

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 507 071**

51 Int. Cl.:

**A61C 19/04** (2006.01)

**A61C 19/05** (2006.01)

**G01B 11/24** (2006.01)

**A61C 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2006 E 06828736 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.08.2014 EP 1957005**

54 Título: **Escaneado de impresión para fabricar reparaciones dentales**

30 Prioridad:

**30.11.2005 DK 200501693**

**23.02.2006 DK 200600259**

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

**14.10.2014**

73 Titular/es:

**3SHAPE A/S (100.0%)  
Holmens Kanal 7, 4. sal  
1060 Copenhagen, DK**

72 Inventor/es:

**FISKER, RUNE;  
DEICHMANN, NIKOLAJ;  
GILLES, BRIEUC y  
CLAUSEN, TAIS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 507 071 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**

Escaneado de impresión para fabricar reparaciones dentales

La presente invención se refiere a un método para obtener orientación y localización de al menos un implante dental

**Antecedentes**

5 La presente descripción está relacionada con el campo de la fabricación de restauraciones dentales tales como coronas, puentes, pilares e implantes. Cuando un paciente necesita una restauración dental el dentista preparará los dientes, por ejemplo, un diente dañado se talla para hacer una preparación sobre la cual se pega la corona. Un tratamiento alternativo es insertar implantes (tornillos de titanio) en la mandíbula del paciente y montar coronas o puentes sobre los implantes. Después de preparar los dientes o de insertar un implante el dentista normalmente  
10 toma una impresión de la mandíbula superior, de la mandíbula inferior y un registro de la mordida o una única impresión en una cubeta de doble cara (también conocidas como cubetas triples).

Las impresiones se envían a los técnicos dentales quienes fabrican realmente las restauraciones, por ejemplo el puente. Tradicionalmente el primer paso para fabricar la restauración es moldear los modelos dentales superior e inferior a partir de impresiones de la mandíbula superior e inferior, respectivamente. La Figura 1a y la Figura 8  
15 muestran un modelo dental y una impresión, respectivamente. Los modelos se suelen hacer de yeso y a menudo se alinean en un articulador dental usando el registro de la mordida. El articulador simula la mordida real y el movimiento de masticación. El técnico dental construye la restauración dental dentro del articulador para garantizar un buen aspecto visual y la funcionalidad de la mordida. Una alineación correcta del molde en el articulador es crucial para la restauración final.

20 La tecnología CAD para la fabricación de restauraciones dentales se está expandiendo con rapidez, mejorando la calidad, reduciendo el coste y facilitando la posibilidad de fabricar en materiales atractivos no disponibles si no se usa esta tecnología. El primer paso en el proceso de fabricación CAD es crear un modelo tridimensional de los dientes del paciente. Tradicionalmente esto se hace mediante escaneo 3D de uno de los modelos dentales en yeso o de los dos. Las réplicas tridimensionales de los dientes se importan a un programa CAD, en el que se diseña la restauración dental completa o una subestructura de puente. A continuación se fabrica el diseño final en 3D de la restauración, por ejemplo usando una fresadora, una impresora 3D, fabricación por prototipado rápido u otro equipo de fabricación. Los requisitos de precisión para las restauraciones dentales son muy altos; en caso contrario la restauración dental no será atractiva visualmente, no encajará sobre los dientes, podría provocar dolor o causar infecciones.

30 En una solución ideal de escáner 3D y CAD/CAM dental el laboratorio dental o el dentista no necesitarían fabricar un modelo en yeso a partir de la impresión sino que en vez de esto escanearían la impresión directamente. Esto haría la manipulación más fácil y más barata. Asimismo, la restauración sería más precisa ya que la geometría de la impresión es más precisa que una copia en yeso seccionada de ésta. Incluso si se pudiera hacer un escaneo de la impresión con equipos de escaneo CT o MR, estos escáneres tienen un coste prohibitivo y no proporcionan la precisión necesaria. Los escáneres ópticos tales como los escáneres 3D láser o de luz blanca son, por el contrario, más baratos y proporcionan una precisión y un nivel de detalle mayores. El problema con los escáneres ópticos de superficie es que éstos típicamente no pueden escanear de manera eficiente las estrechas cavidades de una impresión dental. Típicamente a los escaneos les faltarían datos o serían menos precisos en las partes estrechas profundas de la impresión.

40 Una alternativa a los escáneres de impresión son los escáneres directos intraorales. Sin embargo, los escáneres de impresión tienen varias ventajas evidente en comparación con los escáneres intraorales, incluidas ninguna inversión obligatoria en equipos en la clínica dental, que virtualmente no es necesaria ninguna formación para la toma de impresiones, menor tiempo de silla, que en caso de problemas de escaneo siempre se puede moldear por colada un modelo físico o se puede usar dicho modelo como referencia física, poca precisión de los escáneres intraorales, que no es necesario espolvorear la boca del paciente, y dificultades significativamente menores para capturar las áreas antagonistas y mayores y que, al contrario que en el escaneo intraoral, la impresión tiene la línea de margen claramente visible.

50 La Patente US 5.338.198 describe un método de generación de un modelo tridimensional que comprende tomar una impresión moldeada de los dientes, colocar la impresión sobre una mesa de soporte que define un plano X-Y, dirigir un haz de luz láser sobre la impresión en un punto de impacto, trasladar dentro del plano X-Y el haz de luz y la impresión uno con respecto a la otra para escanear la impresión con el haz para proporcionar una pluralidad de puntos de impacto, cada uno de los cuales tiene una posición predeterminada en el plano X-Y, determinar las distancias de los puntos de impacto del haz con la impresión en la dirección Z mediante la detección de un patrón de luz reflejada por los puntos, y generar la imagen digital estableciendo correlaciones entre las posiciones y las distancias.

55 La Patente US 5.725.376 describe la medición de la posición real de un implante dental con referencia a la superficie de la encía del paciente mediante la obtención de un duplicado de la boca del paciente con análogos de implante embebidos situados de acuerdo con las posiciones de los implantes en la boca del paciente. En cada análogo de implante se atornillan extensiones mecanizadas con precisión para que encajen en los análogos de implante y se

realizan mediciones de las extensiones. A continuación se calcula la posición de cada implante conociendo la posición de cada extensión, teniendo las extensiones tamaño y forma conocidos.

### Resumen de la Invención

5 Si en lugar de un modelo en yeso se escanea una impresión el modelo dental tradicional no se podría fabricar en el laboratorio. Si el laboratorio dental o el dentista todavía necesitaran un modelo dental tradicional para comprobar o modificar el ajuste y diseño de la restauración fabricada, todavía se podría proporcionar dicho modelo a partir del escaneo de la impresión invirtiendo los datos y añadiendo una base virtual u otros rasgos y fabricando a continuación este modelo con equipo de fabricación 3D apropiado.

10 Se describe una solución para escanear las impresiones directamente, evitando de ese modo la necesidad cara y laboriosa de crear el molde en yeso, obteniendo todavía la precisión necesaria de la restauración final.

La invención se refiere a un método para obtener orientación y localización de al menos un implante dental como se define en la reivindicación 1 ó 2. Esto permite el diseño CAD, por ejemplo de un diente protésico conectado a dicho implante, ya que esto requiere la orientación y posición exacta del implante.

En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferentes.

### 15 Descripción de los Dibujos

Figura 1a: Modelo dental en yeso

Figura 1b: Escaneo 3D de impresión de una sola cara

Figura 2: Escaneo 3D de parte superior de impresión de doble cara

Figura 3: Escaneo 3D de parte inferior de impresión de doble cara

20 Figura 4: Partes representativas para la alineación

Figura 5: Alineación superpuesta de la Figura 4

Figura 6: Partes representativas para la alineación

Figura 7: Alineación superpuesta de la Figura 6

La Figura 8 muestra una impresión de dientes

25 La Figura 9a muestra un escaneo de la impresión de la Figura 8 con buena calidad

La Figura 9b muestra el escaneo invertido del escaneo de la Figura 9a

La Figura 9c muestra un ejemplo de alineación de un escaneo de un único diente (a partir de la Figura 11b) con el escaneo invertido de la Figura 9b.

La Figura 9d muestra el puente alineado después de la primera alineación realizada en la Figura 9c.

30 La Figura 10a muestra un escaneo de la impresión de la Figura 8 que tiene una mala calidad con poca precisión debida al ruido 1001 y a los orificios 1000.

La Figura 10b muestra el escaneo invertido del escaneo de la Figura 10a mostrando el resultado del ruido y de los orificios.

35 La Figura 10c muestra un ejemplo de alineación de un escaneo de un único diente (a partir de la Figura 11b) con el escaneo invertido de la Figura 10b.

La Figura 10d muestra el puente alineado después de la primera alineación realizada en la Figura 10c.

La Figura 10e muestra el puente alineado final después de todas las alineaciones.

La Figura 11a muestra moldes de cavidades de impresión de tres dientes diferentes.

La Figura 11b muestra el escaneo de los moldes de la Figura 11a.

40 Figura 12 Transferencia tradicional de la posición y orientación del implante de la boca del paciente al modelo dental.

Figura 13 Análogo para escaneo montado en pilar de impresión para obtener posición y orientación del implante.

Figura 14 Escaneo de impresión de Pilar de Cicatrización Codificado (EHA)

Figura 15 Transformación de la impresión (negativo) en modelo (positivo) mediante giro y corte de superficie superflua.

45 Figura 16 Modelo creado virtualmente a partir de escaneo de impresión con base virtual, recortado, seccionamiento, adición de pines e interfaz con el articulador.

Figura 17 Modelo creado virtualmente con pines para posicionamiento

Figura 18 Modelo creado virtualmente con medios de seccionamiento y posicionamiento más avanzados.

Figura 19 Modelo impreso en 3D montado en articulador.

**Definiciones**

Impresión dental: una impresión en negativo de los dientes realizada preferiblemente en una cubeta.

5 Modelo dental: una réplica en positivo de los dientes realizada a partir de la impresión dental

**Descripción detallada**

10 Se describe un método mejorado de escaneo y alineación para escanear impresiones dentales usado como entrada para la fabricación CAD de restauraciones dentales que evita la fabricación cara y laboriosa de modelos dentales en yeso. El escaneo de impresiones también mejorará la calidad dado que el proceso de moldeo tradicional y la segmentación del modelo dental introducen errores. Además, el escaneo de impresiones no hará aumentar el tiempo de silla para los pacientes en el dentista, no hay inversión inicial obligatoria para el dentista, el dentista no necesita ninguna formación y se reduce de ese modo el tiempo total de fabricación aumentando la satisfacción del paciente y evitando potencialmente restauraciones temporales.

**Modelo tridimensional preciso**

15 El escaneo de impresiones dentales mediante escáneres ópticos 3D es muy complicado principalmente debido a una falta de visibilidad en las cavidades. De esta forma, un escaneo 3D tradicional dará como resultado una falta de cobertura, es decir, el escaneo 3D puede tener orificios o áreas ausentes que no han sido escaneadas. Se describe una solución a ese problema. Como se ha descrito anteriormente, una solución puede ser reescanear, opcionalmente usando un escáner diferente y/o una configuración diferente del escáner, una o más regiones de interés de la impresión, para proporcionar un escaneo que tenga una mejor calidad, por ejemplo que tenga menos orificios, o que no tenga ningún orificio en la región de interés.

20 De esta manera el término "calidad" del escaneo significa calidad en cuanto a la cobertura y la precisión del escaneo. Se podría detectar automáticamente una cobertura insuficiente mediante triangulación de la superficie y localizando a continuación los orificios sobre la superficie. Una buena calidad requiere que en las regiones de interés no exista ningún orificio o que existan sólo muy pocos orificios. Si se acepta que existan algunos orificios, la posición de dichos orificios no puede interferir con la producción de un modelo tridimensional preciso. En la práctica esto significa que los orificios no deben estar situados en el área de preparación. El área de preparación se puede localizar basándose en selección manual o preferiblemente se puede detectar de forma automática, por ejemplo usando detección de características. En la Figura 10 se muestran ejemplos de orificios críticos 1000 en el área de preparación.

30 Además, el ruido puede producir escaneos menos precisos. El ruido es un problema dominante concreto cuando se escanea en el interior de cavidades como impresiones, dado que las cavidades crean una cantidad significativa de ruido de seguimiento y de semi-oclusión. El ruido de semi-oclusión se describe en detalle en Curless y Levoy (1995). La falta de precisión debida al ruido 1001 se muestra en la Figura 10. El ruido de semi-oclusión y la cobertura son las principales limitaciones para el uso práctico del escaneo de impresiones y la determinación de si un punto del escaneo es un punto de ruido o un punto verdadero es muy crítica para la calidad final de la restauración dental. Por lo tanto es muy crítico determinar de forma automática los problemas de ruido y de cobertura. Los puntos de ruido se podrían detectar de forma automática usando calidad del punto derivada del seguimiento con láser, orientación de la superficie en la captura, vistas de cámaras múltiples, estadísticas superficiales locales, curvatura de la superficie, estadísticas de forma o trazado de rayos inverso.

35 Con el término "modelo tridimensional preciso" se denomina a un modelo que posee tal precisión que se puede usar directamente para producir la restauración dental.

40 Otra evaluación de calidad importante que se puede derivar instantáneamente del escaneo es la calidad de la impresión y de la preparación, respectivamente. De hecho, dos de los mayores problemas de calidad para la restauración final son las impresiones de poca calidad y las malas preparaciones creadas por el dentista. Sin embargo, la calidad de la impresión y de la preparación se puede evaluar basándose en el escaneo, por ejemplo, mediante detección de socavados, detección de burbujas de aire, nivel de ruido, evaluación del material de la impresión, evaluación de forma o medidas geométricas. El resultado de la evaluación se puede mostrar visualmente en el escaneo 3D con el objetivo de guiar al dentista para mejorar la impresión o la preparación.

45 En particular si el escaneo se realiza directamente en la clínica dental entonces una evaluación de la calidad de la impresión y de la preparación podría conducir potencialmente a la toma de una nueva impresión o a una mejora de la preparación. Preferiblemente se utiliza un escáner más rápido, como por ejemplo el escáner 3Shape D250, de manera que la evaluación se puede realizar mientras el paciente espera. Esto podría mejorar de manera significativa la calidad de la restauración y/o reducir las molestias al paciente y el coste al eliminar el retraso y el esfuerzo implicados en una segunda consulta para volver a tomar una impresión.

También se podrían evaluar otros tipos de calidad que influyen en el resultado final de la restauración.

Las evaluaciones de calidad descritas también se podrían realizar en otros tipos de escaneos de la zona bucal tales como escaneos 3D tradicionales de modelos en yeso, escaneos directamente intraorales, escaneos MR o escaneos por rayos X.

5 El escaneo en el interior de cavidades tales como una impresión dental es un problema complicado usando un escáner de luz estructurada que tenga un precio competitivo. El problema tiene su origen en la construcción fundamental con una proyección, mediante una fuente de luz, de un patrón sobre el objeto donde uno o más sensores obtienen imágenes del patrón proyectado. Para realizar la reconstrucción 3D se necesita un ángulo de típicamente 20-30 grados entre la fuente de luz y el sensor. El ángulo necesario y el hecho de que para hacer una reconstrucción 3D es necesario que el sensor y el láser vean el mismo punto de la superficie al mismo tiempo limita fuertemente la capacidad de escanear cavidades de los escáneres. Para conseguir el resultado óptimo se vuelve crucial el punto de vista real. Los escáneres con al menos 3 ejes, como por ejemplo los escáneres 3Shape D200, D250 o D300, pueden reorientar el objeto en 3D y por lo tanto pueden cambiar el punto de vista relativo.

10 Como se describe en la Patente WO 2006/007855, se puede aplicar un cambio adaptativo del punto de vista y de la secuencia de escaneo para ajustarse al objeto individual con el fin de obtener cobertura en impresiones dentales difíciles.

15 En un ejemplo la calidad del escaneo de la impresión se mejora seleccionando o detectando de forma automática una o más regiones de interés y reescaneando dichas regiones de interés. El reescaneo se puede realizar usando un escáner y/o una configuración de escáner optimizados para la región de interés específica.

20 Las áreas ausentes se pueden reescanear detectando éstas en el conjunto de datos 3D inicial y calculando a continuación la posición mecánica óptima de la impresión o del sensor 3D con relación a su posición relativa para cubrir las áreas ausentes en una sesión de escaneo automático adicional. La función de optimización tiene en cuenta la posición exacta del orificio detectado y también la geometría circundante de la impresión que podría tapar la vista de la fuente de luz y/o de las cámaras.

25 El reescaneo también se podría realizar utilizando en el escáner un sensor 3D adicional (cámara y fuente de luz) o una o más cámaras extra. Dicho sensor adicional debería tener un ángulo menor entre la fuente de luz y la cámara y de esta forma sería capaz de mirar en el interior de cavidades con un mayor ratio profundidad a anchura. En este ejemplo se podría usar una combinación de cámara y fuente de luz con un ángulo mayor entre la fuente de luz y la cámara para realizar un primer escaneo y a continuación se podría usar una cámara o fuente de luz adicional con un menor ángulo con respecto a la fuente de luz/cámara para cubrir las áreas más profundas de las cavidades.

30 El reescaneo también se puede realizar después de haber cortado la impresión para mejorar la visibilidad. Si los cortes necesarios destruyen áreas con información necesaria entonces los escaneos antes y después de cortar se pueden alinear y combinar para formar un modelo 3D completo. Típicamente el escaneo sin cortar incluirá el área de la línea de margen, la cual a continuación se eliminará por corte para crear visibilidad en el interior de las cavidades profundas correspondientes para dejar la impresión de la parte superior de los dientes restantes. Sin embargo, el modelo se puede cortar una o más veces para conseguir un escaneo preciso. El modelo se escanea antes de cada corte y entonces los correspondientes modelos tridimensionales se pueden alinear de forma secuencial o simultánea.

35 En un ejemplo el problema de escaneo en el interior de las cavidades se resuelve fabricando un modelo de la(s) cavidad(es) introduciendo un material de relleno dentro de ella(s). A continuación se puede escanear el modelo de la(s) cavidad(es), y el escaneo o los escaneos se pueden alinear y combinar con el escaneo de la impresión. En un ejemplo se rellenan al menos dos cavidades, por ejemplo al menos tres cavidades. Las cavidades pueden ser cavidades contiguas o cavidades separadas por una o más cavidades sin rellenar.

40 El proceso se ilustra en las Figuras 10a y 10b en las que a 2 preparaciones les falta cobertura 1000 y una preparación tiene problemas de ruido 1001 que crean problemas de calidad. Los modelos para 3 preparaciones problemáticas se moldean por colada a continuación como modelos en yeso independientes 1100 usando la impresión. Estos 3 modelos "en positivo" se escanean 1200 a continuación sin problemas de calidad y los escaneos se alinean y se combinan 1103 para formar las preparaciones 1102 correspondientes en la impresión. La alineación se podría realizar mediante una selección de puntos 1104 correspondientes sobre los dos escaneos seguida por una alineación ICP (Besl and McKay, 1992). En otro ejemplo adicional el problema de escanear en el interior de cavidades se soluciona combinando el reescaneo de regiones de interés y el escaneo del modelo. En algunos ejemplos es preferible proporcionar modelos porque los modelos se pueden preparar a mano y por ejemplo pueden incluir claramente líneas que delimiten los dientes, de tal manera que el escaneo también incluye las distintas líneas.

45 Las propiedades visuales del material de impresión son también muy importantes para la calidad del escaneo. Esto es cierto en particular para un diente profundo o delgado en el que las interreflexiones pueden crear problemas al software de seguimiento de imagen y pueden generar ruido significativo. Problemas con el ruido de semi-oclusión en el borde de la oclusión también pueden crear artefactos de escaneo significativos, los cuales se podrían eliminar mediante un algoritmo de trazado de rayos inverso.

50 Los escaneos alineados se combinan, por ejemplo sustituyendo las partes del escaneo de la impresión por partes correspondientes del escaneo del modelo o del escaneo de la región de interés o de ambos y combinando la

superficie común de los escaneos. La alineación de los escaneos se puede realizar como se describe más adelante en relación con el modelo tridimensional que incluye información sobre la mordida.

Antes de que se realice el escaneo de la impresión se puede incluir un paso de pre-escaneo de la impresión. Mediante la información obtenida a partir del pre-escaneo es posible ajustar la configuración del escáner y la secuencia de escaneo incluyendo movimientos para hacer escaneos de la impresión más precisos o escaneos de regiones de interés.

Dependiendo de la restauración a realizar basándose en el modelo tridimensional preciso se puede usar todo el escaneo de la impresión para proporcionar el modelo, o se puede usar sólo una región del escaneo de la impresión. Por lo tanto, en un ejemplo antes de la alineación se define una región del escaneo de la impresión, y en un ejemplo adicional se realiza alineación sólo para dicha región definida. En un ejemplo la alineación se realiza para al menos dos dientes, por ejemplo para al menos tres dientes.

En general la reflectancia del material de impresión debería ser lo menor posible. En un ejemplo el material de impresión se recubre antes del escaneo, por ejemplo se recubre con un recubrimiento no reflectante mejorando de ese modo la calidad del escaneo. En otro ejemplo la propia impresión se realiza a partir de un material que tiene pocas o ninguna característica reflectante.

La alineación del escaneo de la mandíbula superior y de la mandíbula inferior se puede realizar mediante cualquier método apropiado. En un ejemplo la alineación se realiza usando escaneos CT o escaneos MR de las mandíbulas. Una ventaja puede ser que dichos escaneos también incluyen información de la mandíbula y de los nervios. En otro ejemplo la alineación del escaneo de la mandíbula superior y de la mandíbula inferior se realiza usando un escaneo de impresión de doble cara, por ejemplo como se describe más adelante.

Por supuesto, si es necesario se pueden usar escaneos CT o escaneos MR para otros objetivos de alineación. También se podrían combinar y/o alinear escaneos CT o MR con escaneos de impresión, por ejemplo, para el diseño de guías de broca para implantes o simplemente para proporcionar un modelo tridimensional mejorado.

#### **Modelo tridimensional que incluye información de la mordida**

La base para el escaneo son al menos dos impresiones dentales. Una de las impresiones es una impresión de doble cara que captura la mandíbula superior, la inferior y la mordida en una impresión. Desgraciadamente las cubetas dobles pueden tener insuficiente estabilidad física creando impresiones de menor calidad y muchos dentistas no las aceptan. Para compensar este problema se crea también al menos una impresión de una sola cara, mapeando de ese modo sólo la mandíbula superior o la inferior. La impresión de una sola cara se crea en una cubeta tradicional con una estabilidad física muy grande que proporciona una impresión de gran calidad.

El posible problema de calidad con la impresión de doble cara se puede resolver alineando y combinando escaneos de las impresiones de doble cara con uno o dos escaneos de la impresión de una sola cara. El requisito de precisión en el área de dientes preparada es 20 micras mientras que la mordida y los dientes antagonistas sólo requieren 50-100 micras. Aplicando el escaneo de una sola cara en el área preparada y aplicando el escaneo de doble cara para la mordida y los dientes antagonistas se cumplirá la exigencia de precisión. Opcionalmente se realiza un escaneo de una sola cara adicional del lado antagonista.

Es necesario crear los siguientes escaneos en cualquier orden:

1. Escaneo 3D 100 de la impresión de una sola cara preparada para la restauración, véase la Figura 1a (opcionalmente)
2. Escaneo 3D 200 de la cara superior de la impresión de doble cara, véase la Figura 2
3. Escaneo 3D 300 de la cara inferior de la impresión de doble cara, véase la Figura 3
4. Escaneo 3D de la impresión de una sola cara en el lado antagonista (opcionalmente)

Obsérvense los dientes 101 preparados, los dientes 201 contiguos no preparados normales y los dientes 301 antagonistas.

El siguiente paso después del escaneo es realizar una alineación basada en regiones de los escaneos 100 de la impresión de una sola cara con el correspondiente escaneo 200 de doble cara. Desgraciadamente, datos no comunes que tienen su origen en el hecho de que las dos impresiones a menudo difieren fuera de la línea de preparación complican significativamente el proceso de alineación. Esto es especialmente cierto porque el operador necesitará recortar la impresión para crear visibilidad para escanear dientes profundos. En un ejemplo de la invención se define una región 400 en la que existe gran calidad común. La definición de la región puede ser realizada, por ejemplo, por un operador o de forma automática por el ordenador. Durante el proceso de alineación sólo se usan los datos de las regiones. La alineación se puede realizar, por ejemplo, usando el algoritmo ICP (Besl & McKay, 1992). El resultado superpuesto de la alineación se muestra en la Figura 5.

La alineación de los dos escaneos de la impresión de doble cara requiere una cubeta que facilite el escaneo de datos comunes tales como lados 600 verticales de la cubeta y de rasgos de alineación especiales por ejemplo una forma en T 601, puntos o líneas verticales. Cuando existen datos comunes los dos escaneos se pueden alinear

usando un algoritmo de alineación estándar tal como el algoritmo ICP. La inicialización para la alineación la puede realizar por ejemplo el ordenador o el usuario seleccionando dos puntos 602 correspondientes. El resultado superpuesto de la alineación se muestra en la Figura 7. La cubeta se podría diseñar de tal manera que encaje directamente en el escáner para un manejo fácil. Además, la cubeta puede incluir un sistema de fijación para conectarla directamente al escáner. La bandeja o la impresión también podrían incluir una línea visual horizontal para que se pueda alinear con los ojos del paciente de manera que los indicadores visuales del diente/dientes protésico(s) se puedan alinear con rasgos faciales del paciente durante el diseño. Obviamente, una cubeta de este tipo se puede combinar preferiblemente con cualquier de los métodos y sistemas descritos.

En otro ejemplo de la invención la cubeta de doble cara se puede colocar en un dispositivo de fijación para escaneo, el cual se incluye en los dos escaneos. Entonces sólo el dispositivo de fijación necesita contener datos comunes y rasgos de alineación. La impresión se puede girar de forma automática.

Por último se combinan los escaneos alineados, por ejemplo, sustituyendo el escaneo de doble cara por la parte correspondiente del escaneo de una sola cara y combinando la superficie común de los dos escaneos de doble cara.

Opcionalmente también se puede realizar un escaneo de una sola cara en el lado antagonista y se puede alinear y combinar con los datos existentes en un procedimiento similar.

Potencialmente, el desarrollo de cubetas de doble cara con propiedades mejoradas, tales como mayor estabilidad física y mapeado correcto de la mordida, puede hacer que la impresión de una sola cara sea superflua. En un ejemplo, la cubeta de doble cara obtiene mayor estabilidad mediante un refuerzo, por ejemplo un refuerzo de metal, de acero, y/o de material compuesto con fibras. Obviamente, una cubeta de este tipo se puede combinar preferiblemente con los rasgos de la cubeta descritos anteriormente y cualquiera de estas cubetas se prefiere cuando se obtienen impresiones de acuerdo con cualquiera de los métodos y sistemas descritos en este documento.

Aunque el texto relacionado con modelos tridimensionales que incluyen información de la mordida se refiere al escaneo de impresiones dentales, para la persona con experiencia en la técnica es evidente que se puede usar el mismo método y el mismo sistema para escanear un modelo dental.

Como se ha descrito anteriormente, los escaneos de una sola cara se pueden realizar mediante el método para obtener un modelo tridimensional preciso de la impresión dental.

Otros aspectos se refieren a un producto de programa informático que incluye un medio magnético, teniendo dicho medio magnético un programa informático almacenado en él, comprendiendo dicho programa para la producción de un modelo tridimensional de una impresión dental código informático para realizar los pasos del método definidos anteriormente.

Un aspecto adicional se refiere a un sistema para producir un modelo tridimensional, incluyendo dicho sistema memoria electrónica que tiene uno o más instrucciones informáticas almacenadas en su interior, comprendiendo dichas instrucciones indicaciones para realizar los pasos del método definidos anteriormente.

### **Fabricación de una corona**

El escaneo impresiones se vuelve particularmente interesante en combinación con un diseño CAD de las coronas anatómicas completas seguido por la fabricación de la corona completa, denominándose ambos elementos corona dental. Con una técnica de este tipo no se necesita un modelo para completar el diseño y fabricación. Sin embargo, si el escaneo de impresiones sólo se usa para el diseño de cofias entonces todavía se necesita un modelo para completar el diseño. La corona completa se podría diseñar con un proceso de fabricación apropiado tal como la separación de la corona diseñada en dos o más capas, donde la capa interior corresponde a la cofia y las caras exteriores son la cerámica. La cofia se puede fabricar usando equipos conocidos tales como fresadoras, impresoras de cera 3D o máquinas de sinterizado. La capa exterior se podría fabricar fabricando primero una copia en cera, plástico, polímeros u otro material que se pueda fundir, por ejemplo, usando fresadoras o impresoras 3D. Esta copia en cera se monta a continuación en la cofia y se pueden usar tecnologías de sobreprensado tales como Impress de la empresa Ivoclar para crear la capa cerámica.

### **Implantes**

En otro ejemplo la restauración dental son implantes 1200, los cuales típicamente son “tornillos” de titanio o de zirconio que se insertan en la zona gingival 1201 y en el hueso de la mandíbula. Para realizar el diseño CAD de la corona o del puente que encaja sobre el implante es necesario localizar la posición y orientación exactas del implante a partir del escaneo de la impresión.

Tradicionalmente la posición y orientación del implante 1200 se transfiere desde la boca del paciente al modelo dental usando pilares 1202 de impresión. En la práctica la transferencia se realiza montando pilares de impresión sobre los implantes. A continuación se toma una impresión 1203 dental en la que los pilares de impresión están fijados en el material 1204 de impresión y los pilares se sueltan del implante. La impresión 1203 incluyendo los pilares 1202 de impresión se saca de la boca del paciente. A continuación se montan implantes modelo /análogos 1205 sobre los pilares de impresión y se moldea por colada el modelo 1206 a partir de la impresión – típicamente en yeso. El último paso es quitar la impresión 1203 y los pilares 1202 de impresión cuando el modelo se ha endurecido. En un ejemplo de la invención la posición y la orientación del implante se obtienen mediante escaneo del modelo en

5 positivo moldeado por colada en el cual se montan pilares de escaneo para facilitar la fácil determinación de la posición y la orientación de los implantes modelo/análogos, y de ese modo de la posición y la orientación de los implantes, a partir de los datos del escaneo. Un método para determinar dicha orientación y posición a partir de datos obtenidos a partir del pilar de escaneo es superponer los correspondientes datos del modelo con datos CAD de la forma del pilar de escaneo. En este caso el pilar de escaneo puede ser idéntico o diferente al pilar de impresión.

10 En un aspecto de la invención la posición y la orientación del implante se determinan directamente a partir de la impresión mediante el escaneo del pilar 1202 de impresión montado en la impresión 1203 y usando a continuación el conocimiento de su forma 3D y dimensiones por ejemplo modelo CAD. En la práctica la posición y la orientación se podrían obtener por extracción de características o alineación de un CAD del pilar de impresión con la parte correspondiente del escaneo.

15 Desgraciadamente el pilar de impresión a menudo está cubierto por material de impresión o superficie dura por encima de la impresión. En un aspecto de la invención es posible montar un análogo 1300 para escaneo sobre el pilar de impresión. Este análogo se escanea a continuación como parte del escaneo de la impresión y la forma y dimensiones conocidas se pueden aplicar para derivar las correspondientes posición y orientación del implante, por ejemplo, usando alineación del modelo CAD o extracción de características. Esta operación se puede realizar para uno o más implantes combinados o en un procedimiento iterativo.

20 La técnica anterior (Patente 6.790.040) describe un método alternativo basado en pilares de curación codificados (EHA) usados para determinar el tipo de implante y su posición y orientación a partir de un escaneo.

En otra realización de la invención en algunos casos también es posible escanear directamente una impresión, o el modelo moldeado por colada en positivo, del implante y derivar la posición y orientación de una manera similar a la anterior.

En otra realización adicional, cualquiera de los métodos anteriores se puede mejorar incluyendo datos procedentes de escaneo intraoral.

25 Además, también puede ser posible fabricar pilares de curación a medida basándose en los métodos descritos anteriormente.

#### **Fabricación del modelo**

30 Si el laboratorio dental o el dentista necesitasen todavía un modelo dental tradicional, por ejemplo para comprobar o modificar el ajuste y diseño de la restauración fabricada, todavía se podría fabricar dicho modelo a partir del escaneo de la impresión. En la Figura 1a se muestra un modelo en yeso tradicional seccionado. La fabricación real del modelo a partir del escaneo se podría realizar usando equipos de fabricación clásicos o equipos de prototipado rápido más apropiados tales como fresadoras o impresoras 3D. El modelo se podría fabricar en cualquier material apropiado tal como plástico, polímeros, cera, yeso o cerámica.

35 El equipo de fabricación normalmente requiere que se cree un modelo sólido 3D/impermeable, véase el modelo tradicional de la Figura 1a. Recuérdese que el escaneo 100 de la impresión sólo contiene una superficie y no un modelo sólido. Para crear un modelo atractivo para el laboratorio dental y para el dentista es necesario realizar sobre el escaneo uno o más de los siguientes pasos virtuales:

- Invertir la superficie de negativo a positivo
- Eliminar por corte superficie (material) extra
- 40 • Crear una base virtual
- Recortar
- Seccionar
- Adición de pines u otros medios de posicionamiento
- Añadir interfaz con el articulador
- 45 • Añadir otras estructuras por ejemplo una interfaz con el implante/análogo

Para conseguir la aceptación de la tecnología de escaneo de impresiones es muy importante poder fabricar modelos con prestaciones similares a las de los modelos en yeso usados actualmente en los laboratorios dentales, por ejemplo, un modelo en el que los dientes estén sobre una base y las preparaciones se recorten 1A00, se seccionen 1A01 y se les añadan pines.

50 Para transformar el escaneo de un escaneo 1500 de la impresión (negativo) a un modelo 1501 (positivo) es necesario invertir la orientación de la superficie. Preferiblemente también se debería girar el escaneo, véase la Figura 15. Típicamente el siguiente paso será entonces eliminar por corte parte de la superficie (material) del escaneo que no es necesaria. El corte se puede realizar mediante una herramienta 1502 de corte basada en splines, selecciones triangulares u otras herramientas de selección/corte.

- Para crear un modelo sólido básico se puede fijar o conectar la superficie cortada del escaneo a una base virtual. La base virtual se puede crear combinando la superficie del escaneo con un modelo base, por ejemplo, combinando una base CAD con la superficie del escaneo mediante la creación de una superficie de conexión entre las dos superficies. En la Figura 16 se ilustra una variante del proceso en la que la superficie 1600 cortada del escaneo se combina con una base 1601 que se crea extendiendo verticalmente la superficie cortada hacia el interior de una superficie común, en este caso un plano. El proceso también se muestra en las Figuras 9a a 9b y en las Figuras 10a a 10b. Esto se puede percibir como la formación de una nueva base que consiste en el material que no está situado entre dos superficies del escaneo original.
- Para la restauración se necesita crear modelos Maxilar (superior) y Mandibular (inferior). Recuérdese que la posición física relativa correcta ya se conoce de la alineación anterior.
- Una extensión importante a la base virtual es añadir al modelo sólido una interfaz 1605 con el articulador tal que los modelos fabricados se puedan insertar y articular en articuladores estándar. Se obtendrían resultados óptimos usando articuladores calibrados. Para minimizar el coste del modelo de fabricación podría ser ventajoso insertar una interfaz 1606 fabricada previamente entre el modelo y el articulador.
- Como se ha mencionado, el paso de fijar una base se lleva a cabo principalmente de tal manera que la superficie cortada del escaneo será parte de una forma sólida que es necesaria para una representación física tal como por ejemplo un modelo fabricado. Por consiguiente, parte de la base de la forma sólida o toda ella se puede cortar posteriormente de manera virtual o después de la fabricación.
- Tradicionalmente el recortado de la preparación se realiza para eliminar la zona gingival y crear accesibilidad al área de la línea de margen para el diseño de la corona. Obsérvese que para el recortado tradicional de la preparación no existe información disponible que no esté presente en la impresión. De esta forma el recortado se puede realizar virtualmente 1202 incluso mejorando la calidad debido al entorno controlado. El recortado virtual se podría realizar seleccionando el área que se quiere eliminar del modelo. Una manera de realizar esta selección es colocando una curva tal como una spline sobre la parte de la superficie correspondiente a la línea de margen. El recortado se podría realizar entonces eliminando la superficie fuera de la línea de margen y creando una superficie 1701, 1802 artificial que conecte la línea de margen con el resto del modelo 1802 y/o de la preparación 1701. En muchas situaciones se prefiere también fabricar una corona dental y/o un diente protésico, puente o similar a partir del mismo modelo que forma la base para fabricar el modelo. De esta manera ambos se pueden fabricar a partir del modelo tridimensional y la interacción se puede investigar físicamente.
- El seccionamiento del modelo 1A01 típicamente en las preparaciones individuales se realiza para permitir que los técnicos dentales accedan fácilmente a las coronas y trabajen sobre ellas, véase la Figura 1a. Una parte integrada del seccionamiento es el sistema de posicionamiento para que las secciones individuales se puedan eliminar del modelo y se puedan volver a insertar en el modelo conservando la posición original. Típicamente los medios de posicionamiento son pines fijados a las secciones y que encajan con precisión en la base. Otros ejemplos incluyen tornillos, pernos, taladros que incluyen o excluyen roscas, y pulsadores. Preferiblemente, se incluyen medios de posicionamiento en cualquiera de las secciones que resultan del seccionamiento descrito más adelante.
- El seccionamiento virtual 1603 puede replicar el seccionamiento con sierra clásico mediante el uso de cortes planos como se ilustra en la Figura 16. A continuación se pueden añadir los pines 1700 y se pueden crear orificios 1604 correspondientes usando suma y resta booleana de modelos CAD. Sin embargo, la técnica virtual proporciona la oportunidad de crear medios de seccionamiento y de posicionamiento más avanzados y opcionalmente integrados 1800 por ejemplo usando funciones booleanas. Debido a la flexibilidad del proceso de diseño CAD para seccionamiento y posicionamiento se puede aplicar casi cualquier forma, como cilindros, triángulos, esferas, conos 1800 o una combinación de estos 1800. También se pueden crear mangos 1801 para fácil eliminación y posicionamiento por ejemplo usando funciones booleanas.
- En la Figura 19 se muestra un ejemplo de un modelo 1900 fabricado montado en un articulador 1901 estándar. El modelo se fabrica usando impresión 3D.
- También se pueden añadir estructuras adicionales para elementos dentales. Estas estructuras pueden ser el elemento dental completo o parcial o interfaces con el elemento dental. Un ejemplo importante es la impresión del implante/análogo directamente como una parte del modelo, de tal manera que las estructuras diseñadas, por ejemplo un pilar o una superestructura a medida, se pueden montar directamente sobre el modelo. Para estructuras de implante difíciles o debido a requisitos del material podría ser preferible añadir una interfaz para el implante/análogo, tal como una ranura, para que el implante/análogo se pueda montar después en el modelo fabricado. Ejemplos en otros elementos dentales son fijaciones, sistemas de enclavamiento y otras estructuras de soporte de diseños de corona/puente.
- Aunque el texto se refiere a escaneos de impresiones dentales, para la persona con experiencia en la técnica resulta evidente que se pueden utilizar los mismos métodos y sistemas para otros tipos de escaneos de la región de la boca tales como escaneos 3D tradicionales de modelos en yeso, escaneos directamente intraorales, escaneos CT, MR o de rayos X. Además de la fabricación de partes de las coronas dentales o de dichas coronas dentales completas también puede ser posible fabricar pilares de cicatrización a medida basándose en los métodos descritos anteriormente.

**Referencias**

La Patente US N° 6.579.095 (Mating parts scanning and registration methods)

Brian Curless and Marc Levoy, "Better optical triangulation through spacetime analysis", 1995 5th International Conference on Computer Vision, Boston, MA, 20-23 June 1995.

- 5 P. J. Besl and N. D. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, February 1992 (Vol. 14, No. 2) pp. 239-256.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para obtener orientación y localización de al menos un implante dental que comprende los siguientes pasos:
  - 5 a. obtener una impresión (1203) que comprenda al menos un pilar (1202) de impresión fijado correspondiente a dicho al menos un implante dental (1200),
  - b. obtener información predeterminada de la forma del pilar (1202) de impresión,
  - c. escanear al menos una parte de dicha impresión (1203), donde dicha parte comprende el al menos un pilar (1202) de impresión obteniendo de ese modo datos escaneados,
  - 10 d. determinar la orientación y localización del implante dental (1200) basándose en dicha información predeterminada y en dichos datos escaneados.
2. Un método de obtener orientación y localización de al menos un implante dental que comprende los siguientes pasos:
  - 15 a. obtener una impresión (1203) que comprenda al menos un pilar (1202) de impresión fijo correspondiente al citado al menos un implante dental (1200) sobre el cual se monta un análogo (1300) para escaneo,
  - b. obtener información predeterminada de la forma del análogo (1300) para escaneo,
  - e. escanear al menos una parte de dicha impresión (1203), donde dicha parte comprende el al menos un análogo (1300) para escaneo obteniendo de ese modo datos escaneados,
  - 20 c. determinar la orientación y localización del implante dental (1200) basándose en dicha información predeterminada y en dichos datos escaneados.
3. El método de la reivindicación 1 ó 2, que comprende además un paso de obtener un modelo tridimensional basándose en los datos escaneados.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual las citadas orientación y localización se basan además en escaneos obtenidos mediante uno o más escaneos intraorales, escaneos CT, MR o de rayos X o una combinación de ellos.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual la información predeterminada es un modelo CAD.
6. Un producto de programa informático que incluye un medio magnético, teniendo dicho medio magnético un programa informático almacenado en él, comprendiendo dicho programa para la obtención de orientación y localización de al menos un implante dental código informático para realizar los pasos del método definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 30

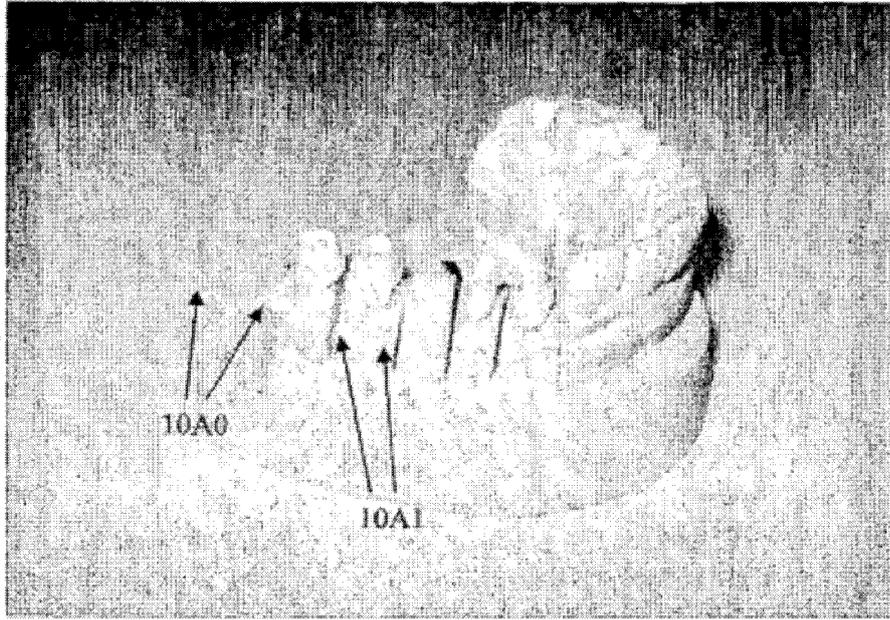


Fig. 1a

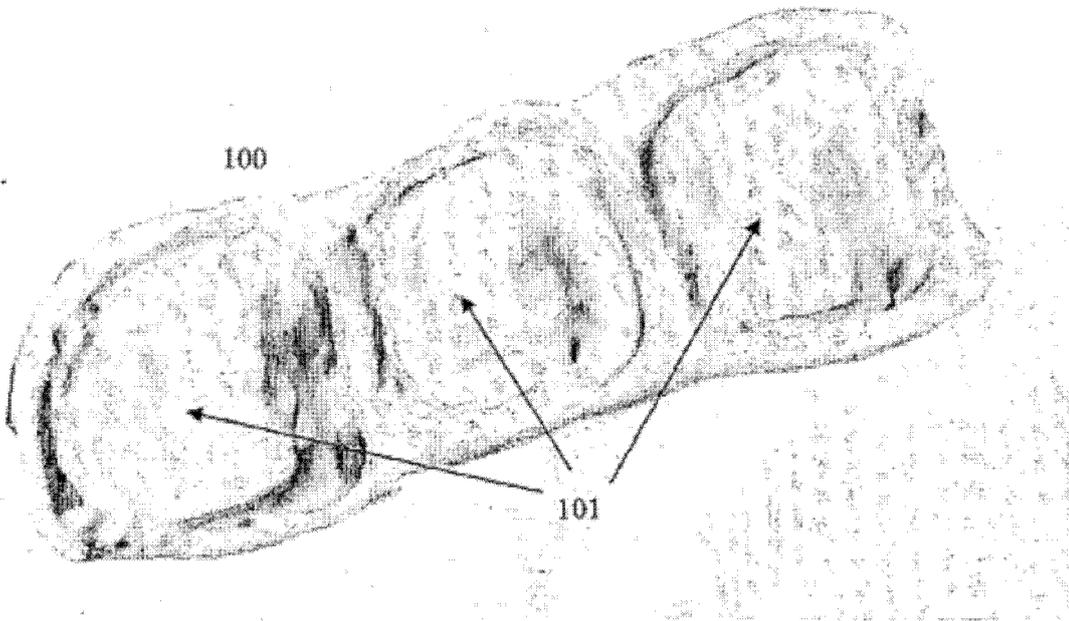


Fig. 1b

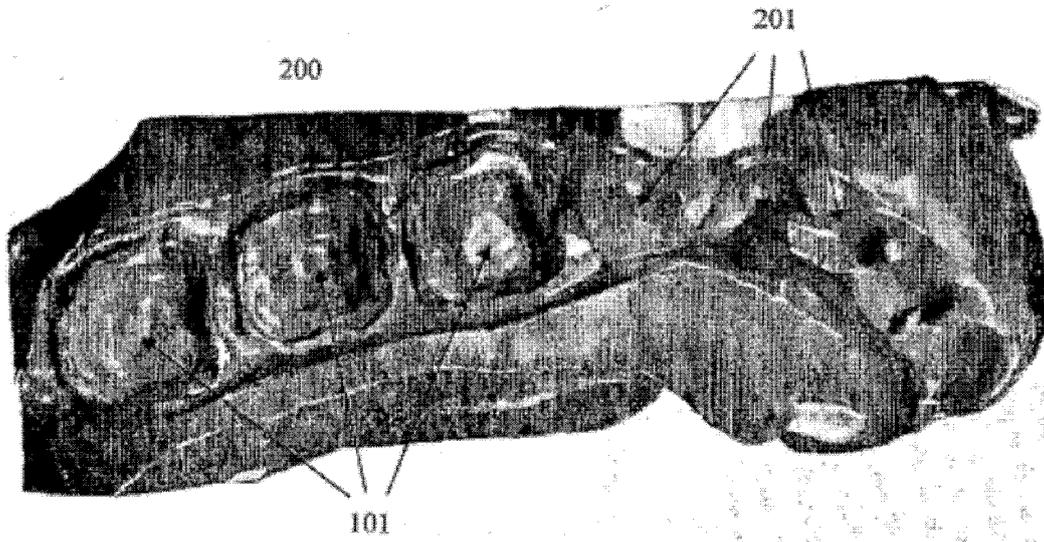


Fig. 2

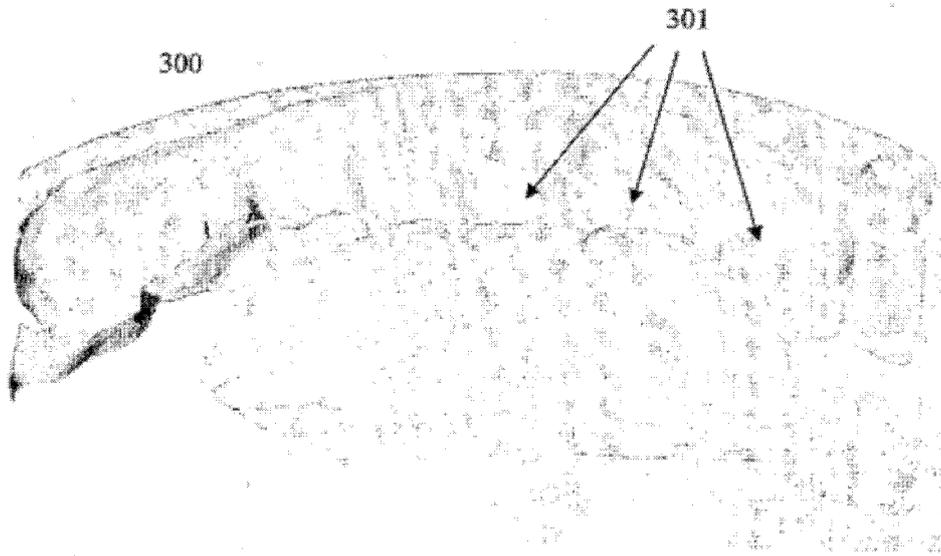


Fig. 3

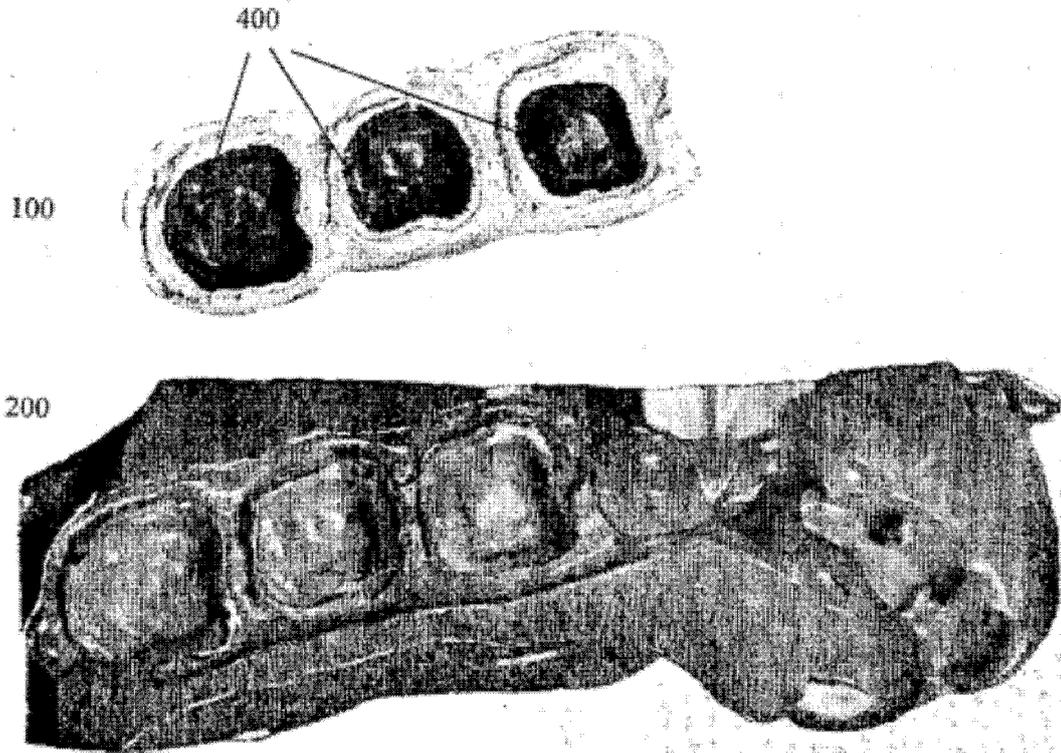


Fig. 4

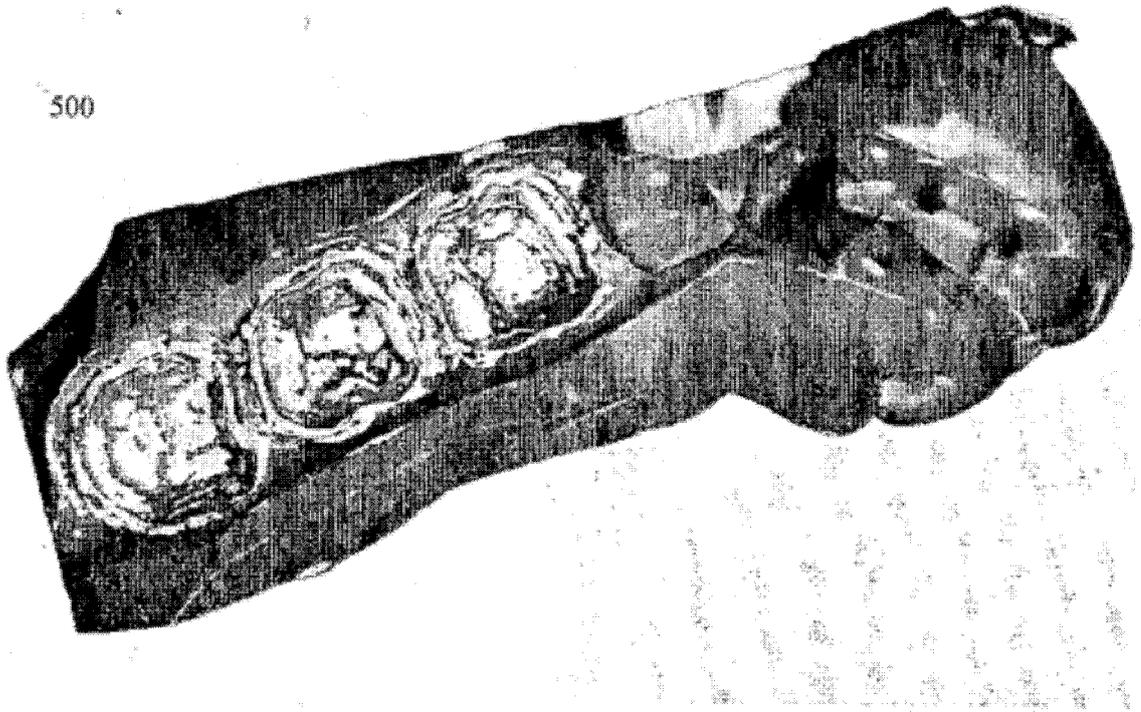


Fig. 5

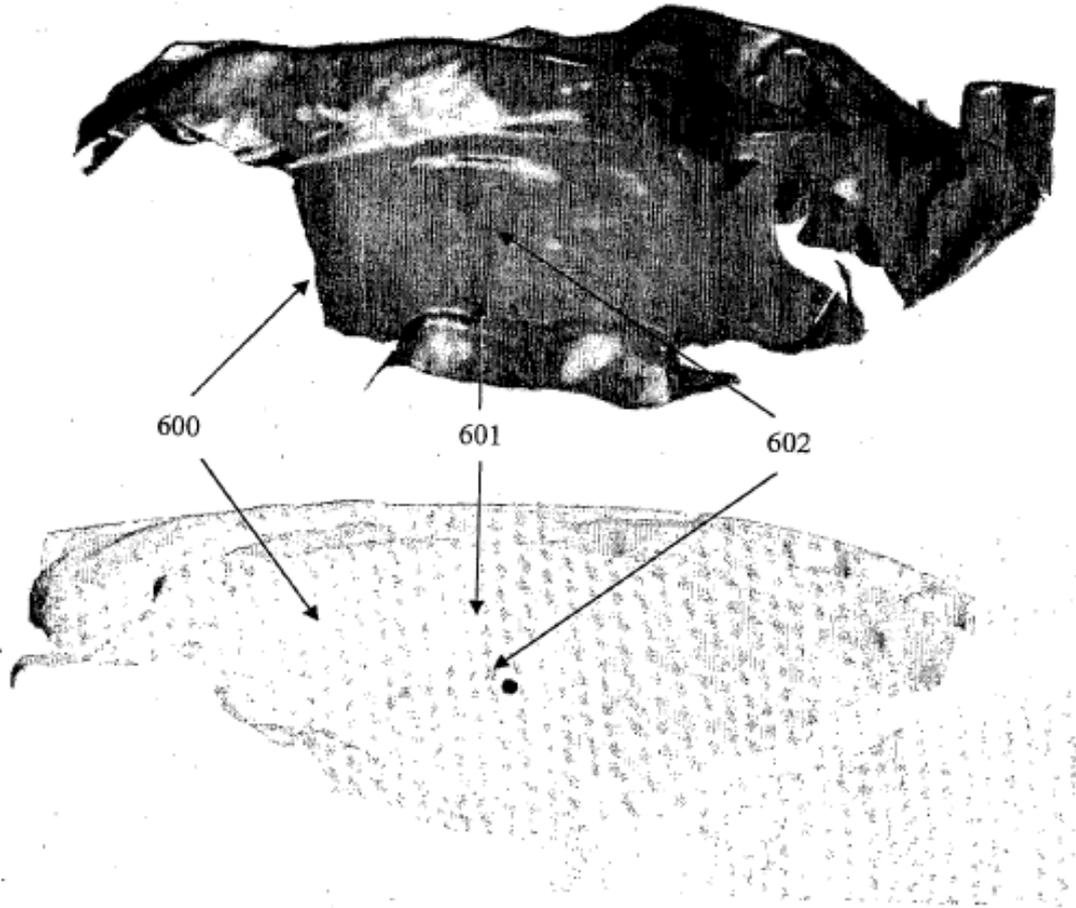


Fig. 6

700

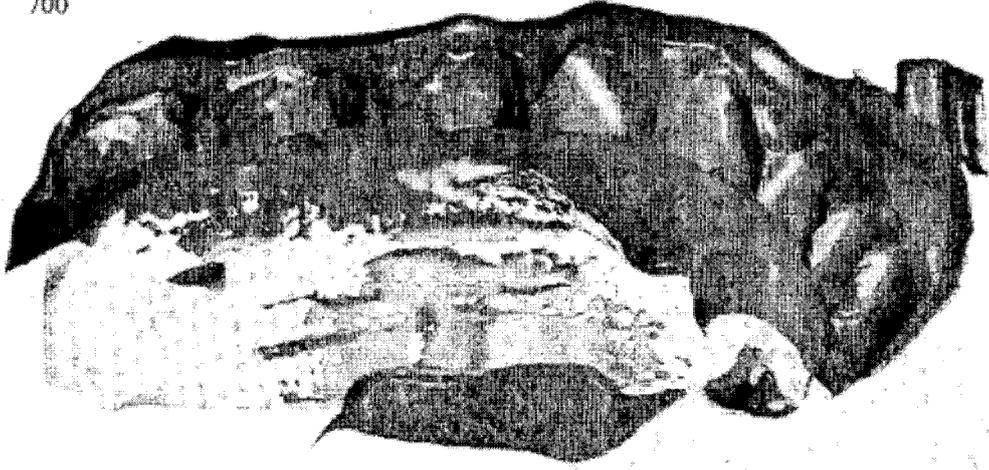


Fig. 7

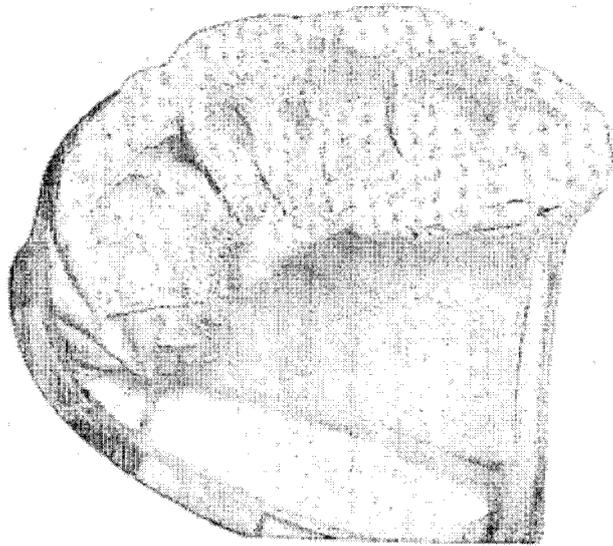


Fig. 8



Fig. 9a

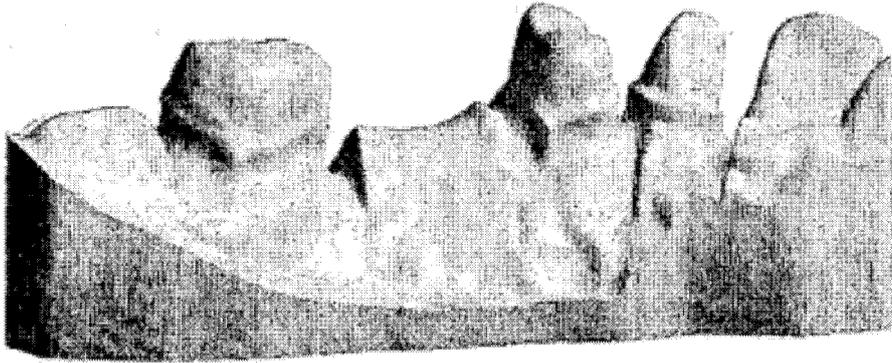


Fig. 9b

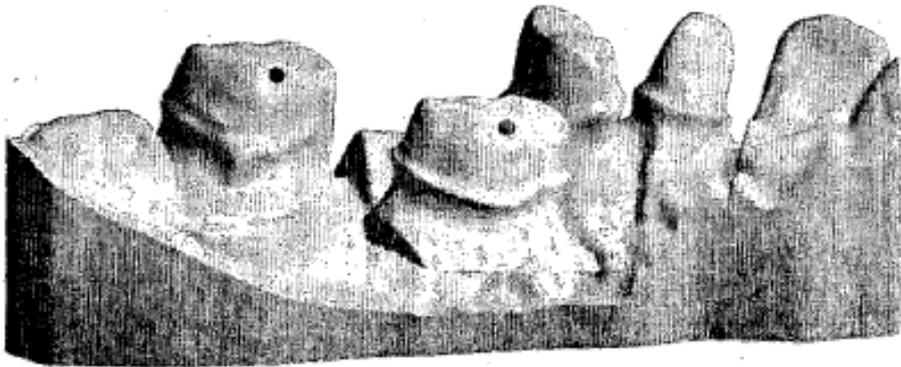


Fig. 9c

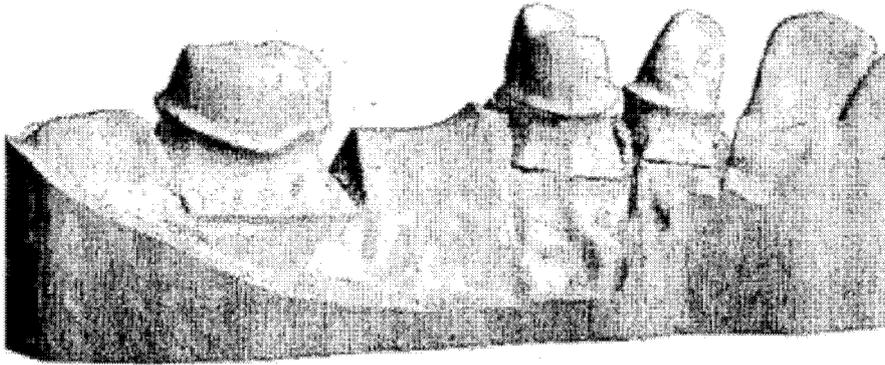


Fig. 9d

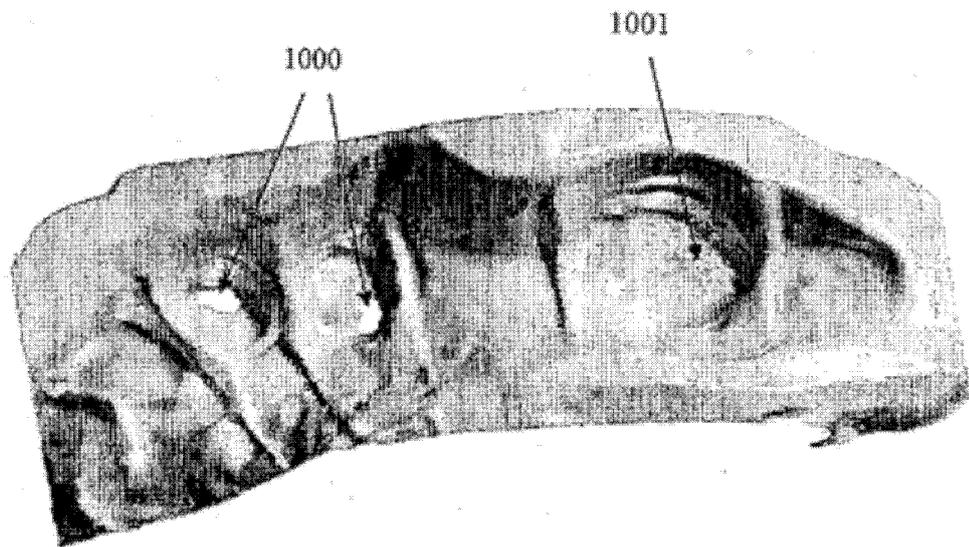


Fig. 10a

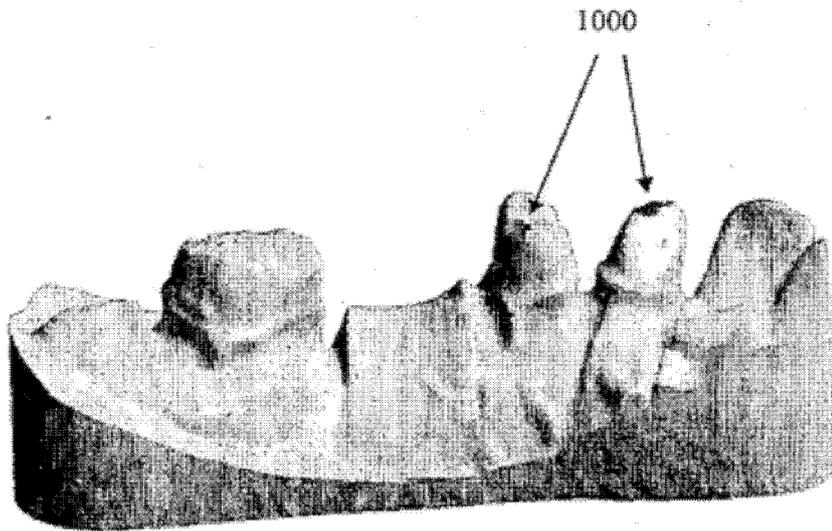


Fig. 10b

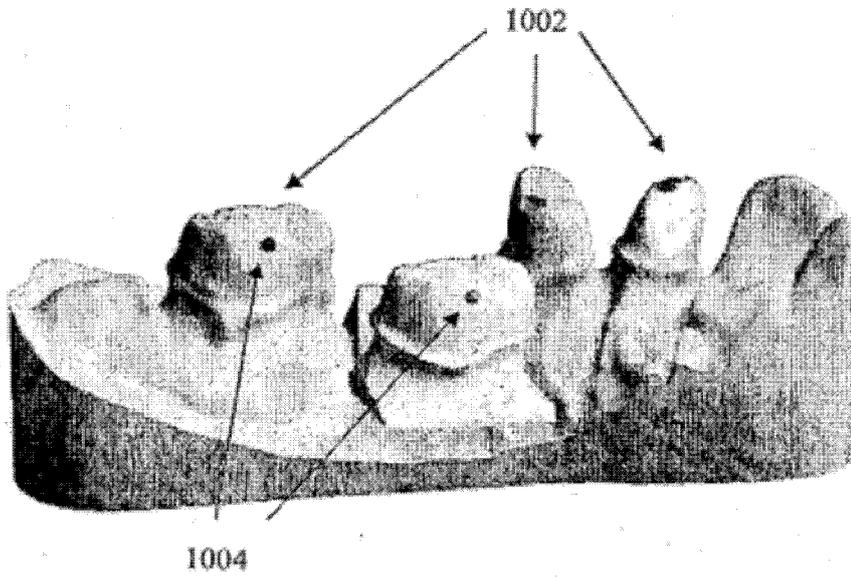


Fig. 10c

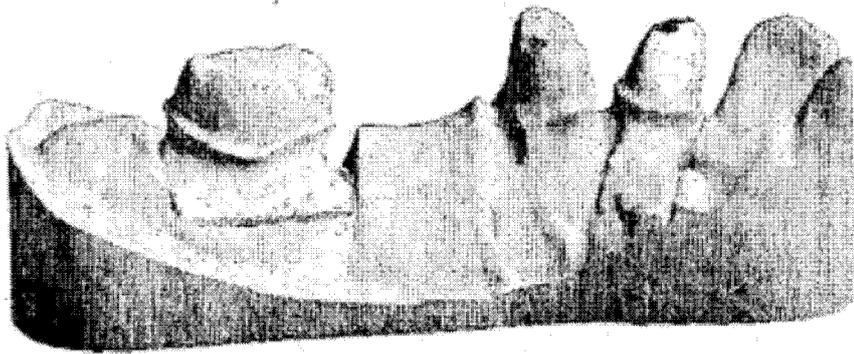


Fig. 10d

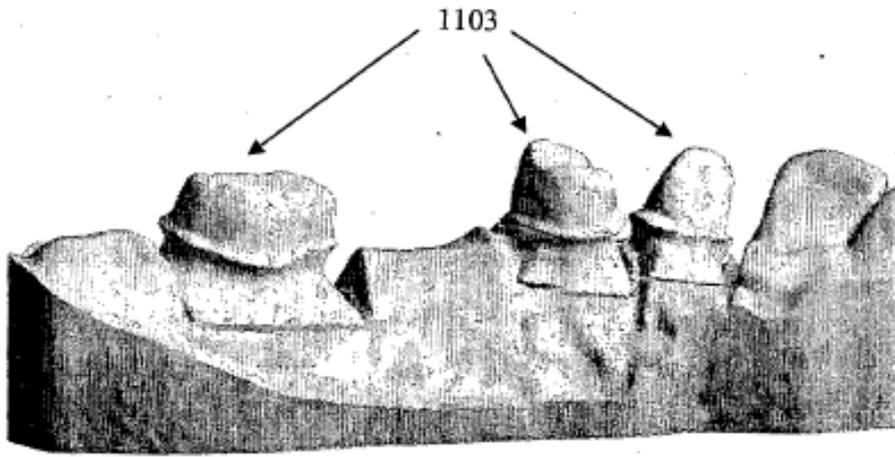


Fig. 10e

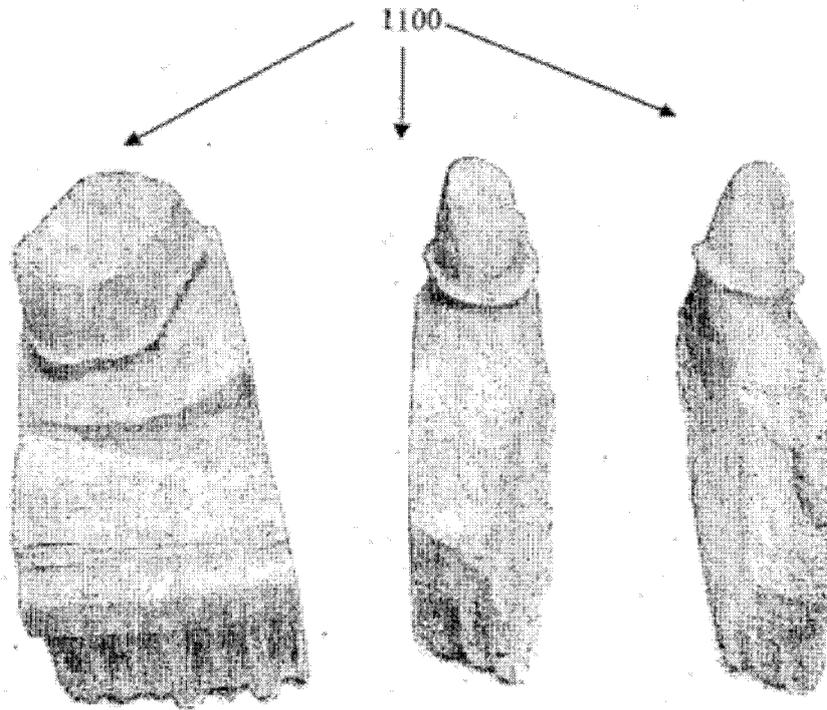


Fig. 11a

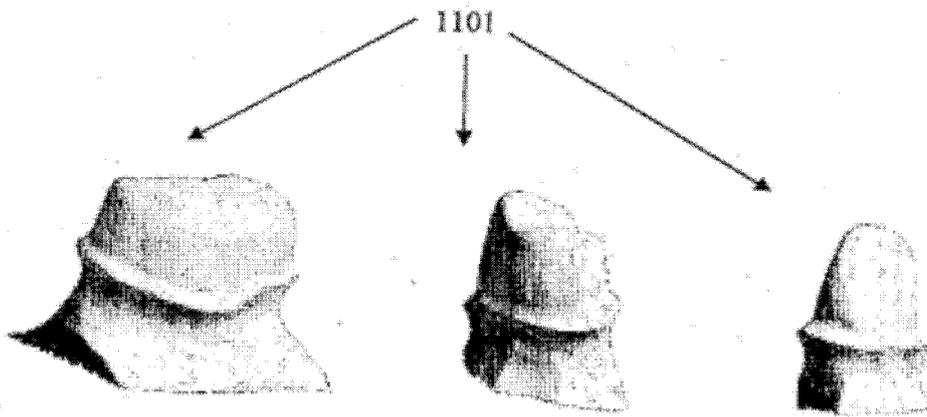


Fig. 11b

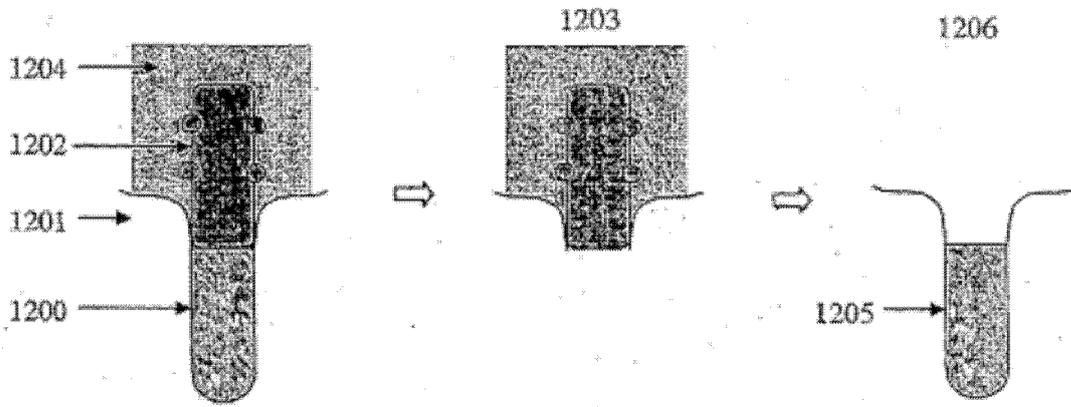


Fig. 12

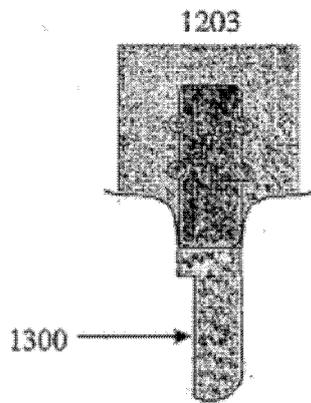


Fig. 13

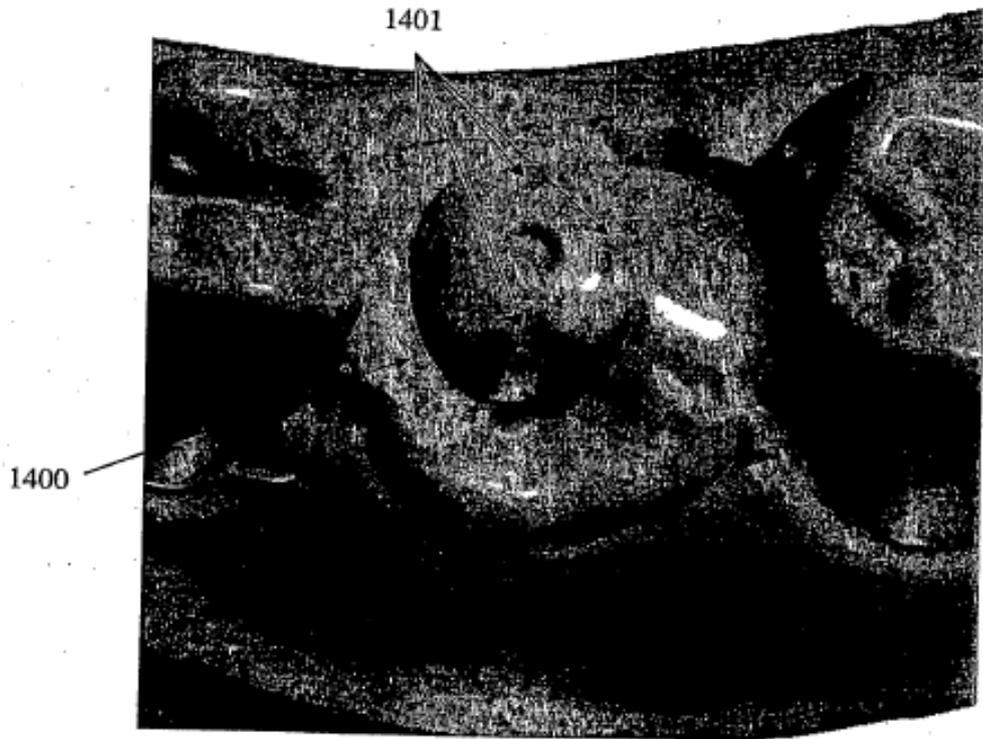


Fig. 14

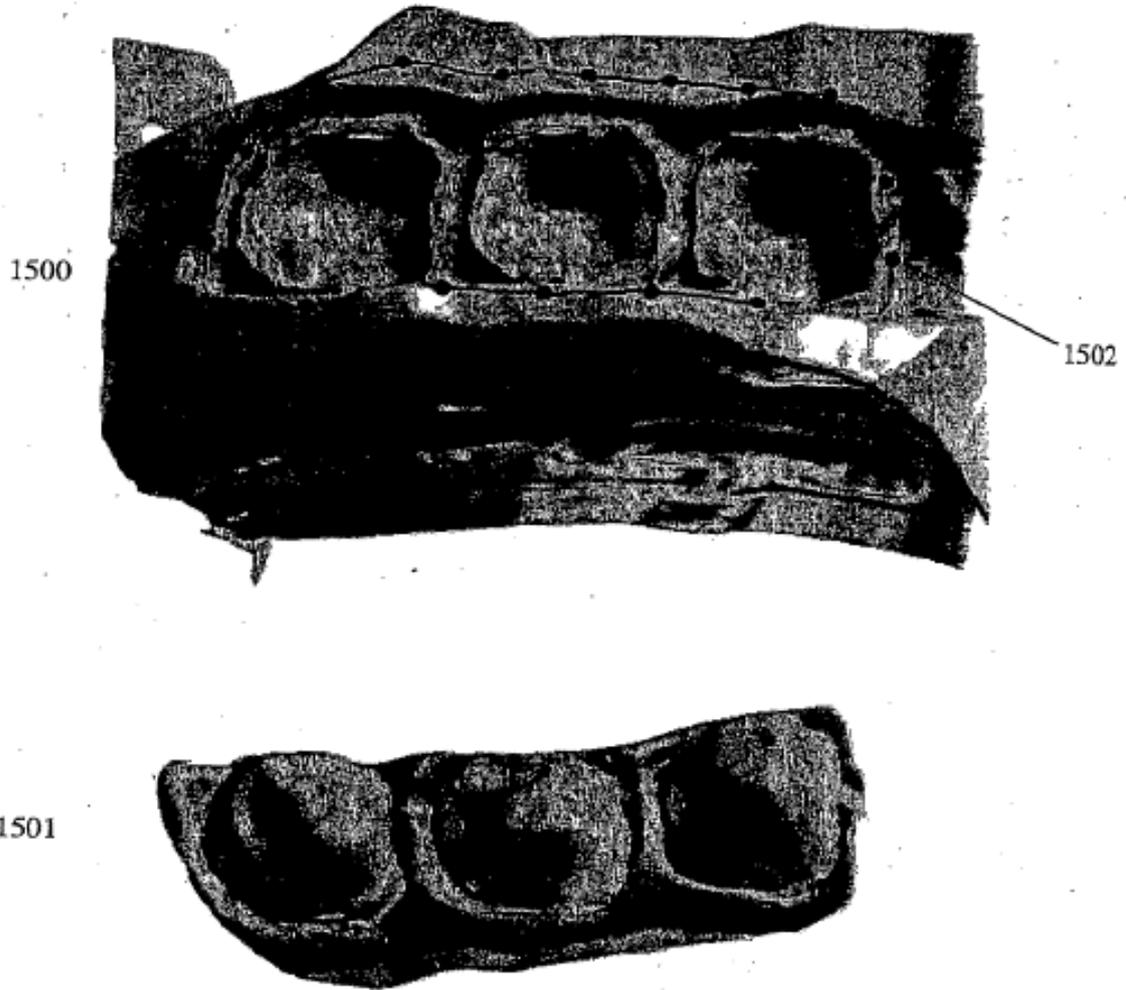


Fig. 15

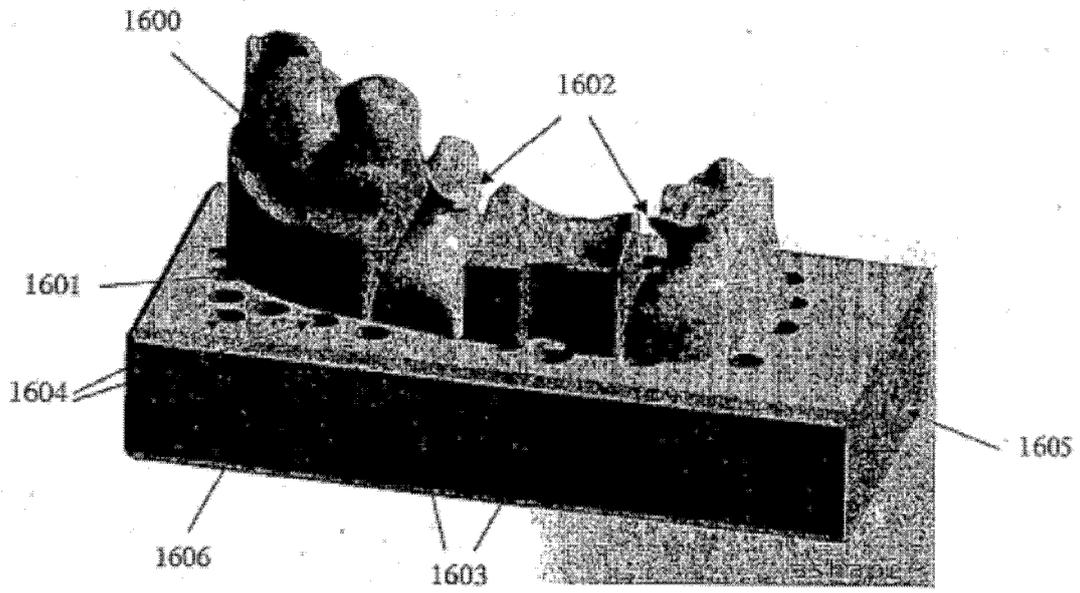


Fig. 16

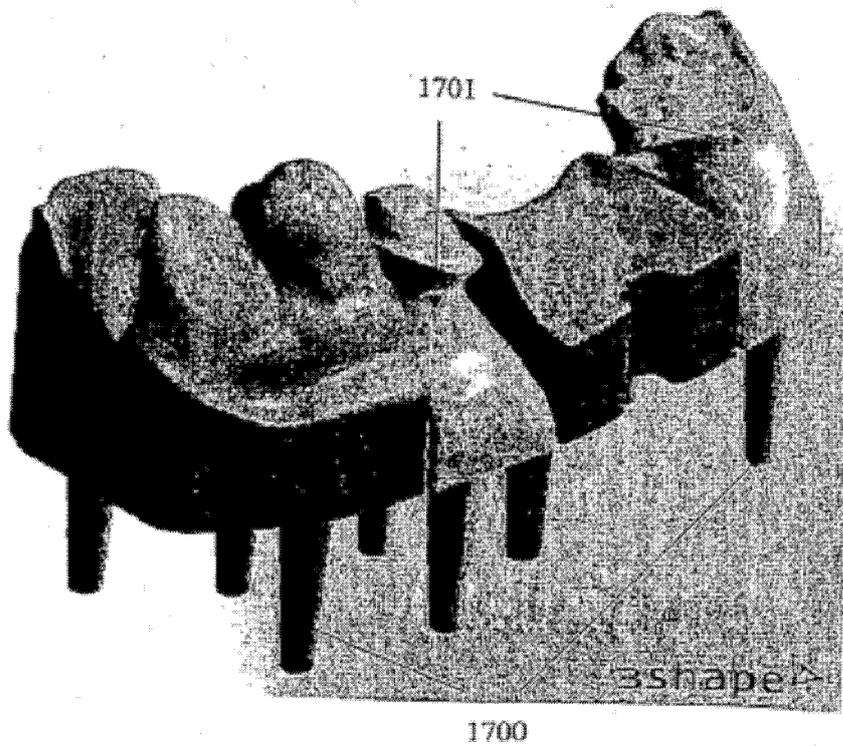


Fig. 17

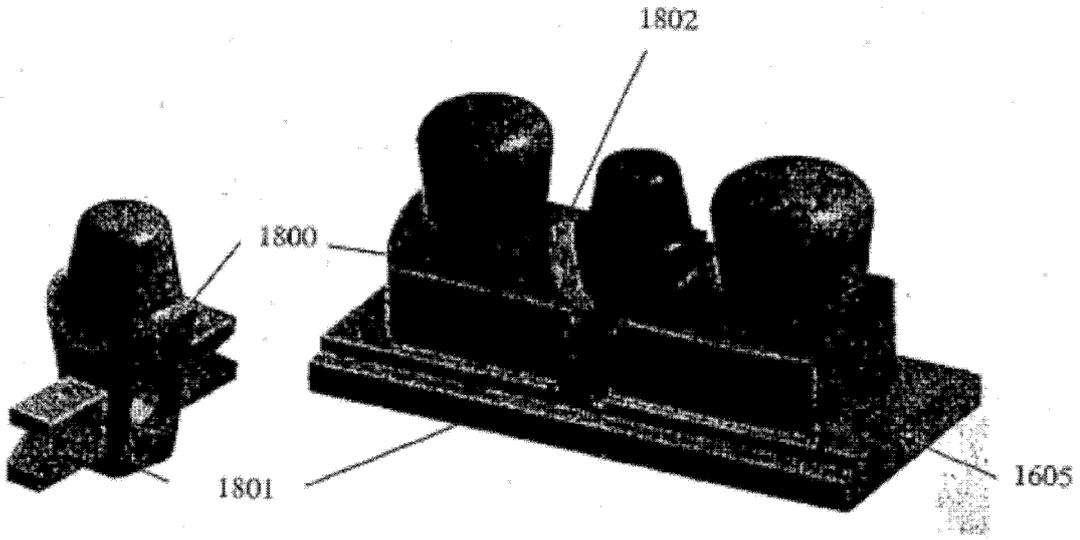


Fig. 18

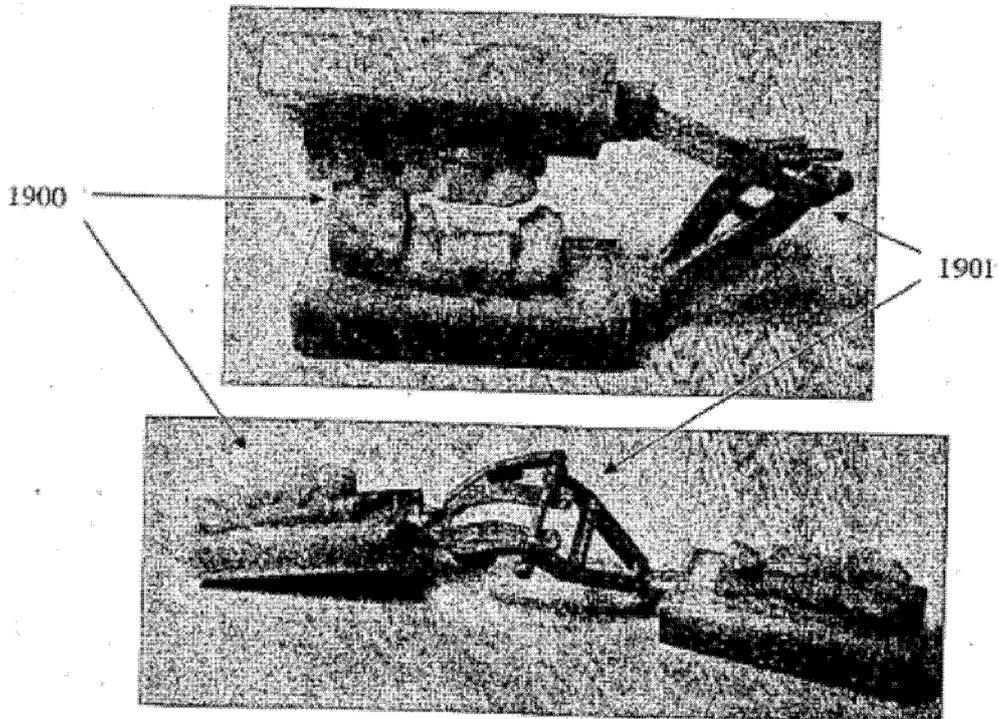


Fig. 19