



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 963**

51 Int. Cl.:
C22C 33/08 (2006.01)
G01N 25/06 (2006.01)
C22C 37/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07380339 .7**
96 Fecha de presentación : **05.12.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2090670**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.08.2009**

54 Título: **Método para la predicción del grado de esferoidización en zonas definidas de piezas de fundición gráfica esferoidal.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.11.2011

73 Titular/es: **CASA MARISTAS AZTERLAN**
Aliendalde, 6
48200 Durango, ES

72 Inventor/es: **Sertucha Pérez, Jon y**
Suárez Creo, Ramón

74 Agente: **Torner Lasalle, Elisabet**

ES 2 367 963 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

Método para la predicción del grado de esferoidización en zonas definidas de piezas de fundición gráfica esferoidal.

5 Campo de la Invención

La invención concierne a un método predictivo del grado de esferoidización en determinadas zonas de piezas fundidas de fundición gráfica esferoidal.

10 Estado de la técnica

15 El grado de esferoidización de una fundición gráfica esferoidal es un dato de gran interés práctico ya que es un indicador relevante en cuanto al comportamiento mecánico de la fundición de hierro estudiada y, en especial, de su fragilidad. El grado de esferoidización representa el número de esferoides de grafito que se desarrollan por mm² en el seno del material.

Estos esferoides de grafito se desarrollan durante el proceso de enfriamiento, al cristalizar el carbono en pequeñas agrupaciones de forma esferoidal, de manera uniforme por toda la matriz. La determinación de su número y su concentración proporciona una idea clara de la calidad metalúrgica de la fundición gráfica esferoidal.

20 Es también conocido que el grado de esferoidización del Grafito de un metal fundido, el tamaño de los esferoides y la distribución de los mismos puede obtenerse del análisis de la curva de enfriamiento del mencionado metal fundido.

A este respecto existen diferentes patentes que tratan este tema, como son las siguientes:

25 En la patente JP60177116 se menciona un procedimiento para medir exacta y rápidamente el grado de esferoidización del grafito en hierro fundido mediante el empleo de termopares y posteriores cálculos matemáticos, pero no hace referencia al grado de nodulización específico de una zona en concreto.

30 En la patente WO9400755 se menciona un método para determinar el contenido en grafito de la fundición, por medio de un sistema de ultrasonidos y la comparación de los resultados con un material de referencia. En este caso se obtiene un valor medio y tampoco se aprecia influencia de la forma de la pieza.

35 En la patente US6604016 se presenta un nuevo método para la obtención de hierro en el que se puede determinar exactamente el contenido de grafito mediante el control de la curva de enfriamiento y los aditivos. Este caso es más un proceso de producción y no tiene en cuenta la forma de la pieza a obtener.

40 En la patente WO9925888 se muestra otro proceso para la obtención de hierro con grafito esferoidal, también mediante el empleo de las curvas de enfriamiento y agentes modificantes. Es una mejora del método anterior, pero sigue sin hablar de zonas diferenciadas para la pieza.

45 En la patente AU651389B se describe un proceso de obtención de hierro fundido dúctil que incluye el control del enfriamiento mediante el empleo de termopares y la corrección de la composición mediante la adición de agentes modificantes para la obtención del grado de nodularidad deseado. En este caso tampoco se habla del grado de nodularidad que se obtiene en las diferentes zonas de la pieza y también es un proceso de producción.

50 En la patente US3670558 se presenta la técnica de análisis térmico inversa aplicada al estudio de la solidificación en hierro fundido permitiendo un fondo metalúrgico común para muestras que solidifican a diferentes ritmos de enfriamiento como hacen cuando coladas se sitúan en un racimo en un molde, realizando medidas relativas del grado de esferoidización para cada una de las diferentes muestras en el molde.

55 En cualquier caso, ninguno de estos procedimientos es apto para calcular el grado de esferoidización de determinadas zonas de las piezas fundidas, o en el caso de procesos, de conseguir una fundición de la pieza en la que una zona específica de la misma posea el grado de esferoidización deseado.

Explicación general de la invención

60 Tradicionalmente, ante la necesidad de predecir de la manera más exacta posible el comportamiento mecánico de los diferentes materiales metálicos, se han ido desarrollando diferentes métodos mediante la tecnología del análisis térmico. Así, mediante el vertido del metal líquido en un quik-cup (modelo metalográfico de transferencia de calor microestructural) y el análisis de su proceso de solidificación, fundamentalmente en lo que a sus componentes térmicos se refiere, es posible predecir que grado de modularidad llegará a tener ese metal.

65 Este método conocido orienta la interpretación sobre el comportamiento del material y su nivel de calidad metalúrgica en un aspecto muy importante, como es el de la esferoidización. Sin embargo, en este método no se tiene en cuenta en

absoluto la morfología de las piezas, sus dimensiones, módulo y otras consideraciones importantes en el proceso de solidificación, por lo que el resultado que se obtiene es un dato genérico independiente de la pieza.

5 Por otro lado, lo que realmente interesa saber desde el punto de vista industrial, además de conocer lo que va a ocurrir cuando una pieza completa se solidifique, es qué sucede en zonas muy concretas que, debido a su espesor o porque debido a las cargas de fatiga que va a sufrir puede convertirse en punto de iniciación de una fisura, son especialmente conflictivas.

10 Ante esta situación, la determinación genérica del número de esferoides que puede desarrollar un metal líquido, que es lo que ofrecen actualmente los sistemas operativos en el mercado, resulta totalmente insuficiente.

15 La presente invención tiene por objeto predecir el nivel de esferoidización que se va a alcanzar en una zona determinada de la pieza de fundición gráfica esferoidal previamente seleccionada y que se encuentra en una posición determinada del racimo de piezas coladas simultáneamente en un molde. En este desarrollo se va a utilizar el concepto de velocidad de enfriamiento que resulta determinante en los mecanismos de nucleación y crecimientos de los grafitos.

20 Los sistemas tradicionales para la determinación del grado de esferoidización se basan en el concepto del Módulo Térmico. Este parámetro, asociado a la velocidad de enfriamiento, se obtiene como el cociente entre el volumen de metal y las superficies del mismo que pueden evacuar calor y, en sistemas aislados, en los que no hay otros elementos de influencia que modifiquen el proceso de enfriamiento y por tanto el de solidificación, se puede asociar directamente con la formación de esferoides de grafito.

25 Estudios realizados sobre piezas test (cilindros y cubos) de fundición esferoidal inoculada, han permitido relacionar la densidad gráfica (esf/mm^2) en el centro geométrico de las mismas con el módulo térmico y con la calidad metalúrgica del metal, representada por la densidad de esferoides que proporciona el análisis térmico para el quik-cup de referencia (Fig. 1).

La ecuación correspondiente es entonces del tipo:

$$30 \quad N^{\circ} \text{ esferoides} = f(M, N_{at})$$

Donde el número de esferoides viene dado en esf/mm^2 , M es el módulo térmico (cm) y N_{at} es la predicción proporcionada por el análisis térmico para el quik-cup en esf/mm^2

35 Sin embargo, las condiciones de las piezas reales en los procesos de fundición no coinciden con las de un sistema aislado, por lo que es necesario introducir y desarrollar el concepto de un nuevo parámetro que tenga en cuenta no solo los condicionantes tradicionales, sino también la morfología de la pieza a fundir y todos los elementos particulares que influyan en la evacuación del calor en cada una de sus partes. En este punto se define el Módulo Inverso, como el módulo al que le corresponde el nivel de grafitización que manifiesta la pieza en una zona determinada. Es decir, es la capacidad real que tiene un área determinada para evacuar energía calorífica. El método de la invención se da en la reivindicación 1.

40 Este Módulo Inverso, asociado a una zona específica de la pieza, se calcula a partir del número real de esferoides de esa zona (controlado metalográficamente) y de la predicción obtenida por medio del análisis térmico (N_{at}). (Fig. 2).

45 La principal ventaja que permitirá obtener este sistema es el conocimiento exacto del grado de esferoidización, y con él de las propiedades de una determinada zona de una pieza ubicada en un lugar determinado del racimo de piezas que se cuela simultáneamente en un molde. Este conocimiento permitirá definir su comportamiento con una mayor fiabilidad, asegurándose de esta manera la integridad estructural del sistema o estructura y facilitando su dimensionamiento.

50 La principal utilidad del método estriba en que las simulaciones y predicciones posteriores sobre el mismo racimo de piezas utilizando el módulo inverso esta vez en cada simulación, darán una estimación mucho más exacta que al utilizar los medios tradicionales. Así, ante cualquier variación de las condiciones de colado, por ejemplo una variación de la temperatura del material fundido, los sistemas de simulación predecirán de forma mucho más exacta el grado de esferoidización que se obtendrá, permitiendo al fundidor introducir las medidas correctivas pertinentes.

Breve descripción de los dibujos

60 La Figura 1 muestra la representación gráfica de la curva de enfriamiento en función del tiempo.

En la Figura 2 se representa la metodología seguida en el desarrollo para el cálculo del Módulo Inverso a partir del análisis térmico y el estudio metalográfico.

65 La Figura 3 muestra la horquilla empleada en el caso práctico 1.

La Figura 4 muestra la horquilla empleada en el caso práctico 2.

Descripción detallada de realizaciones particulares

5 A continuación se incluyen dos ejemplos de aplicación del método para la predicción del grado de esferoidización en zonas definidas de piezas de fundición grafitica esferoidal en función de su módulo inverso.

Caso 1: Se trata de una horquilla de freno de automóvil en la que se diferencian cuatro zonas: (Fig. 3)

10 1.- Lo primero es diferenciar las zonas:

Zona 1: Parte media del arco delgado inferior

Zona 2: Parte media del arco grueso superior

15 Zona 3: Moyú izquierdo adyacente al arco superior

Zona 4: Moyú derecho adyacente al arco superior

20 2.- En cada una de las zonas anteriores se calcula el módulo térmico mediante la metodología clásica obteniéndose los siguientes resultados:

Zona 1: $Mt = 0.28\text{cm}$

25 Zona 2: $Mt = 0.57\text{cm}$

Zona 3: $Mt = 0.62\text{cm}$

Zona 4: $Mt = 0.62\text{cm}$

30 3.- En función de la calidad metalúrgica establecida y del módulo térmico se predice el número genérico de esferoides mediante quik-cup.

Zona 1: $N_{\text{esf}}(\text{gen}) = 350\text{esf}/\text{mm}^2$

35 Zona 2: $N_{\text{esf}}(\text{gen}) = 300\text{esf}/\text{mm}^2$

Zona 3: $N_{\text{esf}}(\text{gen}) = 290\text{esf}/\text{mm}^2$

40 Zona 4: $N_{\text{esf}}(\text{gen}) = 290\text{esf}/\text{mm}^2$

4.- Determinación del número real de esferoides en la zona objetivo mediante análisis metalográfico

Zona 1: $N_{\text{esf}}(\text{met}) = 435\text{esf}/\text{mm}^2$

45 Zona 2: $N_{\text{esf}}(\text{met}) = 260\text{esf}/\text{mm}^2$

Zona 3: $N_{\text{esf}}(\text{met}) = 242\text{esf}/\text{mm}^2$

50 Zona 4: $N_{\text{esf}}(\text{met}) = 242\text{esf}/\text{mm}^2$

5.- Cálculo del módulo inverso en función de la calidad metalúrgica y del número de esferoides de la pieza obtenido en el paso anterior

55 Zona 1: $Mi = 0.28\text{ cm}$

Zona 2: $Mi = 0.60\text{ cm}$

Zona 3: $Mi = 0.67\text{ cm}$

60 Zona 4: $Mi = 0.67\text{ cm}$

Este valor se calcula para diversas calidades, es decir para diferentes valores de densidad de esferoides, por lo que el valor que se obtiene al final es un valor medio de los obtenidos en todos los ensayos. En general se puede afirmar que no existe mucha diferencia entre los valores obtenidos.

65

6.- Predicción del número de esferoides en función del módulo inverso

En este paso se calcula el número de esferoides empleando el valor medio del módulo inverso calculado en el apartado anterior.

5 Caso 2: Se parte otra vez de una horquilla de freno, diferente a la anterior.

1.- Lo primero es diferenciar las zonas; cuatro en este caso (Fig. 4)

10 2.- En cada una de las zonas anteriores se calcula el módulo térmico mediante la metodología clásica obteniéndose los siguientes resultados:

Zona 1: $M_t = 0.28\text{cm}$

15 Zona 2: $M_t = 0.37\text{cm}$

Zona 3: $M_t = 0.71\text{cm}$

Zona 4: $M_t = 0.71\text{cm}$

20 3.- En función de la calidad metalúrgica establecida y del módulo térmico se predice el número genérico de esferoides mediante quik-cup.

4.- Se determina el número real de esferoides en la zona objetivo mediante análisis metalográfico

25 Zona 1: $N_{sf}(\text{met}) = 432\text{esf}/\text{mm}^2$

Zona 2: $N_{sf}(\text{met}) = 319\text{esf}/\text{mm}^2$

30 Zona 3: $N_{sf}(\text{met}) = 229\text{esf}/\text{mm}^2$

Zona 4: $N_{sf}(\text{met}) = 229\text{esf}/\text{mm}^2$

5.- Se calcula el módulo inverso en función de la calidad metalúrgica y del número de esferoides de la pieza obtenido en el paso anterior

35 Zona 1: $M_i = 0.30\text{ cm}$

Zona 2: $M_i = 0.47\text{ cm}$

40 Zona 3: $M_i = 0.77\text{ cm}$

Zona 4: $M_i = 0.77\text{ cm}$

45 Este valor se calcula para diversas calidades, es decir para diferentes valores de densidad de esferoides, por lo que el valor que se obtiene al final es un valor medio de los obtenidos en todos los ensayos. En general se puede afirmar que no existe mucha diferencia entre los valores obtenidos.

50 6.- Finalmente, se realiza la predicción del número de esferoides en función del módulo inverso, empleando el valor medio del módulo inverso calculado en el apartado anterior.

REIVINDICACIONES

- 1.- Método para la predicción del grado de esferoidización de piezas de fundición gráfica esferoidal, apto para predecir específicamente el grado de esferoidización en cualquier zona concreta de cualquier pieza ubicada en un racimo de piezas que se cuelan simultáneamente en un molde, siendo dicha predicción realizada en función de las condiciones de solidificación específicas del racimo y en función del módulo inverso específico de la zona de la pieza en cuestión, determinándose dicho módulo inverso a partir de predicciones convencionales del grado de esferoidización por análisis térmico y medidas reales del grado de esferoidización en piezas ya fundidas, donde dicho método, una vez diferenciadas en la pieza unas determinadas zonas, comprende:
- 5 a) la determinación del módulo térmico de cada zona de la pieza mediante metodología convencional,
 - b) la predicción del número de esferoides en cada zona de la pieza mediante herramientas convencionales de análisis térmico a partir del módulo térmico de cada zona, caracterizado porque además comprende:
 - 15 c) la determinación del número real de esferoides mediante análisis metalográfico directo de cada zona,
 - d) el cálculo de dicho módulo inverso en función de la calidad metalúrgica mediante técnicas metalográficas, y
 - 20 e) la predicción del número de esferoides en cada zona de la pieza mediante herramientas convencionales de análisis térmico a partir del módulo inverso de cada zona que ha sido calculada a partir del número real de esferoides en dicha zona, medida metalográficamente y a partir de la predicción obtenida mediante el análisis térmico convencional.

FIGURA 1

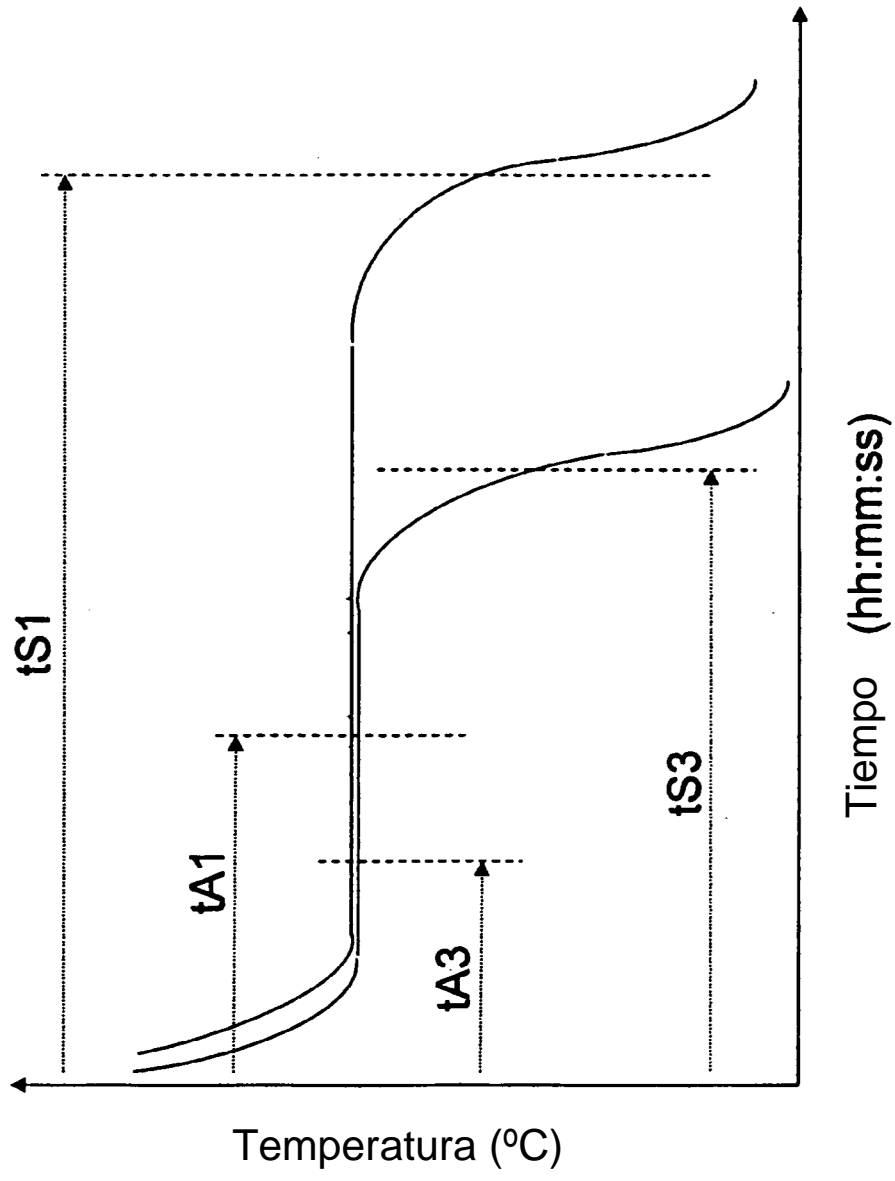


FIGURA 2

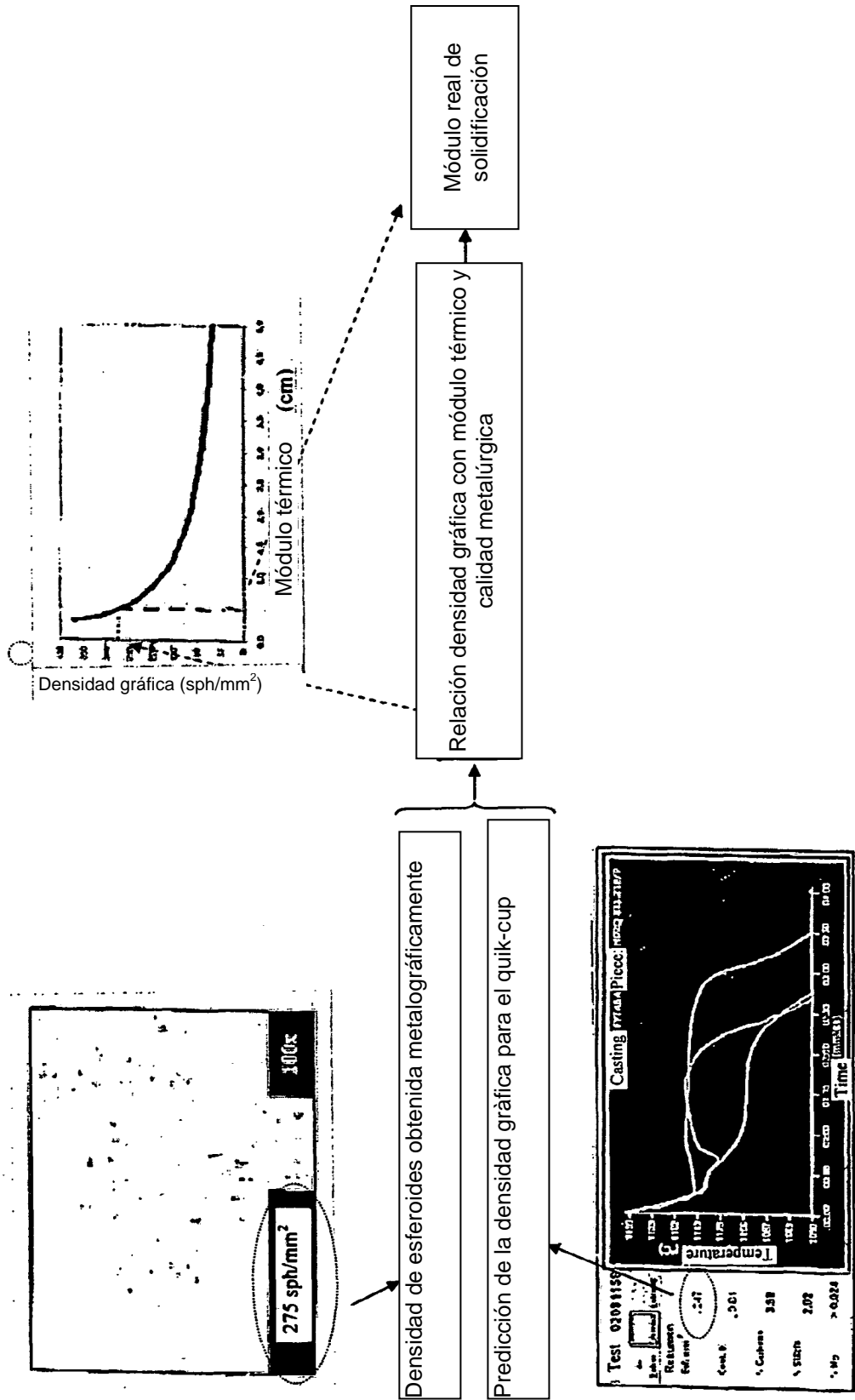


FIGURA 3

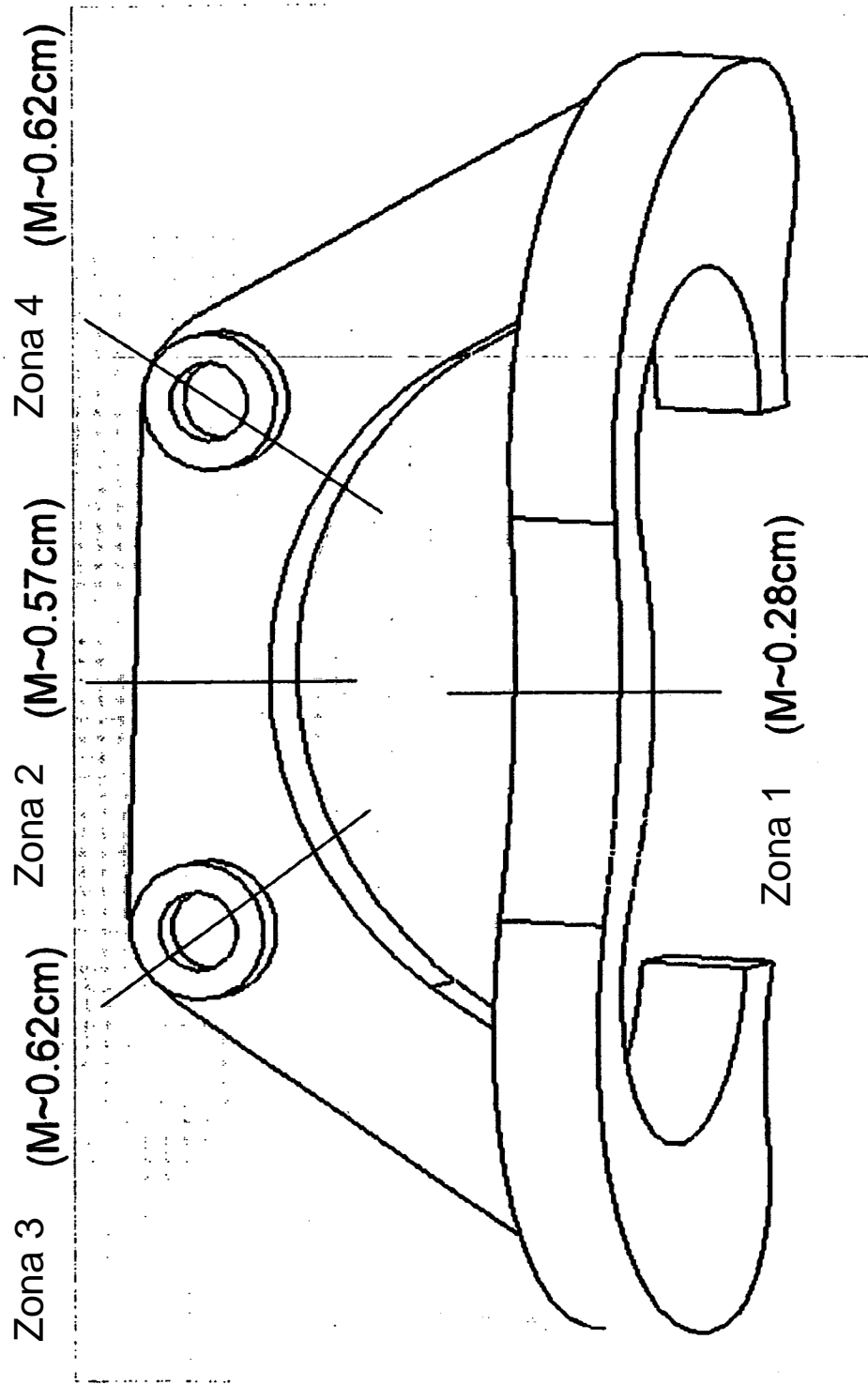


FIGURA 4

