

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 293**

51 Int. Cl.:

E21B 10/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2009 PCT/US2009/046091**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2009 WO09149157**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2009 E 09759316 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2313595**

54 Título: **Métodos para formar herramientas para perforación utilizando compensación geométrica y herramientas formadas mediante dichos métodos**

30 Prioridad:

04.06.2008 US 133245

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

19.04.2017

73 Titular/es:

**BAKER HUGHES INCORPORATED (100.0%)
P. O. Box 4740
Houston, TX 77027, US**

72 Inventor/es:

**SMITH, REDD, H.;
STEVENS, JOHN, H.;
DUGGAN, JAMES;
LYONS, NICHOLAS, J.;
EASON, JIMMY, W.;
MATTHEWS, OLIVER y
CURRY, DAVID, A.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 609 293 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

Métodos para formar herramientas para perforación utilizando compensación geométrica y herramientas formadas mediante dichos métodos

Reivindicación de prioridad

- 5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la fecha de presentación de la solicitud de patente de los Estados Unidos número de serie 12/133,245, presentada el 4 junio de 2008, para "Métodos de formación de herramientas de perforación terrestre utilizando compensación geométrica y herramientas formadas mediante dichos métodos."

Campo técnico

- 10 La presente invención se relaciona de manera general con brocas de perforación terrestre y otras herramientas de perforación terrestre que se pueden utilizar para perforar formaciones subterráneas, y con métodos para fabricar dichas brocas y herramientas. Más particularmente, la presente invención se relaciona con métodos para formar herramientas de perforación utilizando compensación geométrica para tener en cuenta el encogimiento durante los procesos de sinterización y otros procesos de consolidación de materiales y con herramientas formadas utilizando dichos métodos.

- 15 Antecedentes

La profundidad de los recintos de pozos que se perforan continúa aumentando en razón a que el número de formaciones terrestres que tienen hidrocarburos a baja profundidad continúa reduciéndose. Estas crecientes profundidades de recintos de pozo están presionando las brocas convencionales a su límite en términos de desempeño y durabilidad. Frecuentemente se requieren diversas brocas para perforar un único recinto de pozo, y

20 cambiar una broca o una sarta de broca puede ser costoso y demorado.

En esfuerzos para mejorar el desempeño de las brocas y su durabilidad, se están investigando nuevos materiales y métodos para formar brocas y sus diversos componentes. Por ejemplo, se están investigando métodos diferentes a los procesos de infiltración convencionales para formar brocas que comprenden materiales compuestos de matriz de partículas. Dichos métodos incluyen formar cuerpos de taladro utilizando técnicas de sinterización y compactación de polvo. El término "sinterización" como se utiliza aquí, significa la densificación de un componente de partícula e implica la remoción de por lo menos una parte de los poros entre las partículas de partida, acompañado por encogimiento, combinado con coalescencia y unión entre partículas adyacentes. Dichas técnicas se describen en la solicitud de patente estadounidense en trámite Número de serie 11/271,153, presentada el 10 de noviembre de 2005 y la solicitud de patente estadounidense en trámite número de serie 11/272,439, también presentado en noviembre

25 10 de 2005, las cuales son cedidas al cesionario de la presente invención.

En la figura 1 se ilustra un ejemplo de un cuerpo 50 de taladro que se puede formar utilizando dichas técnicas de sinterización y compactación de polvo. El cuerpo 50 de taladro puede estar comprendido predominantemente de un material 54 de compuesto de matriz de partículas. Como se muestra en la figura 1, el cuerpo 50 de taladro puede incluir alas o cuchillas 58 que se separan por ranuras 60 de desechos y una pluralidad de elementos 62 de corte PDC (o cualquier otro tipo de elemento de corte) se puede asegurar dentro de los bolsillos 64 del elemento de corte sobre la cara 52 del cuerpo 50 de taladro. Los elementos 62 de corte PDC pueden estar soportados desde atrás por estribos 66, que se pueden formar integralmente con el cuerpo 50 de taladro. El cuerpo 50 de taladro puede incluir pasajes internos para fluidos (no mostrados) que se extienden entre la cara 52 del cuerpo 50 de taladro y un agujero 56 longitudinal, que se extiende a través del cuerpo 50 de taladro. También se pueden proporcionar insertos de boquilla (no mostrados) en la cara 52 del cuerpo 50 de taladro dentro de los pasajes de fluidos internos.

35 40

Adelante se describe brevemente un ejemplo de una manera en la que se puede formar el cuerpo 50 de taladro utilizando técnicas de compactación de polvo y sinterización.

Con referencia a la figura 2A, se puede comprimir una mezcla de polvo 68 (por ejemplo, con presión sustancialmente isostática) dentro de un molde o recipiente 74. La mezcla 68 de polvo puede incluir una pluralidad de partículas duras y una pluralidad de partículas que comprenden un material de matriz. Opcionalmente, la mezcla 68 de polvo puede incluir adicionalmente aditivos utilizados comúnmente cuando se comprimen mezclas de polvo tal como, por ejemplo, aglutinantes orgánicos para proporcionar resistencia estructural al componente de polvo comprimido, plastificantes para hacer el aglutinante orgánico más flexible y lubricantes o auxiliares de compactación para reducir la fricción intra partículas y de otra forma proporcionar lubricación durante la compresión.

45

El recipiente 74 puede incluir un elemento 76 hermético a los fluidos tal como, por ejemplo, una bolsa polimérica deformable y una placa 78 de sello sustancialmente rígida. Se pueden proporcionar insertos o elementos 79 de desplazamiento dentro de un recipiente 74 para definir características del cuerpo 50 de taladro tal como, por

50

ejemplo, un agujero 56 longitudinal (Figura 1) del cuerpo 50 de taladro. La placa 78 de sello se puede unir o adherir al elemento 76 deformable de tal manera que proporciona un sello hermético a los fluidos entre estos.

El recipiente 74 (con la mezcla 68 de polvo y cualquier elemento 79 de desplazamiento deseado contenido en este) se puede presurizar dentro de una cámara 70 de presión. Se puede utilizar una cubierta 71 removible para dar acceso al interior de la cámara 70 de presión. Un fluido (que puede ser sustancialmente no comprimible) tal como, por ejemplo, agua, aceite, o gas (tal como, por ejemplo, aire o nitrógeno) se bombea dentro de la cámara 70 de presión a través de una abertura 72 a alta presión utilizando una bomba (no mostrada). La alta presión del fluido provoca que las paredes del elemento 76 deformable se deformen, y la presión del fluido se puede transmitir substancialmente uniformemente a la mezcla 68 de polvo.

El prensado de la mezcla 68 de polvo puede formar un cuerpo 80 sin procesar (o no sinterizado) mostrado en la figura 2B, que se puede retirar de la cámara 70 de presión y el contenedor 74 después de prensado.

El cuerpo 80 sin procesar mostrado en la figura 2B puede incluir una pluralidad de partículas (partículas duras y partículas de material de matriz) que se mantienen unidas por fuerzas de fricción intra partícula y un material aglutinante orgánico proporcionado en la mezcla 68 de polvo (Figura 2A). Se pueden mecanizar determinadas características estructurales en el cuerpo 80 sin procesar utilizando técnicas de mecanizado convencionales que incluyen, por ejemplo, técnicas de torneado, técnicas de molido, y técnicas de perforación. También se pueden utilizar herramientas portátiles para formar manualmente o dar forma a características sobre el cuerpo 80 sin procesar. Por vía de ejemplo y no de limitación, las cuchillas 58, ranuras 60 de desechos (Figura 1), y otras características pueden ser mecanizadas o formadas de otra manera en el cuerpo 80 sin procesar para formar un cuerpo 84 sin procesar parcialmente formado mostrado en la figura 2C.

El cuerpo 84 sin procesar parcialmente formado mostrado en la figura 2C puede ser sinterizado por lo menos parcialmente para proporcionar un cuerpo 90 marrón (parcialmente sinterizado) mostrado en la figura 2D, que tiene menos que una densidad final deseada. Sinterizar parcialmente el cuerpo 84 sin procesar para formar el cuerpo 90 marrón puede provocar que por lo menos algo de la pluralidad de partículas tenga por lo menos crecimiento parcialmente para proporcionar por lo menos unión parcial entre las partículas adyacentes. El cuerpo 90 marrón se puede mecanizar debido a la porosidad restante allí. También se pueden mecanizar determinadas estructuras en el cuerpo 90 marrón utilizando técnicas de mecanizado convencionales y herramientas portátiles.

Por vía de ejemplo y no de limitación, los pasajes internos de fluidos (no mostrados), bolsillos 64 de elementos de corte, y estribos 66 (Figura 1) se pueden mecanizar o formar de otra manera en el cuerpo 90 marrón para formar un cuerpo 96 marrón mostrado en la figura 2E. El cuerpo 96 marrón mostrado en la figura 2E se puede luego sinterizar a una densidad final deseada, y los elementos 62 de corte se pueden asegurar dentro de los bolsillos 64 de elemento de corte para proporcionar el cuerpo 50 de taladro mostrado en la figura 1.

En otros métodos, el cuerpo 80 sin procesar mostrado en la figura 2B se puede sinterizar parcialmente para formar un cuerpo marrón sin mecanización previa, y se puede realizar toda la mecanización necesaria en el cuerpo marrón antes de sinterizar completamente el cuerpo marrón a una densidad deseada. Alternativamente, se puede realizar toda la mecanización necesaria en el cuerpo 80 sin procesar mostrado en la figura 2B, que luego se puede sinterizar completamente a una densidad final deseada.

La sinterización (tal como sinterización de una mezcla 68 de polvo (Figura 2A) para formar un cuerpo 96 marrón (Figura 2E)) implica la densificación y retiro de la porosidad dentro de una estructura, la estructura que se sinteriza se encogerá durante un proceso de sinterización. Como resultado, puede ser necesario encogimiento dimensional y tener en cuenta para cuando se diseñan herramientas (moldes, boquillas, etc.) u otras características de mecanización en estructuras que sean menos que completamente sinterizadas.

Las posiciones de los elementos 62 de corte, que se aseguran dentro de los bolsillos 64 de elemento de corte, en relación uno a otro y al cuerpo 50 de taladro son críticas para el desempeño de la broca (por ejemplo, estabilidad de broca, durabilidad e índice de penetración) durante las operaciones de perforación. Si los bolsillos 64 de elemento de corte 64 no se ubican adecuadamente en el cuerpo 50 de taladro, se puede afectar el desempeño de la broca en forma negativa.

Por ejemplo, si un elemento 62 de corte sobresale tan poco como 2.54 mm (una décima de una pulgada (1/10")) más allá de la posición de diseño, ese elemento 62 de corte de particular puede estar expuesto a un aumento de carga de trabajo y aumento de fuerzas durante la perforación. Dicho aumento de carga de trabajo y fuerzas pueden conducir a falla temprana del elemento 62 de corte y posiblemente la broca completa.

Adicionalmente, cuando los elementos 62 de corte se desplazan de sus posiciones diseñadas pueden provocar problemas de estabilidad dinámica y desempeño. Por ejemplo, los elementos 62 de corte que se desplazan de sus posiciones de diseño pueden provocar que una broca gire alrededor de un eje de rotación desplazado del eje

longitudinal de la broca en tal forma que la broca tiende a tambalearse o "arremolinarse" en el recinto de pozo. Este arremolinamiento puede provocar que el centro de rotación cambie dramáticamente ya que la broca gira dentro del recinto de pozo. De esta manera, los elementos 62 de corte pueden viajar más rápido de costado y hacer contacto con el recinto de pozo en ángulos y ubicaciones indeseadas y de esta manera puede estar sometida a grandes aumentos de cargas de impacto que pueden provocar la falla de los elementos 62 de corte.

Las posiciones de los bolsillos 64 de elemento de corte con relación a otros y al cuerpo 50 de taladro pueden cambiar durante el proceso de sinterización, tal como aquel descrito anteriormente, ya que el cuerpo 50 de taladro se encoge. En otras palabras, para un diseño de broca final deseado dado, si el cuerpo sin procesar correspondiente o cuerpo de broca marrón se forma de acuerdo con dimensiones uniformemente graduales del diseño de broca final, las posiciones relativas de los bolsillos 64 de elemento de corte en el cuerpo 50 de taladro construido puede no corresponder exactamente al diseño de cuerpo de taladro. Se puede requerir mecanización adicional del cuerpo 50 de taladro (figura 1) en el estado completamente sinterizado en algunos casos para tener en cuenta el error en la posición de los bolsillos 64 del elemento de corte debido al encogimiento durante sinterización, sin embargo, la mecanización del cuerpo 50 de taladro (figura 1) en el estado completamente sinterizado puede ser difícil debido a las propiedades de dureza, resistencia al desgaste y abrasión del material 54 de compuesto de matriz de partículas del que se forma el cuerpo 50 de taladro. Dicho encogimiento durante la sinterización se puede encontrar con características del cuerpo 50 de taladro diferentes a los bolsillos 64 de elemento de corte tal como, por ejemplo, cursos de fluido, cavidades de boquilla, ranuras de desechos, etc.

El documento US. 2007/0102199 A1 describe métodos para formar brocas giratorias de perforación que incluyen proporcionar un cuerpo de taladro, proporcionar un vástago que se configura para unión a una sarta de perforación, y unir el vástago al cuerpo de taladro. Proporcionar un cuerpo de taladro incluye proporcionar una mezcla de polvo, comprimir la mezcla de polvo para formar un componente sin procesar, y sinterizar el componente sin procesar a una densidad final. También se pueden mecanizar determinadas características estructurales en una superficie de un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado. Se reconoce que una estructura puede experimentar encogimiento lineal de entre 10% y 20% durante la sinterización.

Descripción de la invención

En algunas realizaciones, la presente invención incluye métodos para formar cuerpos de taladro de brocas giratorias de perforación al predecir el error posicional que se va a presentar mediante por lo menos una característica de una pluralidad de características en un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado luego de sinterizar el cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada. Los métodos pueden incluir adicionalmente formar por lo menos una característica de una pluralidad de características de un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado en una ubicación determinada por lo menos parcialmente por el error posicional predicho que se va a presentar mediante por lo menos una característica de una pluralidad de características y sinterizar el cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada. En realizaciones adicionales, la presente invención incluye métodos para formar cuerpos de taladro de brocas giratorias de perforación al diseñar un cuerpo de taladro que tiene un perfil de perforación de diseño, que forma un perfil de un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado que tiene una forma que difiere de una forma del perfil de perforación de diseño y sinterizar el cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada.

En otras realizaciones, la presente invención incluye métodos para diseñar cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados para cuerpos de taladro giratorios de perforación al estimar un error posicional para cada característica de una pluralidad de características de un cuerpo de taladro luego de sinterizar el cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada para formar el cuerpo de taladro. Los métodos pueden incluir adicionalmente especificar una ubicación para cada característica de la pluralidad de características en un diseño para el cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado en por lo menos parcialmente en consideración del error posicional estimado respectivo para cada característica de la pluralidad de características.

En aún otra realización, la presente invención incluye cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados de una broca giratoria de perforación que incluye un perfil de perforación que tiene una forma que difiere de una forma deseada de un perfil de broca de diseño de un cuerpo de taladro completamente sinterizado que se va a formar a partir de menos del cuerpo de taladro completamente sinterizado.

En aún realizaciones adicionales, la presente invención incluye cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados de brocas giratorias de perforación que tienen por lo menos una cavidad ubicada en una posición de una cara del cuerpo de taladro escalado mediante un primer factor desde una posición de diseño para por lo menos una cavidad y una segunda cavidad ubicada en una posición sobre la cara del cuerpo de taladro escalado mediante un segundo factor desde una posición de diseño para la segunda cavidad, el segundo factor difiere del primer factor

Breve descripción de los dibujos

Aunque la especificación concluye con las reivindicaciones que se indican particularmente y reclaman distintamente que se considera como la presente invención, las ventajas de esta invención pueden ser más fácilmente comprobadas de la descripción de la invención cuando se leen en conjunto con los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 es una vista de sección cruzada longitudinal parcial de un cuerpo de taladro de una broca giratoria de perforación que se puede formar utilizando procesos de compactación de polvo y sinterización;

Las figuras 2A-2E ilustran un ejemplo de un proceso de compactación de partículas y sinterización que se puede utilizar para formar el cuerpo de taladro mostrado en la figura 1;

La figura 3 es una vista en perspectiva de una realización de una broca giratoria de perforación de la presente invención que incluye bolsillos de elementos de corte que se han formado utilizando un proceso de compensación geométrico;

La figura 4 es una vista de sección cruzada longitudinal de una realización de un cuerpo de taladro que tiene una densidad que es menor que una densidad final deseada y que se puede sinterizar para formar un cuerpo de taladro de la broca giratoria de perforación mostrada en la figura 3;

La figura 5 es una vista de plano de la cara de la broca giratoria de perforación mostrada en la figura 3 sin elementos de corte o insertos de boquilla en este;

La figura 6 es una tabla que muestra las posiciones longitudinales y radiales finales deseadas de cada uno de los bolsillos de elemento de corte de la broca giratoria de perforación mostrada en la figura 3;

La figura 7 es una tabla que muestra las posiciones longitudinales y radiales de los bolsillos de elemento de corte mostrados en la figura 6 escalados uniformemente mediante aproximadamente el índice de contracción lineal del material del cuerpo de taladro en el que se pueden formar los bolsillos del elemento de corte;

La figura 8 es una gráfica que ilustra el error posicional de los bolsillos de elemento de corte primarios mostrados en la figura 6 (es decir, la diferencia entre el diseño o las posiciones finales deseadas de los bolsillos de elemento de corte primarios y las posiciones medidas actuales de los bolsillos de elemento de corte primarios) de una primera broca actual en la que los bolsillos de elemento de corte se forman en un cuerpo de taladro marrón en las ubicaciones especificadas en la figura 7 y luego se sinteriza el cuerpo de taladro marrón a una densidad final deseada;

La figura 9 es una gráfica que ilustra el error posicional radial de los bolsillos de elemento de corte primarios mostrados en la figura 6 para las primeras y segundas brocas actuales en las que se forman bolsillos del elemento de corte en cuerpos de taladro marrón en las ubicaciones especificadas en la figura 7 y los cuerpos de taladro marrón se sinterizan luego a la densidad final deseada;

La figura 10 es una gráfica que ilustra el error posicional longitudinal de los bolsillos de elemento de corte primarios mostrados en la figura 6 para las primeras y segundas brocas actuales en las que se forman los bolsillos de elementos de corte formados en cuerpos de taladro marrón en las ubicaciones especificadas en la figura 7, los cuerpos de taladro marrón se sinterizan luego a la densidad final deseada;

La figura 11 es una tabla que muestra las posiciones longitudinales y radiales de los bolsillos de elemento de corte mostrados en la figura 6 que no están a escala uniforme utilizando factores de compensación geométricos de por lo menos parcialmente derivados de las gráficas mostradas en las figuras 9 y 10;

La figura 12 es una gráfica que ilustra el error posicional de los bolsillos de elemento de corte primario mostrados en la figura 6 (es decir, la diferencia entre las posiciones de diseño o final deseadas de los bolsillos de elemento de corte primarios y las posiciones actuales medidas de los bolsillos de elemento de corte primarios) de una tercera broca actual en la que se forman bolsillos de elementos de corte en un cuerpo de taladro marrón en las ubicaciones a escala no uniformes desde la posición de diseño mostrada en la figura 6, el cuerpo de taladro marrón se sinteriza luego a la densidad final deseada; y

Las figuras 13 y 14 son gráficas que ilustran el error posicional radial y longitudinal, respectivamente, de los bolsillos de elemento de corte primarios de tres brocas actuales, cada uno tiene seis cuchillas, en las que se forman los bolsillos de elemento de corte en cuerpos de taladro marrón en posiciones radiales y longitudinales determinadas al

escalar uniformemente las ubicaciones de diseño, los cuerpos de taladro marrón se sinterizan luego a la densidad final deseada.

Modos para llevar a cabo la invención

5 Las ilustraciones presentadas aquí no significan que sean vistas reales de cualquier material particular, aparato, sistema o método, sino que son representaciones solamente ideales que se emplean para describir la presente invención. Adicionalmente, los elementos comunes entre las figuras pueden retener la misma designación numérica.

10 Los inventores de la presente invención han desarrollado métodos que utilizan técnicas de compensación geométricas para mejorar la precisión mediante la cual los bolsillos de elemento de corte se pueden ubicar en las brocas formadas utilizando dichos métodos que se describen adelante con referencia a las figuras 3 a 14. Como se utiliza aquí, la compensación geométrica comprende escalamiento no uniforme de un cuerpo (y/o de características formadas allí) que tienen una densidad menos que una densidad final deseada que tiene en cuenta la contracción que ocurre durante un proceso de sinterización.

15 Una realización de una broca 100 giratoria de perforación de la presente invención se muestra en la figura 3. La broca 100 de perforación giratoria puede comprender un cuerpo 102 de taladro que se asegura a un vástago 104 que tiene una porción 106 de conexión roscada (por ejemplo, una porción de conexión roscada del Instituto de Petróleos Americano (API)) para unir la broca 100 a una sarta de perforación (no mostrada). En algunas realizaciones, tal como aquellas mostradas en la figura 3, el cuerpo 102 de taladro se puede asegurar al vástago 104 utilizando una extensión 108. En otras realizaciones, el cuerpo 102 de taladro se puede asegurar directamente al vástago 104.

20 El cuerpo 102 de taladro puede incluir pasajes de fluido internos (no mostrados) que se extienden entre la cara 103 del cuerpo 102 de taladro y un agujero longitudinal (no mostrado), que se extiende a través del vástago 104, la extensión 108, y parcialmente a través del cuerpo 102 de taladro, similar al agujero 56 longitudinal mostrado en la figura 1. Los insertos 124 de boquilla también se puede proporcionar en la cara 103 del cuerpo 102 de taladro dentro del pasaje de fluido interno. El cuerpo 102 de taladro puede incluir adicionalmente una pluralidad de cuchillas 116A -
25 116D que se separan por ranuras 118 de desperdicios. En algunas realizaciones, el cuerpo 102 de taladro puede incluir almohadillas 122 de calibre y nudos 128 de desgaste. Como un ejemplo no limitante particular, el cuerpo 102 de taladro puede incluir cuatro cuchillas 116A, 116B, 116C, 116D. Se puede montar una pluralidad de elementos 110 de corte (que pueden incluir, por ejemplo, elementos de corte PDC) en la cara 103 del cuerpo 102 de taladro en bolsillos 112 de elemento de corte que se ubican a lo largo de cada una de las cuchillas 116.

30 El cuerpo 102 de taladro mostrado en la figura 3 puede comprender un material compuesto de matriz de partícula y se puede formar utilizando procesos de sinterización y compactación de polvo, tal como aquellos descritos en la solicitud de patente de los Estados Unidos en trámite número 11/271,153, presentada el 10 de noviembre de 2005 y la solicitud de patente de los Estados Unidos en trámite número de serie. 11/272,439, también presentada el 10 de noviembre de 2005. La figura 4 es una vista de sección transversal longitudinal de un cuerpo 101 de taladro menos
35 que completamente sinterizado (es decir, un cuerpo de taladro sin procesar o marrón) que se puede sinterizar a una densidad final deseada para formar el cuerpo 102 de taladro. Como se muestra en la figura 4, los bolsillos 112 de elemento de corte, un agujero 114 longitudinal, y otras características se pueden formar en el cuerpo 101 de taladro antes sinterizarlo a densidad final deseada, como se describió anteriormente con relación al cuerpo 96 de taladro (Figura 2E).

40 La figura 5 es una vista de plano superior de la cara de la broca 102 giratoria de perforación mostrada en la figura 3, sin los elementos 110 de corte o insertos 124 de boquilla dispuestos en esta. Como se muestra en la figura 5, los bolsillos 112 de elemento de corte se pueden ubicar en las cuchillas 116 en diferentes ubicaciones con relación a un eje longitudinal L_{100} (Figura 3) de la broca 100 giratoria de perforación. Los bolsillos 112 de elemento de corte, se pueden posicionar con relación uno al otro de tal manera que cuando los elementos 110 de corte se coloquen allí,
45 los elementos 110 de corte definen un perfil de corte que cubre substancialmente la superficie inferior completa de un recinto de pozo cuando se coloca allí la broca 102 giratoria de perforación.

Cada elemento 110 de corte en una broca 102 se denomina convencionalmente mediante el denominado "número de elemento de corte", el elemento 110 de corte ubicado (radialmente) más cerca al eje longitudinal L_{100} (Figura 3) se le asigna el número 1 de elemento de corte, el segundo más cercano se le asigna el número 2 de elemento de corte, el tercero más cercano se le asigna el número 3 de elemento de corte, y así sucesivamente. Aunque los
50 elementos 110 de corte no se muestran en los bolsillos 112 de elemento de corte en la figura 5, cada bolsillo 112 de elemento de corte se etiqueta con un número 1 de posición al 37 que corresponde al número del elemento de corte del elemento 110 de corte que se va a posicionar allí. En otras palabras, la posición del bolsillo 112 de corte radialmente más cercano al eje longitudinal L_{100} se puede denominar como posición 1 y la posición del siguiente bolsillo 112 de elemento de corte radialmente más cercano al eje longitudinal L_{100} se puede denominar como
55 posición 2, y así sucesivamente como se muestra en la figura 5. Como se muestra en la figura 5, los bolsillos 112 de

elemento de corte se puede posicionar en las cuchillas 116A, 116B, 116C, 116D en una disposición generalmente en espiral. En otras palabras, una línea trazada en la figura 5 secuencialmente a través de cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte desde la posición 1 hasta la posición 37 tendrían una configuración generalmente en espiral. Adicionalmente, la ruta barrida por cada elemento 110 de corte puede superponerse parcialmente a las rutas barridas de los elementos 110 de corte adyacentes ubicados a distancias radiales ligeramente más pequeñas y ligeramente más grandes del eje longitudinal L_{100} .

Como también se muestra en la figura 5, los elementos 110 de corte pueden comprender elementos de corte primarios (los elementos 110 de corte asegurados dentro de los bolsillos 112 de elementos de corte ubicados en las posiciones 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37) y los elementos de corte de respaldo secundarios (los elementos 110 de corte asegurados dentro de los bolsillos 112 de elemento de corte ubicados en las posiciones 5, 7, 9, 11, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 y 30).

Adicionalmente, la posición de cada bolsillo 112 de elemento de corte individual (y sus elemento 110 de corte asociados) se pueden caracterizar en términos de una posición radial, que puede ser la distancia más corta desde el eje longitudinal L_{100} (Figura 3) hasta el bolsillo 112 del elemento de corte y en términos de una posición longitudinal, que puede ser la distancia más corta desde un plano de referencia longitudinal (que se orienta perpendicular al eje longitudinal L_{100}) hasta el bolsillo 112 de elemento de corte. Para propósitos de conveniencia, el plano de referencia longitudinal se puede ubicar en, por ejemplo, el punto más superior de una región calibre 120 (Figura 4) del cuerpo 102 de taladro.

El cuerpo 102 de taladro se puede formar utilizando técnicas de sinterización compactación de polvo como se mencionó anteriormente.

Como la sinterización implica la densificación y retiro de porosidad dentro de una estructura, la estructura que se sinteriza se contraerá durante el proceso de sinterización. Una estructura puede experimentar, por ejemplo, contracción lineal entre 10% y 20% durante la sinterización desde un estado sin procesamiento hasta una densidad final deseada. Como resultado, la contracción dimensional se puede considerar y tener en cuenta cuando se diseñan herramientas (moldes, boquillas, etc.) o cuando se mecanizan características en estructuras que sean menos que completamente sinterizadas.

Para representar dicha contracción dimensional, se puede diseñar un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado (por ejemplo, cuerpo 101 de taladro mostrado en la figura 4) de acuerdo con dimensiones que han sido uniformemente a escala de las dimensiones finales deseadas del cuerpo de taladro que se va a formar (por ejemplo, el cuerpo 102 de taladro mostrado en la Figura 3). Las dimensiones pueden tener escalas uniformemente mediante un factor de escala que se determina por la contracción lineal que se espera sea exhibida por el cuerpo de taladro durante sinterización. Adicionalmente, la ubicación de cualquier característica que se va a mecanizar en el cuerpo 101 de taladro también se puede ajustar para acomodarse a la contracción durante el proceso de sinterización. Por ejemplo, la ubicación o posición de pasajes de fluido internos (no mostrados), bolsillos 112 de elemento de corte y estribos 114 todos pueden tener escalas uniformes mediante el índice de escala de la mezcla de polvo utilizada para formar el material compuesto de matriz de partículas que tiene en cuenta la contracción durante sinterización.

Como un ejemplo no limitante, si el cuerpo de taladro exhibe un índice de contracción lineal de aproximadamente diecinueve por ciento (19%), ya que el cuerpo 101 de taladro se sinteriza menos que completamente (Figura 4) se sinteriza a una densidad final deseada para formar el cuerpo 102 de taladro final (Figura 3), las dimensiones lineales del cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado y las posiciones de las características que se van a formar allí, se pueden incrementar mediante un factor de aproximadamente 1.19 desde las dimensiones de diseño del cuerpo 102 de taladro para tener en cuenta en la contracción dimensional durante sinterización. Como un ejemplo no limitante, la figura 6 es una tabla que incluye el diseño de las posiciones radiales y longitudinales finales deseadas de los bolsillos 112 de elemento de corte primarios del cuerpo 102 de taladro mostrado en las figuras 3 y 5. La figura 7 contiene las posiciones longitudinal y radial uniformemente a escala de los bolsillos 112 de elemento de corte primarios que se van a formar en el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado (Figura 4). Las posiciones radiales y longitudinales de los bolsillos de elemento de corte en el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado, como se muestra en la figura 7, han estado a escala mediante un factor de aproximadamente 1.19 (el índice de contracción lineal aproximado para una realización no limitante particular, de un cuerpo de taladro) desde las posiciones de diseño o finales deseadas mostradas en la figura 6, que tiene en cuenta la contracción del cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado (Figura 4) se sinteriza para formar el cuerpo 102 de taladro (Figura 3). El factor de escala radial particular y el factor de escala longitudinal para cualquier cuerpo de taladro particular, sin embargo, será por lo menos parcialmente una función del diseño de broca, la densidad del cuerpo de taladro (sin procesar o marrón) antes de sinterización, y la densidad final deseada del cuerpo de taladro.

En algunas realizaciones, los bolsillos 112 de elemento de corte se pueden formar en el cuerpo 101 de taladro (Figura 4) en las posiciones de escala (Figura 7) utilizando una herramienta para máquina multiaxial, tal como una máquina de control numérico de ordenador (máquina CNC) y herramientas portátiles, según sea necesario o

deseado. En aún otras realizaciones adicionales, los bolsillos 112 de elemento de corte se pueden formar integralmente con el cuerpo 101 de taladro. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los bolsillos 112 de elemento de corte se pueden formar en el cuerpo 101 de taladro al colocar los elementos de desplazamiento, similares a los elementos 79 de desplazamiento mostrado en la figura 2A, dentro de un elemento de molde o deformable (similar al elemento 76 deformable) cuando se prensa una mezcla en polvo para formar un cuerpo de taladro sin procesar.

Cuando se utiliza un factor de escala uniforme para formar el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado, el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado puede tener un perfil de perforación (es decir, el perfil definido por la cara del cuerpo de taladro en una sección transversal longitudinal tomada a través del eje longitudinal del cuerpo de taladro) que tiene la misma forma que la forma de un perfil de perforación final deseado (es decir, diseño) sólo alargado por el factor de escala uniforme.

Al formar los bolsillos 112 de elemento de corte en el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado en las posiciones a escala de su posición final deseada en aproximadamente el factor de contracción lineal que es exhibido por el cuerpo de taladro durante sinterización, los bolsillos 112 de elemento de corte pueden contraer, desplazar, o moverse a aproximadamente sus posiciones de diseño deseadas cuando el cuerpo 101 de taladro se sinteriza a una densidad final deseada.

Dos cuerpos de taladro actuales (broca número. 1 y broca número 2) como cuerpos 102 de taladro mostrados en la figura 3 se fabricaron al formar cuerpos de taladro marrón como cuerpos 101 de taladro menos que completamente sinterizados mostrados en la figura 1 y que tienen bolsillos 112 de elemento de corte en las posiciones radial y longitudinal uniformemente a escala mostrados en la figura 7. Los cuerpos 101 de taladro marrón se sinterizaron a una densidad final deseada y posición longitudinal y posición radial real de los bolsillos 112 de elemento de corte primarios en los cuerpos 102 de taladro completamente sinterizados utilizando una máquina de medición de coordenadas (CMM). Después se determinaron las posiciones longitudinal y posiciones radial actual de los bolsillos de elemento de corte primarios el error radial para cada bolsillo 112 de elemento de corte se determinó al restar la posición radial actual de la posición radial de diseño (la posición radial final deseada), y el error longitudinal para cada bolsillo 112 de elemento de corte se determinó al restar la posición longitudinal actual de la posición longitudinal de diseño (la posición longitudinal final deseada). La figura 8 es una gráfica que ilustra el error radial y el error longitudinal para cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte primario para uno de los dos cuerpos 102 de taladro fabricados.

Como se muestra en la figura 8, puede haber un nivel de tolerancia superior deseado y un nivel de tolerancia inferior deseado para el error radial y el error longitudinal para cualquier diseño de cuerpo de taladro particular. Como un ejemplo no limitante, el nivel de tolerancia superior puede ser de 0.0500 centímetros y el nivel de tolerancia inferior puede ser de -0.0500 centímetros (es decir, una tolerancia de ± 0.0500 centímetros). Como se muestra en la figura 8, la mayoría de bolsillos 112 de elemento de corte del cuerpo 102 de taladro representado allí tienen un error radial y un error longitudinal por fuera de la tolerancia deseada de ± 0.0500 centímetros. Adicionalmente, el error radial y el error longitudinal pueden variar en una forma no uniforme. En otras palabras, el error radial y el error longitudinal de cada bolsillo 112 de elemento de corte puede diferir el error radial y longitudinal error de por lo menos otro bolsillo 112 de elemento de corte.

El error posicional de cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte primario del cuerpo 102 de taladro representado en la figura 8 se puede deber a uno o más parámetros que afectan la contracción durante la sinterización que incluyen, por ejemplo, varianza en el tamaño y distribución de la pluralidad de partículas de la mezcla de polvo utilizada para formar el cuerpo de taladro sin procesamiento, el método de prensado utilizado para formar el cuerpo de taladro sin procesamiento, la presión de compactación, y la concentración del aglutinante orgánico en el cuerpo de taladro sin procesar. Adicionalmente, el error posicional de cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte primario del cuerpo 102 de taladro representado en la figura 8 también se puede deber al agujero y centro no soportado del cuerpo 101 de taladro que se forma mediante el agujero 114 longitudinal (Figura 4). Debido a que el centro del cuerpo 101 de taladro puede no estar soportado durante la sinterización. Los bolsillos 112 de elemento de corte y otras características del cuerpo de taladro 101 cerca al centro no soportado del cuerpo 101 de taladro, tienden a revenir o drenar hacia el centro del cuerpo 101 de taladro durante la sinterización relativamente más que los bolsillos 112 de elemento de corte y otras características del cuerpo 101 de taladro a distancia del centro del cuerpo 101 de taladro. Esta diferencia en revenido o drenaje que puede ocurrir durante la sinterización entre diferentes regiones del cuerpo 101 de taladro puede provocar por lo menos parcialmente el error posicional de los bolsillos 112 de elemento de corte.

En algunas realizaciones de la presente invención, se puede utilizar compensación geométrica para reducir el error en la posición de los bolsillos 112 de elemento de corte formados en un cuerpo 102 de taladro fabricados utilizando técnicas de sinterización y compactación de partículas. El error radial y el error longitudinal que probablemente ocurre para cada bolsillo 112 de elemento de corte de un cuerpo 102 de taladro durante un proceso de sinterización se puede estimar o determinar, y las posiciones de cada uno de los bolsillo 112 de elemento de corte en los cuerpos de taladro sin procesar o marrones pueden tener escala no uniforme mediante factores de escala específicos para cada uno del bolsillo 112 de elemento de corte respectivo.

Como se mencionó anteriormente, los dos cuerpos de taladro actuales como los cuerpos 102 de taladro mostrado en la figura 3 se fabricaron al formar cuerpo de taladro marrón similar al cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado mostrado en la figura 4 que tiene bolsillos 112 de elementos de corte en las posiciones longitudinales y radial uniformemente a escala mostrado en la figura 7. La figura 9 es una gráfica del error radial de los primeros bolsillos 112 de elementos de corte primarios para cada uno de estos dos cuerpos de taladro, en la figura 10 hay una ilustración grafica del error longitudinal de los bolsillos 112 de elemento de corte primario para cada uno de estos dos cuerpos de taladro.

Como se muestra en la figura 9, el error radial de los bolsillos 112 de elementos de corte primarios generalmente sigue una ruta o línea curva (ilustrado por la línea curva en el campo de la gráfica de la figura 9). Como se muestra en la figura 10, el error longitudinal de los bolsillos 112 de elementos de corte primarios también siguen de manera general una ruta o línea curva (ilustrado por la línea curva en el campo de la gráfica de la figura 10). También como se muestra en la figura 10, el error longitudinal que se exhibe por los dos cuerpos de taladro después de sinterización puede ser el más grande para los bolsillos de elemento de corte más cercanos al eje longitudinal del cuerpo de broca.

Aunque las gráficas de las figuras 9 y 10 se determinaron empíricamente (es decir, al formar actualmente cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados, sinterizar los cuerpos de taladro a una densidad final deseadas, y medir las ubicaciones de los bolsillos de elemento de corte en los cuerpos de taladro completamente sinterizados), en métodos adicionales de la presente invención, gráficas similares a aquellas de las figuras 9 y 10, que predicen el error posicional en un cuerpo de taladro después de sinterización a una densidad final deseada, se pueden determinar utilizando técnicas de modelamiento por ordenador.

Estas líneas curvas mostradas en las figuras 9 y 10 se pueden utilizar para predecir o estimar el error radial y el error longitudinal para cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte, y proporcionar escala no uniformemente a las posiciones longitudinales y radiales de los bolsillos 112 de elemento de corte en el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado en tal forma que se reduce el error radial actual y error longitudinal para cada uno de los bolsillos de elementos de corte. En otras palabras, un factor de escala radial específico y un factor de escala longitudinal específico se pueden determinar para cada uno de los bolsillos 112 de elementos de corte respectivos utilizando las líneas curvas mostradas en las figuras 9 y 10.

En algunas realizaciones, las técnicas numéricas conocidas por aquellos expertos en la técnica se pueden utilizar para predecir o estimar el error radial y el error longitudinal para cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte y para dar escala no uniformemente a las posiciones longitudinales y radiales de los bolsillos 112 de elemento de corte en el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado en tal forma que reduce el error radial actual y el error longitudinal para cada uno de los bolsillos de elementos de corte.

Por ejemplo, en una realización no limitante, se puede utilizar análisis de regresión para ajustar una línea a cada una de las curvas representadas por los datos en las figuras 9 y 10. El análisis de regresión se utilizó para ajustar las líneas curvas mostradas en las figuras 9 y 10 y a las curvas generales de los datos. La curva mostrada en la figura 9 se define por la ecuación (1):

$$\text{Ecuación (1) } R = 0.0005x^2 - 0.0142x - 0.096,$$

En donde x es el número de bolsillo de elemento de corte y R es el error radial predicho que ocurre durante sinterización. En forma similar, la curva mostrada en la figura 10 se define mediante la ecuación (2):

$$\text{Ecuación (2) } L = -0.0004x^2 + 0.0216x - 0.2134$$

En el que x es el número de bolsillo de elemento de corte y L es el error longitudinal predicho que ocurre durante sinterización.

Aunque las fórmulas anteriores que definen las líneas de tendencia mostradas en las figuras 9 y 10 se obtuvieron al utilizar técnicas de regresión numérica para ajustar un segundo grado polinomial al error longitudinal y radial promedio o desplazamiento, en otras realizaciones, se pueden utilizar otras técnicas numéricas conocidas por el experto en la técnica para caracterizar el desplazamiento o error de posición de bolsillo de elemento de corte. Adicionalmente, en algunas realizaciones la técnica numérica utilizada para caracterizar el error o desplazamiento de las ubicaciones de los bolsillos de elemento de corte pueden depender de la naturaleza de los datos obtenidos a través de mediciones experimentales. Por ejemplo, la naturaleza de los datos puede determinar si se utiliza un ajuste lineal, un ajuste logarítmico, o cualquier grado de ajuste polinomial.

Un experto en la técnica reconocerá que existen muchas formas diferentes y métodos numéricos mediante el cual se puede caracterizar el error o desplazamiento de las ubicaciones de los bolsillos de elemento de corte y por lo tanto se pueden anticipar. Los métodos y formular anteriores se utilizan solo como ejemplos para ayudar a describirlas

realizaciones de la presente invención y no son limitantes. Por ejemplo, en lugar de ser una variable del número de bolsillo de elemento de corte, las ecuaciones pueden ser variables de la posición radial de los bolsillos de elemento de corte o variables de la posición longitudinal de los bolsillos de elemento de corte.

Como se mencionó anteriormente, una vez el error posicional específico (por ejemplo, longitudinal o radial) que probablemente ocurre para cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte respectivos luego de dar escala uniforme a las dimensiones para formar el cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado (y posterior sinterización del cuerpo de taladro a una densidad final) se ha predicho o estimado, estos datos se pueden utilizar para determinar un factor de escala radial específico y un factor de escala longitudinal específico para cada bolsillo 112 de elemento de corte respectivo. Por ejemplo, se puede determinar un factor de escala radial específico para cada bolsillo 112 de elemento de corte particular utilizando la ecuación (3):

$$\text{Ecuación (3)} F_R = (SP_R + R) / DP_R$$

En donde F_R es el factor de escala radial específico para el bolsillo 112 de elemento de corte particular, SP_R es la posición radial de escala uniforme para ese bolsillo 112 de elemento de corte (por ejemplo, de la figura 7), R es el error radial predicho para ese bolsillo 112 de elemento de corte particular, como se define en la ecuación (1) anterior, y DP_R es la posición de diseño radial para ese bolsillo 112 de elemento de corte particular (por ejemplo, de la figura 6). En forma similar, un factor de escala longitudinal específico para cada bolsillo 112 de elemento de corte particular se puede determinar utilizando la ecuación (4):

$$\text{Ecuación (4)} F_L = (SP_L + L) / DP_L$$

En donde F_L es el factor de escala longitudinal específico para el bolsillo 112 de elemento de corte particular, SP_L es la posición longitudinal de escala uniforme para ese bolsillo 112 de elemento de corte particular (por ejemplo, de la figura 7), L es el error longitudinal predicho para ese bolsillo 112 de elemento de corte particular, como se define por la ecuación (2) anterior y DP_L es la posición de diseño longitudinal para ese bolsillo 112 de elemento de corte particular (por ejemplo, de la figura 6).

La figura 11 es una tabla que ilustra los factores F_R de escala radial específicos y los factores F_L de escala longitudinal para cada uno de los bolsillos de elemento de corte primarios del cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado mostrado en la figura 4, como se estima utilizando las ecuaciones (1) a (4) anteriores. Las posiciones radiales y las posiciones longitudinales de los bolsillos 112 de elemento de corte mostrados en la figura 11 se hicieron no uniformemente a escala utilizando factores de escala radial y factores de escala longitudinal mostrados en la figura 11, que se personalizaron o hicieron específicamente a medida para cada uno de los bolsillos 112 de elemento de corte respectivos. En contraste, las posiciones longitudinales y radiales de los bolsillos 112 de elemento de corte mostrados en la figura 7 se hicieron uniformemente a escala utilizando un único factor de escala uniforme (o el factor de escala radial y el factor de escala longitudinal).

Como se discutió anteriormente, en realizaciones de la presente invención, la posición de cada bolsillo 112 de elemento de corte primario en un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado se puede determinar utilizando factores de escala que se hacen específicamente a medida para ese bolsillo 112 de elemento de corte respectivo. En algunas realizaciones, la posición de cada bolsillo 112 de elemento de corte primario se puede hacer a escala mediante un factor de escala diferente de la posición de todos los demás bolsillos 112 de elementos de corte primarios. En otras realizaciones, por lo menos algunas de las posiciones de los bolsillos 112 de elemento de corte primarios se puede hacer a escala mediante los mismos factores que otras posiciones de bolsillos 112 de elementos de corte primarios. Adicionalmente, como se muestra en la figura 11, en algunas realizaciones, el factor de escala radial puede diferir del factor de escala longitudinal para la posición de por lo menos un bolsillo 112 de elemento de corte primario que se va a formar en el cuerpo 101 de taladro.

Después que se han formado los bolsillos de elemento de corte en un cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado en sus posiciones específicamente hechas a medida, estimadas como se determina utilizando los principios discutidos anteriormente, el cuerpo 101 de taladro puede contener una pluralidad de bolsillos 112 de elementos de corte cada uno en una ubicación a escala de una posición final deseada o de diseño mediante un factor a escala específicamente a medida o personalizado. Adicionalmente, como se mencionó anteriormente, el factor a escala radial mediante el cual cada bolsillo 112 del elemento de corte está a escala radialmente o desfasado de su posición final deseada puede diferir del factor de escala longitudinal mediante el cual ese mismo bolsillo 112 de elemento de corte está longitudinalmente a escala o desfasado de su posición final deseada.

Una vez se han formado los bolsillos de elemento de corte en el cuerpo 101 de taladro en las posiciones desfasadas no uniformemente de sus posiciones de diseño, el cuerpo 101 de taladro se puede sinterizar a una densidad final deseada. Durante dicha sinterización, la posición de los bolsillos 112 de elemento de corte se pueden mover de sus posiciones no uniformemente a escala o geoméricamente compensadas, hasta aproximadamente sus posiciones de diseño o finales deseadas. Adicionalmente, en algunas realizaciones, el error o desplazamiento de las posiciones de

bolsillo de elemento de corte de un cuerpo 101 de taladro con posición de bolsillo de elemento de corte compensado geométricamente o desfasado no uniformemente, que se han sinterizado a una densidad final deseada, cada uno pueden caer dentro de una tolerancia deseada.

Utilizando las realizaciones de los métodos de la presente invención, los cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados pueden tener un perfil de perforación (es decir, el perfil definido por una cara del cuerpo de taladro en una sección transversal longitudinal tomada a través del eje longitudinal del cuerpo de taladro) que tiene una forma que difiere de la forma del perfil de perforación del cuerpo de taladro completamente sinterizado. Adicionalmente, el perfil de perforación del cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado puede tener una forma diferente de la forma de perfil de perforación final deseada (es decir, diseño), y la forma del perfil de perforación del cuerpo de taladro completamente sinterizado puede coincidir sustancialmente con la forma deseada del perfil de perforación final.

En realizaciones adicionales, sólo algunas posiciones de los bolsillos 112 de elemento de corte pueden estar desfasados no uniformemente, mientras que las posiciones de los otros bolsillos 112 de elemento de corte pueden estar uniformemente desfasados.

En algunas realizaciones de la presente invención, se pueden utilizar factores a escala no uniformes para corregir el error radial y el error longitudinal solo para bolsillos 112 de elementos de corte ubicados cerca al eje L_{101} longitudinal del cuerpo de taladro (por ejemplo, posiciones 1 a aproximadamente 25 del bolsillo de elemento de corte). De esta manera, en algunas realizaciones, los bolsillos de elemento de corte en la región de calibración del cuerpo de taladro y aquellos ubicados de otra forma a lo largo de la periferia radial del cuerpo de taladro se pueden hacer a escala uniformemente de sus posiciones de diseño mediante un factor de escala uniforme que es cercano o igual al índice de contracción lineal presentado por el cuerpo de taladro durante sinterización. Dichos bolsillos de elementos de corte pueden no estar desplazados durante sinterización suficientemente para provocar que cagan por fuera de un rango de tolerancia deseado, por lo tanto, para que se dichos bolsillo de elemento de corte, se puede utilizar correcciones de desfase uniforme cuando se forman sus posiciones en un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado.

La figura 12 es una gráfica que ilustra el error radial medido y el error longitudinal para las posiciones de los bolsillo 112 de elemento de corte en las posiciones 1 a 25 para un cuerpo 102 de taladro actual similar a aquel mostrado en las figuras 2 y 5 después de formar los bolsillos 112 de elemento de corte en un cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado, similar a aquel mostrado en la figura 4, a ubicaciones a escala no uniforme, geométricamente compensadas, y posteriormente sinterizar el cuerpo 101 de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada. Una comparación de las figuras 12 y 8 muestra que muchos de los bolsillos 112 de elemento de corte se ubican dentro del nivel de tolerancia predeterminado de ± 0.0500 centímetros en el cuerpo de taladro formado utilizando compensación geométrica (Figura 12) que en el cuerpo de taladro formado sin utilizar la compensación geométrica (Figura 8). Por lo tanto, se puede alcanzar una mejora considerable en el posicionamiento preciso de los bolsillos 112 de elemento de corte en un cuerpo 102 de taladro al emplear las técnicas de compensación geométricas previamente descritas aquí. En otras palabras, la escala no uniforme de las ubicaciones de los bolsillos 112 de elementos de corte en los cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados utilizando factores de escala hechos a medida específicamente para cada bolsillo 112 de elemento de corte respectivo, se pueden ubicar significativamente más bolsillos 112 de elemento de corte en forma más cercana a las ubicaciones finales deseadas, como se especifica mediante un diseño de cuerpo de taladro particular, después de sinterización.

Aunque solo las posiciones de los bolsillos 112 de elemento de corte primario se representan en las tablas de las figuras 6, 7 y 11, se pueden aplicar los principios de la presente invención a todos los bolsillos 112 de elemento de corte a un cuerpo de taladro, que incluye bolsillos 112 de elementos de corte secundarios. En otras palabras, se pueden diseñar un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado y fabricar de tal manera que la posición en todos los bolsillos de elemento de corte, que incluyen los bolsillos de elemento de corte primarios y secundarios, se especifican individualmente utilizando factores de escala (por ejemplo, radial y longitudinal) que se determinan específicamente para cada bolsillo 112 de elemento de corte respectivo.

Adicionalmente, aunque las realizaciones de la presente invención se han descrito anteriormente en relación a un cuerpo 102 de taladro con cuatro cuchillas 116A a 116 D, la invención no se limita de esta manera y los métodos de la presente invención se pueden utilizar para formar cuerpos de taladro que tienen cualquier número de cuchillas. Por ejemplo, los cuerpos de taladro que tienen seis cuchillas se pueden fabricar de acuerdo con la presente invención. Tres cuerpos de taladro (Broca número 4, broca número. 5 y broca número 6) (no mostrados) generalmente similares al cuerpo 102 de taladro mostrado en las figuras 3 y 5, pero cada uno tiene 6 cuchillas en lugar de 4, se han fabricado mediante sinterización de cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados a una densidad final deseada. Las posiciones de los bolsillos de elemento de corte en los cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados se determinan al dar escala uniformemente a las posiciones de bolsillo de elemento de corte desde las posiciones finales deseadas (es decir, diseño) de los bolsillos de elemento de corte en los cuerpos de taladro completamente sinterizados. En otras palabras, la posición longitudinal y radial de cada uno de

los bolsillos de elemento de corte en los cuerpos de taladro menos que completamente sinterizados se determina al dar escala a las posiciones longitudinales y radiales de diseño mediante un factor de escala uniforme. Después de fabricar los cuerpos de taladro de seis cuchillas, la posición radial y la posición longitudinal de cada uno de los bolsillos de elemento de corte se mide utilizando una máquina de medición de coordenadas (CMM). La figura 13 es una gráfica que ilustra el error radial en la posición de los bolsillos de elemento de corte para cada uno de los cuerpos de taladro de seis cuchillas, y la figura 14 es una gráfica que ilustra el error longitudinal en la posición de cada uno de los bolsillos de elemento de corte para cada uno de los cuerpos de taladro de seis cuchillas.

Como se muestra en cada una de las figuras 13 y 14, el error radial y el error longitudinal en la posición actual de cada uno de los bolsillos de elemento de corte desde su diseño o posición final deseada generalmente sigue una patrón o curva predecible. En particular, la gráfica de la figura 13 sigue una curva similar predecible a aquella mostrada en la gráfica de la figura 9 y la gráfica de la figura 14 sigue una curva similar predecible a aquella mostrada en la grafica de la figura 10. De esta manera, los métodos de compensación geométricos previamente descritos en relación con los cuerpos de taladro de cuatro cuchillas para personalizar o hacer a la medida las posiciones de los bolsillos de elemento de corte en los cuerpos de taladro menos que completamente sinterizado se espera que sean igualmente aplicables a los cuerpos de taladro de seis cuchillas, así como a los cuerpos de taladro que tienen otro número de cuchillas, o incluso cuerpos de taladro que no incluyen ningún tipo de cuchilla.

Los métodos de la presente invención y las brocas giratorias de perforación y herramientas formadas utilizando dichos métodos pueden encontrar utilidad particular en brocas que incluyen materiales compuestos de matriz de partículas desarrollados relativamente recientemente. Se están desarrollando nuevos materiales compuestos de matriz de partículas en un esfuerzo por mejorar el desempeño y durabilidad de las brocas giratorias de perforación. Se describen ejemplos de dichos compuestos de materiales de partículas nuevos en, por ejemplo, la solicitud de patente de los Estados Unidos en trámite número 11/540,912, presentada en septiembre 29, 2006 y la solicitud de patente de los Estados Unidos en trámite número de serie 11/593,437, presentada el 6 de noviembre de 2006, cada una cedida al cesionario de la presente invención.

Los cuerpos de taladro que comprenden dichos materiales de compuestos de matriz de partículas desarrollados recientemente se pueden formar utilizando técnicas de sinterización y compactación de polvo tales como aquellas descritas aquí anteriormente. Por lo tanto, puede ser particularmente útil utilizar los métodos de la presente invención para formar cuerpos de taladro que comprenden estos materiales de compuestos de matriz de partículas desarrollados recientemente, aunque los métodos de la presente invención pueden ser igualmente aplicables a cualquier cuerpo de taladro que se forme al sinterizar un cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada. Adicionalmente, cuando los cuerpos de taladro se sinterizan de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, se pueden proporcionar elementos de desplazamiento o insertos dentro de uno o más bolsillos de elementos de corte, cavidades de boquillas, cursos para fluidos, agujeros longitudinales internos de cuerpos de taladro. Por ejemplo, se pueden proporcionar insertos o elementos de desplazamiento como se describe en la solicitud de patente de los Estados Unidos en trámite número de serie 11/635,432, presentada el 07 de diciembre de 2006, dentro de dichas características de cuerpos de taladro durante sinterización.

Aunque la presente invención no se ha descrito particularmente con respecto a la posición de los bolsillos de elemento de corte en los cuerpos de taladro, la invención es igualmente aplicable a las características de cuerpos de taladro y otras herramientas de perforación diferentes a los bolsillos de elementos de corte como, por ejemplo, cursos de fluidos, cavidades de boquilla, ranuras para desperdicios, cuchillas, etc. De esta manera, se puede utilizar compensación geométrica para corregir cualquier error posicional debido a contracción de un cuerpo durante sinterización.

Adicionalmente, los métodos de la presente invención se pueden utilizar para herramientas subterráneas diferentes a las brocas giratorias de corte fijo que incluyen, por ejemplo, brocas de núcleo, brocas excéntricas, brocas bicéntricas, escariadoras, molinos, brocas de arrastre, brocas de cono de rodillo y otras de dichas estructuras conocidas en la técnica. Por ejemplo, se pueden utilizar métodos de uso de compensación geométrica de la presente invención para formar cavidades en los cuerpos de taladro que se configuran para recibir las denominadas "estructuras de corte impregnadas", que pueden comprender estructuras formadas a partir de un material que incluye un material de matriz (por ejemplo, carburo de tungsteno) impregnado con partículas duras (por ejemplo, diamante, nitruro de boro, carburo de silicio, nitruro de silicio, etc.). Dichos cuerpos de taladro y estructuras de corte impregnadas se describen en, por ejemplo, la patente de los Estados Unidos número 6,843,333 otorgada a Richert et al. Adicionalmente, Se pueden utilizar métodos de uso de compensación geométrica de la presente invención para formar cualquier artículo de fabricación en la que sea necesario o deseado formar una característica geométrica en un cuerpo sinterizado.

Aunque la presente invención se ha descrito aquí con respecto a determinadas realizaciones preferidas, aquellos expertos en la técnica reconocerán y apreciarán que no se limitan. Por el contrario, se pueden hacer muchas adiciones, eliminaciones y modificaciones a las realizaciones preferidas sin apartarse del alcance de la invención como se reivindica aquí adelante. Adicionalmente, las características de una realización se pueden combinar con

características de otra realización, aunque aún estén abarcadas dentro del alcance de la invención como lo contemplan los inventores.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un cuerpo (102) de taladro de una broca (100) giratoria de perforación el método comprende:

5 predecir un error posicional que se va a presentar mediante por lo menos una característica de una pluralidad de características (112) en un cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado luego de sinterizar el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada; formar por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en una ubicación en por lo menos parcialmente determinada por el error de posición predicho que se va a presentar mediante por lo menos una característica de la pluralidad de características (112); y

10 sinterizar el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada.

2. El método de reivindicación 1, en donde predecir el error posicional que se va a presentar mediante por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) comprende predecir el error posicional que se va a presentar mediante cada bolsillo de elemento de corte de una pluralidad de bolsillos (112) de elementos de corte y en el que forma por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en la ubicación en por lo menos parcialmente determinado por el error posicional predicho que se va a presentar mediante por lo menos una característica de la pluralidad de características comprende formar cada bolsillo de elemento de corte de la pluralidad de bolsillos (112) de elementos de corte en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en una ubicación por lo menos determinada parcialmente por el error posicional predicho que se va a presentar mediante cada bolsillo de elemento de corte de la pluralidad de bolsillos (112) de elemento de corte.

3. El método de la reivindicación 1, en el que predecir el error posicional que se va a presentar mediante por lo menos una característica de una pluralidad de características (112) comprende predecir el error posicional que se va a presentar mediante cada cavidad de una pluralidad de cavidades (112) configuradas para recibir una pluralidad de estructuras (110) de corte impregnadas y en el que formar por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en la ubicación determinada por lo menos parcialmente por el error posicional predicho que se va a presentar mediante por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) comprende formar cada cavidad de la pluralidad de cavidades (112) configuradas para recibir una pluralidad de estructuras (110) de corte impregnadas en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en una ubicación por lo menos determinada parcialmente por el error posicional predicho que se va a presentar mediante cada cavidad de la pluralidad de cavidades (112).

4. El método de la reivindicación 1, en el que predecir el error posicional que se va a presentar mediante por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) luego de sinterizar el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a la densidad final deseada comprende:

Formar por lo menos otro cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado;

35 formar por lo menos una característica (112) en por lo menos otro cuerpo (101) menos que completamente sinterizado;

sinterizar por lo menos un cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada para formar por lo menos otro cuerpo (102) completamente sinterizado;

40 medir la posición de por lo menos una característica (112) en por lo menos otro cuerpo (102) completamente sinterizado; y

determinar el error posicional de por lo menos una característica (112) en por lo menos otro cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado.

5. El método de la reivindicación 4, que comprende adicionalmente:

45 medir la posición de cada característica de una pluralidad de características (112) en por lo menos otro cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado;

identificar una expresión matemática para estimar un error posicional para cada característica de la pluralidad de características (112) en por lo menos otro cuerpo (12) de taladro completamente sinterizado como una función de una variable que se relaciona con una posición de cada característica de la pluralidad de características (112) en por lo menos otro cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado; y

utilizar la expresión matemática para determinar la ubicación de por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado.

- 5 6. El método de la reivindicación 1, en el que formar por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en una ubicación determinada por lo menos parcialmente por el error posicional predicho se exhibe mediante por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) comprende:

determinar un factor de escala uniforme; y

ajustar el factor de escala uniforme mediante un número determinado por lo menos parcialmente por el error posicional predicho.

- 10 7. El método de la reivindicación 1, en el que predecir el error posicional que se va a presentar mediante por lo menos una característica de una pluralidad de características (112) en un cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado luego de sinterización comprende predecir el error posicional que se va a presentar mediante un perfil de perforación del cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado luego de sinterización, y en el que formar por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) en el
15 cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en una ubicación se determina por lo menos parcialmente por el error posicional predicho que se va a presentar mediante por lo menos una característica de la pluralidad de características (112) comprende formar el perfil de perforación del cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado para que tenga una forma que difiera de la forma de un perfil de perforación de diseño.

8. El método de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente:

- 20 predecir un error posicional que se va a presentar mediante por lo menos un bolsillo (112) de elemento de corte luego de sinterizar el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada; y

formar por lo menos un bolsillo (112) de elemento de corte en una ubicación determinada por lo menos parcialmente mediante el error posicional predicho que se va a presentar mediante por lo menos un bolsillo (112) de elemento de corte.

- 25 9. El método de la reivindicación 8, en el que predecir el error posicional que se va a presentar mediante por lo menos un bolsillo (112) de elemento de corte luego de sinterizar el cuerpo de taladro menos que completamente sinterizado a la densidad final deseada comprende determinar empíricamente el error posicional predicho.

10. El método de la reivindicación 9, en el que determinar empíricamente el error posicional predicho comprende:

- 30 Fabricar por lo menos un cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado sustancialmente similar al cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado desde por lo menos otro cuerpo (101) menos que completamente sinterizado que tiene por lo menos un bolsillo (112) de elemento de corte ubicado en este en una posición determinada utilizando un factor de escala de posición uniforme; y

- 35 medir el error posicional para por lo menos un bolsillo (112) de elemento de corte en por lo menos otro cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado después de sinterizar por lo menos otro cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada para por lo menos otros cuerpos (102) de taladro completamente sinterizado

11. El elemento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

diseñar el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado, que comprende:

- 40 estimar el error posicional que se va a presentar mediante por lo menos algunas características de la pluralidad de características (112) en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado luego de sinterizar el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a la densidad final deseada; y

- 45 especificar una ubicación para cada uno de por lo menos algunas características de la pluralidad de características (112) en un diseño para el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado en por lo menos parcialmente en consideración de los errores posicionales estimados respectivos para por lo menos algunas características de la pluralidad de características (112).

12. Un cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado de una broca (100) giratoria de perforación, el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado se caracteriza por:

un perfil de perforación que tiene una forma que difiera de una forma deseada de un perfil de perforación de diseño de un cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado que se va a formar a partir del cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado.

5 13. El cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado de la reivindicación 12, comprende adicionalmente una pluralidad de bolsillos (112) de elementos de corte, la pluralidad de bolsillos (112) de elemento de corte ubicados en posiciones no uniformemente a escala en el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado con relación a las posiciones finales deseadas de los bolsillos (112) del elemento de corte en un cuerpo (102) de taladro completamente sinterizado que se va a formar al sinterizar el cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a una densidad final deseada.

10 14. El cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado de la reivindicación 12, comprende adicionalmente:

por lo menos una cavidad (112) ubicada en una posición sobre una cara del cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a escala mediante un primer factor desde una primera posición de diseño para por lo menos una cavidad (112); y

15 por lo menos una segunda cavidad (112) ubicada en una posición sobre la cara del cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado a escala mediante un segundo factor desde una posición de diseño para la segunda cavidad (112) el segundo factor difiere del primer factor.

20 15. El cuerpo (101) de taladro menos que completamente sinterizado de la reivindicación 14, en el que por lo menos una cavidad (112) y por lo menos una segunda cavidad (112) cada una comprenden bolsillos (112) de elementos de corte.

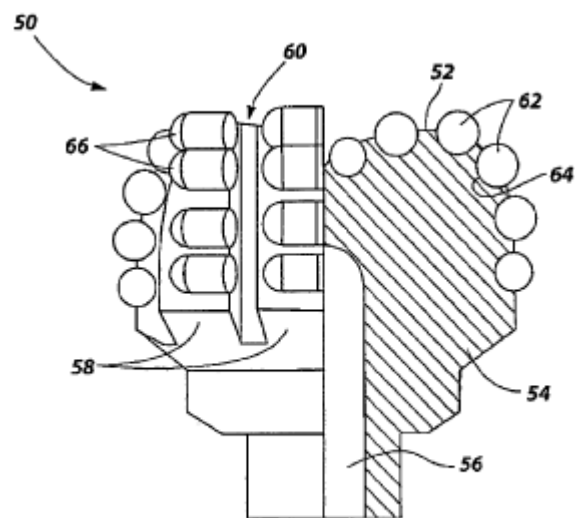
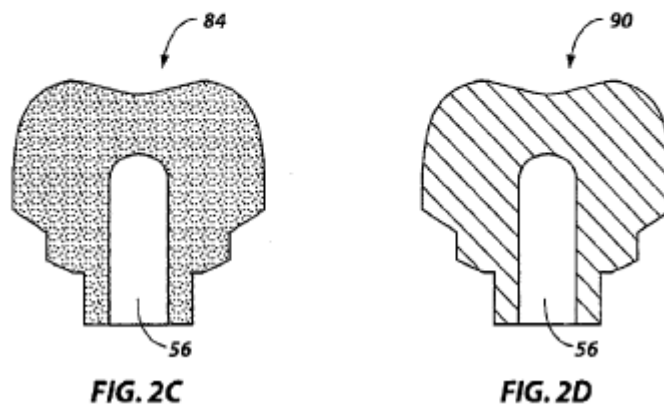
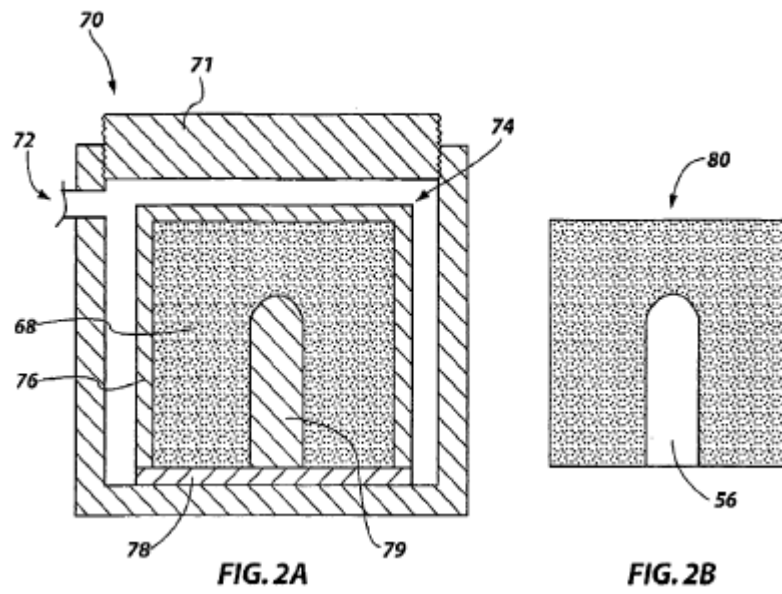


FIG. 1



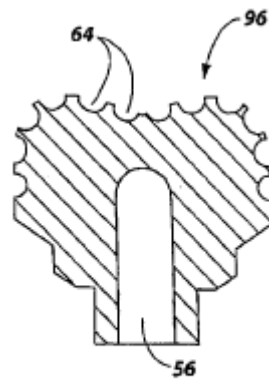


FIG. 2E

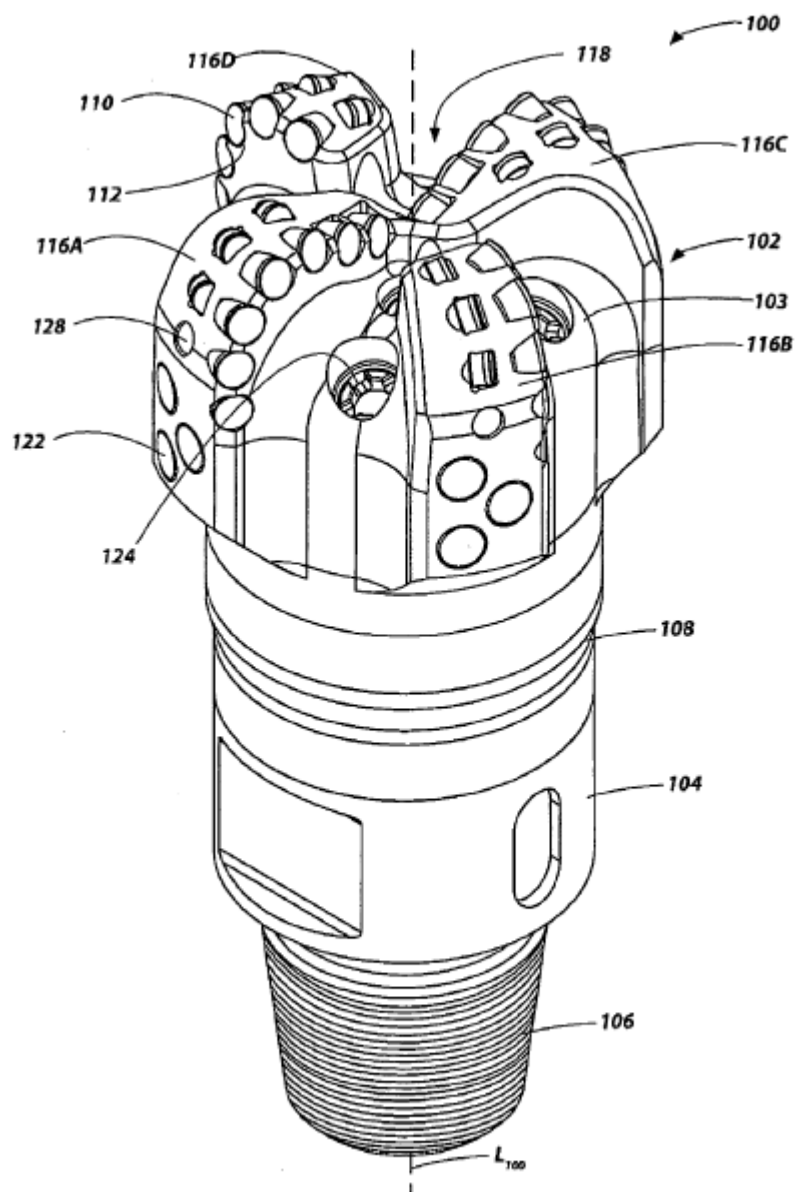


FIG. 3

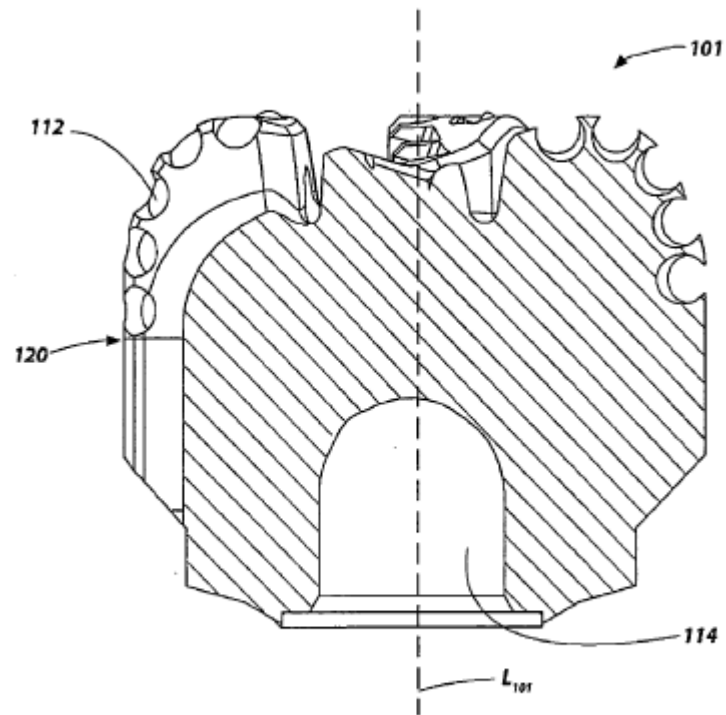


FIG. 4

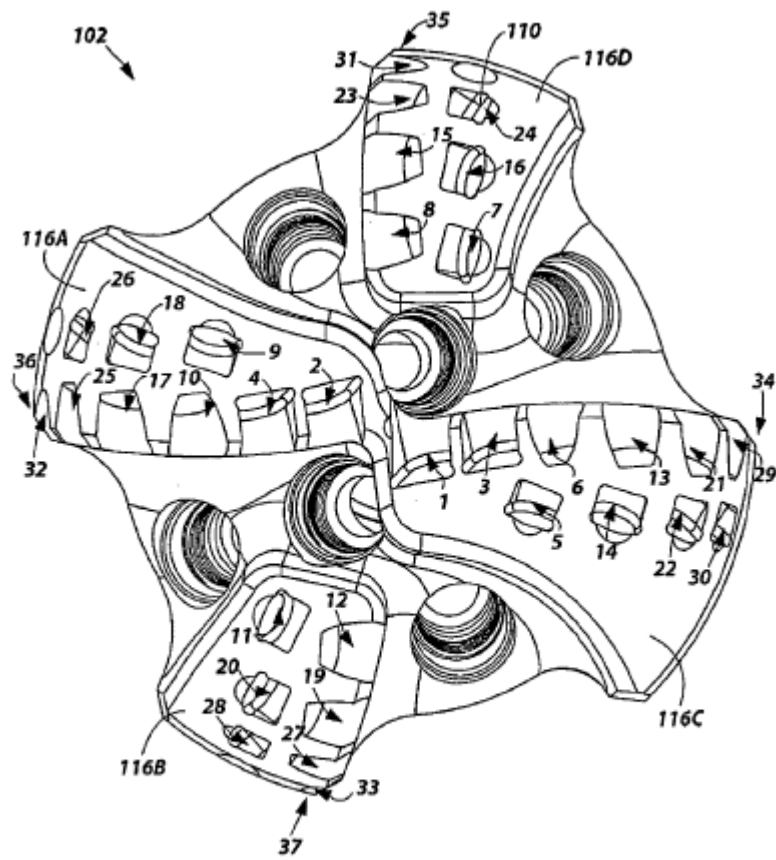


FIG. 5

<i>Diseño final deseado de las posiciones del bolsillo de elemento de corte</i>			
<i>Número del bolsillo del elemento de corte</i>	<i>Cuchilla</i>	<i>Posición radial (cm)</i>	<i>Posición longitudinal (cm)</i>
1	116 C	1.5631	4.9875
2	116 A	2.2342	5.3147
3	116 C	3.0441	5.6492
4	116 A	3.9057	5.9847
6	116 C	4.6905	6.2469
8	116 D	5.1880	6.4709
10	116 A	5.6777	6.5232
12	116 B	6.0991	6.5641
13	116 C	6.5319	6.5334
15	116 D	6.9581	6.4287
17	116 A	7.3613	6.2532
19	116 B	7.7274	6.0145
21	116 C	7.9961	5.6576
23	116 D	8.2584	5.3167
25	116 A	8.4560	4.9479
27	116 B	8.6055	4.5199
29	116 C	8.7284	4.0927
31	116 D	8.8306	3.6873
32	116 A	8.9239	3.2591
33	116 B	8.9780	2.8171
34	116 C	8.9058	2.3711
35	116 D	8.9058	1.9136
36	116 A	8.9059	1.4803
37	116 B	8.9058	0.9037

FIG. 6

<i>Posiciones del bolsillo de elemento de corte del cuerpo de taladro escalada uniformemente</i>					
<i>Número del bolsillo del elemento de corte</i>	<i>Cuchilla</i>	<i>Factor de escala radial</i>	<i>Posición radial (cm)</i>	<i>Factor de escala longitudinal</i>	<i>Posición longitudinal (cm)</i>
1	116C	1.1933	1.8653	1.1933	5.9516
2	116A	1.1933	2.6661	1.1933	6.3420
3	116C	1.1933	3.6326	1.1933	6.7412
4	116A	1.1933	4.6606	1.1933	7.1416
6	116C	1.1933	5.5972	1.1933	7.4546
8	116D	1.1933	6.1909	1.1933	7.7216
10	116A	1.1933	6.7752	1.1933	7.7842
12	116B	1.1933	7.2780	1.1933	7.8329
13	116C	1.1933	7.7945	1.1933	7.7966
15	116D	1.1933	8.3030	1.1933	7.6714
17	116A	1.1933	8.7842	1.1933	7.4623
19	116B	1.1933	9.2211	1.1933	7.1773
21	116C	1.1933	9.5417	1.1933	6.7512
23	116D	1.1933	9.8548	1.1933	6.3445
25	116A	1.1933	10.0906	1.1933	5.9044
27	116B	1.1933	10.2690	1.1933	5.3937
29	116C	1.1933	10.4156	1.1933	4.8839
31	116D	1.1933	10.5375	1.1933	4.4002
32	116A	1.1933	10.6489	1.1933	3.8891
33	116B	1.1933	10.7135	1.1933	3.3617
34	116C	1.1933	10.6273	1.1933	2.8294
35	116D	1.1933	10.6273	1.1933	2.2836
36	116A	1.1933	10.6274	1.1933	1.7665
37	116B	1.1933	10.6273	1.1933	1.0784

FIG. 7

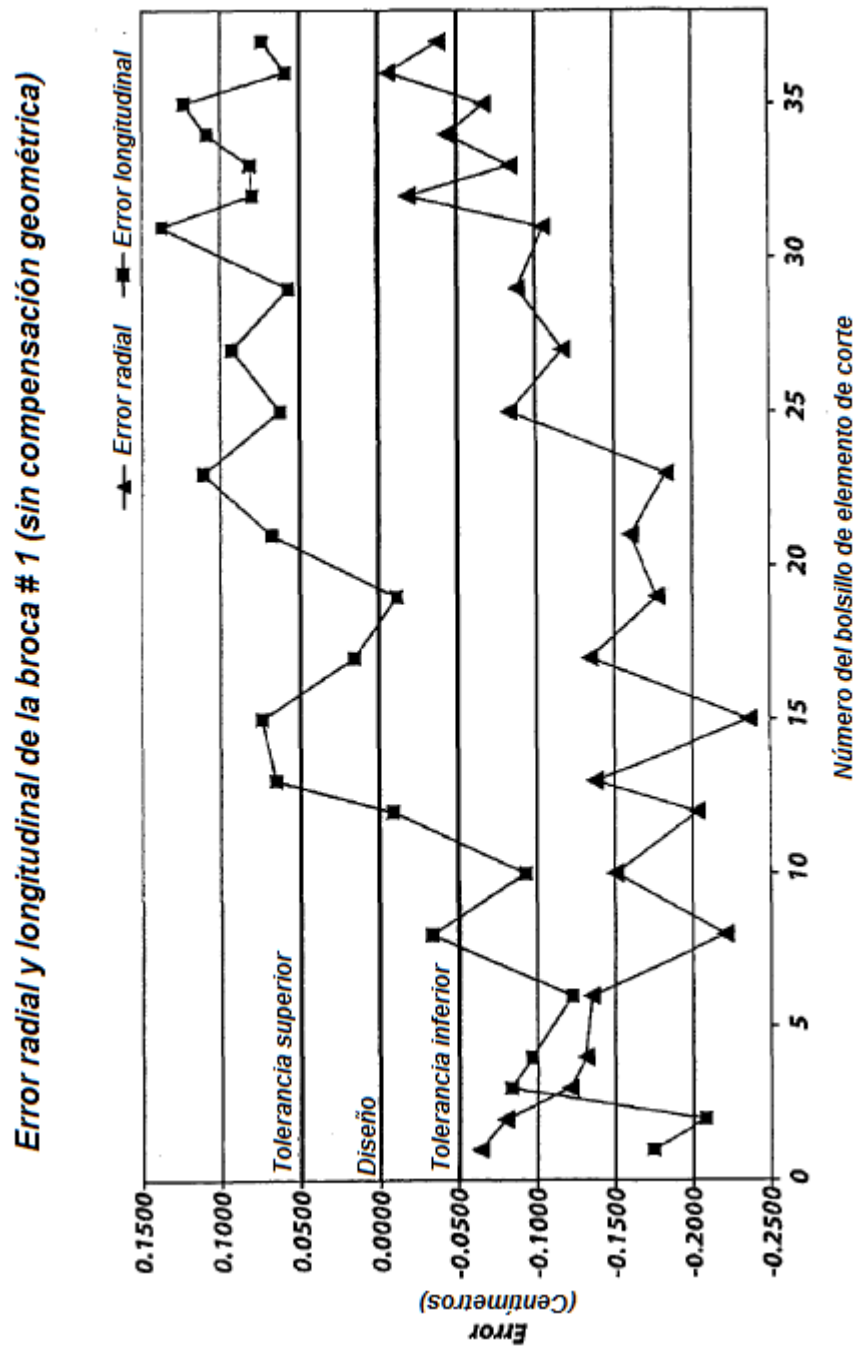


FIG. 8

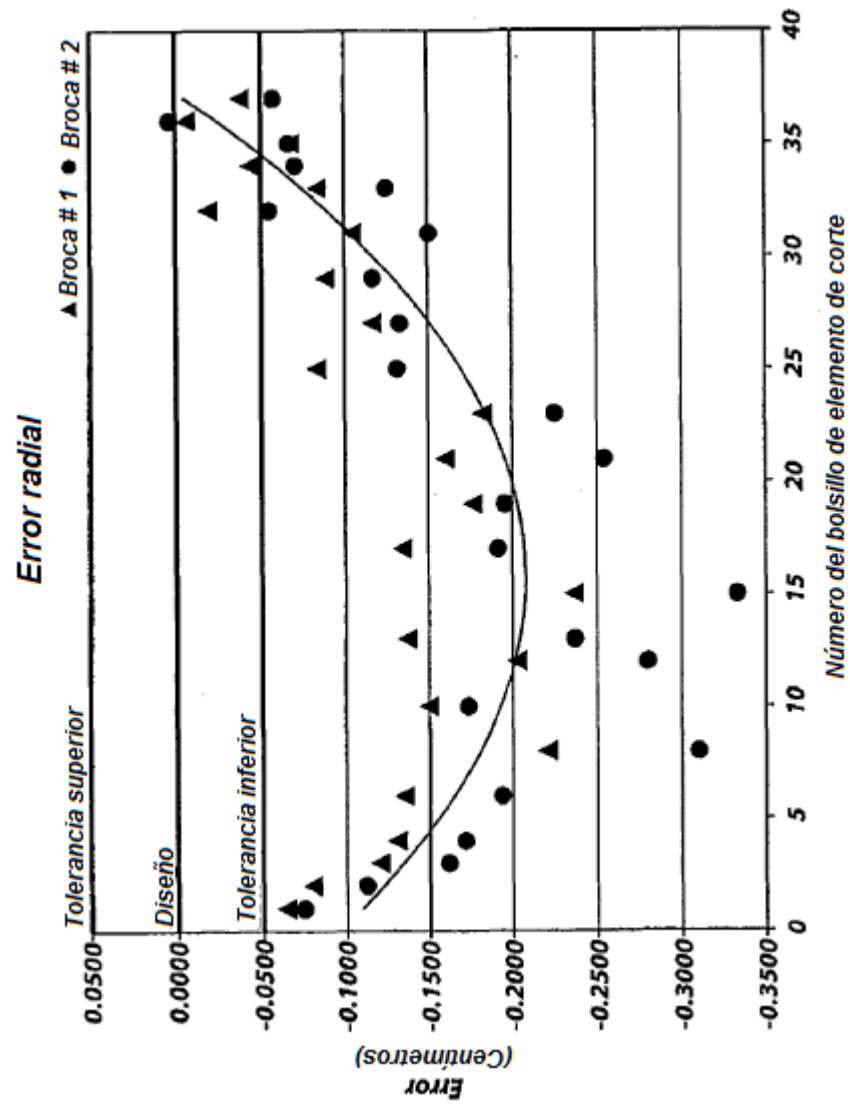


FIG. 9

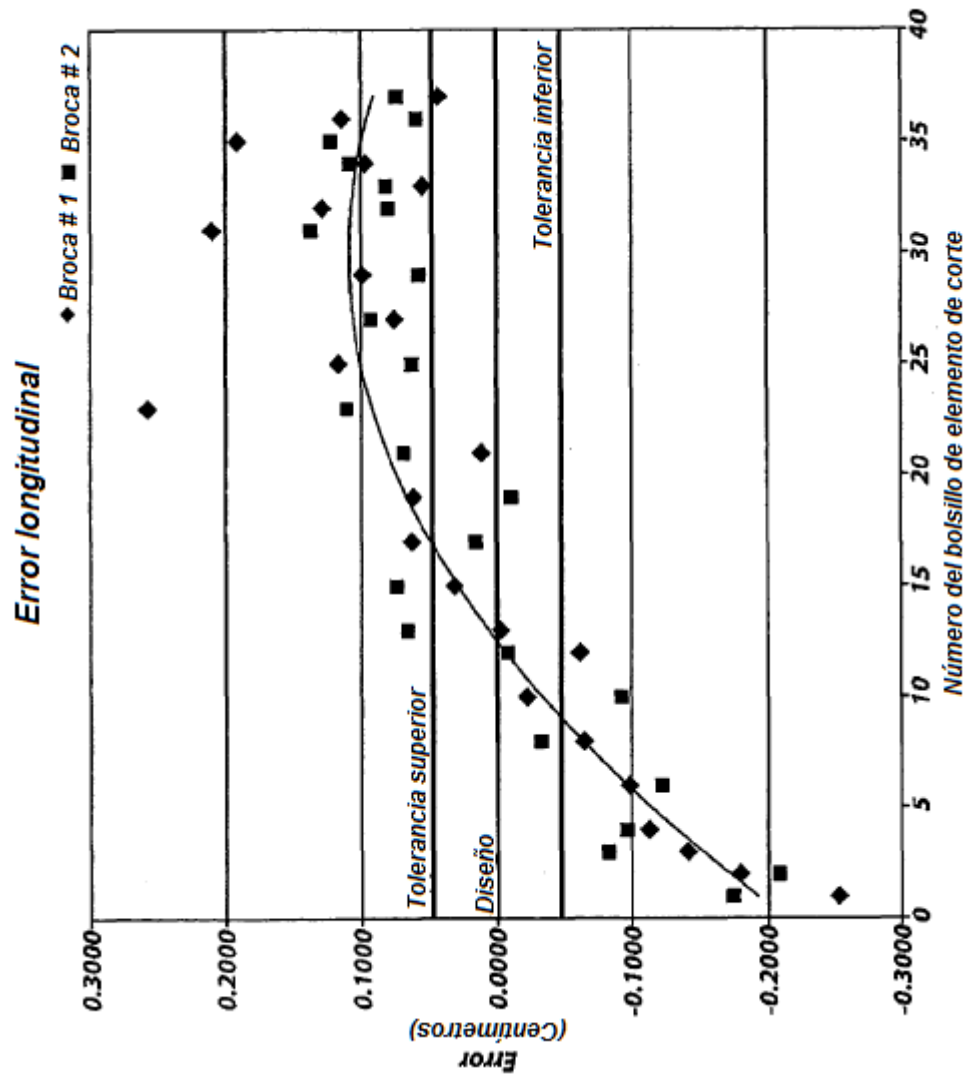
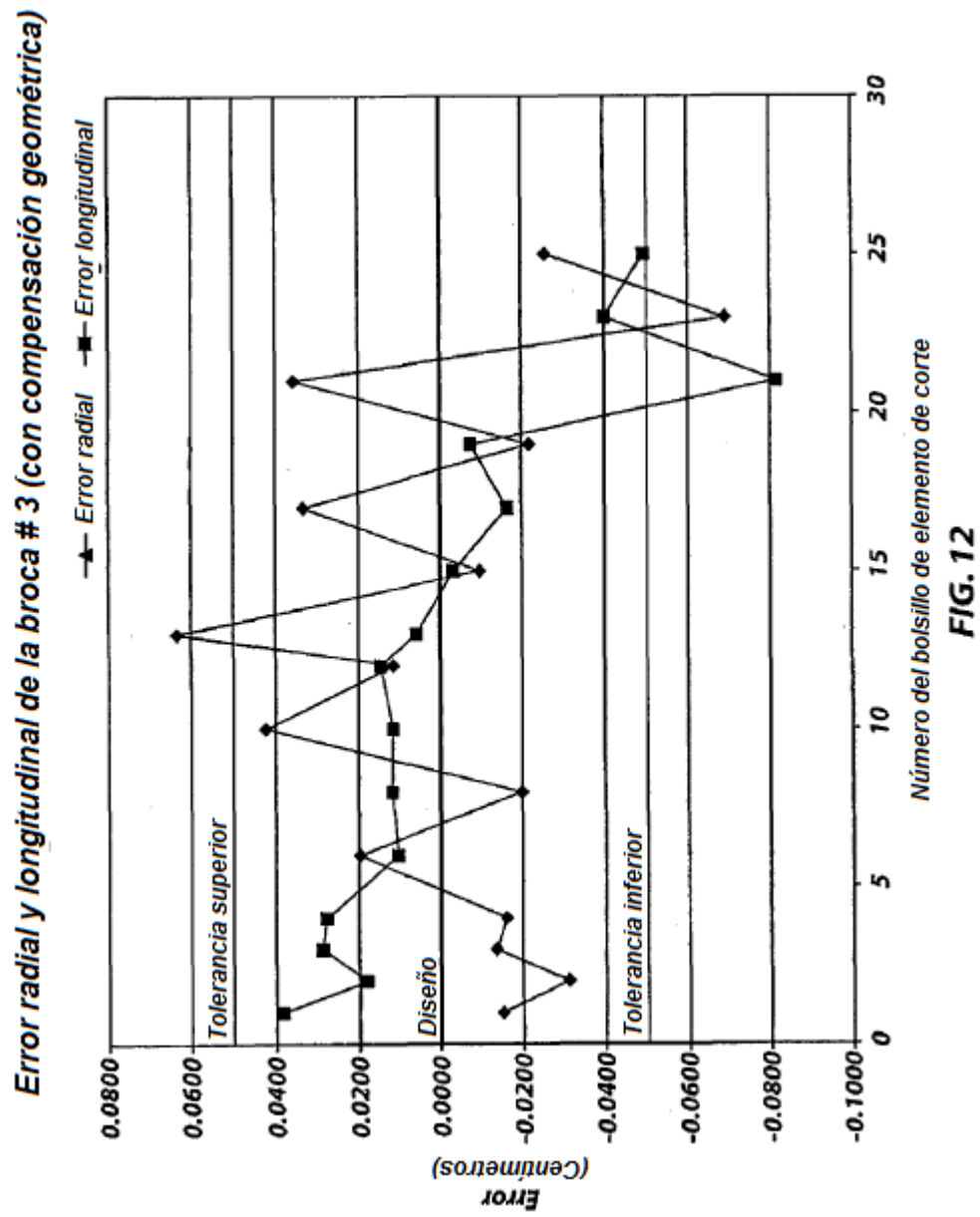


FIG. 10

Posiciones del bolsillo del elemento de corte del cuerpo de taladro escalada no uniformemente incluyendo la compensación geométrica					
Número del bolsillo de elemento de corte	Cuchilla	Factor de escala radial (F_R)	Posición radial (cm)	Factor de escala longitudinal (F_L)	Posición longitudinal (cm)
1	116C	1.2681	1.9822	1.2165	6.0673
2	116A	1.2494	2.7913	1.2140	6.4519
3	116C	1.2375	3.7671	1.2117	6.8454
4	116A	1.2301	4.8045	1.2098	7.2401
6	116C	1.2256	5.7488	1.2084	7.5487
8	116D	1.2234	6.3471	1.2072	7.8120
10	116A	1.2216	6.9357	1.2070	7.8737
12	116B	1.2202	7.4420	1.2068	7.9217
13	116C	1.2189	7.9619	1.2070	7.8859
15	116D	1.2178	8.4736	1.2075	7.7625
17	116A	1.2169	8.9576	1.2084	7.5562
19	116B	1.2161	9.3970	1.2096	7.2752
21	116C	1.2155	9.7193	1.2117	6.8552
23	116D	1.2150	10.0340	1.2140	6.4544
25	116A	1.2146	10.2709	1.2168	6.0207
27	116B	1.2144	10.4502	1.2207	5.5177
29	116C	1.2141	10.5975	1.2255	5.0156
31	116D	1.2140	10.7199	1.2311	4.5394
32	116A	1.2138	10.8318	1.2385	4.0363
33	116B	1.2137	10.8967	1.2486	3.5174
34	116C	1.2138	10.8102	1.2626	2.9939
35	116D	1.2138	10.8101	1.2840	2.4571
36	116A	1.2138	10.8102	1.3165	1.9488
37	116B	1.2138	10.8101	1.4082	1.2726

FIG. 11



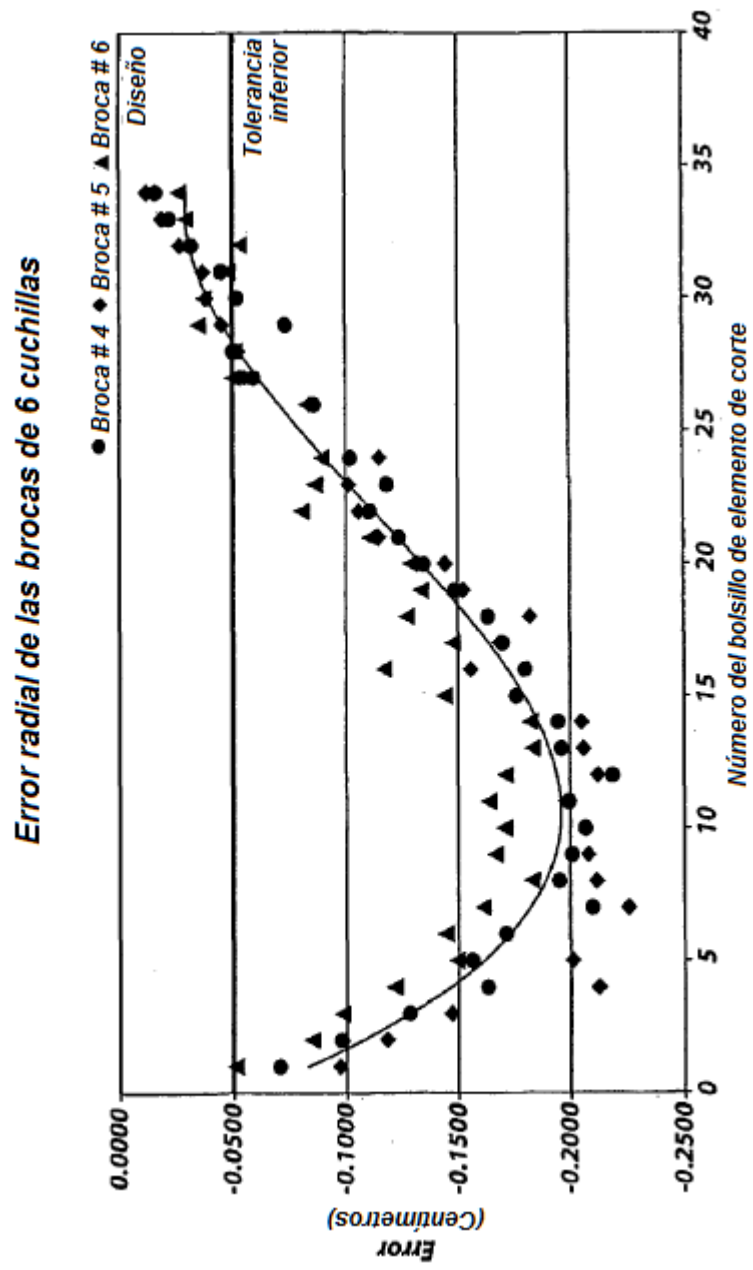


FIG. 13

Error longitudinal de las brocas de 6 cuchillas

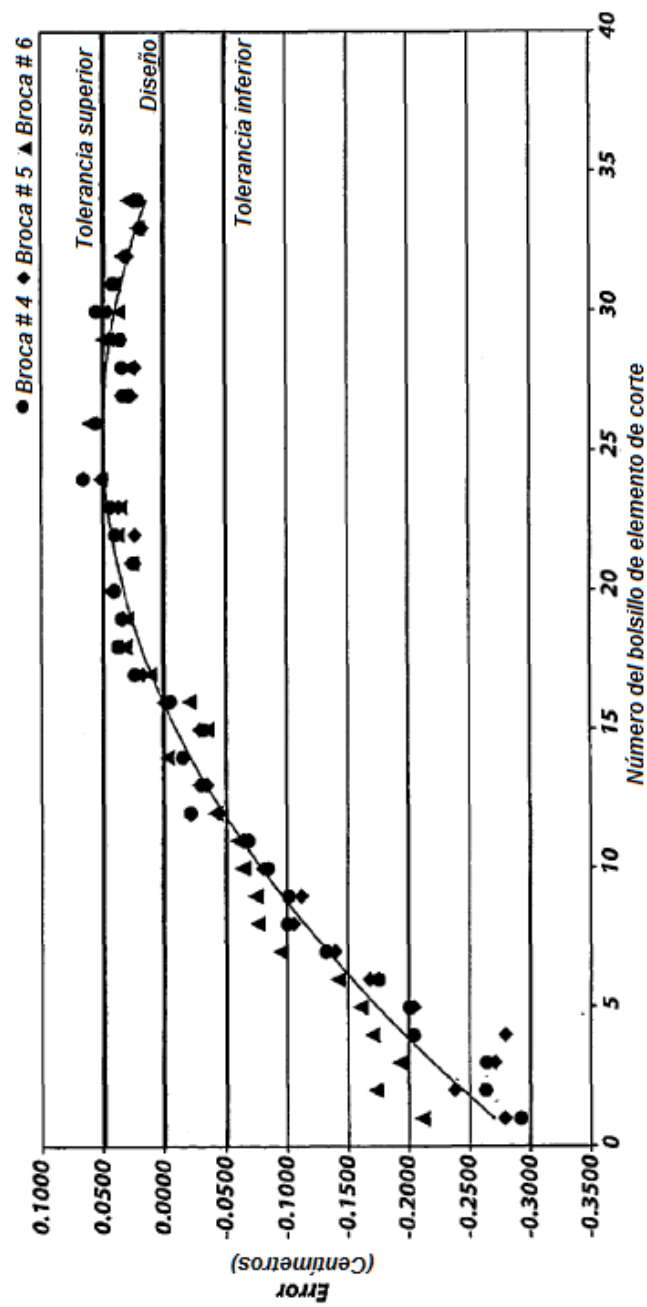


FIG. 14