



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 335 050**

51 Int. Cl.:

D01D 5/20 (2006.01)

C04B 20/00 (2006.01)

E04C 5/07 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07250455 .8**

96 Fecha de presentación : **02.02.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1816242**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.08.2007**

54 Título: **Fibras de refuerzo bi-estrechadas.**

30 Prioridad: **03.02.2006 US 346647**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.03.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.03.2010

73 Titular/es: **W.R. GRACE & CO.-CONN.**
7500 Grace Drive
Columbia, Maryland 21044, US

72 Inventor/es: **Ranganathan, Anandakumar y**
Reider, Klaus-Alexander

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 335 050 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

Fibras de refuerzo bi-estrechadas.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a fibras para materiales de matriz de refuerzo estructural tales como hormigón, y más particularmente, a fibras cortas que no se fracturan por tensión, no fibrilables, que tienen un área de sección transversal sustancialmente uniforme mientras que varían en dos dimensiones de estrechamiento a lo largo de su longitud, modulando las fibras preferiblemente periódicamente en ambas dimensiones de estrechamiento.

Antecedentes de la invención

Los morteros y hormigones son materiales quebradizos que comprenden un aglutinante de cemento hidratable y, en el caso del mortero, un agregado fino tal como arena y, en el caso del hormigón, un agregado basto tal como grava machacada o pequeñas piedras. Si una estructura hecha de mortero u hormigón se somete a tensiones que superan su resistencia a tracción máxima, entonces las grietas pueden iniciarse y propagarse en esa estructura.

La capacidad de la estructura para resistir el inicio de las grietas se entiende en términos de su “resistencia”, que es proporcional a la carga máxima que puede sostener la estructura sin agrietamiento. Esto se mide evaluando la carga de tensión mínima (por ejemplo, el “factor de intensidad de tensión crítica”) requerida para iniciar el agrietamiento.

Por otro lado, la capacidad de la estructura para resistir la propagación (o ensanchamiento) de una grieta existente se describe como “tenacidad a la fractura”. Dicha propiedad se determina midiendo simultáneamente la carga requerida para deformar o “desviar” una muestra de una viga de hormigón reforzada con fibra (FRC) en una grieta abierta, y también midiendo la extensión de la desviación. La tenacidad a la fractura, por lo tanto, se determina dividiendo el área bajo la curva de desviación bajo carga (generada a partir de la representación de la carga contra la desviación de la muestra de FRC) por el área de su sección transversal.

Las fibras de refuerzo diseñadas para aumentar las propiedades tanto de resistencia como de tenacidad a la fractura se conocen y analizan en los documentos US 6.197.423, US 6.503.625, US 6.265.056, US 6.592.790, US 6.596.210 y US 6.773.646, que pertenecen al cesionario común de la presente. En estas patentes, Rieder *et al.* describen fibras poliméricas “micro-diastróficas” que tienen desplazamientos irregulares y aleatorios de material polimérico, fracturas por tensión y crestas elevadas microscópicas.

Análogamente, la Patente de Estados Unidos 3.592.727 describe un cable, embebido en plástico, en el que el estrechamiento de las fibras cambia bruscamente entre secciones transversales rectangulares y redondas, en las protuberancias creadas por los “surcos en V” de un rodillo de formación. Dichas protuberancias pueden crear puntos de concentración de tensión.

Posteriormente, en los documentos US 6.529.525, 6.569.526, 6.758.897 y 6.863.969, que pertenecen también al cesionario común de la presente, Rieder *et al.* describen fibras poliméricas que tienen una resistencia y tenacidad a la fractura mejoradas mientras que mantienen la dispersabilidad. Extruyendo y cortando un polipropileno plano 81m, y estirando las fibras cortadas usando una velocidad de estirado extremadamente alta, Rieder *et al.* consiguieron fibras que tenían un módulo de hasta 20 Gigapascales. Evitando la fractura por tensión de la técnica de aplanado micro-diastrófico mencionada anteriormente, podía mantenerse la integridad estructural de las fibras.

Las fibras de refuerzo de polipropileno cortadas que proporcionan alta resistencia y tenacidad a la fractura están disponibles en el mercado, en concreto, en Grace Construction Products, Cambridge, MA, con el nombre comercial “STRUX®”.

Uno de los objetivos de la presente invención es emplear fibras que tienen un módulo, de al menos 5 Gigapascales, y más preferiblemente de al menos 20 Gigapascales y mayor, para aumentar la capacidad de un material de matriz reforzado con fibra para resistir el inicio de las grietas.

Otro objetivo es proporcionar fibras que potencian la tenacidad a la fractura del material de matriz, su capacidad para resistir la desviación o el ensanchamiento de las grietas existentes. Los presentes inventores, en otras palabras, deben considerar ahora cuánto mejor es controlar la resistencia al arrancado de los materiales de fibra de alto módulo. Esta propiedad debe considerarse con respecto a la situación en la que las fibras se extienden a través de una grieta o abertura en el material de matriz.

En la Patente de Estados Unidos 4.297.414, Matsumoto describe fibras de polietileno que tienen protuberancias. Estas se fabrican mezclando un polietileno que tiene un índice de fusión no mayor de 0,01 a 190°C bajo una carga de 2,16 Kg con polietileno que tiene un índice de fusión mayor de 0,01, obteniendo de esta manera una mezcla que tiene un índice de fusión de 0,01 a 10. Esta mezcla se extruyó en condiciones tales para crear una superficie dentada, que después se estiró para generar las protuberancias superficiales. Para conseguir esta fractura extrema en estado fundido de la superficie después del tratamiento de estirado, era importante que “las convexidades y concavidades del producto extruido fueran tan afiladas y profundas como fuera posible” (Columna 3, U. 35-39). Aunque no hay duda

ES 2 335 050 T3

de que esto hace más difícil arrancar las fibras del hormigón, los presentes inventores creen que estas protuberancias y concavidades deterioradas crean puntos de ruptura potenciales o elementos deteriorados, que podrían conducir a una rotura prematura de las fibras y disminuir la eficacia de refuerzo para una cierta dosificación.

5 Una de las preocupaciones en el diseño de un producto de fibra de acero ha sido aumentar la resistencia a “arrancado” de la fibra, porque esto aumenta la capacidad de la fibra para vencer la propagación de grietas.

La Solicitud de Patente Japonesa Nº JP 57094403A muestra fibras de acero perforadas (para hormigón) con salientes, proyecciones y huecos. Sin embargo, los presentes inventores creen que es probable que dichos elementos creen puntos de rotura potenciales y, de esta manera, provocarían un fallo prematuro bajo tensión. El “punzón” usado para crear los salientes, proyecciones y huecos provocaría más probablemente fractura por tensión si las fibras fueran de naturaleza polimérica y, en consecuencia, estas fibras no tendrían capacidad de “arrancado”.

La Patente de Estados Unidos 3.953.953 de Marsden describe fibras que tienen extremos con forma de “J” para resistir el arrancado del hormigón. Sin embargo, dicha morfología puede crear problemas de enmarañado y hacer que las fibras sean difíciles de manipular y dispersar uniformemente dentro de una mezcla de hormigón húmeda. También, los presentes inventores creen que los extremos con forma de J provocan rotura prematura en el punto de tensión provocado por los pliegues de la forma de “J”. En la columna 1, líneas 54-56, Marsden indica que se supone que la parte final de sus fibras es de mayor sección transversal que la sección transversal más pequeña del tronco del filamento de la fibra. Prefería que las partes finales de sus fibras fueran mayores en ambas secciones planas transversales y longitudinales. (Véase, por ejemplo, Columna 1, líneas 54-56).

Un enfoque de extremo grande similar se mostró en la Solicitud de Patente Japonesa Nº JP06263512A2 de Kajima, que describía fibras cortas de refuerzo que se estrechaban gradualmente desde ambos extremos hacia la parte central de la fibra. La geometría de las fibras de Kajima, que parecen tener dos secciones cónicas finas unidas en sus partes superiores, se diseñó para permitir que la tensión de tracción sobre la fibra se dispersara en una matriz de hormigón o sintética, de manera que las fibras cortas estén mutuamente comprimidas y restringidas, resistiendo de esta manera las aberturas de grieta en la matriz. Lo que intenta Kajima es distribuir la carga sobre la fibra a la matriz de manera que la carga no se concentra en un punto, de manera que la propagación de las grietas en la matriz se evita distribuyendo la fuerza por toda la matriz.

La Patente de Estados Unidos 2.418.492 describe fibras con partes no estrechadas y partes estrechadas y también se refiere a fibras con una forma cónica, en las que el diámetro global cambia desde el diámetro máximo hasta las partes no estrechadas. Dicho filamento “grueso y fino”, que se describe también en el documento US 4.389.364, conduce al fenómeno de “cintura fina” que los presentes inventores están tratando de evitar.

Los presentes inventores creen que las fibras de la técnica anterior, tales como las descritas en Marsden y Kajima, pierden eficacia de refuerzo, porque dichas fibras tenderán a romperse en una sección media estrechada. En otras palabras, la pequeña cintura o menor diámetro definirá la capacidad de soporte de carga máxima de la fibra individual.

Se deduce que en los extremos más grandes de dichas fibras, un exceso de material en el diámetro circunferencial permite el anclaje de la fibra por compresión radial de los extremos de la fibra durante un acontecimiento de abertura de grieta en la matriz circundante. Sin embargo, este exceso de material de fibra en ambos extremos no contribuye a la capacidad de soporte de carga máxima de la fibra, debido al hecho de que se diseña para que la rotura ocurra al menor diámetro.

El rendimiento de refuerzo de la fibra, por lo tanto, no es proporcional a la cantidad de material usado en la fibra.

Las fibras estrechadas de Kajima serían también difíciles de fabricar. Kajima no describe cómo se fabrica la forma bi-cónica o cómo dicha geometría estrechada puede fabricarse en una base continua a alta velocidad. Aunque puede suponerse que la forma cónica estrechada puede prepararse por colada del metal o material polimérico en un molde, es dudoso que dicho proceso pueda realizarse de forma práctica para aplicaciones de alto volumen tal como para hormigón de refuerzo. Si las fibras de Kajima tuvieran que fabricarse alterando las condiciones de extrusión, tal como estrechando la abertura del troquel o estirando el material polimérico extruido para reducir el diámetro circular, podría ocurrir la fractura de la superficie buscada por Matsumoto; esto frustraría el propósito de Kajima, que es distribuir las fuerzas a lo largo del cuerpo de la fibra.

Se sabe que las fibras poliméricas “onduladas” aumentan la resistencia a arrancado del hormigón y otros materiales de matriz. Por ejemplo, una fibra sinusoidal se describe en el documento US 5.981.630 de Banthia *et al.* y se ilustra como una forma de onda que tiene una amplitud de perfil. Un problema de las fibras onduladas, como se observa en el documento US 5.985.449 de Dill (Specialty Filaments), es que las fibras se hacen un ovillo (por ejemplo, aglomeración) en el hormigón que es difícil de evitar. Dill, por tanto, muestra una técnica de formación de haces para alinear las fibras entre sí para minimizar el auto-enmarañado.

Aparte de la dificultad en la dispersión, se cree que la ondulación no proporciona una solución totalmente satisfactoria para potenciar la resistencia a arrancado de las fibras. Esto se debe a que una grieta no siempre ocurre en la sección media longitudinal de una fibra dada. El resultado es que las fibras onduladas pueden arrancarse del hormigón u otra matriz de una forma “serpenteante” o similar.

Es necesaria una fibra estrechada mejorada novedosa que evite las desventajas anteriores y que pueda fabricarse tanto conveniente como económicamente para conseguir una alta eficacia de refuerzo así como una resistencia a arrancado controlada.

5 Sumario de la invención

Para evitar las desventajas de la técnica anterior, la presente invención se refiere a fibras de refuerzo sustancialmente que no fracturan por tensión, no fibrilables cortas, que tienen, por un lado áreas de sección transversal sustancialmente uniformes a lo largo de sus longitudes; y por otro lado, que tienen al menos dos dimensiones de estrechamiento a lo largo de sus longitudes para resistir el arrancado del hormigón u otro material de matriz.

La presente invención proporciona fibras para reforzar un hormigón u otro material de matriz, que comprende:

15 cuerpos de fibra que tienen dos extremos opuestos que definen entre ellos una parte de cuerpo de fibra alargado intermedio sustancialmente no fracturado y no fibrilable, teniendo el cuerpo de fibra una longitud de 5 mm-100 mm,

20 definiendo la parte de cuerpo un eje mayor longitudinal Z y comprendiendo un perfil de sección transversal que tiene al menos dos dimensiones de estrechamiento para la resistencia al arrancado del hormigón u otro material de matriz, dándose una primera dimensión de estrechamiento en un primer eje menor transversal X que es perpendicular al eje Z, dándose una segunda dimensión de estrechamiento en un segundo eje menor transversal Y que es perpendicular a ambos ejes X y Z;

25 teniendo la primera y segunda dimensiones de estrechamiento comportamientos de estrechamiento invertidos en las que, de un punto a otro a lo largo del eje Z, la primera dimensión de estrechamiento a lo largo del eje X aumenta a medida que disminuye la segunda dimensión de estrechamiento a lo largo del eje Y, y la primera dimensión de estrechamiento a lo largo del eje X disminuye a medida que aumenta la segunda dimensión de estrechamiento a lo largo del eje Y; y el área de sección transversal permanece sustancialmente uniforme de un punto a otro a lo largo del eje Z que tiene dichos comportamientos dimensionales de estrechamiento invertidos.

30 La presente invención proporciona también un material de matriz que contiene fibras como se ha definido anteriormente.

35 La invención proporciona adicionalmente fibras que comprenden al menos dos conjuntos diferentes de fibras individuales, en el que un primer conjunto de fibras comprende las fibras bi-estrechadas como se ha definido anteriormente y un segundo conjunto de fibras tiene una geometría del cuerpo de fibra o dimensiones del cuerpo diferentes de dicho primer conjunto de fibras.

40 Aún adicionalmente, la invención proporciona un proceso para fabricar fibras como se ha definido anteriormente, que comprende: comprimir una fibra metálica o polimérica entre rodillos opuestos que tienen superficies circunferenciales que tienen ondulaciones de ajuste que periódicamente repiten un patrón idéntico sobre cada uno de dichos rodillos opuestos, creando de esta manera un estrechamiento del material de fibra en cada una de las dos dimensiones transversales perpendiculares al eje mayor longitudinal de la fibra, así como creando un área de sección transversal uniforme de un punto a otro a lo largo de la longitud (Z) de las fibras.

45 La capacidad de soporte de carga máxima y la resistencia a arrancado controlado de las fibras se consiguen teniendo áreas de sección transversal sustancialmente uniformes a lo largo de la longitud de la fibra, evitando las fracturas por tensión creadas por aplanado mecánico y evitando anomalías superficiales tales como protuberancias o concavidades provocadas por la extrusión de fractura en estado fundido.

50 Típicamente, las fibras de la invención tienen un módulo de elasticidad no menor de 5 Gigapascales y no mayor de 250 Gigapascales, preferiblemente no menor de 20 Gigapascales y no mayor de 100 Gigapascales.

55 Las fibras bi-estrechadas ejemplares preferiblemente tienen una longitud de 5-100 mm y más preferiblemente 10-60 mm por fibra; una proporción de aspecto en términos de longitud a diámetro equivalente de 10-500 y más preferiblemente en el intervalo de 25-100; un módulo de elasticidad en el intervalo de 5-250 Gigapascales y, más preferiblemente, en el intervalo de 20-100 Gigapascales, una resistencia de tracción de 400-2.500 Megapascales, y una capacidad de soporte de carga de 50-5.000 Newton por fibra.

60 Cuando se emplean en un material de matriz tal como hormigón, las fibras idealmente proporcionan un equilibrio entre anclaje y arrancado cuando se extienden en una grieta que ocurre en un material de matriz. En el caso de hormigón agrietado, es preferible que las fibras se diseñen de manera que la mitad de las fibras se extienda a través del proceso de formación de grieta para arrancado del hormigón mientras que la otra mitad de las fibras que se extienden por la grieta debería romperse completamente en el punto en el que la estructura de hormigón se arrastra completamente lejos de la grieta. La energía máxima se absorbe, por tanto, desde el momento en el que el hormigón agrietado empieza a deformarse, hasta que ocurre un fallo catastrófico del hormigón.

65 La expresión “área de sección transversal sustancialmente uniforme” significa que el área de la sección transversal del cuerpo de fibra no debería variar más del 10%, y más preferiblemente no más del 5%, a lo largo del eje mayor

ES 2 335 050 T3

Z que está definido por el tronco o parte alargada del cuerpo de fibra. Los inventores creen que un área de sección transversal uniforme confiere la mayor eficacia de refuerzo posible (a diferencia de las secciones medias de cintura fina de las fibras de Marsden y Kajima mencionadas en los antecedentes). Las fibras de la presente invención son cortas y tiene una longitud de 5-100 mm y más preferiblemente 10-60 mm de longitud y preferiblemente tienen una proporción de aspecto en términos de longitud a diámetro equivalente de 10-500.

La expresión “dos dimensiones de estrechamiento” se refiere a y describe dos comportamientos de estrechamiento diferentes dentro de una longitud dada de fibra. Si el cuerpo o la parte de tronco de la fibra bi-estrechada corta define un eje mayor longitudinal Z, entonces los ejes menores X e Y se definen como perpendiculares al eje Z y entre sí y el perfil de sección transversal de la fibra aumenta o disminuye gradualmente en las direcciones de los ejes menores X e Y incluso cuando el área de la sección transversal permanece sustancialmente uniforme, de un punto a otro a lo largo del eje mayor Z. Es preferible tener las fibras rectas a lo largo del eje Z. Como puede ocurrir algo de torsión de las fibras durante el procesamiento y corte de las fibras, que se espera que no disminuya el rendimiento, por tanto, es posible que las fibras se doblen, curven, giren o incluso se ondulen (y de esta manera el eje Z podrá tener dicha geometría para los propósitos de definición de este documento) aunque de nuevo se prefiere que el cuerpo de fibra o la parte de tronco sean tan rectos como sea posible.

De esta manera, las fibras ejemplares de la invención comprenden un cuerpo de fibra que tiene dos extremos opuestos que definen entre ellos una parte de cuerpo alargado intermedio (o tronco) que sustancialmente no se fractura por tensión y es sustancialmente no fibrilable tras la mezcla en un material de matriz tal como materiales compuestos cementosos, hormigón, hormigón proyectado, mortero, asfalto o polímero sintético, definiendo la parte de cuerpo el eje mayor longitudinal Z y comprendiendo (A) un área de sección transversal sustancialmente uniforme que se desvía no más del 10%, y más preferiblemente no más del 5% a lo largo de la longitudinal de la parte de cuerpo alargado que define el eje mayor longitudinal Z; y (B) un perfil de sección transversal que tiene dos dimensiones de estrechamiento para resistencia a arrancado, dándose la primera dimensión de estrechamiento en un primer eje menor transversal X que es perpendicular al eje Z, dándose la segunda dimensión de estrechamiento en un segundo eje menor transversal Y que es perpendicular a ambos ejes X y Z; tendiendo la primera y segundas dimensiones de estrechamiento comportamientos de estrechamiento invertidos en los que, según uno se mueve de un punto a otro a lo largo del eje Z, (i) la primera dimensión de estrechamiento a lo largo del eje X aumenta a medida que disminuye la segunda dimensión de estrechamiento a lo largo del eje Y, (ii) la primera dimensión de estrechamiento a lo largo del eje X disminuye a medida que aumenta la segunda dimensión de estrechamiento a lo largo del eje Y y/o (iii) ambas características de estrechamiento mencionadas anteriormente descritas en el apartado (i) y (ii) de este documento están presentes.

Un número de perfiles de sección transversal de la fibra son posibles, incluyendo, aunque sin limitación, forma circular, ovalada, cuadrada, triangular o rectangular, otras formas cuadriláteras y formas poligonales y puede modularse entre cualquiera de estas formas. El perfil puede modularse entre una primera forma que tiene una primera proporción X/Y (medición a lo largo del eje menor X dividido por la medición a lo largo del eje menor Y) y una segunda forma que tiene una segunda proporción X/Y que es diferente de la del primer perfil. Preferiblemente, el perfil de una fibra se modula entre la primera y segunda proporciones X/Y al menos una vez y más preferiblemente de dos a quince veces. Puede ser posible tener hasta treinta modulaciones dependiendo de la naturaleza de los materiales de la fibra y de la matriz.

La presente invención se refiere también a materiales de matriz, incluyendo materiales cementosos hidratables que contienen las fibras, así como a los métodos para la fabricación de las fibras.

Otras ventajas y características de la invención se describen adicionalmente con detalle en este documento a continuación.

50 Breve descripción de los dibujos

Una apreciación de las ventajas y beneficios de la invención puede entenderse más rápidamente considerando la siguiente descripción escrita de las realizaciones preferidas junto con los dibujos adjuntos, en los que

55 La Figura 1A es una ilustración de una fibra corta ejemplar de la presente invención vista a lo largo del eje Y (que es perpendicular a los ejes X y Z indicados) en la que se muestra un primer comportamiento de estrechamiento entre la primera posición Z₁ y la segunda posición Z₂;

60 La Figura 1B es una ilustración de la fibra de la Figura 1A vista a lo largo del eje X (que es perpendicular a los ejes Y y Z indicados) en la que se muestra un segundo comportamiento de estrechamiento entre la primera posición Z₁ y la segunda posición Z₂;

65 La Figura 1C es una representación ilustrativa de la fibra mostrada en las Figuras 1A y 1B, en la que las áreas de sección transversal en la primera posición Z₁ y la segunda posición Z₂ se muestran solapadas;

La Figura 2A es una representación ilustrativa de otra fibra ejemplar de la presente invención vista a lo largo del eje Y (que es perpendicular a los ejes X y Z indicados) en la que se muestra un primer comportamiento de estrechamiento;

La Figura 2B es otra representación ilustrativa de la fibra de la Figura 2A vista a lo largo del eje X (que es perpendicular a los ejes Y y Z indicados) en la que se muestra un segundo comportamiento de estrechamiento;

La Figura 3A es una representación ilustrativa de otra fibra ejemplar de la presente invención vista a lo largo del eje Y (que es perpendicular a los ejes X y Z indicados) en la que se muestra un primer comportamiento de estrechamiento;

La Figura 3B es otra representación ilustrativa de la fibra de la Figura 3A vista a lo largo del eje X (que es perpendicular a los ejes Y y Z indicados) en la que se muestra un segundo comportamiento de estrechamiento;

La Figura 4 es un diagrama ilustrativo de un método ejemplar de la invención para fabricar fibras; y

La Figura 5 es una ilustración de un material de fibra que se conforma entre rodillos opuestos que tienen ondulaciones en sus superficies circunferenciales para conferir un estrechamiento gradual o características de bi-estrechamiento sobre la fibra.

Descripción detallada de la realizaciones preferidas

Como se ha mencionado en el sumario anterior, las fibras de la presente invención sustancialmente no se fracturan por tensión y son sustancialmente no fibrilables. Estas dos características de las fibra se definen, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos N° 6.569.526 de Rieder *et al.*, que pertenece al cesionario común de la presente.

Por “no fracturado por tensión” los presentes inventores pretenden referirse a cuerpos de fibra individuales que están sustancialmente libres de fracturas por tensión internas y externas tales como las que pueden crearse por métodos de molienda, métodos de aplanado mecánico (Compárese, por ejemplo, la Patente de Estados Unidos 6.197.423 de Rieder *et al.*) o por métodos de extrusión, que deterioran la superficie de las fibras (Véase, por ejemplo, la Patente de Estados Unidos N° 4.297.414 de Matsumoto). La intención general de este documento es mantener la integridad de los cuerpos de fibra individuales, no sólo en términos de integridad de la fibra estructural sino también de integridad y uniformidad del área superficie total, que entra en contacto con el material de matriz circundante, de manera que el fabricante puede controlar más cuidadosamente el comportamiento de resistencia a arrancado de un lote de fibra al siguiente.

Por “no fibrilable”, los presentes inventores pretenden referirse a cuerpos de fibra individuales que no se reducen sustancialmente a fibras más pequeñas o unidades de fibrilla cuando se mezcla mecánicamente en y se agitan dentro de la composición de matriz a la extensión necesaria para conseguir una dispersión sustancialmente uniforme de las fibras en la mezcla. Por ejemplo, cuando se introducen en un material de matriz tal como hormigón, que contiene arena y agregados de piedra, las fibras de la invención no deberían reducirse a cuerpos fibrilares más pequeños durante el tiempo requerido para mezclar las fibras, de manera que se dispersen uniformemente en el hormigón.

El término “sustancialmente” se usa para modificar las expresiones “no fracturado por tensión” y “no fibrilable” porque, durante la fabricación de las fibras o la mezcla de las fibras en hormigón, es posible ver algunas imperfecciones o hebras superficiales a nivel microscópico, particularmente cuando la fibra se extruye a partir del polímero sintético. Dichos fenómenos microscópicos se deben a imperfecciones en el polímero o al proceso de extrusión y/o a la rugosidad de la superficie de la fibra, teniendo en cuenta la mezcla en un hormigón que contiene agregados. Dichos sucesos microscópicos entonces, no se consideraban manifestaciones de la fractura por tensión o fibrilación en el sentido contemplado por los inventores.

La expresión “materiales de matriz” incluye un amplio intervalo de materiales que pueden reforzarse con fibras, incluyendo adhesivos, asfalto, cerámicos, materiales compuestos (por ejemplo, resinas) plásticos, elastómeros, tales como goma y estructuras hechas a partir de estos materiales.

Los materiales de matriz preferidos de la invención incluyen composiciones cementosas hidratables tales como pasta, mortero, hormigón en mezcla lista para usar, hormigón premoldeado, hormigón proyectado, lechada, maestra (para enrasar enlucidos), hormigones basados en yeso (tales como composiciones para planchas de pared), composiciones ignífugas basadas en cemento de yeso y/o Portland, membranas de impermeabilización y recubrimientos y otras composiciones cementosas hidratables, que pueden suministrarse en una forma de mezcla seca o húmeda.

Las fibras de la invención se usan en la parte de pasta de un “cemento”, “mortero” o “hormigón” húmedo hidratable. Todos ellos forman pastas que son mezclas compuestas por un aglutinante cementoso hidratable (normalmente aunque no exclusivamente, cemento Portland, cemento de albañilería o cemento de mortero, y pueden incluir también piedra caliza, caliza hidratada, cenizas volantes, escorias de horno de ráfaga granuladas, pozolanos y sílice y pirógeno y otros materiales usados habitualmente en dichos cementos) y agua. Los morteros son pastas que adicionalmente incluyen un agregado fino tal como arena. Los hormigones y morteros, adicionalmente incluyen un agregado basto tal como pequeñas piedras y grava machacada. Las “composiciones cementosas” de la invención se refieren, por tanto, e incluyen todas las anteriores. Por ejemplo, una composición cementosa puede formarse mezclando las cantidades requeridas de ciertos materiales, tales como un aglutinante cementoso hidratable, agua y agregados finos y/o gruesos, según se desee, con las fibras descritas en este documento.

ES 2 335 050 T3

Las fibras ejemplares de la invención pueden comprender metal (por ejemplo, acero) o uno o más polímeros sintéticos seleccionados entre el grupo que consiste en, aunque sin limitación, alcohol polivinílico, polietileno (incluyendo polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad y polietileno de peso molecular ultra alto), polipropileno, polioximetileno, poliamida y polímeros de cristal líquido termotrópicos. La geometría preferida puede obtenerse también con un material compuesto tal como un haz de filamentos finos o fibrillas unidos juntos mediante una resina adecuada o un aglutinante inorgánico para formar una unidad de "macro-fibra" más gruesa. Por ejemplo, los cuerpos de fibra individuales pueden comprender carbono fino continuo o poliamida aromática (conocido habitualmente como material Kevlar®) o vidrio/cerámica o polietileno de peso molecular ultra alto o incluso filamentos de fibra metálica de módulo muy alto y unidos reforzados juntos mediante resinas tales como nylon, epoxi, poliolefina y otros para proporcionar una fibra compuesta que posee el módulo y resistencia requeridos. Otros posibles materiales a partir de los cuales pueden formarse las fibras incluyen metales (por ejemplo, acero, acero inoxidable), inorgánicos (por ejemplo: vidrio, cerámico).

Los dibujos proporcionan la ilustración de diversas fibras ejemplares para facilitar la comprensión de la presente invención. Se presentan para enfatizar el concepto de estrechamiento y están dibujados a escala. Las figuras tienen dos extremos opuestos que definen entre ellas un cuerpo intermedio o parte de tronco que coincide con y define un eje mayor longitudinal y localizado centralmente Z. De esta manera, si la fibra se dobla, curva o retuerce, debe estirarse físicamente a mano o mantenerse por otro medio de manera que la fibra pueda verse apropiadamente y considerarse entre en un espacio tridimensional para los propósitos de la presente invención. Un eje menor transversal que es perpendicular al eje mayor Z se denominará eje X (y este corresponderá normalmente a la anchura, o dimensión más ancha de la fibra); y un segundo eje menor transversal que es perpendicular tanto al eje menor X como al eje mayor longitudinal Z se denominará eje Y (y este corresponderá normalmente a la dimensión del espesor donde la fibra tiene una forma o perfil de la sección transversal ovalado, rectangular o por lo demás plana).

Los presentes inventores contemplan que es posible tener más de dos dimensiones de estrechamiento diferentes y que las al menos dos dimensiones de estrechamiento no necesariamente tienen que estar a ángulos de 90 grados entre sí. Es posible, por lo tanto, tener una dimensión de estrechamiento que reside por ejemplo a un ángulo de 45 grados con respecto a la segunda dimensión de estrechamiento. Para las fibras pequeñas, como se contempla en la presente invención, sin embargo, se cree que tener un ángulo de 90 grados aproximadamente (perpendicular) para al menos dos dimensiones de estrechamiento es más conveniente.

Como se muestra en la Figura 1A, una fibra bi-estrechada corta ejemplar 10 de la presente invención tiene un primer comportamiento o característica de estrechamiento cuando se visualiza a lo largo del eje menor transversal Y, que es perpendicular al eje menor transversal X y el eje mayor longitudinal Z. El eje mayor Z coincide con y se define mediante la parte de cuerpo alargado (o tronco) de la fibra 10 entre un extremo, que se denomina primera posición Z₁ y, el otro extremo, que se denomina segunda posición Z₂. El primer comportamiento de estrechamiento se observa, cuando se mueven los ojos de izquierda a derecha sobre la ilustración, como un estrechamiento gradual de la anchura de Z₁ a Z₂ a lo largo de la longitud de la fibra 10.

La Figura 1B ilustra un segundo comportamiento o característica de estrechamiento de la fibra bi-estrechada ejemplar ilustrada en la Figura 1A cuando se gira 90 grados alrededor de su eje mayor longitudinal Z. La fibra, como se muestra en la Figura 1B, se visualiza a lo largo del eje menor transversal X, que es perpendicular al eje menor transversal Y y el eje mayor longitudinal Z. El segundo comportamiento de estrechamiento se observa cuando se mueven los ojos de izquierda a derecha sobre la ilustración, como un engrosamiento gradual de Z₁ a Z₂ a lo largo de la longitud de la fibra 10.

La Figura 1C es una ilustración compuesta de los perfiles de sección transversal, tomados en una primera posición Z₁ y una segunda posición Z₂, de la fibra bi-estrechada ejemplar 10 ilustrada en las Figuras 1 y 2, cuando se visualizan a lo largo del eje mayor longitudinal Z. Los ejes menores transversales X se designan en la dirección horizontal de la Figura 1C, mientras que el eje menor transversal Y se designa en la dirección vertical de la Figura 1C. De esta manera, los perfiles de sección transversal de la fibra bi-estrechada ejemplar 10 en Z₁ y Z₂ se muestran como una ilustración compuesta solapada. Las partes sombreadas localizadas a lo largo del eje menor X y designadas como ΔX_L (localizada a la izquierda del eje Y) y ΔX_R (localizada a la derecha del eje Y) representan el cambio en el área de la sección transversal que ocurre en la fibra 10 empezando en la primera localización Z₂ y progresando hacia la segunda localización Z₁. Las partes sombreadas localizadas a lo largo del eje menor Y y designadas como ΔY_T (localizadas por encima del eje X) y ΔY_B (localizadas por debajo del eje X) representan el cambio en el área de sección transversal que ocurre en la fibra entre la primera localización de fibra Z₁ y la segunda localización de fibra Z₂. La diferencia entre la suma total de ΔX_L y ΔX_R no debería ser mayor del 10% y más preferiblemente no mayor del 5% de la suma total de ΔY_T y ΔY_B; uno de los propósitos de la presente invención es conseguir fibras que tengan un área de sección transversal sustancialmente uniforme a lo largo del eje longitudinal Z.

En otras realizaciones preferidas de la invención, la cantidad de estrechamiento puede determinarse de acuerdo con la siguiente relación:

$$\Delta R / \Delta L \propto (\sigma \cdot A) / (\epsilon \cdot n \cdot L_f)$$

ES 2 335 050 T3

en la que “ ΔR ” representa el cambio entre la proporción R en Z_1 y la proporción R en Z_2 (en la que R =anchura/espesor); “ ΔL ” representa la longitud a lo largo del eje Z de una modulación (por ejemplo, la distancia entre Z_1 y Z_2 en las Figuras 1A y 2A); “ σ ” representa la resistencia a tracción de la fibra; “A” representa el área de sección transversal de la fibra, “ ϵ ” representa el módulo de compresión de la fibra, “n” representa el número de modulaciones por longitud de fibra; y “ L_f ” representa la longitud total de un extremo al otro de la fibra individual.

Cuanto más blando sea el material de fibra, mayor será el estrechamiento o amplitud en las dimensiones del perfil, por ejemplo a lo largo de los ejes transversales X e Y.

En la Figura 2A se muestra otra fibra bi-estrechada ejemplar 10 de la presente invención. La fibra 10, que se visualiza a lo largo del eje menor transversal Y tiene un ensanchamiento gradual, cuando se visualiza de izquierda a derecha de la ilustración, entre la primera localización de la fibra Z_1 y la segunda localización de la fibra Z_2 , y un estrechamiento gradual en la anchura entre la segunda localización de la fibra Z_2 y la tercera localización de la fibra Z_3 . En la Figura 2B se muestra la misma fibra 10 a lo largo del eje menor transversal X. Tiene una disminución gradual correspondiente en el espesor entre la primera localización Z_1 y la segunda localización Z_2 , y un aumento gradual correspondiente en el espesor entre la segunda localización Z_2 y la tercera localización Z_3 . Una ilustración compuesta de los perfiles de la sección transversal tomados en Z_1 , Z_2 , y Z_3 cuando se visualiza en la dirección a lo largo de eje mayor Z, puede recordar a la ilustración solapante compuesta de los perfiles mostrado en la Figura 1C. Aunque es posible que los diferentes perfiles de sección transversal usados para Z_1 y Z_3 pudieran ser diferentes, esto no es preferible.

Puede decirse que la fibra bi-estrechada 10 mostrada en las Figuras 2A y 2B tiene dos modulaciones (es decir, de Z_1 a Z_2 y de Z_2 a Z_3). Los perfiles o formas de sección transversal en Z_1 y Z_3 son iguales y se prefiere que la distancia Z_1 a Z_2 y la distancia de Z_2 a Z_3 sea aproximadamente igual, de manera que se dice que la fibra 10 tiene dos modulaciones o un periodo o ciclo de modulación completo.

En las Figuras 3A y 3B se muestra otra fibra bi-estrechada 10 ejemplar de la presente invención. La fibra 10, que se visualiza en la Figura 3A a lo largo del eje menor transversal Y, tiene un estrechamiento gradual de Z_1 a Z_2 y de Z_3 a Z_4 y un estrechamiento gradual en la anchura de Z_2 a Z_3 y de Z_4 a Z_5 . La fibra 10, cuando se visualiza a lo largo del eje menor transversal X en la Figura 3B, tiene una disminución gradual correspondiente en el espesor de Z_1 a Z_2 y de Z_3 a Z_4 y un aumento gradual en el espesor de Z_2 a Z_3 y de Z_4 a Z_5 . Preferiblemente, los perfiles de sección transversal de Z_2 y Z_4 son iguales mientras que los perfiles de sección transversal de Z_1 , Z_3 y Z_5 son iguales y las distancias entre Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , y Z_5 son iguales, de manera que puede decirse que la fibra ejemplar 10 mostrada en las Figuras 3A y 3B tiene cuatro modulaciones o dos periodos de modulación completos o ciclos de modulación.

Aunque las fibras de ejemplares de las Figuras 1A-1B, 2A-2B, y 3A-3B se mostraron con extremos de fibra coincidentes con las dimensiones de perfil de sección transversal más extremas (es decir, las dimensiones mayores o menores a lo largo del eje X o el eje Y), esto se pretendía para propósitos ilustrativos únicamente, porque los presentes inventores no creen que sea necesario que la longitud de la fibra sea corta para coincidir de forma precisa con la parte de mayor anchura (eje X) o la parte más fina (eje Y). Este será el caso, particularmente, cuando los cuerpos de fibra individuales tengan dos o más modulaciones (o ciclos de modulación).

Por consiguiente, las fibras ejemplares pueden tener al menos dos modulaciones en las que el perfil de sección transversal de la fibra aumenta y disminuye en anchura correspondiente a una disminución y aumento en el espesor. Otras fibras ejemplares puede tener al menos cuatro modulaciones, en las que el perfil de la sección transversal de la fibra aumenta dos veces y disminuye dos veces en la anchura correspondiente, respectivamente, a dos disminuciones y dos aumentos en el espesor.

Debido a la geometría única de las fibras, puede obtenerse una sola fibra, cortando en dos puntos cualquiera a lo largo del eje Z. Teóricamente, no hay un número (o incluso una fracción de) mínimo o máximo de modulaciones requerido en una fibra individual siempre y cuando las proporciones anchura/espesor (X/Y) sean diferentes en ambos lados de un punto de referencia en el eje Z de la fibra. Las fibras preferidas tendrán al menos una modulación y preferiblemente no más de treinta modulaciones por cada cuerpo de fibra. De esta manera, si una grieta se abre en el material de matriz circundante, más fibras dentro del lote de fibras usado para tratar el material de matriz tendrán oportunidad de resistir a la abertura de grieta, independientemente de si la grieta existe hacia la mitad o cerca de los extremos de las fibras individuales.

La Figura 4 es un diagrama ilustrativo de un método ejemplar de la invención para fabricar las fibras 10. En el caso de fibras poliméricas sintéticas, el material polimérico se extruye a lo largo de un troquel 20 u otro dispositivo de extrusión preferiblemente en un monofilamento 8 o forma de lámina, se enfría 24 de manera que se hace pasar a través de un baño de agua o entre rodillos enfriados. Si el polímero está en forma de lámina, entonces debe cortarse en fibras individuales después de esta etapa de refrigeración. Las hebras de fibra individuales se orientan después (o se estiran) en una dirección longitudinal para aumentar el módulo (de Young) de elasticidad. Opcionalmente, esto puede hacerse estirando el polímero entre rodillos opuestos 26, a través de una zona de reblandecimiento térmico 27 (usando un horno, una soplante de aire caliente u otro dispositivo de calentamiento) y después a través de otro conjunto o conjuntos de rodillos opuestos que giran a una velocidad mucho más rápida (por ejemplo, 5-10 y más preferiblemente 5-25 veces más rápido que los rodillos 26). Después de la fase de orientación/estirado opcional, las hebras poliméricas

ES 2 335 050 T3

8 se conforman para tener un perfil de modulado por estirado del polímero entre rodillos opuestos 30 que tienen superficies circunferenciales externas que tienen ondulaciones periódicas en su interior para deformar el polímero y crear un elemento de estrechamiento en al menos una dimensión. Los presentes inventores creen que puede ser posible que un conjunto de rodillos (tal como el designado como 30) induzca las modulaciones de estrechamiento en dos dimensiones (tanto en la dirección del eje X como del eje Y) del material de fibra. Opcionalmente, puede emplearse un segundo par de rodillos 32 que tienen ondulaciones en la superficie circunferencial. Incluso, aunque se prefieren dos rodillos opuestos que tengan superficies circunferenciales externas con ondulaciones periódicas, es posible conseguir resultados deseados si sólo uno de los rodillos tiene ondulaciones periódicas y el otro tiene una circunferencia circular. Como alternativamente, ambos rodillos pueden ser de circunferencia circular con un diámetro adecuado y uno de ellos puede oscilar con una amplitud y frecuencia controladas en una dirección perpendicular al eje de la fibra y el otro permanecer estacionario.

La Figura 5 es una ilustración de un material de fibra 8 que está conformado entre rodillos opuestos 30 que tienen ondulaciones 31 en su superficie circunferenciales para conferir un efecto de estrechamiento modulado sobre la fibra 10. (Otro conjunto de estos rodillos que tienen las mismas o similares ondulaciones pueden emplearse como los rodillos en ángulo perpendiculares 32 mostrados en la Figura 4). Como se muestra en la Figura 5, el número de ondulaciones 31 por pulgada (o cm), la cantidad de curvatura de las ondulaciones, el hueco entre las superficies del rodillo 30 y la temperatura de la fibra (es deseable alguna elevación de temperatura por encima de temperatura ambiente, si el polímero no se calienta en la fase de orientación/estirado opcional) están todas dentro del control del especialista experimentado para conseguir el estrechamiento gradual deseado.

De nuevo, puede ser posible conseguir el efecto de bi-estrechamiento descrito anteriormente simplemente usando un conjunto de rodillos opuesto donde, por ejemplo, el desplazamiento del polímero se consigue principalmente en una de las direcciones del eje transversal (por ejemplo, el eje X). Por ejemplo, las ondulaciones 31 de los rodillos 30 se usan para controlar el estrechamiento del espesor (en la dirección del eje Y) mientras que el polímero desplazado proporciona el estrechamiento en la dirección de la anchura (en la dirección del eje X). Opcionalmente, puede usarse otro conjunto de rodillos opuestos 32 como se muestra en la Figura 4, esta vez alineado con sus ejes rotacionales perpendiculares a los ejes rotacionales de los rodillos 30 para conseguir un elemento de estrechamiento preciso en la dimensión perpendicular a los rodillos opuestos 32. La curvatura de las ondulaciones en la superficie circunferencial de este otro conjunto de rodillos opuestos 32 puede ser ligeramente diferente de la curvatura de ondulación del primer conjunto de rodillos opuestos 30, para mantener un área de sección transversal sustancialmente uniforme a lo largo de la longitud del cuerpo de fibra.

Preferiblemente, cada uno de los rodillos usados en un conjunto de rodillos opuestos tiene ondulaciones que están espaciadas uniformemente alrededor de sus superficies circunferenciales, y cada uno de los rodillos dentro de un conjunto dado de rodillos están relacionados mecánicamente, tal como mediante engranajes, de manera que giran a la misma velocidad y de manera que las ondulaciones en cada rodillo coinciden con las ondulaciones del rodillo opuesto durante la rotación.

Un proceso ejemplar de la presente invención, por lo tanto, comprende comprimir una fibra metálica o polimérica entre rodillos opuestos que tienen superficies circunferenciales que tienen ondulaciones de ajuste que se repiten periódicamente en un patrón idéntico sobre cada uno de los rodillos opuestos, creando de esta manera un estrechamiento del material de fibra en cada una de las dos dimensiones transversales perpendiculares al eje mayor longitudinal de la fibra.

En otro proceso ejemplar de la presente invención para fabricar fibras que comprende extruir un material polimérico para formar un cuerpo de fibra de monofilamento, estirando opcionalmente el polímero para orientar el material y conformando al material de fibra usando un primer conjunto de rodillos opuestos que tienen ondulaciones circunferenciales conformadas para imprimir un efecto de estrechamiento en las fibras. Los rodillos opuestos pueden ser operativos para crear efectos de estrechamiento en cada una de las dos dimensiones transversales, que son perpendiculares entre sí (o al menos están separadas 45 grados) y respecto al eje mayor longitudinal de la fibra. Si no es así, entonces alternativamente el segundo conjunto de rodillos opuestos puede usarse de manera que se dispone para tener sus ejes rotacionales perpendiculares a los ejes rotacionales de dicho primer conjunto de rodillos opuestos, de manera que se consigue un efecto de estrechamiento en una segunda dimensión. La rotación y espaciado de los rodillos y conjuntos de rodillos debería diseñarse de manera que el área de sección transversal de las fibras permaneciera sustancialmente constante (es decir, $\pm 10\%$ o menos) a lo largo de la longitud de la fibra.

En otras realizaciones ejemplares de la invención, las fibras pueden comprender dos conjuntos diferentes de fibras individuales, en las que un primer conjunto de fibras comprende las fibras bi-estrechadas descritas anteriormente y un segundo conjunto de fibras comprende los cuerpos de fibra que tienen una geometría del cuerpo o dimensiones del cuerpo de fibra diferentes. Por ejemplo, el segundo conjunto de fibras no puede contener cuerpos bi-estrechados, aunque por lo contrario puede tener diferentes formas geométricas tales como cinta plana (cuadrilátero), redonda, ovalada, rectangular u otras formas de perfiles de la sección transversal. El segundo conjunto de fibras puede ser también bi-estrechado aunque puede tener diferentes dimensiones de estrechamiento en términos de distancia de modulación (por ejemplo, entre Z_1 y Z_2) o distensión (cambio en la anchura o espesor) cuando se compara con el primer conjunto de fibras.

ES 2 335 050 T3

Además, las fibras de la presente invención aunque tienen cuerpos alargados (o partes de tronco), no necesariamente tienen que ser rectas, ya puede ocurrir que algo de doblado, curvado, retorcido u ondulado de forma natural durante los procesos de fabricación o envasado.

5 La presente invención no se limita a los ejemplos e ilustraciones anteriores, que se proporcionan con propósitos ilustrativos únicamente.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 335 050 T3

REIVINDICACIONES

1. Fibras para reforzar un hormigón u otro material de matriz, que comprende:

5 cuerpos de fibra que tiene dos extremos opuestos que definen entre ellos una parte del cuerpo de fibra alargado intermedio que sustancialmente no se fractura y no es fibrilable, teniendo el cuerpo de fibra una longitud de 5 mm-100 mm,

10 definiendo la parte de cuerpo un eje mayor longitudinal Z y que comprende un perfil de sección transversal que tiene al menos dos dimensiones de estrechamiento para resistencia a arrancado desde el hormigón u otro material de matriz, dándose una primera dimensión de estrechamiento en un primer eje menor transversal X que es perpendicular al eje Z y dándose una segunda dimensión de estrechamiento en un segundo eje menor transversal Y que es perpendicular a ambos ejes X y Z;

15 teniendo la primera y segunda dimensiones de estrechamiento comportamientos de estrechamiento invertidos, en los que, a lo largo de un punto a otro a lo largo del eje Z, la primera dimensión de estrechamiento a lo largo del eje X aumenta a medida que disminuye la segunda dimensión de estrechamiento a lo largo del eje Y y la primera dimensión de estrechamiento a lo largo del eje X disminuye a medida que aumenta la segunda dimensión de estrechamiento a lo largo del eje Y;

20 el área de sección transversal permanece sustancialmente uniforme de un punto a otro a lo largo del eje Z que tiene dichos comportamientos dimensionales de estrechamiento invertidos.

25 2. Las fibras de la reivindicación 1 en las que dichas fibras tienen una longitud no menor de 10 mm y no mayor de 60 mm.

30 3. Las fibras de la reivindicación 1 o la reivindicación 2 en las que dichas fibras tienen una proporción de aspecto en términos de longitud a diámetro equivalente no menor de 10 y no mayor de 500.

4. Las fibras de la reivindicación 1, 2 ó 3, que tienen un módulo de elasticidad no menor de 5 Gigapascales y no mayor de 250 Gigapascales.

35 5. Las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tienen una resistencia a tracción no menor de 400 Megapascales y no mayor de 2500 Megapascales.

6. Las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tienen una capacidad de soporte de carga no menor de 50 Newton por fibra y no mayor de 5000 Newton por fibra.

40 7. Las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tienen un área de sección transversal que no varía más del 10% a lo largo de la longitud de las fibras.

45 8. Las fibras de la reivindicación 1 que tienen al menos una modulación cuádruple en las que el perfil de la sección transversal de la fibra aumenta y disminuye en anchura correspondiente a una disminución y aumento en el espesor.

9. Las fibras de la reivindicación 8 que tienen al menos una modulación en la que el perfil de sección transversal de la fibra aumenta una vez y disminuye una vez en la anchura correspondiente, respectivamente, a una disminución y un aumento en el espesor.

50 10. Las fibras de la reivindicación 1 que tiene no menos de dos modulaciones y no más de treinta modulaciones por cada cuerpo de fibra.

55 11. Las fibras de la reivindicación 1, que tienen un perfil de sección transversal que modula entre una primera forma que tiene una primera proporción X/Y (medida a lo largo del eje menor X dividido por la medición a lo largo de eje menor Y) y una segunda forma que tiene una segunda proporción X/Y que es diferente de la del primer perfil.

12. Las fibras de la reivindicación 11 en las que dicho perfil modula entre dicha primera y segunda proporciones X/Y no más de treinta veces.

60 13. Las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que están formadas a partir de un material que comprende un metal o un polímero.

65 14. Las fibras de la reivindicación 13 que comprenden un polímero seleccionado entre alcohol polivinílico, polietileno, (incluyendo polietileno de alta densidad polietileno de baja densidad y polietileno de peso molecular ultra alto), polipropileno, polioximetileno, poliamida y polímeros de cristal líquido termotrópicos y, en particular, polipropileno o alcohol polivinílico.

ES 2 335 050 T3

15. Las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprenden unidades de fibrilla, preferiblemente unidades de fibrillas pequeñas, unidas juntas mediante un aglutinante o resina.

16. Las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tienen adicionalmente uno o más de:

una longitud no menor de 5 mm y no mayor de 10 mm; una proporción de aspecto en términos de longitud a diámetro equivalente no menor de 25 y no mayor de 500;

un módulo de elasticidad no menor de 5 Gigapascales y no mayor de 250 Gigapascales;

una resistencia a tracción no menor de 400 Megapascales y no mayor de 2500 Megapascales; y

una capacidad de soporte de carga no menor de 50 Newton por fibra y no mayor de 5000 Newton por fibra.

17. Las fibras de la reivindicación 16 que comprenden metal y que tienen no menos de una modulación y no más de treinta modulaciones en las dimensiones del perfil de la sección transversal por fibra.

18. Las fibras de la reivindicación 16 que comprenden un polímero seleccionado entre alcohol polivinílico, polietileno (incluyendo polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, y polietileno de peso molecular ultra alto), polipropileno, polioximetileno, poliamida y polímeros de cristal líquido termotrópicos; teniendo dichas fibras no menos de dos modulaciones y no más de dieciocho modulaciones en las dimensiones del perfil de la sección transversal por fibra.

19. Un material de matriz que contiene las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

20. Fibras que comprenden al menos dos conjuntos diferentes de fibras individuales, en las que un primer conjunto de fibras comprende fibras bi-estrechadas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores y un segundo conjunto de fibras tiene una geometría o dimensión del cuerpo de la fibra diferente de las de dicho primer conjunto de fibras.

21. Las fibras de la reivindicación 20 en las que dicho segundo conjunto de fibras no contienen cuerpos bi-estrechados.

22. Las fibras de la reivindicación 20 en las que dicho segundo conjunto de fibras comprende cuerpos bi-estrechados que tienen diferentes dimensiones de estrechamiento en términos de distancia de modulación o distensión cuando se comparan con dicho primer conjunto de fibras.

23. Las fibras de cualquiera de las reivindicaciones anteriores en las que los cuerpos de dichas fibras están doblados, curvados u ondulados.

24. Un proceso para la fabricación de fibras de la reivindicación 1, que comprende: comprimir una fibra metálica o polimérica entre rodillos opuestos que tienen superficies circunferenciales que tienen ondulaciones de ajuste que se repiten periódicamente en un patrón idéntico sobre cada uno de dichos rodillos opuestos, creando de esta manera un estrechamiento de material de fibra en cada una de las dos dimensiones transversales perpendiculares al eje mayor longitudinal de la fibra, así como creando una sección transversal uniforme de un punto a otro a lo largo de la longitud (7) de las fibras.

25. El proceso de la reivindicación 24 en el que una fibra se extruye para formar un cuerpo de fibra de monofilamento, opcionalmente estirando el polímero para orientar el material y de esta manera estrechando la fibra usando un primer conjunto de rodillos opuestos que tienen ondulaciones circunferenciales conformadas para imprimir un efecto de estrechamiento en las fibras.

26. El proceso de la reivindicación 24 ó 25 que comprende adicionalmente conformar la fibra usando un segundo conjunto de rodillos opuestos que se disponen para tener sus ejes rotacionales perpendiculares a los ejes rotacionales de dicho primer conjunto de rodillos opuestos.

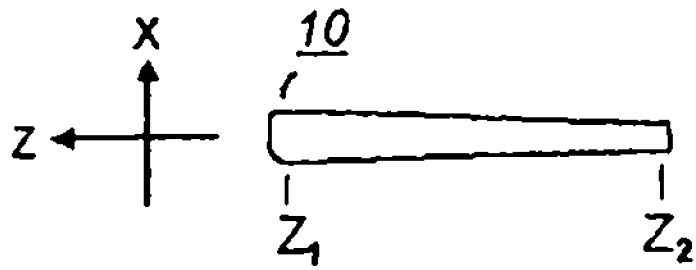


Fig. 1A

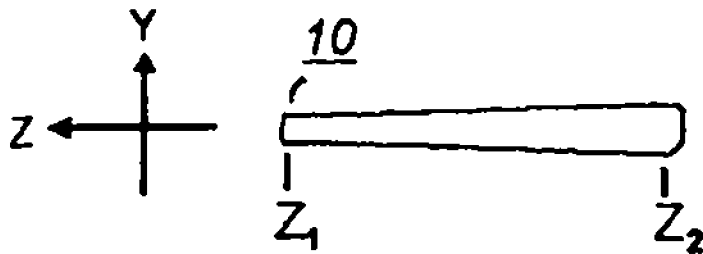


Fig. 1B

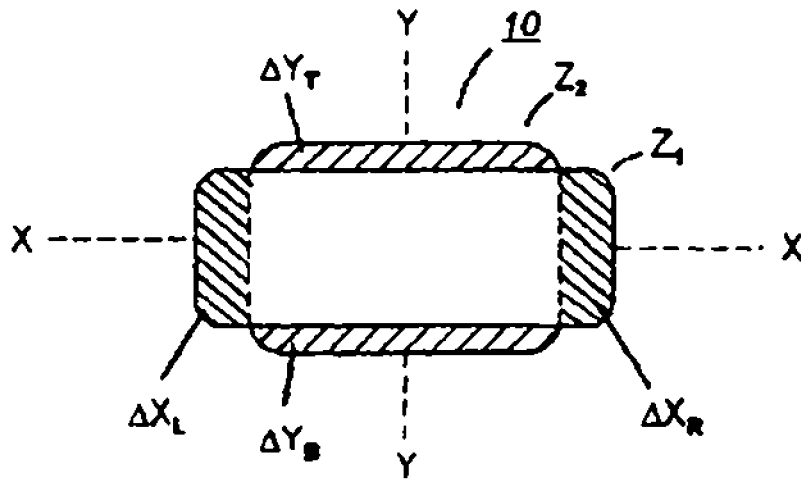


Fig. 1C

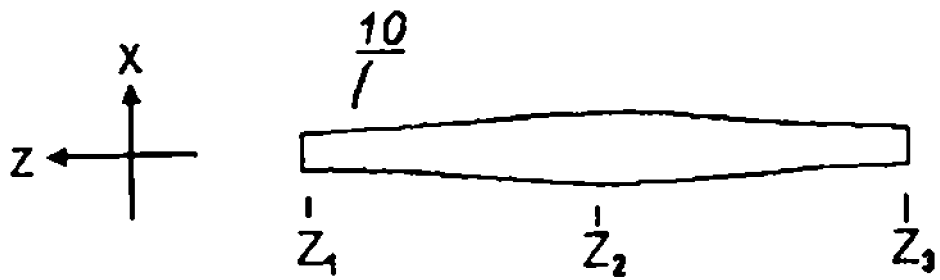


Fig. 2A

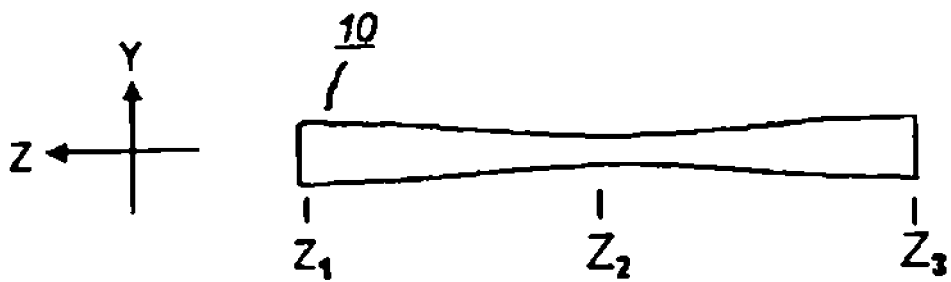


Fig. 2B

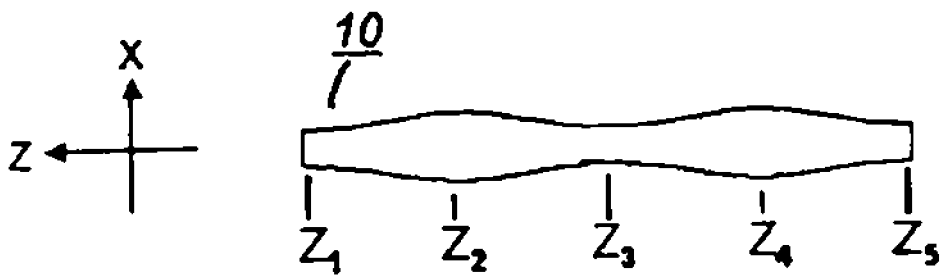


Fig. 3A

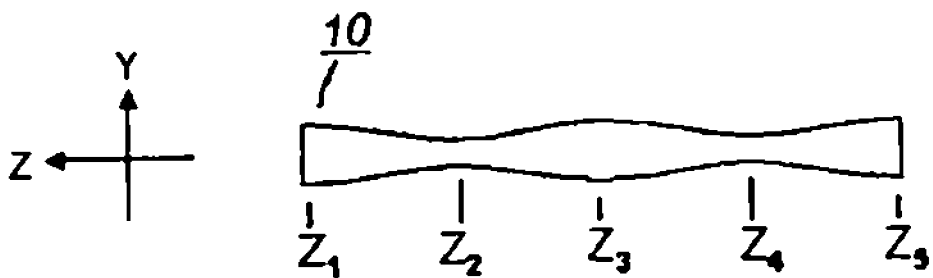


Fig. 3B

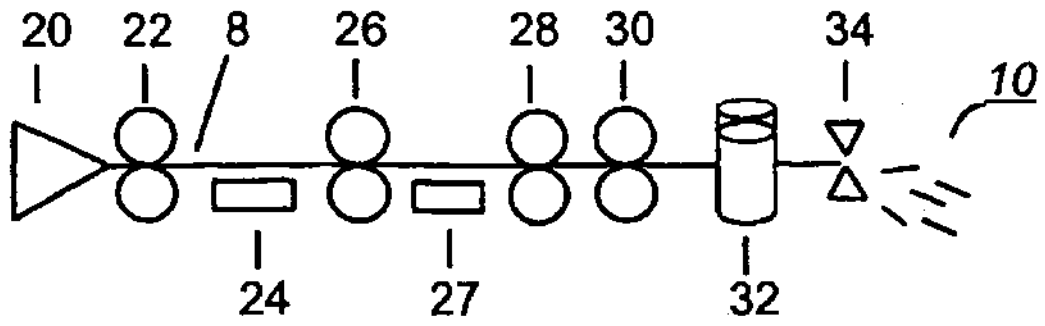


Fig. 4

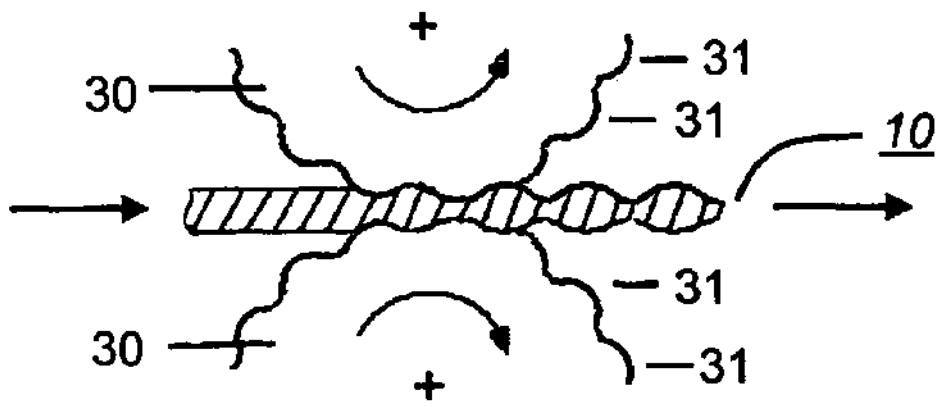


Fig. 5