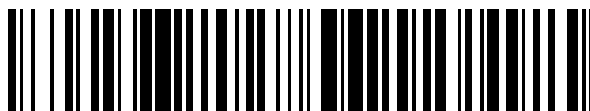


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 936**

51 Int. Cl.:

F27B 7/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2013** **PCT/IB2013/058086**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.03.2014** **WO14033646**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2013** **E 13785925 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016** **EP 2890943**

54 Título: **Cadena de transferencia de calor con enlaces de cable de sección elíptica para una gran durabilidad y una transferencia de calor mejorada en operación temporal**

30 Prioridad:

28.08.2012 CO 12146381

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

11.05.2017

73 Titular/es:

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DEL NORTE (50.0%)
Km. 5 Antigua vía a Puerto Colombia
Puerto Colombia 080010, CO y
CEMENTOS ARGOS S.A. (50.0%)

72 Inventor/es:

MAURY, HERIBERTO;
SANJUAN, MARCO;
BULA, ANTONIO y
VERGARA, JAIME

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 611 936 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

Cadena de transferencia de calor con enlaces de cable de sección elíptica para una gran durabilidad y una transferencia de calor mejorada en operación temporal

1. Técnica anterior

El uso de cadenas enlazadas para aplicaciones de transferencia de calor entre dos fluidos y retención de partículas es una aplicación común en industrias tales como las del cemento, petroquímica, cerámica, y las industrias de fertilizantes, entre otros. Su aplicación se observa comúnmente en los procedimientos de secado o reacciones químicas en hornos tubulares, donde actúan como receptores de calor y generadores, mejorando la transferencia entre ambos fluidos (por ejemplo, gas caliente y líquidos o suspensiones), debido a una mejor conductividad y capacitancia térmica de los sólidos con respecto a líquidos y gases.

La configuración de cadena tradicional se obtiene de enlaces fabricados a partir de cables de sección circular. Revisando la técnica anterior, se observaron las siguientes invenciones:

La patente US 3135504, presentada en 1962, divulga un horno de cadena enlazada formada por barras metálicas dobladas, con partes de la superficie que sobresalen y parte de la superficie rebajada, es decir, varillas de acero para el refuerzo de la estructura de hormigón. Esta patente se dirige a la obtención de una mejor eficacia de calentamiento, dado que las cadenas tienen una mayor área de superficie por enlace. Sin embargo, este tipo de configuración permite la acumulación de partículas dentro de los rebajes de la superficie, especialmente si hay humedad en el ambiente en el que se realiza dicha transferencia. Dicha acumulación de material produce una resistencia al calentamiento que contradice el principio de diseño de la cadena: "fácil captura de calor, fácil generación de calor". Por lo tanto, su eficacia térmica no es sostenible en condiciones de funcionamiento.

La patente US 3281134, presentada en 1964, divulga una cadena de eslabones de sección triangular redondeada, donde se hace hincapié en su acción de autolimpieza, obtenida por el borde más agudo de la sección triangular, en su conjunto de reivindicaciones. Esta invención es capaz de eliminar la acumulación de material en el interior del enlace, y argumenta que mejora la transferencia de calor debido a su efecto de autolimpieza. También indica que mejora la relación de área-masa. Dicha geometría triangular tiene una cara bastante plana paralela a la línea de flujo, lo que induce a un espesamiento de la capa de borde (debido a su mejor comportamiento aerodinámico), reduciendo el coeficiente global de transferencia de calor. Desde un punto de vista de la durabilidad, dicha sección triangular tiene menor inercia con respecto al plano de flexión del enlace cuando la cadena está sometida a tracción (que se produce cuando la cadena está saliendo de la cama a la que se transfiere el calor).

La patente US 3544092, presentada en 1970, divulga una cadena de eslabones para minimizar la acumulación de material, lo que lleva a la transferencia de calor más eficaz. Esta patente se centra en obtener una mayor transferencia de calor a través de un efecto de limpieza, sin que sus reivindicaciones acrediten ni una relación de área/masa utilizada ni un efecto mecánico sobre el material de la geometría utilizada. Esta técnica anterior presenta dos grupos de reivindicaciones.

Grupo 1. Las reivindicaciones 1-10 abordan un enlace hecho de cable en el que la superficie interior de enlace "se forma con el fin de obtener un punto de contacto importante". Las ilustraciones incluidas en dicha patente, muestran cómo una protuberancia se forma en el cable por el cual al momento de realizar el enlace, se crea un punto mínimo de contacto entre dichas protuberancias de los eslabones adyacentes. Este tipo de diseño produce tensiones de contacto elevadas en la zona. Además, estas protuberancias localizadas, debido a que tienen una muy alta área de relación/masa en su vecindad, en comparación con el resto de la sección transversal, se convierten en puntos calientes deteriorando así las propiedades mecánicas del material; por lo tanto, afectan a su durabilidad.

Grupo 2. Las reivindicaciones 11-14 abordan un enlace que tiene superficies interiores y exteriores en forma de arco. Estas reivindicaciones implican que la periferia de la sección transversal se compone de por lo menos cuatro superficies, una superficie interior (la imagen inferior vista sobre la imagen de la sección transversal), una exterior (la imagen superior vista sobre la imagen de la sección transversal) y dos superficies laterales, por lo que las superficies interiores y exteriores son en forma de arco, es decir, arcos que son segmentos de circunferencia. La reivindicación 14 describe una geometría oblonga (lados rectos unidos por arcos en los extremos). Esta geometría tiene una relación de área/masa mejor que el enlace de sección circular, generando una mayor área de transferencia de calor para cadenas que tienen el mismo peso, lo que aumenta la energía adquirida. Desde un punto de vista de interacción fluida, las caras planas apuntan a zonas de parada, que requieren una mayor energía de fluido con el fin de superar el obstáculo. Dicho fenómeno a nivel macro, por ejemplo, un horno rotativo de enlace de cadena, implica una mayor caída de presión en la sección de la cadena, lo que requiere una mayor capacidad de los equipos (por ejemplo, el ventilador soplador de corriente). Del mismo modo, a escala global, la repetición de estas zonas de parada reduce el coeficiente global de transferencia de calor de una manera localizada, lo que limita el aumento de la eficiencia obtenida a través de una mejor relación de área/masa.

Las patentes CA 1129647 (1979), US 4244687 (1979), US 5934062 (1997), RU 1013717A (1999) divulgan cadenas

para hornos que utilizan enlaces múltiples con cuerpo giratorio. Estas cadenas, más allá de la sección de la geometría transversal del cable, están conformadas por más de un tipo de elemento, ya sea un enlace y cerradura o dos tipos de enlaces (enlace de una transferencia, mayor masa, y el otro un enlace de unión, que tiene menor masa). Las disposiciones de cuerpos múltiples comprenden un principio de funcionamiento que es bastante diferente al de la presente invención, dado que un enlace de cuerpos múltiples contiene resistencias térmicas adicionales en las superficies de contacto sobrantes. En el caso de las cortinas de cadena en las que una misma orientación se pretende para los enlaces primarios mediante el uso de conectores pequeños, estos terminan usando parte de la longitud de cadena disponible. Las secciones planas que se presentan en dos de estas solicitudes para los enlaces primarios no presentan un mejor comportamiento de la transferencia de calor en comparación con las cadenas ya existentes en la técnica. Sin embargo, estos perfiles rectangulares deberán comprender una referencia de comparación en la presente solicitud.

La patente RU 2285217 C1 (2005) divulga una cadena de un horno giratorio que tiene enlaces huecos o ranurados. Este desarrollo presenta dos variantes y combinaciones de los mismos, las variantes siendo concretamente: (a) un enlace de cable hueco, (b) un enlace de cable que tiene cualquier forma geométrica con al menos una ranura, y (c) una combinación de los mismos. La variante (a) permite la reducción de la inercia térmica del enlace, lo que aumenta su tasa de transferencia de calor, mediante la concentración de masa donde más se necesita (exterior). La variante (b) permite aumentar la transferencia de calor mediante el aumento de la superficie, dado que la geometría ranurada tiene una mayor área en comparación con la geometría de referencia. En ninguno de los casos las reivindicaciones abordan la durabilidad de la cadena. Aunque los efectos de la tasa de transferencia de calor son innegables en la cadena hueca, también es evidente que ante el desgaste progresivo y el desgarro debido a la fricción y la temperatura del horno giratorio, su vida útil es menor que la de una cadena sólida (la pérdida de espesor de la pared conduce a la reducción de la inercia, lo que implica una mayor deformación y tensión cuando se somete a flexión). En cuanto a la geometría ranurada, el aumento del área de superficie se obtiene debido a que las ranuras actúan como zonas de acumulación de material que conducen a resistencias térmicas adicionales (menor transferencia de calor). Este principio es contrario a las técnicas anteriores de 1966 y 1970, preocupadas por el efecto de autolimpieza con el fin de eliminar las capas de material depositado.

Jammbco Division, una empresa de EE.UU., divulga desde el año 2008 en su página web una cadena en forma de diamante (tipo Heat-X) (<http://www.jammbco.com/chains.php>). La página web de la compañía indica que su desarrollo está patentado, pero una búsqueda de base de datos de patentes no mostró resultados. Esta cadena está hecha de enlaces de sección transversal en forma de diamante, que tiene bordes redondeados en las superficies interiores y exteriores (partes superior e inferior de la imagen). Esta forma geométrica difiere de la forma que aquí se reivindica, dado que sus diseños abordan enlaces de gran tamaño (más grandes que los enlaces circulares), que normalmente tienen un 50 % más de área que los enlaces circulares. Dicha concentración de área implica una menor cantidad de cadenas en la instalación. Esta técnica anterior sirve como una referencia de comparación con la presente invención. Al concentrar el área de transferencia y el bloqueo de flujo en un menor número de cadenas, en comparación con los enlaces circulares, esto conduce a la reducción de partículas debido a la captura, pero esto también reduce la tasa de arrastre de partículas.

La patente US 7.389.634 B1 (2007) divulga una cadena de carga que tiene enlaces hechos de varias formas con el fin de mejorar la relación resistencia/peso. Este desarrollo muestra diseños de varios enlaces (ranurados, ovales, elípticos) para aplicaciones de carga (cadenas de carga). Varios de estos diseños de enlace ya fueron encontrados en la técnica de la cadena de transferencia de calor (y patentados) (tal como el ranurado y de forma ovalada como se discutió anteriormente), y fueron protegidos, ya que, aunque ambas eran cadenas, sus principios de funcionamiento difieren (carga de tensión frente a los ciclos de calentamiento/refrigeración). La patente señala que la ventaja de los enlaces divulgados, incluyendo el enlace elíptico, se basa en la distribución de tensiones cuando se somete a una carga de tensión externa, contexto típico de funcionamiento de la cadena de carga. La principal diferencia con el enlace en el presente documento, es que la presente invención se refiere a cadenas de transferencia de calor, en las que el objetivo del enlace no es estructural; de hecho, la condición de funcionamiento general no se tensa, y su carga principal es el peso de la cadena. Por tanto, dicha técnica anterior no interfiere con el principio de diseño utilizado en la presente invención, ni el alcance de aplicación de la misma. En consecuencia, dicha técnica anterior no afecta a la novedad en este documento (limitado a cadenas de transferencia de calor), de la misma manera que las cadenas de transferencia de calor ranuradas o de forma ovalada previamente protegidas no afectan a la novedad de la cadena de carga protegida por la técnica anterior mencionada. Del mismo modo, la actividad inventiva no se ve afectada ya que el concepto de diseño, orientado hacia la durabilidad basada en el flujo de calor, gradientes y la reducción de precipitado, no existe en ninguna de las técnicas anteriores citadas.

2. Breve descripción de las figuras

Para una mejor comprensión de la presente invención, este documento contiene las siguientes figuras:

la figura 1 muestra una vista frontal y la sección transversal del enlace elíptico.

La figura 2 muestra las líneas de flujo de calor en el enlace elíptico y otros tipos de enlace en la técnica.

La figura 3 muestra la precipitación de carburo en un enlace elíptico y circular en una cadena de intercambio de calor después de 6 meses de funcionamiento.

3. Sumario de la invención

El uso de cadenas de eslabones en hornos o reactores de rotación permite la mejora de la transferencia de calor entre dos fluidos en contacto. La selección del material depende de la aplicación, y aunque la captura y generación de calor son importantes, la durabilidad de las mismas es igualmente importante, ya que normalmente los hornos o reactores tubulares son equipos de funcionamiento continuo, en los que las detenciones por el reemplazo de la cadena implican pérdidas debido a la no producción. Ya que los metales son los materiales utilizados comúnmente en la fabricación de enlaces, y ya que las cadenas están en funcionamiento cíclico (en contacto con un fluido a alta temperatura y otro fluido a baja temperatura), la cadena de material está sujeta a ciclos térmicos y sujeta a desgaste mecánico (fricción con materiales procesados y otros enlaces).

El principio de diseño de la presente invención consiste en que cuanto mayor es la tasa de transición entre los dos estados (temperatura alta y baja), menor será el tiempo en que los elementos de aleación reaccionarán y precipitarán. Como se deduce de lo anterior, es la superficie de enlace la que realmente experimenta los mayores gradientes; por lo tanto, es el núcleo del diseño. Con el fin de provocar una mejor transición entre estados, es deseable que las líneas de flujo de calor en la superficie no experimenten discontinuidades superficiales, ya que el flujo de calor se ralentiza en esas zonas, dando más tiempo para precipitados. Estas discontinuidades se evidencian en los diseños que utilizan más de una forma geométrica con el fin de generar la sección de enlace (tales como triangulares, oblongos, aquellos que tienen protuberancias, o en forma de diamante). Cuando se utiliza más de una curva de generación de la superficie, la desaceleración del flujo de calor o zonas de parada aparecen en dichas transiciones, lo que provoca la precipitación localizada, endurecimiento y un desgaste acelerado final de la superficie. Solo la cadena de enlace de cable de sección circular en la técnica anterior permite líneas de flujo de calor continuas y suaves en la superficie (esto es la cadena utilizada en la mayoría de los hornos de rotación de todo el mundo).

Cumpliendo con el requisito anterior de evitar discontinuidades superficiales, y bajo el requisito adicional de aumentar la relación de área/masa con el fin de mejorar la eficacia de transferencia de calor, se plantea la presente invención. La presente invención consiste en el desarrollo de un enlace circular de cable que tiene una sección transversal elíptica con un eje mayor radial, es decir, el eje mayor contenido dentro del plano circular del enlace, como se indica en la figura 1. La sección transversal elíptica permite una superficie de contacto que es única en la técnica, continua con el fin de evitar puntos calientes o zonas de parada (aumentando así la durabilidad), y con una relación mayor de área de superficie de enlace: masa de enlace (equivalente a la sección transversal del perímetro: área de la sección transversal) de la cadena de cable circular.

La figura 1a), que muestra la vista frontal de la cadena, permite identificar lo siguiente: (i) diámetro interior de enlace Φ , definiendo la trayectoria de la cadena, y (ii) la sección generada por la sección transversal A, llevada a cabo verticalmente en un eslabón de cadena típico posicionado verticalmente (cuando su punto de anclaje se encuentra hacia la parte más alta del horno). La sección de la sección A que se muestra en la figura 1b) permite la identificación de lo siguiente: (i) el eje mayor, a, de la sección transversal elíptica del enlace de cable, alineado con el diámetro Φ , de tal manera que el diámetro exterior del enlace es $\Phi + 2a$, y (ii) el eje menor, b, que determina el espesor del enlace. El cable de sección elíptica se obtiene por deformación plástica de un cable de sección circular.

Tras obtener el reblandecimiento de las líneas de flujo de calor en la superficie mediante el uso de este diseño, la precipitación de fase se reduce en las cadenas de aleación fabricadas, lo que aumenta la vida útil de la cadena de dos a tres veces en comparación con la cadena de cable circular, cuando la relación eje mayor : eje menor de la elipse varía entre 1,5 y 3. Además, debido a que dicha cadena tiene una mayor área proyectada axialmente dentro del horno como resultado de un menor porcentaje de área por cada enlace, la captura de partículas de material se incrementa (reduciendo así la pérdida de materia prima a través del flujo de calor).

4. Descripción detallada de la invención

La realización preferente se ha desarrollado para hornos de rotación de clinkerización en la industria del hormigón. En este caso, una cadena de transferencia de calor está diseñada con una longitud de 0,6 veces el diámetro interior del horno con el fin de permitir una abertura para el flujo de la suspensión y un área libre, de tal manera que la cadena está completamente expuesta a los gases calientes (a fin de ganar calor).

Cuando la cadena está optimizada para la durabilidad (uniformidad superficial), la transferencia de calor (relación área/masa) y una sección proyectada para fluir (la captura de partículas y la pérdida de presión en el interior del horno), basándose en el enlace presentado en este documento, se obtiene un enlace elíptico que tiene una relación de eje mayor a eje menor igual a 2, y dimensiones totales de la siguiente manera: diámetro mayor de 31 mm, diámetro menor de 15,5 mm. El cable de sección elíptica se fabrica a partir de acero inoxidable para las cadenas proximales a la fuente de calor, y de acero simple para aquellas cadenas distales de la fuente de calor.

Las figuras 2 y 3 muestran el comportamiento del nuevo diseño con respecto a las cadenas que se encuentran en la técnica anterior. La figura 2 presenta la evolución de las curvas de temperatura (isotermas), cuyos gradientes indican las líneas de flujo de calor. Estas curvas se han obtenido mediante simulación por ordenador exponiendo el enlace

en un flujo de izquierda a derecha. Para el enlace circular (a), la diferencia entre la zona (1) y la zona (2) es de 4 °C, y se observan las curvas isotermas rompiendo sobre la superficie proyectada para el flujo. En el caso del enlace elíptico (b), se observa que la diferencia entre la zona (3) y la zona (4) está cerca de 3 °C, y la isoterma de 250 °C cubre esencialmente toda la cara expuesta al flujo, generando líneas de flujo de calor suave. Al observar el enlace de la sección en forma de diamante (c), se hace constar que la diferencia de temperatura entre la zona (5) y la zona (6) alcanza los 5 °C, y que las líneas isotermas tienen más terminaciones abruptas en la superficie. Para el enlace de sección transversal oblonga (d), la diferencia entre la zona (7) y (8) es de 4 °C, y hay un final brusco de las isotermas en la superficie expuesta al flujo. Finalmente, en el enlace de la sección transversal hueca circular (e), se observan diferencias entre la zona (9) y (10) de hasta 7 °C, y discontinuidades en las isotermas (y por tanto en las líneas de flujo de calor) impulsadas por la cavidad interior.

La figura 3 permite observar el esquema de metalografía obtenido después de seis meses de funcionamiento de la cadena de eslabones elíptica y la cadena de eslabones circular, fabricadas a partir del mismo material y operando una al lado de la otra. Para la metalografía del enlace elíptico (a) se identifican dos zonas solamente: la zona de material de base (11) y la zona de ataque químico (12) para la preparación metalográfica. Para la metalografía del enlace circular (b) se identifican tres zonas: la zona de material de base (13), la zona de ataque químico (14) para la preparación metalográfica y la zona de carburo precipitado (15). Esta última zona es la que indica la fragilización superficial de la cadena, y su última pérdida de espesor, lo que lleva a una mayor frecuencia de cambio de las mismas.

Rendimiento de la realización preferente

En una aplicación real de un horno de clinkerización, todas las cadenas de cable circular se sustituyen por cadenas de cable elípticas, manteniendo el área de superficie total de las cadenas constante (área total de intercambio de calor). Para esta zona, la necesidad total de la masa instalada era 10 % menor que la masa instalada para el enlace de cable circular.

Las condiciones típicas de funcionamiento del horno implicaban que, mediante el uso del área instalada de la cadena de enlace de cable circular, se obtuvieron una humedad de salida de suspensión del 2 % y una temperatura de la suspensión de salida determinada. Con la instalación de la misma área de superficie (10 % menos de la masa de la cadena), las condiciones de salida de la suspensión cambiaron a una humedad del 0 % y una temperatura de salida de la suspensión 47 % mayor. En ambos casos, el nivel de producción era el mismo. Esto permitió a reducir aún más el área de superficie instalada (hasta un 20 %), y obteniendo así un consumo calórico de al menos un 5 % menos, y con una menor dispersión (la mitad del intervalo de variación), que la obtenida con el enlace circular, y una reducción de las emisiones de partículas del 15 % con respecto al valor obtenido utilizando enlaces circulares, lo que lleva a un aumento proporcional en la producción, verificable a partir de un balance de materiales.

Con respecto a la durabilidad, el núcleo de diseño de esta invención, las nuevas cadenas de muestra se instalaron (circular y elíptica), y después de 8 meses de funcionamiento las cadenas de cable circulares perdieron un 17,5 % de su masa (cadenas de acero al carbono) y un 19,4 % (cadenas de acero inoxidable). En comparación, las cadenas de cable elípticas perdieron un 2,3 % de su masa (cadenas de acero al carbono) y un 4,0 % (cadenas de acero inoxidable). Esta importante reducción de la tasa de desgaste de la cadena implica que la durabilidad de la cadena (vida útil) se incrementa por lo menos tres veces. Al evaluar las características de las cadenas, el concepto de diseño y el rendimiento observado, se puede concluir que, si bien hay un aumento de la dureza superficial durante la fabricación, es la significativa reducción de la precipitación de carburo en la cadena elíptica la que permite aumentar significativamente la vida útil de la cadena, reduciendo el fenómeno conocido como "pelado".

REIVINDICACIONES

1. Una cadena de intercambio de calor, caracterizada por que comprende enlaces circulares de sección transversal elíptica.
- 5 2. La cadena de la reivindicación 1, en la que la sección transversal elíptica tiene su eje mayor alineado en la dirección diametral del enlace circular.
3. La cadena de la reivindicación 1, en la que los enlaces son aleaciones de acero o de acero al carbono.
- 10 4. La cadena de la reivindicación 1, en la que la relación eje mayor : eje menor de la elipse es mayor que 1,5 y menor que 3.
- 15 5. La cadena de la reivindicación 4, en la que la relación eje mayor : eje menor es igual a 2.

FIG. 1

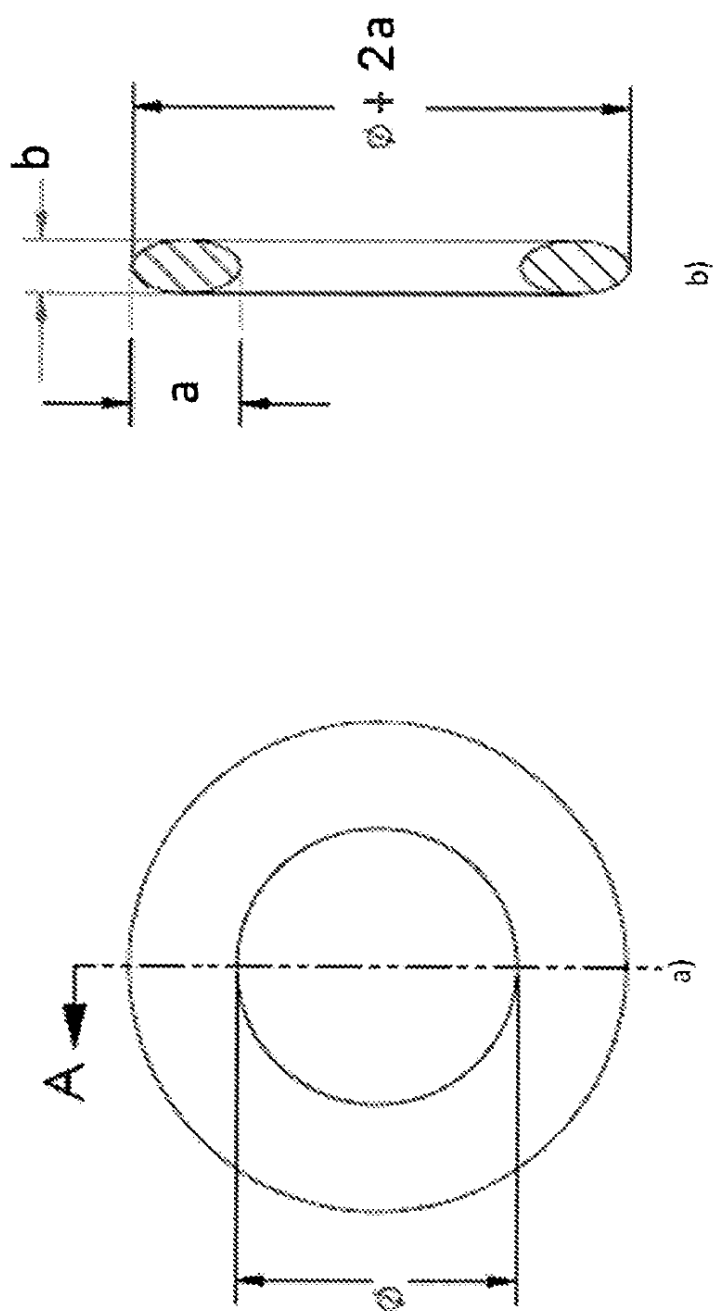


FIG. 2

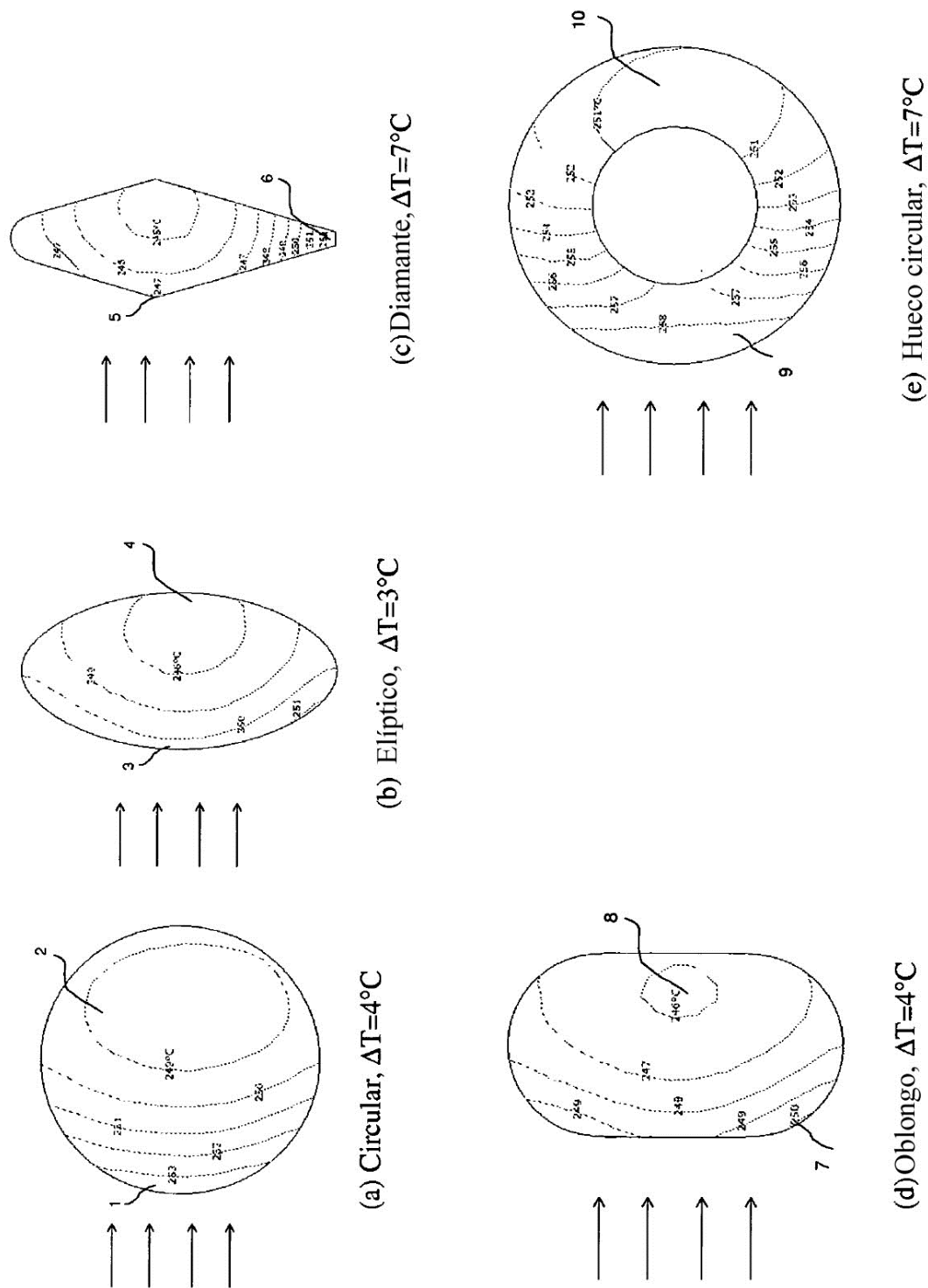
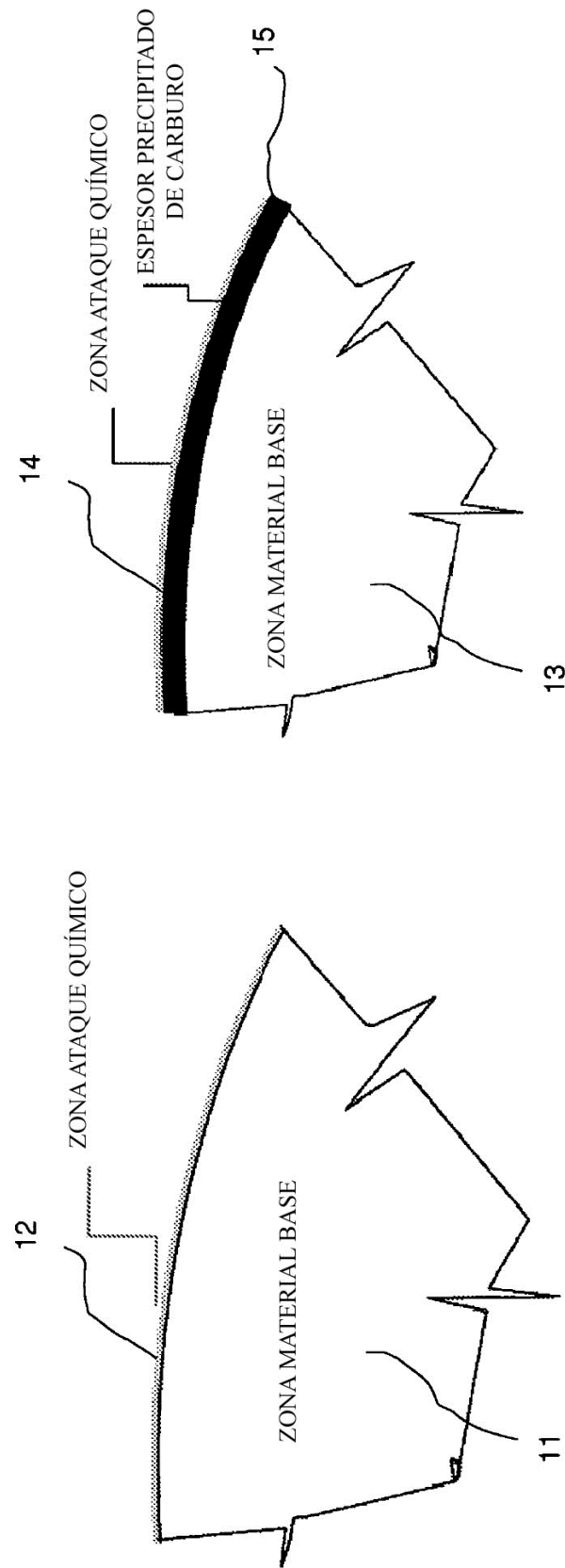


FIG. 3



a) Esquema de microfotografía: La porción de cadena elíptica no muestra precipitación de carburo

b) Esquema de microfotografía: Porción de cadena circular, muestra precipitación de carburo como negro