

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 724**

51 Int. Cl.:

A61C 13/01 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 50/02 (2015.01)
B29C 64/124 (2007.01)
B29C 64/40 (2007.01)
B29C 64/393 (2007.01)
A61C 13/00 (2006.01)
B33Y 80/00 (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2019** **E 23160330 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024** **EP 4215151**

54 Título: **Métodos de impresión tridimensional para fabricar un aparato dental**

30 Prioridad:

03.05.2018 US 201862666396 P

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

30.10.2024

73 Titular/es:

DENTSPLY SIRONA INC. (100.0%)
Susquehanna Commerce Center 221 West
Philadelphia Street, Suite 60
York, PA 17401, US

72 Inventor/es:

AMMON, DAN y
HASAN, MD ABU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 984 724 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Métodos de impresión tridimensional para fabricar un aparato dental

Esta solicitud de patente es una solicitud divisional de la solicitud de patente europea No. 19 724 666.3.

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a métodos para la impresión tridimensional (3D) (también conocida como fabricación aditiva) de un aparato dental. Más particularmente, la invención se refiere a métodos para preparar modelos digitales tridimensionales para la fabricación de al menos una base de prótesis dental usando una composición líquida fotopolimerizable con un aparato de impresión 3D basado en luz.

Antecedentes

- 10 En el campo de la impresión 3D, obtener objetos impresos que tengan buena precisión dimensional, características superficiales consistentes y una resolución suficiente de la textura o suavidad de la superficie en relación con el diseño digital previsto está entre los desafíos clave que se encuentran al usar un aparato de impresión 3D para fabricar objetos que poseen geometría de superficie compleja o características intrincadas. Históricamente, generalmente se considera que tanto las impresoras SLA estándar como las impresoras DLP-SLA tienen la mejor capacidad para proporcionar las características de calidad de impresión más altas, como precisión, resolución y acabado superficial de los objetos impresos. Estas características de calidad de impresión pueden verse influenciadas por muchos factores comúnmente conocidos en el aparato de impresión (por ejemplo, calidad y resolución de la fuente de luz u óptica utilizadas), así como por la selección de condiciones o parámetros básicos del proceso de impresión (por ejemplo, espesor de corte o capa, y tiempo de exposición para fotocurado). Sin embargo, en el campo de la impresión de prótesis dentales, no se ha apreciado ni comprendido bien que la orientación de la base de una prótesis dental en relación con la plataforma de construcción 3D también puede estar entre los factores clave que influyen en las características de calidad de impresión final que se pueden obtener para una base de dentadura postiza impresa. Dependiendo de la ubicación angular y posicional establecida para la base de una dentadura postiza en relación con la plataforma de construcción 3D, las desviaciones dimensionales en la base de la dentadura postiza impresa (en comparación con el modelo digital del diseño previsto) pueden variar desde distorsiones superficiales menores y limitadas hasta cambios extensos e importantes en el tamaño general o incluso en la forma debido a la deformación del objeto. Estos cambios importantes de tamaño o forma pueden resultar, al menos en parte, de los efectos de las fuerzas gravitacionales en diferentes áreas de la base de la dentadura postiza durante la formación inicial y el curado de la estructura. Aumentar o mejorar el tamaño, el número o la ubicación de las estructuras de soporte extraíbles creadas durante el proceso de impresión puede ayudar a mitigar algunos de estos problemas de precisión dimensional. Sin embargo, para la mayoría de las colocaciones angulares y posicionales de una base de dentadura postiza, el tamaño, la frecuencia o la ubicación de los puntos de unión de la estructura de soporte a la base de la dentadura postiza dan como resultado contrapartidas en la calidad del acabado de la superficie y/o la integridad del ajuste logrado en el lado que mira hacia las cavidades para los dientes, las propias cavidades para los dientes y/o el lado que mira hacia el tejido de la base de la dentadura postiza impresa.

El documento US 2014/308624 A1 se refiere a un procedimiento para producir una prótesis dental mediante estereolitografía. El documento US 2008/206710 A1 se refiere al posicionamiento y soporte de una prótesis dental durante la fabricación mediante procesamiento selectivo de polvo con láser.

- 40 Por las razones anteriores, existe la necesidad de métodos mejorados para utilizar un aparato de impresión 3D basado en luz con una composición fotopolimerizable líquida para producir bases para dentaduras postizas que posean una precisión dimensional mejorada y características de acabado superficial sobresalientes consistentes con la geometría nominal prevista, características y tamaño de la información del modelo de diseño digital asistido por ordenador proporcionado a un aparato de impresión 3D basado en luz.

Compendio

- 45 La presente invención está dirigida a métodos para fabricar bases de prótesis dentales, utilizando un aparato de impresión tridimensional basado en luz, que satisface estas y otras necesidades. El aparato de impresión tridimensional puede utilizar cualquier técnica de fotocurado basada en luz, tal como estereolitografía basada en láser (láser SLA), estereolitografía de procesamiento de luz digital (DLP-SLA) o estereolitografía enmascarada (MSLA). Los avances más recientes en los procesos de impresión continua, tales como los procesos denominados de fabricación continua de luz digital (cDLM) y producción continua de interfaz líquida (CLIP), pueden ser particularmente útiles con los métodos de la presente invención.

- 55 Los métodos según la invención para fabricar al menos una base de prótesis dental utilizando un aparato de impresión tridimensional basado en luz pueden comprender las etapas de: (a) preparar, en un software de diseño asistido por ordenador, un modelo de referencia virtual de una base de prótesis dental, en donde el proceso de preparación de un modelo de referencia virtual de una base de dentadura postiza comprende las etapas de: (i) seleccionar un modelo digital tridimensional de una base de dentadura postiza, comprendiendo el modelo digital tridimensional de una base de dentadura postiza un diente el lado que mira a las bolsas, un lado que mira al tejido en el lado opuesto del lado que

mira a las bolsas para los dientes, y un borde de dentadura postiza que se extiende alrededor del borde periférico de la base de la dentadura protésica, formando un límite entre el lado que mira a las bolsas para los dientes y el lado que mira al tejido ; (ii) manipular la orientación espacial del modelo digital tridimensional de una base de dentadura protésica para colocar la base de dentadura postiza en una posición sustancialmente horizontal, en donde el lado que mira a las cavidades para los dientes está dispuesto en una orientación orientada hacia arriba o hacia abajo ; (iii) aplicar un cuadro delimitador mínimo que abarque el modelo digital tridimensional de una base de prótesis dental; (iv) asignar un sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales de referencia (x-y-z) al modelo digital tridimensional de una base de dentadura postiza dentro del cuadro delimitador mínimo, en donde el sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales de referencia está alineado con el perímetro del mínimo cuadro delimitador, y además en donde un plano de referencia de orientación está alineado con el borde base del cuadro delimitador mínimo; y (v) eliminar el cuadro delimitador mínimo; (b) preparar, en software de un sistema informático en control operativo de un aparato de impresión tridimensional basado en luz, el modelo de referencia virtual y un modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble para impresión, en donde el proceso de preparar el modelo de referencia virtual y el modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble para impresión comprende las etapas de: (i) colocar el modelo de referencia virtual adyacente a una superficie de plataforma de construcción virtual proporcionada por el software, en donde el lado que mira al tejido del modelo de referencia virtual se coloca proximal a la superficie de la plataforma de construcción virtual; (ii) manipular la orientación espacial del modelo de referencia virtual, en donde el plano de referencia de orientación del modelo de referencia virtual está dispuesto en un ángulo de inclinación entre aproximadamente 65 grados y aproximadamente 80 grados con respecto a la superficie de la plataforma de construcción virtual, con las cavidades de los dientes anteriores proximales a la superficie de la plataforma de construcción virtual y a las cavidades de los dientes posteriores distales a la superficie de la plataforma de construcción virtual; y (iii) generar un modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble, conectando el modelo de referencia virtual a la superficie de la plataforma de construcción virtual; (c) proporcionar un depósito de composición fotopolimerizable líquida en contacto con una superficie de plataforma de construcción del aparato de impresión tridimensional basado en luz; (d) seleccionar, en el software del sistema informático en el control operativo del aparato de impresión tridimensional basado en luz, parámetros del proceso de impresión para fotocurar eficazmente la composición fotopolimerizable líquida de acuerdo con el modelo de referencia virtual y el modelo digital tridimensional de al menos al menos una estructura de soporte extraíble; y (e) ordenar al aparato de impresión tridimensional basado en luz que imprima al menos una base de prótesis dental y una estructura de soporte extraíble a partir de la composición fotopolimerizable líquida.

En un aspecto adicional de la invención, el proceso de generar un modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble puede comprender las etapas de establecer puntos de contacto de la estructura de soporte extraíble en áreas del lado que mira hacia las cavidades para los dientes y el borde de la dentadura postiza del modelo de referencia virtual, y excluyendo, o excluyendo sustancialmente, los puntos de contacto de la estructura de soporte extraíble de áreas en el lado que mira hacia el tejido y dentro de las cavidades para los dientes del modelo de referencia virtual.

En una realización, los métodos para fabricar bases de prótesis dentales pueden comprender además la etapa de retirar la al menos una estructura de soporte extraíble impresa de la superficie de la plataforma de construcción y la al menos una base de prótesis dental impresa después de completar la impresión.

En otra realización, los métodos para fabricar bases de prótesis protésicas pueden comprender además la etapa de realizar un tratamiento de lavado posterior a la impresión sobre la base de prótesis protésica impresa usando una composición solvente.

En otra realización, los métodos para fabricar bases de prótesis protésicas pueden comprender además la etapa de realizar un tratamiento de curado secundario en la base de prótesis protésica impresa.

En otra realización más, los métodos para fabricar bases de prótesis dentales pueden comprender además la etapa de realizar un proceso de escalado digital correctivo en el modelo de referencia virtual para fabricar al menos una base de prótesis dentales.

Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características, aspectos, realizaciones de ejemplo y ventajas de la presente invención se comprenderán mejor con respecto a la siguiente descripción, las reivindicaciones y los dibujos adjuntos, en los que:

La FIGURA 1A muestra una vista superior del "lado que mira hacia las cavidades de los dientes" de un modelo digital tridimensional (3D) de una base de prótesis dental superior (maxilar).

La FIGURA 1B muestra una vista superior del "lado que mira hacia las cavidades de los dientes" de un modelo digital tridimensional (3D) de una base de prótesis dental inferior (mandibular).

La FIGURA 2A muestra una vista superior del "lado que mira hacia el tejido" de un modelo digital tridimensional (3D) de una base de prótesis dental superior (maxilar) (es decir, el lado anverso del "lado que mira hacia las cavidades para los dientes").

La FIGURA 2B muestra una vista superior del "lado que mira hacia el tejido" de un modelo digital tridimensional (3D) de una base de prótesis dental inferior (mandibular) (es decir, el lado anverso del "lado que mira hacia las cavidades para los dientes").

5 La FIGURA 3A muestra una vista de perfil o lateral de un modelo digital tridimensional (3D) de una base de dentadura postiza, colocada en una posición sustancialmente horizontal con el "lado que mira hacia las cavidades para los dientes" en una orientación orientada hacia arriba.

10 La FIGURA 3B muestra una vista de perfil o lateral de un modelo digital tridimensional (3D) de una base de dentadura postiza, colocada en una posición sustancialmente horizontal con el "lado que mira hacia las cavidades para los dientes" en una orientación que mira hacia arriba, y muestra además un cuadro delimitador mínimo que abarca el modelo digital.

La FIGURA 4 muestra un sistema de coordenadas x-y-z tridimensional de referencia (3D) y un "plano de referencia de orientación" (plano xy en este ejemplo) asociado con un "cuadro delimitador mínimo" que abarca un modelo digital de base de dentadura postiza.

15 La FIGURA 5A muestra una representación en vista lateral de una plataforma de construcción virtual para un aparato de impresión 3D acompañada por un modelo de referencia virtual para una base de dentadura postiza colocada en un ángulo de inclinación de 0° adyacente a la plataforma de construcción virtual (con el "lado que mira hacia el tejido" proximal a la construcción virtual).

20 La FIGURA 5B muestra una vista lateral de una plataforma de construcción virtual para un aparato de impresión 3D acompañada de ejemplos de un modelo de referencia virtual para una base de dentadura postiza colocada en diferentes ángulos de inclinación con respecto a la plataforma de construcción virtual.

Las FIGURAS 6A, 6B y 6C muestran diferentes puntos de vista de un modelo de base de dentadura postiza virtual conectado a una plataforma de construcción virtual mediante un tipo ejemplar de estructura de soporte.

25 La FIGURA 7 muestra una imagen de ejemplo de un "mapa de colores" que compara el "lado que mira hacia las cavidades para los dientes" de una base de dentadura postiza maxilar impresa (una que ha sido escaneada en 3D para generar un perfil de superficie digital) con la base de dentadura postiza del modelo de referencia virtual desde la que se imprimió.

La FIGURA 8A muestra una imagen de ejemplo de un "mapa de colores" que compara el "lado que mira hacia el tejido" de una base de dentadura maxilar impresa (una que ha sido escaneada en 3D para generar un perfil de superficie digital) con la base de dentadura postiza del modelo de referencia virtual desde la que se imprimió.

30 La FIGURA 8B muestra una imagen de ejemplo de un "mapa de colores" que compara el "lado que mira hacia el tejido" de una base de dentadura mandibular impresa (una que ha sido escaneada en 3D para generar un perfil de superficie digital) con la base de dentadura postiza del modelo de referencia virtual desde la que se imprimió.

35 La FIGURA 9A muestra un "mapa de colores" que compara el lado que mira hacia el tejido de una base de prótesis dental impresa superior (maxilar), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió, que se imprimió en un ángulo de inclinación de 45°.

La FIGURA 9B muestra un mapa de colores que compara el lado que mira hacia el tejido de una base de prótesis dental impresa superior (maxilar), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió, que se imprimió en un ángulo de inclinación de 70°.

40 La FIGURA 9C muestra un mapa de colores que compara el lado que mira hacia el tejido de una base de prótesis dental impresa superior (maxilar), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió, que se imprimió con un ángulo de inclinación de 85°.

Descripción detallada

45 En el compendio anterior, y en la descripción detallada y las reivindicaciones presentadas a continuación, junto con los dibujos adjuntos, se hace referencia a características y realizaciones particulares de la invención. Debe entenderse que la divulgación de la invención en esta memoria descriptiva incluye todas las combinaciones posibles de tales características particulares. Por ejemplo, cuando una característica particular se divulga en el contexto de un aspecto o realización particular de la invención, o una reivindicación particular, esa característica también puede usarse, en la medida de lo posible, en combinación con y/o en el contexto de otros aspectos particulares y realizaciones de la invención, y en la invención en general.

50 Cuando en el presente documento se hace referencia a un método que comprende dos o más etapas definidas, las etapas definidas se pueden llevar a cabo en cualquier orden o simultáneamente (excepto cuando el contexto excluya esa posibilidad), y el método puede incluir uno o más etapas que se llevan a cabo antes de cualquiera de las etapas definidas, entre dos de las etapas definidas o después de todas las etapas definidas (excepto cuando el contexto excluya esa posibilidad). Las siguientes definiciones adicionales se aplicarán a lo largo de la memoria descriptiva y las

reivindicaciones de la invención, a menos que se indique específicamente lo contrario.

El término "aproximadamente" se utiliza en el presente documento como un término de aproximación para significar más o menos 5 por ciento del valor especificado, preferiblemente más o menos 3 por ciento del valor especificado, más preferiblemente más o menos 1 por ciento del valor especificado.

- 5 Los términos "esencialmente" y "sustancialmente" se utilizan en el presente documento como términos de aproximación para denotar en gran parte, pero no necesariamente total o perfectamente, en relación con la naturaleza fundamental o característica predominante que se describe.

10 El término "al menos" seguido de un número se utiliza en el presente documento para indicar el inicio de un intervalo que comienza con ese número (que puede ser un intervalo que tiene un límite superior o ningún límite superior, dependiendo de la variable que se define). Por ejemplo, "al menos 1" significa 1 o más de 1.

15 Los términos "como máximo" o "no más que" seguidos de un número se utilizan en el presente documento para indicar el final de un intervalo que termina con ese número (que puede ser un intervalo que tiene 1 o 0 como límite inferior, o un intervalo que no tiene límite inferior, dependiendo de la variable que se esté definiendo). Por ejemplo, "como máximo 100" o "no más de 100" significa 100 o menos de 100. Cuando, en esta memoria descriptiva, se da un intervalo como "(un primer número) a (un segundo número)" o "(un primer número) - (un segundo número)", esto significa un intervalo cuyo límite inferior es el primer número y cuyo límite superior es el segundo número. Por ejemplo, de 1 a 5 mm significa un intervalo cuyo límite inferior es 1 mm y cuyo límite superior es 5 mm.

20 El término "y/o", tal como se utiliza en el presente documento, incluye todas y cada una de las combinaciones posibles de uno o más de los elementos enumerados asociados, así como la falta de combinación cuando se interpreta de forma alternativa ("o"). Por ejemplo, "A y/o B" significa A solo, B solo o A y B juntos o mezclas de estos.

25 Términos direccionales o espacialmente relativos, como "bajo", "debajo", "debajo de", "inferior", "sobre", "superior", "arriba", "parte superior", "izquierda", "derecha" y similares, pueden usarse en el presente documento para facilitar la descripción para describir la relación de un elemento o característica con otros elementos o características ilustradas en las figuras. Se entenderá que los términos espacialmente relativos pretenden abarcar diferentes orientaciones del dispositivo además de las orientaciones representadas en las figuras. Por ejemplo, si el dispositivo en las figuras estuviera invertido, los elementos o características descritos como "arriba" o "parte superior" de otros elementos o características se orientarían entonces "bajo" o "debajo" de los otros elementos o características. El dispositivo puede orientarse de otra manera (por ejemplo, rotarse a 90 grados u otras orientaciones) y los descriptores espacialmente relativos utilizados en el presente documento interpretarse en consecuencia. De manera similar, los términos "hacia arriba", "hacia abajo", "vertical", "horizontal" y similares se utilizan en el presente documento únicamente con fines de explicación relativa, a menos que se indique específicamente lo contrario.

30 El término "lado que mira hacia el tejido" se utiliza en el presente documento para indicar el lado que mira hacia el interior de una base de prótesis dental que descansa o se asienta sobre la encía (encías) que cubre la apófisis alveolar maxilar y/o mandibular. También puede denominarse superficie o lado calcográficos.

35 El término "lado que mira hacia las cavidades de los dientes" se utiliza en el presente documento para indicar el lado que mira hacia el exterior de una base de prótesis dental que es el anverso o el lado opuesto del "lado que mira hacia el tejido". También puede denominarse superficie de camafeo o lado de camafeo.

40 El término "borde de la dentadura postiza" se utiliza en el presente documento para denotar el límite o margen en la unión entre el lado que mira al tejido (superficie calcográfica) y el lado que mira a las cavidades de los dientes (superficie del camafeo) que se extiende alrededor del borde periférico de una base de prótesis dental.

45 El término "cuadro delimitador mínimo" (también conocido a veces como rectángulo delimitador mínimo) se utiliza en el presente documento para indicar un borde rectangular alrededor de una imagen, forma o texto digital que encierra completamente una imagen digital. Es una expresión de la extensión máxima de un objeto (o conjunto de objetos) dentro de su sistema de coordenadas 2D o 3D. Es el área o volumen más pequeño dentro del cual se encuentran todos los puntos de un objeto (o conjunto de objetos).

50 Las descripciones presentadas en el presente documento proporcionan explicaciones y ejemplos ilustrativos de métodos de fabricación mejorados para imprimir en 3D una base de prótesis dental. Los métodos para fabricar al menos una base de prótesis dental según la invención comprenden las etapas de: preparar, en un software de diseño asistido por ordenador, un modelo de referencia virtual de una base de prótesis dental; preparar, en software de un sistema informático de control operativo de un aparato de impresión tridimensional basado en luz, el modelo de referencia virtual y un modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble para impresión; proporcionar un depósito de composición fotopolimerizable líquida en contacto con una superficie de plataforma de construcción del aparato de impresión tridimensional basado en luz; seleccionar, en el software del sistema informático en el control operativo del aparato de impresión tridimensional basado en luz, parámetros del proceso de impresión para fotocurar eficazmente la composición fotopolimerizable líquida de acuerdo con el modelo de referencia virtual y el modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble; e ordenar al aparato de impresión tridimensional basado en luz que imprima al menos una base de prótesis dental y al menos una estructura de soporte

extraíble a partir de la composición líquida fotopolimerizable.

Los métodos para fabricar base de prótesis dental según una realización de la invención puede comprender además la etapa de extraer la al menos una estructura de soporte extraíble impresa de la superficie de la plataforma de construcción y la al menos una base para prótesis dental impresa después de completar la impresión. En cualquier otra realización, los métodos para fabricar base de prótesis dentales comprenden además la etapa de realizar un tratamiento de lavado posterior a la impresión sobre la base de prótesis dental impresa usando una composición disolvente. En cualquier otra realización, los métodos para fabricar bases de prótesis dentales comprenden además la etapa de realizar un tratamiento de curado secundario sobre la base de prótesis dental impresa.

En aún otra realización, los métodos para fabricar bases de prótesis dentales comprenden además la etapa de realizar un proceso de escalado digital correctivo en el modelo de referencia virtual para fabricar al menos una base de prótesis dentales.

Preparación del modelo de referencia virtual de base de prótesis dental

En una realización de la invención, se puede preparar un "modelo de referencia virtual" de una base de prótesis dental, dentro de un software de diseño asistido por ordenador (CAD), a partir de un modelo digital tridimensional (3D) de una base de prótesis dental. El modelo digital 3D de una base de prótesis dental se puede generar basándose en datos de un escaneo 3D de alta resolución de una impresión dental tomada de la boca de un paciente, de un escaneo 3D de alta resolución tomado directamente de la boca de un paciente (por ejemplo, usando un dispositivo de escaneo intraoral), a partir de un diseño asistido por ordenador relacionado con la base de la dentadura postiza, y combinaciones de estos. Se pueden obtener exploraciones 3D de alta resolución, por ejemplo, mediante escáneres ópticos láser, imágenes de tomografía informatizada (CT), imágenes de resonancia magnética (MRI) o tecnologías de imágenes 3D similares conocidas en la técnica.

La FIGURA 1A muestra una vista superior de ejemplo del "lado que mira hacia las cavidades para los dientes" (o superficie de camafeo) de un modelo digital 3D de una base de prótesis dental superior (maxilar) (100a) con cavidades (110a) para los dientes, mientras que la FIGURA 1B muestra una vista superior de ejemplo del lado que mira hacia las cavidades para los dientes de un modelo digital 3D de una base (100b) de prótesis dental inferior (mandibular) con cavidades (110b) para los dientes. La FIGURA 2A muestra una vista superior de ejemplo sobre el "lado que mira hacia el tejido" (o superficie calcográfica) de un modelo digital 3D de una base (200a) de prótesis dental superior (maxilar) (anverso o lado opuesto del lado que mira hacia las cavidades para los dientes), mientras la FIGURA 2B muestra una vista superior de ejemplo del lado que mira al tejido de un modelo digital 3D de una base (200b) de prótesis dental inferior (mandibular) (anverso o lado opuesto del lado que mira a las cavidades para los dientes). La FIGURA 2A y 2B también muestran un borde (210a y 210b, respectivamente) de dentadura postiza que se extiende alrededor del borde periférico de cada base de dentadura postiza. Este borde de la dentadura postiza representa la línea límite o unión entre el lado que mira hacia las cavidades de los dientes y el lado que mira hacia el tejido de una base de dentadura postiza. A este modelo digital 3D inicial de una base de dentadura postiza se le puede asignar una orientación específica en el espacio 3D utilizando un sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales estándar (x-y-z).

Para establecer la orientación adecuada del modelo digital de la base de prótesis dental en relación con la plataforma de construcción virtual de un aparato de impresión 3D, se puede crear y asignar un "plano de referencia de orientación" al modelo digital de la base de prótesis dental en el software CAD. Software de edición de archivos CAD y STL disponible comercialmente para fabricación aditiva, como MATERIALIZE® MAGICS (disponible en Materialize NV), es un ejemplo adecuado para lograr esto. La creación y asignación de un plano de referencia de orientación al modelo digital de la base de la dentadura postiza se puede lograr manipulando la orientación espacial del modelo digital para colocar la base de la dentadura postiza en una posición sustancialmente horizontal donde el lado que mira hacia las cavidades para los dientes puede disponerse mirando hacia abajo, o, alternativamente, mirando hacia arriba, como se muestra, por ejemplo, en el modelo (300) digital de base (300) de dentadura postiza en la FIGURA 3A. Se puede aplicar un "cuadro delimitador mínimo" (310) para abarcar el modelo digital, como se muestra, además, por ejemplo, en la FIGURA 3B. Con un cuadro delimitador mínimo establecido, se puede asignar un sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales de referencia al modelo digital de la base de la dentadura postiza dentro del cuadro delimitador mínimo. La FIGURA 4 muestra un ejemplo de un sistema (400) de coordenadas tridimensional de referencia y un plano (410) de referencia de orientación asociado con un modelo digital de base de prótesis dental. El sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales de referencia puede alinearse con el perímetro del cuadro delimitador mínimo, y un plano de referencia de orientación (es decir, el plano x-y, o el plano y-z, o el plano x-z) puede alinearse y establecerse con el borde de la base del cuadro delimitador mínimo. Una vez establecido el sistema de coordenadas de referencia y el plano de referencia de orientación para el modelo digital, se puede extraer el cuadro delimitador mínimo, completando el modelo de referencia virtual.

Preparación del modelo de referencia virtual y del modelo digital 3D de al menos una estructura de soporte extraíble para impresión

El archivo digital de base de dentadura postiza del modelo de referencia virtual (por ejemplo, un formato de estereolitografía (STL)) se puede preparar además para imprimir una base de dentadura postiza cargando o importando el archivo de dentadura postiza del modelo de referencia virtual a una impresora 3D basada en luz, como

la Impresora CARBON.[®] M1 o M2 con software Carbon3D u otros sistemas de impresión 3D basados en luz. El archivo digital puede manipularse espacialmente en el software de modo que el lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual pueda colocarse proximal a la plataforma de construcción virtual y después disponerse en un ángulo de inclinación entre aproximadamente 65 grados y aproximadamente 80 grados con respecto a la superficie de la plataforma de construcción virtual, con cavidades para los dientes anteriores proximales a la superficie de la plataforma de construcción virtual y cavidades para los dientes posteriores distales a la superficie de la plataforma de construcción virtual. En una realización preferida, el ángulo de inclinación puede disponerse entre aproximadamente 70 grados y aproximadamente 75 grados con respecto a la superficie de la plataforma de construcción virtual.

La FIGURA 5A muestra una representación en vista lateral de una plataforma (500) de construcción virtual y la superficie superior del depósito (510) para polímero líquido para un aparato de impresión 3D, y un modelo de referencia virtual para una base (300) de dentadura postiza con su lado que mira hacia el tejido colocado proximal a la superficie de la plataforma de construcción virtual y se coloca en un ángulo de inclinación de 0° del plano de referencia de orientación con respecto a la superficie de la plataforma de construcción virtual. La FIGURA 5B muestra una representación en vista lateral de una plataforma (500) de construcción virtual y la superficie superior del depósito (510) para polímero líquido para un aparato de impresión 3D, y ejemplos de un modelo de referencia virtual para una base (300) de dentadura postiza dispuesta en diferentes ángulos (520a, 520b, 520c) de inclinación con respecto a la superficie de la plataforma de construcción virtual. En una realización preferida, también como se muestra en la FIGURA 5B, el modelo de referencia virtual para una base de dentadura postiza puede disponerse con cavidades para dientes anteriores proximales a la superficie de la plataforma de construcción virtual y cavidades para dientes posteriores distales a la superficie de la plataforma de construcción virtual. En la FIGURA 5B, se muestran ejemplos de un modelo de referencia virtual para una base de dentadura postiza con ángulos de inclinación del plano (410) de referencia de orientación con respecto a la superficie de la plataforma de construcción de 65° (520a), 70° (520b) y 80° (520c).

En un aspecto adicional de la invención, se puede generar un modelo tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble, que conecta el modelo de referencia virtual con la superficie de la plataforma de construcción virtual. Se puede generar un modelo tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble dentro del software del aparato de impresión 3D, ya sea de manera automatizada mediante algoritmos informáticos proporcionados dentro del software, de manera manual mediante un operador que dirige y manipula selecciones dentro del software, o combinaciones de estos. Dichos modelos tridimensionales de estructura(s) de soporte extraíbles pueden establecerse (y pueden adaptarse según sea necesario para adaptarse a aspectos específicos de la forma de la base de la dentadura y las características de la superficie) para proporcionar suficiente soporte estructural o andamiaje para ayudar en la construcción de la base de prótesis dental durante la impresión. De manera no limitante, cualquier forma y tipo de estructura de soporte conocido en la técnica se puede elegir y aplicar a los modelos de base de dentadura postiza de la invención, incluidas estructuras de soporte de valla, estructuras de soporte de pasadores, estructuras de soporte entrelazadas, estructuras de soporte separadas, estructuras de soporte monolíticas, y combinaciones de estos. La FIGURA 6A, 6B y 6C muestran diferentes vistas de un modelo de base (600) de dentadura postiza virtual conectado a la plataforma (500) de construcción virtual con un ejemplo de un tipo de estructura (610) de soporte (la llamada estructura de soporte de valla) que puede ser aplicado efectivamente en realizaciones de la invención.

Para una base de dentadura postiza terminada, es ventajoso y deseable conseguir una calidad de superficie que sea suave y sustancialmente libre de defectos, especialmente en las partes visibles cuando una base de dentadura postiza está en la boca del paciente. Por lo general, la mayor parte de la superficie de la dentadura postiza en el lado que mira hacia las cavidades dentales se pule hasta obtener un acabado suave y brillante. Sin embargo, pulir el lado que mira hacia el tejido es generalmente una práctica que se debe evitar debido a los efectos perjudiciales sobre la calidad del ajuste que se pueden lograr para el paciente (por ejemplo, dando como resultado alteraciones significativas de las dimensiones de la superficie, creando condiciones fuera de tolerancia inaceptables para un ajuste adecuado debido a la retirada de material). Como resultado, un lado que mira hacia el tejido de la base de la dentadura postiza que sea dimensionalmente preciso y tenga un acabado liso, libre o esencialmente libre de material de estructura de soporte, después de la impresión, es particularmente ventajoso y deseable.

Por lo tanto, en una realización preferida, el proceso de generar un modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble comprende las etapas de establecer puntos de contacto de la estructura de soporte extraíble en áreas del lado que mira hacia cavidades para los dientes y el borde de la dentadura postiza del modelo de referencia virtual, y excluyendo, o excluyendo sustancialmente, los puntos de contacto de la estructura de soporte extraíble de áreas en el lado que mira hacia el tejido y dentro de las cavidades para los dientes del modelo de referencia virtual. Por lo tanto, las cavidades para los dientes y el lado que mira hacia el tejido del modelo de base de la dentadura postiza pueden quedar sustancialmente excluidos de tener puntos de contacto con la estructura de soporte (es decir, la estructura de soporte puede hacer contacto con el borde de la dentadura postiza y partes del lado que mira hacia las cavidades para los dientes, evitando al mismo tiempo o permaneciendo sustancialmente fuera de las cavidades para los dientes y del lado que mira hacia el tejido). Al disponer los puntos de contacto de la estructura de soporte para evitar las cavidades para los dientes y el lado que mira hacia el tejido, es posible evitar el problema potencial de crear anomalías estructurales residuales indeseables o imperfecciones en estas superficies (cuando se retira la estructura de soporte después de la impresión) que pueden requerir una intervención técnica adicional para pulir estas superficies. El pulido de estas zonas durante las operaciones de acabado posteriores realizadas después de la impresión es una práctica que es preferible evitar.

Proporcionar un depósito de composición foto polimerizable líquida

Se puede proporcionar un depósito (también denominado más comúnmente cuba) de composición líquida fotopolimerizable y colocarlo en contacto con una superficie de plataforma de construcción del aparato de impresión 3D basado en luz. De manera no limitante, cualquier composición fotopolimerizable líquida que pueda fotocurarse eficazmente a partir de un aparato de impresión 3D basado en luz puede ser adecuada para su uso en los métodos de la invención. Las propiedades químicas y físicas de la composición fotopolimerizable líquida pueden seleccionarse y/o adaptarse según sea necesario por los expertos en la técnica para adaptarse a propiedades de uso final específicas deseadas (por ejemplo, biocompatibilidad, durabilidad mecánica (resistencia/flexibilidad), color, etc.) de la base de la dentadura postiza impresa. La composición fotopolimerizable líquida también puede ser seleccionada y/o adaptada según sea necesario por los expertos en la técnica para adaptarse a restricciones o limitaciones particulares del aparato de impresión 3D elegido. En una realización preferida, una composición fotopolimerizable puede comprender una composición de resina modificada por impacto de caucho a base de acrilato, en la que las propiedades finales de la resina curada de la composición fotopolimerizable tienen una tenacidad a la fractura ($K_{máximo}$) de entre aproximadamente 1 MPa $m^{1/2}$ a aproximadamente 4 MPa $m^{1/2}$, un trabajo de fractura de entre unos 300 J/m² a aproximadamente 4000 J/m² y una resistencia a la flexión de entre aproximadamente 5 MPa y aproximadamente 200 MPa a 23 °C, cuando se prepara y mide de acuerdo con la norma ISO20795-1:2013.

Selección de los parámetros del proceso de impresión del aparato de impresión 3D

Sujeto a una serie de consideraciones específicas de la aplicación, incluidos los requisitos operativos o limitaciones del aparato de impresión 3D específico elegido, las propiedades químicas y/o físicas de la composición líquida fotopolimerizable específica elegida para imprimir, así como el espesor deseado de la base de prótesis dental, los parámetros del proceso de impresión se pueden seleccionar dentro del software del sistema informático en el control operativo del aparato de impresión 3D basado en luz. De manera no limitante, los expertos en la técnica pueden determinar y seleccionar parámetros adecuados del proceso de impresión de manera que la composición fotopolimerizable líquida pueda fotopolimerizarse eficazmente de acuerdo con el modelo de referencia virtual de una base de prótesis dental y el modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble. El fotocurado eficaz de la composición fotopolimerizable líquida da como resultado una rápida reticulación y endurecimiento de la composición polimérica in situ para formar una estructura sólida según el modelo digital. El fotocurado eficaz de la composición fotopolimerizable líquida se puede lograr con curado parcial (es decir, reticulación y endurecimiento limitado o incompleto) o curado completo (es decir, reticulación y endurecimiento completo o esencialmente completo) de la composición polimérica mediante el sistema aparato de impresión 3D. En una realización preferida, para facilitar aún más la consecución de niveles más deseables de precisión dimensional, se pueden seleccionar espesores de corte de no más de aproximadamente 200 micrones (por ejemplo, de 25 a 100 micrones) para cortar los modelos digitales 3D para imprimir.

Impresión y post impresión

Habiendo seleccionado los parámetros del proceso de impresión, proporcionado un depósito de composición fotopolimerizable líquida en contacto con una superficie de plataforma de construcción del aparato de impresión 3D y proporcionado modelos digitales de una base de prótesis dental y una estructura de soporte extraíble para el aparato de impresión 3D, el aparato de impresión 3D puede ser instruido (por ejemplo, mediante comandos o código de software ejecutable) o dirigido de otro modo por un operador para ejecutar o realizar la impresión (es decir, fotocurado) de al menos una base de prótesis dental y al menos una estructura de soporte extraíble de la composición fotopolimerizable líquida.

Después de completar la impresión, los métodos para fabricar una base de prótesis dental según la invención pueden comprender además la etapa de extraer la al menos una estructura de soporte extraíble impresa de la superficie de la plataforma de construcción y la al menos una base de prótesis dental impresa. La estructura de soporte extraíble puede extraerse mediante cualquier medio de eliminación físico y/o químico adecuado para separar la estructura de soporte extraíble y evitar efectos perjudiciales en la superficie de la plataforma de construcción o en la base de prótesis dental impresa. Los medios físicos adecuados pueden incluir cortar, recortar, raspar, rasgar, pelar, tirar y hacer palanca de la estructura de soporte extraíble en o cerca de los puntos de contacto con la base de prótesis dental y la superficie de la plataforma de construcción.

En otra realización, los métodos para fabricar una base de prótesis dental según la invención pueden comprender además la etapa de realizar un tratamiento de lavado posterior a la impresión en al menos una base de prótesis dental impresa para extraer la composición fotopolimerizable líquida residual o sin reaccionar de las superficies de la base de prótesis dental impresa. El tratamiento de lavado post-impresión se puede realizar sumergiendo la base de prótesis dental impresa en una composición disolvente que comprende un alcohol C₁ - C₃ durante un período de entre aproximadamente 1 minuto y aproximadamente 10 minutos. La composición disolvente puede contener en particular isopropanol.

En otra realización, los métodos para fabricar una base de prótesis dental según la invención pueden comprender además la etapa de realizar un tratamiento de curado secundario en al menos una base de prótesis dental impresa. Aunque la impresión inicial (fotocurado) forma la base de prótesis dental sólida inicial, este tratamiento de curado

secundario puede ser aún más beneficioso para garantizar la conversión y reticulación completa de la composición polimérica para lograr plenamente las propiedades mecánicas finales y el perfil de biocompatibilidad deseado para el uso del paciente. En este procedimiento de curado secundario, la base de prótesis dental puede exponerse a radiación electromagnética de amplio espectro en longitudes de onda de aproximadamente 10^{-8} m (10 nanómetros) a 10^{-3} m (1 milímetro) durante aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 15 minutos cada uno en el lado que mira a las cavidades de los dientes y en el lado que mira al tejido. Puede ser preferible la exposición a radiación electromagnética de amplio espectro en los intervalos de longitud de onda visible y ultravioleta (UV). Un ECLIPSE® LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO (N.º de modelo 9494800; 120 voltios, 12 amperios, 1200 vatios; disponible en Dentsply Sirona, Inc.) es un ejemplo de un dispositivo de fotocurado disponible comercialmente que se puede utilizar para realizar un tratamiento de curado secundario como este.

Escalado digital correctivo en modelo de referencia virtual

En otra realización más, los métodos para fabricar una base de prótesis dental según la invención pueden comprender además la etapa de realizar un proceso de escalado digital correctivo en el modelo de referencia virtual para fabricar al menos una base de prótesis dental.

Realizar un proceso de escalado digital correctivo en el modelo de referencia virtual para fabricar al menos una base de prótesis dental puede comprender las etapas de: (a) adquirir un modelo digital tridimensional preciso del lado que mira al tejido de al menos una base de prótesis dental impresa para establecer una primera imagen de modelo calcográfico; (b) comparar, en un software de inspección digital asistido por ordenador, las dimensiones de la primera imagen del modelo calcográfico, con respecto a las dimensiones de una segunda imagen del modelo calcográfico, en donde la segunda imagen del modelo calcográfico comprende el modelo digital tridimensional del lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se fabrica al menos una base de prótesis dental impresa; (c) realizar, en software de inspección digital asistido por ordenador, ajustes de factor de escala en la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z en la primera imagen del modelo calcográfico para establecer factores de escala correctivos en la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z que reducen las diferencias de la primera imagen del modelo calcográfico con respecto a la segunda imagen del modelo calcográfico; (d) generar, en software de inspección digital asistido por ordenador, un modelo digital de base de prótesis dental corregida, en donde cada uno de los factores de escala correctivos para la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z se establecen a partir de la realización de ajustes del factor de escala a la primera imagen del modelo calcográfico se aplica a las dimensiones correspondientes del modelo de referencia virtual; (e) preparar, en el software del sistema informático de control operativo del aparato de impresión tridimensional basado en luz, el modelo digital de base de prótesis dental corregido y un modelo digital tridimensional de al menos una estructura extraíble para imprimir; (f) proporcionar un depósito de composición fotopolimerizable líquida en contacto con la superficie de la plataforma de construcción del aparato de impresión tridimensional basado en luz; (g) seleccionar, en el software del sistema informático en el control operativo del aparato de impresión tridimensional basado en luz, parámetros del proceso de impresión para fotocurar eficazmente la composición fotopolimerizable líquida de acuerdo con el modelo digital de base de prótesis dental corregida y el modelo digital tridimensional de al menos una estructura de soporte extraíble; y (h) ordenar al aparato de impresión tridimensional basado en luz que imprima al menos una base de prótesis dental y una estructura de soporte extraíble a partir de la composición líquida fotopolimerizable.

En un aspecto del presente documento, el proceso de adquirir un modelo digital tridimensional preciso del lado que mira hacia el tejido de al menos una base de prótesis dental impresa para establecer una primera imagen de modelo calcográfico puede comprender las etapas de: obtener, con un sistema informático de imágenes tridimensionales de alta resolución, una imagen digital tridimensional del lado que mira hacia el tejido de al menos una base de prótesis dental impresa para establecer un modelo digital tridimensional sin procesar del lado que mira hacia el tejido de la base de prótesis dental impresa; identificar, con software de inspección digital asistido por ordenador, características extrínsecas de artefactos de superficie digitales en el modelo digital tridimensional sin procesar generado por el sistema de imágenes tridimensionales de alta resolución; y restar, con software de inspección digital asistido por ordenador, características extrínsecas de artefactos de superficie digitales del modelo digital tridimensional sin procesar para establecer un modelo digital tridimensional preciso del lado que mira hacia el tejido de al menos una base de prótesis dental impresa.

En otro aspecto del presente documento, el proceso de comparar las dimensiones de la primera imagen del modelo calcográfico con las dimensiones de una segunda imagen del modelo calcográfico puede comprender las etapas de: proporcionar la primera imagen del modelo calcográfico a un software de inspección digital asistido por ordenador; proporcionar la segunda imagen del modelo calcográfico a un software de inspección digital asistido por ordenador; aplicar una operación de alineación de mejor ajuste usando un algoritmo iterativo de punto más cercano (ICP) en la primera y segunda imágenes del modelo calcográfico para realizar una superposición digital de la primera imagen del modelo calcográfico sobre la segunda imagen del modelo calcográfico; aplicar mapas de color tridimensionales a cada una de las imágenes del modelo calcográfico primera y segunda; y comparar diferencias de las imágenes del primer y segundo modelo calcográfico superpuestas para identificar áreas en la primera imagen del modelo calcográfico que muestran desviaciones dimensionales con respecto a la segunda imagen del modelo calcográfico. El algoritmo ICP es uno de los algoritmos más utilizados para alinear modelos tridimensionales dada una estimación inicial de la transformación del cuerpo rígido (combinación de traslación y rotación) requerida.

En otro aspecto más del presente documento, el proceso de realizar ajustes del factor de escala a través de la dimensión x, la dimensión y y la dimensión z en la primera imagen del modelo calcográfico puede comprender las etapas de: aplicar ajuste digital a través de la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z de la primera imagen del modelo calcográfico para disminuir las áreas que tienen una desviación dimensional positiva en el mapa de color tridimensional de la primera imagen del modelo calcográfico; aplicar ajuste digital a través de la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z de la primera imagen del modelo calcográfico para aumentar las áreas que tienen una desviación dimensional negativa mostrada en el mapa de color tridimensional de la primera imagen del modelo calcográfico; y repetir, de manera iterativa, ajustes digitales de la primera imagen del modelo calcográfico para establecer factores de escala correctivos en la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z que reducen las desviaciones del mapa de color tridimensional en la primera imagen del modelo calcográfico, por lo que al menos aproximadamente el 80 por ciento de la primera imagen del modelo calcográfico está situada dentro del intervalo de entre aproximadamente -100 micras y aproximadamente +100 micras de la segunda imagen del modelo calcográfico.

Para evaluar la precisión dimensional de una base de prótesis dental fabricada, se puede emplear una técnica denominada herramienta de inspección o comparación 3D (también denominada a veces comparación "parte-CAD"). Permite comparar las dimensiones de la pieza real, producida y medida que se realizará en relación con el modelo digital a partir del cual se produjo la pieza. Se pueden usar escáneres 3D de alta resolución (por ejemplo, escáneres láser, tomografía informatizada industrial) para generar un perfil de superficie digital a partir de la superficie del objeto impreso que luego se puede comparar con el modelo CAD de referencia utilizado por la impresora para imprimir el objeto. Cuando se utilizan escáneres láser en objetos brillantes o reflectantes, como bases de dentaduras postizas, rociar el objeto con un recubrimiento antirreflejante es una práctica común para reducir la reflectividad de la superficie y lograr más fácilmente una captura precisa de la imagen de la superficie. Se puede utilizar software de inspección digital disponible comercialmente, como software GEOMAGIC® CONTROL X™ (disponible en 3D Systems, Inc.) u otras plataformas de software de metrología similares conocidas por los expertos en la técnica para esta comparación o inspección 3D

El proceso de comparación 3D proporciona lo que se puede denominar un "mapa de colores" que muestra una comparación de datos 3D de las dimensiones finales del objeto con las dimensiones del modelo CAD a partir del cual se produjo el objeto. Este mapa de colores muestra diferencias de color que representan diferencias dimensionales en la imagen 3D según una escala de colores de referencia. Esta es una técnica útil para determinar la precisión dimensional de una base final de dentadura postiza tradicional (compresión/vertido en frío), fresada o impresa. La FIGURA 7 muestra una imagen de ejemplo para un mapa en color del lado que mira a las cavidades para los dientes de una base (700) de prótesis dental maxilar impresa que ha sido escaneada en 3D y después comparada con el modelo CAD de la base de prótesis dental a partir de la cual se imprimió (en este ejemplo en particular para facilitar la visualización de diversas diferencias de color dimensionales para este ejemplo, la base de la dentadura postiza no se imprimió de acuerdo con realizaciones de la invención). La escala de colores (mostrada a la derecha de la imagen del mapa de colores de la base de la dentadura postiza en la FIGURA 7) muestra la escala real (en milímetros) de los cambios de color correspondientes al grado de conformidad dimensional y/o incongruencia dimensional del archivo de base de la dentadura postiza impreso en relación con al archivo del modelo CAD desde el que se imprimió (el archivo STL del escaneo 3D de una base de dentadura postiza impresa se superpuso al archivo STL correspondiente del modelo CAD). Los límites y/o intervalos de tolerancia reales para la conformidad o desviación dimensional se pueden establecer como una cuestión de preferencia para lograr un nivel determinado de calidad o precisión de fabricación adecuado para cumplir con los requisitos de uso final de los pacientes y los odontólogos. Haciendo referencia a la FIGURA 7, las áreas o zonas "verdes" (mostradas como 710 en la escala de colores y en la imagen de la base de la dentadura postiza) representan desviaciones dimensionales que varían desde aproximadamente +0,1 mm (aproximadamente +100 micrómetros) hasta aproximadamente -0,1 mm (aproximadamente -100 micrómetros). Por lo tanto, un color "verde" muestra áreas o zonas que tienen un ajuste dimensional fuerte o cercano con una desviación muy limitada del modelo CAD dentro de los límites de tolerancia especificados de +0,1 mm a -0,1 mm. Haciendo referencia nuevamente a la FIGURA 7, las áreas o zonas "amarillo-naranja-rojo" (que se muestran como 720 en la escala de colores y en la imagen de la base de la dentadura postiza) representan todas las desviaciones dimensionales "positivas" (es decir, más gruesas, más grandes, sobresalientes o abultadas) de más de aproximadamente + 0,1 mm (más de aproximadamente +100 micras). Todavía haciendo referencia a la FIGURA 7, las áreas o zonas "azul claro-azul oscuro" (mostradas como 730 en la escala de colores y en la imagen de la base de la dentadura postiza) representan todas las desviaciones dimensionales "negativas" (es decir, más delgadas, más pequeñas, deprimidas o hundidas) de más de aproximadamente - 0,1 mm (más de aproximadamente -100 micras).

Sistema informático para visualización, preparación y/o modificación de modelos digitales

Se pueden emplear uno o diversos sistemas informáticos para la visualización, preparación y/o modificación de modelos digitales 3D de acuerdo con al menos algunas de las realizaciones del método descritas en el presente documento. Aunque en el presente documento se pueden describir diversas realizaciones en términos de un sistema informático de ejemplo, después de leer esta descripción, puede resultar evidente para una persona experta en las técnicas relevantes cómo implementar la divulgación utilizando otros sistemas y/o arquitecturas informáticas.

En una realización de ejemplo en el presente documento, el sistema informático puede incluir al menos un procesador informático y al menos un dispositivo de modelado, sistema de modelado, interfaz de usuario y unidad de entrada que pueden formar al menos parte de cualquiera de los dispositivos, componentes y/o sistemas discutidos en el presente

documento El procesador informático puede incluir, por ejemplo, una unidad central de procesamiento, una unidad de procesamiento múltiple, un circuito integrado de aplicación específica ("ASIC"), una matriz de puertas programables en campo ("FPGA"), o similares. El procesador puede estar conectado a una infraestructura de comunicación (por ejemplo, un bus de comunicaciones o una red). En una realización del presente documento, el procesador puede recibir una indicación de que un diseño está en progreso o que el modelo digital 3D está siendo activado y puede obtener instrucciones relativas al ajuste dinámico de la vista/orientación del modelo digital 3D desde una memoria del sistema de modelado y/o desde una o más unidades de almacenamiento del sistema informático. A continuación, el procesador puede cargar las instrucciones y ejecutar las instrucciones cargadas. Este ajuste dinámico de la vista/orientación del modelo digital 3D puede representarse a continuación en una unidad de visualización.

La interfaz de usuario (u otra interfaz de salida) puede reenviar gráficos de vídeo, texto y otros datos desde la infraestructura de comunicación (o desde un fotograma intermedio) para su visualización en la unidad de visualización. Por ejemplo, la interfaz de usuario puede incluir una tarjeta de video con una unidad de procesamiento de gráficos.

El sistema informático también puede incluir una unidad de entrada que puede ser utilizada por un usuario del sistema informático para enviar información al procesador del ordenador. En una realización, la unidad de entrada puede ser una rueda de desplazamiento u otro dispositivo de entrada tal como un teclado o un lápiz óptico o un dispositivo de reconocimiento de gestos. Alternativamente, la unidad de entrada puede ser un dedo o un lápiz para usar en una interfaz de pantalla táctil. En un ejemplo, la unidad de visualización, la unidad de entrada y el procesador de ordenador pueden formar colectivamente una interfaz de usuario.

Una o más etapas para generar ajustes dinámicos pueden almacenarse en un dispositivo de almacenamiento no transitorio en forma de instrucciones de programa legibles por ordenador. Para ejecutar un procedimiento, el procesador carga las instrucciones apropiadas, tal como están almacenadas en un dispositivo de almacenamiento, en la memoria y luego ejecuta las instrucciones cargadas.

El sistema informático puede comprender además una memoria principal, que puede ser una memoria de acceso aleatorio ("RAM"), y también puede incluir una memoria secundaria. La memoria secundaria puede incluir, por ejemplo, una unidad de disco duro y/o una unidad de almacenamiento extraíble (por ejemplo, una unidad de disquete, una unidad de cinta magnética, una unidad de disco óptico, una unidad de memoria flash y similares). La unidad de almacenamiento extraíble puede leer y/o escribir en una unidad de almacenamiento extraíble de una manera bien conocida. La unidad de almacenamiento extraíble puede ser, por ejemplo, un disquete, una cinta magnética, un disco óptico, un dispositivo de memoria flash y similares, que pueden escribirse y leerse mediante la unidad de almacenamiento extraíble. La unidad de almacenamiento extraíble puede incluir un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que almacena instrucciones y/o datos de software ejecutables por ordenador.

En realizaciones alternativas adicionales, la memoria secundaria puede incluir otros medios legibles por ordenador que almacenan programas ejecutables por ordenador u otras instrucciones que se cargarán en el sistema informático. Dichos dispositivos pueden incluir una unidad de almacenamiento extraíble y una interfaz (por ejemplo, un cartucho de programa y una interfaz de cartucho); un chip de memoria extraíble (por ejemplo, una memoria de sólo lectura programable y borrrable ("EPROM") o una memoria de sólo lectura programable ("PROM")) y una toma de memoria asociado; y otras unidades de almacenamiento extraíbles e interfaces que permiten que el software y los datos se transfieran desde la unidad de almacenamiento extraíble a otras partes del sistema informático.

El sistema informático también puede incluir una interfaz de comunicaciones que permite transferir software y datos entre el sistema informático y dispositivos externos. Dicha interfaz puede incluir un módem, una interfaz de red (por ejemplo, una tarjeta Ethernet o una interfaz LAN inalámbrica IEEE 802.11), un puerto de comunicaciones (por ejemplo, un puerto Universal Serial Bus ("USB") o un puerto FireWire®), una interfaz de la Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria de Ordenador Personal ("PCMCIA"), Bluetooth®, y similares. El software y los datos transferidos a través de la interfaz de comunicaciones pueden estar en forma de señales, que pueden ser electrónicas, electromagnéticas, ópticas u otro tipo de señal que pueda ser transmitida y/o recibida por la interfaz de comunicaciones. Se pueden proporcionar señales a la interfaz de comunicaciones a través de una ruta de comunicaciones (por ejemplo, un canal). La ruta de comunicaciones transporta señales y puede implementarse usando hilo o cable, fibra óptica, una línea telefónica, un enlace celular, un enlace de radiofrecuencia ("RF") o similares. La interfaz de comunicaciones puede usarse para transferir software o datos u otra información entre el sistema informático y un servidor remoto o almacenamiento basado en la nube.

Uno o más programas informáticos o lógica de control informático pueden almacenarse en la memoria principal y/o en la memoria secundaria. Los programas informáticos también pueden recibirse a través de la interfaz de comunicaciones. Los programas informáticos pueden incluir instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando las ejecuta el procesador del ordenador, hacen que el sistema informático ejecute los métodos que se describen a continuación. En consecuencia, los programas informáticos pueden controlar el sistema informático y otros componentes de los sistemas para visualización, preparación y/o modificación de modelos digitales 3D.

En otra realización, el software puede almacenarse en un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador y cargarse en la memoria principal y/o la memoria secundaria del sistema informático usando la unidad de almacenamiento extraíble, la unidad de disco duro y/o la interfaz de comunicaciones. La lógica de control (software),

cuando es ejecutada por el procesador, hace que el sistema informático y, más generalmente, el sistema de visualización, preparación y/o modificación de modelos digitales 3D, realice todos o algunos de los métodos descritos en el presente documento.

5 La implementación de dicha otra disposición de hardware para realizar las funciones descritas en el presente documento será evidente para las personas expertas en las técnicas relevantes a la vista de esta descripción.

EJEMPLOS

10 Para los siguientes ejemplos, las bases de prótesis dentales se imprimieron en Impresoras CARBONO[®] M1 o M2 (disponibles en Carbon, Inc.) basadas en su tecnología de estereolitografía denominada producción continua de interfaz líquida (CLIP). Las bases para prótesis dentales se produjeron a partir de una composición patentada de resina líquida fotopolimerizable a base de acrilato (formulación Dentsply Sirona DLP 291, una composición de resina modificada por impacto de caucho a base de acrilato) que tenía una viscosidad dentro de un intervalo de aproximadamente 4500 a aproximadamente 6500 cP (típicamente con un promedio de 5500 cP) a 25°C. Sobre las Impresoras CARBONO[®] M1 y M2, los parámetros del proceso de impresión se proporcionaron para una dosis de curado de resina (D_C), o dosis para curar, de 5,0 a 7,0 (por ejemplo, 5,5), un coeficiente de absorción de resina (α) de 0,0014 a 0,0022 (por ejemplo, 0,0016) y compensación de exposición (CE) de 1 a 4 (por ejemplo, 1,5). Además, se seleccionó un espesor de corte de 25 a 200 micrones (por ejemplo, 100 micrones) para cortar los modelos digitales 3D para imprimir. Las bases de dentadura postiza impresas se lavaron en isopropanol durante al menos 5 minutos y recibieron un curado secundario en un ECLIPSE. [®] UNIDAD DE PROCESAMIENTO (N.º de modelo 9494800; disponible en Dentsply Sirona, Inc.) durante 10 minutos cada uno en el lado que mira hacia las cavidades de los dientes y en el lado que mira hacia el tejido.

Ejemplos 1A y 1B

25 Se prepararon e imprimieron modelos de referencia virtuales para una base de prótesis dental superior (maxilar) (Ejemplo 1A) y una base de prótesis dental inferior (mandibular) (Ejemplo 1B) en uno de los ángulos de inclinación de orientación preferidos con respecto a la superficie de la plataforma de construcción (en estos ejemplos, se utilizó 70°). La FIGURA 8A muestra una comparación de mapa de colores del lado que mira hacia el tejido para la base de prótesis dental impresa superior (maxilar), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió. De manera similar, la FIGURA 8B muestra una comparación de mapa de colores del lado que mira hacia el tejido para la base de prótesis dental impresa inferior (mandibular), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió. En ambos casos, las áreas o zonas "verdes" (que se muestran como 810 en la escala de colores y en la imagen de la base de la dentadura postiza) representan desviaciones dimensionales que van desde aproximadamente +0,13 mm (aproximadamente +130 micras) hasta aproximadamente -0,13 mm (aproximadamente -130 micras). Además, las áreas o zonas "amarillo-naranja-rojo" (que se muestran como 820 en la escala de colores y en la imagen de la base de la dentadura postiza) representan todas las desviaciones dimensionales "positivas" (es decir, más gruesas, más grandes, sobresalientes o abultadas) de más de aproximadamente +0,13 mm (más de aproximadamente +130 micrones), mientras que las áreas o zonas "azul claro-azul oscuro" (que se muestran como 830 en la escala de colores y en la imagen de la base de la dentadura postiza) representan todas las zonas "negativas" (es decir, más delgadas, más pequeñas, deprimidas o hundidas).) desviaciones dimensionales de más de aproximadamente -0,13 mm (más de aproximadamente -130 micrómetros).

40 A partir de estas figuras, se puede observar que las áreas o zonas de color "verde" representan una mayoría sustancial del área de superficie en el lado que mira hacia el tejido para cada una de las bases de prótesis dentales impresas. Por tanto, el análisis de las comparaciones del mapa de colores demuestra que una mayoría sustancial de las bases de prótesis dentales impresas tanto superiores como inferiores estaban dentro de los límites de tolerancia dimensional aquí especificados de aproximadamente +130 micrómetros a aproximadamente -130 micrómetros. Esto es ventajoso para conseguir un dispositivo de base para dentadura postiza aceptable que posea dimensiones muy precisas para un ajuste personalizado cómodo y seguro en el paciente para el que está diseñado. De hecho, los resultados comparativos generales muestran que al menos el 90 % de las áreas de la superficie lateral que mira hacia el tejido para cada una de estas bases de dentaduras postizas impresas estaban dentro de aproximadamente ≤ 130 micrones ($\leq 0,13$ mm) de sus respectivos modelos de referencia virtuales. En aras de la claridad, cabe señalar además aquí que la superficie que mira hacia el tejido de estas bases de prótesis dentales impresas se roció con un recubrimiento antirreflejante disponible comercialmente para reducir la reflectividad de la superficie antes de la captura de la imagen de la superficie en un escáner óptico láser de alta resolución. En otras técnicas de imágenes 3D (por ejemplo, escaneado de tomografía informatizada o escaneado CT), es posible que no sea necesario aplicar un recubrimiento antirreflejante a la superficie impresa de la base de la dentadura postiza. En estos ejemplos, debido a que el recubrimiento por pulverización introduce un espesor de capa de recubrimiento antirreflejante que aumenta el espesor de la superficie general de la base de la dentadura postiza escaneada en aproximadamente +30 micras, se seleccionó, por lo tanto, un límite de tolerancia dimensional de aproximadamente -130 micras (-0,13 mm) a aproximadamente +130 micrómetros (+0,13 mm). Esto se hizo con el propósito de establecer confianza en que las dimensiones reales de las bases de dentaduras postizas impresas estaban dentro de los límites de tolerancia dimensional preferidos de aproximadamente -100 micrones (-0,10 mm) a aproximadamente +100 micrones (+0,10 mm).

60

Ejemplos 2A a 2D

Se prepararon e imprimieron modelos de referencia virtuales de cuatro casos de pacientes diferentes para bases de dentaduras postizas superiores (maxilares) con un ángulo de inclinación de orientación de 70° para demostrar aún más la eficacia en la fabricación de bases de dentaduras postizas que tienen una precisión dimensional excelente consistente con el modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió cada una. Las bases de dentaduras postizas impresas se rociaron con un recubrimiento antirreflejante antes de capturar la imagen de la superficie en un escáner óptico láser de alta resolución. Para cada uno de estos casos de pacientes, se analizaron comparaciones de mapas de colores del lado que mira hacia el tejido de la base de la dentadura postiza impresa con respecto al modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió. Los resultados para el porcentaje del área de superficie total del lado que mira hacia el tejido que se encuentra dentro de dos límites de tolerancia dimensional diferentes (+100 micrones a -100 micrones y +130 micrones a -130 micrones) se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1

Porcentaje del área de superficie total del lado que mira hacia el tejido de las bases de dentaduras postizas impresas (en relación con el lado que mira hacia el tejido de los modelos de referencia virtuales a partir de los cuales se imprimió cada uno) que permanece dentro de los límites de tolerancia dimensional especificados.

Casos de pacientes	% dentro de los límites de tolerancia (+/- 100 micras)	% dentro de los límites de tolerancia (+/- 130 micrones)
Ejemplo 2A: Paciente 1 (superior)	90	94
Ejemplo 2B: Paciente 2 (superior)	82	90
Ejemplo 2C: Paciente 3 (superior)	82	91
Ejemplo 2D: Paciente 4 (superior)	85	91

Ejemplos 3A a 3C

Para demostrar el efecto de la selección del ángulo de impresión en la precisión dimensional de la base de la dentadura postiza impresa, se preparó e imprimió el modelo de referencia virtual para una base de prótesis dental superior (maxilar) en tres ángulos de inclinación de orientación claramente diferentes con respecto a la superficie de la plataforma de construcción. Las bases de prótesis impresas se rociaron con un recubrimiento antirreflejante antes de capturar la imagen de la superficie en un escáner óptico láser de alta resolución. La FIGURA 9A (Ejemplo 3A) muestra una comparación de mapa de colores del lado que mira hacia el tejido para una base de prótesis dental impresa superior (maxilar), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió, que se imprimió en un ángulo de inclinación de 45°. La FIGURA 9B (Ejemplo 3B) muestra una comparación de mapa de colores del lado que mira hacia el tejido para una base de prótesis dental impresa superior (maxilar), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió, que se imprimió en un ángulo de inclinación de 70°. La FIGURA 9C (Ejemplo 3C) muestra una comparación de mapa de colores del lado que mira hacia el tejido para una base de prótesis dental impresa superior (maxilar), con respecto al lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual a partir del cual se imprimió, que se imprimió en un ángulo de inclinación de 85°. Se aplicó el mismo límite de tolerancia dimensional de +130 micrones a -130 micrones a cada una de estas comparaciones de mapas de colores.

Del examen de la FIGURA 9A y 9C, se pueden observar fácilmente numerosas áreas o zonas de desviación dimensional (mostradas como características 920 y 930), varias de las cuales cubren áreas superficiales extensas. En la FIGURA 9A hay una zona particularmente grande dentro del área palatina central que tiene una alta desviación dimensional "negativa" (es decir, más delgada, más pequeña, deprimida o hundida) de más de -130 micrones, una parte sustancial de la cual se puede ver que se desvía más de -1000 micras (-1 mm). La FIGURA 9B, sin embargo, a diferencia de la FIGURA 9A y 9C, se puede ver que está sustancialmente cubierta por el color "verde" (910) (es decir, las desviaciones dimensionales están dentro de los límites especificados de +130 micras a -130 micras). Los resultados para el porcentaje del área de superficie total del lado que mira hacia el tejido que reside dentro de los límites de tolerancia dimensional (+130 micrómetros a -130 micrómetros) para los Ejemplos 3A a 3C se muestran en la Tabla 2.

40

TABLA 2

Porcentaje del área de superficie total del lado que mira hacia el tejido de las bases de dentaduras postizas impresas (en relación con el lado que mira hacia el tejido de los modelos de referencia virtuales a partir de los cuales se imprimió cada uno) que permanece dentro de los límites de tolerancia dimensional especificados.	
Comparación de mapas de colores	% dentro de los límites de tolerancia (+/- 130 micrones)
Ejemplo 3A: Base de la dentadura superior impresa a 45°	52
Ejemplo 3B: Base de la dentadura superior impresa a 70°	95
Ejemplo 3C: Base de la dentadura superior impresa a 85°	72

5 Las realizaciones de la invención descritas anteriormente proporcionan distintas ventajas para mejorar las características de calidad de impresión que se pueden obtener para una base de prótesis dental fabricada en un aparato de impresión tridimensional basado en luz. Los métodos según una o más realizaciones de la invención pueden producir bases para prótesis dentales que poseen una excelente precisión dimensional consistente con la información del modelo de diseño digital asistido por ordenador proporcionado a un aparato de impresión 3D basado en luz. También se pueden fabricar bases de prótesis dentales que minimicen, o posiblemente incluso eliminen, la necesidad o preocupación por anomalías o imperfecciones estructurales residuales indeseables (causadas por 10 estructuras de soporte mal posicionadas o ampliamente distribuidas) que pueden necesitar ser eliminadas posteriormente de áreas dimensionalmente sensibles, como por ejemplo el lado que mira hacia el tejido o las cavidades para los dientes de la base de la dentadura.

15 Debe entenderse que la presente invención no requiere que todas las características preferidas o ventajosas, ni todas las ventajas, deban incorporarse en cada realización de la invención. Aunque la presente invención se ha descrito con considerable detalle con referencia a ciertas versiones preferidas de la misma, son posibles otras versiones dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una base de prótesis dental que usa un aparato de impresión tridimensional (3D) basado en luz, que comprende las etapas de:

5 (a) seleccionar un modelo de referencia virtual 3D de una base de prótesis dental, en donde el un modelo de referencia virtual de la base de prótesis incluye:

i. un lado que mira hacia las cavidades para los dientes,

ii. un lado que mira hacia el tejido en el lado opuesto del lado que mira hacia las cavidades para los dientes;

10 iii. un borde de la dentadura postiza que se extiende alrededor del borde periférico de la base de prótesis dental, formando el borde de dentadura un límite entre el lado que mira hacia las cavidades de los dientes y el lado que mira hacia el tejido; y

iv. un plano de referencia de orientación alineado con un plano transversal u horizontal que está sustancialmente alineado con el lado orientado hacia las cavidades para los dientes;

15 (b) crear al menos una estructura de soporte extraíble sobre el modelo de referencia virtual 3D de la base de la prótesis dental mediante:

i. colocar el modelo de referencia virtual 3D adyacente a una superficie de plataforma de construcción virtual del aparato de impresión 3D basado en luz, en donde el lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia virtual 3D se coloca proximal a la superficie de la plataforma de construcción virtual;

20 ii. manipular una orientación espacial del modelo de referencia virtual 3D, disponiendo el plano de referencia de orientación del modelo de referencia virtual 3D en un ángulo de inclinación entre aproximadamente 65 grados y aproximadamente 80 grados con respecto a la superficie de la plataforma de construcción virtual, tal que las cavidades para los dientes anteriores proximales a la superficie de plataforma de construcción virtual y mientras las cavidades para dientes posteriores están distales a la superficie de plataforma de construcción virtual; y

25 iii. formar un modelo digital 3D revisado que tiene el al menos una estructura de soporte extraíble y el modelo de referencia virtual 3D, en donde al menos una estructura de soporte extraíble conecta el modelo de referencia virtual 3D a la superficie de la plataforma de construcción virtual;

(c) proporcionar un depósito de composición fotopolimerizable líquida en contacto con una superficie de plataforma de construcción del aparato de impresión tridimensional basado en luz;

30 (d) seleccionar, en el software de un sistema informático que está en el control operativo del aparato de impresión tridimensional basado en luz, parámetros del proceso de impresión para fotocurar eficazmente la composición fotopolimerizable líquida de acuerdo con el modelo digital 3D revisado; y

35 (e) ordenar al aparato de impresión tridimensional basado en luz que imprima al menos la base de prótesis dental y al menos una estructura de soporte extraíble basada en el modelo digital 3D revisado a partir de la composición líquida fotopolimerizable;

2. El método de la reivindicación 1, en donde el proceso del método para crear al menos una estructura de soporte extraíble alrededor del modelo de referencia virtual 3D de la base de la prótesis dental comprende además las etapas de:

40 (a) establecer puntos de contacto de la estructura de soporte extraíble en áreas de las bolsas de los dientes que miran hacia el lado y el borde de la dentadura postiza del modelo de referencia virtual 3D; y

(b) excluir, o excluir sustancialmente, los puntos de contacto de la estructura de soporte extraíble de áreas en el lado orientado hacia el tejido y dentro de las cavidades de los dientes del modelo de referencia 3D virtual.

3. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de extraer la al menos una estructura de soporte extraíble impresa de la superficie de la plataforma de construcción y la base de prótesis dental impresa después de completar la impresión.

4. El método de la reivindicación 3, en donde comprende además la etapa de realizar un tratamiento de lavado posterior a la impresión en una base de prótesis dental impresa usando una composición disolvente que incluye un alcohol -C₃ durante un periodo de entre aproximadamente 1 minuto y aproximadamente 10 minutos.

5. El método de la reivindicación 4, que comprende además la etapa de realizar un tratamiento de curado secundario en una base de prótesis dental impresa, en donde la base de prótesis dental impresa se expone a radiación electromagnética de amplio espectro en longitudes de onda de aproximadamente 10^{-8} metros a 10^{-3} m durante entre aproximadamente 5 minutos y aproximadamente 15 minutos cada uno tanto en el lado que mira hacia las cavidades de los dientes como en el lado que mira hacia el tejido.
6. El método de la reivindicación 5, que comprende además la etapa de realizar un proceso de escalada digital correctivo en el modelo de referencia virtual 3D para fabricar una base de prótesis dental correcta, en donde realizar el proceso de escalado digital correctivo en el modelo de referencia virtual 3D comprende las etapas de:
- (a) adquirir un modelo digital tridimensional preciso del lado que mira hacia un tejido de la base de prótesis dental impresa para establecer una primera imagen de modelo calcográfico;
 - (b) comparar, en un software de inspección digital asistido por ordenador, las dimensiones de la primera imagen del modelo calcográfico, a las dimensiones de una segunda imagen del modelo calcográfico, que representa el lado que mira hacia el tejido del modelo de referencia 3D virtual;
 - (c) realizar, en el software de inspección digital asistido por ordenador, ajustes de factor de escala en la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z en la primera imagen del modelo calcográfico para establecer factores de escala correctivos en la dimensión x, la dimensión y la dimensión z que reducen las diferencias de la primera imagen del modelo calcográfico con respecto a la segunda imagen del modelo calcográfico;
 - (d) generar, en el software de inspección digital asistido por ordenador, un modelo digital de base de prótesis dental corregida, en donde cada uno de los factores de escala correctivos para la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z se establecen a partir de la realización de ajustes del factor de escala a la primera imagen del modelo calcográfico se aplica a las dimensiones correspondientes del modelo de referencia 3D virtual;
 - (e) crear al menos una estructura extraíble alrededor del modelo digital de base de prótesis dental corregida mediante:
 - i. colocar el modelo digital de base de prótesis dental corregida adyacente a la superficie de la plataforma de construcción virtual del aparato de impresión 3D basado en luz, en donde el lado que mira hacia el tejido del modelo digital de base de prótesis dental corregida se coloca proximal a la superficie de la plataforma de construcción virtual;
 - ii. manipular una orientación espacial del modelo digital de base de prótesis dental corregida, disponiendo el plano de referencia de orientación del modelo digital de base de prótesis dental corregida en un ángulo de inclinación entre aproximadamente 65 grados y aproximadamente 80 grados con respecto a la superficie de la plataforma de construcción virtual, tal que las cavidades para los dientes anteriores son proximales a la superficie de la plataforma de construcción virtual mientras que las cavidades para dientes posteriores son distales a la superficie de la plataforma de construcción virtual; y
 - iii. formar un modelo digital 3D corregido que tiene al menos una estructura de soporte extraíble y el modelo digital de base de dentadura protésica corregida, en donde al menos una estructura de soporte extraíble conecta el modelo digital de base de prótesis dental corregida a la superficie de la plataforma de construcción virtual;
 - (f) proporcionar un depósito o un segundo depósito de composición fotopolimerizable líquida en contacto con la superficie de la plataforma de construcción del aparato de impresión tridimensional basado en luz;
 - (g) seleccionar, en el software del sistema informático en el control operativo del aparato de impresión tridimensional basado en luz, parámetros del proceso de impresión para foto curar eficazmente la composición fotopolimerizable líquida de acuerdo con el modelo digital 3D corregido; y
 - (h) ordenar al aparato de impresión tridimensional basado en luz que imprima una base de prótesis dental corregida y una estructura de soporte extraíble basada en el modelo digital 3D corregido a partir de la composición líquida fotopolimerizable.
7. El método de la reivindicación 6, en donde el proceso de adquirir el un modelo digital tridimensional preciso del lado que mira hacia el tejido de una base de prótesis dental impresa para establecer la primera imagen de modelo calcográfico incluye las etapas de:
- (a) obtener, con un sistema informático de imágenes tridimensionales de alta resolución, una imagen digital tridimensional del lado que mira al tejido de una base de prótesis dental impresa para establecer un modelo digital tridimensional sin procesar del lado que mira al tejido de la base de prótesis dental impresa;

(b) identificar, con el software de inspección digital asistido por ordenador, características de artefactos de superficie digitales extrínsecos del modelo digital tridimensional sin procesar generado por el sistema de imágenes tridimensionales de alta resolución; y

5 (c) restar, con el software de inspección digital asistido por ordenador, características de artefactos de superficie digitales extrínsecos del modelo digital tridimensional sin procesar para establecer un modelo digital tridimensional preciso del lado que mira hacia el tejido de una base de prótesis dental impresa.

8. El método de la reivindicación 6, en donde el proceso de comparar las dimensiones de la primera imagen del modelo calcográfico con las dimensiones de una segunda imagen del modelo calcográfico incluye las etapas de:

10 (a) proporcionar la primera imagen del modelo calcográfico al software de inspección digital asistido por ordenador;

(b) proporcionar la segunda imagen del modelo calcográfico al software de inspección digital asistido por ordenador;

15 (c) aplicar una operación de alineación de mejor ajuste usando un algoritmo iterativo de punto más cercano (ICP) en la primera y segunda imagen del modelo calcográfico para realizar una superposición digital de la primera imagen del modelo calcográfico sobre la segunda imagen del modelo calcográfico;

(d) aplicar mapas de color tridimensionales a cada una de las imágenes del modelo calcográfico primero y segundo; y

20 (e) comparar las diferencias de las imágenes del primer y segundo modelo calcográfico superpuestas para identificar áreas en la primera imagen del modelo calcográfico que muestran desviaciones dimensionales con respecto a la segunda imagen del modelo calcográfico.

9. El método de la reivindicación 6, en donde el proceso de realizar ajustes del factor de escala en la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z en la primera imagen del modelo calcográfico incluye las etapas de:

25 (a) aplicar ajuste digital a través de la dimensión x, la dimensión y y la dimensión z de la primera imagen del modelo calcográfico para disminuir las áreas que tienen una desviación dimensional positiva en el mapa de color tridimensional de la primera imagen del modelo calcográfico;

(b) aplicar ajuste digital a través de la dimensión x, la dimensión y y la dimensión z de la primera imagen del modelo calcográfico para aumentar las áreas que tienen una desviación dimensional negativa mostrada en el mapa de color tridimensional de la primera imagen del modelo calcográfico; y

30 (c) repetir, de manera iterativa, ajustes digitales de la primera imagen del modelo calcográfico para establecer factores de escala correctivos en la dimensión x, la dimensión y, y la dimensión z que reducen las desviaciones del mapa de color tridimensional en la primera imagen de modelo calcográfico, por lo que al menos aproximadamente el 80 por ciento de la primera imagen del modelo calcográfico está situada dentro del intervalo de entre aproximadamente -100 micrómetros y aproximadamente +100 micrómetros de la segunda imagen del modelo calcográfico.

35 10. El método de la reivindicación 6, que comprende además la etapa de extraer la al menos una estructura de soporte extraíble impresa de la superficie de la plataforma de construcción y la base de prótesis dental corregida impresa después de completar la impresión.

40 11. El método de la reivindicación 10, que comprende además la etapa de realizar un tratamiento de lavado posterior a la impresión en la base de prótesis dental corregida impresa usando una composición disolvente que incluye un alcohol C₁ - C₃ durante un período de entre aproximadamente 1 minuto y aproximadamente 10 minutos.

45 12. El método de la reivindicación 11, que comprende además la etapa de realizar un tratamiento de curado secundario en la base de prótesis dental corregida impresa, en donde la base de prótesis dental impresa se expone a radiación electromagnética de amplio espectro en longitudes de onda de aproximadamente 10⁻⁸ metros a 10⁻³ m durante entre aproximadamente 5 minutos y aproximadamente 15 minutos cada uno tanto en el lado que mira hacia las cavidades de los dientes como en el lado que mira hacia el tejido.

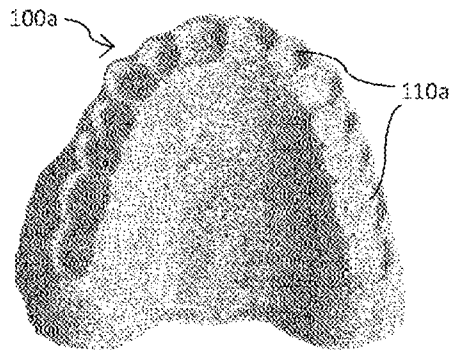


FIG. 1A

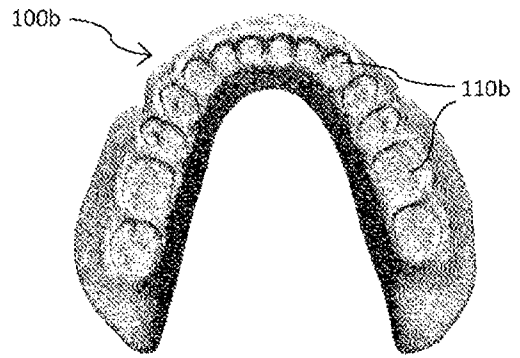


FIG. 1B

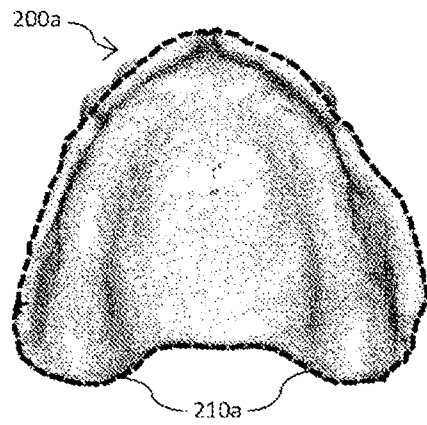


FIG. 2A

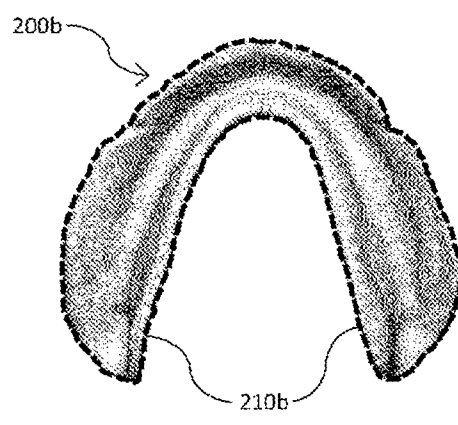


FIG. 2B

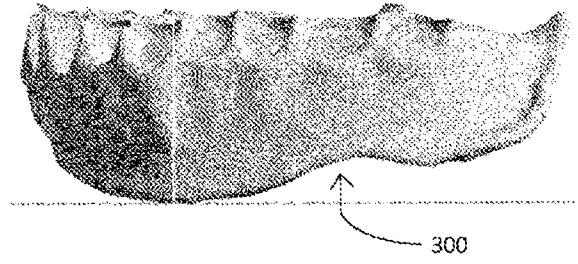


FIG. 3A

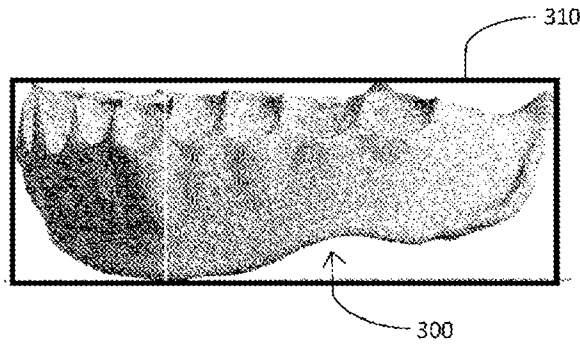


FIG. 3B

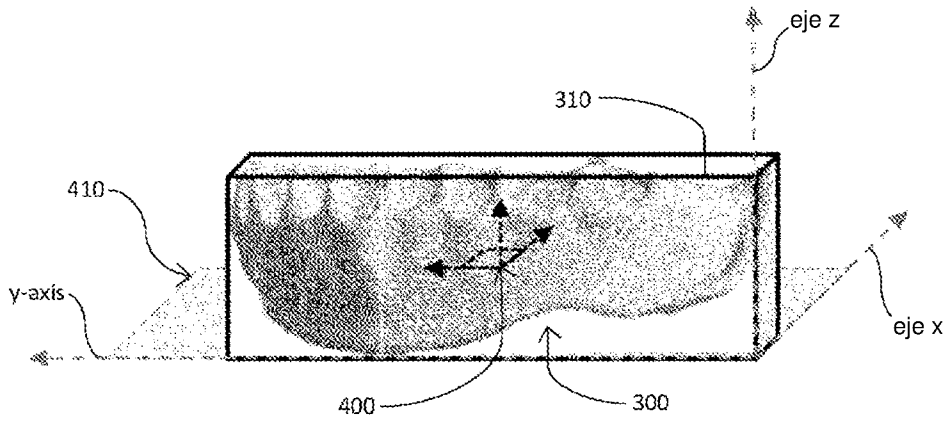


FIG. 4

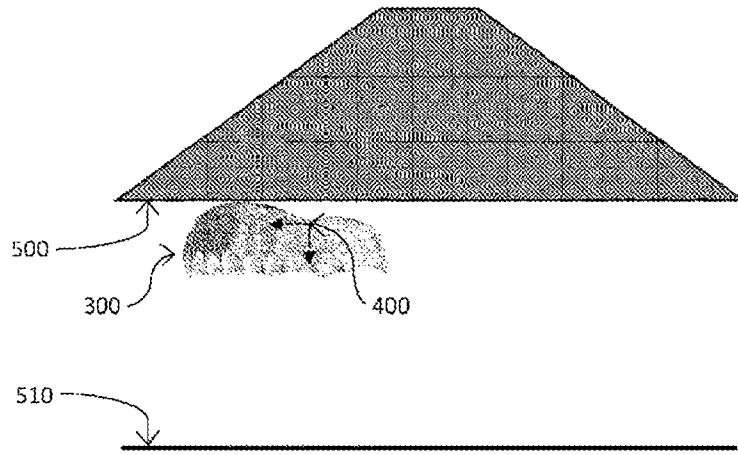


FIG. 5A

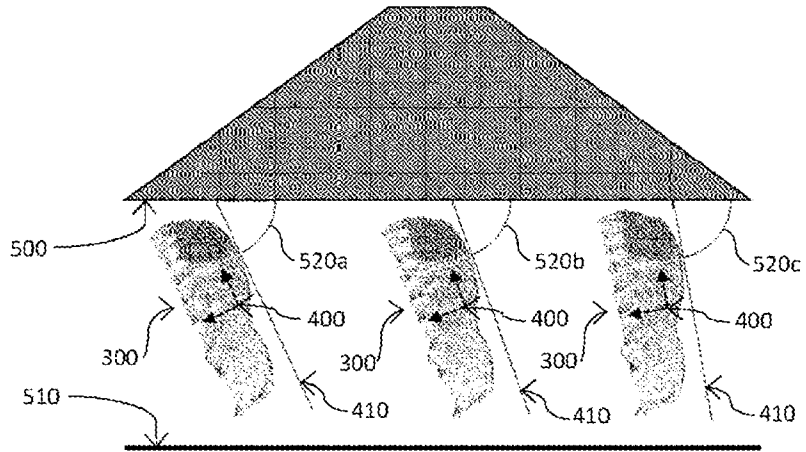


FIG. 5B

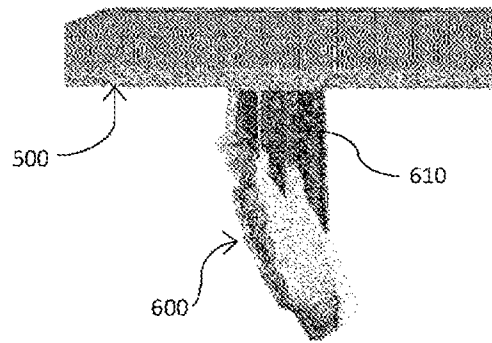


FIG. 6A

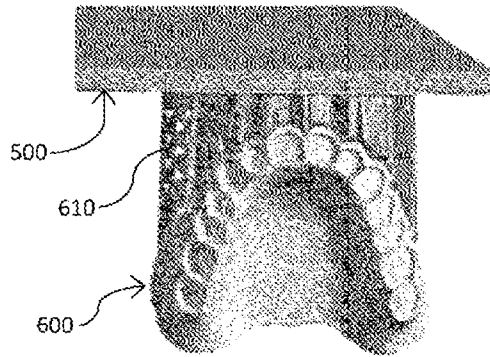


FIG. 6B

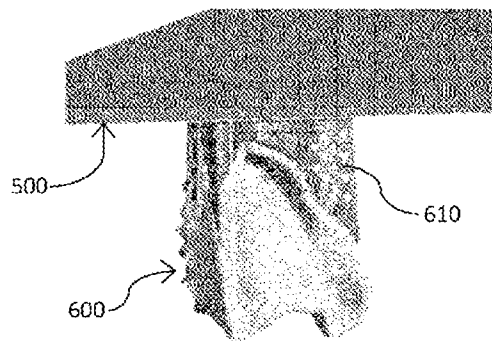


FIG. 6C

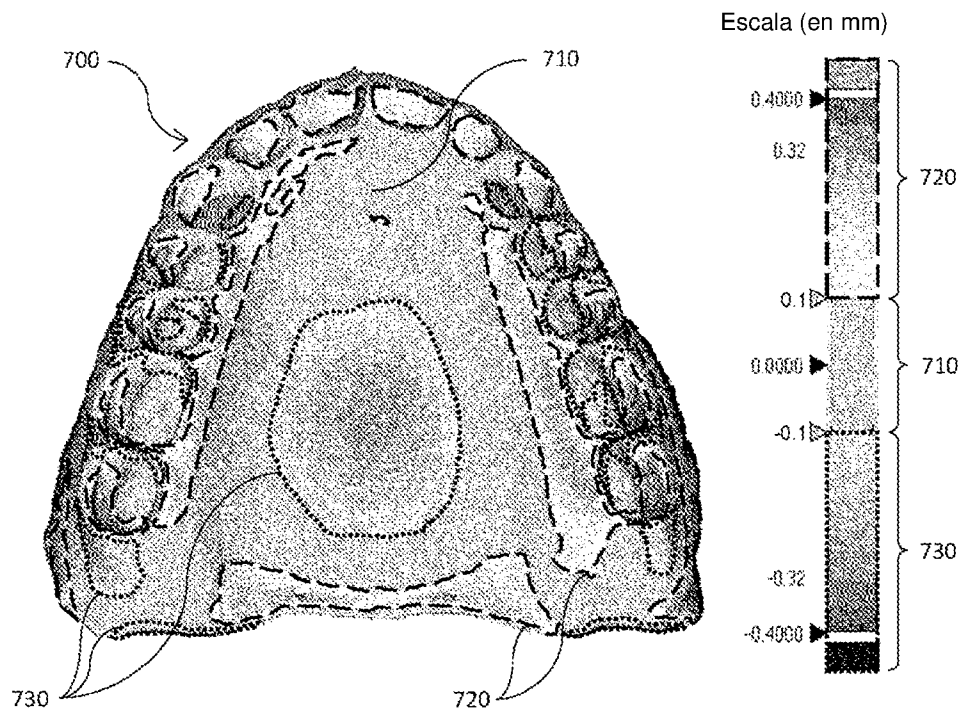
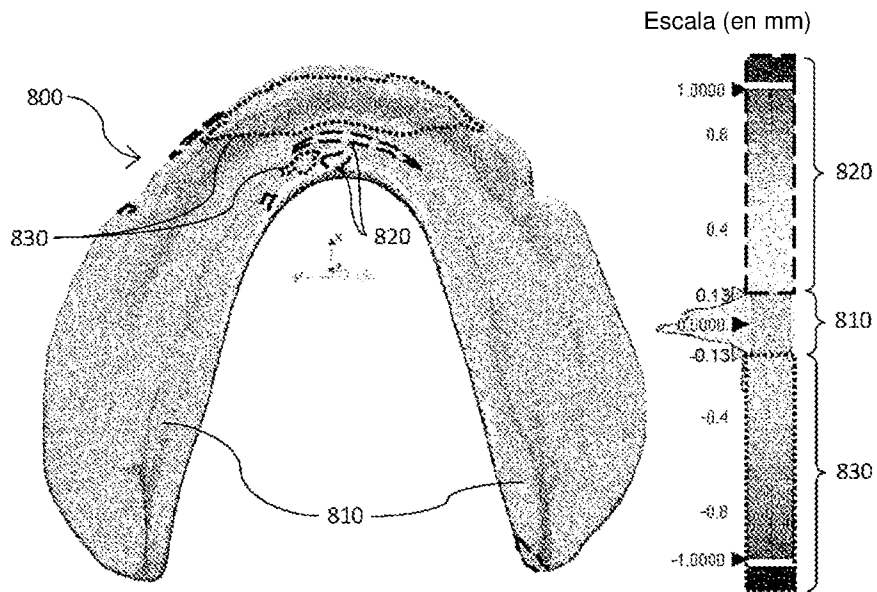
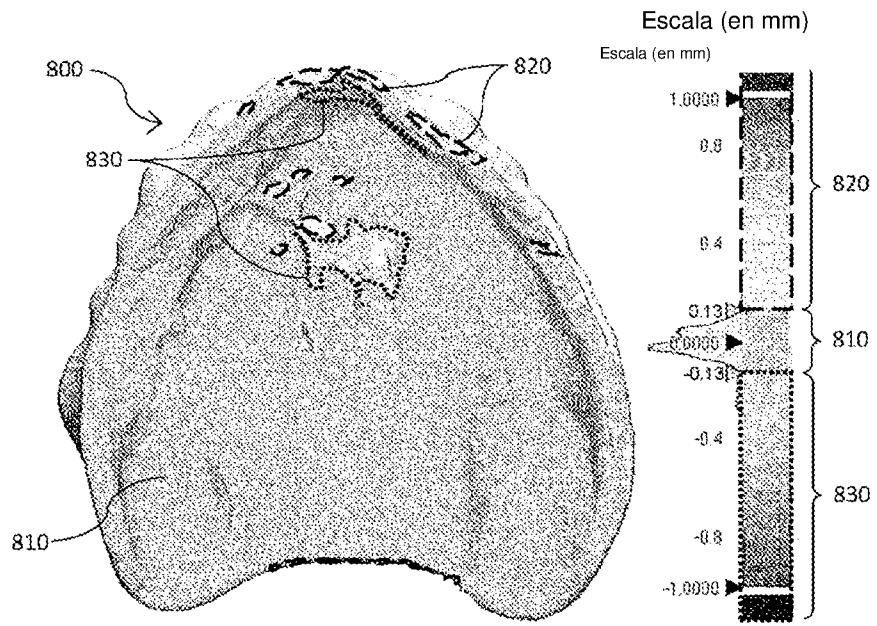


FIG. 7



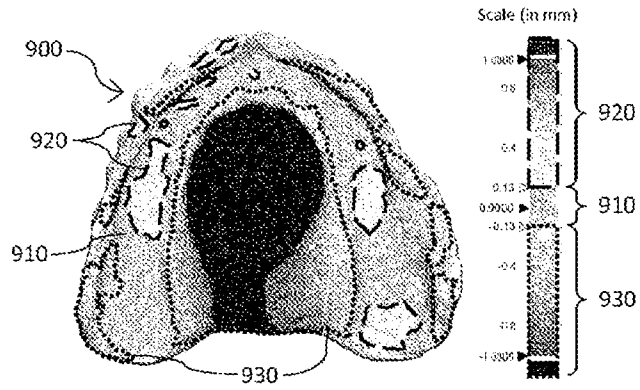


FIG. 9A

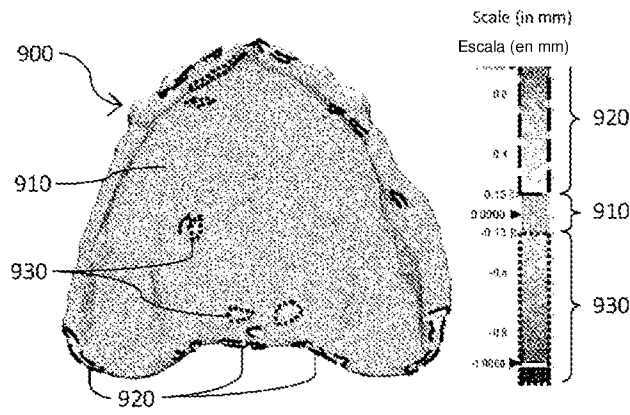


FIG. 9B

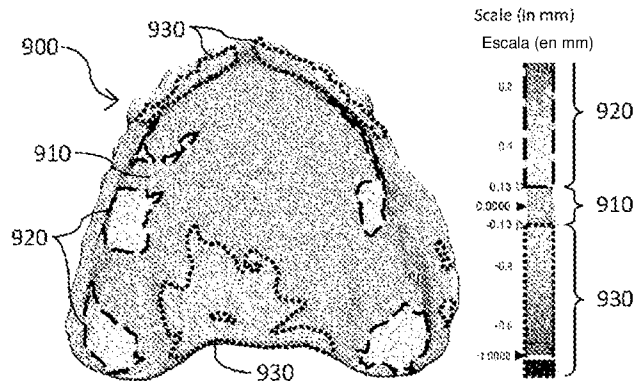


FIG. 9C