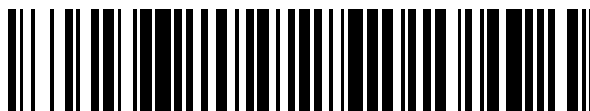


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 279**

51 Int. Cl.:

E04C 5/01

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.06.2010** **PCT/EP2010/058295**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.12.2010** **WO10142808**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2010** **E 10725165 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017** **EP 2440718**

54 Título: **Estructura de hormigón que comprende fibras de alto alargamiento con buen anclaje**

30 Prioridad:

12.06.2009 EP 09162571

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

24.07.2017

73 Titular/es:

**NV BEKAERT SA (100.0%)
Bekaertstraat 2
8550 Zwevegem, BE**

72 Inventor/es:

LAMBRECHTS, ANN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 626 279 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

Estructura de hormigón que comprende fibras de alto alargamiento con buen anclaje.

Campo técnico

- 5 La invención concierne a una estructura de hormigón que comprende fibras de acero, en la que estas fibras de acero tienen un alto alargamiento y están provistas de extremos de anclaje que permiten obtener un buen anclaje cuando se incrustan en el hormigón o el mortero.

Técnica anterior

Es bien conocido el recurso de armar hormigón o mortero con fibras de acero para mejorar la calidad del material de hormigón.

- 10 El documento EP-B1-0851957 (NV Bekaert SA) revela una fibra de acero con extremos de forma de gancho aplanados mediante los cuales se refuerzan en gran medida la resistencia a la flexión posagrietamiento del hormigón armado por medio de tales fibras.

- 15 El documento US-A-4883713 (Eurosteel) revela una fibra de acero que comprende un cuerpo de acero cilíndrico que tiene extremos cónicamente configurados para mejorar la característica de anclaje de la fibra de acero en el hormigón armado con fibras de acero.

Estos dos documentos citados, así como otros documentos, revelan que las propiedades del hormigón convencional con fibras de acero pueden mejorarse en gran medida gracias a las características de anclaje mejoradas de las fibras de acero en el hormigón con fibras de acero.

El documento DE 43 15 270 A1 revela una estructura de hormigón según el preámbulo de la reivindicación 1.

- 20 Actualmente, las fibras de acero conocidas de la técnica anterior para la armadura de hormigón funcionan muy bien para mejorar el estado límite de la capacidad de servicio (SLS) de una estructura de hormigón, es decir que puentean muy bien las grietas o los desplazamientos de la abertura de la boca de las grietas (CMOD) hasta los 0,5 mm típicamente requeridos, por ejemplo CMODs que oscilan entre 0,1 mm y 0,3 mm, durante un ensayo de flexión típico de tres puntos – en cuando al ensayo, véase la Norma Europea EN 14651 (método de ensayo para hormigón con fibras metálicas, midiendo la resistencia a la tensión por flexión). En otras palabras, las fibras de acero
- 25 conocidas, tales como las fibras con extremos de forma de gancho y las fibras que tienen extremos cónicamente configurados, funcionan bien para limitar la anchura o el crecimiento de grietas hasta aproximadamente 0,5 mm (SLS).

- 30 La desventaja hoy en día de estas fibras son las prestaciones relativamente bajas en el estado límite final (ULS). Especialmente, la relación entre la resistencia posagrietamiento del estado límite final (ULS) y la resistencia posagrietamiento del estado límite de la capacidad de servicio (SLS) es relativamente baja. Esta relación viene determinada por los valores de carga $F_{R,1}$ (CMOD = 0,5 mm) y $F_{R,4}$ (CMOD = 3,5 mm).

- 35 Algunas fibras de la técnica anterior no funcionan en ULS, ya que se rompen a un CMOD inferior al que se requiere para ULS. Otras fibras, tales como las fibras de extremos en forma de gancho, están diseñadas para ser extraídas. Debido a la extracción, esas fibras muestran ya para pequeños desplazamientos un comportamiento de desplazamiento-reblandecimiento.

- 40 A pesar de estas bajas prestaciones en ULS, las fibras de acero actualmente conocidas pueden utilizarse también en las llamadas aplicaciones estructurales a fin de mejorar el estado límite final (ULS). Se espera aquí que las fibras de acero conocidas soporten o aguanten carga en lugar o además de la armadura clásica, tal como barras de armadura, mallas, pretensado y postensionado. Sin embargo, para que sean efectivas en tal función portadora de carga, estas fibras de acero actuales tienen que utilizarse en enormes dosificaciones que exceden considerablemente de las dosificaciones normales de 20 kg/m³ a 40 kg/m³. Las enormes dosificaciones pueden causar problemas de trabajabilidad, tales como los problemas de mezclado y colocación.

- 45 El documento US 6.235.108 describe fibras de acero para la armadura de hormigón o mortero de altas prestaciones. Las fibras de acero tienen una alta resistencia a la tracción y están provistas de microanclajes, es decir, anclajes cuya dimensión en una dirección perpendicular al eje longitudinal de las fibras de acero es como máximo un 50% del espesor de las fibras.

Exposición de la invención.

- 50 Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar una estructura de acero que comprende hormigón convencional y un nuevo tipo de fibras de acero capaces de realizar una nueva función una vez empotradas en el

hormigón.

Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar una estructura de hormigón que comprende hormigón convencional y fibras de acero que son capaces de puentear permanentemente los desplazamientos de la abertura de la boca de las grietas superiores a 0,5 mm durante el ensayo de flexión de tres puntos según la Norma Europea EN 14651 (Junio de 2005).

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar una estructura de hormigón que comprende hormigón convencional y fibras de acero que pueden utilizarse ventajosamente en dosificaciones normales para aplicaciones estructurales.

Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar una estructura de hormigón que comprende hormigón convencional y fibras de acero que permiten reducir o evitar el comportamiento de fluencia lenta de estructuras de hormigón armadas con esas fibras en la zona de tensión.

Un objeto más consiste en proporcionar fibras de acero que permitan calcular el esfuerzo en la fibra a partir de la deformación (o CMOD) no solo en SLS, sino también en ULS. Las fibras de acero tradicionales muestran típicamente dos mecanismos de trabajo. El primer mecanismo es la extracción de las fibras sin ninguna rotura de la fibra, tal como para las fibras de acero con extremos de forma de gancho, según se conoce, por ejemplo, por el documento EP-B1-0851957 y para algunas fibras onduladas. En este caso, no existe una relación directa entre el CMOD y la deformación en la fibra.

El segundo mecanismo es el fallo de las fibras. En este caso, las fibras están bien ancladas de modo que puede tener solamente una extracción limitada de las fibras, pero, debido a la baja capacidad de deformación de los alambres de los que están hechas las fibras, estas fibras fallarán a CMODs inferiores al requerido en ULS. Especialmente, la relación entre la resistencia posagrietamiento ULS y SLS es relativamente baja. Cuando se produce un fallo de las fibras, no existe una relación directa entre el CMOD y la deformación en la fibra. Las fibras según la invención están completa o casi completamente ancladas en el hormigón o el mortero, pero, dado que las fibras están hechas de un alambre de acero que tiene una alta deformación de fallo, estas fibras no se rompen antes de alcanzar el ULS. La relación ULS/SLS es igual o superior a 1 para una fibra. Para fibras según esta invención, la deformación de las fibras (derivada del CMOD) es más o menos igual a la deformación del alambre del que están hechas las fibras, de modo que, a diferencia de las fibras tradicionales, el esfuerzo en una fibra puede calcularse a partir de la deformación.

Según la presente invención, se proporciona una estructura de hormigón que comprende hormigón convencional y fibras de acero para armar dicho hormigón. Cada una de las fibras de acero tiene una porción central y unos extremos de anclaje en uno o ambos extremos de la porción central. La porción central de la fibra de acero tiene una longitud L , una capacidad de carga máxima F_m (en N) y un alargamiento a carga máxima A_{g+e} . La porción central tiene un diámetro que va de 0,10 mm a 1,20 mm y una relación de longitud a diámetro L/D que va de 40 a 100. La porción central de cada fibra de acero tiene un alargamiento a carga máxima que es de al menos un 4%.

Cada fibra de acero tiene una fuerza de anclaje en hormigón que es de al menos un 90% de la capacidad de carga máxima F_m .

La fuerza de anclaje viene determinada por la carga máxima que se alcanza durante un ensayo de extracción. Para este ensayo de extracción se empotra una fibra de acero con un extremo en hormigón.

El ensayo se describirá más adelante con mayor detalle.

Alargamiento a carga máxima

Dentro del contexto de la presente invención se utiliza el alargamiento a carga máxima A_{g+e} y no el alargamiento a fractura A_t para caracterizar el alargamiento de una fibra de acero, más particularmente de la porción central de una fibra de acero.

La razón es que, una vez que se haya alcanzado la carga máxima, comienza la constricción de la superficie disponible de la fibra de acero y no se absorben cargas mayores.

El alargamiento a carga máxima A_{g+e} es la suma del alargamiento plástico a carga máxima A_g y el alargamiento elástico.

El alargamiento a carga máxima no comprende el alargamiento estructural A_s , el cual puede deberse al carácter ondulado de la parte central de la fibra de acero (si lo hay). En el caso de una fibra de acero ondulada, se endereza primero la fibra de acero antes de que se mida la A_{g+e} .

El alargamiento a carga máxima A_{g+e} de la porción central de una fibra de acero según la presente invención es de al

menos un 4%.

Según realizaciones particulares de la presente invención, la porción central de la fibra de acero tiene una alargamiento a carga máxima A_{g+e} superior a un 4,25%, superior a un 4,5%, superior a un 4,75%, superior a un 5,0%, superior a un 5,25%, superior a un 5,5%, superior a un 5,75% o incluso superior a un 6,0%.

- 5 El alto grado de alargamiento a carga máxima A_{g+e} puede obtenerse aplicando un tratamiento particular de alivios de esfuerzos, tal como un tratamiento térmico, a los alambres de acero de los que estarán hechas las fibras de acero.

Capacidad de carga máxima F_m – resistencia a la tracción R_m

- 10 La porción central de una fibra de acero según la presente invención tiene una alta capacidad de carga máxima F_m . La capacidad de carga máxima F_m es la carga más grande que aguanta la fibra de acero durante un ensayo de tracción. La capacidad de carga máxima F_m de la porción central está directamente relacionada con la resistencia a la tracción R_m de la porción central, ya que la resistencia a la tracción R_m es la capacidad de carga máxima F_m dividida por el área original del corte transversal de la fibra de acero.

- 15 Para una fibra de acero según la presente invención la resistencia a la tracción de la porción central de la fibra de acero es preferiblemente superior a 1000 MPa y más particularmente superior a 1400 MPa, por ejemplo superior a 1500 MPa, por ejemplo superior a 1750 MPa, por ejemplo superior a 2000 MPa; por ejemplo superior a 2500 MPa.

La alta resistencia a la tracción de las fibras de acero según la presente invención permite que las fibras de acero aguanten altas cargas.

Una resistencia a la tracción más alta se refleja así directamente en una dosificación más baja de las fibras.

Fuerza de anclaje

- 20 La fuerza de anclaje de una fibra de acero provista de extremos de anclaje empotrados en hormigón se determina por un ensayo de extracción. Más particularmente, la fuerza de anclaje se corresponde con la carga máxima que se alcanza durante un ensayo de extracción. El ensayo de extracción se explicará más adelante con mayor detalle.

La fibra de acero según la presente invención ofrece un anclaje muy bueno (casi perfecto) en el hormigón.

- 25 Según la presente invención, la fuerza de anclaje de una fibra de acero en hormigón es de al menos un 90% de la capacidad de carga máxima F_m de la porción central de la fibra de acero.

En algunas realizaciones la fuerza de anclaje es superior a un 92%, 95%, 98% o incluso superior a un 99% de la capacidad de carga máxima F_m de la porción central de la fibra de acero.

- 30 El alto grado de anclaje en hormigón dará a la estructura de hormigón armado una resistencia residual de más de un 90% o bien se puede utilizar una mayor proporción de la resistencia total del alambre de acero. En realidad, se impedirá que las fibras de acero se deslicen saliéndose del hormigón.

El alto de anclaje en hormigón puede obtenerse de maneras diferentes, tal como, por ejemplo, mediante engrosamiento o agrandamiento de los extremos, mediante recalcado en frío, mediante aplanamiento de las fibras de acero, mediante la producción de ganchos pronunciados en los extremos de las fibras de acero, mediante ondulación de los extremos o mediante combinaciones de esto.

- 35 Los extremos de anclaje son, por ejemplo, extremos de anclaje engrosados, extremos de anclaje agrandados, extremos de anclaje recalcados en frío, extremos de anclaje aplanados, extremos de anclaje doblados, extremos de anclaje ondulados o cualquier combinación de éstos.

- 40 El mecanismo por el que algunos extremos de anclaje funcionan mejor que otros extremos de anclaje no se comprende plenamente y el grado de anclaje no puede predecirse mediante, por ejemplo, una modelación matemática. Por tanto, según la presente invención, se propone determinar la fuerza de anclaje de una fibra de acero empotrando la fibra de acero provista de un extremo de anclaje en hormigón y sometiendo la fibra de acero a un ensayo de extracción (ensayo de carga-desplazamiento). Si la fuerza de anclaje es de al menos un 90% de la capacidad de carga máxima F_m , la fibra de acero satisface los requisitos de la presente invención con respecto al anclaje.

- 45 El ensayo de anclaje comprende los pasos siguientes:

- empotrar una fibra de acero según la presente invención con uno de sus extremos de anclaje en dicho hormigón, preferiblemente en un bloque de hormigón. Parte de la porción central de la fibra de acero se empotra así en el hormigón (= parte empotrada de la porción central de la fibra de acero) y parte de la porción central de la fibra de acero sobresale del hormigón (= parte sobresaliente de la porción central de la fibra de acero);

- fijar abrazaderas sobre dicha parte sobresaliente de la porción central de dicha fibra de acero;
- ejercer un desplazamiento sobre dichas abrazaderas.

Mediante este ensayo se registra una curva de carga-alargamiento.

5 En el ensayo de extracción se empotra completamente uno de los extremos de anclaje de la fibra de acero en el hormigón.

La parte empotrada de la porción central de la fibra de acero tiene una longitud $L_{\text{porción central empotrada}}$ o $L_{\text{MP emp}}$.

La parte sobresaliente de la porción central hasta las abrazaderas tiene una longitud $L_{\text{porción central sobresaliente abrazaderas}}$ o $L_{\text{MP sobr abrazaderas}}$.

10 La suma de la longitud $L_{\text{MP emp}}$ y $L_{\text{MP sobr abrazaderas}}$ se define como la longitud de la porción central hasta las abrazaderas $L_{\text{porción central abrazaderas}}$ o $L_{\text{MP abrazaderas}}$.

Preferiblemente, la fibra de acero se empotra en un bloque de hormigón de 50 x 50 x 50 mm, 60 x 60 x 50 mm u 80 x 80 x 60 mm.

$L_{\text{porción central empotrada}}$ es preferiblemente de al menos 15 mm.

15 Las fibras de acero según la presente invención permiten en el ensayo de extracción a la carga máxima que pueda obtenerse durante el ensayo de extracción un desplazamiento absoluto de $x \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$, siendo x al menos 2,5. Preferiblemente, x es al menos igual al alargamiento a carga máxima A_{g+e} .

En una realización preferida las fibras de acero según la presente invención permiten a carga máxima en el ensayo de extracción un desplazamiento absoluto de al menos $4 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$, al menos $5 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$ o al menos $6 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$.

20 Debido a la alta ductilidad o al alto alargamiento de las fibras de acero según la presente invención las fibras no se romperán a CMODs superiores a 1,5 mm, superiores a 2,5 mm o superiores a 3,5 mm en el ensayo de flexión de tres puntos según la norma EN 14651.

25 Además del alto alargamiento a carga máxima A_{g+e} , las fibras de acero según la presente invención se caracterizan también por un alto grado de anclaje. Como se ha mencionado anteriormente, el alto grado de anclaje evitará la extracción de las fibras. El alto grado de anclaje combinado con el alto alargamiento a resistencia máxima evitará la extracción de las fibras y evitará el fallo de las fibras.

30 La alta resistencia a la tracción R_m de la fibra de acero según la presente invención permite que la fibra de acero aguante altas cargas. El alto grado de anclaje combinado con la alta resistencia a la tracción permite que se haga un uso mejor de la resistencia a la tracción después de la aparición de grietas. Por tanto, una resistencia a la tracción más alta se refleja directamente en una dosificación más baja de las fibras, necesaria en el hormigón convencional.

La extracción o el fallo de las fibras debido a una baja capacidad de deformación máxima de la fibra de acero son fenómenos dependientes del tiempo y gobiernan el comportamiento de fluencia lenta de una estructura en tensión. Se espera un comportamiento de fluencia lenta más baja de hormigón armado con fibras de acero según la presente invención, ya que las fibras de acero no se extraen ni se rompen prematuramente.

35 La porción central de las fibras de acero tiene un diámetro D que va de 0,10 mm a 1,20 mm. En caso de que el corte transversal de la porción central de la fibra de acero no sea redondo, el diámetro es igual al diámetro de un círculo con la misma área superficial que el corte transversal de la porción central de la fibra de acero.

La porción central de las fibras de acero tiene una relación de longitud a diámetro L/D que va de 40 a 100.

40 La porción central de la fibra de acero puede ser recta o rectilínea; o bien puede ser de naturaleza sinuosa u ondulada.

La estructura de hormigón tiene una resistencia residual media posagrietamiento en ULS superior a 3 MPa, por ejemplo más de 4 MPa, por ejemplo más de 5 MPa, 6 MPa, 7 MPa, 7,5 MPa.

45 La dosificación de las fibras de acero en la estructura de hormigón es de preferencia, pero no necesariamente, inferior a 80 kg/m³, preferiblemente inferior a 60 kg/m³. La dosificación de las fibras de acero en hormigón puede ir típicamente desde 20 kg/m³ hasta 50 kg/m³, por ejemplo desde 30 kg/m³ hasta 40 kg/m³.

Las estructuras de hormigón preferidas tienen una resistencia residual media posagrietamiento en ULS superior a 5 MPa con una dosificación de dichas fibras de acero de menos de 40 kg/m³.

Breve descripción de las figuras de los dibujos

Se describirá ahora la invención con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un ensayo de tracción (ensayo de carga-deformación) de una fibra de acero;

5 La figura 2 ilustra un ensayo de extracción (ensayo de carga-desplazamiento) de una fibra de acero empotrada en hormigón;

La figura 3a y la figura 4a muestran curvas de carga-deformación de dos fibras de acero de la técnica anterior y una fibra de acero según la presente invención;

La figura 3b y la figura 4b muestran curvas de carga-desplazamiento de dos fibras de acero de la técnica anterior y una fibra de acero según la presente invención; y

10 La figura 5a, la figura 5b y la figura 5c son ilustraciones de fibras de acero provistas de extremos de anclaje según la presente invención.

Modo(s) de realización de la invención

15 Se describirá la presente invención con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, pero la invención no queda limitada a esto, sino que solamente será limitada por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son solo esquemáticos y no limitativos. En los dibujos el tamaño de algunos de los elementos puede haberse exagerado y no dibujado a escala para fines ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no se corresponden con reducciones reales para la puesta en práctica de la invención.

Se proporcionan los términos siguientes solamente para ayudar a entender las invenciones.

20 - Capacidad de carga máxima (F_m): la carga más grande que aguanta la fibra de acero durante un ensayo de tracción;

- Alargamiento a carga máxima (%): aumento de la longitud de calibre de la fibra de acero a fuerza máxima, expresado como un porcentaje de la longitud de calibre original;

- Alargamiento a fractura (%): aumento de la longitud de calibre en el momento de una fractura, expresado como un porcentaje de la longitud de calibre original;

25 - Resistencia a la tracción (R_m): esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m);

- Esfuerzo: fuerza dividida por el área del corte transversal original de la fibra de acero;

- Dosificación: cantidad de fibras añadidas a un volumen de hormigón (expresada en kg/m^3).

Para ilustrar la invención se somete una pluralidad de fibras de acero diferentes, fibras de acero de la técnica anterior y fibras de acero según la presente invención a una serie de ensayos diferentes:

30 - un ensayo de tracción (ensayo de carga-deformación); y

- un ensayo de extracción (ensayo de carga-desplazamiento).

El ensayo de tracción se aplica a la fibra de acero, particularmente a la porción central de la fibra de acero. Alternativamente, el ensayo de tracción se aplica al alambre utilizado para hacer la fibra de acero.

35 El ensayo de tracción se utiliza para determinar la capacidad de carga máxima F_m de la fibra de acero y para determinar el alargamiento a carga máxima A_{g+e} .

El ensayo de extracción se aplica a la fibra de acero empotrada con un extremo de anclaje en hormigón.

El ensayo de extracción se utiliza para medir la fuerza de anclaje de una fibra de acero en hormigón y para determinar el desplazamiento absoluto de la fibra de acero empotrada en el hormigón. Los ensayos se ilustran en la figura 1 y la figura 2, respectivamente.

40 La figura 1 muestra una instalación de ensayo 60 para medir el alargamiento de fibras de acero adaptadas para la armadura de hormigón. Se cortan primero los extremos de anclaje (por ejemplo, los extremos agrandados o configurados en forma de ganchos) de la fibra de hormigón que se debe ensayar. La porción central restante 14 de la fibra de acero se fija entre dos pares de abrazaderas 62, 63. A través de las abrazaderas 62, 63 se ejerce una fuerza de tracción creciente F sobre la porción central 14 de la fibra de acero. Se mide el desplazamiento o
45 alargamiento como resultado de la fuerza de tracción creciente F midiendo el desplazamiento de las mordazas 64, 65 del extensímetro. L_1 es la longitud de la parte central de la fibra de acero y es, por ejemplo, de 50 mm, 60 mm o

70 mm. L_2 es la distancia entre las abrazaderas y es, por ejemplo, de 20 mm o 25 mm. L_3 es la longitud de calibre del extensímetro y es de un mínimo de 10 mm, por ejemplo 12 mm, por ejemplo 15 mm. Para proporcionar un agarre mejorado del extensímetro a la porción central 14 de la fibra de acero, se puede revestir o cubrir la porción central de la fibra de acero con una delgada cinta para evitar un resbalamiento del extensímetro sobre la fibra de acero.

5 Mediante este ensayo se registra una curva de carga-alargamiento.

El porcentaje de alargamiento total a carga máxima se calcula por medio de la fórmula siguiente:

$$A_{g+e} = \frac{\text{extensión a carga máxima}}{\text{longitud de calibre } L_3 \text{ del extensímetro}} \times 100$$

Con ayuda de la instalación de ensayo 60 se ensayan una pluralidad de alambres diferentes en cuanto a capacidad de carga máxima F_m (carga de rotura), resistencia a la tracción R_m y alargamiento total a carga máxima A_{g+e} . Se ensayan en total diez alambres: nueve alambres de la técnica anterior y un alambre de la invención. Se han hecho cinco ensayos por probeta. La tabla 1 resume los resultados.

10

Tabla 1

Tipo de fibra	Diámetro (mm)	F_m (N)	R_m (MPa)	A_{g+e} (%)
Técnica anterior 1	0,90	879 ± 8	1382 ± 12	1,37 ± 0,07
Técnica anterior 2	1,0	911 ± 14	1160 ± 18	1,86 ± 0,24
Técnica anterior 3	1,0	1509 ± 12	1922 ± 15	2,36 ± 0,19
Técnica anterior 4	1,0	873 ± 10	1111 ± 13	1,95 ± 0,21
Técnica anterior 5	1,0	1548 ± 15	1972 ± 19	1,99 ± 0,27
Técnica anterior 6	1,0	1548 ± 45	1971 ± 58	2,33 ± 0,29
Técnica anterior 7	0,75	533 ± 19	1206 ± 43	2,20 ± 0,24
Técnica anterior 8	0,9	751 ± 29	1181 ± 46	2,16 ± 0,13
Técnica anterior 9	0,77	1051 ± 20	2562 ± 44	1,88 ± 0,15
Alambre de la invención	0,89	1442 ± 3	2318 ± 4	5,06 ± 0,32

Solamente el alambre de la invención tiene un alargamiento a carga máximo superior a al menos un 4%.

15 La figura 2 ilustra una instalación de ensayo 200 para medir el anclaje de una fibra de acero 202 en hormigón. La fibra de acero 202 tiene una porción central 204 y unos extremos de anclaje 206. La fibra de acero 202 está anclada con uno de sus extremos de anclaje 206 en un cubo de hormigón 208. El cubo de hormigón 208 es, por ejemplo, un cubo de 50 x 50 x 50 mm. Como alternativa, el cubo 208 es un cubo de 60 x 60 x 50 mm o un cubo de 80 x 80 x 60 mm. El cubo 208 está hecho, por ejemplo, de hormigón convencional.

20 La fibra de acero 202 está empotrada en el centro de una cara 210 del cubo 208 perpendicularmente a esa cara 210. El extremo de anclaje 206 está así completamente empotrado en el cubo de hormigón.

La longitud de la porción central de la fibra de acero que está empotrada en el hormigón o mortero se define como $L_{\text{porción central empotrada}}$ o $L_{MP \text{ emp}}$ y se representa por 222.

25 La longitud de la porción central de la fibra de acero que no está empotrada en el hormigón o el mortero hasta las abrazaderas se define como $L_{\text{porción central sobresaliente abrazaderas}}$ o $L_{MP \text{ sobr abrazaderas}}$ y se representa por 224.

La suma de la longitud $L_{MP \text{ emp}}$ y $L_{MP \text{ sobr abrazaderas}}$ se define como la longitud de la porción central hasta las abrazaderas $L_{\text{porción central abrazaderas}}$ o $L_{MP \text{ abrazaderas}}$ y se representa por 226.

$L_{\text{porción central empotrada}}$ es preferiblemente de al menos 15 mm.

30 El cubo 208 se coloca luego sobre una plataforma 214 con una abertura central 216 a través de la cual se extiende la fibra de acero 202.

La plataforma 214 está sujeta por unas barras 218 que constituyen una jaula alrededor del cubo 208. El otro extremo de la fibra de acero 202 se ha recortado y está fijado en unas abrazaderas 220. Se ejerce un desplazamiento sobre la fibra de acero 202 hasta que esta fibra de acero 202 se rompa o sea extraída del cubo 208. Se registra un diagrama de fuerza-desplazamiento o de carga-desplazamiento.

35 La figura 3a muestra una curva de carga-deformación de tres fibras de acero diferentes que tienen un diámetro de 0,90 mm:

- La curva de carga-deformación 32 es una curva de carga-deformación de un alambre de la técnica anterior, más

particularmente del alambre de la técnica anterior 1 de la tabla 1;

- La curva de carga-deformación 33 es una curva de carga-deformación de un segundo alambre de la técnica anterior, más particularmente del alambre de la técnica anterior 8 de la tabla 1;

- 5 - La curva de carga-deformación 34 es la curva de carga-deformación de un alambre utilizado para una fibra de acero según la presente invención, más particularmente del alambre de la invención de la tabla 1.

Las curvas de carga-deformación se obtienen sometiendo las fibras de acero a un ensayo como el descrito en relación con la figura 1.

La curva de carga-deformación 32 y la curva de carga-deformación 33 son similares.

- 10 La curva de carga-deformación 32 muestra una capacidad de carga máxima F_m de 879 N. Esta capacidad de carga máxima F_m es equivalente a una resistencia a la tracción máxima R_m de aproximadamente 1382 MPa. La curva de carga-deformación 32 muestra, además, un alargamiento a carga máxima A_{g+e} de un 1,37%.

La curva de carga-deformación 33 muestra una capacidad de carga máxima F_m de 751 N. Esta capacidad de carga máxima F_m es equivalente a una resistencia a la tracción máxima R_m de aproximadamente 1181 MPa. La curva de carga-deformación 33 muestra un alargamiento a carga máxima A_{g+e} de un 2,16%.

- 15 Cuando la curva de carga-deformación 34 de una fibra de acero según la presente invención se compara con las curvas de carga-deformación 32 y 33 de las fibras de acero de la técnica anterior se pueden hacer notar dos diferencias:

En primer lugar, la capacidad de carga máxima F_m es superior a 1400 newton, es decir, mucho mayor que la capacidad de carga máxima F_m de la fibra de la técnica anterior de la curva 32 y de la curva 33.

- 20 En segundo lugar, el alargamiento a carga máxima A_{g+e} es también mayor que el alargamiento a carga máxima A_{g+e} de la fibra de la técnica anterior de la curva 32 y de la fibra de la técnica anterior de la curva 33. El alargamiento a carga máxima A_{g+e} de la fibra de acero según la presente invención es superior a un 4,0%, más preferiblemente un 5%.

- 25 La figura 3b muestra las curvas de carga-desplazamiento de las fibras ensayadas en el ensayo de carga-deformación de la figura 3a:

- La curva de carga-desplazamiento 42 es la curva de carga-desplazamiento de una primera fibra de acero de la técnica anterior, más particularmente de una fibra de acero hecha del alambre de la técnica anterior 1 de la tabla 1; la fibra de acero está provista de cabezas de clavo como extremos de anclaje en ambos extremos.

- 30 - La curva de carga-desplazamiento 43 es la curva de carga-desplazamiento de una segunda fibra de acero de la técnica anterior, más particularmente de una fibra de acero hecha del alambre de la técnica anterior 8 de la tabla 1; la fibra de acero está provista de extremos de forma de gancho en ambos extremos;

- La curva de carga-desplazamiento 44 se corresponde con la curva de carga-deformación de una fibra según la presente invención, más particularmente de una fibra de acero hecha del alambre de la invención de la tabla 1; la fibra de acero está provista de cabezas de clavo como extremos de anclaje en ambos extremos.

- 35 Durante el ensayo de extracción la primera fibra de acero de la técnica anterior (curva 42) muestra una carga máxima (= fuerza de anclaje) que es aproximadamente igual que la capacidad de carga máxima F_m del alambre correspondiente determinada en la figura 3a (curva 32). Esto es una indicación de un buen anclaje de la fibra en hormigón. La capacidad de carga máxima F_m de la fibra en hormigón se alcanza a desplazamientos relativamente pequeños. Sin embargo, la primera fibra de la técnica anterior falla a un CMOD bajo, muy inferior al CMOD requerido para ULS debido a la fractura de la fibra.

- 40 La segunda fibra de la fibra anterior (curva 43) muestra un comportamiento completamente diferente. La curva 43 se refiere al comportamiento de extracción de una fibra de la técnica anterior con extremos de forma de gancho. Los extremos de forma de gancho están diseñados para ser extraídos del hormigón.

- 45 Durante el ensayo de extracción la segunda fibra de acero de la técnica anterior (curva 43) muestra una carga máxima que está bastante por debajo de la capacidad de carga máxima F_m del alambre correspondiente determinada en la figura 3a (curva 33). Cuando se carga aún más la fibra de acero en el ensayo de extracción, los ganchos comienzan a deformarse para permitir que la fibra de acero se deslice hacia fuera del hormigón. Esto da como resultado mayores desplazamientos, pero a cargas decrecientes. En consecuencia, la segunda fibra de acero de la técnica anterior con extremos de forma de gancho no hace uso de toda la resistencia a la tracción de la fibra.
- 50 Las fibras son extraídas sin fractura de la fibra.

Contemplando la curva 44, la carga máxima obtenida durante un ensayo de extracción es aproximadamente igual que la capacidad de carga máxima F_m del alambre correspondiente determinada en la figura 3a (curva 44). Esto es una indicación de la buena fuerza de anclaje de la fibra de acero según la presente invención en hormigón.

- 5 La fibra de acero de la curva 44 permite en el ensayo de extracción a la carga máxima obtenida en dicho ensayo de extracción un desplazamiento absoluto de $x \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$, siendo x de al menos 2,5. Preferiblemente, x es al menos igual al alargamiento a carga máxima A_{g+e} .

En una realización preferida las fibras de acero según la presente invención permiten a carga máxima en el ensayo de extracción un desplazamiento absoluto de al menos $4 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$, al menos $5 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$ o al menos $6 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$.

- 10 La fibra de acero según la presente invención no se romperá a CMODs superiores a 1,5 mm, superiores a 2,5 mm o superiores a 3,5 mm en el ensayo de flexión de tres puntos según la norma EN 14651.

Debido a la alta resistencia a la tracción, el alto alargamiento y el buen anclaje de la fibra de acero se cumple que esta fibra de acero, una vez cargada, hará uso de casi toda su resistencia a la tracción sin que se rompa ni sea extraída. En consecuencia, pueden utilizarse dosificaciones más bajas.

- 15 Además, el hormigón armado con este tipo de fibras de acero mostrará una fluencia lenta más baja.

La figura 4a muestra una curva de carga-deformación de tres fibras de acero diferentes que tienen un diámetro de, respectivamente, 0,75 mm, 0,77 mm y 0,70 mm.

- La curva de carga-deformación 35 es la curva de carga-deformación de un alambre de la técnica anterior, más particularmente del alambre de la técnica anterior 7 de la tabla 1;

- 20 - La curva de carga-deformación 36 es la curva de carga-deformación de un segundo alambre de la técnica anterior, más particularmente del alambre de la técnica anterior 9 de la tabla 1;

- La curva de carga-deformación 37 es la curva de carga-deformación de un alambre utilizado para una fibra de acero según la presente invención.

- 25 Las curvas de carga-deformación se obtienen sometiendo las fibras de acero a un ensayo como el descrito en relación con la figura 1.

La curva de carga-deformación 35 muestra una capacidad de carga máxima F_m de 533 N. Esta capacidad de carga máxima F_m es equivalente a una resistencia a la tracción máxima R_m de aproximadamente 1206 MPa. La curva de carga-deformación 35 muestra, además, un alargamiento a carga máxima A_{g+e} de un 2,20%.

- 30 La curva de carga-deformación 36 muestra una capacidad de carga máxima F_m de 1051 N. Esta capacidad de carga máxima F_m es equivalente a una resistencia a la tracción máxima R_m de aproximadamente 2562 MPa. El alambre está hecho de un acero que tiene un alto contenido de carbono. Esto explica la alta capacidad de carga máxima F_m . La curva de carga-deformación 36 muestra un alargamiento a carga máxima A_{g+e} de un 1,88%.

- 35 La curva de carga-deformación 37 muestra una capacidad de carga máxima F_m de 890 N. Esta capacidad de carga máxima F_m es equivalente a una resistencia a la tracción máxima R_m de aproximadamente 2313 MPa. La curva de carga-deformación 35 muestra, además, un alargamiento a carga máxima A_{g+e} de más de un 4%, por ejemplo un 5%. Cuando se compara la curva de carga-deformación 37 del alambre de la invención con las curvas de carga-deformación 35 y 36 de los alambres de la técnica anterior, se observa que

- la capacidad de carga máxima F_m del alambre de la invención está entre la capacidad de carga máxima F_m de los dos alambres de la técnica anterior;

- 40 - el alargamiento a carga máxima A_{g+e} del alambre de la invención es mucho mayor que el alargamiento a carga máxima A_{g+e} de los dos alambres de la técnica anterior.

La figura 4b muestra las curvas de carga-desplazamiento de las fibras ensayadas en el ensayo de carga-deformación de la figura 4a:

- 45 - La curva de carga-desplazamiento 45 es la curva de carga-desplazamiento de una fibra de acero de la técnica anterior, más particularmente de una fibra de acero hecha del alambre de la técnica anterior 7 de la tabla 1; la fibra de acero está provista de extremos de forma de gancho;

- La curva de carga-desplazamiento 46 es la curva de carga-desplazamiento de otra fibra de acero de la técnica anterior, más particularmente de una fibra de acero hecha del alambre de la técnica anterior 9 de la tabla 1; la fibra de acero está provista de extremos de forma de gancho;

- La curva de carga-desplazamiento 44 se corresponde con la curva de carga-deformación de una fibra según la presente invención, más particularmente de una fibra de acero hecha del alambre de la invención de la tabla 1; la fibra de acero está provista de cabezas de clavo como extremos de anclaje.

5 Durante el ensayo de extracción la primera fibra de acero de la técnica anterior (curva 45) muestra una carga máxima que es sustancialmente inferior a la capacidad de carga máxima F_m del alambre correspondiente determinada en la figura 4a (curva 35). La curva 45 muestra el comportamiento de extracción de una fibra de la técnica anterior con extremos de forma de gancho. Cuando se carga la fibra de acero en el ensayo de extracción, los ganchos comienzan a deformarse para permitir que la fibra de acero resbale hacia fuera del hormigón. Esto da como resultado mayores desplazamientos a cargas decrecientes. En consecuencia, la fibra de la técnica anterior con extremos de forma de gancho no hace uso de toda la resistencia a la tracción del acero. Las fibras son extraídas sin fractura de las mismas.

10 La curva 46 es muy similar a la curva 44. La carga máxima obtenida en el ensayo de extracción de la curva 46 es algo más alta que la carga máxima de la curva 45. Análogamente a la curva 45, la carga máxima obtenida en el ensayo de extracción de la curva 46 es mucho más baja que la capacidad de carga máxima F_m del alambre correspondiente determinada en la figura 4a (curva 36).

15 Cuando se carga aún más la fibra de acero en el ensayo de extracción, los ganchos comienzan a deformarse para permitir que la fibra de acero resbale hacia fuera del hormigón. Esto da como resultado mayores desplazamientos, pero a cargas decrecientes. En consecuencia, la fibra de acero de la técnica anterior con extremos de forma de gancho no hace uso de toda la resistencia a la tracción del acero. Las fibras son extraídas sin fractura de las mismas.

20 Contemplando la curva 47, la carga máxima obtenida durante un ensayo de extracción es aproximadamente igual que la capacidad de carga máxima F_m del alambre correspondiente determinada en la figura 4a (curva 37). Esto es una indicación de la buena fuerza de anclaje de la fibra de acero según la presente invención en hormigón. Aunque la porción central de la fibra de acero de la curva 46 tiene una capacidad de carga más alta F_m que la porción central de la fibra de acero de la curva 47, la carga máxima obtenida durante un ensayo de extracción de la misma fibra de la curva 47 es más alta que la carga máxima obtenida durante un ensayo de extracción de la fibra de acero de la curva 46.

La fibra de acero de la curva 47 hace uso de casi toda su resistencia a la tracción sin que se rompa ni se extraiga, mientras que la fibra de acero de la curva 46 resbalará hacia fuera sin hacer uso de su resistencia.

30 La fibra de acero de la curva 47 muestra en el ensayo de extracción a carga máxima en dicho ensayo de extracción un desplazamiento absoluto de $x \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$, siendo x de al menos 2,5. Preferiblemente, x es al menos igual al alargamiento a carga máxima A_{g+e} .

35 En una realización preferida las fibras de acero según la presente invención muestran a carga máxima en el ensayo de extracción un desplazamiento absoluto de al menos $4 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$, al menos $5 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$ o al menos $6 \cdot L_{\text{porción central abrazaderas}}/100$.

La figura 5a, la figura 5b y la figura 5c muestran diferentes realizaciones de fibras de acero según la presente invención que proporcionan una buena fuerza de anclaje una vez que la fibra de acero esté empotrada en hormigón o mortero.

40 No se entiende plenamente la razón por la que algunos extremos de anclaje funcionan mejor que otros extremos de anclaje. Por tanto, según la presente invención, se propone determinar la fuerza de anclaje de una fibra de acero empotrando dicha fibra de acero provista de sus extremos de anclaje en hormigón y sometiendo la fibra de acero a un ensayo de extracción (ensayo de carga-desplazamiento). Si la fuerza de anclaje es de al menos un 90% de la capacidad de carga máxima F_m , la fibra de acero satisface los requisitos de la presente invención.

45 La figura 5a muestra una fibra de acero 502 que tiene una porción central 503 provista de unos extremos de anclaje 504. Los extremos de anclaje 504 son extremos agrandados a ambos lados de la porción central 503. Estos extremos agrandados 504 son comparables a una cabeza de clavo. En la realización mostrada en la figura 5a la cabeza de clavo es redonda. Aunque esto no constituye una limitación. Son adecuadas también cabezas de clavo que tengan otra forma, tal como cabezas cuadradas o cabezas rectangulares.

50 La figura 5b muestra otra fibra de acero 506 que tiene una porción central 507 provista de unos extremos de anclaje 508 en ambos extremos de la porción central 507. Los extremos de anclaje 508 son ganchos.

La figura 5c muestra una realización más de una fibra de acero 510 según la presente invención que proporciona un anclaje superior a un 90% una vez empotrada en hormigón.

La fibra de acero 510 tiene una porción central 511 provista de unos extremos de anclaje 512 en ambos extremos de la porción central 511. Los extremos de anclaje 512 tienen la forma de un gancho cerrado o sustancialmente

cerrado.

Como ejemplo, las fibras de acero según la invención pueden hacerse de la manera siguiente.

5 El material de partida es una varilla de alambre con un diámetro de, por ejemplo, 5,5 mm o 6,5 mm y una composición de acero que tiene un contenido de carbono mínimo de 0,50 por ciento en peso (%p), por ejemplo igual o superior a 0,60%p, un contenido de manganeso que va de 0,20%p a 0,80%p, y un contenido de silicio que va de 0,10%p a 0,40%p. El contenido de azufre es un máximo de 0,04%p y el contenido de fósforo es un máximo de 0,04%p.

10 Una composición de acero típica comprende 0,725% de carbono, 0,550% de manganeso, 0,250% de silicio, 0,015% de azufre y 0,015% de fósforo. Una composición de acero alternativa comprende 0,825% de carbono, 0,520% de manganeso, 0,230% de silicio, 0,008% de azufre y 0,010% de fósforo.

La varilla de alambre se estira en frío en una serie de pasos de estirado hasta que su diámetro final sea de 0,20 mm a 1,20 mm.

15 Para dar a la fibra de acero su alto alargamiento a fractura y a carga máxima, el alambre así estirado puede ser sometido a un tratamiento de alivio de esfuerzos, por ejemplo haciendo pasar el alambre a través de una bobina de inducción de alta frecuencia o de media frecuencia de una longitud que esté adaptada a la velocidad del alambre que está pasando. Se ha observado que un tratamiento térmico a una temperatura de aproximadamente 300°C durante un cierto periodo de tiempo da como resultado una reducción de la resistencia a la tracción de aproximadamente un 10% sin aumentar el alargamiento a fractura y el alargamiento a carga máxima. Sin embargo, aumentando ligeramente la temperatura hasta más de 400°C se observan una disminución adicional de la resistencia a la tracción y al mismo tiempo un aumento del alargamiento a fractura y un aumento del alargamiento a carga máxima.

25 Los alambres pueden estar recubiertos o no con un revestimiento de resistencia a la corrosión, tal como un revestimiento de cinc o un revestimiento de una aleación de cinc, más particularmente un revestimiento de cinc-aluminio o un revestimiento de cinc-aluminio-magnesio. Antes del estirado o durante el estirado se pueden revestir también los alambres con un revestimiento de cobre o de aleación de cobre a fin de facilitar la operación de estirado.

Los alambres aliviados de esfuerzos se cortan luego a las longitudes apropiadas de las fibras de acero y se da a los extremos de las fibras de acero el anclaje o el engrosamiento adecuado. El corte y la configuración en forma de gancho pueden hacerse también en un mismo paso operativo por medio de rodillos apropiados.

Las fibras de acero así obtenidas pueden ser encoladas o no una con otra según el documento US-A-4284667.

30 Además o alternativamente, las fibras de acero obtenidas pueden ponerse en un envase de cadena según el documento EP-B1-1383634 o en un envase semejante a una correa, tal como el revelado en la solicitud de patente europea con número de solicitud 09150267.4 de la solicitante.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de hormigón que comprende hormigón convencional y fibras de acero (502) para armar el hormigón convencional, teniendo cada una de dichas fibras de acero (502) una porción central (503) y unos extremos de anclaje (504) en uno o en ambos extremos de dicha porción central (503), teniendo dicha porción central (503) un diámetro que va de 0,10 mm a 1,20 mm y teniendo dicha porción central (503) una relación de longitud a diámetro L/D que va de 40 a 100, teniendo dicha porción central (503) una capacidad de carga máxima F_m y un alargamiento a carga máxima A_{g+e} , **caracterizada** por que dicho alargamiento a carga máxima A_{g+e} es de al menos un 4%, dicha fibra de acero (502) tiene una fuerza de anclaje en dicho hormigón de al menos un 90% de dicha capacidad de carga máxima F_m y dicha fuerza de anclaje es la carga máxima obtenida durante un ensayo de extracción de una fibra de acero (502) empotrada con uno de dichos extremos de anclaje (504) en dicho hormigón.
2. Una estructura de hormigón según la reivindicación 1, en la que dicha porción central (503) de dichas fibras de acero (502) tiene una resistencia a la tracción R_m de al menos 1000 MPa.
3. Una estructura de hormigón según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que dicha porción central (503) tiene una resistencia a la tracción R_m de al menos 1400 MPa.
4. Una estructura de hormigón según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha porción central (503) de dichas fibras de acero (502) tiene un alargamiento a carga máxima A_{g+e} de al menos un 5%.
5. Una estructura de hormigón según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha porción central (503) de dichas fibras de acero (502) tiene un alargamiento a carga máxima A_{g+e} de al menos un 6%.
6. Una estructura de hormigón según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos extremos de anclaje (504) son extremos de anclaje engrosados, extremos de anclaje agrandados, extremos de anclaje recalcados en frío, extremos de anclaje aplanados, extremos de anclaje doblados, extremos de anclaje ondulados o una combinación de éstos.
7. Una estructura de hormigón según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichas fibras de acero (502) están en un estado de esfuerzos aliviados.
8. Una estructura de hormigón según la reivindicación 1, en la que dicha estructura de hormigón tiene una resistencia residual media posagrietamiento en el estado ULS superior a 5 MPa con una dosificación de dichas fibras de acero (502) inferior a 40 kg/m³.

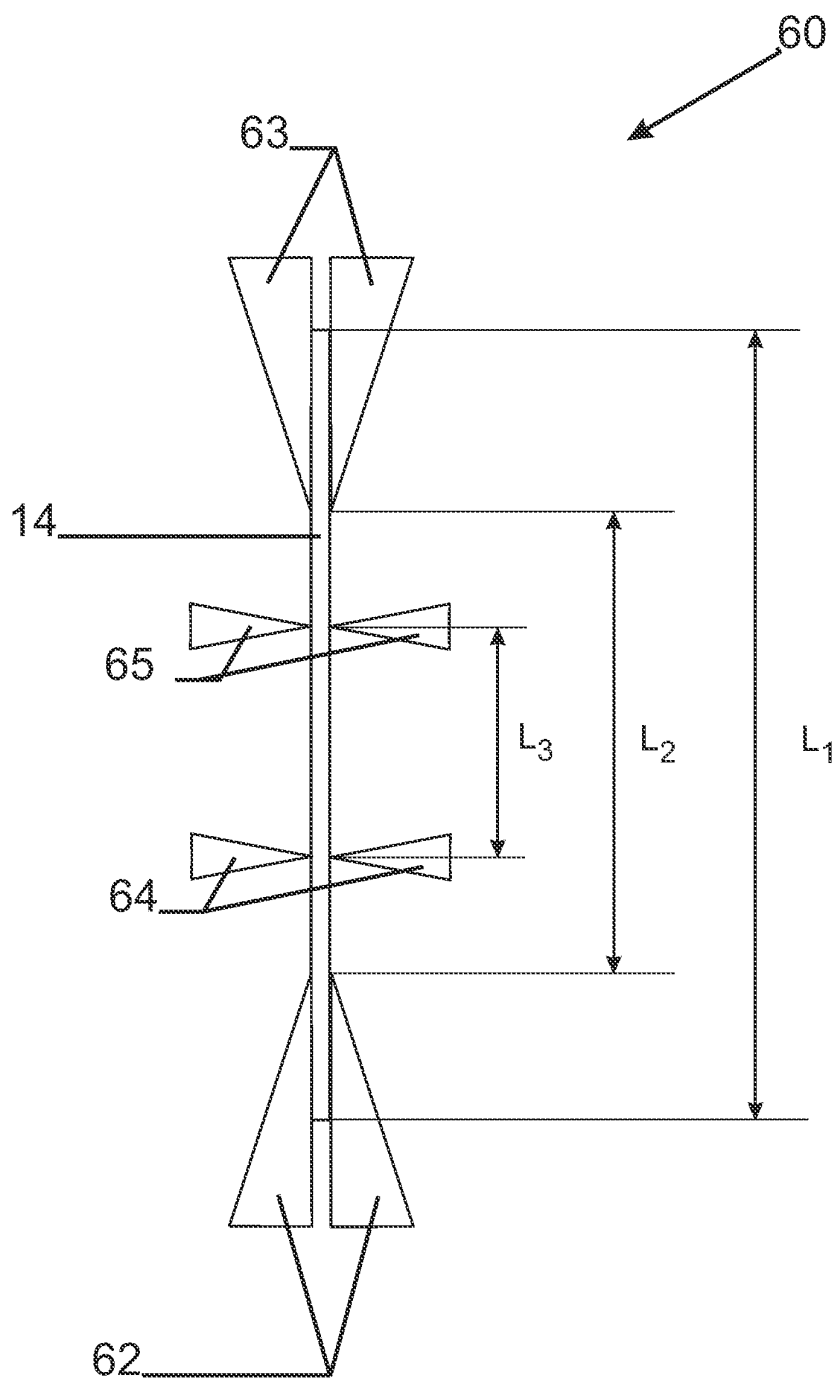


Fig. 1

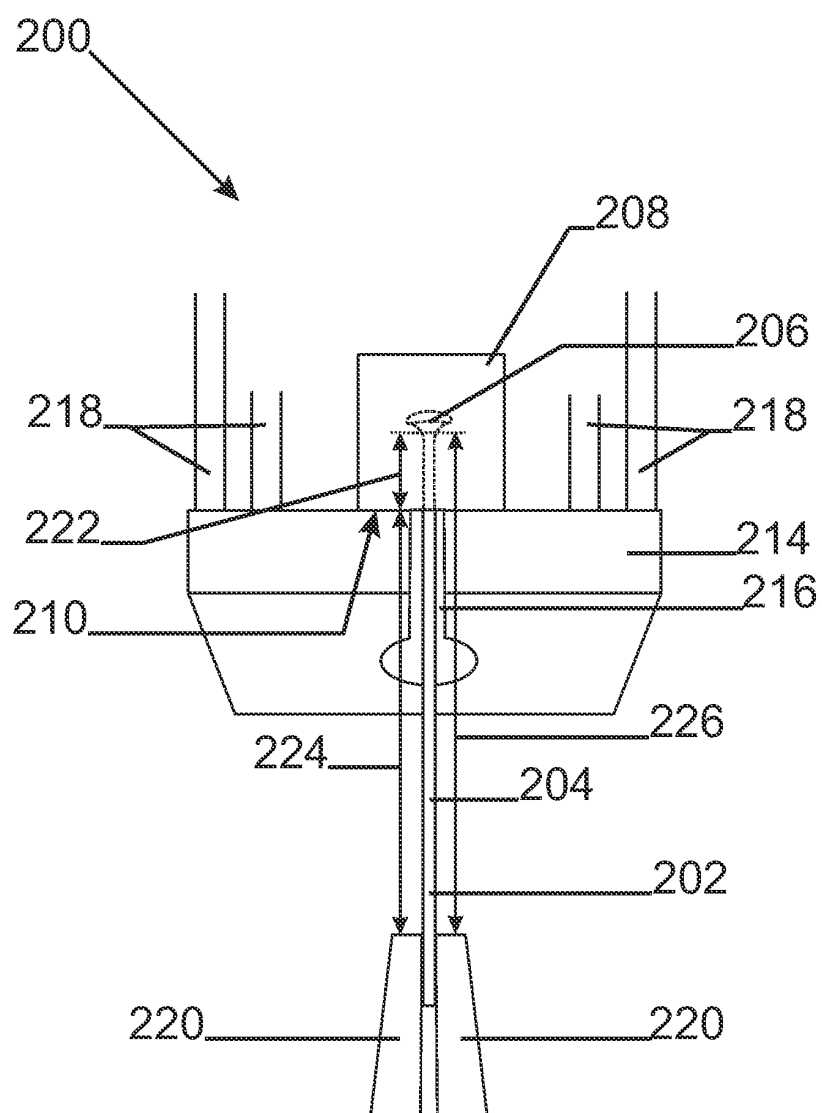


Fig. 2

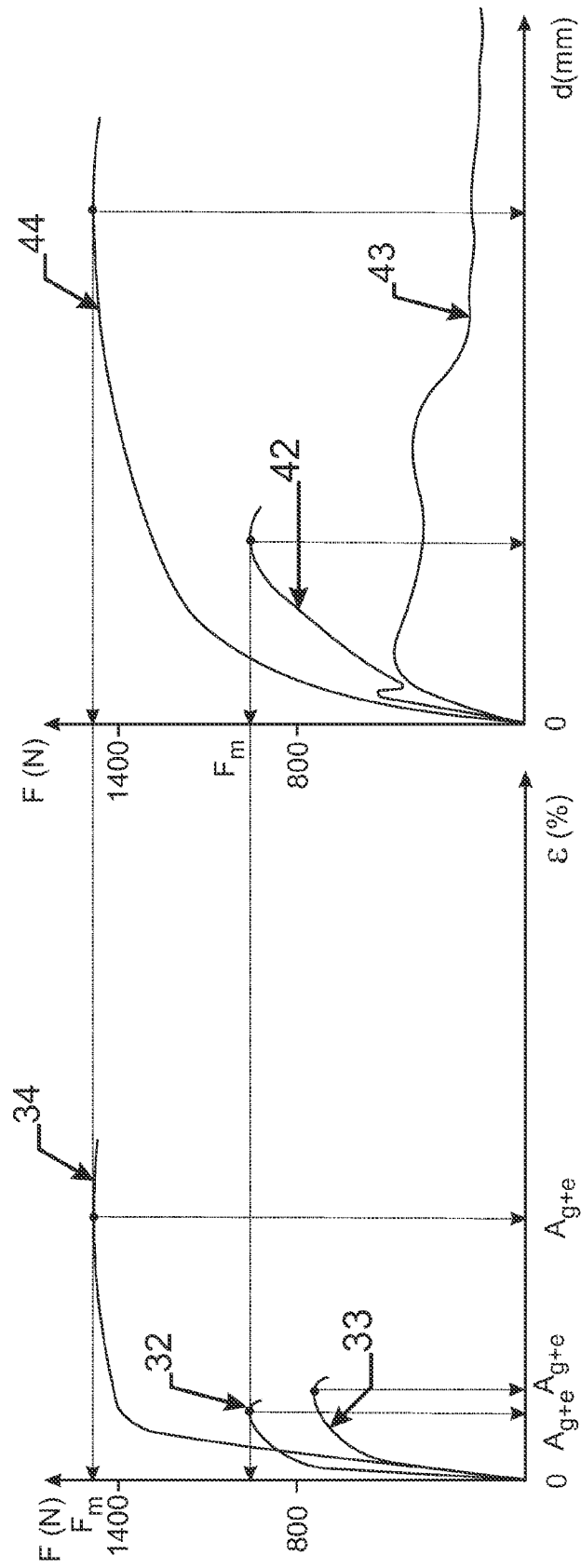


Fig. 3b

Fig. 3a

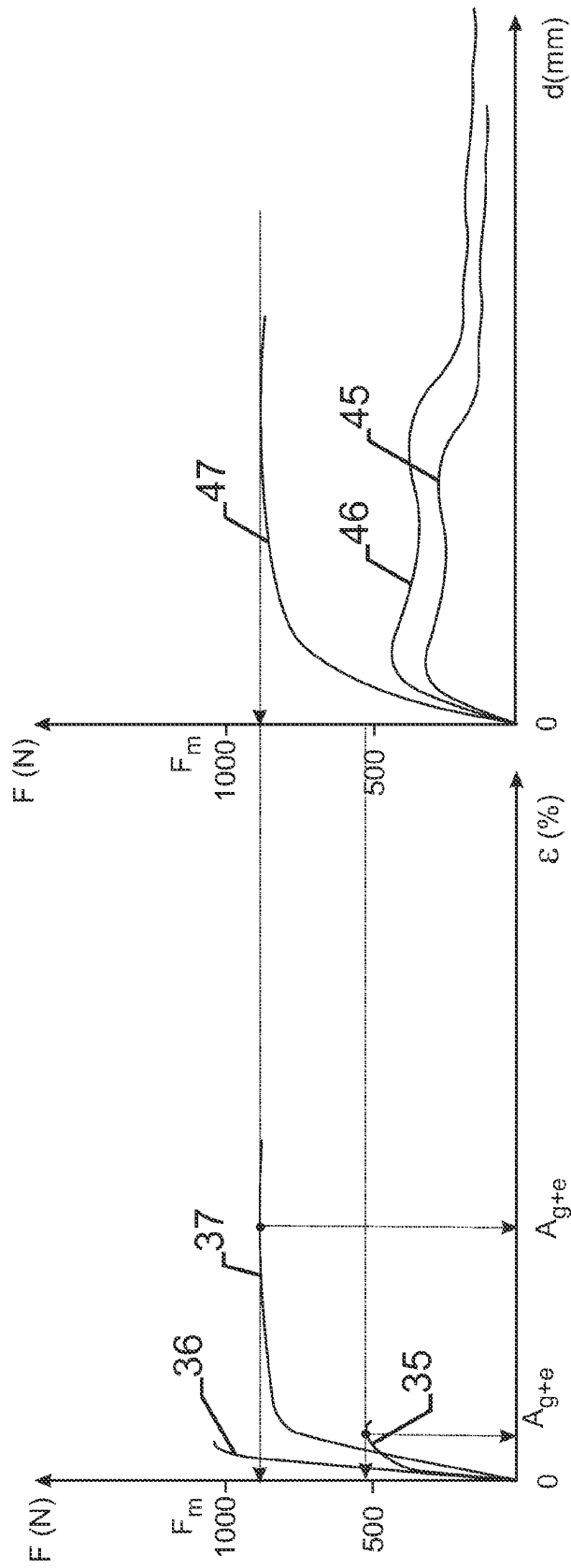


Fig. 4b

Fig. 4a

