(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 541 935**

(51) Int. CI.:

G06K 9/00 (2006.01)
F42B 35/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2009 E 09772841 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015 EP 2382585**

(54) Título: **Aparato y método de análisis de superficie**

(30) Prioridad:

01.07.2008 GB 0811985

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.07.2015

(73) Titular/es:

FORENSIC PATHWAYS LIMITED (100.0%)
2 Snow Hill
Birmingham B4 6GA, GB

(72) Inventor/es:

HARRISON, PHILIP y
BLUNT, LIAM

(74) Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

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

Aparato y método de análisis de superficie

La presente invención se refiere a un aparato para analizar superficies y a un método de análisis de superficie. En particular pero no exclusivamente la invención se refiere un aparato y un método para identificar las características de las armas de fuego y las municiones asociadas que incluyen cartuchos y balas.

Antecedentes

La identificación de un arma de fuego usada para disparar una bala u otro proyectil encontrado en la escena de un crimen es frecuentemente crítica para resolver un crimen. Los investigadores forense buscan recuperar balas, porciones de balas, y casquillos de la escena del crimen con el propósito de intentar identificar el arma de fuego responsable de disparar la bala. Por ejemplo, los investigadores pueden buscar determinar si el arma de fuego es o no una asociada con otro crimen que ellos han investigado. Esta determinación se realiza mediante la comparación de porciones de las superficies de los proyectiles recuperados de diferentes escenas del crimen entre sí.

En el caso de que un arma de fuego se recupera de una escena del crimen o un sospechoso, los investigadores típicamente realizan un disparo controlado de una bala desde el arma de fuego, recuperan la bala disparada, y analizan la bala. Las características de la bala pueden compararse después con esas de los proyectiles recuperados de una o más escenas del crimen con el propósito de determinar si esa arma de fuego en particular puede haberse usado en una escena del crimen.

La identificación de armas de fuego tiene que ver con dos tipos de características de un arma de fuego: las características de la 'clase' del arma de fuego y las características del arma de fuego 'individual'. Las características de la clase del arma de fuego incluyen las características tales como el número de estrías de un arma de fuego y son características asociadas con una clase particular de arma de fuego, usualmente limitada a un grupo particular de fabricantes de armas de fuego.

Las armas de fuego y las porciones de los proyectiles recuperados de las escenas del crimen pueden clasificarse de acuerdo con la clase del arma de fuego desde la cual fueron disparados. En la identificación del arma de fuego, una vez que se ha identificado la clase de un arma de fuego o la clase de arma de fuego desde la cual se ha disparado un proyectil, un investigador puede estrechar el alcance de la búsqueda de una base de datos de armas de fuego con el propósito de buscar solamente armas de fuego o proyectiles correspondientes a una clase en particular.

Cuando se dispara una bala desde un arma de fuego, pueden formarse marcas sobre la bala indicativas de una estructura y configuración del arma de fuego, que permite determinar la clase de arma de fuego que disparó la bala. Las marcas asociadas con una clase en particular de arma de fuego se referencian como marcas características de la clase o 'características de la clase'. Las marcas características de la clase incluyen las marcas de estrías debido al contacto entre la bala y las formaciones de estrías sobre una pared interior del cañón del arma de fuego, o las marcas del pasador de disparo debido al contacto entre un pasador de disparo del arma de fuego y el casquillo. Las marcas que se hacen por un pasador de expulsión sobre un cartucho son otro ejemplo de una marca característica de la clase. Las marcas que se forman además típicamente sobre una bala son características de un ejemplo individual del arma de fuego. Tales marcas se asocian generalmente con la fabricación y la historia del uso del ejemplo particular. Las características individuales incluyen marcas en la forma de estriaciones superpuestas sobre las marcas de estrías. Las marcas de estrías debido al terreno y las ranuras definidas sobre la superficie interior del cañón forman las 'áreas de terreno grabadas' (LEA) y las 'áreas de ranuras grabadas' (GEA) correspondientes sobre la superficie de la bala. Se debe entender que las GEA son impresiones levantadas sobre la bala con relación a las LEA, las cuales están en la forma de impresiones ranuradas sobre la bala.

Las estriaciones se superponen típicamente sobre las regiones GEA.

Por ejemplo, una clase en particular de arma de fuego puede proporcionarse con una formación de estrías helicoidales que tiene un conjunto de parámetros dados tal como el número de estrías (es decir, el número y dirección de giro de las vueltas de la formación de estrías helicoidales), el ángulo de giro de las vueltas (que es el ángulo de las vueltas con respecto a un plano circunferencial del cañón) y la amplitud de la formación de estrías (correspondiente a una diferencia de altura de superficie entre un pico de una impresión del terreno y una depresión de una impresión de ranura adyacente).

El tamaño del cañón del arma de fuego puede impartir además marcas características de la clase de arma de fuego.

La Fig. 1 es un diagrama esquemático que muestra (a) una vista lateral y (b) una vista en sección transversal de una bala 1 que se ha disparado desde un arma de fuego. El diagrama muestra la presencia de 'terrenos' 3 en forma de marcas generalmente helicoidales sobre la superficie de la bala. Las marcas de cono 7 forzadas pueden verse además

sobre la superficie de la bala. A partir de la Fig. 1(b) puede verse que la bala no tiene forma de un cilindro perfecto. Más bien la bala es en forma de un cilindro deformado.

Se debe entender que los terrenos 3 sobre la superficie de la bala se forman por ranuras en el cañón del arma de fuego desde la cual se disparó la bala. Los terrenos 3 sobre la superficie de la bala pueden referenciarse como las 'áreas de ranuras grabadas' 3 de la superficie de la bala ya que ellas se graban por las ranuras en el cañón del arma de fuego.

Un ejemplo de los datos de imagen en 3D que muestra la presencia de los 'terrenos' 3 sobre una superficie de la bala se muestra en la Fig. 2. La imagen se obtuvo mediante el uso de un instrumento de medición de rugosidad de aguja de contacto modificada. La escala de la medición se muestra en la imagen.

Como se discutió anteriormente, las características individuales son esas marcas que incluyen estriaciones y otras imperfecciones las cuales hacen única a una bala disparada particular y sirven como la base para una identificación concluyente de un arma de fuego particular como correspondiente a una bala dada u otro proyectil que se ha disparado. Con referencia a la Fig. 1 puede verse que las estriaciones 5 están presentes dentro de las áreas de ranuras grabadas 3 sobre la superficie de la bala. Las estriaciones y otras marcas únicas que identifican una bala como que se ha disparado desde un cañón de un arma de fuego particular se localizan usualmente en las áreas de ranuras grabadas de la bala.

Un ejemplo de las estriaciones impartidas por un arma de fuego particular a una bala disparada desde esa arma de fuego se muestra en la Fig. 3. Cada lado de la imagen corresponde a una distancia de 3 mm.

Se debe entender que, adicionalmente a las estriaciones, las variaciones en los valores actuales de los parámetros característicos de una clase dada de armas de fuego tales como el ángulo de giro y la amplitud de las formaciones de estrías pueden ser evidentes entre ejemplos individuales de armas de fuego lo cual puede ser útil en la identificación de ejemplos individuales de un arma de fuego dada.

Se conoce para analizar la evidencia balística obtenida a partir de la escena de un crimen mediante el uso de ambas técnicas de microscopía en 2D (tales como microscopios de luz y microscopios electrónicos) y las mediciones de topografía de superficie en 3D.

El análisis de la topografía de superficie mediante el uso de los datos topográficos en 3D tiene la ventaja de que puede obtenerse la información de altura de superficie cuantitativa, que permite la comparación cuantitativa de los datos tales como las dimensiones de las GEA y las estriaciones obtenidas a partir de diferentes piezas de evidencia balística.

En algunos sistemas, la información de topografía de superficie en 3D se obtiene por medio de un microscopio confocal que puede escanearse sobre la superficie de una muestra. En el caso de una muestra tal como una bala que tiene una superficie cilíndrica, la superficie cilíndrica se analiza mediante la rotación de la superficie en yuxtaposición con el microscopio confocal.

Tales sistemas tienen un número de desventajas. Por ejemplo, mientras que los microscopios confocales son capaces de obtener imágenes con una resolución del orden de un nanómetro o menos, los errores debido a la dispersión de luz desde las superficies oblicuas o laterales inclinadas pueden resultar en una luz proyectada en una superficie por el microscopio que no se detecta correctamente por el microscopio. Así, los conjuntos de datos engañosos o incompletos pueden generarse por tales sistemas.

Además, en el caso de sistemas conocidos que dependen de la rotación de una muestra en frente de un sensor con el propósito de obtener un modelo en 3D de una superficie de la muestra, se asume que la muestra es cilíndrica y que la muestra gira alrededor de un eje longitudinal de la muestra. Esta suposición no es necesariamente válida para todas las muestras.

En particular, las balas y los casquillos frecuentemente experimentan una deformación sustancial durante un proceso de disparo de la bala desde un arma de fuego, y el impacto posterior de la bala con un objetivo.

Zeno J Geradts y otros: "Image matching algorithms for breech face marks and firing pins in a database of spent cartridge cases of firearms", Procedimientos de SPIE, Caracterización y Análisis de imágenes, Vol. 4232, 5 de noviembre de 2000 describe los resultados de un estudio basado en la coincidencia de imágenes de los casquillos.

Es un objetivo de las modalidades de la invención al menos mitigar parcialmente al menos uno de los problemas mencionados anteriormente mediante el uso de nuevas técnicas y aparatos de medición y análisis.

Declaraciones de la invención

Los aspectos y modalidades se exponen en las reivindicaciones adjuntas.

Las modalidades de la invención se describirán ahora con referencia a los dibujos acompañantes en los cuales

La Figura 1 es una ilustración esquemática de una bala en (a) una vista lateral y (b) una vista en sección transversal;
La Figura 2 es un gráfico isométrico obtenido a partir de los datos de topografía de superficie en 3D que muestra los 'terrenos' formados en una superficie de una bala;
La Figura 3 es una imagen de vista en planta de una superficie de la bala obtenida a partir de los datos de topografía de superficie en 3D que muestra las estriaciones formadas en la superficie;
La Figura 4 es un diagrama esquemático de un aparato de acuerdo con una modalidad de la invención;
Las Figuras 5 a la 8 son capturas de pantalla tomadas a partir de un programa de software proporcionado con el aparato de acuerdo con algunas modalidades de la invención.

De acuerdo con una modalidad de la invención, el aparato 100 se proporciona como se muestra en el diagrama esquemático de la Fig. 4. El aparato 100 tiene un módulo de sonda inteligente 110 que tiene un elemento de sonda 112 operable para escanearse sobre la superficie de una muestra 105 montada sobre un soporte de muestra 106. El elemento de sonda 112 puede ser un elemento de sonda 112 en contacto o sin contacto. El módulo de sonda 110 se arregla para generar los datos correspondientes a los rasgos de la topografía de superficie de la muestra 105.

Un módulo de adquisición de datos 120 recibe los datos desde el módulo de sonda inteligente 110, almacena los datos y pasa los datos a un módulo de procesamiento de señal 130. Una computadora 140 se configura para recibir los datos procesados por el módulo de procesamiento de señal 130. La computadora es operable por un usuario para analizar y comparar los datos obtenidos por el módulo de adquisición de datos o para pasar los datos a una base de datos donde los datos pueden almacenarse para el análisis posterior.

En algunas modalidades un soporte de muestra autocentrado de precisión 106 se emplea para hacer girar la muestra con relación al elemento de sonda 112. En algunas modalidades el soporte de muestra 106 se arregla para soportar la muestra 105 en una orientación sustancialmente vertical y para hacer girar la muestra 105 alrededor de un eje sustancialmente vertical. En algunas modalidades la muestra 105 se hace girar a través de sustancialmente 360° mientras que los datos morfológicos de superficie se capturan por el aparato cuando la muestra 105 se hace girar. En otras palabras se realiza un solo escaneo sustancialmente continuo cuando la muestra 105 se hace girar.

En el caso de una muestra tal como una bala o porción de una bala que es de forma generalmente cilíndrica, en algunas modalidades el aparato se configura para asumir que la muestra es de forma cilíndrica. Sin embargo, algunas modalidades se arreglan para no hacer esta suposición, sino más bien para obtener un modelo en 3D verdadero de la superficie de la muestra. Esto es porque, como se discutió anteriormente, la distorsión de una bala disparada desde un arma de fuego puede ocurrir debido al contacto entre la bala y una pared interior del arma de fuego.

En algunas modalidades el soporte de muestra 106 es móvil además con respecto al elemento de sonda 112. En algunas modalidades este rasgo facilita el acceso por el elemento de sonda 112 a porciones de la muestra que de otra manera serían inaccesibles en algunas modalidades.

En algunas modalidades el aparato se configura para permitir a la sonda obtener los datos topográficos de superficie en 3D a partir de una pared interior del cañón de un arma de fuego. La sonda se conforma y dimensiona de manera que puede insertarse dentro del cañón del arma de fuego de esta manera para obtener los datos topográficos de superficie.

En algunas modalidades el elemento de sonda 112 es un elemento de aguja que tiene una punta arreglada para entrar en contacto con una superficie de la muestra 105. Puesto que se logra el contacto directo entre la punta y la muestra, puede hacerse una medición más exacta de la topografía de superficie de una muestra, comparada con las mediciones que se hacen mediante el uso de algunas técnicas sin contacto.

En algunas modalidades una sonda óptica se usa para obtener los datos topográficos de superficie. Tal sonda es particularmente útil en situaciones en las cuales se requiere medir la topografía de superficie de una superficie de muestra que puede dañarse por el contacto con una sonda mecánica.

Los requerimientos de un aparato de análisis de superficie para el análisis balístico en términos de resolución no es tan alto como el requerido en algunas situaciones de análisis de superficie. Por ejemplo, en el campo de la investigación en nanotecnología puede ser deseable la resolución nanométrica o subnanométrica. Sin embargo, para el propósito de identificación balística, el análisis de resolución nanométrica no es necesariamente apropiado. Así, pueden usarse agujas relativamente gruesas, comparadas con las sondas usadas en aplicaciones de nanotecnología tal como la microscopía de fuerza atómica (AFM).

Un aparato de acuerdo con las modalidades de la invención se arregla para extraer los datos relacionados con las características de la clase y las características individuales.

Con respecto a la extracción de las características de la clase, el aparato se arregla para aplicar una técnica de segmentación de superficie basada en el análisis morfológico a un conjunto de datos en 3D correspondiente a la topografía de superficie en 3D de una muestra. Esta técnica para el análisis de superficies está bien documentada, ver por ejemplo L. Blunt y X. Jiang, Advanced Techniques for Assessment Surface Topography, 1ra edn, London Penton

Press, 2003, y P.J. Scott, Pattern analysis and metrology: the extraction of stable features from observable measurements, Proc. de la Real Sociedad de Londres, serie A. 460 (2004) 2845 - 2864.

En la realización de un análisis de segmentación de superficie, el aparato se arregla para dividir una región de una superficie de la muestra (referenciada además como un 'paisaje') en regiones que consisten en colinas y regiones que consisten en valles. Por definición, los límites entre las colinas se llaman 'líneas de curso', y los límites entre los valles se llaman 'líneas de borde'. Una superficie limitada a escala puede representarse por redes de puntos críticos (picos, hoyos y puntos de hondonada) y líneas críticas (líneas de borde y líneas de curso).

Los métodos de altura y poda de áreas de las redes de superficie pueden usarse para la combinación y eliminación de rasgos insignificantes primitivos. El análisis de segmentación permite la localización de los límites y la orientación de los rasgos de la clase de las balas, los cartuchos y los cañones de armas para ser identificados efectivamente. El análisis de segmentación es particularmente útil para la medición de los rasgos de paso y tiene la habilidad para detectar los bordes de paso y la orientación y es por lo tanto idealmente adecuado para la identificación de las características de la clase de un arma de fuego.

El análisis de ondas pequeñas se basa en el análisis multiescala de los datos de superficie y permite la extracción de diferentes frecuencias de variación de la topografía de superficie como una función de posición sobre una superficie. La técnica es particularmente adecuada para la extracción de la característica de las estriaciones de escala fina de un arma de fuego individual desde una superficie de una bala, casquillo o cañón del arma de fuego.

En algunas modalidades de la invención, el aparato se configura para aplicar un análisis de segmentación de superficie a los datos en 3D. La Fig. 5 es una captura de pantalla tomada desde un programa de software configurado para procesar los datos adquiridos por el módulo de adquisición de datos 120 y para realizar un análisis de segmentación de superficie. Los datos obtenidos a partir de una región de una superficie de la bala que tiene terrenos formados en la misma se muestran en la vista en planta en una porción 164 de una ventana 162. Las regiones de altura diferente se muestran correspondientemente en colores diferentes.

En el ejemplo de la Fig. 5, las regiones de altura de superficie inferior se muestran en sombreado más claro, y las regiones de altura de superficie más grande se muestran en sombreado más oscuro. Así, las impresiones de 'ranura' (o regiones) aparecen relativamente claras mientras que las así llamadas impresiones de 'terreno' (o regiones) aparecen relativamente oscuras.

El número de regiones de terreno en una región dada de la superficie de una bala, y la información dimensional asociada con las regiones de terreno tales como el ancho, la amplitud, la dirección espiral de giro y el ángulo de giro pueden calcularse a partir de los datos segmentados de acuerdo con el análisis de segmentación. Tal información es característica de la clase de la bala como se discutió anteriormente.

El número de estrías (es decir el número de y la dirección espiral de giro de los terrenos y ranuras formadas a lo largo de una pared interior de un cañón de un arma de fuego) es un parámetro importante en la clasificación de un arma de fuego. El ancho de la región en la cual se forman los terrenos y las ranuras, el ángulo de giro y la amplitud de la variación de altura entre un pico de una región de terreno y una depresión de una región de ranura son además parámetros útiles. Sin embargo, pequeñas variaciones en las características de estos rasgos pueden ser útiles en la identificación de un arma de fuego específica.

Se debe notar que la altura de la superficie y la información de profundidad pueden no ser estables en una región dada de terrenos y ranuras, la información que se afecta por una variedad de factores que incluyen la composición y diámetro de una bala.

En algunas circunstancias las características individuales de un arma son las características más importantes en el proceso de hacer corresponder una bala a un arma de fuego particular. La extracción de estos rasgos a partir de la información topográfica de superficie en 3D no es una tarea trivial, sin embargo, ya que la información topográfica obtenida a partir de una superficie dada generalmente comprende una mezcla relativamente compleja de señales que surgen a partir de las características de la clase y las características individuales. En consecuencia, los datos en 3D obtenidos a partir de dos o más balas y/o una bala y un arma de fuego no se adaptan fácilmente a la comparación directa y la correlación entre sí. Por ejemplo, la comparación de los datos en 3D en forma de imágenes mediante simple vista, o mediante técnicas de comparación tal como un análisis de la función de correlación cruzada (CCF), típicamente no son tan útiles como el análisis más avanzado.

La separación de las características de la case y las características individuales se ha encontrado que es notablemente efectiva para permitir una identificación fiable de un arma de fuego que ha disparado una bala dada. Similarmente esta separación se ha encontrado que es notablemente efectiva en la identificación de balas o casquillos que se han disparado por el mismo ejemplo de un arma de fuego dada sin un requerimiento para analizar el arma de fuego en sí.

El aparato de algunas modalidades de la invención se configura por lo tanto para implementar una estrategia para

extraer las características individuales y de clase que comprenden las etapas de realizar un proceso de abstracción de superficie; aplicar un procedimiento de filtrado de onda pequeña para obtener rasgos topográficos de escala diferente (el cual corresponde a los rasgos individuales de una bala o arma de fuego); y permitir la comparación eficiente de los rasgos mediante mapas superficiales o perfiles obtenidos a partir de diferentes balas o una o más balas y un arma de fuego.

Estos procesos serán considerados ahora en más detalle.

Abstracción de superficie

Ciertas características individuales del cañón de un arma de fuego se transfieren a la superficie de la bala cuando la bala gira a lo largo del cañón ligeramente más pequeño durante un proceso de disparo de la bala. El promedio de los datos en 3D obtenidos a partir de una superficie de una muestra a lo largo de la dirección de giro puede mejorar la calidad de los datos obtenidos a partir de una muestra. Así, en algunas modalidades de la invención la aplicación de software se configura para proyectar la superficie de la bala a lo largo de la dirección de giro de las estrías, de esta manera que se obtiene una característica de señal unidimensional de un arma de fuego individual (N. Sentin y otros, Three-Dimensional surface topography acquisition and analysis for firearm identification, J Forensic Sci 2006;51(2):282-295). Esta señal proporciona una representación compacta fiel de la superficie de una bala, lo cual contribuye a la eficiencia de comparación entre balas, o entre una bala y los datos obtenidos a partir de un cañón de un arma de fuego.

La Fig. 6(a) muestra un ejemplo de una señal unidimensional obtenida a partir de una bala de acuerdo con la metodología anterior.

Con el propósito de calcular el ángulo de giro de la estría del cañón del arma desde la cual se disparó una bala, el aparato calcula la energía espectral en un número de direcciones angulares e integra la energía espectral.

Filtrado de onda pequeña

La señal unidimensional que representa las características de la superficie de la bala del arma de fuego comprende señales que corresponden a las características de la clase y las características individuales. Como se discutió anteriormente, la separación exacta de estos rasgos es importante para hacer corresponder balas y armas de fuego.

La señal se elabora en ambos dominios de tiempo y frecuencia, y se halla que los métodos de filtrado tradicionales diseñados para procesar datos ya sea en el dominio del tiempo o la frecuencia no son efectivos para obtener resultados significativos a partir de los datos. Además, el análisis de bandas de frecuencia particulares se halla además que no produce datos significativos.

El análisis multiescala que incluye el análisis de ondas pequeñas ha sido una herramienta poderosa en el análisis de señales cuando se requiere alta precisión en ambos dominios del tiempo y la frecuencia (X.Q. Jiang, L. Blunt y K.J. Stout, Lifting Wavelet for 3D surface analysis, Int. J. Mach. Tools Design & Manufact. , 41 (2001), 2163-2170). Mediante la aplicación de un filtrado pasa alto de onda pequeña, se ha encontrado que puede extraerse un perfil de rasgo que representa los datos correspondientes a los rasgos de las características individuales de la bala de la superficie del arma de fuego. La Fig. 6(b) muestra tal perfil de rasgo obtenido a partir de los datos representados en la Fig. 5.

Comparación

Una vez que se ha obtenido un perfil de rasgo correspondiente a las características individuales, como se discutió anteriormente, puede hacerse una comparación entre los perfiles de rasgos correspondientes de dos o más balas, o de una bala y una pared interior de un cañón de un arma de fuego.

La función de correlación cruzada es una herramienta poderosa para determinar un nivel de similitud entre dos señales. En algunas modalidades de la invención un análisis de CCF se usa como una medida cuantitativa de la similitud entre dos perfiles de rasgos. Típicamente, cuanto mayor es el valor del resultado del análisis de CCF, mayor es la similitud entre dos perfiles de rasgos.

En algunas modalidades el aparato se arregla para comparar un perfil de rasgo de un sujeto con una pluralidad de otros perfiles de rasgos, y para clasificar los otros perfiles de rasgos en orden de sus similitudes con el perfil de rasgo del sujeto. En algunas modalidades el aparato se configura para mostrar una lista de perfiles de rasgos en orden de los valores decrecientes del resultado del análisis de CCF. Otros métodos de ordenamiento de perfiles de rasgos son útiles además.

Visualización

Como se discutió anteriormente, en algunas modalidades el aparato se configura para obtener una lista de 'mejores

coincidencias' sugeridas entre una bala sujeto y una o más balas y/o armas de fuego en una base de datos de datos acerca de la una o más balas y/o armas de fuego.

Alternativamente o adicionalmente el aparato puede configurarse para obtener una lista de 'mejores coincidencias' sugeridas entre un arma de fuego objetivo y una o más balas y/o armas de fuego en una base de datos de datos acerca de la una o más balas y/o armas de fuego.

Una decisión final sobre si una bala puede corresponder a un arma de fuego particular puede hacerse por los examinadores de armas de fuego basado en la lista de 'mejores coincidencias' sugeridas.

La lista de 'mejores coincidencias' sugeridas puede comprender una lista de un número predeterminado de armas de fuego y/o balas que tienen el valor más alto de un resultado de una comparación de la función de correlación cruzada de los datos correspondientes a una o más características individuales de un arma de fuego obtenidas a partir de un arma de fuego objetivo o bala sujeto y los datos correspondientes obtenidos a partir de otras armas de fuego y/o balas que se almacenan en la base de datos.

Con el propósito de ayudar a los examinadores en la tarea de comparar los datos obtenidos, el aparato se configura para proporcionar una instalación de microscopía de comparación virtual en 3D.

Una variedad de herramientas gráficas de visualización en 2D y 3D se conocen que ayudan a los examinadores de armas de fuego para alcanzar una decisión final. La tecnología de visualización se ha usado ampliamente para la reconstrucción de datos medidos en 3D en el campo del área de metrología de superficie.

La Fig. 7 es una captura de pantalla de una porción de microscopía virtual del programa de software asociado con el aparato. En la captura de pantalla, pueden verse las imágenes 171, 172 de una región de superficie de dos balas. En la porción inferior de la captura de pantalla, se muestra un gráfico de una señal unidimensional 173 obtenida mediante la abstracción de superficie (ver anteriormente) como se determinó para cada una de las superficies. Las señales correspondientes se muestran superpuestas unas sobre otras en la Fig. 7. La Fig. 8 e una captura de pantalla que muestra un primer plano o 'vista aumentada' de las áreas respectivas de cada superficie de bala. Las vistas en primer plano ayudan a un usuario en la comparación visual de los rasgos particulares de la topografía de superficie.

Se debe entender que algunas modalidades de la invención o variaciones de estas pueden usarse para identificar las herramientas usadas para hacer las marcas sobre una superficie tal como una ventana o un marco de ventana, una puerta o un marco de puerta o cualquier otra estructura. De una manera similar a la del caso de investigaciones de armas de fuego, los datos obtenidos a partir de superficies marcadas por una herramienta pueden almacenarse en una base de datos para identificar las marcas sobre diferentes superficies que se hacen por la misma herramienta. Esto puede permitir a los investigadores identificar las situaciones (por ejemplo, escenas del crimen) donde la misma herramienta se ha usado para forzar la entrada a un edificio u otra estructura incluso cuando la herramienta real usada no se ha recuperado.

En otras palabras tales investigaciones son posibles sin que se requiera adquirir la herramienta usada para hacer las marcas tal como en el caso de investigaciones de armas de fuego donde las características individuales de un arma de fuego pueden obtenerse a partir de una pluralidad de muestras de objetos tales como balas o casquillos. En el caso de investigaciones de armas de fuego algunas veces es posible determinar que la misma arma de fuego se usó muy probablemente en dos crímenes muy diferentes sobre la base de la recolección de balas y/o casquillos a partir de una pluralidad de escenas del crimen.

En el caso que un ejemplo real de una herramienta está disponible para la inspección, el aparato puede usarse para obtener un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de una superficie de marcado de la herramienta. El aparato puede usarse después para extraer los datos indicativos de una clase de la herramienta y/o los datos correspondientes a una o más características individuales de la herramienta. El aparato puede compara después los datos correspondientes a una o más características individuales de la herramienta con los datos correspondientes obtenidos a partir de objetos que pueden haberse marcado por esa herramienta y proporcionar una lista de 'mejores coincidencias' entre la herramienta y los objetos que pueden haberse marcado por esa herramienta. Por ejemplo la comparación puede realizarse por medio de una función de correlación cruzada entre los conjuntos de datos correspondientes a una o más características individuales de una herramienta.

A lo largo de toda la descripción y las reivindicaciones de esta descripción, las palabras "comprender" y "contener" y variaciones de las palabras, por ejemplo "que comprende" y "comprende", significan "que incluye sin limitarse a", y no se pretende (y no lo hace) excluir otras fracciones, aditivos, componentes, números enteros o etapas.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta descripción, el singular abarca el plural a menos que el contexto requiera lo contrario. En particular, cuando se usa el artículo indefinido, la descripción debe entenderse como que contempla la pluralidad así como también la singularidad, a menos que el contexto requiera lo contrario.

Los elementos, números enteros, características, componentes, partes o grupos químicos descritos junto con un aspecto particular, modalidad o ejemplo de la invención deben entenderse como que pueden aplicarse a cualquier otro aspecto, modalidad o ejemplo descrito en la presente invención a menos que sean incompatibles con el mismo.

Reivindicaciones

1. Un método de identificación de las características de un objeto de marcado que comprende las etapas de:

proporcionar un artículo marcado (105) que tiene una superficie que tiene marcas provocadas por una superficie de marcado del objeto de marcado, en donde el objeto de marcado es un arma de fuego; en donde la superficie de marcado comprende uno seleccionado de entre un pasador de disparo, un pasador de expulsión, una cara de la culata, una recámara y la pared interior del cañón del arma de fuego y el objeto marcado comprende uno seleccionado de entre un casquillo o porción de este, una réplica de un casquillo o porción de este, una bala, una porción de una bala y una réplica de una superficie de una bala o porción de esta;
caracterizado por:
obtener un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de una topología de superficie en 3D del artículo marcado (105) por medio de un sensor;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de un análisis de segmentación de superficie los datos indicativos de una clase del objeto de marcado y almacenar dichos datos en la base de datos, en donde el análisis de segmentación de superficie comprende dividir una región de la superficie en regiones que consisten en colinas y regiones que consisten en valles;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de una operación de filtrado de onda pequeña de superficie realizada sobre una característica de la señal unidimensional del objeto de marcado del artículo marcado, dicha característica de la señal unidimensional obtenida mediante la proyección de dicha superficie a lo largo de la dirección de un giro de estrías, un perfil de rasgo que representa los datos correspondientes a una o más características individuales del objeto de marcado y que almacena dichos datos en la base de datos.

2. Un método como se reivindica en la reivindicación 1 que comprende además la etapa de proporcionar en la base de datos los datos obtenidos a partir de una pluralidad de artículos marcados (105) cada artículo marcado (105) que es un artículo marcado por un objeto de marcado, los datos que comprenden datos indicativos de una clase del objeto de marcado responsable por provocar las marcas sobre cada artículo marcado (105), los datos que comprenden además datos correspondientes a una o más características individuales del objeto de marcado responsable por marcar cada artículo marcado (105).

3. Un método como se reivindica en la reivindicación 2 que comprende además la etapa de identificar en la base de datos un primer conjunto de uno o más artículos marcados (105) que tienen marcas muy probablemente provocadas por el objeto de marcado basado en los datos extraídos indicativos de la clase del objeto de marcado responsable por marcar el artículo marcado (105).

4. Un método como se reivindica en la reivindicación 3 que comprende además la etapa de identificar en la base de datos un segundo conjunto de uno o más artículos marcados (105) que tienen las características individuales que indican que el artículo marcado (105) se marcó muy probablemente por el objeto de marcado basado en los datos extraídos correspondientes a una o más características individuales del objeto de marcado.

5. Un método como se reivindica en la reivindicación 4 en donde la etapa de identificar en la base de datos un segundo conjunto de uno o más artículos marcados (105) comprende la etapa de identificar el segundo conjunto a partir del primer conjunto de uno o más artículos marcados (105).

6. Un método como se reivindica en cualquier reivindicación anterior que comprende además la etapa de:

proporciona un espécimen, objeto de marcado;
obtener un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de una superficie del espécimen, objeto de marcado;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de un análisis de segmentación de superficie los datos indicativos de una clase del espécimen, objeto de marcado y almacenar dichos datos en la base de datos;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de una operación de filtrado de onda pequeña de superficie los datos correspondientes a una o más características individuales del espécimen, objeto de marcado y almacenar dichos datos en la base de datos.

7. Un método como se reivindica en la reivindicación 6 que comprende además la etapa de proporcionar en la base de datos los datos obtenidos a partir de una pluralidad de objetos de marcado, los datos que comprenden datos indicativos de una clase de cada objeto de marcado extraídos a partir de un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de la superficie del objeto de marcado por medio del análisis de segmentación de superficie y los datos correspondientes a una o más características individuales de cada

objeto de marcado extraídos a partir de un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de la superficie del objeto de marcado por medio de la operación de filtrado de onda pequeña de superficie.

8. Aparato para identificar las características de un objeto de marcado, el aparato que se **caracteriza por** configurarse para:

obtener un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de una topología de superficie en 3D de un artículo marcado (105) por medio de un sensor, en donde el objeto de marcado es un arma de fuego; en donde la superficie de marcado comprende uno seleccionado de entre un pasador de disparo, un pasador de expulsión, una cara de la culata, una recámara y la pared interior del cañón del arma de fuego y el objeto marcado comprende uno seleccionado de entre un casquillo o porción de este, una réplica de un casquillo o porción de este, una bala, una porción de una bala y una réplica de una superficie de una bala o porción de esta;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de un análisis de segmentación de superficie los datos indicativos de una clase del objeto de marcado y almacenar dichos datos en una base de datos, en donde el análisis de segmentación de superficie comprende dividir una región de la superficie en regiones que consisten en colinas y regiones que consisten en valles;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de una operación de filtrado de onda pequeña de superficie los datos realizados sobre una característica de la señal unidimensional del objeto de marcado del artículo marcado, dicha característica de la señal unidimensional obtenida mediante la proyección de dicha superficie a lo largo de la dirección de un giro de estrías, un perfil de rasgo que representa los datos correspondientes a una o más características individuales del objeto de marcado y almacenar dichos datos en la base de datos.

9. Aparato como se reivindica en la reivindicación 8 en donde la base de datos comprende los datos obtenidos a partir de una pluralidad de artículos marcados (105) cada artículo marcado (105) que es un artículo marcado por un objeto de marcado, los datos que comprenden datos indicativos de una clase del objeto de marcado responsable por provocar las marcas sobre cada artículo marcado (105), los datos que comprenden además datos correspondientes a una o más características individuales del objeto de marcado responsable por marcar cada artículo marcado (105).

10. Aparato como se reivindica en la reivindicación 9 configurado además para identificar en la base de datos un primer conjunto de uno o más artículos marcados (105) que tienen marcas muy probablemente provocadas por el objeto de marcado basado en los datos extraídos indicativos de la clase del objeto de marcado responsable por marcar el artículo marcado (105).

11. Aparato y método como se reivindica en la reivindicación 10 configurado además para identificar en la base de datos un segundo conjunto de uno o más artículos marcados (105) que tienen las características individuales que indican que el artículo marcado (105) se marcó muy probablemente por el objeto de marcado basado en los datos extraídos correspondientes a una o más características individuales del objeto de marcado.

12. Aparato como se reivindica en la reivindicación 11 configurado para identificar en la base de datos un segundo conjunto de uno o más artículos marcados (105) mediante la identificación del segundo conjunto a partir del primer conjunto de uno o más artículos marcados (105).

13. Aparato como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 8 a la 12 que se arregla además para:

obtener un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de una superficie de un espécimen, objeto de marcado;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de un análisis de segmentación de superficie los datos indicativos de una clase del espécimen, objeto de marcado y almacenar dichos datos en la base de datos;
extraer a partir del conjunto de datos por medio de una operación de filtrado de onda pequeña de superficie los datos correspondientes a una o más características individuales del espécimen, objeto de marcado y almacenar dichos datos en la base de datos.

14. Aparato como se reivindica en la reivindicación 13 arreglado para proporcionar en la base de datos los datos obtenidos a partir de una pluralidad de objetos de marcado, los datos que comprenden datos indicativos de una clase de cada objeto de marcado extraídos a partir de un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de la superficie del objeto de marcado por medio del análisis de segmentación de superficie y los datos correspondientes a una o más características individuales de cada objeto de marcado extraídos a partir de un conjunto de datos en 3D correspondientes a un modelo virtual en 3D de la superficie del objeto de marcado por medio de la operación de filtrado de onda pequeña de superficie.

15. Aparato como se reivindica en la reivindicación 13 o la reivindicación 14 arreglado para identificar en la base de datos un tercer conjunto de uno o más artículos marcados (105) que tienen las características individuales que pueden haberse creado por el espécimen, objeto de marcado.

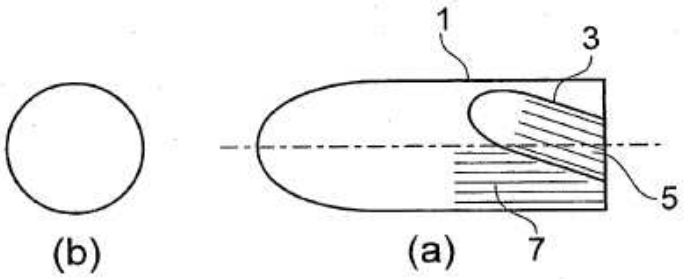

FIG. 1

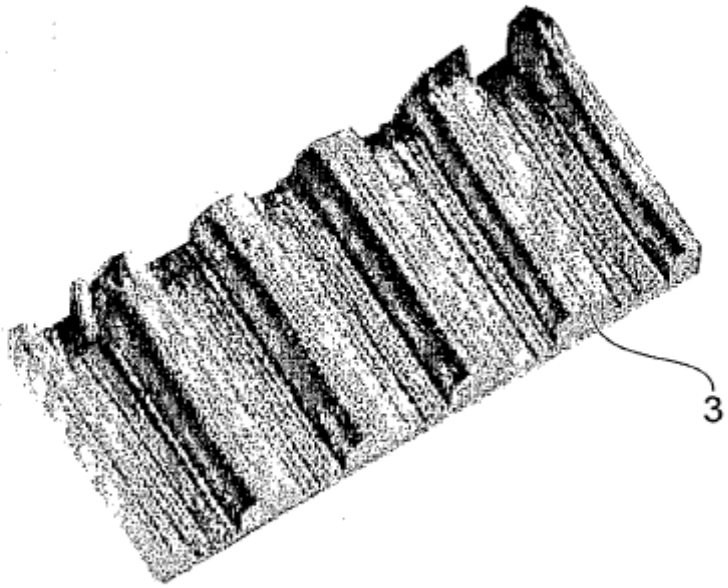

FIG. 2

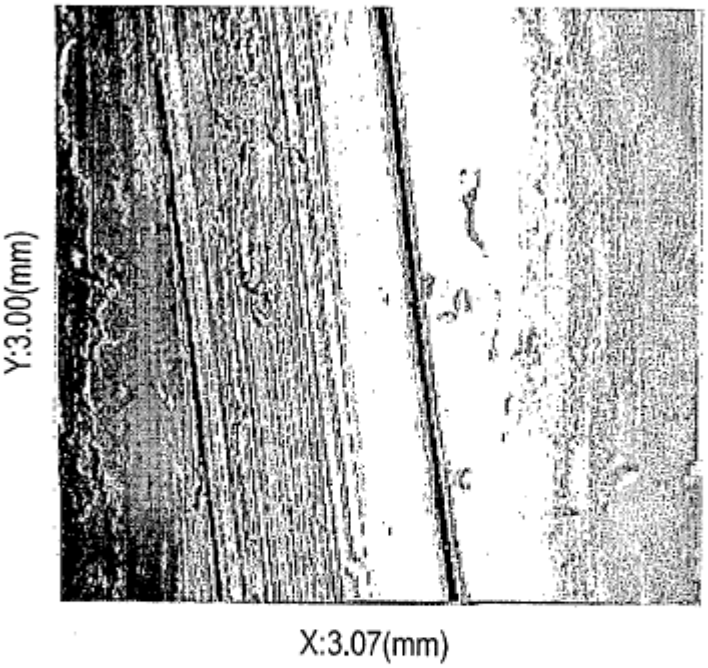

FIG. 3

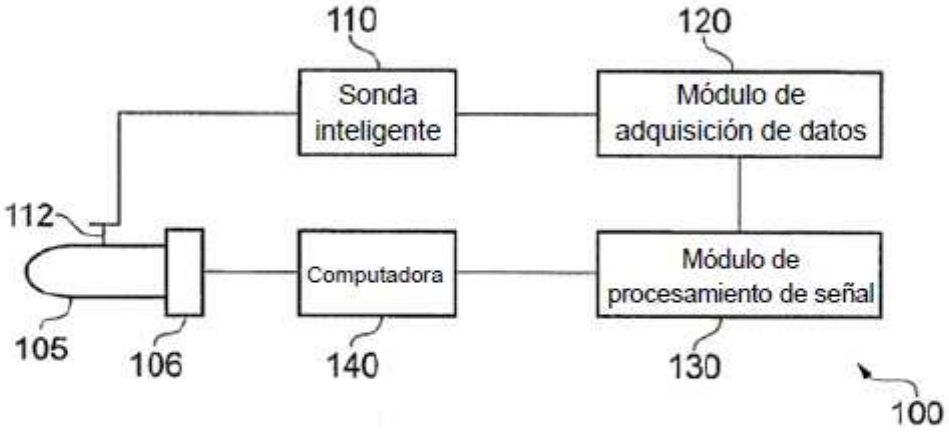
110
120
Sonda inteligente
Módulo de adquisición de datos
112
Computadora
Módulo de procesamiento de señal
105
106
140
130
100

Fig. 4

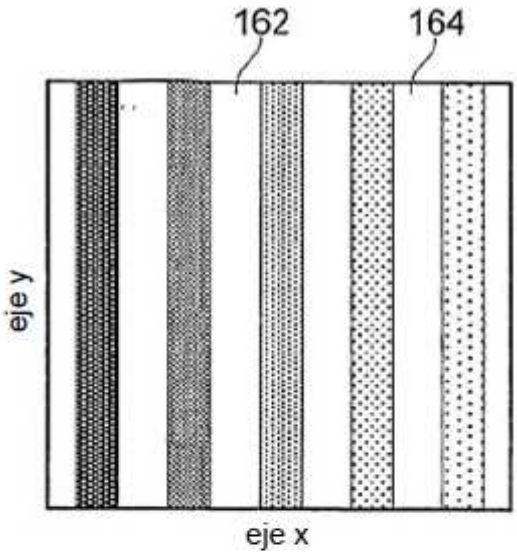

Fig. 5

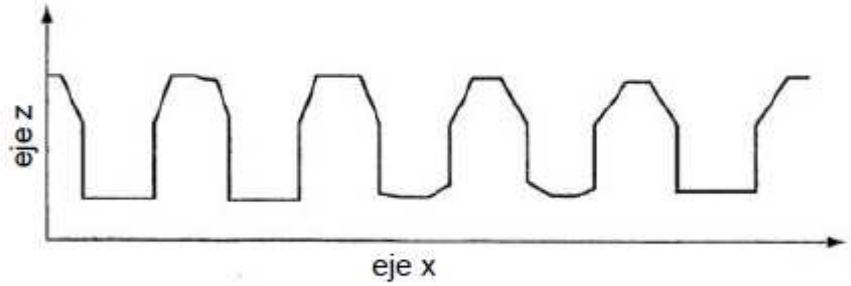

Fig. 6 (a)

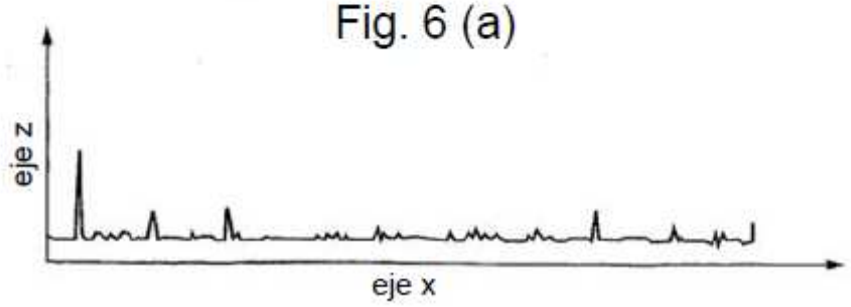

Fig. 6 (b)

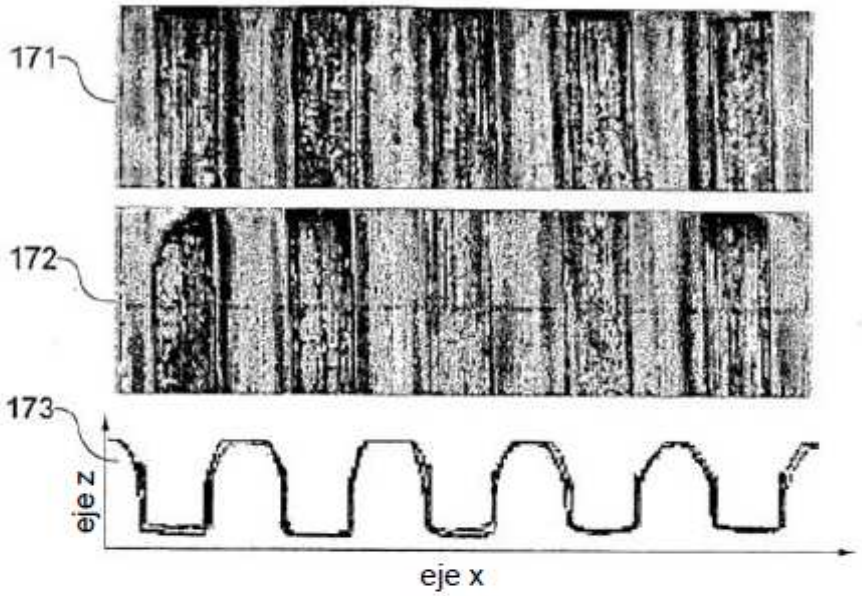

Fig. 7

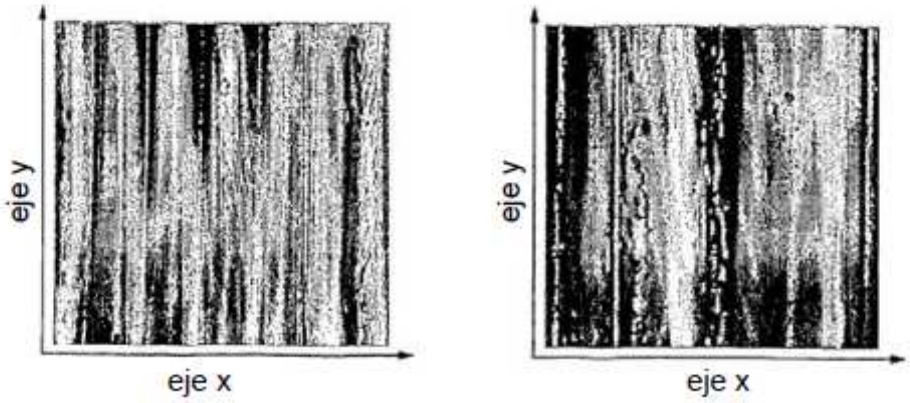

Fig. 8