

CAPÍTULO REIVINDICATORIO MODIFICADO

(Segundo Examen de Fondo)

1. Un dispositivo para determinar la orientación y la posición de un elemento de perforación (2), que comprende:

- un sistema de visión estéreo orientado hacia un volumen de trabajo y configurado para capturar imágenes del volumen de trabajo;
- una región útil para perforación (5) localizada en un extremo del elemento de perforación (2) y configurada operativamente para entrar en contacto con el objeto a perforar;
- una región de sujeción (4) localizada en un extremo del elemento de perforación (2) opuesto a la región útil para perforación (5);
- un mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) localizado en el elemento de perforación (2), entre la región útil para perforación (5) y la región de sujeción (4); donde el mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) es un conjunto de elementos de marcación configurados para rotar axialmente sin presentar cambios visuales reconocibles;
- una unidad de cómputo (1c) conectada al sistema de visión estéreo y configurada para establecer la orientación y la posición del elemento de perforación (2) a partir de las imágenes del volumen de trabajo capturadas por el sistema de visión estéreo;

donde el volumen de trabajo es el espacio en el cual se moviliza el elemento de perforación (2) y el mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) está dispuesto operativamente en el campo de visión del sistema de visión estéreo.

2. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el sistema de visión estéreo puede incluir una primera cámara (1a) y una segunda cámara (1b) configuradas con sus ejes ópticos mutuamente paralelos y separados entre ellos.

3. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el mecanismo invariante a la rotación (3) comprende:

- una primera esfera reflectora (3a) fijada en el extremo opuesto a la punta (6) del elemento de perforación (2);
- una segunda esfera reflectora (3b) fijada en el extremo opuesto a la punta (6) del elemento de perforación (2), con su eje alineado y separada una distancia de la primera esfera reflectora (3a); y

- un patrón regular de franjas (3c) adherido en la superficie del elemento de perforación (2) entre la primera esfera reflectora (3a) y la segunda esfera reflectora (3b); el número de franjas no negras es impar.
4. El dispositivo de la Reivindicación 3, donde la primera esfera reflectora (3a) y la segunda esfera reflectora (3b) son reflectoras en el espectro de luz infrarroja.
5. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el sistema de visión estéreo puede incluir una primera cámara (1a) y una segunda cámara (1b) separadas entre ellas y configuradas con sus ejes ópticos convergentes entre sí.
6. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el elemento de perforación (2) es un elemento de perforación rotativo.
7. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde la primera esfera reflectora (3a) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) tiene un diámetro entre 1mm y 5mm y la segunda esfera reflectora (3b) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) tiene un diámetro entre 1mm y 5mm.
8. El dispositivo de la Reivindicación 7, donde la primera esfera reflectora (3a) y la segunda esfera reflectora (3b) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) tienen diámetros diferentes.
9. Un método para determinar la orientación y la posición de un elemento de perforación (2) que comprende las siguientes etapas:
- a) adquirir imágenes de cada una de las cámaras que conforman un sistema de visión estéreo y almacenarlas en un registro de memoria;
 - b) calcular al menos dos centroides y al menos dos áreas superficiales de un mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) de las imágenes almacenadas en la etapa (a) por medio de una unidad de cómputo (1c);
 - c) extraer un perfil en intensidad del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) con base en el resultado de la etapa (b);
 - d) calcular la fase del perfil en intensidad extraído en la etapa (c);
 - e) calcular posiciones centrales del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3), con el valor de fase del perfil en intensidad calculado en la etapa (d); y
 - f) determinar orientación y posición del extremo perforante (6) de un elemento de perforación (2) con el valor de las posiciones centrales calculados en la etapa (e).
10. El método de la Reivindicación 9, donde en la etapa (b) se calcula el centroide y el área superficial de una primera esfera reflectora (3a) y el centroide y el área superficial de

una segunda esfera reflectora (3b) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) para cada imagen almacenada en la etapa (a).

11. El método de la Reivindicación 10, donde en la etapa (b) el cálculo de al menos dos centroides y al menos dos áreas superficiales de un mecanismo de marcación invariante a la rotación (3), se realiza siguiendo las siguientes sub etapas:

- A) binarizar la imagen que se desea calcular centroides y áreas superficiales asignando uno (1) a los puntos con niveles de gris igual al nivel de gris de saturación de la cámara y asignando cero (0) a los puntos con niveles de gris inferiores a dicho nivel de gris de saturación; y
- B) calcular el centroide de cada esfera que corresponde a las coordenadas (u,v) en pixeles del centro geométrico de cada región circular con unos (1);

donde el área corresponde a la suma de valores unos (1) de cada región circular y almacenarlos en un registro de memoria.

12. El método de la Reivindicación 9, donde en la etapa (c) la extracción del perfil en intensidad se realiza siguiendo las siguientes sub etapas:

- A) trazar una línea que une las coordenadas del centroide de una primera esfera reflectora (3a) y las coordenadas del centroide de una segunda esfera reflectora (3b) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) calculados en la etapa (b), para cada imagen almacenada en la etapa (a); y
- B) calcular el perfil en intensidad extrayendo el valor de intensidad de la imagen correspondiente para cada posición de la línea trazada en la sub etapa (A).

13. El método de la Reivindicación 9, donde en la etapa (d) se calcula la fase del perfil en intensidad extraído de la etapa (c) realizando las siguientes sub etapas:

- A) establecer la cantidad de franjas negras del patrón regular de franjas (3c) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3) con cada imagen almacenada en la etapa (a) y almacenarla en un registro de memoria;
- B) calcular la fase discontinua y la amplitud del perfil en intensidad extraído en la etapa (c) mediante un algoritmo para análisis de patrones de franja;
- C) normalizar la amplitud del perfil en intensidad de la sub etapa (B) y almacenar en un registro de memoria;
- D) establecer un umbral de binarización que corresponde al valor entre 0.01 y 0.98;
- E) binarizar la amplitud del perfil en intensidad normalizada de la sub etapa (C) con el umbral de binarización: valores de la amplitud superiores o iguales al umbral de binarización se les asigna el valor uno (1) y valores inferiores se les asigna el valor cero (0);

- F) multiplicar la amplitud binarizada obtenida en la sub etapa (E) con la fase discontinua calculada en la sub etapa (B); y
- G) contar la cantidad de transiciones de $+\pi$ a $-\pi$ y comparar con la cantidad de franjas negras del patrón regular establecido en la sub etapa (A);
- si la cantidad de transiciones de $+\pi$ a $-\pi$ es mayor que la cantidad de franjas negras del patrón regular establecido en la sub etapa (A) entonces incrementar en un valor entre 0.01 y 0.05 el valor de umbral de binarización y volver a la sub etapa (E);
 - si la cantidad de transiciones de $+\pi$ a $-\pi$ es igual que la cantidad de franjas negras del patrón regular establecido en la sub etapa (A) entonces pasar a la etapa (e);
 - si la cantidad de transiciones de $+\pi$ a $-\pi$ es menor que la cantidad de franjas negras del patrón regular establecido en la sub etapa (A) entonces disminuir en un valor entre 0.01 y 0.05 el valor de umbral de binarización y volver a la etapa (E); y
 - si el valor de umbral de binarización es igual a cero o uno, no realizar el cálculo de la fase y reportar que no es posible hacer el cálculo de orientación y posición del elemento de perforación para las imágenes adquiridas mediante una unidad de cómputo.
14. El método de la Reivindicación 9, donde en la etapa (e) se calculan las posiciones centrales del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3), siguiendo las siguientes sub etapas:
- A) interpolar posiciones subpíxeles que poseen fase igual a cero a partir de la fase discontinua de la etapa (d)) para cada imagen almacenada en la etapa (a) empleando un algoritmo de interpolación; el número de posiciones encontradas debe ser igual al número de franjas negras, reportada en la sub etapa (A) de la etapa (d), más uno; la posiciones subpíxeles interpoladas coincide con las posiciones centrales de franjas no negras de patrón regular de franjas (3c) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3);
 - B) para las posiciones subpíxeles interpoladas en la sub etapa (A), calcular las coordenadas globales con las coordenadas de la línea trazada en la sub etapa (A) de la etapa (c) en la imagen que se está procesando; y
 - C) determinar las coordenadas globales de la franja de la mitad del patrón regular de franjas (3c) contando el número de posiciones centrales de franjas no negras de la sub etapa (A) adicionando dos unidades y dividido el total por dos.

15. El método de la Reivindicación 9 donde en la etapa (f) se determina la orientación y posición del extremo perforante (6) de un elemento de perforación (2) realizando las siguientes sub etapas:

- A) calcular las coordenadas 3D de las posiciones centrales de franjas no negras de patrón regular de franjas (3c) del mecanismo de marcación invariante a la rotación (3), usando los datos obtenidos de la etapa (e) de cada imagen y el algoritmo de reconstrucción 3D del sistema de visión estéreo;
- B) calcular las coordenadas 3D del centro de la franja no negra de la mitad del patrón regular de franjas (3c) usando los datos obtenidos de la sub etapa (C) de la etapa (e), para cada imagen y el algoritmo de reconstrucción 3D del sistema de visión estéreo de la sub etapa (a);
- C) interpolar por mínimos cuadrados una línea en el espacio, y determinar el vector unitario que define su orientación con las coordenadas 3D de las posiciones centrales de franjas no negras calculadas en la sub etapa (A); y
- D) calcular la coordenada 3D del extremo perforante (6) del elemento de perforación (2) con las coordenadas 3D del centro de la franja no negra de la mitad del patrón regular de franjas (3c) calculado en la sub etapa (B) y el vector unitario calculado en la sub etapa (C).