal con una configuración como un plano radial vuelto axialmente o como varios planos radiales planos.
15. Construcción de peso ligero de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada por una configuración en forma de placa.
16. Construcción de peso ligero de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizada por una configuración de la configuración en forma de placa como tabique resistente a la presión.



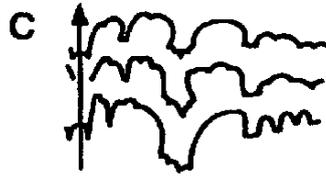
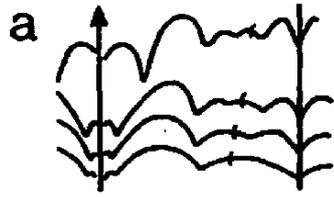
Prototipo de la naturaleza

Fig.1

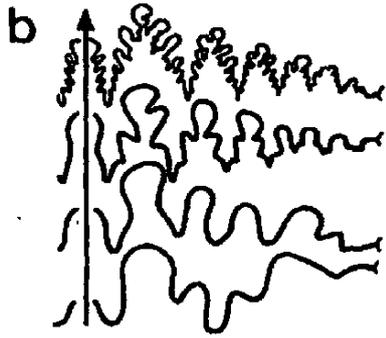


Prototipo de la naturaleza

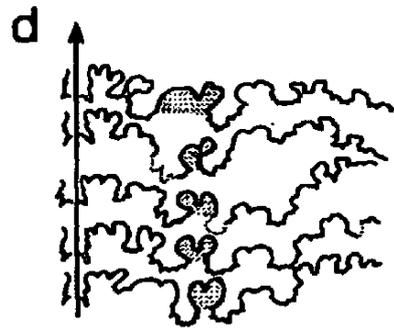
Fig.2



Variabilidad interior



Desarrollo ontogenético



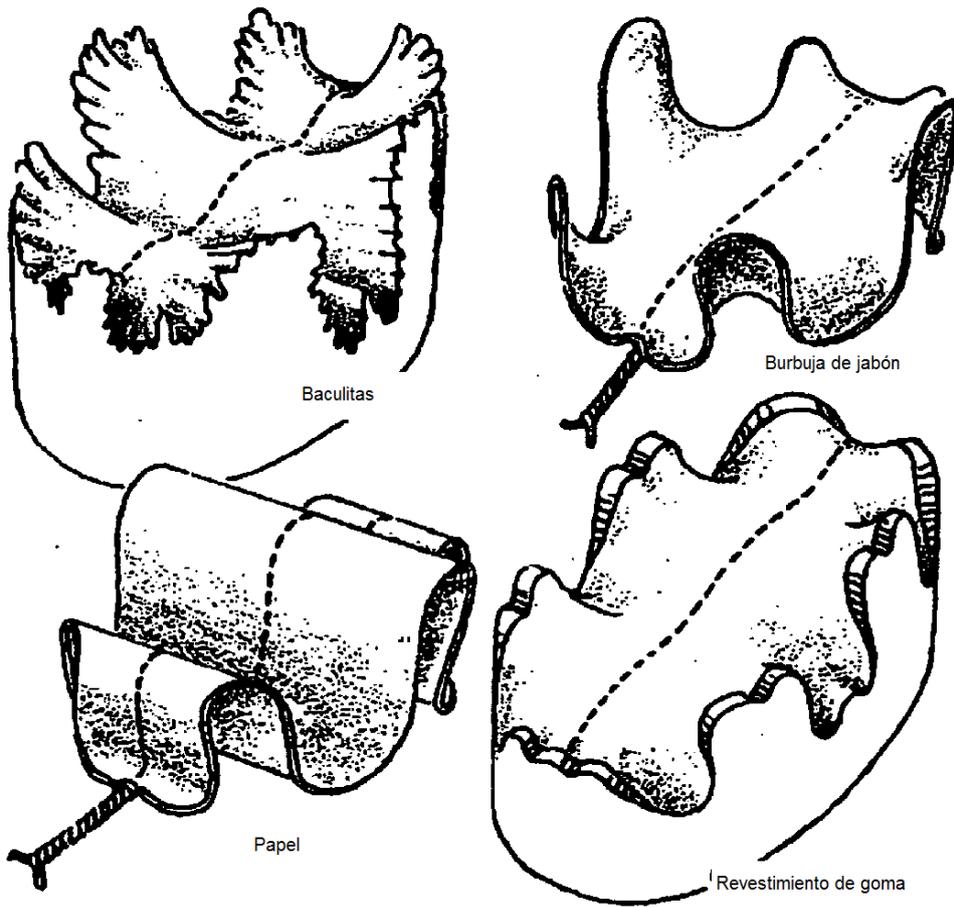
Variabilidad ontogenética



Líneas de tracción experimentales

Prototipo de la naturaleza

Fig.3



Estado de la técnica

Fig.4



Prototipo de la naturaleza

Fig.5

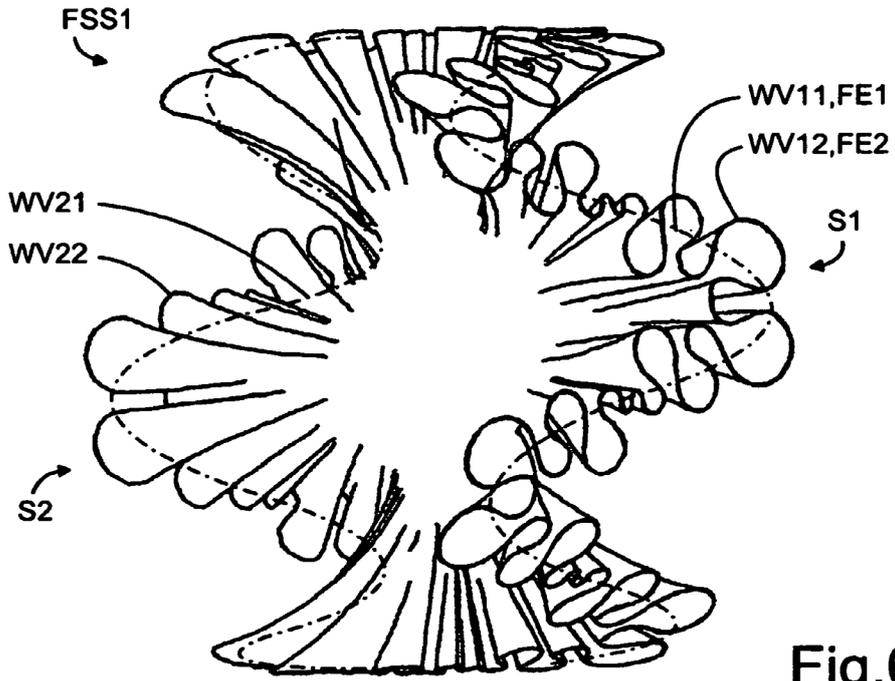


Fig.6

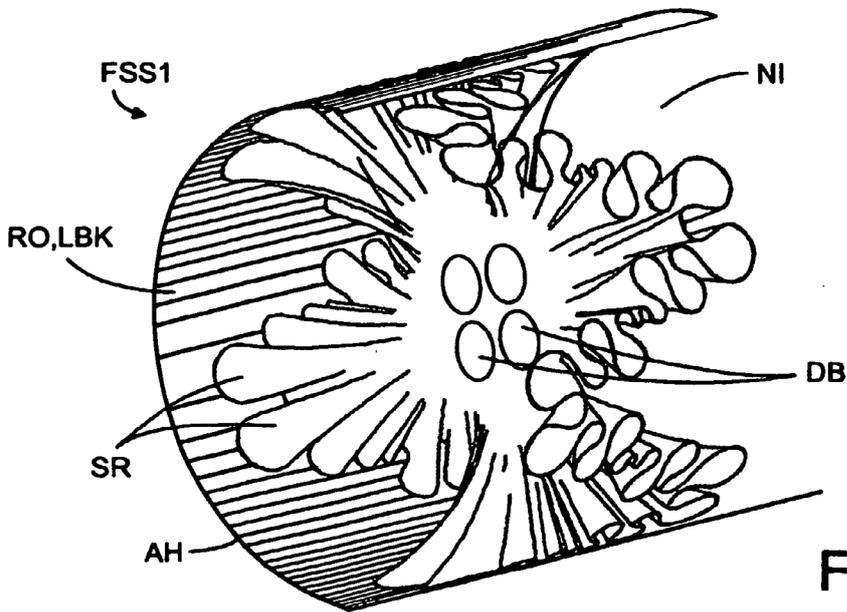


Fig.7

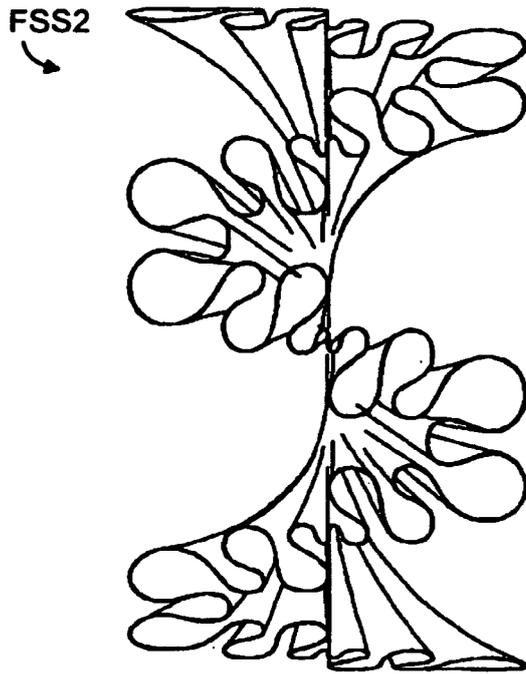


Fig.8

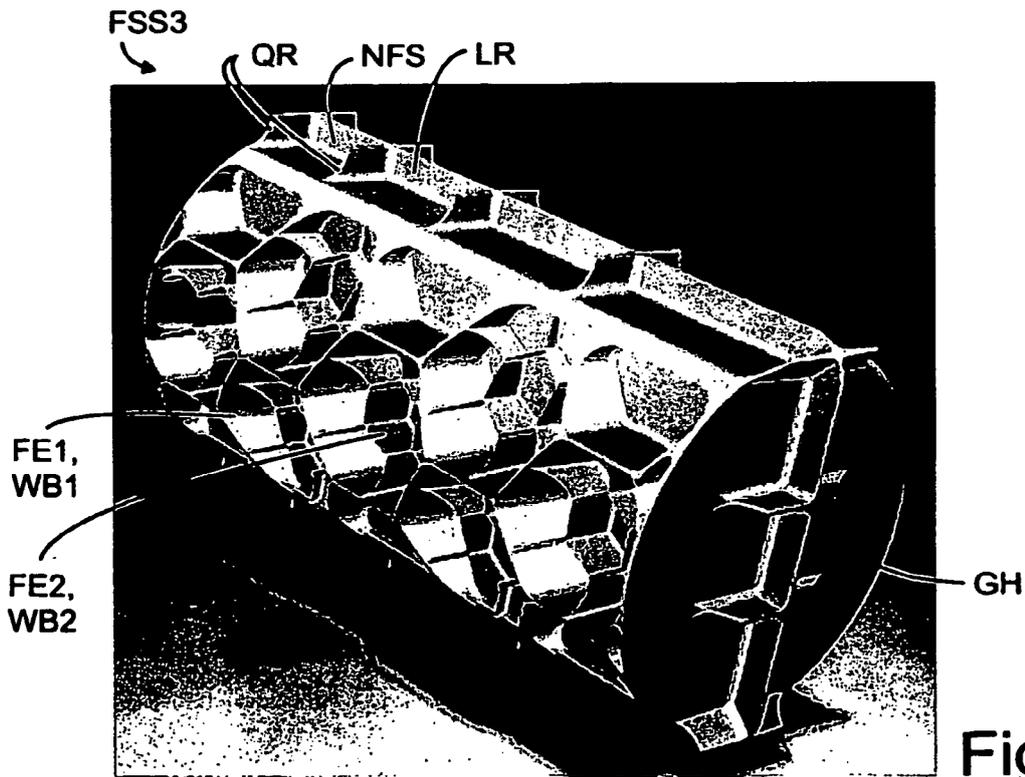
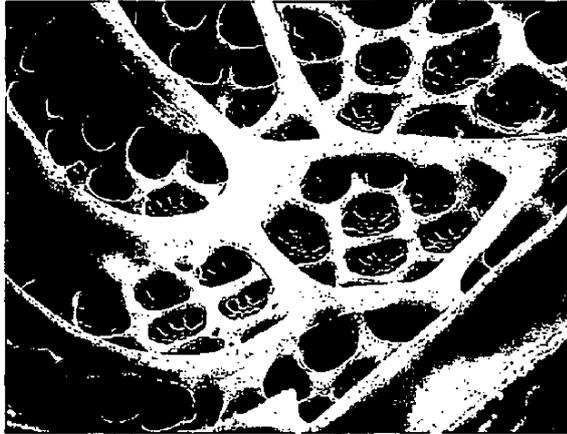
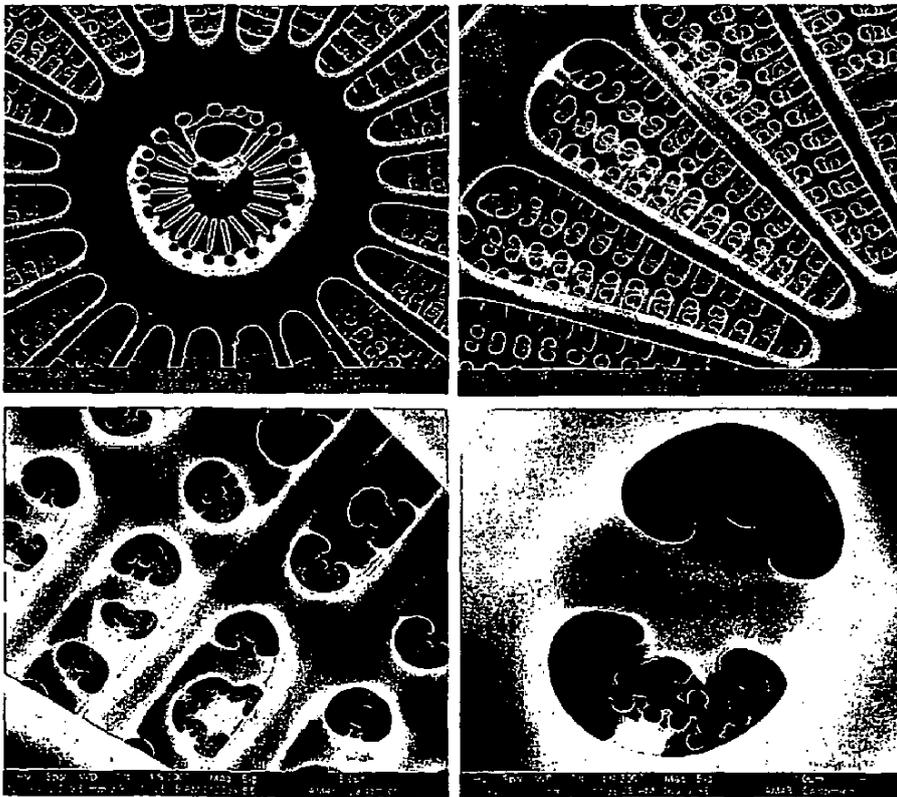


Fig.9



Prototipo de la naturaleza

Fig.10



Prototipo de la naturaleza

Fig.11



Prototipo de la naturaleza

Fig.12

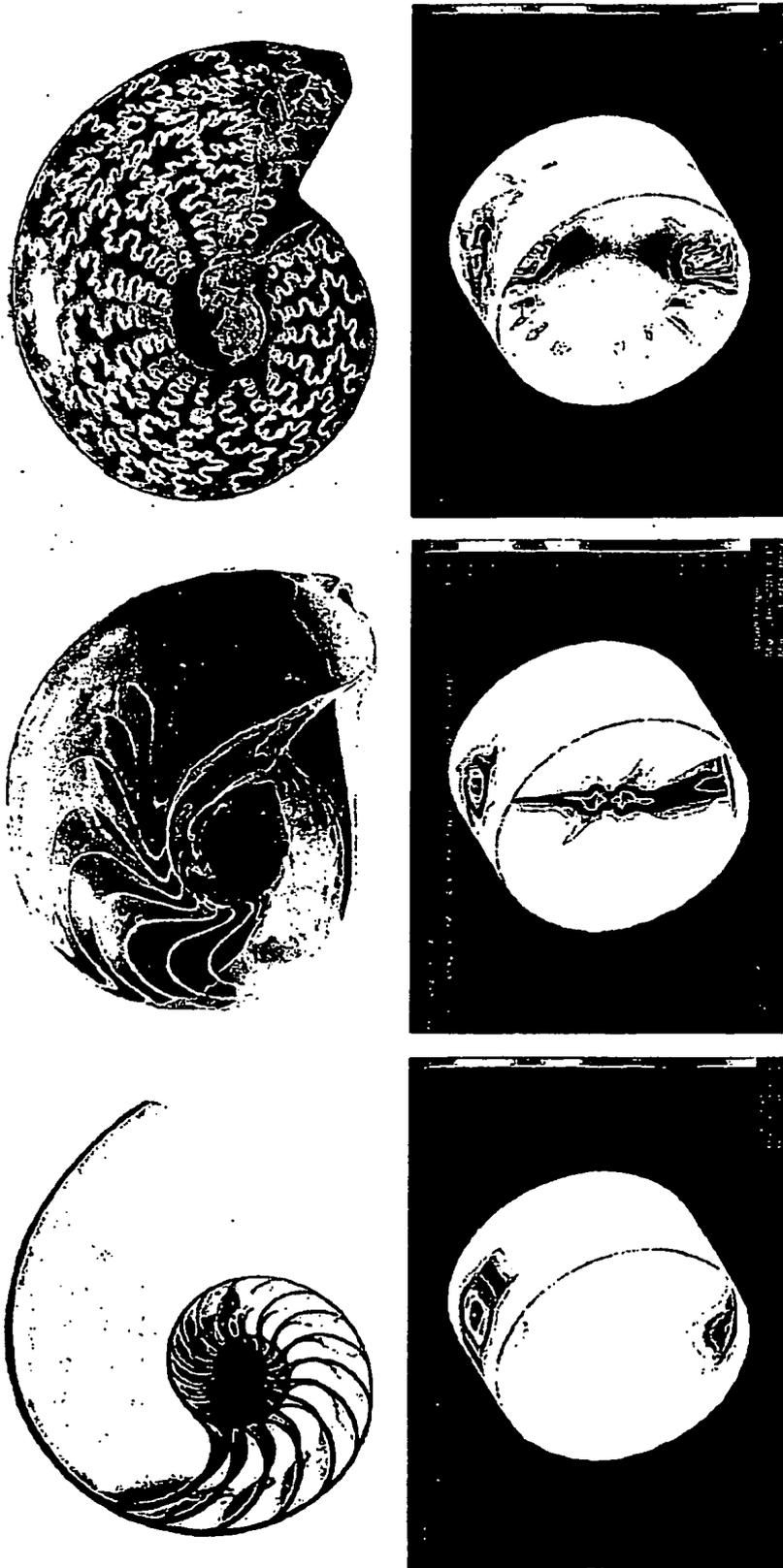


Fig.13