

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 908**

51 Int. Cl.:

B08B 9/032 (2006.01)

F28F 13/12 (2006.01)

F28F 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2009** **E 09801738 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013** **EP 2367642**

54 Título: **Dispositivo para la reducción de la incrustación en el interior de un tubo**

30 Prioridad:

19.12.2008 FR 0858848

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.07.2013

73 Titular/es:

TOTAL RAFFINAGE MARKETING (100.0%)
24 Cours Michelet
92800 Puteaux, FR

72 Inventor/es:

COTTARD, BERNARD y
AQUINO, BRICE

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 415 908 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

Dispositivo para la reducción de la incrustación en el interior de un tubo

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para reducir la incrustación en el interior de un tubo en el que circula un fluido, del tipo que comprende un elemento rotativo generador de turbulencias, en particular en los tubos que constituyen los intercambiadores térmicos.

10 La presente invención puede concretamente encontrar su aplicación en las industrias, en particular la industria petrolera o petroquímica, que ponen en práctica intercambiadores de calor tubulares en los que circulan fluidos que pueden estar a alta temperatura y/o ser corrosivos.

15 Se conocen desde hace veinte años aproximadamente dispositivos instalados de manera móvil en rotación en el interior de tubos de intercambiadores de calor con el objetivo de prevenir una eventual incrustación, por ejemplo debida a impurezas en suspensión, a depósitos de sales minerales disueltas en el fluido, al coque en formación en un procedimiento de craqueo térmico o incluso a especies azufradas solubles en hidrocarburos. Estas impurezas, coque u otros depósitos, tienen tendencia, en particular en determinadas condiciones de temperaturas y de presiones, a depositarse en las paredes internas de los conductos que reciben el fluido. Esto puede provocar restricciones de caudales perjudiciales para el buen funcionamiento del procedimiento situado aguas abajo y/o los puntos calientes en la superficie interna del tubo. Estas restricciones y/o puntos calientes pueden conllevar un deterioro de la estructura metálica de dicho tubo y provocar de este modo fugas de productos que pueden ser peligrosas para la empresa explotadora y/o el material.

20 Otra consecuencia de la formación de estos depósitos en las paredes internas de los tubos de intercambiadores puede ser la disminución a lo largo del tiempo de la calidad de las transferencias térmicas entre los fluidos que circulan en el interior y en el exterior de los tubos, disminución susceptible de convertirse finalmente en perjudicial para el rendimiento energético de la unidad de tratamiento o de fabricación considerada.

25 Tienen en común un elemento móvil, generalmente en forma de hélice constituida por varias espiras que presentan todas una misma orientación de paso, fijada en el extremo aguas arriba del tubo de tal manera que el elemento móvil pueda girar libremente en el tubo bajo el efecto de la circulación del fluido. En numerosos dispositivos descritos en la técnica anterior, las dimensiones del elemento móvil y del interior del tubo son tales que el elemento móvil no rasca de manera continua la pared interna del tubo, con el fin de evitar cualquier consecuencia nefasta en la vida útil de la estructura metálica de dicho tubo y/o del elemento móvil.

30 La reducción de la incrustación del interior de los tubos se debe principalmente al aumento de la turbulencia del fluido que disminuye, incluso impide, la formación de los puntos calientes y la formación de depósitos. Sin querer limitarse por esta teoría, es posible que esta reducción de la incrustación se obtenga gracias a un efecto de homogeneización térmica (rotura de la capa límite térmica aislante) y por un efecto de cizalladura importante cerca de la pared. Esto puede permitir disminuir, incluso evitar, la formación de depósito(s), y/o desprender, total o parcialmente, los eventuales depósitos unidos débilmente a esta misma pared antes de que comiencen a aumentar de tamaño y por tanto volverse más resistentes a su arrancamiento.

35 El solicitante describe además en la solicitud EP 0 369 851 un elemento móvil que comprende, en todas sus secciones transversales, al menos una arista viva conformada específicamente con el fin de raspar la superficie interna del tubo.

40 Además de los últimos perfeccionamientos aportados al dispositivo por el solicitante, tal como se describen en el documento FR 2 890 162 que describe un dispositivo según el preámbulo de la reivindicación 1, y más precisamente la utilización de un racor flexible longilíneo para conectar el elemento móvil al elemento aguas arriba fijo solidario con el tubo, el solicitante a continuado sus investigaciones para alargar la duración de funcionamiento de dichos dispositivos reductores de la incrustación en el interior de los tubos y concretamente de los tubos de intercambiadores de calor utilizados en las refinerías de petróleo. En efecto, cuanto más se alargue esta duración de funcionamiento, menos necesario será ocuparse de la sustitución de dichos dispositivos tras una eventual rotura al nivel del elemento aguas arriba fijo, es decir, que la empresa explotadora evitará de este modo la apertura del intercambiador de calor considerado, evitará asimismo de hecho el riesgo de una parada completa de la instalación en la que dicho intercambiador está implementado, y por tanto finalmente, evitará riesgos para las personas, gastos y una pérdida de beneficios.

45 Además, cuando la velocidad del fluido en el interior del tubo supera un valor límite, por ejemplo, superior a 1,5 m/s, la velocidad de rotación del elemento móvil puede volverse muy importante (superior a 1500 rpm). En este caso, no se recomienda la utilización de un elemento móvil de este tipo dado que los fenómenos de desgastes al nivel del elemento aguas arriba fijo pueden volverse muy importantes y tener como consecuencia una rotura prematura de la unión del elemento móvil al nivel de esta parte aguas arriba fija. Esta rotura puede conllevar una duración de funcionamiento insuficiente para la mayoría de las empresas explotadoras, por ejemplo, limitada a 4 años.

Puede ser, en particular, la aplicación de este par velocidad de fluido/velocidad de rotación del elemento móvil, lo que hace problemática la utilización de los dispositivos del solicitante para velocidades de fluidos superiores a 1,5 m/s, velocidades no obstante encontradas en numerosos intercambiadores de calor.

- 5 De este modo, la presente invención tiene como objeto un dispositivo con el objetivo de remediar total o parcialmente los problemas mencionados anteriormente, en particular, presentar una mayor fiabilidad y/o un mayor intervalo de utilización, al tiempo que sigue siendo sencillo de fabricar, económico y/o fácil de fijar.

10 Según un primer aspecto, la invención tiene como objeto un dispositivo reductor de la incrustación del interior de un tubo atravesado por un fluido según la reivindicación 1, del tipo que comprende al menos un elemento generador de turbulencias, estando constituido dicho dispositivo por un elemento rotativo móvil conectado a un elemento fijo a modo de cojinete, adecuado para hacerse rígidamente solidario con el extremo aguas arriba del tubo, comprendiendo dicho elemento rotativo móvil, incluso estando constituido por:

15 - una parte aguas arriba a modo de gorrón que comprende una conexión mecánica con el elemento fijo a modo de cojinete y que permite la libre rotación del elemento móvil sobre sí mismo alrededor del eje del tubo,

- una parte aguas abajo en forma de hélice constituida por varias espiras y conformada con objeto de accionarse en rotación por la circulación del fluido en el tubo, en el que:

20 - las partes aguas arriba y aguas abajo del elemento rotativo móvil están conectadas entre sí mediante un racor flexible longilíneo deformable en toda su longitud, y caracterizado porque

25 - la parte aguas abajo contiene al menos una parte de espira cuyo paso está invertido con respecto al paso de las otras espiras.

De este modo, la invención se refiere a un dispositivo que presenta una reducción de la velocidad de rotación de la parte móvil, asociada a un sistema de unión, por ejemplo tal como se describe en el documento FR 2 890 162, que comprende un racor flexible que conecta el gorrón del elemento móvil, situado al nivel del elemento aguas arriba fijo, a la parte, generalmente helicoidal, formada por varias espiras, que se extiende a lo largo de una parte o en la totalidad de la longitud del tubo y accionada en rotación por la circulación del fluido que circula en dicho tubo.

30 Las investigaciones realizadas por el solicitante muestran que el dispositivo conocido puede presentar una resistencia insuficiente al nivel de la unión del elemento móvil en el elemento aguas arriba fijo. Estos estudios han mostrado asimismo que una reducción de la velocidad de rotación del elemento móvil puede permitir minimizar los fenómenos de desgaste al nivel de dicho elemento aguas arriba fijo, y en particular en los lugares en contacto de rozamiento con aristas vivas de un cojinete o de una arandela de desgaste, eventualmente presente.

40 Además, una reducción de la velocidad de rotación del elemento móvil puede permitir una utilización para velocidades de fluidos superiores a 1,5 m/s al tiempo que permanecen en campos de velocidades de rotación limitados a 1500 rpm, campo que permite limitar los fenómenos de desgastes.

45 La invención también tiene como objeto un intercambiador de calor que comprende una pluralidad de tubos atravesados por un fluido, que comprende al menos un dispositivo reductor de la incrustación según la invención instalado en el interior de al menos uno de estos tubos, en particular fijado en el extremo aguas arriba de al menos uno de estos tubos.

50 El racor flexible, utilizado en la presente invención, por ejemplo, el que se describe en el documento FR 2 890 162, puede ser de cualquier material siempre que presente una resistencia química y mecánica suficientes en las condiciones de funcionamiento del dispositivo. El racor flexible es preferiblemente de metal, en particular de acero, y más particularmente de acero inoxidable.

55 El racor flexible puede ser, por ejemplo, un cable formado por filamentos trenzados o retorcidos que comprende preferiblemente un número de filamentos comprendido entre 1 y 100, y de manera más preferida entre 1 y 50.

Para un elemento móvil de 6 metros, puede preferirse un racor flexible con una longitud comprendida entre 1 cm y 5 cm, y preferiblemente entre 2 y 4 cm. Su diámetro puede ir de 2 a 10 mm y preferiblemente de 4 a 8 mm.

60 Este racor flexible se fija entre el extremo aguas abajo del gorrón y el extremo aguas arriba de la parte accionada en rotación en forma de hélice. La fijación en estas dos piezas puede realizarse según técnicas conocidas, por ejemplo, por soldadura, engarce, atornillado o incluso por pegado.

65 La parte aguas abajo en forma de hélice accionada en rotación puede en principio tener cualquier forma asimétrica apropiada que permita al fluido que circula a través del tubo accionarla en rotación alrededor del eje de dicho tubo. La forma más eficaz, que crea una turbulencia máxima para una pérdida de carga mínima, es la hélice que se utiliza de este modo casi en la totalidad de los dispositivos del tipo descrito en la introducción y se prefiere asimismo para

la presente invención.

Esta hélice debe tener un diámetro exterior inferior al diámetro interior del tubo para no raspar de manera continua la pared interna de éste. No obstante, el diámetro exterior de la hélice puede ser suficientemente próximo al diámetro interior del tubo para crear, además de las turbulencias, fuerzas de cizalladura suficientes cerca de la superficie del tubo, por ejemplo, para desprender depósitos o partículas fijadas débilmente a la pared. Se obtienen generalmente efectos de turbulencia y de cizalladura satisfactorios para sistemas en los que la razón entre el diámetro exterior de la hélice y el diámetro interior del tubo va de 0,5 a 0,9, preferiblemente de 0,6 a 0,8.

Razones comprendidas entre los intervalos anteriores han resultado suficientes para evitar un contacto de rozamiento demasiado importante, incluso para impedir un contacto de rozamiento, entre el tubo y la hélice casi en toda la longitud de éste, con la excepción de la o de las primeras espiras de la hélice. Tal como se ha indicado anteriormente, el solicitante ha constatado en efecto que, para las razones entre el diámetro exterior de la hélice y el diámetro interior del tubo comprendidas en los intervalos indicados anteriormente, al menos la primera espira de la hélice, y a veces también las dos o tres espiras siguientes, podían presentar marcas de desgaste por rozamiento. Aunque este fenómeno se atenúa para los sistemas de unión de racor flexible tales como los descritos en la presente solicitud, puede no obstante persistir en determinadas condiciones de funcionamiento del dispositivo según la invención. Este problema puede resolverse total o parcialmente gracias a la utilización de una hélice en la que el diámetro exterior de la primera espira, o de las primeras espiras, es inferior al diámetro exterior de las otras espiras de la hélice. La primera espira es la que está más próxima a la unión.

El número de "primeras" espiras a las que afecta esta disminución de diámetro no supera generalmente del 1 al 5% de la totalidad de las espiras de la hélice. Para estas espiras, la razón entre su diámetro exterior y el diámetro interior del tubo puede estar comprendida entre 0,1 y 0,6, preferiblemente entre 0,2 y 0,6. Cuando se ven afectadas varias espiras, su diámetro exterior aumenta preferiblemente de manera progresiva de aguas arriba hacia aguas abajo.

El elemento fijo a modo de cojinete, destinado a alojar y a soportar el gorrón, puede presentar una gran variedad de formas, en la medida en que cumple dos funciones que son por una parte, garantizar la robustez de la unión en el extremo del tubo de intercambiador, y por otra parte, minimizar las restricciones a la circulación del fluido. Tiene preferiblemente la forma de un estribo que comprende una parte central perforada con un orificio destinado a alojar el gorrón del elemento móvil, y dos brazos, simétricos entre sí, que tienen una forma que permite fijarlos en el extremo aguas arriba del tubo. Esta forma en estribo de la pieza a modo de cojinete se conoce y se describe, por ejemplo, en las solicitudes EP 0 233 092, EP 0 282 406 y EP 0 369 851 del solicitante. Puede tratarse, por ejemplo, de un estribo cuyos extremos forman un cilindro hueco destinado a apretar el extremo del tubo, tal como se describe en el documento EP 0 233 092, o, preferiblemente, de un estribo de un material rígido aunque elástico, en el que los extremos de los dos brazos pueden acoplarse a presión en el extremo aguas arriba del tubo para apoyarse elásticamente contra la pared interna de éste. La invención engloba no obstante asimismo cualquier otro sistema que permita hacer una parte a modo de cojinete rígidamente solidaria con el extremo aguas arriba del tubo.

En un modo de realización particular del dispositivo según la invención, el gorrón se retiene en el orificio del cojinete gracias a un primer tope previsto en su extremo aguas arriba y solidario con éste. Puede preverse un segundo tope, tubular, en la parte central del estribo en prolongación del orificio destinado a alojar el gorrón del elemento móvil. Este segundo tope, solidario con el cojinete, puede tener una función de sujeción del gorrón en el eje de rotación del elemento móvil y preferiblemente es relativamente largo. Cuando el elemento móvil se acciona en rotación por el fluido que atraviesa el tubo, el primer tope solidario con el gorrón puede entrar en contacto de rozamiento con el segundo tope, tubular, solidario con el elemento fijo.

En un modo de realización preferido del dispositivo de la presente invención, se prevén una o varias arandelas de desgaste entre el primer tope y el segundo tope. Esta arandela de desgaste es libre, es decir, no es solidaria ni con el elemento móvil ni con el elemento fijo. Está constituida preferiblemente por un material diferente o de dureza diferente, o incluso de tipo antirrozamiento de coeficiente de rozamiento muy pequeño, generalmente más blando que los materiales de los topes primero y segundo. Pueden citarse a modo de ejemplos de tales materiales, los aceros, concretamente los aceros tratados térmicamente, las aleaciones de cobre, las cerámicas, así como los grafitos.

Las arandelas de desgaste conocidas por ejemplo de los documentos EP 0 233 092, EP 2 637 659 y EP 0 282 406, tienen superficies de rozamiento planas o complementarias a la superficie de rozamiento del tope. Preferiblemente, se buscará reducir lo más posible las superficies en contacto mediante la adopción de formas específicas en las arandelas de desgaste y/o en los topes tubulares.

En otro modo preferido de la invención, el gorrón metálico se sustituye por una prolongación del racor flexible cuyo extremo aguas abajo se hace solidario con el tope. Evidentemente, todas las configuraciones posibles de la arandela de desgaste y del tope se aplican a esta aplicación particular de la presente invención.

El elemento rotativo móvil y más particularmente su parte aguas abajo en forma de hélice puede estar constituido

por varias espiras y conformado de manera tal que dicha parte aguas abajo se pone en rotación por la circulación del fluido en el tubo. La velocidad de rotación del elemento móvil depende esencialmente del caudal de fluido que atraviesa el tubo, pudiendo variar dicho caudal, por ejemplo en los tubos de intercambiadores de calor, de 0,5 m/s a 3 m/s, para una presión que puede evolucionar entre 5 y 30 bares.

La disposición de las espiras y más exactamente el sentido del paso de las espiras más numerosas que presentan un paso idéntico es lo que determina, al menos en parte, el sentido de rotación del elemento móvil. Este sentido de rotación puede ser, según el montaje de las espiras que constituyen la parte aguas abajo del elemento móvil en el sentido (paso a derechas) o inverso (paso a izquierdas) respecto al sentido de rotación de las agujas de un reloj, sin perturbar la eficacia del dispositivo reductor de la incrustación del interior de un tubo.

En la presente descripción, la parte de espiras que presentan un paso invertido con respecto a la de las otras espiras se representa mediante un porcentaje de la longitud del elemento móvil.

De este modo, en la presente descripción, la expresión "X (por ejemplo el 0,5%) de espiras de paso invertido" significa, para un elemento móvil de una longitud total de Y (por ejemplo 6 m) constituido por un arrollamiento de espiras todas con un paso de Z cm (por ejemplo 3 cm), una longitud de paso invertido de $Y \times X$ cm (en este caso 3 cm), es decir un número de espiras de $(Y \times X) / Z$ (en el caso ejemplificado: 1 espira completa).

La velocidad del fluido mínimo que atraviesa el tubo, para poner en movimiento un dispositivo de 6 m de longitud que presenta una parte de paso invertido, será más importante cuanto más importante sea el % de espiras de paso invertido.

Esta velocidad mínima será siempre superior a la de un dispositivo convencional en el que la parte aguas abajo del elemento móvil está constituida por una hélice que comprende solamente espiras que presentan un paso en el mismo sentido. Esta velocidad mínima puede situarse alrededor de 1,5 a 2 m/s mientras que en general es de 0,5 m/s para un dispositivo convencional.

La reducción de la velocidad de rotación con respecto a un dispositivo convencional, varía según la velocidad del fluido y la cantidad de espiras de paso invertido. Cuanto más lenta es la velocidad del fluido asociada a una cantidad importante de espiras que presentan un paso invertido con respecto a las otras espiras, más importante es la ralentización de la velocidad de rotación del elemento móvil. De este modo, los intervalos de reducción de la velocidad de rotación del elemento móvil pueden ir del 95% (velocidad del fluido de 2,0 m/s) al 54% (velocidad del fluido de 3,0 m/s) para el 15% de longitud del elemento móvil constituido por espiras que presentan un paso invertido. La reducción de la velocidad de rotación del elemento móvil puede variar del 56% para una velocidad de fluido de 2,0 m/s al 16% para una velocidad de fluido de 3,0 m/s para el 0,5% de espiras de paso invertido. Otros datos sobre la reducción de la velocidad de rotación del elemento móvil se indican en el siguiente ejemplo.

Si el objetivo de velocidad de rotación máxima del elemento móvil es de 1500 rpm para minimizar el desgaste de la unión en el elemento aguas arriba fijo, la utilización de espiras que presentan un paso invertido en el 15% de la longitud total del elemento móvil de una longitud total de 6 m puede permitir utilizar el dispositivo objeto de la presente invención con una velocidad de fluido de 2,85 m/s, mientras que esta velocidad está limitada a 1,5 m/s para un dispositivo convencional. Esta velocidad de rotación de 1500 rpm puede alcanzarse asimismo con el 0,5% de espiras de paso invertido para una velocidad de fluido 2,25 m/s (véase la figura 1).

Sucede lo mismo para una velocidad objetivo de rotación del elemento móvil de 1000 rpm obtenida con velocidades de fluidos que varían de 2,05 m/s a 2,55 m/s, con longitudes de espiras respectivamente que presentan pasos invertidos del 0,5% al 15%. La velocidad del fluido admisible con un dispositivo convencional para una velocidad de rotación de 1000 rpm es de 1,45 m/s, sin posibilidad de ir más allá sin aumentar la velocidad de rotación del elemento móvil.

La utilización de diferentes cantidades de espiras de paso invertido en la parte aguas abajo del elemento móvil puede permitir por tanto reducir la velocidad de rotación del elemento móvil que puede ir hasta el 95% de su velocidad inicial, o utilizar a velocidad iso (1500 revoluciones o 1000 rpm) dicho elemento móvil para velocidades de fluido en el tubo del intercambiador que pueden ser más del 50% al 75% superiores a la velocidad de fluido máxima admisible con un dispositivo convencional. Esta mejora permite la posibilidad de instalar dispositivos objeto de la invención en intercambiadores o el caudal del fluido en los tubos varía de 1,5 m/s a 3 m/s.

Como contrapartida a esta mejora de la utilización del elemento móvil que comprende espiras de paso invertido, la pérdida de carga total (es decir, la suma de las pérdidas de carga debidas al elemento aguas arriba fijo tal como se describe en el documento FR 2 890 162, a la longitud del tubo y al dispositivo objeto de la presente invención) puede ser más importante que la de un tubo de la misma longitud equipado con un dispositivo convencional. De este modo, el aumento de la pérdida de carga para una velocidad de rotación del elemento móvil fijada a 1500 rpm puede variar del 84% al 220% cuando el % de espiras de paso invertido varía del 0,5 al 15%, pasando respectivamente de 500 a 920 mbar y de 500 a 1600 mbar.

Para una velocidad de rotación de 1000 rpm, la pérdida de carga total puede variar del 93% al 206%, pasando de 440 a 850 mbar y de 440 a 1380 mbar cuando el % de espiras de paso invertido varía del 0,5% al 15%.

En función de los parámetros del fluido que atraviesa los tubos del intercambiador de calor y concretamente su caudal, pueden elegirse preferiblemente soluciones que integran cantidades de espiras de paso invertido lo más pequeñas posibles, por ejemplo, para minimizar las pérdidas de carga. De este modo, para un elemento móvil de 6 m del que solamente el 0,5% de su longitud total es de paso invertido, puede esperarse una velocidad de rotación de 1500 rpm para una velocidad de fluido de 2,25 m/s, es decir una velocidad superior en un 32% con respecto a un dispositivo convencional (1,5 m/s) para una pérdida de carga total correspondiente a 950 mbar, es decir, superior en un 40% a la registrada con respecto a un dispositivo convencional con la misma velocidad de fluido.

Es interesante observar que esta pérdida de carga registrada para el dispositivo objeto de la invención es del mismo orden de magnitud que la obtenida con otro dispositivo para reducir la incrustación en el interior de un tubo y disponible en la técnica, tal como se describe en el documento FR 2 479 964.

Breve descripción de las figuras

- la figura 1 representa un dispositivo según la invención,

- la figura 2 es un diagrama que representa la velocidad de rotación en función de la velocidad del fluido para diferentes % de longitud de espiras con un paso invertido,

- la figura 3 es un diagrama que representa el % de reducción de la velocidad de rotación del dispositivo para diferentes % de longitud de espiras con un paso invertido, y

- la figura 4 representa la pérdida de carga en un tubo en función de la velocidad para diferentes % de longitud de espiras con un paso invertido.

La presente invención se ilustra a continuación en referencia a la siguiente figura 1, que es una vista en sección longitudinal de un tubo con un dispositivo para la reducción de la incrustación en el interior de un tubo, objeto de la presente invención, fijado en el extremo aguas arriba de dicho tubo.

En esta figura 1, el dispositivo está constituido por una parte móvil 2 y por una parte fija 3, fijado al nivel del extremo aguas arriba de un tubo 1. En el conjunto de la presente solicitud, los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" se definen con respecto a la dirección de circulación del fluido que atraviesa el tubo 1 representada por la flecha F.

La parte fija 3 del dispositivo tiene la forma de un estribo constituido por una plancha 9 perforada con un orificio central, y por dos brazos 10, en principio simétricos entre sí con respecto al eje del tubo, cuyos extremos se apoyan contra la pared interna del tubo. La parte fija comprende además un tope tubular 11 solidario con la plancha 9. El canal de este tope 11 está alineado con el orificio de la plancha y forma con éste un canal único bastante largo que sirve principalmente para mantener el gorrón 4 en el eje de rotación del elemento móvil 2.

En la parte fija 3 se monta, libre en rotación, el elemento móvil 2. Este elemento móvil está constituido, partiendo del extremo aguas arriba de éste, por un tope 5, un gorrón 4 solidario con el tope 5, un racor flexible 7 de cable de acero inoxidable, y finalmente por la parte helicoidal 6 accionada en rotación, en la dirección de la flecha F, por la circulación del fluido.

Debe observarse que todas las espiras de la hélice no tienen el mismo tamaño sino que las dos primeras tienen un diámetro exterior inferior al de las espiras siguientes. Por otro lado, se prevé una arandela de desgaste 12 entre el tope 5 solidario con el gorrón y el tope 11 solidario con el estribo.

Evidentemente, todas las configuraciones posibles de la arandela de desgaste 11 y del tope 4 descritas anteriormente pueden aplicarse a esta aplicación particular de la presente invención.

El elemento aguas abajo 6 del elemento móvil 2 está constituido por varias espiras con un paso idéntico. Sólo la espira 8 en la figura 1 presenta, según la invención, un paso invertido al de las otras espiras.

El montaje de esta espira (o de estas espiras) puede realizarse mediante un simple arrollamiento invertido del hilo metálico, por ejemplo, de acero inoxidable, que constituye el elemento aguas abajo en forma de hélice del elemento móvil, o puede unirse al elemento aguas abajo mediante cualquier medio conocido en la técnica tales como la soldadura, el engarce, el atornillado, el pegado, etc.

La única limitación a la instalación de esta o estas espiras de paso invertido es que su eje longitudinal esté alineado con el eje longitudinal de la mayor parte de las espiras que constituyen el elemento aguas abajo.

La invención se ilustra a continuación con ayuda del siguiente ejemplo de realización.

Ejemplo

5 Para someter a prueba la eficacia del dispositivo según la invención, el solicitante ha utilizado una maqueta que pone en práctica agua fría que circula en un tubo de plexiglás de 6 m de largo y que permite mediciones de caudal del agua, de pérdidas de carga a diferentes longitudes así como la velocidad de rotación del elemento móvil del dispositivo objeto de la presente invención.

Los parámetros de los ensayos son los siguientes:

- 10 - diámetro interior del tubo: 2,00 cm,
- velocidad del agua en el tubo que puede variar de 0,5 a 3,0 m/s,
- 15 - presión del fluido en el interior del tubo: 16 bares,
- diámetro exterior del elemento móvil del dispositivo: 1,96 cm,
- longitud del elemento móvil: 6,0 m,
- 20 - diámetro del hilo de acero inoxidable que constituye el elemento móvil: 0,18 cm,
- composición de la aleación que constituye el hilo: el 64,9% de níquel, el 8,75% de molibdeno y el 26,35% de hierro,
- 25 - ángulo de espira: 55°,
- paso de las espiras: 3,0 cm,
- sentido del paso de las espiras: a derechas,
- 30 - longitud del racor flexible: 4,0 cm,
- diámetro del racor flexible: 0,5 cm,
- 35 - número de filamentos metálicos enrollados en el sentido de rotación del elemento móvil que constituye el racor flexible: 50,

La parte aguas arriba del elemento móvil está constituida por un gorrón con una longitud de 8,0 cm y con un diámetro de 0,2 cm, según la presente invención, y está conectado por engarce al racor flexible.

El elemento aguas arriba fijo está asimismo constituido según el documento FR 2 890 162.

Las velocidades de rotaciones del elemento móvil se han registrado en función de la velocidad del fluido medida en el tubo (figura 2).

La figura 2 representa en ordenadas la velocidad de rotación (rpm) y en abscisas la velocidad del fluido (m/s). Estos datos se han medido para elementos móviles con una longitud de 6 m que presentan respectivamente (referencia 1 en la figura 2) el 0% de espiras de paso invertido, (2) el 0,5% de espiras de paso invertido, (3) el 2,0%, (4) el 4,0%, (5) el 10%, (6) el 12,2%, (7) el 13,5% y finalmente (8) el 15,0% de espiras de paso invertido.

La figura 2 muestra que cuanto más aumenta el número de espiras que presentan un paso invertido, más importante es la reducción de la velocidad de rotación del elemento móvil. Esta reducción aumenta asimismo cuando la velocidad del fluido disminuye.

Las siguientes tablas 1, 2 y 3 reúnen para valores objetivos de rotación del elemento móvil iguales respectivamente a 1500 rpm, 1000 rpm y 500 rpm, las velocidades de fluidos admisibles en función del % de paso invertido.

Se recuerda que la velocidad de 1500 rpm representa con frecuencia el límite para una velocidad de desgaste considerada admisible del elemento aguas arriba fijo con un elemento móvil que sólo comprende espiras con un paso en un solo sentido, y que esta velocidad de 1500 rpm se obtiene solamente para una velocidad de fluido igual a 1,5 m/s.

Tabla 1: Velocidad de rotación del elemento móvil de 1500 rpm

Velocidad del fluido en el tubo en m/s	% longitud de espiras que presentan un paso invertido
1,50	0,0
2,25	0,5
2,33	2,0
2,39	4,0
2,44	10,0
2,55	12,2
2,64	13,5
2,85	15,0

Tabla 2: Velocidad de rotación del elemento móvil de 1000 rpm

Velocidad del fluido en el tubo en m/s	% longitud de espiras que presentan un paso invertido
1,45	0,0
2,05	0,5
2,10	2,0
2,16	4,0
2,23	10,0
2,30	12,2
2,37	13,5
2,55	15,0

Tabla 3: Velocidad de rotación del elemento móvil de 500 rpm

Velocidad del fluido en el tubo en m/s	% longitud de espiras que presentan un paso invertido
1,25	0,0
1,83	0,5
1,90	2,0
1,93	4,0
1,99	10,0
2,04	12,2
2,10	13,5
2,23	15,0

De la enseñanza de estas 3 tablas se deduce que cuando el elemento móvil del dispositivo comprende espiras de paso invertido, según la presente invención, en este momento es posible utilizar el dispositivo según la invención, para una velocidad de rotación del elemento móvil determinada, aumentar la velocidad del fluido en las siguientes condiciones:

- para 1500 rpm, de 1,50 m/s a 2,85 m/s, es decir un aumento de la velocidad del fluido del 67%,
- para 1000 rpm, de 1,4 m/s a 2,55 m/s, es decir un aumento de la velocidad del fluido del 82%,
- para 500 rpm de 1,15 m/s a 2,23 m/s, es decir un aumento de la velocidad del fluido del 93%.

Ahora se mide la reducción de la velocidad de rotación en función del porcentaje de paso invertido. La figura 3 representa en ordenadas el % de reducción de la velocidad de rotación del dispositivo y en abscisas el % de longitud de espiras invertidas.

Estos datos se han medido para elementos móviles con una longitud de 6 m que presentan respectivamente (referencia 1 en la figura 2) el 0% de espiras de paso invertido, (2) el 0,5% de espiras de paso invertido, (3) el 2,0%, (4) el 4,0%, (5) el 10%, (6) el 12,2%, (7) el 13,5% y finalmente (8) el 15,0% de espiras de paso invertido.

Se ve que para una velocidad de fluido de 1,5 m/s, puede reducirse la velocidad de rotación del elemento móvil un 8% con el 0,5% de espiras de paso invertido, y esto hasta un 90% con el 12% de espiras invertidas. Estas reducciones favorecen el descenso del desgaste de la cabeza.

La figura 4 representa en ordenadas la pérdida de carga total (mbar) registrada en un tubo de 6,00 m en función de la velocidad de rotación del elemento móvil presentada en abscisas. Estos datos se han medido para elementos móviles con una longitud de 6 m que presentan respectivamente (referencia 1 en la figura 2) el 0% de espiras de paso invertido, (2) el 0,5% de espiras de paso invertido, (3) el 2,0%, (4) el 4,0%, (5) el 10%, (6) el 12,2%, (7) el

13,5% y finalmente (8) el 15,0% de espiras de paso invertido.

Esta pérdida de carga es la expresión de la suma de las pérdidas de carga correspondientes al elemento aguas arriba fijo (estribo de fijación), al tubo en sí mismo y al dispositivo objeto de la presente invención.

5 Esta pérdida de carga aumenta cuando aumenta la velocidad de rotación. Es más importante según aumenta la cantidad de espiras que presentan un paso invertido.

10 Por tanto, para minimizar esta pérdida de carga, se elegirán cantidades de espiras de paso invertido lo más pequeñas posibles.

15 En el documento FR 2 890 162, la duración de funcionamiento del dispositivo descrito era inferior a 4 años. En estas mismas condiciones de funcionamiento de dicho dispositivo y además con una reducción de la velocidad de rotación del elemento móvil, por ejemplo para un caudal de fluido de 1,5 m/s y una velocidad de rotación de 1000 rpm, la vida útil del dispositivo objeto de la presente invención debería alcanzar 5 años o más, periodo requerido por la empresa explotadora de una refinería de petróleo.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo reductor de la incrustación del interior de un tubo (1) atravesado por un fluido (F), del tipo que comprende al menos un elemento generador de turbulencias, estando dicho dispositivo constituido por un elemento rotativo móvil (2) conectado a un elemento fijo a modo de cojinete (3), adecuado para hacerse rígidamente solidario con el extremo aguas arriba del tubo (1), comprendiendo dicho elemento rotativo móvil (2):
 - una parte aguas arriba (4) a modo de gorrón que comprende una conexión mecánica (5) con el elemento fijo a modo de cojinete (3) y que permite la libre rotación del elemento móvil (2) sobre sí mismo alrededor del eje del tubo (1),
 - una parte aguas abajo (6) en forma de hélice constituida por varias espiras y conformada con objeto de accionarse en rotación por la circulación del fluido (F) en el tubo (1),
 - en el que
 - las partes aguas arriba (4) y aguas abajo (6) del elemento rotativo móvil (2) están conectadas entre sí mediante un racor flexible longilíneo deformable en toda su longitud (7), y**caracterizado porque**
 - la parte aguas abajo (6) contiene al menos una parte de espira cuyo paso está invertido (8) con respecto al paso de las otras espiras.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el racor flexible (7) es preferiblemente de metal, en particular de acero y de manera preferida de acero inoxidable.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el racor flexible (7) es un cable formado por filamentos trenzados o retorcidos que comprende un número de filamentos comprendido entre 1 y 100, y preferiblemente entre 1 y 50.
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la longitud del racor flexible (7) está comprendida entre 1 cm y 5 cm, y preferiblemente entre 2 y 4 cm.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el diámetro del racor flexible (7) está comprendido entre 2 y 10 mm y preferiblemente entre 4 y 8 mm.
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la razón entre el diámetro exterior de la hélice y el diámetro interior del tubo (1) está comprendido entre 0,5 y 0,9, preferiblemente entre 0,6 y 0,8.
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el diámetro exterior de la primera espira o de las primeras espiras de la hélice es inferior al diámetro exterior de las otras espiras de la hélice.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la razón entre el diámetro exterior de la primera espira, o de las primeras espiras, y el diámetro interior del tubo (1) está comprendido entre 0,1 y 0,6, y preferiblemente entre 0,2 y 0,6.
9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el elemento fijo (3) a modo de cojinete es un estribo que comprende una parte central (9) perforada con un orificio destinado a alojar el gorrón (4) del elemento móvil (2), y dos brazos (10), simétricos entre sí, que tienen una forma que permite fijarlos en el extremo aguas arriba del tubo (1).
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** se prevé un primer tope (5) en el extremo del gorrón (4) y se prevé un segundo tope (11), tubular, en la parte central (9) del estribo en prolongación del orificio destinado a alojar el gorrón del elemento móvil, que forma con éste un canal de sujeción del gorrón.
11. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el gorrón (4) se sustituye por una prolongación del racor flexible (7).
12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el extremo del racor flexible (7) es solidario con el tope (5).
13. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una parte del

elemento móvil (2) está constituida por un 15% de espiras de paso invertido.

14. Intercambiador de calor que comprende una pluralidad de tubos (1) atravesados por un fluido, **caracterizado porque** comprende un dispositivo reductor de la incrustación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en particular fijado en el extremo aguas arriba de al menos uno de estos tubos.
- 5

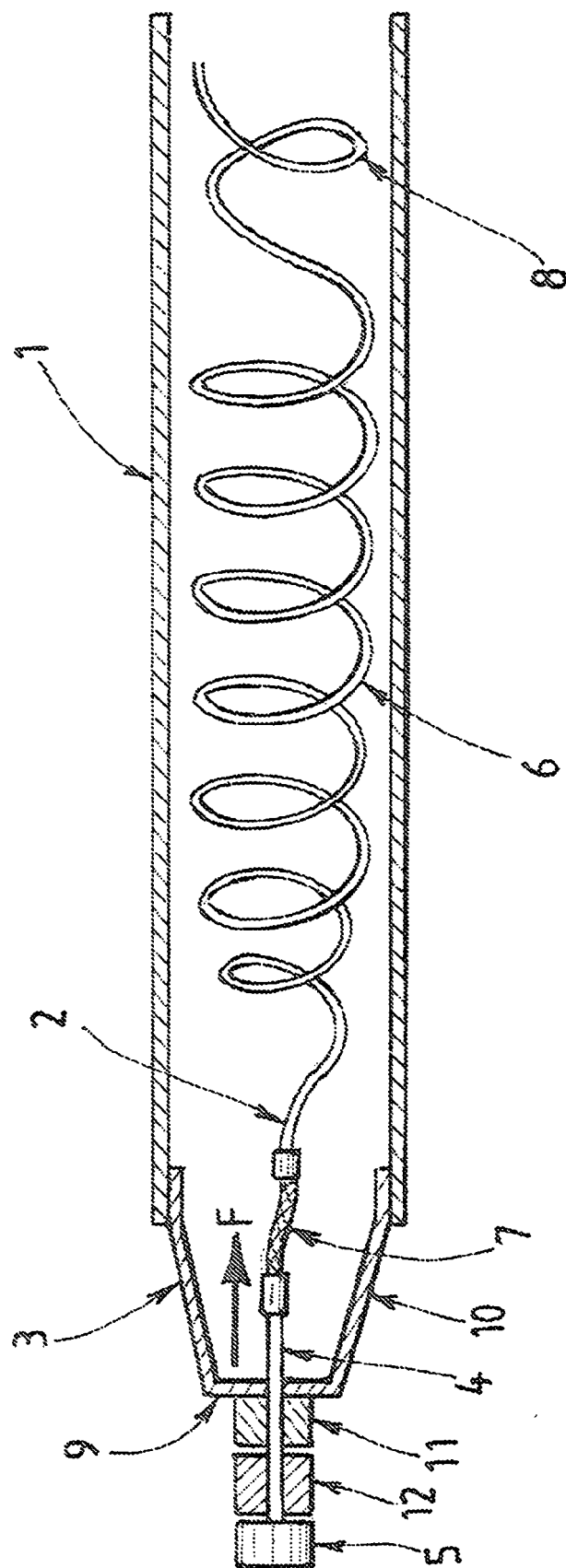
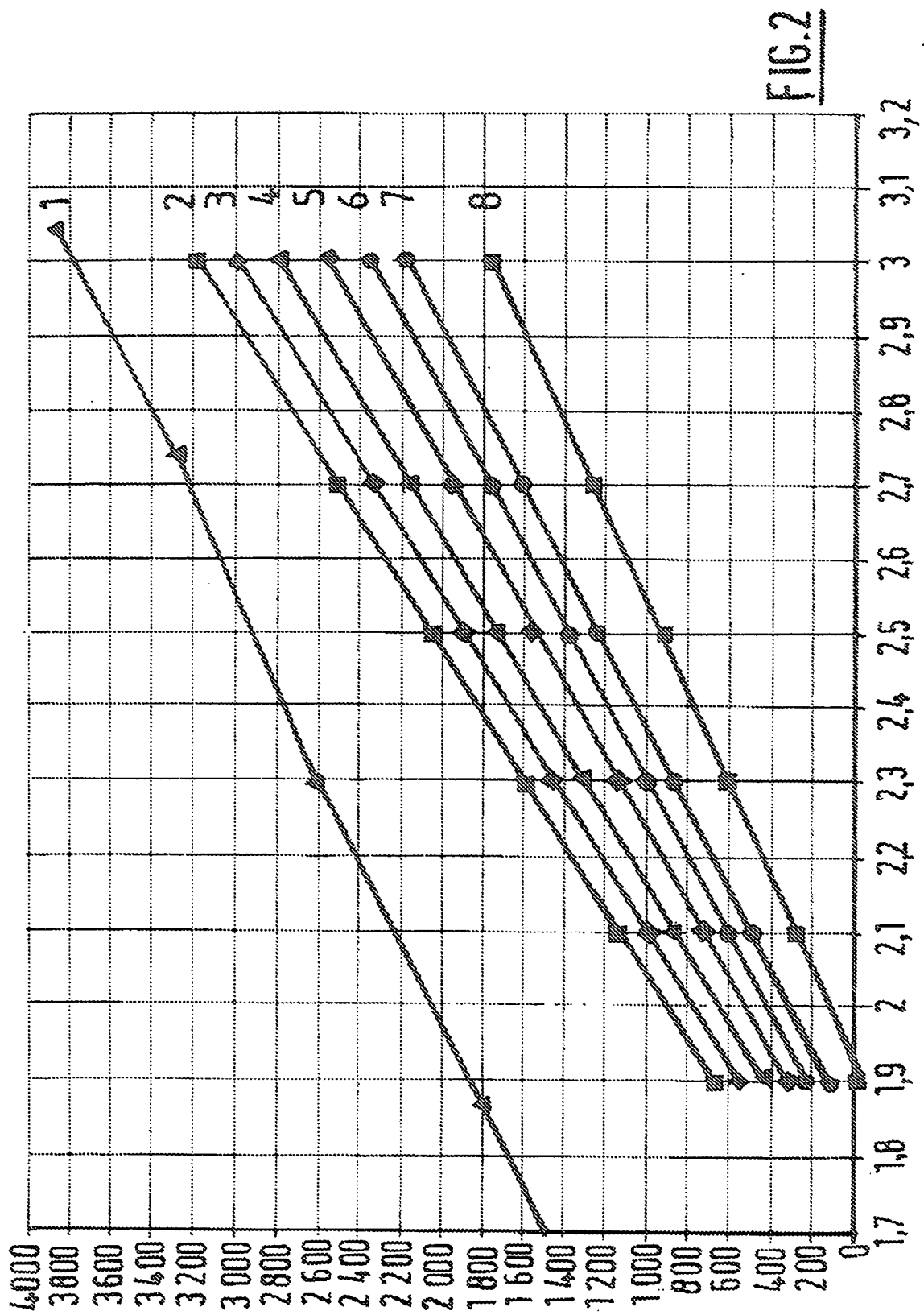


FIG.1



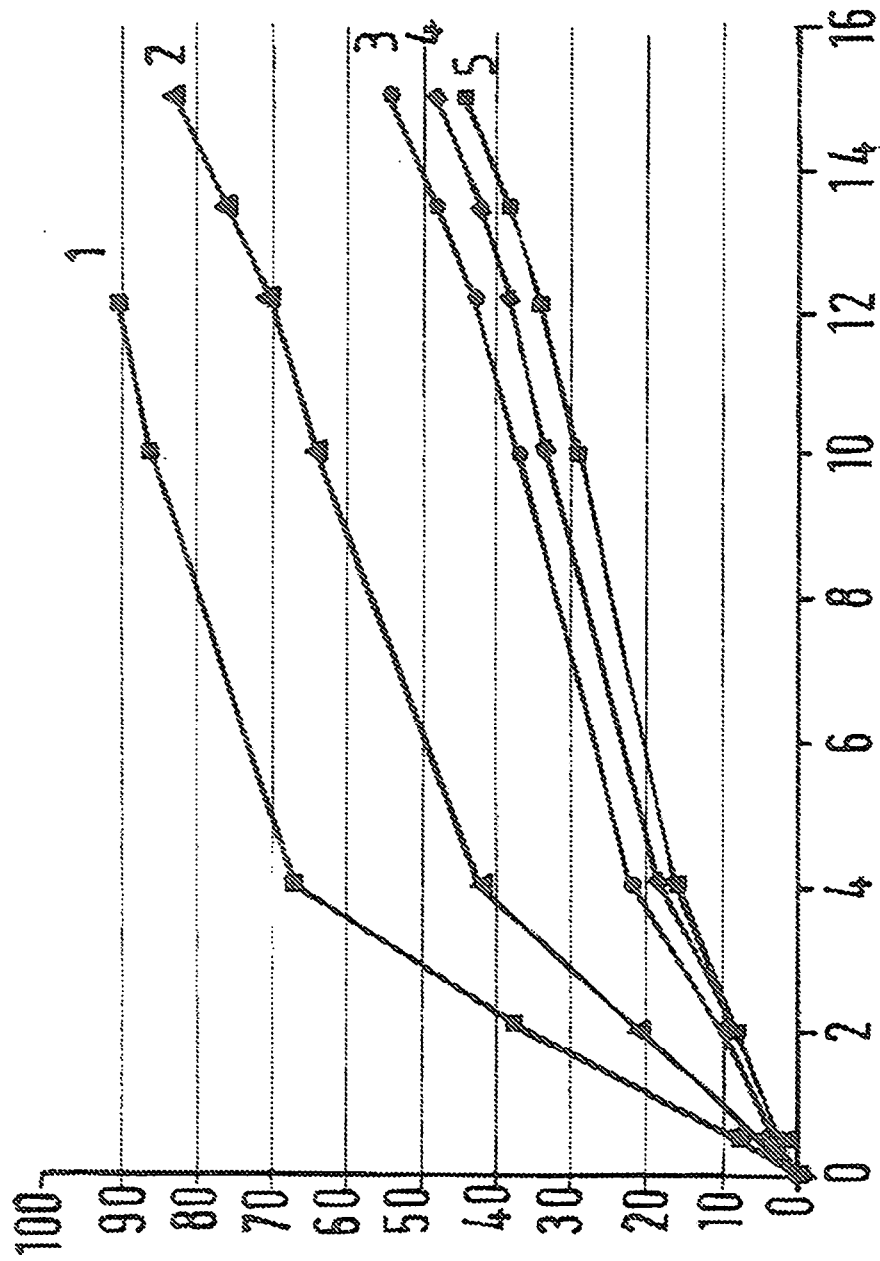


FIG.3

