

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 844**

51 Int. Cl.:

E04C 5/07 (2006.01)

E04C 5/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2001** **E 01953069 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2012** **EP 1301670**

54 Título: **Fibras retorcidas tri-dimensionales y procesos para la preparación de las mismas**

30 Prioridad:

13.07.2000 US 615595

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.03.2013

73 Titular/es:

**ATLANTIC FIBER TECHNOLOGIES LIMITED
(100.0%)**

**Polysteel Atlantic Limited, 468 Portsway Avenue
Edwardsville, Nova Scotia B2A 4T8, CA**

72 Inventor/es:

**BURKE, SEAN;
MACKLIN, MICHAEL B.;
RIEDER, KLAUS-ALEXANDER y
TROTIER, JEAN-FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 398 844 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 retorcidas tri-dimensionales y procesos para la preparación de las mismas

Campo de la invención

La presente invención se refiere a fibras para el refuerzo de un material de matriz tal como mortero, hormigón, hormigón proyectado, caucho, plástico, hormigón bituminoso, composiciones de yeso, o asfalto y de manera más particular a fibras que tienen torsión tri-dimensional para mejorar la aptitud de dispersión de las mismas en el mortero y hormigón, como se muestra por ejemplo en el documento FR-A-980329. Este documento no describe una pluralidad de fibras con diferentes torsiones tridimensionales y dimensiones, tal y como se define en la reivindicación 1.

Antecedentes de la invención

La presente invención se centra en particular en el problema de dispersar fibras en el interior de composiciones moldeables tales como mezclas de cemento fresco. Los problemas asociados a la adición de fibras a hormigón y a evitar la formación de grumos de fibras o la formación de bolas se encuentran bien documentados en "Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete" (número de documento ACI 544.3R-93) como se presenta por parte de American Concrete Institute Committee 544.

Durante años, se han concebido numerosos métodos innovadores para el envasado y empacado de fibras, tratamientos superficiales y medios mecánicos para la adición de fibras a una mezcla de hormigón, con el fin de intentar solucionar el problema de la formación de grumos y bolas en la fibra. La patente de Estados Unidos N°. 4.121.943 (Akazawa et al.) describe una máquina diseñada para separar fibras en unidades separadas antes de su adición a una mezcla de hormigón. La patente de Estados Unidos N°. 3.716.386 (Kempster) describe un proceso por el cual las fibras son revestidas con una sustancia que reduce la fricción antes de su introducción en la mezcla de hormigón. Las patentes de Estados Unidos Nos. 4.224.377 y 4.314.853 (Moen) describen un método por medio del cual una pluralidad de elementos de alambre se encuentra unida por un aglutinante que pierde su capacidad de aglutinación durante el proceso de mezcla. La patente de Estados Unidos N°. 5.807.458 (Sanders et al.) describe un método para reforzar composiciones moldeables por medio del uso de elementos de refuerzo mantenidos en una alineación empaquetada en un medio de contención apto para dispersión.

Un factor común a los dos últimos métodos descritos para lograr elevadas velocidades de adición de fibras de elevada proporción de aspecto en el hormigón consiste en introducir las fibras de acuerdo con una configuración organizada que, tras la mezcla, permita liberar fibras lentamente adoptando una configuración alineada. De este modo, las fibras liberadas en el interior de las composiciones de cemento experimentan menores interacciones fibra-fibra y posteriormente muestran menos tendencia a la formación de grumos o bolas, en comparación con las mismas fibras que se añaden a composiciones de cemento con una orientación totalmente aleatoria. Esta formación de grumos o bolas en la fibra significa que las hebras de fibra individuales no se dispersan de manera uniforme por toda la mezcla de hormigón, y por tanto se pueden quedar cortas en cuanto al hecho de conferir el refuerzo estructural deseado a la unidad o matriz de hormigón endurecido resultante como un todo. Un inconveniente importante de los dos últimos métodos descritos es que la liberación de las fibras en la unidad de mezcla depende de la velocidad a la cual se disuelva el aglutinante o medio de contención apto para dispersión. Por tanto, puede darse el caso de que las operaciones de mezcla que implican ciclos de mezcla cortos no permitan el tiempo suficiente para que tenga lugar la liberación completa de las fibras a partir del medio de contención apto para dispersión o la disolución total del aglutinante que une las fibras. Las fibras de la presente invención no están basadas en ningún agente aglutinante o medio de contención dispersable para la liberación y dispersión apropiadas y, por tanto, se pueden usar en operaciones en las que se vean implicados ciclos de mezcla cortos.

La presente invención abarca fibras que se pueden añadir de forma rápida a una composición de cemento con una orientación completamente aleatoria sin que tenga lugar la formación de grumos o bolas en la fibra.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona fibras para reforzar materiales de matriz tales como materiales de cemento hidráulicos (por ejemplo, mortero, hormigón). Las fibras ejemplares de la invención presentan una longitud media de 5-100 mm, un anchura media de 0,25-8,0 mm, y un primer y segundo extremos opuestos que presentan cada uno unas dimensiones de anchura y grosor, superando las dimensiones de anchura a las dimensiones de grosor, estando retorcidas dichas anchuras de dichos extremos opuestos primero y segundo y, por tanto, presentando diferentes orientaciones. Preferentemente, las anchuras se encuentran orientadas en direcciones que no son coplanares una con la otra, y más preferentemente entre 15°-720° fuera de fase una con la otra (el número superior representa dos torsiones completas) y más preferentemente entre 15°-360° fuera de fase una con la otra. Las fibras pueden estar fabricadas a partir de uno o más polímeros sintéticos (por ejemplo, polipropileno, polietileno, etc.), acero u otros materiales.

En otras realizaciones ejemplares, las fibras presentan partes de cuerpo intermedias definidas entre los primeros

extremos de fibra opuestos primero y segundo que presentan una curva tri-dimensional o torsión. Por ejemplo, si cuando se estira en línea recta, se considera que el cuerpo de la fibra ocupa el eje "z", entonces se considera que las fibras presentan una curva en la dirección "x" (definida a lo largo de la dimensión de anchura de las fibras), así como una curva en la dirección "y" (definida a lo largo de la dimensión de grosor de las fibras).

- 5 La curvatura de las fibras se puede describir matemáticamente usando la siguiente ecuación:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(\omega_1 \cdot \tau) \\ b \cdot \sin(\omega_2 \cdot \tau) \\ \nu \cdot \tau \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} \omega_1, \omega_2, \nu, \tau \in \mathbb{R} \\ 0,25 \text{ mm} \leq a, b \leq 25 \text{ mm} \end{matrix}$$

- 10 Para obtener una torsión completa para una longitud l dada en la dirección z, es preciso que se cumpla la siguiente ecuación:

$$\nu = \frac{l \cdot (\omega_1 + \omega_2)}{4 \cdot \pi}$$

- 15 Un proceso preferido para la preparación de las fibras ejemplares anteriormente mencionadas de la invención comprende retorcer juntas 2-5000, y más preferentemente 6-24, hebras de fibra (cada hebra puede ser un mono-filamento, multi-filamento o que a su vez puede comprender hebras adicionales) y posteriormente cortar el manojo de fibras retorcidas para dar lugar a piezas de fibra separadas que tienen estructura retorcida, como se ha descrito anteriormente. Generalmente, se mantiene la memoria de la forma retorcida en el material de fibra tras cortar en piezas de fibra separadas. La memoria de la forma retorcida del material de fibra se puede mejorar por medio de la introducción del manojo de fibras retorcidas (antes de cortar) contra y alrededor de una o más poleas para conferir tensión al material de manojo de fibras retorcidas, o tal como mediante la introducción del material de fibras retorcidas entre rodillos para provocar el alisado o aplastado o, de lo contrario, para conferir la forma retorcida a la memoria de las fibras. El calentamiento del manojo de fibras retorcidas antes del corte puede también conferir la forma retorcida a la memoria de las fibras.

- 20 Preferentemente, la pluralidad de las fibras preparadas de acuerdo con la invención presentará curvaturas o arcos que se conservan en la memoria del material (partes ligeramente dobladas entre los extremos opuestos de la fibra) que varían de fibra a fibra, y esto se puede conseguir dependiendo de la naturaleza del material (polímero, acero, otros) y del número de torsiones por longitud de fibra, tal como 1-96 torsiones y más preferentemente aproximadamente 6-8 torsiones por pie (30,48 cm) lineal de fibra. De manera sorprendente, el corte de las fibras cuando se encuentra en un estado retorcido-junto proporciona una pluralidad de fibras que presentan diferentes curvaturas así como también extremos de corte opuestos que se pueden torcer en diferentes direcciones.

- 25 La estructura retorcida única de las fibras resultantes mejora la aptitud de dispersión de las fibras en una composición de matriz, tal como hormigón. En la presente invención, la capacidad para conferir una curvatura, como resultado de la torsión, generará una pluralidad de fibras individuales que presentan diferentes curvaturas (debido a que en cualquier punto dado del manojo de fibras retorcidas, las fibras individuales presentarán diferentes curvaturas) así como diferentes propiedades de sesgo. Las diferentes propiedades de sesgo surgen debido a las curvas o dobleces que aparecen en diferentes partes de la longitud de la fibra, y las propiedades de sesgo son tales que las fibras experimentan sesgo de forma natural, unas con respecto a otras, después del proceso de corte. Los inventores piensan que el sesgo variable provocado por las curvaturas variables de las fibras retorcidas contribuye a separar las fibras individuales una vez que han sido introducidas en el interior de la composición de matriz.

- 30 La torsión de las fibras juntas proporciona otras muchas ventajas y beneficios. Una de dichas ventajas es la conveniencia de procesar un elevado número de hebras de fibras a la vez a través de un dispositivo de corte con una elevada tasa de velocidad. La torsión de las hebras también proporciona capacidad de manipulación.

- 35 Además de las fibras y procesos para la preparación de las mismas, la invención también proporciona métodos para modificar las composiciones de cemento, tales como por medio de la introducción de las fibras anteriormente descritas en el interior de hormigón húmedo o mortero. La invención también va destinada a composiciones de cemento aptas para hidratación que presentan las fibras anteriormente mencionadas.

Otras ventajas y características de las fibras ejemplares, métodos y composiciones de la invención pueden resultar más evidentes a partir de la discusión siguiente.

Breve descripción de los dibujos

- 50 La Figura 1 es una ilustración esquemática de un proceso ejemplar de la invención;

La Figura 2 es una ilustración en perspectiva de una fibra retorcida ejemplar de la presente invención preparada por medio del proceso que se muestra en la Figura 1;

La Figura 3 es una simulación matemática de la forma retorcida tridimensional de una fibra de 50 mm de largo con la fibra mostrada en el centro y en los perfiles proyectados, y

- 5 La Figura 4 es una simulación matemática de una forma retorcida-aplanada tridimensional de una fibra de 50 mm de largo con la fibra mostrada en el centro y en los perfiles proyectados.

Descripción detallada de las realizaciones ejemplares

10 Como se ha comentado anteriormente, el término "hormigón" se refiere a una composición que contiene un aglutinante de cemento, normalmente con agregados finos y bastos. Según se usa a continuación, no obstante, el término se emplea de manera análoga para referirse a cualquier material de cemento, tal como cemento (cemento Portland), cemento de mortero y mampostería, en el cual se pueden incorporar las fibras con el fin de reforzar el material una vez que se ha producido el endurecimiento. Además de hormigón, se piensa que la invención se puede aplicar a otras formulaciones de producto para la construcción, incluyendo hormigón, hormigón proyectado, ladrillos, yeso, lechadas de color blanco, materiales compuestos sintéticos, materiales compuestos basados en carbono, 15 asfalto y similares. En una realización preferida de la invención, la formulación basada en cemento Portland es hormigón formado por cemento Portland, arena y piedra (tal como grava o piedra machada).

20 Los materiales de fibra ejemplares apropiados para su uso en la invención presentan propiedades de rendimiento deseable en hormigón, tales como resiliencia, resistencia a la tracción, tenacidad, resistencia a cambios de pH y resistencia a la humedad, suficientes para dar lugar a materiales útiles para el refuerzo de formulaciones de producto para construcción bajo cargas y condiciones estándar. Por tanto, se piensa que los materiales convencionales usados para la preparación de fibras de refuerzo son apropiados para su uso en la presente invención.

25 Ejemplos de materiales de fibra apropiados pueden incluir mezclas de dos o más polímeros, tales como polipropileno y polietileno. Preferentemente, las combinaciones de polímero de polietileno/polipropileno presentarán una tenacidad de aproximadamente 6,0 a 15 gramos por denier, una gravedad específica de aproximadamente 0,89 a 0,95 y un alargamiento por estirado dentro del intervalo de aproximadamente 15% hasta aproximadamente 20%. En un aspecto preferido de la invención, la fibra comprende una mezcla de polímero de polietileno/polipropileno de manera exclusiva, y no se hace uso de ningún agente adhesivo para mantenerla unida.

30 Preferentemente, las fibras de la presente invención están formadas por al menos un polímero sintético (por ejemplo, una poliolefina) y más preferentemente una mezcla "multi-polimérica" que comprende dos o más polímeros (por ejemplo, polipropileno y polietileno, polipropileno y poliestireno). Al tiempo que las fibras ejemplares de la invención pueden comprender un polímero sencillo tal como polipropileno, las realizaciones más preferidas comprenden mono-filamentos que tienen dos o más polímeros, tales como polipropileno y polietileno, u otros polímeros que tienen un módulo de elasticidad diferente. Se describe una fibra de mezcla multi-polimérica apropiada, por ejemplo, en la Solicitud de Patente Mundial N°. WO 99/46214 de J.F. Trottier et al., que se incorpora por referencia en el presente documento. El material de fibra ejemplar también se encuentra disponible comercialmente a partir de East Coast Rope Ltd., de North Sydney, Nova Scotia, Canada, con el nombre comercial "POLYSTEEL". Por ejemplo, las fibras que se pueden usar en el hormigón pueden incluir cualquier fibra inorgánica u orgánica que presente el requisito de resistencia alcalina, resistencia y estabilidad de uso en las estructuras de cemento hidratables de refuerzo. Las fibras ejemplares de la invención son materiales sintéticos tales como poliolefinas, nailon, poliéster, celulosa, rayones, acrílicos, poli(alcohol vinílico) o sus mezclas. No obstante, se prefieren las poliolefinas tales como polipropileno y polietileno. Se pueden usar las poliolefinas en mono-filamento, multi-filamento, forma de tira fibrilada y cotejada, o pueden presentar formas o tamaños diferentes, dimensiones y configuraciones. Las fibras pueden estar revestidas, usando los materiales que se muestran en la patente de Estados Unidos 5.399.195 de Hansen (agentes de humectación conocidos) o en la patente de Estados Unidos 5.753.368 de Berke et al. (revestimientos de mejora de la resistencia de unión para hormigón). 45

50 Otras realizaciones ejemplares adicionales de la invención pueden comprender la torsión de diferentes materiales de fibra para formar un manojo de fibras retorcidas, hacer pasar el manojo de fibras retorcidas a través de una o más poleas o entre rodillos para conferir la forma de torsión al manojo de fibras retorcidas, y posteriormente cortar el manojo de fibras retorcidas resultantes para proporcionar fibras separadas que presentan una forma retorcida tridimensional.

55 Las fibras preferidas se proporcionan en forma de "mono-filamento". El término "mono-filamento" se refiere a la forma de la fibra tratada que se proporciona (literalmente) como "un filamento" (es decir, un filamento unificado). El término "mono-filamento" según se usa en el presente documento no excluye la posibilidad de que una forma singular de filamento, cuando se encuentra sometida a fuerzas de agitación dentro de la mezcla de hormigón (por ejemplo, una que presente agregados bastos y/o finos), se rompa para dar lugar a filamentos más pequeños o hebras cuando se encuentra sometida a agitación, por ejemplo, en una mezcla de hormigón debido a la acción de desmenuzado de los agregados (por ejemplo, arena, piedras o grava). El término "mono-filamento" se usa como

contra-distinción del término "multi-filamento" que se refiere a un haz de fibras que se encuentran entrelazadas o de lo contrario formando un manojo de manera que presenten una pluralidad de hebras separadas. (En sentido amplio, se puede definir la fibra bien como un mono-filamento o como un multi-filamento, dependiendo de si existe la posibilidad de discernir de manera visual las fibrillas separadas en determinado momento de tiempo). En cualquier caso, se contempla que las fibras y métodos de la presente invención incluyan, y resulten aplicables a, fibras de mono-filamento y fibras de multi-filamento.

Una realización preferida de la invención pertenece a fibras de "multi-polímero". Los presentes inventores piensan que dichas fibras (que presentan dos o más polímeros diferentes, tales como una mezcla de polipropileno y polietileno o una mezcla de polipropileno y poliestireno, por ejemplo) proporcionan una resistencia de extracción a partir de los materiales de matriz de cemento hidratable (por ejemplo, hormigón preparado).

Los inventores se han dado cuenta de que el proceso para conferir torsión mejora en gran medida la formación de fibrillas y/o las propiedades de capacidad de dispersión de las fibras, y en particular las fibras multi-poliméricas tales como las que se muestran en la Solicitud de Patente Mundial N°. WO 99/46214 de J.F. Trottier et al., que se incorpora por referencia en el presente documento.

La Figura 1 ilustra un proceso ejemplar de la invención para preparar fibras retorcidas tridimensionales de acuerdo con la invención. Se retuercen dos o más fibras 10 juntas 12 y se introducen en un dispositivo de corte 14 y se cortan en fibras separadas 16. En realizaciones alternativas, el manojo de fibras retorcidas se puede almacenar en una bobina (no mostrada) antes del corte 14. Esto permitiría el transporte de una bobina o huso de manojo de fibras retorcidas, por ejemplo, hasta otra ubicación en la cual la fibra pudiera ser cortada hasta la longitud deseada. De manera alternativa, se puede aplanar el manojo de hebras de fibras retorcidas sometiendo de manera temporal el cable a una fuerza (tal como entre los rodillos opuestos) de manera que se produzca la compresión del manojo de fibras retorcidas (durante un momento) para conferir de manera adicional la forma retorcida a la memoria de las fibras. De manera alternativa, se puede preparar un manojo de fibras retorcidas por medio de torsión de las hebras bajo tensión. Por ejemplo, se pueden retorcer las fibras para dar lugar a un manojo de fibras y se pueden someter a tensión haciendo pasar el manojo de fibras retorcidas alrededor de una o más poleas. Preferentemente, las poleas se disponen en serie, de manera que se fuerce el manojo de fibras retorcidas en diferentes direcciones de avance al tiempo que experimenta tensión, antes de proceder al corte. De este modo, por este medio se puede usar una serie de poleas para conferir tensión al manojo de fibras retorcidas y, de este modo, mantener la memoria de la forma retorcida en el material de fibra. De manera alternativa, se puede someter el manojo de fibras retorcidas a calentamiento, justo antes del corte, para conferir de manera adicional la forma retorcida a la memoria de las fibras. Posteriormente, se puede almacenar el manojo de fibras con forma retorcida en bobinas para el transporte, o se puede cortar directamente para dar lugar a piezas de fibras retorcidas por separado.

Como puede observarse en la ilustración gráfica ampliada de la Figura 2, muchas de las fibras seccionadas 16 resultantes ejemplares presentarán una forma retorcida. La curvatura de la torsión dependerá del número de torsiones por pie lineal (30,48 cm) de fibra. Preferentemente, las fibras ejemplares de la invención presentan una forma plana (como se muestra en la Figura 2) tal como el comienzo con fibras que son sometidas a extrusión con forma plana y posteriormente retorciéndolas para dar lugar a cordaje, o por medio de aplanado de las fibras sometiendo a torsión y enrollado entre los rodillos opuestos.

Las fibras que se retuercen alrededor de otras fibras y posteriormente se cortan de acuerdo con la invención pueden presentar, cuando se observan de lado, un arco ligero o pronunciado o (si se retuercen con más vueltas por longitud lineal) incluso una forma de "S" en el interior de la longitud de fibra de corte por separado. Además, la fibra 16 ejemplar observada en la dirección paralela a, o a lo largo de, su longitud (como viene designado por medio de la flecha 18) presentará, si es plana o aplanada, un primer extremo 21 que presenta una dimensión de anchura (de borde a borde) que es mayor que la dimensión de grosor, y de este modo puede presentar una orientación diferente de los perfiles de corte transversal de otras partes que se extienden a lo largo de la longitud de la fibra plana o aplanada 16, como se muestra en los diagramas ampliados circulares de la Figura 2, que muestra perfiles de cortes transversal tomados en las partes de la fibra 16 indicadas como 19, 29, 21, 22 y 23.

Por consiguiente, se puede formar una fibra ejemplar de la invención retorciendo una pluralidad de hebras de fibra para formar un manojo de fibras retorcidas (por ejemplo, 2-5000 filamentos, 1-96 torsiones por pie lineal (30,48 cm) y preferentemente 18 hebras usando 6-18 torsiones por pie lineal (30,48 cm)); y posteriormente enrollando el manojo de fibras retorcidas sobre una bobina para transporte o, de lo contrario, cortar el manojo de fibras retorcidas para dar lugar a longitudes de fibra por separado (por ejemplo, 5-100 mm) para su uso en el refuerzo de un material de matriz. Las fibras preferidas que presentan una forma plana o aplanada tenderán a presentar un primer y segundo extremos de fibra opuestos (tras el corte) en los que los extremos opuestos presentan orientaciones que difieren en al menos 30 grados (por ejemplo, una doceava parte de una torsión o giro) y más preferentemente al menos 90-360 grados (por ejemplo, un cuarto de torsión o giro completo).

Se apreciará además que algunas fibras 16 ejemplares de la invención pueden presentar un carácter sinusoidal cuando se observan de lado, y más preferentemente un carácter sinusoidal cuando se observan de lado con un ángulo con respecto a la línea que intersecta los extremos opuestos de la fibra. No obstante, a diferencia de las

5 fibras de la técnica anterior que son "rizadas" para presentar un patrón de onda bi-dimensional (véase por ejemplo, la Solicitud de Patente Mundial WO 99/36640 (publicada el 22 de julio de 1999)), las fibras 16 ejemplares preparadas por medio del proceso para conferir torsión de la presente invención se puede preparar de manera que presenten una curva tri-dimensional, debido al hecho de que hayan sido retorcidas o enrolladas alrededor de otras fibras y, por tanto, presenten curvaturas en más de dos direcciones.

Por consiguiente, se puede decir que las fibras 16 todavía más ejemplares de la invención presentan forma helicoidal, de manera bastante análoga a las representaciones modelo de las hélices de ADN, en los casos en los que se emplea un elevado grado de torsión.

10 En las fibras ejemplares adicionales y en los procesos de la invención, se puede usar un agente de enlace o agente humectante para aumentar la unión entre las fibras, de manera que puedan ser cortadas mientras se encuentran en una configuración de manojo de fibras retorcidas y se mantengan unidas de manera temporal, pero que pueda permitir la separación de las fibras individuales cuando se someten a agitación en el interior de hormigón fresco o mezcla de mortero. Se conocen agentes humectantes convencionales. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 5.399.195 de Hansen, incorporada en el presente documento por referencia, describe el uso de agentes humectantes que se aplican normalmente a fibras sintéticas para convertirlas en hidrófobas, tal como ésteres de ácido graso de glicéridos, amidas de ácido graso, poli(ésteres de glicol), poli(amidas etoxiladas), tensioactivos no iónicos y tensioactivos catiónicos. La patente de Estados Unidos 5.753.368 de Berke et al., incorporada en el presente documento por referencia, describe un material de revestimiento de fibra que mejora la resistencia de unión en hormigón tal como éter de glicol, y preferentemente un t-butil éter de dipropilenglicol. Por tanto, las fibras de la invención se pueden preparar usando un agente humectante, un agente de enlace o sus mezclas.

15 Preferentemente, las fibras para reforzar los materiales de matriz (tras el corte) pueden presentar longitudes de aproximadamente 5-100 mm (y más preferentemente 5-50 mm); anchuras medias de 0,25-8,0 mm; y grosores medios de 0,005-3,0 mm. Es posible superar estos límites preferidos sin abandonar el espíritu de la presente invención. Las dimensiones de longitud, anchura y grosor pueden depender de la naturaleza del material de fibra y del uso contemplado (por ejemplo, poliolefina, poliamida, acero, etc.) y del material de matriz contemplado para el refuerzo. Se pretende que las morfologías únicas y nuevas de las fibras de la presente invención se usen a lo largo de un intervalo de fibras y materiales de matriz, aunque el mayor reto y la finalidad predominante de la presente invención sea proporcionar fibras que presenten al menos un polímero sintético, y preferentemente al menos dos polímeros (por ejemplo un "multi-polímero") mezclados, o al menos un polímero sintético y un acero mezclado, para el refuerzo de materiales de matriz de cemento hidratables tales como hormigón u hormigón proyectado.

20 Si se usan poleas u otros dispositivos de tensionado para conferir la forma de torsión a la memoria del material de fibra, será importante usar la fuerza suficiente sin triturar el material de fibra hasta el punto en el que se pierda la integridad de las fibras individuales del cordaje. Por ejemplo, se puede disponer una serie de poleas con configuraciones opuestas a través de las cuales el manojo de fibras de precursor retorcidas viaja de manera parecida a un serpentín, y se pueden conectar una serie de poleas ordenadas a pesos o muelles que ejerzan una tensión ajustable sobre el manojo de fibras retorcidas. Si los rodillos usados para tal fin (por ejemplo, tal como el aplanado o de lo contrario la compresión) retuercen el manojo de fibras, entonces la distancia entre los rodillos debe ser tal que no provoque la trituración de las fibras individuales que constituyen el manojo de fibras retorcidas. De manera general, se proporcionan fibras sintéticas poliméricas que presentan diámetros equivalentes (o grosores) de un valor medio de 0,5-1,0 mm, los rodillos (por ejemplo, los rodillo de acero) pueden estar separados una distancia bastante menor que esta (es decir, 0,01 -0,3 mm), dependiendo de la naturaleza del material de fibra, la temperatura ambiente y otras condiciones de procesamiento.

25 Un método ejemplar para el refuerzo de materiales de cemento hidratables comprende: añadir las fibras ejemplares de la invención anteriormente descritas a un cemento, mortero, mezcla de cemento o mezcla de hormigón (seca o húmeda), en una cantidad de 0,05-15% en volumen de los materiales de cemento. Posteriormente, se mezcla la composición de cemento para obtener hormigón, mortero o mezcla de pasta en la cual se distribuyen sustancialmente las fibras individuales a lo largo de toda la mezcla. Posteriormente se moldea la mezcla para adoptar una configuración o estructura. Más preferentemente, la cantidad de adición de las fibras es de 0,05-5,0% en volumen, y más preferentemente de 0,5-2,0% en volumen, basado en el hormigón. El término "configuración" significa y se refiere a una cimentación, losa, pared, bloque, segmento de pared de retención, tubería, o parte de estructura de ingeniería civil, superestructura, túnel, o similar.

30 La invención además proporciona composiciones de cemento hidratables que incorporan las fibras anteriormente descritas. La composición puede proporcionarse en forma de mezcla seca de las fibras en combinación con un aglutinante seco (por ejemplo, cemento Portland) o se pueden preparar por medio de incorporación de las fibras o de los manojos de fibra al interior de la mezcla de cemento y permitiendo que la mezcla se endurezca para dar lugar a la estructura.

35 Para aplicación en un material de matriz de hormigón, a modo de ejemplo, se puede envasar una pluralidad de fibras o manojos de fibras juntas en el interior de bolsas o recipientes, tal como un envase de Grace Concrete Ready-Bag® disponible en Grace Construction Products, Cambridge, Massachusetts.

Ejemplo 1

Se sometieron a ensayo una fibra de multi-polímero en cuanto a las capacidades de dispersión en hormigón fresco. En primer lugar se sometió a ensayo una muestra de control, y ésta comprendía fibras de mono-filamento de aproximadamente 3000 denier (por ejemplo, 3000 gramos por cada 9000 metros) de fibras de polipropileno/polietileno que tenían una longitud media de 50 mm, una anchura media de 1,15 mm y un grosor medio de 0,38 mm. Se añadieron estas fibras a mano, en una cantidad de 63 kg, al interior de 7 metros cúbicos de hormigón, en un tambor de mezcla que giraba a 15 revoluciones por minuto (rpm). Se tardó aproximadamente 1,5 minutos en alimentar las fibras a mano en el interior del tambor de camión-hormigonera. Una vez que las fibras desaparecieron de la superficie de la mezcla de hormigón, se mezcló durante 5 minutos más.

Se examinó la mezcla de hormigón y se identificaron visualmente aproximadamente 200 grumos o "bolas" de fibras del tamaño de un puño (pegadas juntas).

A continuación se vació el tambor de mezcla y se repitió el proceso, pero esta vez con las fibras retorcidas tri-dimensionales de la invención. Se añadieron 63 kg de las fibras retorcidas tri-dimensionales al tambor del camión-hormigonera, que se llenó con 7 metros cúbicos de hormigón, en 1,5 minutos. Transcurridos 5 minutos de mezcla, se examinó la mezcla de hormigón, y no se observaron bolas o grumos de fibras.

De este modo, la invención proporcionó ventajas en términos de aumentar la dispersión característica de refuerzo de las fibras y también en términos de evitar los grumos o la "formación de bolas" de fibras. Se pueden introducir las fibras en el interior de la mezcla de hormigón, de manera sorprendente, sin ser revestidas (por ejemplo con agente humectante o coadyuvante de dispersión) o someter a pre-formación de manojos usando un envase apto para dispersión.

Se proporcionan los anteriores ejemplos únicamente a modo de ilustración y no se pretende que limiten el alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1.- Fibras para el refuerzo de hormigón, comprendiendo las fibras: una pluralidad de fibras que tienen una longitud media de 5-100 mm, una anchura media de 0,25-8,0 mm, un grosor medio de 0,005-3,0 mm, presentando cada fibra un primer y segundo extremos opuestos que definen una parte intermedia entre los mismos que presenta una torsión tri-dimensional, siguiendo la torsión tri-dimensional la siguiente curva descrita por medio de la ecuación

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \cdot \cos(\omega_1 \cdot \tau) \\ b \cdot \sin(\omega_2 \cdot \tau) \\ v \cdot \tau \end{pmatrix}$$

en la que a , b , ω_1 , ω_2 , v y τ son números reales, en la que a y b se encuentran unidos por medio de $0,25 \text{ mm} \leq a, b \leq 25 \text{ mm}$, y en la que las curvas sustancialmente seguidas por la torsión tri-dimensional de las fibras varían de fibra a fibra dentro de dicha pluralidad de fibras.

2. Las fibras de la reivindicación 1, en las que dichos extremos primero y segundo opuestos presentan cada uno dimensiones de anchura y grosor, excediendo las dimensiones de anchura a las dimensiones de grosor, estando retorcidas dichas anchuras de dichos extremos primero y segundo opuestos y presentando de este modo diferentes orientaciones.

3. Las fibras de la reivindicación 2, en las que las anchuras de dichos extremos primero y segundo opuestos están orientadas de manera que no sean coplanares unas con otras.

4. Las fibras de la reivindicación 3, en las que dichas anchuras de dichos extremos primero y segundo opuestos están orientadas 15° - 720° fuera de fase una con el otra.

5. Las fibras de la reivindicación 4, en las que dichas anchuras de dichos extremos primero y segundo opuestos están orientadas entre 15° - 360° fuera de fase una con la otra.

6. Las fibras de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dichos cuerpos de fibra curvados se encuentran retorcidos en dos direcciones con respecto a la línea definida entre dichos extremos de fibra primero y segundo opuestos.

7. Las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en las que "x" es la dirección definida por medio de la anchura del primer extremo de fibra, "y" es la dirección definida como perpendicular a la dirección "x" y "z" es la dirección definida como perpendicular a las direcciones tanto "x" como "y".

8. Las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en las que dichas fibras comprenden al menos uno de: un polímero sintético, un metal, un material compuesto o una de sus mezclas.

9. Las fibras de la reivindicación 8, en las que dichas fibras comprenden al menos dos polímeros, de manera que dichas fibras son operativas para experimentar fibrilación cuando son sometidas a agitación en una mezcla de cemento.

10. Las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en las que dichas fibras comprenden una mezcla de al menos dos materiales diferentes.

11. Las fibras de la reivindicación 9 o de la reivindicación 10, en las que algunas de las fibras individuales de dicha pluralidad de fibras comprenden al menos dos polímeros y son operativas para experimentar fibrilación cuando son sometidas a agitación en una mezcla de hormigón o mortero, estando dichas fibras parcialmente fibriladas en cualquiera de dichos extremos o en dicha parte de cuerpo intermedio entre dichos extremos.

12. Las fibras de la reivindicación 11, en las que algunas de dichas fibras individuales se encuentran parcialmente fibriladas dentro de dicha parte de cuerpo intermedia.

13. Las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en las que dichas fibras presentan curvaturas de torsión que corresponden a 6-5000 fibras que han sido retorcidas juntas para dar lugar a un manojo de fibras retorcidas usando 1-96 giros por pie lineal (30,48 cm) para conferir memoria de torsión a la estructura de las fibras individuales que forman dicho manojo de fibras retorcidas.

14. Las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que dichas fibras presentan curvaturas de torsión que corresponden a 6-5000 fibras que han sido retorcidas juntas para dar lugar a un manojo de fibras

retorcidas usando 1-96 giros por pie lineal (30,48 cm) de longitud de fibra y sometidas a fuerzas de tensión o compresión para mejorar la memoria de torsión de la estructura de las fibras individuales que forman dicho manojo de fibras retorcidas.

- 5 15. Las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en las que dichas fibras poliméricas son fibras de mono-filamento aptas para fibrilación, operativas para experimentar fibrilación dando lugar a hebras de componente más pequeñas cuando son agitadas en una mezcla de mortero u hormigón fresco.
- 10 16. Las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en las que dichas fibras están dispuestas en forma de manojos de dos o más fibras, comprendiendo dichos manojos fibras de al menos dos materiales diferentes.
- 15 17. Las fibras de la reivindicación 15, en la que dichos manojos de fibras comprenden fibras poliméricas sintéticas y fibras de metal.
- 15 18. Un proceso para preparar las fibras de la reivindicación 1, comprendiendo el proceso: retorcer juntas una pluralidad de hebras de fibras para formar un manojo de fibras retorcidas para conferir una forma retorcida a la memoria del material de cada hebra de fibra, en el que cada hebra de fibra corresponde a una fibra individual de la pluralidad de fibras individuales.
- 20 19. El proceso de la reivindicación 18 que comprende de manera adicional: someter el manojo de fibras retorcidas a fuerzas de tensión o compresión o tratamiento térmico para impartir de manera adicional la forma retorcida a la memoria del material de cada hebra de fibra.
- 25 20. El proceso de la reivindicación 18 ó 19, en el que el manojo de fibras retorcidas se enrolla sobre un bobina.
- 25 21. El proceso de la reivindicación 18 ó 19, en el que el manojo de fibras retorcidas se corta para proporcionar fibras individuales por separado que presentan formas retorcidas tri-dimensionales.
- 30 22. El proceso de la reivindicación 19, en el que dicho manojo de fibras retorcidas se somete a tensionado usando una serie de poleas.
- 30 23. El proceso de la reivindicación 19, en el que dicho manojo de fibras retorcidas se somete a compresión entre dos rodillos.
- 35 24. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 23, en el que dicho manojo de fibras retorcidas es tratado térmicamente.
- 40 25. El proceso de la reivindicación 21, en el que el manojo de fibras retorcidas se corta para proporcionar manojos de fibras individuales retorcidas operativas para separarse de dicho manojos cuando son introducidas en el interior de un material de matriz y agitadas en el interior de dicho material de matriz.
- 40 26. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 25, en el que se retuercen 2-25 hebras de fibra juntas usando 1-96 giros por pie lineal (30,48 cm) de fibra para proporcionar dicho manojo de fibras retorcidas.
- 45 27. Un método para modificar una composición de cemento hidratable, que comprende introducir en el interior del material de matriz las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17.
- 45 28. Una composición de cemento hidratable que comprende un aglutinante de cemento y las fibras de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17.

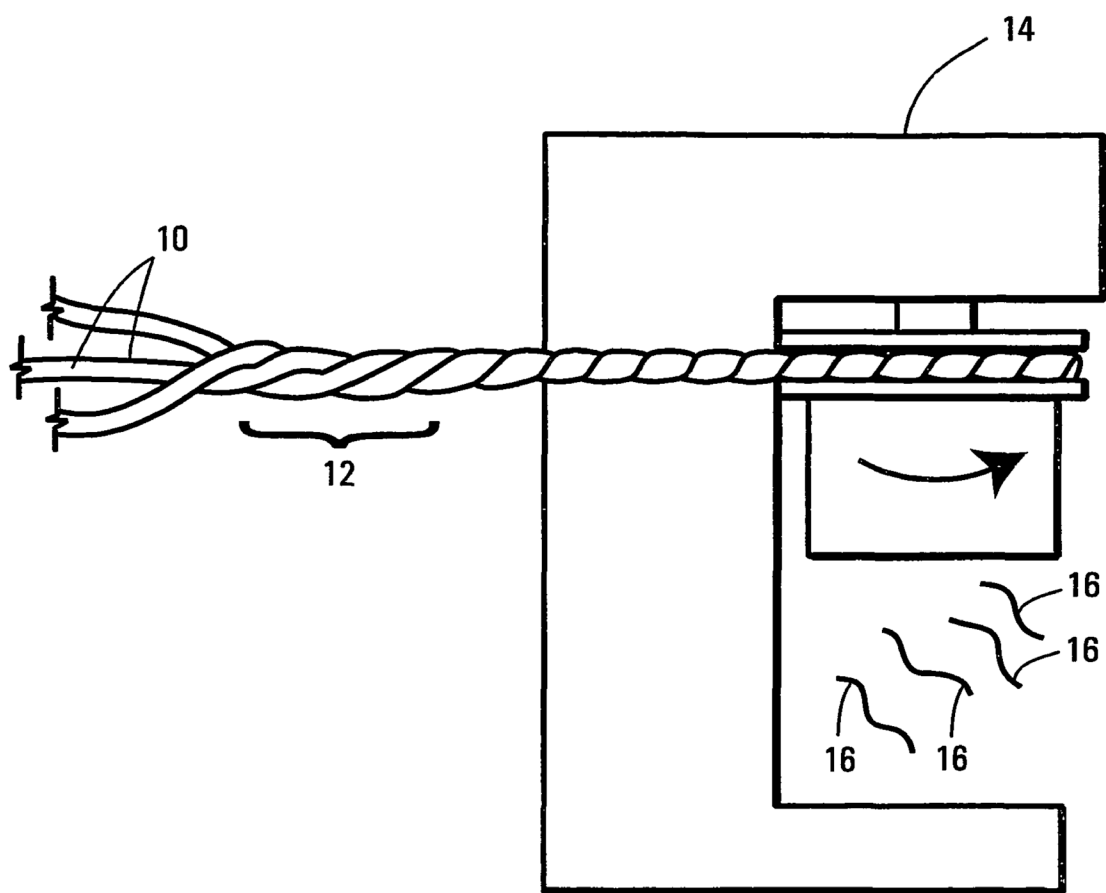


FIG. 1

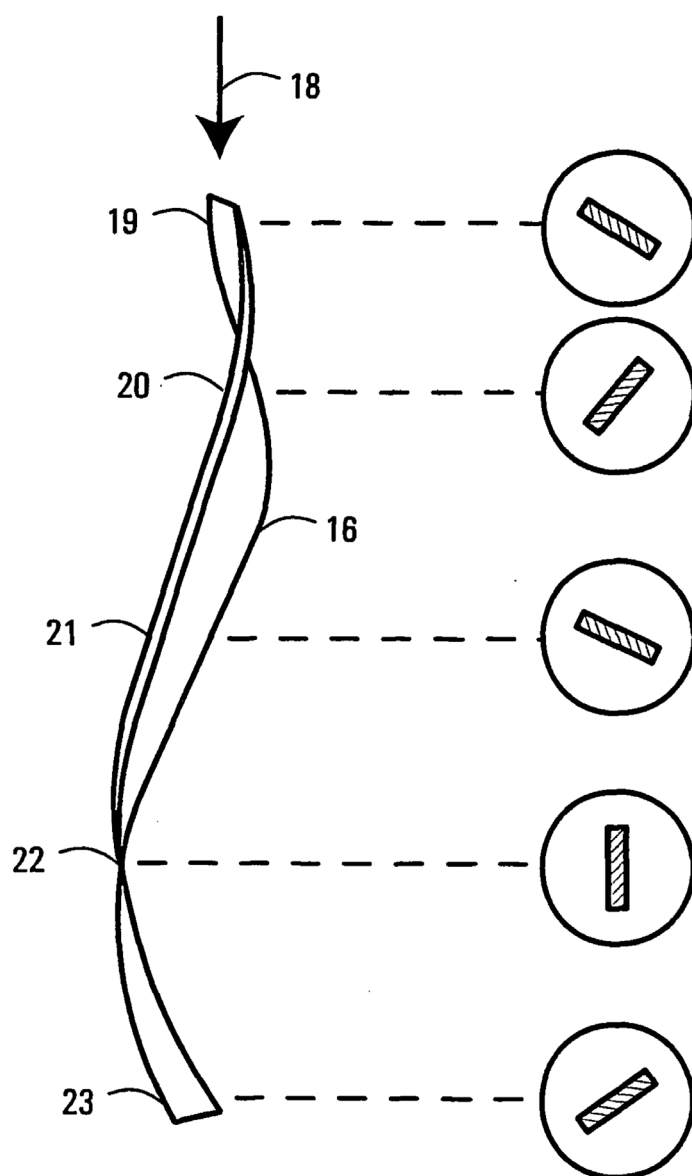


FIG. 2

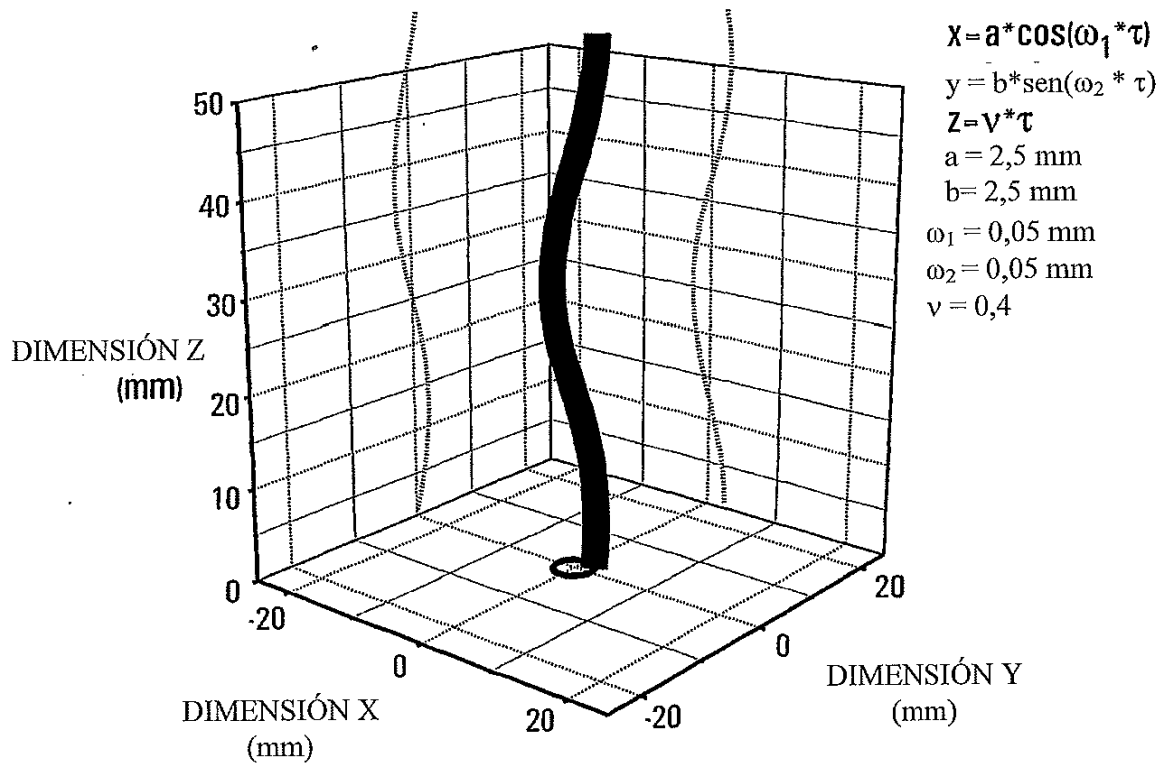


FIG. 3

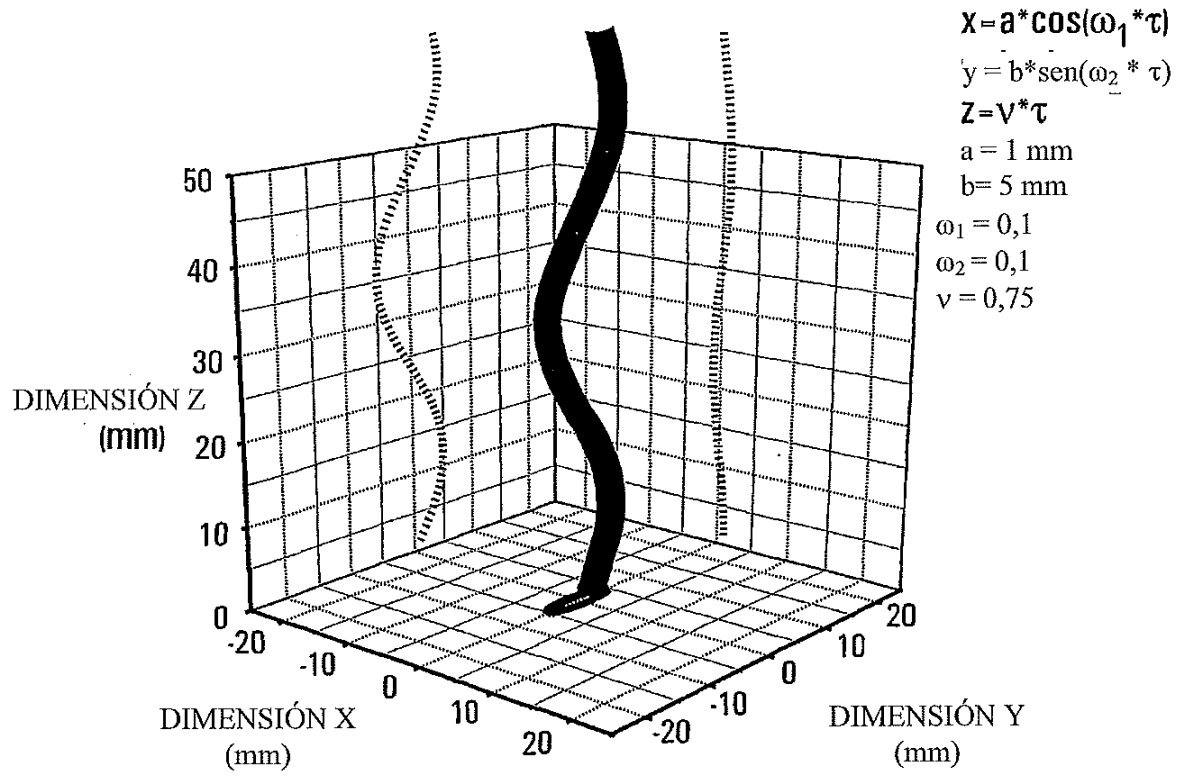


FIG. 4