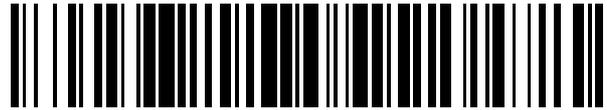


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 477 870**

51 Int. Cl.:

**A61C 13/00** (2006.01)

**A61C 7/14** (2006.01)

**A61C 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2003 E 07111572 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 1844730**

54 Título: **Sistema modular para aparatos de ortodoncia personalizados**

30 Prioridad:

**13.02.2002 US 75676**

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

**18.07.2014**

73 Titular/es:

**TOP-SERVICE FÜR LINGUALTECHNIK GMBH  
(100.0%)**

**Schledehauser Strasse 81  
49152 Bad Essen, DE**

72 Inventor/es:

**WIEHMANN, DIRK;  
PAEHL, RALF;  
RUBBERT, RÜDGER y  
WEISE, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 477 870 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

Sistema modular para aparatos de ortodoncia personalizados

**Antecedentes de la invención****A. Campo de la invención**

- 5 Esta invención se refiere generalmente al campo de la ortodoncia. Más concretamente, la invención se refiere a métodos para diseñar y fabricar correctores dentales (*brackets*) con la finalidad de enderezar la dentadura de un paciente y a aparatos correctores dentales novedosos fabricados de acuerdo con estos métodos. La invención generalmente es útil para aparatos de ortodoncia. Se puede emplear de forma particularmente ventajosa en ortodoncia lingual, esto es, cuando el aparato se une a la superficie lingual de los dientes por razones estéticas.

**10 B. Descripción de la Técnica Anterior**

Un método ampliamente conocido para enderezar o alinear la dentadura de un paciente consiste en unir los correctores dentales sobre la superficie de los dientes y tender cables elásticos de sección transversal rectangular a través de las ranuras de los correctores. Típicamente, los correctores son productos disponibles para la venta. En la mayoría de los casos, están adaptados a un cierto diente (por ejemplo a un canino superior), pero no al diente individual de un paciente específico. La adaptación del corrector dental al diente se realiza rellenando la separación entre la superficie del diente y la superficie del corrector con adhesivo para, de este modo, unir el corrector al diente de manera que la ranura del corrector, cuando los dientes se mueven hasta una posición final, se sitúa en un plano horizontal. La fuerza de accionamiento para mover los dientes a la posición final deseada se proporciona por el cable en arco. Para correctores linguales, Thomas Creekmore ha desarrollado un sistema que tiene ranuras de corrector verticales. Esto permite una inserción más fácil del cable. El lado más largo del cable está orientado por tanto verticalmente. Unitek ha comercializado este sistema bajo la marca registrada CONSEAL™.

El Documento US 2002/0010568 A1 describe un ordenador, en el que se puede utilizar un modelo virtual de tres dimensiones de los dientes que representa la dentadura del paciente para simular el movimiento de los dientes y, además, presentar los correctores virtuales en la dentadura virtual. Una realización hecha a medida de las almohadillas de los correctores está descrita uniendo un adhesivo a una base del corrector y fresando la gota de adhesivo sólida para que encaje con la superficie del diente. Además, la almohadilla del corrector está estampada con una forma deseada o una almohadilla estampada es fresada hasta alcanzar la forma deseada. La capa de material adicional que se adapta al diente es descrita de manera que actúa como una plantilla para el diente.

El documento WO 01/80761 A2 describe la generación de un modelo de dentadura virtual de un paciente en un ordenador, que aplica correctores virtuales al modelo de ordenador, y que calcula el movimiento de los dientes durante el tratamiento ortodóntico. Para optimizar el movimiento de los dientes a una posición deseada, el cable de arco está provisto de una conformación para ejercer las fuerzas necesarias sobre los dientes a través de la interacción con las ranuras de corrector de los correctores unidos a los dientes. Los correctores individuales son fabricados previamente.

El documento US 5 454 717 proporciona un sistema de fabricación asistido por ordenador para la producción de los aparatos de ortodoncia que son fabricados por encargo con datos directamente tomados de los dientes de un paciente. Para la fabricación por encargo, se proporciona una pieza de partida de corrector que tiene una superficie de montaje que se puede conectar a una superficie de corona de un diente del paciente y que tiene un soporte de cable de arco que se extiende desde la superficie de montaje, una ranura de cable de arco se corta en el soporte de cable de arco bajo el control del ordenador mientras que se almacenan los datos que correlacionan la posición de la superficie de montaje de cada pluralidad de piezas de partida de corrector cuando se montan en un soporte. Para el establecimiento a medida de la fuerza aplicada a los dientes individuales, la geometría de la ranura en cada corrector es cortada de forma individual con relación a la superficie del movimiento de cada corrector y por consiguiente, el cable de arco montado en las ranuras de los correctores impartirá una fuerza deseada a los correctores.

El documento US 5533895 proporciona un método para prefabricar aparatos de ortodoncia para distintos grupos raciales de acuerdo con las posiciones e inclinación comunes de los miembros de un grupo racial proporcionando las respectivas dimensiones y conformaciones de corrector para obtener una dentadura deseada.

El documento US 4243386 describe un corrector de ortodoncia que tiene una almohadilla unión de corrector con una rugosidad superficial de 6 a 10  $\mu\text{m}$  para recibir un cemento de unión.

Un método informatizado para aparatos de ortodoncia basado en el diseño y fabricación de correctores dentales a medida para cada paciente individual, y el diseño y fabricación de plantillas y cables de arco de colocación de correctores a medida, ha sido propuesto en la técnica. Véase la Patente de Estados Unidos RE 35.169 concedida a Lemchen et al., y las Patentes de Estados Unidos concedidas a Andreiko et al., N° 5.447.432, 5.431.562 y 5.454.717. El sistema y el método del Andreiko et al. está basado en cálculos matemáticos de posiciones finales de dientes y formas de arcos ideales deseados. El método de Andreiko et al. no ha sido adoptado ampliamente, y de

hecho ha tenido poco impacto en el tratamiento de pacientes de ortodoncia ya que su primera proposición fue a principios de los años 90. Existe una variedad de razones para ello, una de las cuales es que el método determinístico propuesto por Andreiko et al. para calcular las posiciones finales del diente no tiene en cuenta los eventos no predecibles durante el transcurso del tratamiento. Además, los métodos propuestos de Andreiko et al. esencialmente eliminan la figura del ortodontista en términos de planificación, e intenta remplazar su criterio y juicio en la determinación de las posiciones finales del diente por cálculos empíricos de las posiciones finales del diente.

Típicamente, los cables utilizados en el tratamiento ortodóntico hoy en día son productos disponibles para la venta. Si necesitan ser individualizados por el ortodontista, el objetivo es que se hagan las menores modificaciones posibles. Por lo tanto, los correctores están diseñados de tal manera que al final de tratamiento, cuando los dientes están alineados, se supone que las ranuras de los correctores están situadas y orientadas de forma plana. Esto significa que un cable que estuviera tendido pasivamente a través de las ranuras, sin aplicar ninguna fuerza, sería plano. Este régimen de tratamiento se conoce como "cable recto". Domina el mundo de la ortodoncia. Es eficaz tanto para fabricantes como para ortodontistas. Los aparatos de ortodoncia hechos a medida propuestos por Andreiko et al. requieren un cable plano, pero con la curvatura en un plano horizontal personalizado para el individuo y dictada por la forma de la forma de arco deseada para el paciente.

El llamado método de cable recto que continua siendo utilizado en aparatos de ortodoncia hoy en día tiene algunas desventajas notables en términos de comodidad del paciente. La necesidad de cerrar la separación entre la superficie de unión del corrector y la superficie del diente con adhesivo también da lugar a un espesor total del aparato aumentado. Para correctores que están unidos de forma labial, esto es aceptable, ya que las superficies labiales del diente son muy uniformes para distintos individuos, y la separación que va a ser cerrada no es significativa. Sin embargo, las superficies linguales (internas) de los dientes presentan una variación mucho mayor entre pacientes. Para conseguir el objetivo de orientar el corrector de tal manera que la ranura esté paralela a todas las demás cuando el tratamiento termina, el espesor de adhesivo que es necesario a menudo está comprendido entre 1 y 2 mm. Es obvio que cada fracción de un mm añadida al espesor del aparato aumenta de manera significativa la incomodidad del paciente. Especialmente con correctores linguales (corrector unido a la superficie lingual de los dientes), surgen problemas de articulación, y la lengua se irrita de forma severa durante varias semanas después de la unión. Las superficies del diente próximas a estas almohadillas adhesivas son difíciles de limpiar, dando lugar de este modo a puntos de acumulación de bacterias que producen inflamación gingival. Cuanto más alejado está el cable de arco de la superficie del diente, más difícil es conseguir una posición acabada precisa para cada diente. Un error de sólo  $10^\circ$  en el par (rotación alrededor del eje del cable) puede inducir un error vertical en la posición del diente de más de 1 mm.

Otra desventaja significativa de los correctores gruesos, especialmente cuando se unen lingualmente, surge cuando los dientes delanteros están muy apelotonados (lo que a menudo es causa de tratamiento odontológico). Dado que el espacio es más restringido en la superficie lingual debido a la curvatura de la mandíbula, no todos los correctores se pueden unir en una sesión. Por el contrario, los odontólogos tienen que esperar hasta que el apelotonamiento se haya reducido hasta que todos los correctores pueden ser colocados. El apelotonamiento también genera problemas para los correctores labiales. Las consideraciones geométricas dictan que este problema de constricción empeora cuando el espesor de las combinaciones corrector/almohadilla de fijación del corrector/adhesivo aumenta.

Otro problema en aparatos de ortodoncia es determinar la correcta posición del corrector. En el momento de la unión, los dientes pueden estar orientados alejados de la posición deseada. Así, la tarea de colocar los correctores de manera que un cable de arco plano lleve a los dientes a su posición correcta requiere mucha experiencia e imaginación visual. El resultado es que al final de tratamiento se ha perdido mucho tiempo en realizar los ajustes necesarios tanto para colocar el corrector como para dar forma al cable. Este problema se puede resolver creando una configuración ideal, o bien de forma virtual utilizando datos de escaneo en 3D de la dentadura o bien físicamente separando un modelo dental de la dentadura en un único diente y ajustando el diente en un lecho de cera en una posición ideal. Los correctores se pueden colocar después en esta configuración ideal en las posiciones óptimas, de manera que el cable plano que discurre a través de las ranuras del corrector llevará los dientes exactamente al objetivo ideal. Esto, de nuevo, se puede hacer virtualmente en un ordenador o físicamente. Después de hacer esto, la posición del corrector tiene que ser transferida de diente a diente en la situación de maloclusión (inicial). En base a esta situación de maloclusión, se puede fabricar una bandeja de transferencia que envuelva los correctores, lo que permite unir los correctores exactamente en la posición definida en la configuración. Dicha técnica se enseña generalmente en la Patente de Estados Unidos de Cohen 3.738.005.

La solicitud de patente PCT publicada de OraMetrix, Inc., publicación nº WO 01/80761, describe un método basado en un cable para aparatos de ortodoncia basados en correctores genéricos y un cable de arco ortodóntico personalizado. El cable de arco puede tener complejas vueltas y dobleces, y como tal, no es necesariamente un cable plano. Todo el contenido del este documento está incorporado aquí como referencia. Este documento describe también un sistema de escaneo para crear modelos virtuales en 3D de una dentadura y un sistema de planificación de tratamiento por ordenador, interactivo basado en los modelos de la dentadura escaneada. Como parte de la planificación del tratamiento, son colocados correctores virtuales en dientes virtuales y los dientes son movidos a una posición deseada por el operador humano que proporciona el criterio clínico. El modelo virtual en 3D de la dentadura más los correctores en una condición de maloclusión son exportados a un dispositivo de generación de prototipos rápido para fabricar un modelo físico de la dentadura más los correctores. Una bandeja de colocación de

correctores es moldeada sobre el modelo. Los correctores reales son colocados en la bandeja de transferencia en la posición en la que estaban colocados los correctores virtuales. La unión indirecta de los correctores a los dientes se produce a través de la bandeja de transferencia. El sistema del documento WO 01/80761 supera muchos de los problemas inherentes en el método de Andreiko et al.

- 5 Durante el transcurso del tratamiento, los correctores pueden soltarse, por ejemplo, si el paciente muerde piezas duras de comida. Obviamente, la bandeja de transferencia utilizada para la unión inicial no encajará ya que los dientes se han movido. Aunque es posible cortar la bandeja (tal y como se describe en el documento WO 01/80761) en piezas y utilizar sólo una sección que está asignada al corrector que se ha soltado, para sustituir el corrector la fiabilidad de este procedimiento es limitada, ya que una pieza pequeña de material plástico no es adecuada para  
10 colocar un corrector de forma asegurada. Por tanto, puede ser necesario crear una nueva bandeja de transferencia adaptada a la posición actual de los dientes utilizando costosos procesos de laboratorio.

Los métodos y aplicaciones presentados aquí comprenden varias características independientes que proporcionan mejoras sustanciales a la técnica anterior. Los mayores beneficios se conseguirán para tratamientos linguales, pero también se beneficiarán los tratamientos labiales.

## 15 Descripción de la invención

- Se proporciona un método de acuerdo con un la reivindicación 1 y un conjunto de correctores dentales o "brackets" (uno o más) de acuerdo con la reivindicación 12. El corrector tiene una ranura que está orientada con respecto a la almohadilla de unión del corrector en la cual el cable discurre sustancialmente paralelo a la superficie de los dientes, es decir, la parte de la superficie del diente adyacente a donde el corrector recibe el cable de arco, como se  
20 explicará con más detalle y como se muestra en los dibujos.

- En particular, los correctores tienen una almohadilla de fijación del corrector para unir el corrector al diente del paciente y un cuerpo de corrector que tiene una ranura para recibir un cable de arco que tiene o bien un lado plano, liso (por ejemplo un lado de un cable que tiene una forma en sección transversal rectangular, cuadrada, de paralelogramo o con forma de cuña) o alternativamente una forma ovalada. Las ranuras de los correctores están  
25 orientadas en aproximadamente alineaciones paralelas con relación a su respectiva almohadilla de fijación del corrector de tal manera que, cuando el corrector o conjunto de correctores están instalados en los dientes del paciente y el cable de arco está insertado en las ranuras, el cable de arco es escorado o inclinado con relación al plano oclusal (de forma análoga a una curva peraltada en una pista de carreras de alta velocidad). En la realización en la que el cable de arco tiene superficies llanas (rectangular, paralelogramo, cuadrado, con forma de cuña, etc.) el  
30 lado plano llano del cable de arco es sustancialmente paralelo a la superficie de los dientes en la posición en la que el cable de arco está insertado en las ranuras, en una orientación escorada con relación al plano oclusal. En una realización en la que el cable de arco es de configuración ovalada, el eje mayor de la sección transversal del cable está orientado de forma sustancialmente paralela a la superficie del diente y en una orientación inclinada con relación al plano oclusal.

- 35 En los dientes delanteros, es deseable ascender con una inclinación homogénea para evitar cambios bruscos de inclinación (es decir, cambios del par) de ranura a ranura con el fin de recibir una progresión lisa del cable. En cable de sección transversal rectangular o cuadrada, uno de los pares de los lados opuestos paralelos del cable de arco está orientado de forma sustancialmente paralela a la superficie del diente. Normalmente, esto sería el par de lados paralelos que tiene la mayor anchura y altura. Este aspecto hace posible que todo el espesor de los correctores  
40 pueda ser disminuido sustancialmente, en comparación con las técnicas de la técnica anterior, debido a que no requiere en el aumento de adhesivo para hacer que la ranura se sitúe en un plano horizontal liso cuando el corrector está unido, como sucede en la técnica del cable recto. Los correctores y el diseño de cable de arco están particularmente bien adaptados para utilizar en ortodoncias linguales.

- Esta reducción en el espesor del corrector, almohadilla de unión del corrector y el cable de arco implica varias  
45 ventajas significativas en comparación con los sistemas de la técnica anterior y la satisfacción de una necesidad muy demandada en la técnica para un sistema de ortodoncia lingual más satisfactorio. Estas ventajas incluyen medios problemas de articulación, una disminución pronunciada en la irritación de la lengua, menor riesgo de pérdida de correctores, más control de posición del acabado ya que la reducida distancia entre el cable y el diente da lugar a un movimiento del diente más precisa hasta la posición final deseada, aumento de la comodidad del  
50 paciente, y condiciones de higiene mejoradas.

- Una razón por la que el diseño de los cables ortodónticos es uno en el que los cables tiene una forma plana lisa es la facilidad para su fabricación industrial. Para disminuir el espesor del corrector dental, es muy preferible hacer  
55 discurrir el cable paralelo a la superficie de cada diente individual como está dispuesto por este aspecto de la invención. Las superficies linguales de los dientes delanteros están ligeramente inclinadas con relación a un eje vertical para la mayoría de los pacientes. Un cable que discurre paralelo de diente a diente de acuerdo con este aspecto, tiene una forma "escorada" aprovechar la ventaja de la naturaleza paralela de las ranuras de corrector. Utilizando procedimientos de producción en masa, no se podría fabricar tal cable, ya que cada paciente tiene una anatomía dental muy individual. Darle forme un cable manualmente para proporcionar la forma escorada es extremadamente difícil. El uso de materiales modernos para el cable de arco como aleación de memoria de forma

hace esta tarea incluso más difícil o incluso imposible de realizar a mano. Sin embargo, en una realización preferida la geometría de cable requerida está disponible en formato electrónico. Esta geometría de cable puede ser dictada por la posición en tres dimensiones de las ranuras de corrector y/o los correctores, cuando están colocados en los dientes en la oclusión deseada. Este formato puede ser exportado a nuevos robots de doblado de cable que han sido desarrollados recientemente que son capaces de doblar cables virtualmente de cualquier forma (incluyendo formas escoradas). Por ejemplo, es posible explotar datos digitales que reflejen la geometría del cable a los dispositivos de producción de doblado de cable como los robots de 6 ejes descritos en el documento WO 01/80761, y tener cables doblados con el robot de configuración escorada como se ha descrito aquí. De este modo, los cables que tienen la forma escorada como se dicta por el corrector de la invención son ahora capaces de ser producido en masa. El robot de doblado de cables actualmente preferido está también descrito en la Patente de Estados Unidos 6.612.143.

De este modo, en otro aspecto referido, se proporciona un cable de arco escorado. El cable también puede ser de cualquier configuración de sección transversal que tenga al menos una superficie plana lisa, tal como rectangular, o, alternativamente, podría ser de sección transversal ovalada. El cable de arco se dobla hasta una configuración durante la fabricación para que tenga una forma, en una condición relajada como se ha fabricado, tal que la superficie plana lisa del cable de arco (o el eje mayor de la sección transversal del cable en una configuración ovalada) esté escorado con relación a un plano oclusal en una extensión arqueada sustancial. El escorado del cable de arco corresponde a partes del cable de arco que van a ser colocados en correctores y utilizados para enderezar dos o más dientes. En una realización en la que el cable es de sección rectangular o cuadrada, uno del primer y segundo pares de lados paralelos está orientado sustancialmente paralelo a las superficies del diente en las proximidades de donde el cable de arco va a ser recibido por el cable de arco que recibe los receptáculos situados en los dos o más dientes.

Un método de fabricación de un cable de arco incluye la etapa de definir la localización de un conjunto de ranuras de corrector para un conjunto de correctores en el espacio tridimensional con la ayuda de un ordenador. Las ranuras de corrector están orientadas de manera sustancialmente paralela a la superficie de los dientes en las localizaciones en las que los correctores van a ser unidos a los dientes. El método continúa con la etapa de suministrar un robot de doblado de cable con la información correspondiente a la localización del conjunto de ranuras de corrector. Esta información estará típicamente en forma de archivo digital que representa coordenadas en 3D de las ranuras de los correctores. Esta información se puede utilizar por un programa de control de robot para decirle al robot de doblado de cable cómo doblar un cable de manera que el cable, en un estado relajado, como se ha fabricado, tenga una forma dictada por las ranuras del corrector. Este método continúa con la etapa de doblar un cable de arco con el robot de doblado de cable que tiene una forma correspondiente a la localización de las ranuras de corrector, en donde el cable de arco tiene una configuración escorada de manera que el cable de arco está orientado de manera sustancialmente paralela a las superficies del diente en una extensión arqueada sustancial. El cable se puede doblar de forma continua, o, alternativamente, como series de dobleces separados por una sección recta correspondiente a las ranuras de corrector, como se describe con más detalle en la patente de Estados Unidos WO 01/80761 6.612.143.

En todavía otro aspecto, se proporciona un corrector con un almohadilla de fijación del corrector mejorada que hace los correctores esencialmente autoposicionables, esto es, se pueden situar y colocar de forma única en los dientes en la posición correcta como una fijación positiva sin el uso de una jiga y otro mecanismo de colocación de corrector, tal como la bandeja propuesta por Cohen, Patente de Estados Unidos 3.738.005, o la jiga de las patentes de Andreiko et al. En particular, se proporciona una mejora en un corrector que tiene una almohadilla de fijación del corrector en la que la almohadilla de fijación del corrector tiene una superficie de contacto de diente de extensión de área en tres dimensiones que se corresponde de forma sustancialmente exacta con la forma en tres dimensiones del diente en la que se va a unir la almohadilla.

En una realización posible, la extensión de área en tres dimensiones es suficientemente grande, y considerablemente más grande que todas las almohadilla de fijación del corrector propuestas en la técnica anterior, de manera que el corrector se puede colocar de forma única y de forma fiable a mano y situar en el diente en la posición correcta debido a la extensión de área sustancial correspondiente a la superficie en tres dimensiones del diente. El corrector es capaz de ser doblado en su sitio sobre el diente sin la asistencia de una ayuda de colocación de corrector tal como una plantilla. En otra posible realización, la extensión de área cubre una cúspide y una parte de una cúspide para hacer posible que el corrector sea colocado de forma única en el diente.

En otro aspecto, se proporciona un corrector con una almohadilla de fijación del corrector que comprende una valva delgada para reducir el espesor total del corrector tanto como sea posible. La almohadilla incluye una superficie orientada al diente que tiene la misma forma que la superficie del diente. En esta realización, la almohadilla de fijación del corrector tiene una superficie opuesta que corresponde con la superficie orientada al diente que tiene una configuración de superficie tridimensional que también coincide con la superficie tridimensional del diente. Con el fin de crear una almohadilla delgada en un ordenador, un método preferido es crear un vector normal de cada elemento de la superficie orientada al diente de almohadilla de fijación del corrector (por ejemplo, un triángulo que depende de cómo esté representada la superficie en el ordenador). Cada elemento de superficie está "desplazado" en la dirección del vector normal alejándose del diente utilizando un valor de desplazamiento predefinido correspondiente al espesor de la almohadilla de unión. De este modo, se crea una valva delgada teniendo el exterior de la valva

sustancialmente la misma extensión de área y superficie en tres dimensiones correspondientes a la superficie orientada al diente de la almohadilla de unión de corrector. También se podría utilizar otras técnicas. Por ejemplo, la almohadilla de fijación del corrector podría tener una periferia más delgada (por ejemplo 0,1 mm) y una parte central más gruesa (por ejemplo, 0,3 mm) adyacente a donde el cuerpo de corrector está unido a la almohadilla de unión.

5 Se pueden proporcionar programas de software adecuados para variar el espesor sobre la superficie de la almohadilla de fijación del corrector, tales como mediante el escalado del vector normal con una variable que depende de lo cerca que el vector normal está del borde de la almohadilla de fijación del corrector.

En todavía otro aspecto, se proporciona un método de diseño y fabricación de un corrector de ortodoncia personalizado para un paciente con la ayuda de un ordenador de acuerdo con la reivindicación 1. El corrector tiene una almohadilla de fijación del corrector. El ordenador almacena un modelo en tres dimensiones de los dientes del paciente. El método comprende las etapas de determinar un área de una diente en la que se va a unir la almohadilla de fijación del corrector; obtener una forma en tres dimensiones de una superficie orientada al diente de la almohadilla de fijación del corrector, en donde la forma en tres dimensiones coincide con la forma en tres dimensiones del diente; y obtener una forma en tres dimensiones de una segunda superficie opuesta de la superficie orientada al diente de la almohadilla de fijación del corrector. Una librería de cuerpos de corrector virtual de tres dimensiones está almacenada en el ordenador o se puede acceder de otro modo a través del ordenador. El método continúa con la etapa de obtener un cuerpo de corrector a partir de la librería y combinar el cuerpo de corrector con la almohadilla de fijación del corrector para formar un objeto virtual tridimensional que representa el corrector.

En una realización preferida, la segunda superficie opuesta tiene una forma tridimensional que se corresponde con la superficie orientada al diente de dicha almohadilla de fijación del corrector, por ejemplo, realizando la técnica de "desplazamiento" descrita anteriormente. El método también puede incorporar la etapa opcional de modificar el modelo virtual del cuerpo de corrector. Por ejemplo, el cuerpo de corrector puede tener una parte del mismo retirada con el fin de colocar la ranura del cuerpo de corrector tan cerca como sea posible de la almohadilla de fijación del corrector y borrar la parte del cuerpo de corrector que, de otro modo, sobresaldrá en el interior de la corina del diente. Como otro ejemplo, la modificación puede incluir añadir características auxiliares al cuerpo de corrector tales como ganchos.

La adición del cuerpo de corrector a la almohadilla de fijación del corrector con la ayuda del ordenador se puede realizar para un grupo de dientes al mismo tiempo con el fin de tener en cuenta la proximidad de los dientes y correctores adyacentes. De este modo, el método puede incluir la etapa de visionado, con la ayuda del ordenador, de una pluralidad de dientes virtuales y almohadillas de unión de corrector virtuales unidas a los dientes, y desplazar la localización del cuerpo de corrector con relación a su respectiva almohadilla de fijación del corrector. Esta última etapa se realizaría, por ejemplo, con el fin de colocar mejor el cuerpo de corrector sobre la almohadilla de unión, o con el fin de evitar un conflicto entre el cuerpo de corrector y un diente adyacente y opuesto tal como una colisión durante la masticación o durante el movimiento del diente.

El método para diseñar y fabricar un corrector de ortodoncia personalizado incluye la etapa de almacenar una representación digital de la parte relevante de la dentadura del paciente en un ordenador. Ésta sería una representación digital de toda la dentadura o alternativamente sólo de la superficie del diente sobre las cuales se van a unir los correctores. El método continúa con las etapas de proporcionar acceso a una librería de cuerpos de corrector tridimensional, tales como por ejemplo, almacenar la librería en el ordenador, y determinar la forma y configuración de las almohadillas de unión de corrector, con las almohadillas de unión de corrector que tiene una superficie orientada al diente que coincide de forma sustancialmente exacta con las correspondientes superficies tridimensionales de los dientes. El método continúa con la etapa de combinar los cuerpos de corrector de la librería de cuerpos de corrector con las almohadillas de unión de corrector para con ello crear un conjunto de correctores de ortodoncia individuales y hechos a medida. Un archivo que representa los correctores de ortodoncia hechos a medida es exportado desde el ordenador a un sistema de fabricación para fabricar los correctores de ortodoncia hechos a medida. El método continúa con la etapa de fabricar los correctores de ortodoncia hechos a medida, o bien utilizando cualquier variedad de técnicas conocidas en la técnica tales como fresado, o una de las técnicas descritas con detalle aquí, como el moldeo.

Todavía se proporciona otras mejoras en la fabricación de los correctores hechos a medida. En un aspecto, se proporciona un método de fabricación de un corrector de ortodoncia que tiene un cuerpo de corrector que tiene una ranura y una almohadilla de fijación del corrector, que comprende las etapas de determinar la forma en tres dimensiones del corrector de ortodoncia y fabricar el corrector a partir de materiales que tengan al menos dos durezas diferentes, un primer material o materiales relativamente duros que forman el cuerpo del corrector y un segundo material o materiales relativamente blandos que forman la almohadilla de unión del corrector. La resistencia del material del corrector también es un compromiso. Aunque la sección que forma la ranura debería ser tan robusta como sea posible para mantener la sección transversal de la ranura incluso cuando el corrector está sometido a esfuerzos mecánicos elevados (por ejemplo, mordiendo objetos duros), la sección que forma la almohadilla debería ser más blanda para facilitar el despegado después de que el tratamiento haya finalizado. Si la almohadilla es lo suficientemente blanda, se pueden despegar literalmente de la superficie del diente, utilizando una herramienta adecuada. Dependiendo del tipo de proceso de fabricación, es posible utilizar diferentes aleaciones para conseguir tal configuración. Utilizando moldeo centrífugo, primero, se puede utilizar una cantidad controlada de aleación dura para formar la sección que sujeta la ranura, y después se utiliza una aleación más blanda para rellenar el resto del

corrector (o redondear de otra forma). Es posible controlar la cantidad de material necesario para formar una parte específica del corrector, dado que, a partir de los modelos en 3D, el volumen de cada componente del corrector se conoce de forma precisa. Se pueden utilizar otras técnicas de fabricación, tales como un proceso de sinterización por láser, en el que se utilizan polvos de diferentes aleaciones para diferentes capas.

- 5 En todavía otro aspecto, se proporciona un método modular para diseñar correctores hechos a medida para cada paciente utilizando un ordenador. El ordenador almacena una librería de cuerpos de corrector virtuales, almohadillas de unión de corrector, y operacionalmente dispositivos auxiliares de correctores virtuales, tales como ganchos. El usuario especifica o selecciona una almohadilla de unión de corrector y un cuerpo de corrector para un diente particular. Los dos objetos virtuales se unen para formar un corrector virtual. El usuario puede estar provisto de herramientas de software con gráficos para especificar cómo y dónde son unidos el cuerpo de corrector y la almohadilla de unión. Los datos que representan el corrector virtual se pueden exportar a un proceso de generación de prototipos rápidos para dirigir la fabricación o fabricar una plantilla o modelo que se utilice en un proceso de moldeo para fabricar el corrector. En una realización posible, la almohadilla de unión del corrector coincide sustancialmente de forma exacta con la superficie del diente.
- 10
- 15 Estos y otros principios más de las distintas invenciones mencionados aquí serán descritos con más detalle en combinación con los dibujos adjuntos.

### Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones actualmente preferidas de la invención se describen a continuación en combinación con las figuras de dibujos adjuntas, en las que los mismos números de referencia se refieren a los mismos elementos en las distintas vistas, y en las que:

20

la Figura 1 es una vista en perspectiva de un cable de arco escorado.

La Figura 2 es una ilustración, parcialmente en sección transversal, que muestra un conjunto de dientes, correctores asociados y el cable de arco de la Figura 1.

La Figura 2A es una sección transversal de un cable de arco con una sección transversal ovalada que se podría utilizar en una posible implementación.

25

La Figura 2B es una sección transversal del cable de arco de la Figura 2A colocado en una ranura de corrector con la ranura del corrector orientada de manera sustancialmente paralela a la superficie del diente, mostrando el eje mayor del cable de arco en una configuración escorada con respecto al plano oclusal.

La Figura 3A es una sección transversal de un diente con una almohadilla de fijación del corrector y una ranura orientada de forma sustancialmente paralela a la superficie del diente de acuerdo con un aspecto de una realización preferida.

30

La Figura 3B es una sección transversal del mismo diente mostrado en la Figura 3A pero con una disposición de la técnica anterior de un corrector lingual Ormco, que muestra la orientación de la ranura de corrector para un cable de arco horizontal plano que está escorado como se muestra en la Figura 3A.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de un modelo de ordenador de dos dientes con una almohadilla de fijación del corrector de acuerdo con un aspecto de la invención, perfectamente adaptada a la superficie del diente y que cubre una extensión de área sustancial de la superficie del diente de manera que da lugar a que el corrector se pueda colocar manualmente por el ortodontista en su posición correcta en el diente sin el uso de una plantilla u otro dispositivo de colocación de corrector.

35

La Figura 5 es una vista de dispositivos de plano de mordedura que se pueden incorporar en la almohadilla de unión y estar unidos al diente con el fin de evitar que las mandíbulas superior e inferior se cierren completamente.

Las Figuras 6A, 6B son formas de cuerpo de corrector estándar que se pueden utilizar en el diseño de correctores de ortodoncia hechos a medida. Estos y otros tipos de cuerpos de corrector están almacenados en la librería de objetos de cuerpo de corrector virtuales en un ordenador y son utilizados para diseñar correctores de ortodoncia hechos a medida como se ha descrito con detalle.

45

La Figura 7 es una vista superior de tres dientes delanteros inferiores, que muestran de una manera algo simplificada, cómo se pueden adaptar la localización del cuerpo de corrector en la almohadilla de fijación del corrector para tener en cuenta la condición de abarrotamiento de los dientes. La adaptación mostrada en la Figura 7 está simulada en un terminal de trabajo de ordenador que implementa un programa de diseño de corrector y permite que el usuario coloque el cuerpo de corrector en la almohadilla de fijación del corrector en una localización arbitraria con el fin de optimizar la colocación del cuerpo de corrector para el paciente individual. La capacidad para colorar el cuerpo de corrector desplazado del centro de la almohadilla puede ser beneficiosa para correcciones labiales, por ejemplo, desplazando el cuerpo de corrector en la dirección gingival desde una segunda bicúspide inferior similar a la proporcionada por el corrector Ormco Mini Diamond™ con desplazamiento gingival. Esto proporciona un área de

50

unión más grande sin mover la ranura demasiado lejos hacia la parte oclusal del diente.

La Figura 8 es una ilustración de un corrector cerámico MB Ormco Spirit <sup>TM</sup> con un empaste para la ranura del corrector.

5 La Figura 9A es una ilustración de un diente virtual presentado en un terminal de trabajo de ordenador que implementa las características de diseño del corrector de la presente invención, con el usuario haciendo el límite de una almohadilla de unión de corrector sobre la superficie del diente colocando los puntos sobre la superficie del diente. La Figura 9B es una ilustración de un límite curvado para la almohadilla de fijación del corrector, creado uniendo los puntos de la Figura 9A con las líneas que siguen el contorno de la superficie del diente.

10 La Figura 10 es una ilustración de un conjunto de dientes virtuales presentados en un terminal de trabajo de ordenador implementando las características de diseño de corrector de la presente invención, mostrando los límites de la almohadilla que el usuario ha creado para un conjunto de dientes. Nótese que la superficie de los dientes cubierta por las almohadillas de unión de corrector puede comprender una extensión de área sustancial de las superficies linguales de los dientes, en este caso aproximadamente 60-75 por ciento de la superficie lingual de los dientes para ayudar al usuario a colocar correctamente el corrector sobre el diente. La cobertura de área depende de la curvatura de la superficie del diente, requiriendo superficies de diente relativamente planas una cobertura de área de almohadilla de unión más grande con el fin de que el corrector se pueda colocar correctamente sin una plantilla. Cuando la almohadilla de fijación del corrector cubre parte de una cúspide de un diente, la cobertura de área se puede reducir.

20 La Figura 11 es una ilustración de la superficie del diente que va a ser cubierta por las almohadillas de unión de corrector. Estas superficies de diente son "cortadas" y separadas de los modelos de diente realizando una operación de separación en el terminal de trabajo, dando lugar a estos objetos a superficies en tres dimensiones independientes de espesor cero.

25 La Figura 12 es una vista de un conjunto de dientes, parcialmente en sección transversal, que muestran una almohadilla de fijación del corrector que se superpone a una superficie de diente y un cuerpo de corrector situado en la almohadilla de fijación del corrector, un una etapa provisional en el desarrollo de un método de diseño de un corrector personalizado. La parte del cuerpo de corrector que sobresale dentro del diente es finalmente retirada del corrector, como se muestra en la Figura 21.

30 Las Figuras 13A y 13B son vistas en perspectiva de dos cuerpos de corrector representativos en los que las superficies de los mismos están conformados de acuerdo con la superficie del diente, en donde las ranuras están orientadas generalmente de forma sustancialmente paralela a la superficie del diente adyacente a donde tales cuerpos de corrector están unidos a los dientes.

La Figura 14 es una vista en perspectiva de una representación digital de un conjunto de objetos de diente y objeto de corrector diseñados de acuerdo con una realización preferida de la invención.

La Figura 15A es una ilustración de una disposición de corrector lingual de la técnica anterior.

35 La Figura 15B es una ilustración de los mismos dientes pero con correctores hechos a medida de acuerdo con las características de diseño de correctores de esta invención. Una comparación de la Figura 15A y 15B muestra la disminución pronunciada en el espesor de corrector de la Figura 15B.

40 La Figura 16 muestra la combinación de un cuerpo de corrector virtual y una almohadilla de fijación del corrector durante una etapa intermedia en el diseño de un corrector de ortodoncia personalizado, en el que la almohadilla y cuerpo de corrector son dos objetos virtuales en tres dimensiones independientes que se pueden mover uno con relación al otro.

La Figura 17 muestra una pantalla de un terminal de trabajo de ordenador implementado las características de diseño de corrector descritas aquí, en la que el usuario está uniendo la almohadilla y el cuerpo de corrector de la Figura 16 en un único objeto virtual.

45 La Figura 18A y 18B son dos vistas de la almohadilla y cuerpo de corrector combinados como un único objeto virtual.

La Figura 19 muestra una almohadilla y cuerpo de corrector de las Figuras 18A y 18B colocados en un diente virtual.

50 La Figura 20 muestra la pantalla de un terminal de trabajo de ordenador que realiza un proceso de sustracción para sustraer el objeto de diente representado en rojo en el terminal de trabajo del objeto de cuerpo de almohadilla de fijación del corrector/corrector representado en verde en el terminal de trabajo. Esta etapa es necesaria para retirar la parte del cuerpo de corrector que de otro modo sobresaldría dentro del diente.

Las Figuras 21A y 21B son dos vistas de la almohadilla de corrector/objeto de cuerpo de corrector después de que la operación de sustracción de la Figura 20 se haya realizado. Comparando la Figura 17 con la Figura 21B, se observará que la parte del cuerpo de corrector que de otro modo habría sobresalido dentro del diente ha sido delectada del objeto de cuerpo de almohadilla de corrector/corrector.

**descripción detallada de las realizaciones preferidas**

## Ranura de Corrector Paralela a Superficies de Diente y Cable de Arco Escorado

Como se ha observado anteriormente, en el método del cable recto para artículos de ortodoncia realizados hoy en día, el diseño básicos de los cables ortodónticos en la técnica anterior tiene forma plana lisa. Todas las ranuras de los correctores, cuando los dientes son movidos a la oclusión deseada, se sitúan en un plano. Por consiguiente, el propio cable de arco, que es de sección trasversal rectangular, tiene una configuración plana lisa. Este es también el caso para cables que van a ser utilizados en los correctores CONSEAL™ mencionados anteriormente. Aunque la sección transversal del cable está orientada de una manera vertical, (el lado más largo del cable es vertical), el cable de arco todavía forma una plano que es sustancialmente paralelo al plano oclusal y la orientación de la sección transversal se mantiene a lo largo del cable. La principal razón para este fenómeno es la facilidad de fabricación industrial de cables de arco de configuración plana lisa. Se propone un apartida significativa de cables de arco lisos planos.

En particular, se ha observado que disminuir el espesor de una corrector dental es mucho más preferible para construir las ranuras de los correctores, y fabricar el cable de arco, de manera que el cable de arco corre esencialmente paralelo a la superficie del cada diente . En un aspecto, las ranuras de corrector están orientadas de manera que el cable discurre sustancialmente paralelo a cada superficie de diente. Los que se quiere decir con esto es que cuando un cable, con al menos una superficie plana lisa, es insertado en unas ranuras del corrector, la superficie plana lisa del cable de arco es escorada o inclinada en un ángulo oblicuo con relación al plano oclusal. Por ejemplo, con un cable de sección transversal rectangular o cuadrada, uno de los pares de superficies del cable está orientado paralelo a la superficie del diente de una manera relativamente inclinada respecto al plano oclusal. De manera similar, si el cable tiene una sección transversal ovalada, el eje principal del cable (véase la Figura 2B) está orientado sustancialmente paralelo a la superficie del diente y está inclinado en un ángulo oblicuo con relación al plano oclusal.

Las superficies linguales de los dientes delanteros están significativamente inclinadas. Un cable que corre paralelo de diente a diente particularmente en los dientes delanteros tendría que tener una forma “escorada” (análoga a una curva peraltada en un circuito de carreras de alta velocidad) con relación al plano oclusal. Utilizando procedimientos de producción en masa, tal cable no podría ser fabricado, ya que cada paciente tiene una anatomía dental única. La conformación de un cable manualmente es extremadamente difícil. El uso de materiales preferibles como aleaciones de memoria de forma hace esta tarea incluso más difícil o literalmente imposible. Sin embargo, en una realización preferida de esta invención, la geometría de cable requerida está disponible en formato electrónico. Es posible transportar un archivo que representa esta geometría de cable hasta un dispositivo de producción flexible como un robot de doblado de cable de 6 ejes descrito en el documento WO 01/80761 para doblar y retorcer cables de tal forma.

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un cable de arco 10 con lados planos que está “escorado”. El cable de arco en la realización ilustrada es de sección trasversal rectangular y tiene dos pares de lados paralelos. Uno de los pares de lados paralelos 12 es de mayor altura (perpendicular al eje del cable) que el otro, al menos para cables de sección transversal no cuadrada, y es esta realización el par de lados 12 que tiene la mayor altura está orientado generalmente paralelo a las superficies de diente. Esto se puede observar más fácilmente en la Figura 2, que muestra el cable de arco recibido por tres correctores 14 en tres de los dientes delanteros 16. Los correctores 14 constan de una almohadilla de fijación del corrector 18 y un cuerpo de corrector 20 que incluye una ranura de recepción de cable de arco 22. Las ranuras de los correctores 14 están orientadas en alineación aproximadamente paralela con relación a su respectiva almohadilla de fijación del corrector 18 y asociadas con la superficie del diente. La disposición de las ranuras de corrector 22 es de tal manera que cuando los correctores 14 están instalados en los dientes 16 del paciente y el cable de arco 10 es insertado en las ranuras 22, el cable de arco 10 es escorado o inclinados con relación a un plano oclusal. Uno de los pares de lados paralelos opuestos del cable de arco (12 en las Figuras 1 y 2) está orientado de forma sustancialmente paralela a la superficie del diente. Este aspecto hace posible que el espesor total de los correctores sea disminuido sustancialmente en comparación con las técnicas de técnica anterior, haciendo el diseño de los correctores y el cable de arco particularmente bien adaptado para utilizar en aparatos de ortodoncia linguales. El espesor total del corrector también está reducido disponiendo la almohadilla de fijación del corrector con una superficie orientada al diente y superficies opuestas que se encajan con la superficie en tres dimensiones del diente. De este modo, la almohadilla puede estar construida como una valva delgada (por ejemplo, 0,3 mm de espesor) encajando con la anatomía del diente.

Es importante observar que el cable de arco 10 mostrado en la Figura 1 se muestra “según está fabricado”. En otras palabras, el cable tiene la forma mostrada en la Figura 1 cuando los dientes son movidos a la posición final y no son impartidas más fuerzas sobre los dientes. Cuando el cable de la Figura 1 está instalado en los dientes en la condición maloclusión, el cable tendrá alguna otra forma, debido a la maloclusión, pero dado que los correctores están unidos a los dientes y las ranuras de corrector están orientadas de forma generalmente paralela a la superior del diente, el cable de arco 10 estará todavía orientado de manera que los lados 12 del cable de arco son paralelos a la superficie del diente, por lo que se proporcionan numerosos beneficios clínicos.

La Figura 2A es una vista en sección transversal de un cable de arco 10. La sección transversal del cable de arco

tiene una configuración ovalada con un eje largo o principal 11 y una eje menor 13. Como se muestra en la Figura 2B, la ranura de corrector 22 está orientada básicamente paralela a la superficie del diente 16 y el cable 10 está instalado en la ranura de corrector de manera que el eje mayor 11 está orientado en una posición escorada o inclinada con relación al plano oclusal 15.

5 Las Figuras 3A y 3B ilustran la ventaja del diseño de corrector y un cable escorado: el espesor total del corrector se pueden reducir enormemente. La Figura 3A muestra el diseño de un corrector en el que la ranura 22 está orientada paralela a la superficie del diente 16A. La Figura 3B muestra un corrector de la técnica anterior en el que la ranura 22 está orientada en un ángulo sustancial respecto a la superficie del diente 16A. La ranura de corrector es paralela al plano oclusal. En el caso de los dientes anteriores, esto da lugar a una inclinación entre la superficie de diente lingual y la ranura de corrector de aproximadamente 45 grados. Se ha de observar que cuando se habla de orientación de la ranura, se está haciendo referencia a la dirección de la ranura desde la abertura de la ranura 22A a la base de la ranura 22B, y no la dirección transversal paralela al eje del cable de arco. De este modo, la ranura en la Figura 3A está orientada paralela a la superficie del diente 16A en la figura 3A. La misma orientación se encuentra para todos los correctores de la Figura 2. En cambio, la ranura de la Figura 3B está orientada a aproximadamente 45 grados respecto a la superficie del diente 16A. La ranura de la disposición de la técnica anterior de la Figura 3B es tal que el cable tiene una superficie plana lisa que es perpendicular al plano oclusal, y no está escorada en un ángulo oblicuo como es el caso de la Figura 3A y 2B.

La almohadilla de unión de ménsula 18 ilustrada en las Figuras 2 y 3 encaja exactamente con la superficie en tres dimensiones del diente y consta de una valva delgada. Estos aspectos del diseño del corrector se describen con más detalle más adelante.

La reducción de espesor proporcionada por el diseño de corrector de las Figuras 2, 2B y 3A conduce a un número de mejoras significativas en comparación con el diseño de la técnica anterior mostrado en la Figura 3B, particularmente para aparatos de ortodoncia linguales:

Disminución de los problemas de articulación

25 Disminución de la irritación de lengua

Disminución del riesgo de pérdida de corrector (cuanto más plano es el corrector, más corto es el brazo de momento cuando el paciente muerde sobre el corrector, y más pequeño es el esfuerzo en la conexión adhesiva)

Aumento del control de colocación para el acabado (cuanto menor es la distancia entre el cable y el diente, mejor "sigue" el diente al cable)

30 Más comodidad para el paciente

Condiciones de higiene mejoradas

La orientación del cable de arco 10 en los molares puede ser vertical, como se muestra en la Figura 1, lo que da lugar a un espesor total mínimo en los molares, o alternatively podría ser horizontal. La orientación horizontal añadiría más espesor (pro ejemplo 0,635 mm) por lado en lugar de 0,4318 mm para una sección transversal de cable típica de 17 x 25), pero la suma es tan pequeña que ciertamente sería aceptable, si las consideraciones de fabricación o clínicas requiriesen tal orientación. Dado que una orientación de ranura horizontal es aceptable para molares y premolares, también tendría sentido mezclar correctores convencionales con correctores de acuerdo con esta invención. Por ejemplo, los correctores de premolares y molares podrían ser correctores convencionales, mientras que un conjunto de correctores de acuerdo con esta invención estaría suministrado para los dientes anteriores y caninos.

De este modo, se ha descrito un corrector, y un conjunto de correctores 14, que tienen ranuras 22 en los que las ranuras 22 de cada corrector 14 están orientadas en alineación aproximadamente paralela con relación a su respectiva almohadilla de fijación del corrector 18 de tal manera que, cuando el conjunto de correctores está instalado en los dientes 16 del paciente y el cable de arco 10 está insertado en las ranuras, el cable de arco 10 está escorado con relación a un plano oclusal para coincidir con a superficie de los dientes en la posición en la que el cable de arco 10 está insertado en las ranuras 22 por lo que el espesor total de los correctores se puede reducir.

Como se muestra en las Figuras 2 y 3, el par 12 de lados del cable de arco 10 está orientado de manera sustancialmente paralela a la almohadilla de fijación del corrector 18 en la región 16A cuando el cable de arco 10 está insertado en las ranuras 22. Como se muestra en las Figuras 2 y 3A, en una realización preferida cada almohadilla de fijación del corrector tiene una superficie orientada al diente en tres dimensiones 24 que tiene una forma para coincidir exactamente con la superficie en tres dimensiones de su respectivo diente.

La invención es aplicable tanto a correctores labiales como a correctores linguales. Los correctores en una realización posible son esencialmente auto-posicionables, como se describe con más detalle más adelante, y se pueden colocar en el diente en una ubicación correcta sin la ayuda de una bandeja o plantilla de colocación de corrector. En la realización de la Figura 2, los correctores 14 son correctores linguales y la almohadilla de fijación del

corrector para cada uno de los correctores cubre una parte suficiente de la superficie lingual del respectivo diente de manera que es colocado a mano de forma única en el diente. Obsérvese también en la Figura 3A que la almohadilla de fijación del corrector tiene una segunda superficie opuesta 26 que tiene una forma en tres dimensiones que corresponde con la superficie orientada al diente de tres dimensiones 24 para disminuir más el espesor del corrector.

- 5 En una realización posible, el conjunto de correctores de acuerdo con esta invención puede comprender todos los correctores para el tratamiento de un arco del paciente. Por otra parte, el conjunto de correctores puede comprender menos que todos los correctores para el tratamiento de un arco del paciente y comprender al menos un corrector, dado que los correctores se pueden mezclar con correctores convencionales. Un conjunto de correctores para la colocación en la superficie lingual del diente delantero del paciente es una realización representativa. Además, el
- 10 conjunto de correctores puede comprender un subconjunto de correctores para la colocación en el arco inferior y un segundo subconjunto de correctores para la colocación en el arco superior.

Como se ha observado anteriormente, en una posible realización, la superficie opuesta de la superficie orientada al diente coincide con la superficie tridimensional del diente. El espesor de la almohadilla de unión podría ser el mismo a través de la almohadilla de unión (por ejemplo 0,3 mm), o alternativamente podría variar desde 0,1 mm en el

15 borde de la almohadilla de unión a 0,3 mm en el centro. Esta última realización proporcionaría la estabilidad requerida por una parte, y por otra parte facilitaría en desprendimiento de la almohadilla del diente cuando el tratamiento finalizase. Además, cuanto menor es el espesor de la almohadilla mayor es el confort del paciente. Actualmente el moldeo de los correctores con un espesor de 0,3 mm es bastante difícil, pero en su lugar se podría utilizar otras tecnologías de fabricación tales como el fresado o la sinterización con láser para la fabricación de

20 almohadillas.

Consideraciones adicionales de diseño y fabricación para los correctores de las Figuras 2 y 3A se exponen con detalle en este documento.

#### Correctores auto-posicionantes

La “huella” de la superficie 24 de corrector 14 que está unido al diente (“almohadilla”) es un compromiso si se utiliza

25 almohadillas no fabricadas por encargo. Cuanto más pequeño es, naturalmente la discrepancia entre la superficie de almohadilla y la superficie del diente es menor, y la necesidad de separaciones adicionales significativas se reduce. Por otro lado, cuanto más grande sea, más estable es la junta adhesiva, y más pequeño es el riesgo de que el corrector se suelte durante el transcurso del tratamiento.

En un aspecto de la invención, se supera este compromiso conformando las almohadillas de unión de corrector 18

30 (Figura 2 y 3A) exactamente de acuerdo con el diente asociado. La forma de la superficie orientada al diente de almohadilla 24 se forma como un negativo de la superficie del diente 16. Esto asegura que no surgen conflictos entre la superficie de diente y la superficie del corrector, dado lugar a la posibilidad de diseñar cada corrector tan plano como sea posible y por tanto obtener el cable tan cerca como sea posible de la superficie del diente. Un resultado muy grato de este método es que la superficie de unión se puede hacer muy grande para los dientes que

35 no presentan curvatura prominente en la superficie de unión, o cuando la superficie de unión puede seguir la curvatura de las cúspides. Esto mejora la resistencia del adhesivo, y cubriendo una cantidad sustancial de anatomía del diente, la posición del corrector está completamente definida por el propio corrector. Incluso sin realizar unión indirecta, cada corrector es colocado exactamente en la posición deseada. Si un corrector aun así se cayera, se puede recolocar fácilmente sin esfuerzos adicionales. Debido a que la almohadilla de fijación del corrector o bien

40 cubre una extensión de área sustancial de la superficie del diente o bien se está perfectamente adaptada a las curvaturas prominentes tales como cúspides, se puede colocar de forma única en la ubicación correcta a mano sin ayuda ninguna plantilla ni ningún otro dispositivo de colocación de corrector. Si el corrector se cae durante el transcurso de tratamiento, la recolocación manual utilizando la fijación positiva es altamente deseable y de hecho posible con estos correctores. Sin embargo, para la unión inicial, se puede emplear el uso de una bandeja para la

45 colocación simultánea de múltiples correctores.

La extensión de área sustancial o cubierta de la almohadilla de fijación del corrector depende de la curvatura de la superficie del diente. En los dientes que son bastante planos, tales como los anteriores, la extensión del área puede necesitar ser tan grande como el 50 por ciento o más de la superficie del diente para correctores linguales y

50 preferiblemente el 70 por ciento o más para correctores labiales. Para correctores linguales, esta cobertura de área de la almohadilla de fijación del corrector 18 puede ser entre el 60 y el 70 por ciento o más. Las almohadillas de unión de corrector pueden cubrir, al menos en parte, las partes de las cúspides de los dientes, preferiblemente en done tales cúspides no hacen contacto con los dientes contrarios durante la oclusión o la masticación. Donde la almohadilla de unión cubre la cúspide, la colocación manual del corrector y cierre y fijación única del corrector a los distes se ve más favorecida.

La Figura 4 muestra un ejemplo de correctores linguales 14 en los que la almohadilla de fijación del corrector 18 cubre más del 50 por ciento del diente. La almohadilla de fijación del corrector tiene una superficie orientada al diente en tres dimensiones 24 (Figura 3A, no mostrada en la Figura 4) que es un negativo de la superficie del diente y una segunda superficie 26 que también tiene la misma superficie de diente en tres dimensiones. La manera en la que las superficies 24 y 26 están diseñadas se describe con más detalle más adelante. Nótese que las ranuras de

corrector necesitan no ser paralelas a los dientes en esta realización. Nótese también que la almohadilla de corrector 18 para el diente 16B cubre parte de la cúspide en la región 30.

Diseño del Corrector

5 Los correctores de acuerdo con este sistema de aparato tienen que ser fabricados a medida para cada paciente. Realizar esto en un proceso de laboratorio llevaría mucho tiempo y sería caro. Diseñar las ranuras de corrector en la orientación óptima también es muy difícil. La invención resuelve este problema mediante el diseño de correctores que incluyen la geometría de la almohadilla en una realización preferida, con la ayuda de un ordenador utilizando almohadillas de unisón de corrector virtuales en tres dimensiones, cuerpos de corrector virtuales, y dispositivos auxiliares virtuales para correctores tales como ganchos.

10 En una realización preferida, el diseño de corrector se realiza en un terminas de trabajo que almacena un modelo virtual en tres dimensiones de la dentadura del paciente y preferiblemente un software de planificación de tratamiento para mover los dientes en el modelo virtual hasta las posiciones acabadas deseadas. Tales ordenadores son conocidos en la técnica. Véase por ejemplo el documento WO 01/80761 y Chisti et al., la Patente de Estados Unidos 6.227.850 y la patente de Estados Unidos 6.217.325.

15 El diseño de los correctores de acuerdo con esta invención puede ser realizado por el usuario en una clínica ortodóntica, o se podría realizar en el sitio de fabricación situado remotamente.

20 La geometría de la almohadilla 18 se puede derivar directamente a partir de las representaciones digitales de los dientes de los pacientes de manera que se produce una almohadilla de fijación del corrector que coincide de forma sustancialmente exacta con la forma de la superficie de los dientes. Para conseguir esto, se determina la forma y el tamaño de la almohadilla de corrector para cada diente. Esto se puede realizar de forma manual utilizando un programa de ordenador que permite indicar las áreas deseadas sobre el modelo de diente, por ejemplo, dibujando líneas virtuales sobre los modelos de diente o coloreando las respectivas áreas. Un programa de software de gráficos en 3D como Magics™, que es ampliamente utilizado para manipular modelos en 3D que están definidos como un conjunto de triángulos interconectados (formato STL), permite hacer triángulos simplemente haciendo clic en ellos con el ratón.

30 Otra opción es utilizar un algoritmo de software que de forma automática o semiautomática calcule un área de almohadilla de fijación del corrector apropiada analizando la curvatura de la superficie del diente y determinando una superficie que es lo suficientemente grande como para cubrir las características de curvatura sustanciales para permitir la colocación manual fiable del corrector en la superficie del diente. Tal algoritmo podrá, por ejemplo, empezar con un tamaño de almohadilla predefinido. La superficie del diente cubierta por ese tamaño de almohadilla formaría un "promontorio" virtual que tiene al menos una parte elevada con relación a la anatomía del diente circundante, dado que una superficie de diente completamente plana no dejaría por sí misma una única colocación de un corrector. El volumen del promontorio se podría calcular con tal de que los bordes de la almohadilla estén unidos por una superficie continua de cualquier manera conveniente. Cuanta menos curvatura presente la superficie del diente, más plano será y más pequeño será el volumen del promontorio. Si el volumen del "promontorio" no excede un valor predefinido, la almohadilla sería automáticamente aumentada por un valor predefinido, con la idea de que a mayor volumen sería más probable incluir características de diente adecuadas aumentadas. De nuevo, se calcularía el volumen, Este bucle continuaría hasta que se alcanzase un valor de volumen mínimo para cada almohadilla. Obviamente, esto es sólo un método a modo de ejemplo para tal algoritmo automatizado. Se podría desarrollar fácilmente otros a partir de los principios enseñados aquí.

35 Una realización actualmente preferida del proceso de diseño de la forma de la almohadilla se describe con más detalle más adelante.

40 Una vez que están definidas las áreas de la almohadilla 18, la forma de esta parte del diente define exactamente la forma requerida de la parte de enfrentamiento de diente de la almohadilla de corrector. Hay varias opciones de cómo conformar la parte exterior de la almohadilla. Para recibir una almohadilla delgada, el mejor método es crear el vector normal de cada elemento de superficie (por ejemplo, un triángulo) describiendo la superficie orientada al diente de la almohadilla, y "desplazar" cada elemento de superficie en la dirección del vector normal usando el valor de desplazamiento predefinido correspondiente al espesor deseado de la almohadilla de fijación del corrector. De esta forma se crea una valva delgada, teniendo el exterior de la valva el mismo contorno (aunque desplazado) que el lado de enfrentamiento de diente. Alternativamente, el espesor del corrector puede variar sobre la superficie de la almohadilla con el espesor de almohadilla al menos en los bordes (por ejemplo 0,1 mm) y más grande (por ejemplo, 0,3 mm) en el centro.

45 La otra parte del corrector, el cuerpo 20, que contiene la ranura 22 y características adicionales que permiten sujetar el cable en la ranura ("ligadura"), puede existir ya que un modelo virtual predefinido, como el cuerpo no necesita ser específico del paciente. Típicamente, se creará una librería de cuerpos de corrector y se almacenará en el ordenador. Las figuras 6A-6C muestran vistas específicas de los cuerpos de corrector virtuales tridimensionales que están almacenadas en la librería de los cuerpos de corrector 20 y se utilizan para fines de diseño de un corrector personalizado para un paciente. Alternativamente, y de forma equivalente, la librería de cuerpo de corrector podría

ser almacenada en otro sitio y poderse acceder a ellas de forma remota. Sería posible contener una variedad de diferentes cuerpos para diferentes maloclusiones y métodos de tratamiento (apelotonamiento severo/moderado extracción/sin extracción, etc.). Es posible añadir características virtuales auxiliares a los correctores a partir de una librería de tales características. Si, por ejemplo, son requeridos elementos elásticos para aplicar fuerzas a lo largo del arco (cierres de espacio, etc.) se pueden añadir ganchos. Si un paciente tiene sobremordida y se desea evitar que cierre la mandíbula completamente, los llamados planos de mordisco se pueden integrar en el corrector. Para ilustrar estos, la Figura 5 muestra aparatos llamados "bite turbos" 32. Estos aparatos 32 no son correctores, sino que sólo sirven para el fin de proporcionar tal plano de mordisco con el fin de evitar que ambas mandíbulas se cierren completamente.

10 Sería incluso posible modificar los modelos de cuerpos de corrector de acuerdo con las solicitudes de un ortodontista. Otra ventaja es que las experiencias llevadas a cabo en ciertos tratamientos se pueden transformar de forma casi instantánea en el diseño de los cuerpos de corrector de la librería.

15 Después de que se haya definido la forma de la almohadilla de fijación del corrector (incluyendo la superficie orientada al diente 24 y la superficie opuestas 26), y el usuario haya seleccionado el cuerpo de corrector 20 que desea utilizar para la almohadilla de fijación del corrector, la siguiente etapa es combinar el cuerpo de corrector 20 con la almohadilla 18. Los programas de Diseño Asistidos por Ordenador (CAD) comunes tienen diversas capacidades para diseñar formas libres y para conectar las formas existentes entre sí. Un método específico se describe con detalle a continuación en la sección de Realización Ejemplar. Preferiblemente, el usuario especifica cómo el cuerpo de corrector va a ser unido con la almohadilla de fijación del corrector para conseguir una configuración deseada para el corrector personalizado.

20 Dado que la relación espacial exacta del cuerpo de corrector y la almohadilla se puede definir utilizando el software de gráficos en 3D del estado de la técnica, es posible tratar con dientes delanteros apelotonados. El cuerpo de corrector se pueden desplazar ligeramente a la izquierda o a la derecha para evitar conflictos con los dientes y/o correctores adyacentes, o bien el principio del tratamiento o bien durante el trascurso del movimiento del diente durante el tratamiento. Esta característica se muestra en la Figura 7. Nótese que la posición del cuerpo de corrector 20A para el diente izquierdo 16A y el cuerpo de corrector 20B para el diente derecho 16C se han movido hacia un lado de la almohadilla de fijación del corrector 18 para evitar colisiones entre el corrector y los dientes al comienzo del tratamiento. De manera similar, el cuerpo de corrector se puede mover hacia arriba o hacia abajo para evitar una colisión con los dientes en la mandíbula opuesta. Alternativamente, el usuario podría simplemente aumentar la superficie de almohadilla.

25 Como otra realización aun posible, se contempla proporcionar la capacidad de que un usuario diseñe, con la ayuda de un ordenador, un corrector virtual personalizado para un paciente particular. El usuario está provisto de una librería que contiene una pluralidad de almohadillas de unión de corrector virtuales, cuerpos de corrector virtuales y opcionalmente características auxiliares virtuales. La forma geométrica de la almohadilla podría estar predefinida (esto es, ser de una configuración dada) o podría ser definida en tres dimensiones para encajar con la superficie tridimensional de los dientes del paciente exactamente como se ha descrito en la presente con detalle. Por ejemplo, sería posible que un ortodontista pidiera una almohadilla dada (por ejemplo, la almohadilla número 0023 de una lista de almohadillas disponibles, teniendo la almohadilla 0023 una forma predeterminada) unida con un cuerpo de corrector particular (cuerpo de corrector número 0011 seleccionado de una lista de estilos de cuerpo de corrector disponibles) y equipada con el gancho número 002 para el canino superior izquierdo. El usuario podría especificar cómo desea unir la almohadilla de fijación del corrector al cuerpo de corrector (tal como se ha establecido en la presente), o podría dejárselo al fabricante. En una posible realización, el usuario especifica la almohadilla de fijación del corrector, el cuerpo de corrector y las características auxiliares, ve estos componentes como objetos virtuales en un terminal de trabajo u ordenador, y une los objetos para llegar a un único corrector personalizado. Después se exportan los datos que representan el corrector a un sistema de fabricación (tal como un sistema de generación rápida de prototipo) para la fabricación directa del corrector, o para la fabricación de una plantilla o molde que se utilizado para fabricar el corrector utilizado un proceso de moldeo.

#### Fabricación del Corrector

30 Una vez que el cuerpo de almohadilla se ha unido a un objeto en 3D, los datos que representan este objeto se pueden exportar, por ejemplo en formato STL, para permitir la fabricación directa utilizando dispositivos de "generación rápida de prototipo". Ya hay una gran variedad de técnicas de generación rápida de prototipos apropiadas que son bien conocidas en la técnica. Incluyen aparatos de estereolitografía ("SLA"), fabricación de objetos estratificados, sinterización selectiva con láser, modelización de deposición de moldeo, curado de suelo sólido, y impresión de chorro de tinta en 3D. Los expertos en la técnica están familiarizados con estas técnicas.

35 En una técnica posible, es posible utilizar la llamada "impresora de cera" para fabricar modelos de cera de los correctores. Estos modelos de cera serán entonces utilizados como un núcleo en el proceso de moldeo. Son embebidos en cemento y después fundidos. Los correctores serían moldeados en oro y otra aleación aplicable. También sería posible crear modelos SLA y utilizarlos como núcleo en un molde. Otros procesos, como el fresado a alta velocidad, se podrán utilizar para moldear directamente los correctores. Son aplicables procesos similares a la sinterización con láser en donde una sustancia en polvo es calentada por un rayo láser controlado digitalmente. La

sustancia en polvo podría ser plástico, creando de este modo núcleos para un molde, o podría ser metal, fabricando directamente de este modo los correctores.

La mayoría de los dispositivos de generación rápida de prototipos conforman los objetos en capas. Esto típicamente produce escalones, cuando la superficie que va a ser moldeada no es paralela en capas. Dependiendo del espesor de las capas, estos escalones se pueden apreciar. Sin embargo, las superficies que forman la ranura de corrector 22 deberían ser lisas. Una opción es aceptar los escalones durante la fabricación rápida del prototipo y mecánicamente dar un acabado a las ranuras como una última etapa de fabricación. Una mejor opción es evitar los escalones orientando los modelos en 3D dentro del dispositivo de generación rápida de prototipos de manera que la ranura sea paralela a las capas. En este caso, la altura deseada de la ranura debe corresponder con el espesor de la capa. En otras palabras, la altura de ranura debe ser un múltiplo del espesor de la capa.

Otra opción para recibir una superficie de ranura lisa es fabricar la ranura más grande que el tamaño objetivo e insertar un empaste con forma de U mecanizado o moldeado en la ranura, formando de este modo el empaste en la ranura. Esto, se hace a menudo, por ejemplo, en correctores cerámicos para reducir la fricción entre el cable y la ranura. Esto se muestra en la Figura 8, en la que un empaste con forma de U 40 está colocado en la ranura 22.

La resistencia del material del corrector 14 es siempre un compromiso. Mientras que la sección que forma la ranura 22 debería ser tan robusta como sea posible para mantener la sección transversal de la ranura incluso cuando el corrector está sometido a un esfuerzo mecánico elevado (por ejemplo mordiendo objetos duros), la sección que forma la almohadilla 18 debería ser más blanda para facilitar el despegado cuando el tratamiento haya finalizado. Si la almohadilla es lo suficientemente blanda, se puede despegar literalmente de la superficie del diente, utilizando una herramienta adecuada. Dependiendo del tipo de proceso de fabricación, es posible utilizar diferentes aleaciones para conseguir tal configuración. Usando moldeo centrífugo, primero, se puede utilizar una cantidad controlada de aleación dura para formar una sección que sujete la ranura, y después se utiliza una aleación más blanda para rellenar el resto del corrector (o redondear de otra forma). Controlar la cantidad de material necesario para formar una parte específica del corrector es posible, dado que a partir de los modelos en 3D de los correctores, el volumen de cada sección de corrector es conocido de forma precisa. Si se utiliza un proceso de sinterización con láser, se pueden utilizar diferentes polvos de aleación para diferentes capas, asumiendo que el diseño del dispositivo permite tal procesamiento. El diseño modular generalmente hace posible definir la altura de ranura para que coincida exactamente con la sección transversal de cable. Cuando mejor se adapte la ranura al espesor del cable, menos juego tiene el cable en la ranura, y más precisa será la localización del diente al final de tratamiento. Sería posible adaptar el tamaño de ranura de los correctores a un cierto rango de cables que va a ser insertado.

Cuanto mejor definido está el sistema corrector/cable, menos problemas surgirán durante el acabado, y menos tiempo se gastará para solucionar esos problemas. Esto da lugar a un tiempo de tratamiento total disminuido.

#### Realización ejemplar

El proceso descrito más adelante es un proceso que ya ha sido suficientemente probado. A partir de los comentarios de la sección anterior, es evidente que son posibles muchas variaciones. El lector está dirigido a las Figuras 2, 3A y 9A-15 en la siguiente exposición. La siguiente discusión está hecha a modo de descripción del mejor modo conocido por el inventor de llevar a la práctica la invención y ni está destinada a ser limitante en términos del alcance de la invención.

Primero, se crea o se obtiene de otro modo una representación digital en tres dimensiones de la dentadura del paciente. Una opción sería generar una representación de la maloclusión a partir de un escaneado de la maloclusión (o bien en vivo o escaneando un modelo), en cuyo caso los modelos digitales de los dientes derivados de la representación digital de la invención serían dispuestos de nuevo en una posición de acabado deseada con un programa de planificación de tratamiento por ordenador. Este proceso se describe ampliamente en el documento WO 01/80761. Otra opción es crear manualmente tal posición de acabado, utilizando un proceso de laboratorio en donde los modelos de yeso son cortados a modelos de diente únicos, y estos modelos de dientes son recolocados colocándolos en una cama de cera ("ajuste"). Una representación digital de la posición de acabado ideal es entonces creada escaneando este ajuste utilizando un escáner de láser industrial. Este proceso también es conocido en la técnica, véase por ejemplo las patentes de Chisti et al, mencionadas anteriormente.

Una vez que la representación digital de la posición de acabado del diente ideal ha sido creada, el tamaño y la forma de la almohadilla de corrector se determinan para cada diente. Esta etapa y las posteriores etapas, se han realizado utilizando un programa de software de gráficos en 3D disponible para la venta conocido como Magics™, desarrollado por Materialise. Por supuesto son posibles otros programas de software.

Para cada diente, el área que va ser cubierta por la almohadilla 18 es seleccionada utilizando la funcionalidad de corte. Esto se muestra en las Figuras 9A y 9B. Haciendo clic en múltiples puntos 50 sobre la superficie del diente que forma el límite deseado de la almohadilla de fijación del corrector, se selecciona esta parte del modelo de diente para formar la superficie en la que la almohadilla de fijación del corrector estará unida al diente. Los puntos 50 están conectados por líneas 52 de forma automática. El polígono en 3D resultante es suavizado y la superficie encerrada por una línea. Esta superficie se convierte en un objeto de superficie independiente en el ordenador. La figura 10

muestra el proceso realizado para un conjunto de cuatro dientes. Las superficies 54 de los dientes se transforman en objetos independientes como se muestra en la Figura 11, y están formadas por una valva tridimensional de espesor cero. Estas superficies 54 sirven como superficies de enfrentamiento de diente de la almohadilla de fijación del corrector.

- 5 A continuación, se utiliza la función "Offset Part" del software Magics. Se activa la opción "Create Thickness", que utiliza los vectores normales de los triángulos que forman la superficie para desplazar la valva 54 y de este modo crear una segunda valva que forma la superficie opuesta 26 de la almohadilla de fijación del corrector, que es después combinada en una superficie continua cerrando la separación alrededor de los bordes exteriores de la valva. De este modo, se define la forma tridimensional de la almohadilla 18. Las tecnologías de moldeo de hoy en día requerirán que la almohadilla tenga un espesor de típicamente 0,3 mm.

A continuación, a partir de la librería de modelos de cuerpo de corrector virtuales, se selecciona el modelo apropiado de cuerpo de corrector para el respectivo diente. Típicamente, se tendrían diferentes cuerpos para molares, premolares y dientes frontales. La Figura 12 muestra la colocación de un cuerpo de corrector 20 desde la librería sobre una almohadilla de fijación del corrector 18 en esta etapa intermedia del proceso.

- 15 La parte de cada cuerpo de corrector 20, que necesita ser fusionada con la almohadilla 18, está diseñada para ser mucho más larga de lo necesario, por lo tanto sobresaldrá en el lado de enfrentamiento del diente de la almohadilla cuando caundo esté orientada apropiadamente con respecto al diente. Esta es la situación mostrada en la Figura 12. Por supuesto, esto no es deseable y la parte que sobresale hacia dentro desde la almohadilla de fijación del corrector necesita ser eliminada.

- 20 Para fabricar un corrector que sea tan delgado como sea posible (por ejemplo, para tratamientos linguales) el objetivo es obviamente situar la ranura 22 tan cerca como sea posible de la almohadilla 18 sin crear interferencias entre la propia almohadilla y la ranura, o el cable cuando discorra a través de la ranura.

- Para retirar la parte del cuerpo 20 que está sobresaliendo de la almohadilla hacia el interior del diente, son recargados los modelos originales. El software Magics™ proporciona operaciones "Boolean" que incluyen funciones y operaciones de sustracción. Utilizando estas funciones, como se describe más adelante en combinación con la Figura 16-21, todas las partes del cuerpo de corrector 20 que están dentro del modelo de diente 16 son eliminadas. De este modo, el cuerpo de corrector 20 es también conformado de forma precisa de acuerdo con la superficie del diente y es igual a la superficie de la almohadilla. Las Figuras 13A y 13B muestran dos cuerpos de corrector que han tenido sus superficies 58 modificadas para coincidir con la superficie del diente.

- 30 A continuación, utilizando de nuevo la operación de Boolean, la almohadilla 18 y el cuerpo 20 son unidos en un objeto virtual tridimensional. Un objeto que representa el pasaje de fluido o bebedero en el molde es colocado en el corrector (para una realización en la que el corrector es moldeado) y también unido con el modelo de corrector.

Este proceso se hace para cada corrector. La Figura 14 muestra modelos virtuales en 3D de un conjunto de correctores ortodónticos para el tratamiento lingual del arco inferior.

- 35 Una variación en el método anterior es como sigue. En primer lugar, el cuerpo de corrector es recuperado de una librería de cuerpos de corrector y colocado con respecto a la superficie del diente en la posición correcta. Después, el diente es "sustraído" del objeto cuerpo de corrector + diente para borrar la parte del cuerpo de corrector que de otro modo sobresaldría dentro del diente. Una almohadilla de fijación del corrector se crea asignado un espesor a una superficie extraída o derivada de la superficie del diente, utilizando el proceso descrito anteriormente para las superficies 54. Después, el cuerpo de corrector, como se ha modificado, es unido a la almohadilla de fijación del corrector.

- Otra realización posible es utilizar los cuerpos de corrector que están diseñados y almacenados en el ordenador que son tan cortos como sea posible. Básicamente, estos cuerpos de corrector virtuales incluirían la característica de ranura y poco o nada más. El usuario colocaría el cuerpo de corrector virtual adyacente a la almohadilla de fijación del corrector virtual con una pequeña separación formada entre el cuerpo de corrector y la almohadilla de fijación del corrector. El software de diseños de corrector incluye una característica para generar una superficie con una transición lisa entre la almohadilla de unión y el cuerpo de corrector. El software que proporciona funciones para generar una transición lisa entre dos objetos virtuales de sección transversal arbitraria ya existen, siendo un ejemplo un programa de diseño en 3D comercializado con la marca comercial Rhino3D™.

- 50 Otro aspecto para seleccionar el cuerpo de corrector apropiado para un diente dado es la extensión de la mala orientación del diente. Por ejemplo, un diente que es significativamente anguloso debería estar equipado con una almohadilla de fijación del corrector ancha que proporcione control satisfactorio, mientras que un diente que no requiere un cambio en la angulación podría recibir una almohadilla de fijación del corrector muy estrecha dado que no se necesita que es incorporado al diente momento de angulación.

- 55 De este modo, a partir de la exposición anterior, se apreciará que se contemplan una gran variedad de métodos para el diseño y fabricación de correctores de la presente invención. Aun, los expertos en la técnica podrían seleccionar otros. El procesos de diseño de correctores ocurre para todos los dientes requeridos en el arco y el proceso se

realiza para el arco opuesto si se desea.

Los modelos en 3D de los correctores hechos a medida terminados en formato STL son exportados y suministrados a una impresora de cera. Tal impresora de cera está diseñada de forma similar a una impresora de chorro de tinta y construye el objeto en un gran número de capas delgadas. La capa inferior se "imprime" primero: un chorro fino sopla la cera líquida sobre la placa base. Las porciones que son parte del objeto que va a ser fabricado son impresas utilizando una cera con una alta temperatura de fusión. Las partes restantes se llenan con una cera de una baja temperatura de fusión. Después, la superficie de la primera capa es fresada para recibir una capa plana de un espesor definido de forma precisa. Después, todas las demás capas son aplicadas de la misma manera. Después de completar esto, las partes de baja fusión son retiradas exponiéndolas a un disolvente calentado.

- 5
- 10 Los modelos de cara de todos los correctores son entonces embebidos en cemento, asegurando que el conducto de fluido del molde o bebedero no está completamente cubierto. Después de que el cemento haya endurecido, el molde es calentado, de manera que los núcleos de cera sean retirados y se creen las cavidades. Una aleación a base de oro es moldeada en el molde. Después, el molde es destruido, y los correctores están listos para su uso después de la retirada del conducto de fluido del molde o bebedero.
- 15 Los correctores hechos a medida resultantes se podrían unir uno a uno, pero es más eficiente colocarlos sobre un modelo de yeso de la maloclusión, fijándolos con una gota de cera líquida o un adhesivo soluble en agua, y soblemoldear el conjunto completo con silicona, creando de este modo una bandeja de transferencia de corrector.

Obviamente, también se podría utilizar una bandeja de transferencia de acuerdo con el método de OraMatrix de utilizar una representación SLA de dentadura más los correctores descritos en el documento WO 01/80761.

- 20 Después de que se haya hecho el diseño de los correctores para todo el arco, la posición de las ranuras de corrector para todo el arco es almacenada en un archivo y exportada a un robot de doblado de cable para doblar el cable de arco. Para fabricar los cables, es apropiado y una realización preferida un robot de seis ejes como el descrito en el documento WO 01/80761. Dado que la localización y orientación de cada corrector se conoce y por tanto la localización y la orientación de cada ranura, es posible generar archivos de control de robot, que contengan la información espacial de cada ranura y utilizar estos archivos de control para doblar un cable que tiene la configuración mostrada en la Figura 1.
- 25

El programa de software Magics™ permite que el usuario exporte sistemas de coordenadas de objetos individuales en un formato de archivo patentado. Estos son archivos ASCII con la extensión UCS. Tal archivo se puede importar a un software de conversión y convertir al formato CNA utilizado por el robot en el documento WO 01/80761, que conserva las matrices de transformación en formato binario. Obviamente, si el proceso completo de ajuste virtual y diseño de corrector virtual y colocación se realizarse dentro del software nativo del sistema de doblado de cable, tal conversión no sería necesaria, ya que los archivos CNA serían generados directamente.

30

La Figura 15A muestra los correctores iguales de la técnica anterior en los que se utiliza un método de cable recto. Nótese el gran tamaño de los correctores. Esto da lugar a mucha incomodidad para el paciente, problemas de articulación, y otros problemas como se ha expuesto anteriormente. Comparando la Figura 15A con la Figura 15B, un conjunto de correctores provistos de acuerdo con las enseñanzas de esta invención. Los correctores tienen un espesor mucho más reducido. Estas ventajas del sistema de corrector y cable de la Figura 15B se han mencionado anteriormente.

35

Haciendo referencia a las Figuras 16-21, se describirá un proceso actualmente preferido de moldear el cuerpo de corrector 20 con la almohadilla de fijación del corrector 18 en el ordenador. La Figura 16 muestra la combinación de un cuerpo de corrector virtual 20 y una almohadilla de fijación del corrector 18 durante una etapa intermedia en el diseño de un corrector dental personalizado, en el que la almohadilla 8 y el cuerpo de corrector 20 con dos objetos virtuales en tres dimensiones independientes que se pueden mover uno con relación al otro. En la situación mostrada en la Figura 16, la ranura 22 está situada con relación a la almohadilla 18 donde el usuario la desea, pero la parte 60 del cuerpo de corrector está sobresaliendo más allá de la superficie de contacto de los dientes 24 de la almohadilla, lo que es un resultado no deseado.

40

45

La Figura 17 muestra la pantalla de un terminal de trabajo de ordenador implementado las características de diseño de corrector descritas aquí, en el que el usuario está uniendo la almohadilla y el cuerpo de corrector de la Figura 16 en un único objeto virtual. La almohadilla 18 está representada como un objeto rojo en la interfaz de usuarios del terminal de trabajo y el cuerpo de corrector es un objeto verde. El software Magics™ proporciona un icono de unión, indicado con 62. Cuando el usuario hace clic en OK en 64. Los dos objetos 20 y 18 se unen en un objeto virtual en 3D. Las Figuras 18A y 18B son dos vistas de la almohadilla y el cuerpo de corrector combinados en un único objeto virtual.

50

A continuación el objeto de diente se renombra y el objeto cuerpo de corrector/almohadilla es superpuesto en el diente. La Figura 19 muestra la almohadilla 18 y el cuerpo de corrector 20 de las Figuras 18A y 18B situados en el diente virtual 16.

55

Ahora, la parte 60 (Figura 18) necesita ser retirada del corrector. La Figura 20 muestra la pantalla de un terminal de

trabajo de ordenador realizando un proceso de sustracción para sustraer el objeto de diente 16 representado en rojo en el terminal de trabajo del objeto cuerpo de almohadilla de fijación del corrector/corrector 18/10, mostrado en verde en el terminal de trabajo. Esta etapa es necesaria para retirar la parte del cuerpo de corrector 60 que de otro modo sobresaldría dentro del diente. El usuario activa el icono 66 indicando sustracción de lo rojo (diente) de lo verde (almohadilla de corrector/cuerpo) y hace clic en OK.

Las Figuras 21A y 21B son dos vistas del objeto de almohadilla de unión/cuerpo de corrector después de que la operación de sustracción de la Figura 20 se haya realizado. Comparando la Figura 17 con la Figura 22, se observará que la parte 60 del cuerpo de corrector que de otro modo sobresaldría dentro del diente ha sido borrada del objeto almohadilla de corrector/cuerpo de corrector y la superficie orientada al diente 24 coincide exactamente con la superficie del diente.

Como se ha observado anteriormente, sería posible separar un cuerpo de corrector virtual de una almohadilla de fijación del corrector virtual en una relación espacial deseada entre sí y llenar el volumen del estación entre los dos objetos con herramientas de gráfico adecuadas, tales como el programa Rhino3D, para así unir el cuerpo de corrector con la almohadilla de fijación del corrector. Alternativamente, el cuerpo de corrector podría encajar exactamente con la almohadilla de fijación del corrector utilizando herramientas de software de gráfico de 3D sin que se necesite retirar ninguna parte del cuerpo de corrector. En esta situación, los dos objetos virtuales intersectan de manera que el cuerpo de corrector penetraría sólo en la almohadilla (por ejemplo una profundidad de intersección de cuerpo de corrector y almohadilla de fijación del corrector de 0,1 mm). Alternativamente, los dos objetos se podrían unir como se ha descrito anteriormente y la parte que de otro modo sobresaldría dentro del diente es retirada como se muestra en las Figuras 16-21.

Los cables de arco que se van a utilizar con esta invención pueden ser de cualquier material de cable de arco adecuado en la técnica o desarrollados más tarde. Se ha encontrado que son particularmente adecuadas aleaciones tratadas con calor relativamente blandas. Se ha descubierto que tales cables son también ideales para doblar con un robot de doblado de cables. Una aleación tal que es un material preferido para la invención es una aleación de cromo cobalto comercializada bajo la marca comercial BLUE ELGILOY™, disponible de Rocky Mountain Orthodontics. Este material de cable particular tiene una composición de 40% de cobalto, 20% de cromo, 15% de níquel, 7% de molibdeno, 2% de manganeso, 0,15% de carbono, hierro de equilibrio. Una aleación similar está disponible de Ormco, comercializada con la marca registrada AZURLOY™. Estos materiales, son particularmente adecuados para el robot de doblado de cables de seis ejes con dedos agarradores calentados descrito en el documento WO 01/80761. Las aleaciones de cromo cobalto son bastante blandas, lo que es particularmente ventajoso desde el punto de vista del doblado ya que el sobredoblado de los cables para conseguir una forma deseada del cable después del que el doblado ese haya completado es un proceso difícil de controlar de forma exacta.

Los cable de cromo cobalto son preferiblemente tratados con calor después del doblado para aumentar la resistencia del cable. El tratamiento de calor se pueden proporcionar mediante los dedos de agarre del robot utilizando técnicas de calentamiento resistivas, inmediatamente después de que cada sección de cable sea doblada, utilizando las técnicas descritas en el documento WO 01/80761. Alternativamente, el tratamiento con calor se puede realizar después de doblar todo el cable colocando el cable en un horno, o, alternativamente, el cable se puede colocar en un aparato de calentamiento de cable descrito en la Patente de Estados Unidos 6.214.285. La temperatura para el tratamiento de calor es de aproximadamente 260°C (500 grados F). La finalidad del tratamiento de calor del cable para darle resistencia adicional, es diferente de la finalidad del tratamiento de calor de los cables de NiTi y otros cables de memoria de forma descritos en el documento WO 01/80761. El tratamiento de calor de los cables de NiTi es necesario para hacer que el material adopte la configuración del cable cuando es doblado por el robot, mientras que el cable de cobalto cromo sería doblado sin tratamiento de calor, ya que el tratamiento de calor aquí es con el fin de aumentar la resistencia del cable.

Estos cables relativamente blandos, particularmente las aleaciones de cobalto cromo, que requieren muy poco sobredoblado, son especialmente adecuado para correctores ortodóntidos linguales y cables de arco escorados, como se ha descrito aquí. En un posible aspecto de la invención, En un posible aspecto de la invención, se proporciona un método para formar un cable de arco con un robot de doblad de cable en el que el cable comprende una aleación de cobalto cromo que es posteriormente tratada con calor, por ejemplo mediante el aparato de agarre de cable del robot de doblado de cable, como se ha descrito en WO 01/80761. En otro aspecto, se proporciona un método para doblar y tratar con calor un cable de arco, que comprende la etapa de suministrar el cable de arco a un robot de doblado de cable, doblar el arco de cable con el robot de doblar de cable hasta tener una configuración predeterminada para cada paciente ortodóntico particular, y tratar con calor el cable de arco mientras que dicho cable está sujeto por el robot de doblado de cable. Preferiblemente, el cable de arco comprende un cable de cobalto cromo, pero también se podrían utilizar otras aleaciones que requieran tratamiento con calor después del doblado. La etapa de doblado y el tratamiento con calor se podría proporcionar doblando el cable de arco en seros de dobleces y calentando el cable después de realizar cada doblez en serie de dobleces.

El diseño de los correctores con la ayuda de un ordenador de ha descrito utilizando el programa de software Magics™ en el que los elementos de superficie de la almohadilla de fijación del corrector, diente y cuerpo de corrector está representados como triángulos. Sin embargo, hay otras técnicas matemáticas aceptables para

5 representar formas tridimensionales arbitrarias en un ordenador, incluyendo descripciones volumétricas (formato IGES), y "Nonuniform Rotational B Splines" (NRBU) que se podría utilizar. Aunque la representación de elementos de superficie utilizando triángulos (formato SLA) funciona bien en esta invención, se podría utilizar el software que sus NURBs tal como QuickDraw3D™. El software NURB se está haciendo más y más frecuente, dado que ofrece una forma de representar formas arbitrarias a la vez que mantiene un alto grado de exactitud matemática e independencia de resolución, y puede representar formas complejas con datos sorprendentemente escasos. Los métodos y software utilizados en la realización preferida para diseñar los correctores de acuerdo con la invención representan uno de las varias técnicas posibles.

10 Como otro ejemplo, las técnicas de fabricación que se utilizan para fabricar los correctores no son críticas y pueden variar de las técnicas expuestas.

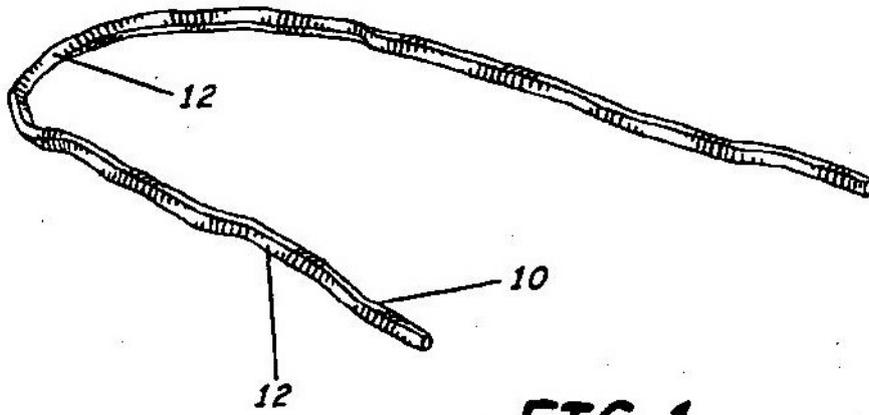
15 La referencia hecha a los cables de arco con una sección transversal rectangular, cuadra o similar se considera que engloba los cables de arco que básicamente tiene esta forma de sección transversal pero tiene esquinas ligeramente redondeadas de manera que no son de sección transversal exactamente rectangular o cuadrada. De manera similar, la referencia hecha a un cable de arco que tiene un lado plano liso está destinada a cubrir un cable de arco que sustancialmente tiene un lado plano liso, a persa de la esquina redondeada de una cara del cable a la otra cara.

## REIVINDICACIONES

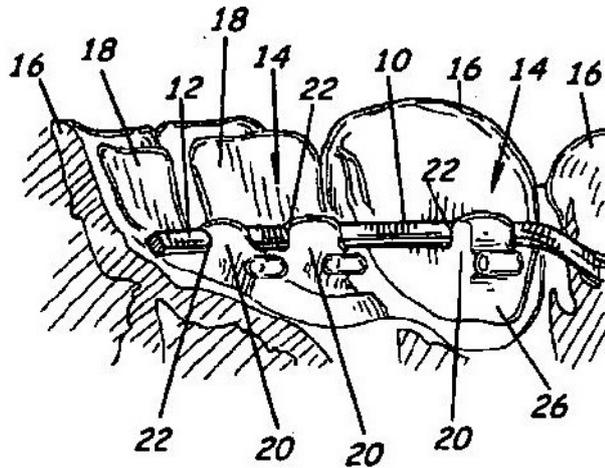
1. Un método para fabricar un corrector dental (14) personalizado para un paciente con la ayuda de un ordenador, teniendo dicho corrector un cuerpo de corrector (20, 20A) y una almohadilla (18) de fijación del corrector que tiene una superficie (24, 16A) orientada al diente que casa con la superficie tridimensional (54) de un diente (16) del paciente, memorizando el ordenador una representación digital de una parte de la dentadura del paciente y proporcionando acceso a una librería de cuerpos de corrector tridimensionales virtuales (20, 20A), caracterizado por que comprende las etapas de:
- 5
- 10 determinar la superficie (16A) orientada al diente personalizando la almohadilla (18) de fijación del corrector para un ajuste positivo sobre el diente, siendo la superficie de la almohadilla (18) de fijación del corrector lo suficientemente extensa para recubrir características de curvatura sustancial con al menos una parte elevada con respecto a la anatomía de los dientes circundantes,
- 15 obtener un cuerpo de corrector virtual (20, 20A) a partir de dicha librería y colocar dicho cuerpo de corrector virtual (20, 20A) con relación a dicha almohadilla de fijación del corrector virtual (18), y
- 20 combinar el cuerpo de corrector virtual (20, 20A) con la almohadilla de fijación del corrector virtual (18) para crear una representación virtual personalizada, individual y unificada del corrector dental (14), y
- 25 exportar los datos digitales que representan el corrector dental personalizado (14) de dicho ordenador a un sistema de fabricación,
- y fabricar el corrector (14) mediante dicho sistema de fabricación.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de personalizar el área de almohadilla (18) de fijación del corrector se realiza mediante cálculo automático o semiautomático del área de unión de corrector por análisis de la curvatura de la superficie del diente (16).
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de personalizar el área de la almohadilla (18) de fijación del corrector comprende marcar manualmente el límite de la superficie (24, 16A) orientada al diente de la almohadilla (18) de fijación del corrector sobre la superficie del diente (16) mediante colocación de puntos sobre la superficie del diente virtual (16) para generar un límite curvado para que la almohadilla (18) de fijación del corrector siga el contorno de la superficie del diente.
4. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una parte del cuerpo de corrector (20, 20A) es retirada con el fin de colocar la ranura del cuerpo de corrector (20, 20A) tan cerca como sea posible de la almohadilla (18) de fijación del corrector y la parte del cuerpo de corrector (20, 20A) que sobresale en la corona del diente es retirada.
5. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la superficie orientada al diente (16A) de la almohadilla (18) de fijación del corrector cubre una cúspide o una parte de una cúspide del diente (16).
6. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una segunda superficie (26) opuesta a la superficie (24, 16A) orientada al diente de la almohadilla (18) de fijación del corrector se determina creando el vector normal para cada elemento de la superficie (24, 16A) orientada al diente de la almohadilla (18) de fijación del corrector y desplazando dichos elementos de la superficie en la dirección del vector normal, siendo el grado de desplazamiento igual al espesor de la almohadilla (18) de fijación del corrector.
7. El método de la reivindicación 6, caracterizado por que el espesor del corrector (14) varía a lo largo de la superficie (24, 16A) de la almohadilla (18) de fijación del corrector.
8. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el cálculo de la superficie de la almohadilla (18) de fijación del corrector comprende la almohadilla (18) de fijación del corrector que cubre partes de las cúspides donde tales cúspides no hacen contacto con los dientes contrarios durante la oclusión o la masticación.
9. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los planos de la mordida están integrados en el corrector.
10. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el cuerpo de corrector virtual (20, 20A) se modifica añadiendo características auxiliares.
11. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la fabricación es mediante moldeo, sinterización con láser o fresado.

- 5 12. Un corrector dental (14) fabricado de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, comprendiendo el corrector una almohadilla (18) de fijación del corrector para unir al diente (16) del paciente y una ranura (22) para recibir el cable de arco (10), en el que la almohadilla (18) de fijación del corrector comprende una superficie (16A, 24) orientada al diente tridimensional que se ajusta a la forma del diente (16), en donde la dirección de dicha ranura (22) desde la abertura de la ranura (22A) a la base de la ranura (22B) está orientada en alineación aproximadamente paralela con relación a la respectiva almohadilla (18) de fijación del corrector, caracterizado por que el corrector es un corrector moldeado de acuerdo con un objeto unificado virtual en tres dimensiones de la almohadilla (18), el cuerpo de corrector (20) y un objeto que representa el conducto de fluido del molde o bebedero colocado en el corrector (14).
- 10
13. Un corrector dental (14) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el límite de la almohadilla (18) de fijación del corrector sigue el contorno de la superficie del diente.
- 15 14. Un corrector dental (14) de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 y 13, en el que la almohadilla (18) de fijación del corrector cubre partes de las cúspides de los dientes (16) donde tales cúspides no hacen contacto con los dientes contrarios durante la oclusión o la masticación.

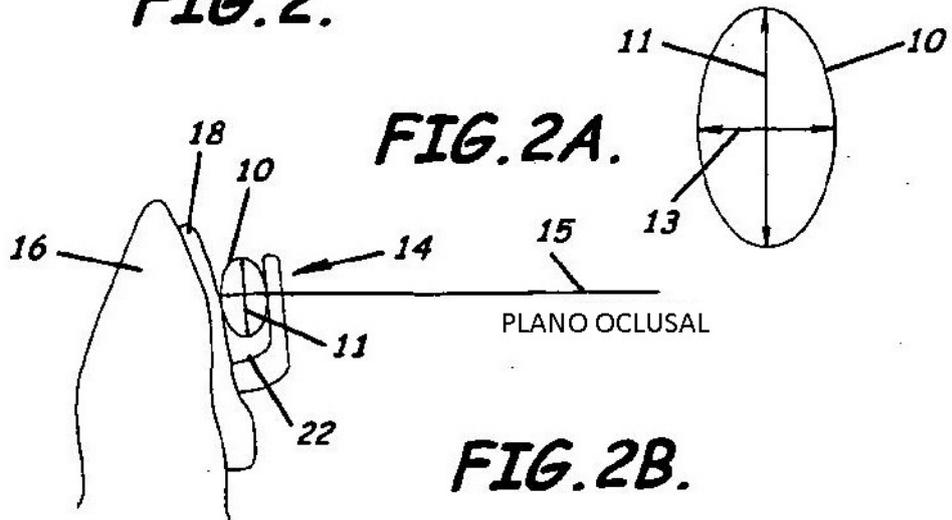
20

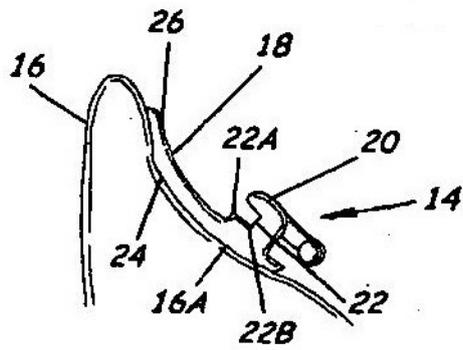


**FIG. 1.**

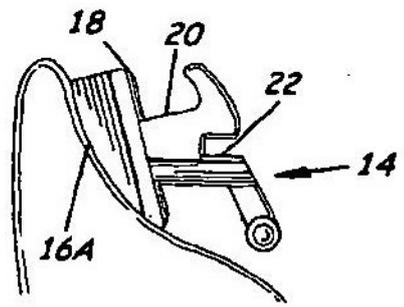


**FIG. 2.**



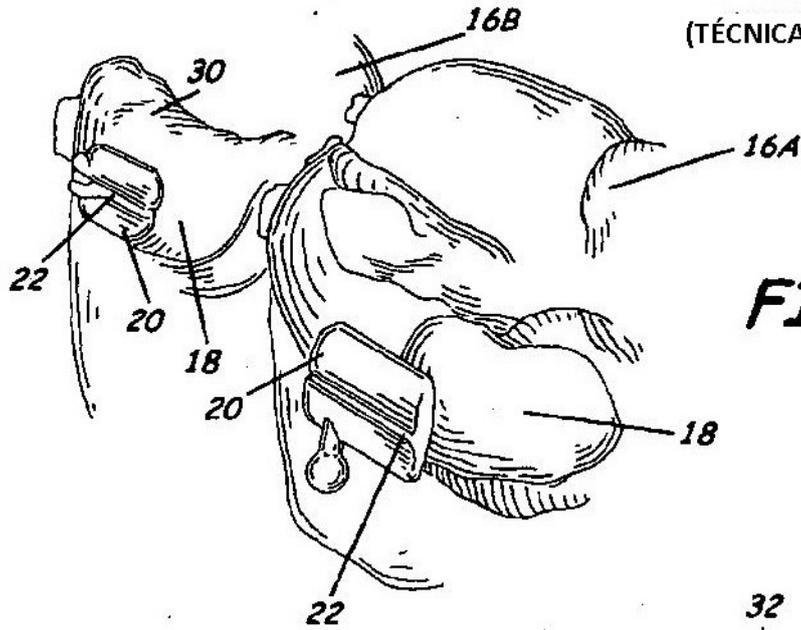


**FIG. 3A.**



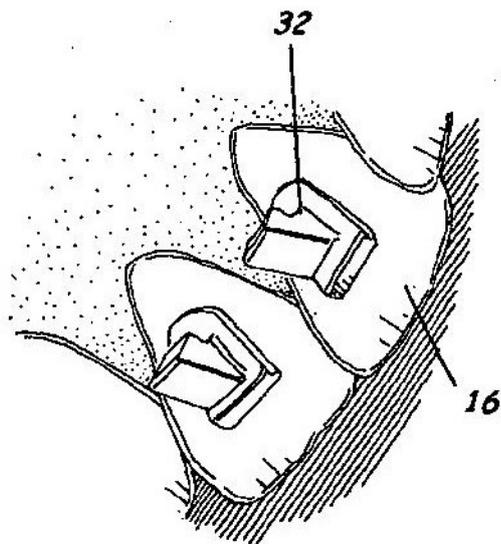
**FIG. 3B.**

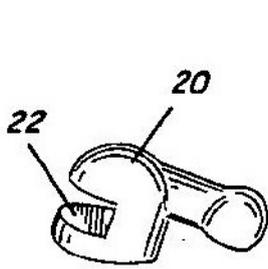
(TÉCNICA ANTERIOR)



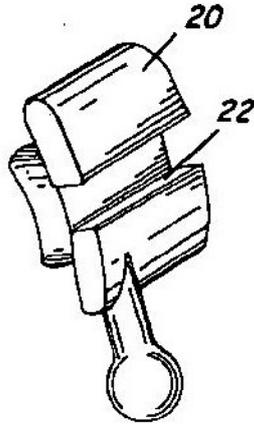
**FIG. 4.**

**FIG. 5.**

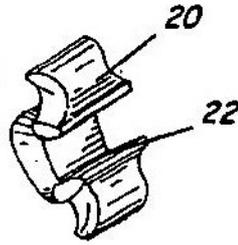




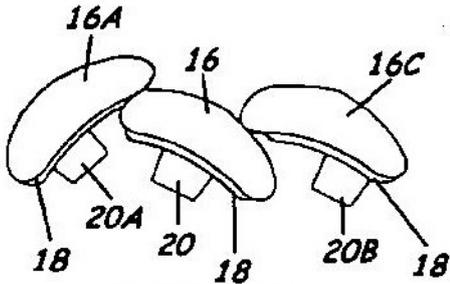
**FIG. 6A.**



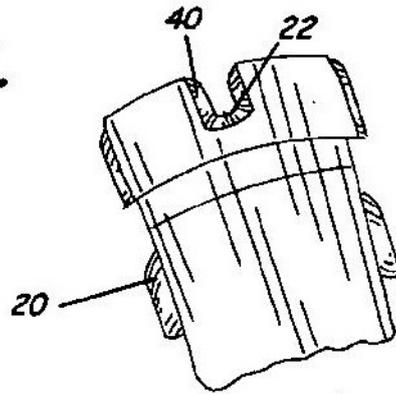
**FIG. 6B.**



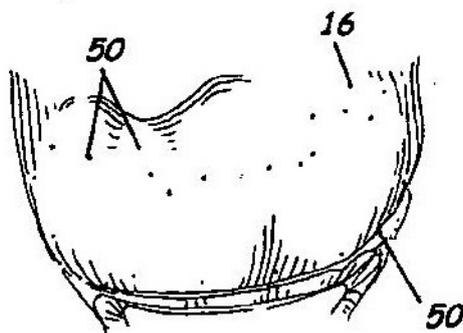
**FIG. 6C.**



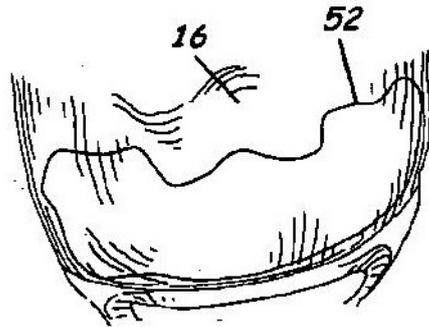
**FIG. 7.**



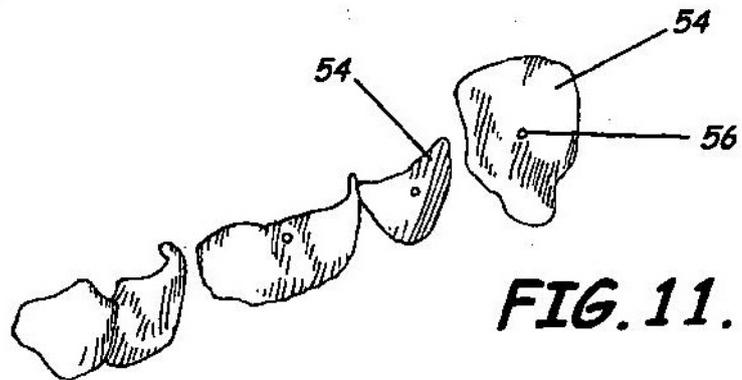
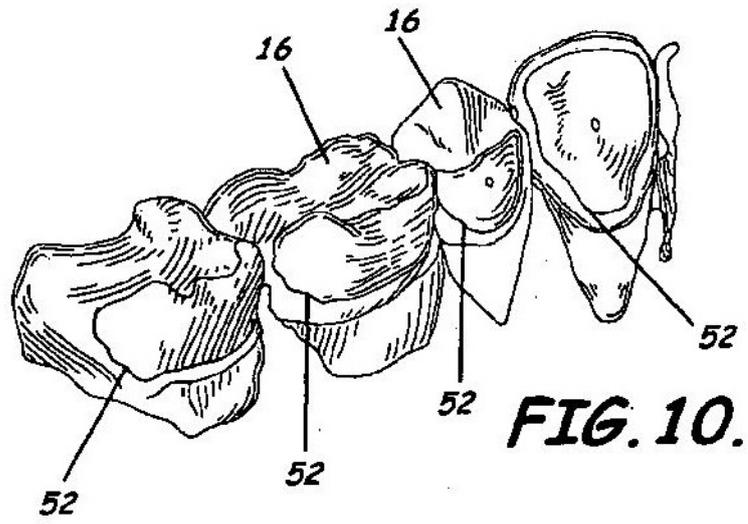
**FIG. 8.**

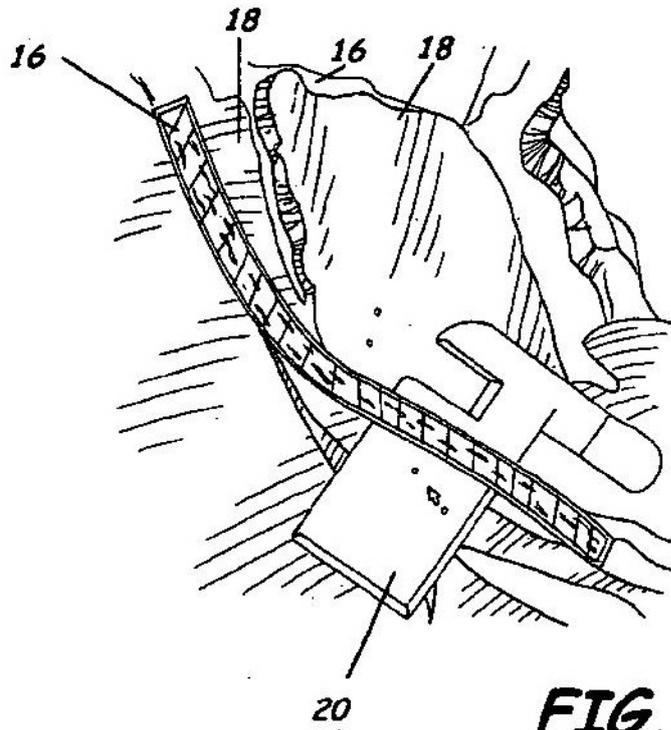


**FIG. 9A.**

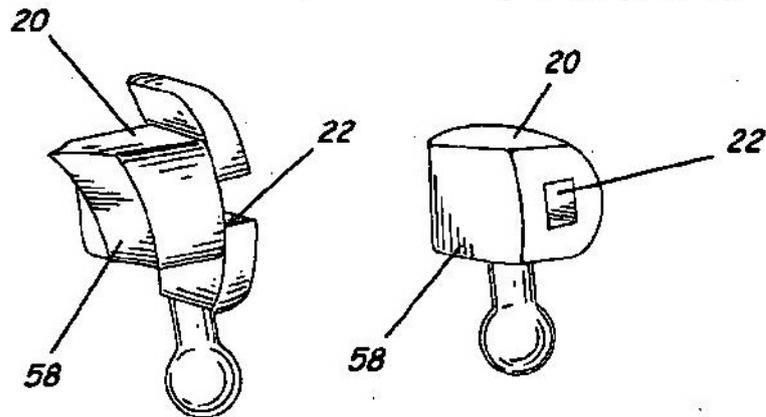


**FIG. 9B.**



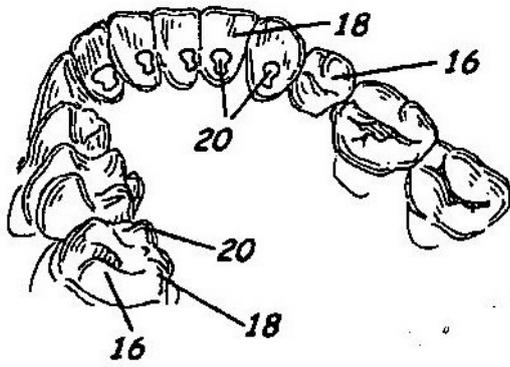


**FIG. 12.**



**FIG. 13A.**

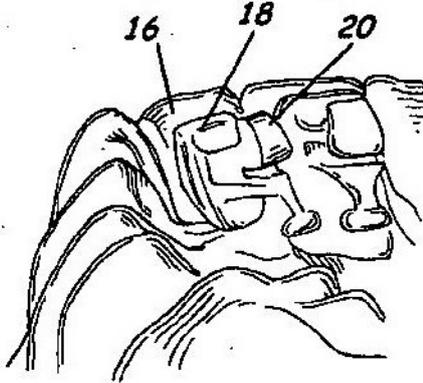
**FIG. 13B.**



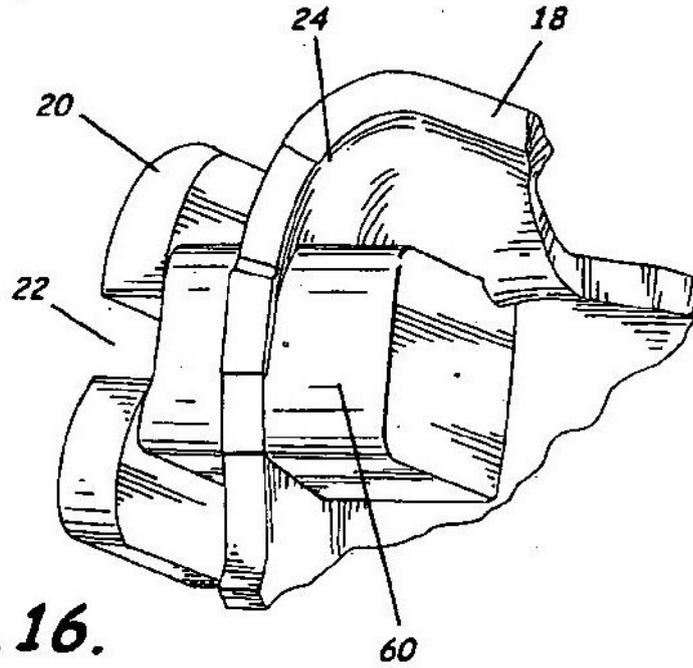
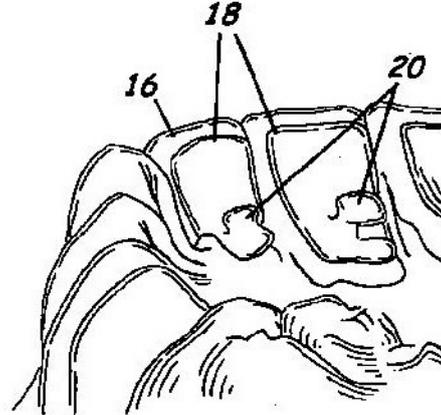
**FIG. 14.**

**FIG. 15A.**

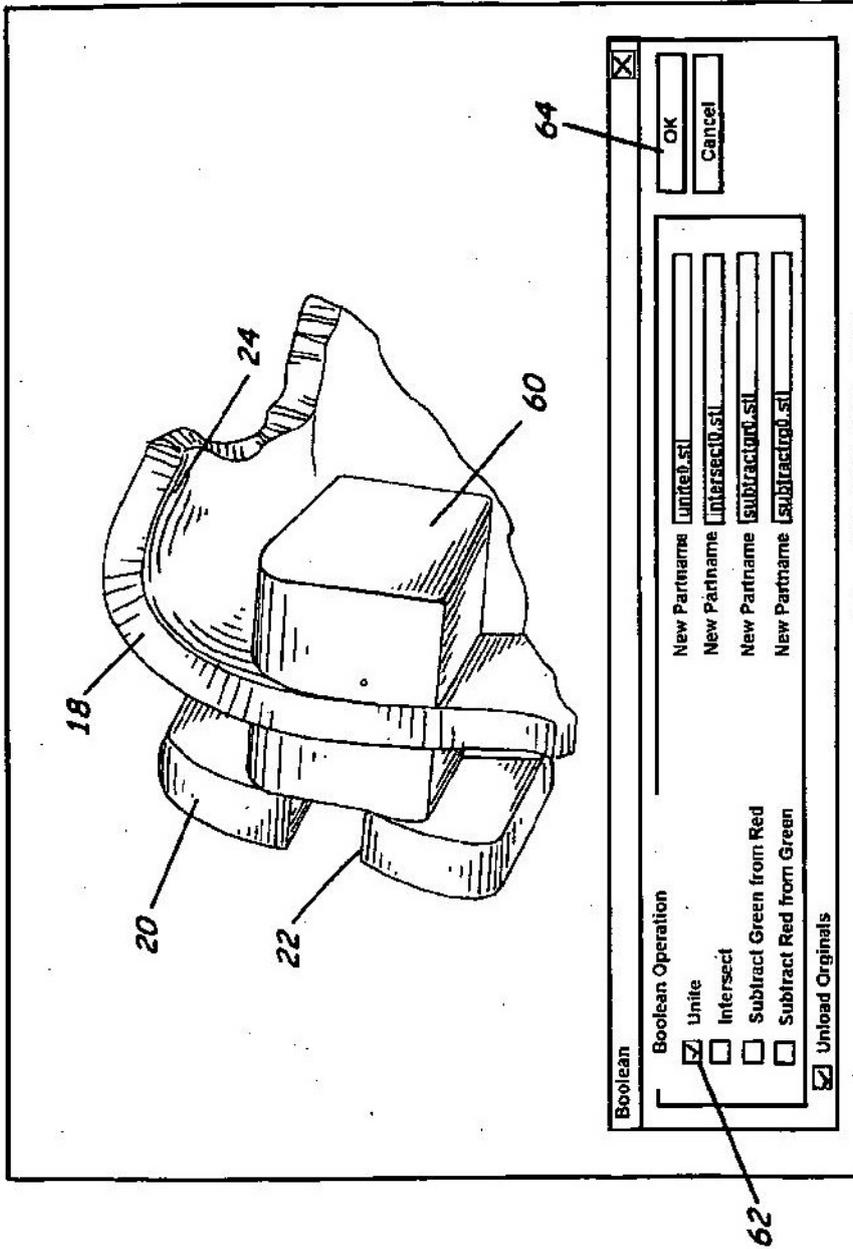
(TÉCNICA ANTERIOR)



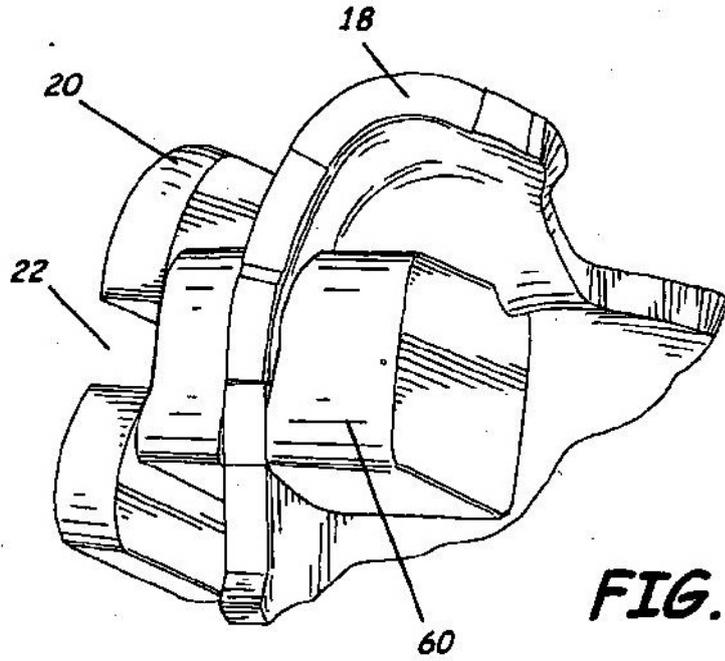
**FIG. 15B**



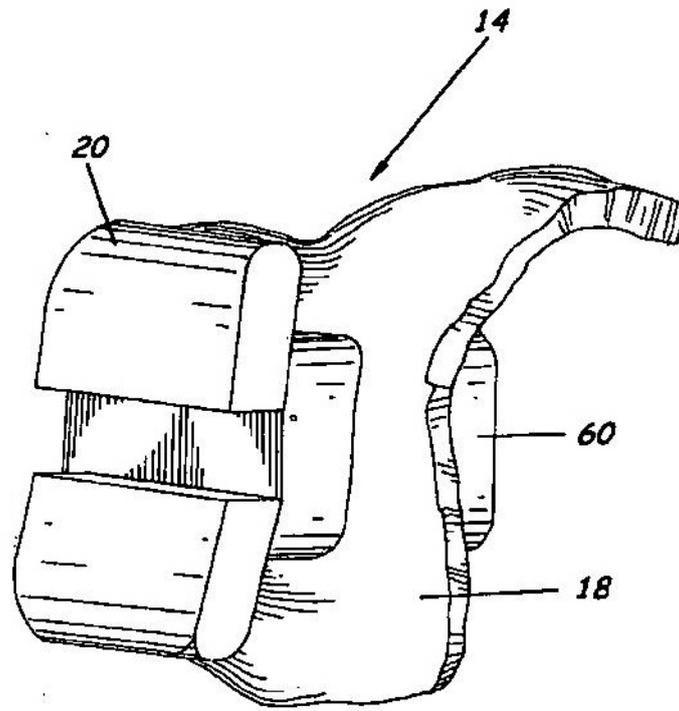
**FIG. 16.**



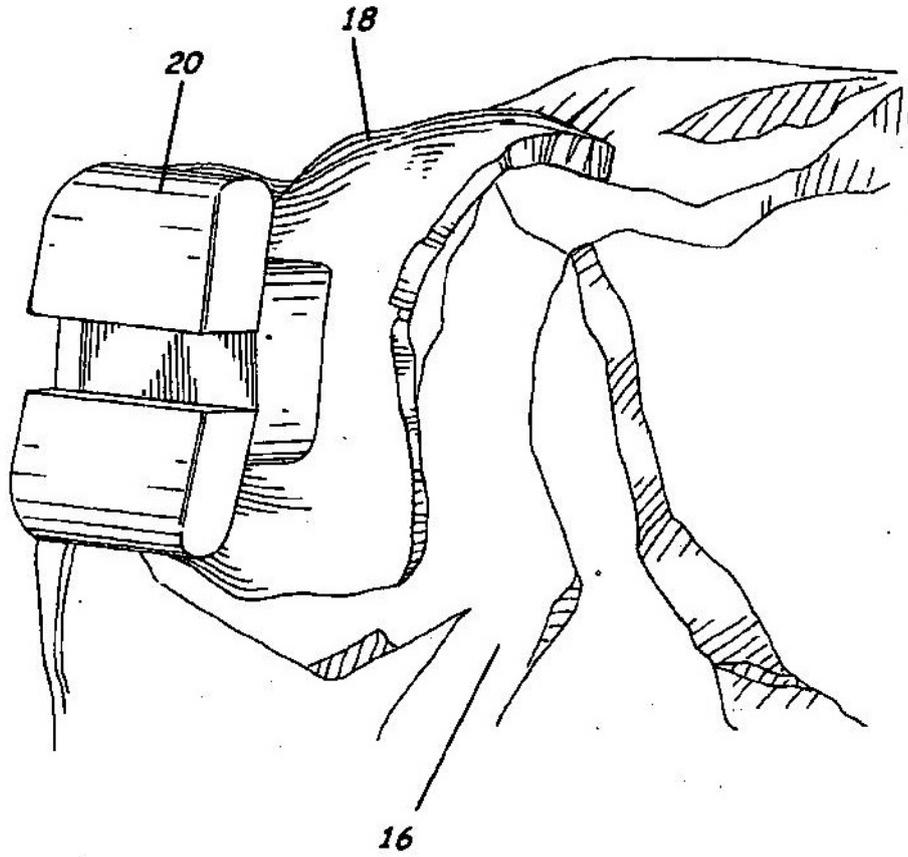
**FIG. 17.**



**FIG. 18A.**

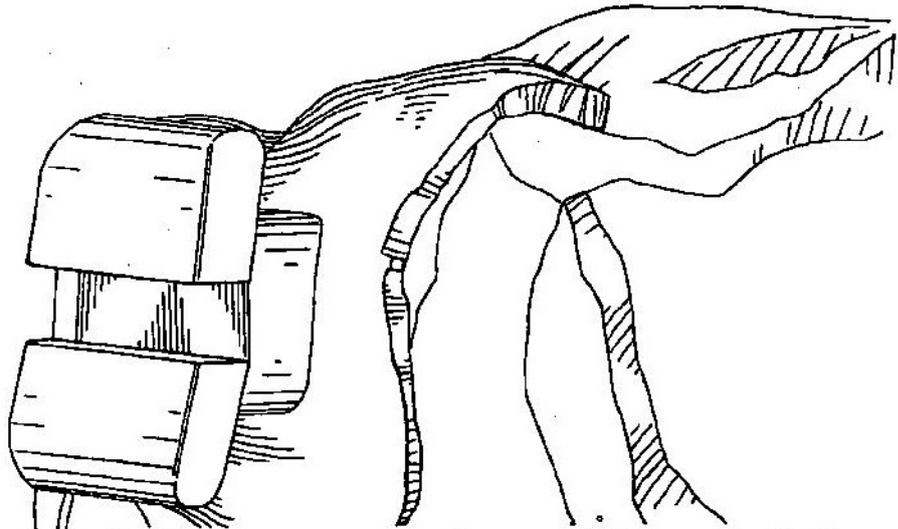


**FIG. 18B.**



**FIG. 19.**

**FIG. 20.**

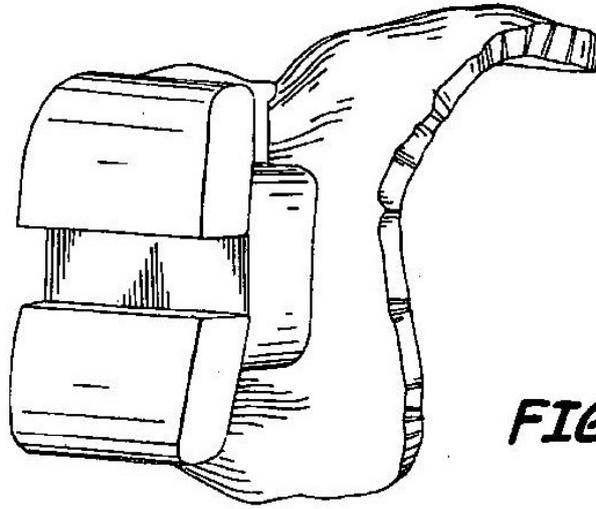


**Boolean**

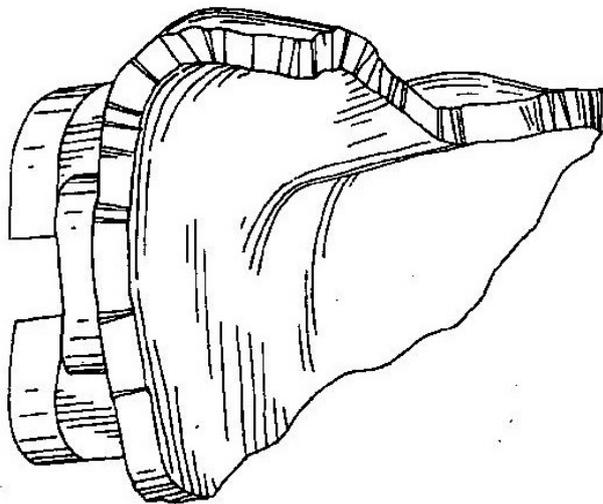
Boolean Operation	
<input type="checkbox"/> Unite	New Partname: <input type="text" value="united.stl"/>
<input type="checkbox"/> Intersect	New Partname: <input type="text" value="intersect2.stl"/>
<input type="checkbox"/> Subtract Green from Red	New Partname: <input type="text" value="subtract1n2.stl"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Subtract Red from Green	New Partname: <input type="text" value="subtract1m2.stl"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Unload Originals	

OK Cancel

66



**FIG. 21A.**



**FIG. 21B.**