

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 219**

51 Int. Cl.:

A61C 7/30

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.09.2014 PCT/US2014/054295**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2015 WO15035165**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2014 E 14841924 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 3041433**

54 Título: **Aparatos ortodóncicos y métodos de hacerlos**

30 Prioridad:

06.09.2013 US 201361874571 P

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

25.09.2018

73 Titular/es:

**ORMCO CORPORATION (100.0%)
1717 West Collins Avenue
Orange, CA 92867, US**

72 Inventor/es:

**ALAUDDIN, SAMMEL SHAHRIER;
MOHR, JASON ANTHONY;
NAZECK, BENJAMIN MARK y
WONG, NATHAN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 683 219 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

Aparatos ortodóncicos y métodos de hacerlos

5 **Campo técnico**

La invención se refiere en general a aparatos ortodóncicos y, más en concreto, a aparatos ortodóncicos metálicos y a métodos de hacerlos.

10 **Antecedentes**

El tratamiento ortodóncico implica a menudo unir un aparato al diente o montar un aparato en otro aparato ortodóncico previamente unido al diente. Las fuerzas aplicadas al aparato o a los aparatos son transferidas entonces al diente y por ello lo mueven. Como tales, los aparatos ortodóncicos representan un componente principal de tratamiento ortodóncico correctivo dedicado a mejorar la dentición del paciente. Los aparatos ortodóncicos pueden incluir brackets, arcos de alambre, ganchos, bandas y otros dispositivos.

Utilizando el bracket ortodóncico como ejemplo, un ortodoncista puede fijar con adhesivo brackets ortodóncicos a los dientes del paciente y a continuación enganchar un arco de alambre en una ranura de cada bracket. El arco de alambre ejerce esfuerzos de flexión y/o torsionales en los brackets ortodóncicos creando fuerzas de restauración, incluyendo fuerzas de rotación, inclinación, extrusión, intrusión, traslación y/o par, que tienden a poner los dientes en una posición estética deseada. Las ligaduras tradicionales, tales como pequeñas juntas tóricas elastoméricas o hilos metálicos finos, pueden emplearse para retener el arco de alambre dentro de cada ranura de bracket. Debido a las dificultades que surgen al aplicar una ligadura individual a cada bracket, se han desarrollado brackets ortodóncicos autoligantes que eliminan la necesidad de ligaduras basándose en una porción o elemento móvil, tal como un retén, clip o corredera, para retener el arco de alambre dentro de la ranura de bracket.

En una secuencia típica de tratamiento ortodóncico se usa un arco de alambre metálico redondo de diámetro pequeño para el movimiento preliminar del diente, seguido del uso de arcos de alambre metálicos rectangulares en las etapas de tratamiento posteriores. La etapa final puede implicar el uso de un arco de alambre de sección transversal rectangular que llena la ranura del bracket. Por ejemplo, puede usarse inicialmente un arco de alambre redondo pequeño (por ejemplo, de 0,356 mm de diámetro) y puede introducirse un arco de alambre rectangular en sección transversal (por ejemplo, de 0,533 por 0,635 mm) cuando se precise par para orientar con precisión los dientes, por lo general en o cerca del final del tratamiento. Dado que su forma rectangular lo hace no rotativo con respecto a cada bracket, el arco de alambre impone fuerzas de par o enderezamiento en los dientes. Como resultado, el alambre rectangular puede retorcerse ligeramente entre dientes adyacentes. Pueden introducirse otros arcos de alambre de diferentes tamaños durante las etapas intermedias del tratamiento.

Donde la maloclusión es severa, por lo general no es práctico iniciar el tratamiento con arcos de alambre de gran sección transversal por varias razones. Es muy significativo que las ranuras de bracket no están por lo general en alineación una con otra de modo que el arco de alambre debe retorcerse o flexionarse sustancialmente al inicio del tratamiento. Dado que los arcos de alambre de gran sección transversal experimentan deformación permanente más fácilmente que los alambres más pequeños, la torsión o la deflexión iniciales pueden hacerlos casi inútiles al inicio del tratamiento. Los alambres grandes también pueden ejercer fuerzas impredeciblemente grandes durante la fase inicial del tratamiento, lo que puede ser sumamente doloroso para el paciente. Por esta razón al menos, a menudo hay que usar inicialmente arcos de alambre más pequeños y luego sustituir los arcos de alambre pequeños por arcos de alambre de mayor sección transversal a medida que el tratamiento avanza. Para el paciente, esto significa frecuentes citas y pasar un período de tiempo significativo en "el sillón". Para el médico, esto significa mayores costos y menor capacidad de tratamiento.

Los alambres de la primera etapa se hacen típicamente de aleaciones con memoria de forma (AMFs) con propiedades superelásticas. Las AMFs experimentan una transformación de fase cristalina reversible de una fase martensítica a una fase austenítica cuando se calientan en un rango de temperatura concreto. Por lo general, la martensita es blanda y dúctil mientras que la austenita es rígida y elástica. Dado que estas dos fases proporcionan propiedades mecánicas individualmente únicas, la temperatura de la aleación durante el uso dicta las propiedades mecánicas de la aleación según las proporciones de martensita y austenita. Por lo tanto, las fases presentes cuando un aparato ortodóncico se usa a la temperatura del cuerpo humano determinará las propiedades mecánicas del aparato.

A este respecto, la temperatura a la que se inicia el cambio de fase martensítica a austenítica se designa en general A_s , denominada la "temperatura de inicio austenítico" y la temperatura a la que finalizan los cambios de fase al calentamiento se denomina A_f , denominada la "temperatura de acabado austenítico". Por encima de A_f , la fase estable de la aleación es la fase austenítica. Durante el enfriamiento, la temperatura a la que se inicia el cambio de fase de austenita a martensita se denomina M_s , denominada la "temperatura de inicio martensítico", y la temperatura a la que finaliza el cambio de fase se denomina M_f , denominada la "temperatura de acabado martensítico". La transformación de fase reversible permite que las AMFs se deformen a una temperatura y luego se calienten a una

temperatura elevada donde la AMF recupera todos o casi toda su forma predeformada u original. Las aleaciones a base de NiTi son aleaciones con memoria de forma conocidas y son aleaciones de níquel (Ni) y titanio (Ti). Por ejemplo, un tipo de aleación a base de NiTi es nitinol, que es una aleación de aproximadamente 50/50 de níquel a titanio.

5 Además, las AMFs exhiben a menudo características superelásticas. La superelasticidad resulta de la transformación de fase de austenita a martensita inducida por esfuerzo a o ligeramente por encima de A_f . La reversión a austenita tiene lugar cuando la deformación se reduce o elimina. El comportamiento de esfuerzo-deformación de los materiales superelásticos usados en ortodoncia aprovecha toda la ventaja de dicho cambio de fase y a menudo permite la recuperación de hasta 6% de deformación, muy por encima de los aceros inoxidables convencionales.

15 La tecnología de fabricación actual se centra en un proceso predefinido que controla la composición de la aleación, el tratamiento térmico de la aleación, y los esfuerzos inducidos en la aleación durante la fabricación del aparato ortodóncico. Estos parámetros establecen en conjunto las propiedades de transformación, es decir, la forma de la curva de transformación definida por las temperaturas A_s , M_s , A_f y M_f , de la AMF.

20 Aunque los aparatos ortodóncicos han tenido éxito en general, los fabricantes de aparatos ortodóncicos se esfuerzan continuamente por mejorar el rendimiento de sus aparatos. A este respecto, subsiste la necesidad de aparatos ortodóncicos superelásticos y/o de memoria de forma que proporcionen mejores prestaciones durante el tratamiento ortodóncico.

Resumen de la invención

25 La presente invención supera los inconvenientes anteriores y otros inconvenientes y desventajas de los brackets ortodóncicos. Aunque la presente invención se describirá en conexión con algunas realizaciones, se entenderá que la presente invención no se limita a estas realizaciones. Por el contrario, la presente invención incluye todas las alternativas, modificaciones y equivalentes que puedan quedar incluidos dentro del espíritu y alcance de la presente invención.

30 Según los principios de la presente invención, un aparato ortodóncico incluye una porción hecha de una aleación con memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos y una región tratada que tiene una composición de aleación que está empobrecida en al menos uno de los elementos metálicos de la composición de aleación base.

35 En una realización, la aleación con memoria de forma es una aleación de níquel titanio (NiTi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en níquel con relación a la composición de aleación base.

40 En una realización, la aleación con memoria de forma es una aleación de cobre cromo níquel titanio (CuCrNiTi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en uno de cobre, níquel y titanio con relación a la composición de aleación base.

45 En una realización, la aleación con memoria de forma es una aleación de cobre aluminio níquel (CuAlNi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en al menos aluminio con relación a la composición de aleación base.

50 En una realización, la aleación con memoria de forma es una aleación de cobre aluminio níquel (CuAlNi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en al menos cobre con relación a la composición de aleación base.

En una realización, la composición de aleación base tiene una primera temperatura de acabado austenítico y la región tratada tiene una temperatura de acabado austenítico que es más alta que la primera temperatura de acabado austenítico.

55 En una realización, la porción forma una parte de un arco de alambre, un tope, un gancho, una corona, una banda o un bracket ortodóncico.

60 En una realización, la aplicación ortodóncica es un arco de alambre que tiene una longitud medida desde un extremo a otro extremo y donde la porción incluye una primera zona a lo largo de la longitud del arco de alambre.

En una realización, el arco de alambre incluye una región no tratada que forma una segunda zona, teniendo la región no tratada la composición de aleación base y estando la segunda zona adyacente a la primera zona.

65 Según un aspecto de la presente invención, se facilita un aparato ortodóncico para colocación en un diente. El aparato ortodóncico incluye un cuerpo hecho de una aleación con memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos. El cuerpo incluye una pared lateral que tiene un margen apical

que define una abertura para recibir el diente. La pared lateral incluye además una región tratada que está empobrecida en al menos uno de los elementos metálicos de la composición de aleación base.

5 En una realización, el cuerpo incluye además una superficie interior configurada para contactar el diente y la superficie interior incluye la región tratada.

En una realización, la región tratada de la superficie interior tiene mayor ductilidad que una región no tratada del cuerpo a temperaturas de o cerca de la temperatura del cuerpo humano.

10 En una realización, la región tratada de la superficie interior está configurada para deformarse plásticamente cuando se comprime contra el diente.

En una realización, el cuerpo está configurado para permanecer en una posición con relación al diente sin adhesivo.

15 En una realización, al menos una dimensión en sección transversal del cuerpo es mayor que una dimensión en sección transversal del diente antes de someterse a la temperatura oral.

En una realización, el cuerpo tiene una forma en sección transversal anular.

20 En una realización, el cuerpo está configurado para transición desde un estado ampliado deformado a un estado contraído cuando se calienta a una temperatura operativa.

25 Según otro aspecto de la presente invención, se facilita un aparato ortodóncico para colocación en un arco de alambre ortodóncico. El aparato ortodóncico incluye un cuerpo en forma de C hecho de una aleación con memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos. El cuerpo en forma de C está configurado para enganchar el arco de alambre. El cuerpo en forma de C incluye porciones opuestas primera y segunda que definen una abertura entremedio. Una tercera porción se extiende entre las porciones primera y segunda y está enfrente de la abertura. Una región tratada forma una porción de al menos una de las porciones primera, segunda y tercera. La región tratada está empobrecida en al menos uno de los elementos metálicos de la
30 composición de aleación base.

En una realización, el cuerpo está configurado para transición entre una posición abierta y una posición cerrada cuando se calienta, y el cuerpo está configurado para enganchar el arco de alambre en la posición cerrada.

35 En una realización, el cuerpo está configurado para transición entre las posiciones abierta y cerrada sin entrada mecánica durante el calentamiento.

En una realización, la región tratada está expuesta a lo largo de una superficie interior de al menos una de la primera porción, la segunda porción o la tercera porción.

40 En una realización, la superficie interior de al menos una de la primera porción, la segunda porción o la tercera porción incluye al menos un nervio que está configurado para deformarse plásticamente cuando el nervio contacta el arco de alambre.

45 En una realización, el al menos único nervio es paralelo a un borde periférico del cuerpo.

En una realización, el al menos único nervio es transversal a un borde periférico del cuerpo.

50 Según otro aspecto de la presente invención, un bracket ortodóncico para acoplar un arco de alambre con un diente incluye un cuerpo de bracket hecho de una aleación con memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos. El cuerpo de bracket incluye una ranura de arco de alambre que está configurada para recibir el arco de alambre y una región tratada que forma al menos una porción del cuerpo de bracket. La región tratada está empobrecida en al menos uno de los elementos metálicos de la composición de aleación base.

55 En una realización, el cuerpo de bracket incluye además un elemento ligante integral que tiene una posición abierta en la que el arco de alambre puede insertarse en la ranura de arco de alambre y una posición cerrada en la que el elemento ligante integral está configurado para evitar la extracción del arco de alambre de la ranura de arco de alambre. El bracket ortodóncico es un bracket ortodóncico autoligante, donde el elemento ligante integral incluye la
60 región tratada.

En una realización, la región tratada está configurada para exhibir propiedades superelásticas durante el tratamiento ortodóncico.

65 En una realización, el bracket ortodóncico incluye regiones no tratadas que no exhiben propiedades superelásticas durante el tratamiento ortodóncico.

En una realización, la región tratada tiene propiedades de memoria de forma a un rango de temperatura inferior a la temperatura operativa normal de la cavidad oral.

5 En una realización, el cuerpo de bracket incluye además una porción mesial y una porción distal separadas por una porción central; cada una de la porción mesial, la porción distal y la porción central define la ranura de arco de alambre. La porción central incluye el elemento ligante integral.

10 En una realización, el cuerpo de bracket incluye además una porción de cuerpo gingival y una porción de cuerpo oclusal que están separadas por la ranura de arco de alambre. El elemento ligante integral se extiende desde solamente una de la porción de cuerpo gingival o la porción de cuerpo oclusal.

15 En una realización, el elemento ligante integral tiene forma de un clip ligante integral que tiene una primera porción que se extiende sobre la ranura de arco de alambre en la posición cerrada, una segunda porción en la que el clip ligante integral está formado con el cuerpo de bracket, y una tercera porción entre la primera y la segunda porción, al menos la segunda porción incluye la región tratada.

20 En una realización, el cuerpo de bracket incluye además una pluralidad de alas de unión que se extienden desde el cuerpo de bracket. Al menos parte de la región tratada está dispuesta en al menos una de las alas de unión.

En una realización, el cuerpo de bracket incluye una pluralidad de las regiones tratadas. Cada región tiene una composición de aleación diferente de la composición de aleación base. Las múltiples regiones tratadas están configuradas para absorber el choque de impacto en el cuerpo de bracket.

25 En una realización, cada una de la pluralidad de regiones tratadas difiere en la proporción de martensita a austenita presente a la temperatura de la cavidad oral y, en una o varias regiones tratadas, la austenita se transforma a martensita cuando se somete a un impacto en el cuerpo de bracket.

30 Según otro aspecto de la presente invención, un método de fabricar un aparato ortodóncico incluye exponer a una fuente de energía el aparato ortodóncico hecho de una aleación con memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos. El método incluye además tratar una superficie del aparato ortodóncico con la fuente de energía para quitar al menos uno de los elementos metálicos de una región incluyendo la superficie para formar una región tratada que se empobrece en al menos un elemento metálico con relación a la composición de aleación base.

35 En una realización, exponer el aparato ortodóncico incluye exponer uno de un grupo que consta de un arco de alambre, un tope, un gancho, una banda, una corona, y un bracket ortodóncico a la fuente de energía.

40 Según otro aspecto un método usa un aparato ortodóncico hecho de una aleación con memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos e incluye una región tratada que tiene una composición que se empobrece en al menos un elemento metálico de la composición de aleación base e incluye almacenar el aparato ortodóncico a una temperatura que es diferente de la temperatura normal de la cavidad oral. El método incluye además instalar el aparato ortodóncico en la boca del paciente, por lo que la composición de fase de la región tratada difiere de la composición de fase de la composición de aleación base.

45 En una realización, el almacenamiento incluye además almacenamiento a una temperatura que es inferior a la temperatura normal de la cavidad oral.

50 En una realización, después de la instalación y durante el tratamiento, el método incluye además reducir la temperatura del aparato ortodóncico para aumentar la proporción de martensita con relación a austenita y a continuación deformar plásticamente el aparato incluyendo una porción de la región tratada enfriada.

55 En una realización, el aparato ortodóncico es una banda o la corona y la instalación de la banda o la corona en un diente deforma plásticamente la región tratada y la instalación carece de adhesivo entre la banda o la corona y el diente.

Breve descripción de los dibujos

60 Los dibujos acompañantes, que se incorporan y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la invención y con la descripción general expuesta anteriormente, junto con la descripción detallada expuesta a continuación, sirven para explicar la invención.

La figura 1 es una vista en perspectiva de un arco de alambre ortodóncico según una realización de la invención.

65 La figura 2 es una vista en sección transversal en perspectiva del aparato ortodóncico de la figura 1 tomada a lo largo de la línea de sección 2-2.

La figura 3 es una vista en alzado de un arco de alambre ortodóncico según una realización de la invención que ilustra esquemáticamente diferentes regiones o zonas tratadas.

5 La figura 4 es una microfotografía de microscopio electrónico de exploración (SEM) de múltiples regiones tratadas según una realización de la invención.

La figura 5 es una vista en perspectiva de la zona rodeada con círculo 5 de la figura 1 que ilustra esquemáticamente una pluralidad de zonas tratadas dentro de una región o zona tratada.

10 La figura 6 es una microfotografía de SEM de una región de un arco de alambre redondo tratado con un haz láser según una realización de la invención.

15 La figura 7 ilustra gráficamente un cambio en la composición de aleación del arco de alambre a través de la región tratada con el haz láser representado en la figura 6.

La figura 8 es un gráfico de la deformación en función del esfuerzo de una región no tratada de un arco de alambre.

20 La figura 9 es un gráfico de la deformación en función del esfuerzo para la región no tratada del arco de alambre representado en la figura 8 en comparación con una región tratada del arco de alambre según una realización de la invención.

25 La figura 10 es un gráfico de la deformación en función del esfuerzo para la región no tratada del arco de alambre representado en la figura 8 en comparación con una región tratada del arco de alambre según una realización de la invención.

30 La figura 11 es un gráfico de la deformación en función del esfuerzo para la región no tratada del arco de alambre representado en la figura 8 en comparación con una región tratada del arco de alambre según una realización de la invención.

35 La figura 12 es un gráfico de la deflexión en función de la carga que compara la deflexión en función de la carga para cada una de las regiones tratadas que tiene la relación del esfuerzo en función de la deformación ilustrada en las figuras 9, 10 y 11 en comparación con la deflexión en función de la carga para dos regiones de un arco de alambre que se puede obtener en el mercado.

La figura 13 es un gráfico teórico de la deflexión en función de la carga para una aleación de CuAlNi después de una pluralidad de tratamientos según una realización de la invención.

40 Las figuras 14A y 14B son gráficos de la fricción en función del ángulo y el momento en función del ángulo, respectivamente, para arcos de alambre rectangulares tratados según una realización e intención en comparación con un arco de alambre no tratado.

45 Las figuras 15A y 15B son gráficos de la fricción en función del ángulo y el momento en función del ángulo, respectivamente, para arcos de alambre redondos tratados según una realización e intención en comparación con un arco de alambre no tratado.

La figura 16 es un gráfico de la deformación en función del esfuerzo para un arco de alambre no tratado en carga de tensión cíclica.

50 La figura 17 es un gráfico de la deformación en función del esfuerzo para un arco de alambre tratado según una realización de la invención en carga de tensión cíclica para comparación con la figura 16.

La figura 18 ilustra gráficos de resultados OSIM para arcos de alambre tratados para comparación sin arcos de alambre tratados y arcos de alambre disponibles en el mercado.

55 Las figuras 19 y 20 son ilustraciones esquemáticas de la distribución de fuerza vertical y la distribución de fuerza horizontal a lo largo de un arco dental, respectivamente, para una realización de la presente invención en comparación con arcos de alambre disponibles en el mercado.

60 La figura 21 es un gráfico del esfuerzo equivalente por zona para una realización de un arco de alambre que tiene múltiples zonas de tratamiento.

La figura 22 es un gráfico de la liberación de iones níquel en función del tiempo que compara una realización de la invención con un arco de alambre no tratado.

65

- La figura 23 es un gráfico del potencial de polarización en función de la densidad de corriente que compara realizaciones de la invención con un arco de alambre no tratado.
- 5 La figura 24 es una vista en perspectiva de un aparato ortodóncico en la configuración de una corona, según una realización de la invención.
- La figura 25 es una vista en perspectiva de otro aparato ortodóncico en la configuración de una banda, según una realización de la invención.
- 10 La figura 26 es una vista en perspectiva de otro aparato ortodóncico en la configuración de un gancho según una realización de la invención, representado en una posición abierta.
- La figura 27 es una vista en perspectiva del gancho de la figura 26 representado en una posición cerrada.
- 15 La figura 28 es una vista en perspectiva de una realización de un gancho según la presente invención.
- La figura 29 es una vista en sección transversal del gancho de la figura 28 tomada a lo largo de la línea de sección 29-29.
- 20 La figura 30 es una vista en perspectiva de una realización de un gancho según la presente invención.
- La figura 31 es una vista en sección transversal del gancho de la figura 30 tomada a lo largo de la línea de sección 31-31.
- 25 La figura 32 es una vista en perspectiva de una realización de un gancho según la presente invención.
- La figura 33 es una vista en sección transversal del gancho de la figura 32 tomada a lo largo de la línea de sección 33-33.
- 30 Las figuras 34A-34C son vistas en perspectiva de un tope según una realización de la invención en varias etapas de apertura/cierre.
- Las figuras 35-37 son vistas en sección transversal tomadas a lo largo de la línea de sección 35-35 del tope representado en la figura 34A que ilustran regiones tratadas ejemplares según realizaciones de la presente invención.
- 35 La figura 38 es una microfotografía de SEM de una sección transversal de un tope ejemplar según una realización de la invención.
- 40 La figura 39 es una fotografía de un tope y un gancho según realizaciones de la presente invención.
- La figura 40 es una fotografía de un tope según una realización de la invención.
- 45 La figura 41 es un gráfico teórico del cambio en función de la fuerza para ganchos según realizaciones de la invención.
- La figura 42 es una vista en perspectiva de un bracket ortodóncico autoligante según otra realización de la invención.
- 50 La figura 43A es una vista en sección transversal del bracket ortodóncico de la figura 42 tomada a lo largo de la línea de sección 43A-43A que ilustra un elemento ligante integral en la posición cerrada.
- La figura 43B es una vista en sección transversal del bracket ortodóncico de la figura 42 similar a la figura 43A pero que ilustra el elemento ligante integral en la posición abierta.
- 55 La figura 44 es una vista en alzado del bracket ortodóncico de la figura 42.
- La figura 45 es una vista en perspectiva de una realización del bracket ortodóncico según la presente invención.
- 60 La figura 46A es una vista en sección transversal del bracket ortodóncico de la figura 45 tomada a lo largo de la línea de sección 46A-46A que ilustra un elemento ligante integral en la posición cerrada.
- La figura 46B es una vista en sección transversal del bracket ortodóncico de la figura 45 similar a la figura 46A pero que ilustra el elemento ligante integral en la posición abierta.
- 65 La figura 47 es una vista en perspectiva de una realización de un bracket ortodóncico autoligante según la presente invención.

La figura 48 es una vista en alzado del bracket ortodóncico autoligante de la figura 47.

5 La figura 49 es una vista en perspectiva de una realización de un bracket ortodóncico autoligante según la presente invención.

La figura 50 es una vista en alzado del bracket ortodóncico autoligante de la figura 49.

10 La figura 51 es una vista en perspectiva de una realización de un bracket ortodóncico según la presente invención que ilustra una disposición del tipo en capas de una pluralidad de regiones tratadas.

15 La figura 52 es una vista en perspectiva de una realización de un bracket ortodóncico según la presente invención que ilustra una disposición diferente de una pluralidad de regiones tratadas en comparación con el bracket ortodóncico de la figura 51.

La figura 53 es una vista en perspectiva de una realización de un bracket ortodóncico según la presente invención que ilustra una disposición diferente de una pluralidad de regiones tratadas en comparación con los brackets ortodóncicos de las figuras 51 y 52.

20 Y la figura 54 es una vista en perspectiva de una realización de un bracket ortodóncico según la presente invención que ilustra una disposición diferente de una pluralidad de regiones tratadas en comparación con los brackets ortodóncicos de las figuras 51-53.

Descripción detallada

25 Arcos de alambre

30 Arcos de alambre de aleaciones con memoria de forma (AMFs) que exhiben propiedades superelásticas están disponibles para uso en el tratamiento ortodóncico. Actualmente, los fabricantes de arcos de alambre tienen como objetivo temperaturas de acabado austenítico específicas, A_f , dependiendo de la fuerza que se desea ejercer sobre todos los dientes del arco dental del paciente durante el uso. Reduciendo A_f , el alambre exhibe mayor rigidez y elasticidad durante el uso. Incrementando A_f , el alambre es más blando y más dúctil. Por lo tanto, teniendo como objetivo un A_f deseado, el arco de alambre permitirá ejercer una carga conocida deseada en todos los dientes durante el tratamiento.

35 Además de arcos de alambre que tienen propiedades formadas de forma generalmente uniforme a lo largo de sus longitudes, se han desarrollado arcos de alambre que tienen variaciones de propiedades a lo largo de sus longitudes para diferentes regiones o zonas deseadas del arco dental del paciente con fuerzas correctivas diferentes. Para ello, en un esfuerzo por proporcionar un arco de alambre con variaciones en las propiedades mecánicas, tal como dentro de diferentes zonas o secciones que tienen diferentes elasticidades, algunos fabricantes han unido secciones individuales de alambre con cada sección que tiene una temperatura de acabado austenítico diferente. Otros fabricantes han desarrollado métodos de tratamiento por calor localizado para generar una diferencia en A_f a lo largo de la longitud del arco de alambre o alternativamente han fabricado arcos de alambre con diferentes configuraciones en sección transversal a lo largo de la longitud del arco de alambre. Otra técnica utilizada para afrontar las variaciones en los dientes en el arco dental del paciente incluye curvar localmente el arco de alambre de modo que proporcione una fuerza correctiva única a un diente específico según la necesaria reorientación de dicho diente. Cada una de estas técnicas, proporcionando al mismo tiempo variación en las propiedades mecánicas a lo largo de la longitud del arco de alambre, requiere mucho proceso y, como consecuencia, por lo general no es de costo razonable.

50 Con referencia ahora a los dibujos, y a las figuras 1-3 en particular, una realización de la invención incluye un arco de alambre ortodóncico 10 para uso en el tratamiento ortodóncico. El arco de alambre 10 incluye múltiples regiones o zonas 12, 14, 16 y/o 18. Como se expone en detalle más adelante, al menos dos zonas cualesquiera 12, 14, 16 y/o 18 difieren en las propiedades mecánicas en virtud de una variación en la composición de aleación en dichas zonas. Por ejemplo, la zona posterior 12 puede generar una carga alta en los molares mientras que la zona anterior 18 genera una carga inferior en los incisivos. Las propiedades mecánicas de al menos cualesquiera dos zonas se predeterminan cambiando selectivamente la composición (es decir, los porcentajes en peso de los elementos presentes) de la AMF dentro de dicha zona de tal manera que, durante el uso, la zona aplique una carga predeterminada a un diente o grupo de dientes correspondiente. Como resultado, dos zonas cualesquiera 12, 14, 16 y/o 18 difieren en la composición con el fin de aumentar o disminuir la A_f para toda o una porción de dicha zona de la A_f de la aleación o composición base. Cambiar la composición de la AMF a lo largo de la longitud del arco de alambre puede permitir al clínico producir selectivamente fuerzas diferentes en dientes diferentes. El proceso de producir selectivamente zonas diferentes que tienen propiedades diferentes dentro de una AMF puede denominarse aquí Tecnología de Múltiples Materiales de Memoria (MMMT). Por ejemplo, suponiendo que hay 14 dientes en un arco dental, cada arco de alambre puede fabricarse de forma personalizada para distribuir una fuerza única a cada uno de los 14 dientes o cualquier combinación de los mismos. Por lo tanto, el clínico puede personalizar el arco de

alambre para la maloclusión específica del paciente. Personalizando el tratamiento en el nivel dental individual, el clínico puede poner más rápidamente cada diente en su posición estética deseada.

Para ello, según una realización de la invención, y como se expone con más detalle más adelante, el arco de alambre 10 se trata selectivamente con un láser en una o varias zonas 12, 14, 16, y/o 18. El tratamiento con láser de materiales con memoria de forma se describe en la Publicación de Estados Unidos número 2012/01 92999. En general, la aplicación de energía mediante un haz láser a la superficie de una AMF puede producir un cambio local en la química de la AMF. Este cambio local en los constituyentes puede ser por medio de extracción de un elemento seleccionado o elementos seleccionados o por adición de un elemento seleccionado. En cualquier caso, la relación atómica relativa de los elementos en la zona tratada se cambia con respecto a la relación atómica relativa original.

En la realización representada, el arco de alambre ortodóncico tiene una sección transversal rectangular, representada mejor en la figura 2, de modo que el arco de alambre tiene una anchura 20 y una altura 22 que definen la sección transversal rectangular. Se apreciará, sin embargo, que las realizaciones de la presente invención no se limitan a arcos de alambre que tienen secciones transversales rectangulares, puesto que otras secciones transversales de arco de alambre son conocidas en la técnica, por ejemplo, de configuraciones circulares en sección transversal. Las realizaciones de la presente invención incluyen específicamente arcos de alambre redondos.

Según realizaciones de la presente invención, el arco de alambre 10 se hace de una pieza unitaria de AMF, tal como NiTi. En otros términos, y como se describirá con más detalle más adelante, el arco de alambre 10 no es una colección de secciones individuales de una AMF que se sueldan o sueldan con soldadura fuerte para formar un arco de alambre. Además, en una realización, el arco de alambre 10 tiene una configuración en sección transversal uniforme desde un extremo 24 al otro extremo 26. Por ejemplo, donde el arco de alambre 10 tiene dimensiones de anchura 20 y altura 22 correspondientes a una configuración rectangular en sección transversal, la anchura 20 y la altura 22 son sustancialmente constantes desde un extremo 24 al otro extremo 26, como se representa. En otros términos, la diferencia en las propiedades mecánicas entre al menos dos zonas cualesquiera 12, 14, 16, 18 no se logra tratando con calor secciones individuales del alambre de AMF y montando después dichas secciones en la configuración de un arco de alambre o cambiando las dimensiones en sección transversal del arco de alambre 10 a lo largo de su longitud.

En una realización de la presente invención, el arco de alambre 10 se hace de una AMF y es tratado con el fin de cambiar la composición de la aleación dentro de una o varias regiones o zonas 12, 14, 16, 18 (figura 3) de modo que sea diferente de la composición de aleación base original. A modo de ejemplo, y con referencia a las figuras 4 y 5, en una realización, puede utilizarse un haz láser para tratar una o varias zonas 12, 14, 16, 18, por ejemplo, la zona 12, del arco de alambre 10. Con referencia a las figuras 4 y 5, el haz láser (no representado) puede ser enfocado sobre la superficie del arco de alambre 10 para producir zonas de tratamiento aproximadamente circulares 28. La repetición de las zonas tratadas 28, pulsando el haz láser a través de la superficie de arco de alambre 10, puede dar lugar a zonas de solapamiento 30 entre zonas adyacentes 28. A modo de ejemplo solamente, y no de limitación, el haz láser puede ser enfocado para producir una zona 28 que tenga dimensiones de sólo aproximadamente 5 μm de diámetro hasta aproximadamente 1000 μm (1 mm) de diámetro. Además, aunque no se representa, las zonas de tratamiento 28 se pueden disponer con el fin de cubrir toda o una fracción de la superficie del arco de alambre 10. Por lo tanto, formando las zonas de tratamiento 28 con o sin zonas de solapamiento 30, una o varias regiones o zonas tratadas 12, 14, 16 y/o 18 o cualquier porción de las mismas se puede formar con el haz láser a lo largo del arco de alambre 10. Múltiples regiones tratadas pueden estar adyacentes una a otra o separadas por regiones del arco de alambre 10 si se dejan sin tratar (es decir, las regiones no tratadas son de la composición de aleación base.)

El tratamiento de la AMF con el haz láser puede quitar selectivamente uno o varios elementos constituyentes de la aleación y, por lo tanto, cambia la composición de la aleación en la zona tratada 28. Cambiando la composición de la aleación, puede lograrse un cambio local en la A_f en la zona de tratamiento con relación a una composición de aleación base no tratada. Por ejemplo, para NiTi, el haz láser puede quitar selectivamente níquel dando lugar a un aumento fraccional de titanio de la composición de aleación en la zona tratada con relación a la composición de aleación en masa original. La extracción selectiva del níquel de una aleación de 50-50 NiTi, por ejemplo, puede dar lugar a una aleación que tenga más de 50% en peso de titanio en la zona tratada. La A_f para la zona tratada puede aumentar con relación a la composición de aleación en masa o base. A modo de ejemplo adicional, para CuAlNi, se considera que el procesamiento con el láser u otra alta energía localizada quita selectivamente cobre y/o níquel dando lugar a un aumento fraccional del aluminio de la composición de aleación en la zona tratada con relación a la composición de aleación en masa original. Con respecto a esta aleación, sin embargo, la A_f para la zona tratada puede disminuir con relación a la composición de aleación en masa o base. Además, la proporción relativa de aluminio en la región tratada escala con el esfuerzo de estancamiento de una respuesta de deformación-esfuerzo para la región tratada.

El tratamiento puede aumentar la concentración de un elemento metálico seleccionado por adición de dicho elemento a una composición de aleación base. Esto se puede lograr rodeando la composición de aleación base con una aleación que tiene el elemento metálico seleccionado. Por ejemplo, el rodeo puede incluir intercalar una composición de aleación base entre hojas de lámina del elemento metálico seleccionado a añadir a la aleación base. Una vez rodeado, se puede usar un láser para calentar localmente la lámina con el fin de sublimar selectivamente o

vaporizar de otro modo al menos el elemento metálico seleccionado. El elemento vaporizado puede difundirse entonces a la aleación base con la ayuda de la energía térmica suministrada por el láser. Por lo tanto, la aleación base recibe un pico de un elemento metálico seleccionado con el fin de formar una región tratada que difiere de la composición de aleación base por el aumento selectivo del elemento metálico.

5 Además, el tratamiento con láser, que produce sublimación de uno o varios de los elementos metálicos constituyentes, puede proporcionar mejores propiedades superficiales. Por ejemplo, incrementar el porcentaje fraccional de titanio puede inducir el crecimiento de una capa tenaz de óxido. Los beneficios de la capa de óxido pueden incluir mejor resistencia a la corrosión y/o una reducción de cualquier liberación de níquel de aleaciones que
10 contienen níquel. Otros beneficios de cambiar la superficie química de la aleación incluyen la formación de precipitantes en la superficie. Por ejemplo, en aleaciones de NiTi, una reducción de níquel puede permitir la formación de precipitantes de níquel ricos en titanio, tal como Ti_2Ni , que son relativamente duros en comparación con la composición de aleación de NiTi base. Tales precipitantes en la superficie pueden reducir la dinámica de unión/fricción en las regiones de contacto de alambre-bracket. Aunque se hace referencia específica a las
15 aleaciones de NiTi, se pueden utilizar otras aleaciones para fabricar aparatos ortodóncicos según realizaciones de la invención incluyendo, aunque sin limitación, cobre níquel titanio (CuNiTi), cobre cromo níquel titanio (CuCrNiTi), cobre aluminio níquel (CuAlNi), cobre aluminio manganeso (CuAlMn), cobre aluminio berilio (CuAlBe), hierro paladio (FePd), níquel manganeso galio (NiMnGa), y hierro manganeso silicio (FeMnSi), así como otras composiciones de aleación en las que los elementos constituyentes seleccionados pueden sublimarse o quitarse de otro modo de una
20 región o zona para producir por ello un cambio localizado en la composición de aleación en dicha región o zona.

Con el fin de facilitar una comprensión más completa de las realizaciones de la invención, se ofrecen los ejemplos no limitadores siguientes.

25 Ejemplo 1

Se trató un arco de alambre redondo de CuNiTi representado en la figura 6 con un láser durante un número predeterminado de pulsos. La composición de aleación base del arco de alambre de CuNiTi era 5% atómico de Cu, 44,8% atómico de Ni, 49,8% atómico de Ti, y 0,2% atómico de Cr. El arco de alambre de CuNiTi se pudo obtener en el mercado de Ormco Corporation y se comercializa bajo la marca comercial Damon Copper Ni-Ti®. El arco de alambre se trató con un láser de fibra con un tamaño de punto del haz láser de 50 μm operando a una potencia máxima de 30% con un tiempo de parada de 0,01 ms. El arco de alambre representado en la figura 6 se trató con un pulso del láser y a continuación se analizó el arco de alambre con un espectrómetro de dispersión de energía (EDS) en los puntos indicados en la figura 6. La información EDS se representa en la figura 7. Igualmente, el arco de alambre se trató con 3 pulsos totales, 5 pulsos totales y 10 pulsos totales, analizándose cada tratamiento con láser correspondiente adicional con el EDS. Como se representa en la figura 7, generalmente entre los puntos 3 y 12 de EDS, hay un aumento relativo del porcentaje atómico de titanio y disminuciones generales correspondientes del porcentaje atómico de níquel y del porcentaje atómico de cobre. Estos cambios relativos indican que se quita níquel y cobre de la zona tratada, presumiblemente mediante sublimación.

40 Como se ha descrito anteriormente, el arco de alambre 10 de la presente invención puede incluir una o varias zonas 12, 14, 16, 18 en las que la composición de la aleación difiere entre cualesquiera dos o más zonas. Esto se ilustra en el Ejemplo 1, en el que la zona tratada tiene una composición de aleación con un contenido de titanio generalmente más alto con relación al contenido de aleación inicial. Y, después del tratamiento, la zona tratada tiene una composición diferente de la composición de cualquiera de las zonas no tratadas adyacentes. Como consecuencia, el tratamiento siguiente con láser de las zonas seleccionadas 12, 14, 16 y 18 (figura 3) puede diferir en A_r y así cada zona puede diferir en la carga producida por la zona durante el uso. Específicamente, como se representa con más detalle más adelante, el cambio de la composición de la aleación a lo largo de la longitud del arco de alambre cambia el correspondiente esfuerzo de estancamiento de transformación en la descarga del arco de alambre 10 en una prueba de tracción. A modo de ejemplo, un cambio en la composición de la aleación con relación a la aleación en masa original puede reducir el esfuerzo de estancamiento de transformación hasta aproximadamente 75%, hasta aproximadamente 50%, o hasta aproximadamente 20%. Se apreciará que el cambio en el esfuerzo de estancamiento de transformación puede depender de la composición de la aleación en masa original y del tratamiento seleccionado.

55 Ejemplo 2

60 Con referencia ahora a las figuras 3 y 8-11, zonas seleccionadas de un arco de alambre rectangular de CuNiTi de 0,014 pulgada por 0,025 pulgada con la misma composición que la descrita en el Ejemplo 1 se trataron con el láser de fibra. La zona 12 se dejó sin tratar. Los datos mecánicos para la zona no tratada 12 se muestran en la figura 8. Como se representa, el esfuerzo de estancamiento de transformación a la descarga (indicado en 31) excede de aproximadamente 175 MPa.

65 Las zonas 14, 16 y 18 se trataron individualmente con el láser de fibra a diferentes potencias máximas para producir propiedades mecánicas diferentes para cada zona. La zona 14 se trató con el láser de fibra con un tamaño de punto del haz láser de 50 μm y un programa de un tiempo de parada de 0,01 ms a una potencia máxima de 30%. La figura

9 ilustra los datos mecánicos después del tratamiento de la zona 14. Como se representa, el esfuerzo de estancamiento de transformación después de la descarga (indicado en 32) mide aproximadamente 150 MPa \pm 20 MPa. Así, después del tratamiento, la zona 14 exhibía un esfuerzo de estancamiento de transformación inferior en comparación con el esfuerzo de estancamiento de transformación de la región no tratada indicado en 31. Con referencia a las figuras 3 y 10, la zona 16 se trató con el láser de fibra similar al tratamiento de la zona 14, pero con una potencia máxima de 40%. La figura 10 ilustra los datos mecánicos con respecto a la zona 16 después el tratamiento antes descrito. Como se representa, el esfuerzo de estancamiento de transformación después de la descarga (indicado en 34) es aproximadamente 100 MPa \pm 20 MPa. Así, después del tratamiento, la zona 16 exhibía un esfuerzo de estancamiento de transformación inferior en comparación con los esfuerzos de estancamiento de transformación de cada zona no tratada 12 en 31 y la zona 14 en 32 (representado en la figura 9). Con referencia ahora a las figuras 3 y 11, la zona 18 se trató con el láser de fibra expuesto anteriormente con respecto al tratamiento de las zonas 14 y 16, pero con una potencia máxima de 60%. La figura 11 ilustra los datos mecánicos para la zona 18 después del tratamiento con láser. Como se representa, el esfuerzo de estancamiento de transformación después de la descarga (indicado en 36) es aproximadamente 50 MPa \pm 20 MPa. Así, después del tratamiento, la zona 18 exhibía un esfuerzo de estancamiento de transformación inferior en comparación con los esfuerzos de estancamiento de transformación de cada zona no tratada 12 en 31, la zona 14 en 32 (representado en la figura 9) y la zona 16 en 34 (representado en la figura 10).

El arco de alambre de zonas múltiples del Ejemplo 2 (anterior) se comparó con un arco de alambre que se puede obtener en el mercado de GAC Internacional, Inc. Bajo la marca comercial Bioforce®. El arco de alambre Bioforce® era un arco de alambre de NiTi (no CuNiTi). Como se representa en la figura 12, zonas diferentes en cada arco de alambre se sometieron a una prueba de curvado de 3 puntos en una máquina Instron. Como se representa, aunque hay una pequeña diferencia en los esfuerzos de estancamiento de molares y premolares en los arcos de alambre Bioforce®, el arco de alambre tratado según el Ejemplo 2 proporciona un mayor rango en propiedades mecánicas que el arco de alambre Bioforce®.

En otra realización, pueden tratarse zonas individuales de una aleación de arco de alambre de CuAlNi con un láser, tal como el láser de fibra, a diferentes potencias máximas para producir propiedades mecánicas diferentes para cada zona. Este tratamiento con láser puede ser similar al descrito anteriormente. Se considera que este tratamiento de CuAlNi quitará selectivamente uno de cobre y níquel o ambos con el fin de cambiar una o varias de la relación de cobre a níquel, la relación de aluminio a níquel, y la relación de cobre a aluminio. Como resultado, la proporción relativa de aluminio en la región tratada puede aumentar. En este caso, los datos mecánicos para diferentes zonas en el arco de alambre, que contienen diferentes relaciones de los elementos constituyentes, pueden ser similares a los mostrados en la figura 13.

En esta representación teórica, y sin quedar vinculados por la teoría, se considera que la extracción de cobre y/o níquel de cada zona tratada puede producir zonas en las que la temperatura de transformación de dicha zona disminuye con relación a la composición original. En otros términos, la temperatura de transformación para una zona particular puede disminuir con un aumento de la concentración de aluminio en la zona en función de la composición original.

Además, por ejemplo, y con referencia a la figura 13, la composición original de una aleación de CuAlNi puede tener una curva de esfuerzo-deformación ilustrada por la curva 40. Después del procesamiento en el que se quita cobre y/o níquel y por el que se incrementa la proporción relativa de aluminio en la zona tratada, la curva de esfuerzo-deformación puede ser ilustrada por la curva 42. A modo de ejemplo y no de limitación, el porcentaje en peso de cobre y/o níquel quitado puede ser de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 1%. Después de procesamiento adicional en el que se quita más cobre o níquel y por el que se incrementa la proporción relativa de aluminio en la zona tratada con relación a la asociada con la curva 42, la curva de esfuerzo-deformación puede ilustrarse con la curva 44. Esto contrasta con NiTi en el que se observa una disminución debido al procesamiento. Ventajosamente, se puede producir un arco de alambre de fuerzas múltiples de una aleación base de CuAlNi que tiene zonas con un aumento de aluminio con relación a la composición base. Las zonas de tratamiento pueden tener un aumento predecible de la respuesta de deformación-esfuerzo con relación a la composición base.

En resumen, el efecto del tratamiento de una aleación de CuAlNi puede ser aumentar la magnitud del esfuerzo asociado con la deformación creciente en la zona tratada. El aumento relativo del contenido de aluminio de la aleación en la zona tratada puede manifestarse en una disminución de la A_f . Esta relación puede ser lineal en aumentos al menos pequeños (es decir, menos de 1% en peso) del contenido de aluminio. Por ejemplo, el tratamiento que da lugar a un aumento del contenido de aluminio puede dar lugar a un cambio en el esfuerzo de estancamiento de aproximadamente - 2,2MPa/°C y aproximadamente un aumento de 305 MPa en el esfuerzo de estancamiento por aumento porcentual de aluminio. Otro efecto del tratamiento puede ser un cambio en la microestructura. Para aleaciones de CuAlNi monocristal, el tratamiento puede dar lugar a la formación de una aleación policristalina de CuAlNi, que es generalmente más rígida que una aleación monocristal.

Ejemplo 3

Con referencia ahora a las figuras 14A, 14B, 15A y 15B, se procesaron arcos de alambre de CuNiTi adicionales de la misma composición que la del Ejemplo 1 según el proceso descrito en el Ejemplo 2. Un conjunto de arcos de alambre eran arcos de alambre rectangulares de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada y otro conjunto de arcos de alambre eran arcos de alambre redondos de 0,018 pulgada diámetro. De forma similar al Ejemplo 2, el tratamiento produjo similares esfuerzos de estancamiento medios de 50 MPa, 100 MPa y 150 MPa correspondientes a las designaciones "S_50", "S_100" y "S_150", respectivamente, para los arcos de alambre rectangulares y "S_Base" para el material base de arco de alambre no tratado como se indica en el gráfico "FX Rectangular" de las figuras 14A y 14B. De forma similar al Ejemplo 2, el tratamiento produjo esfuerzos de estancamiento medios similares de 50 MPa, 100 MPa y 150 MPa correspondientes a las designaciones "R_50", "R_100" y "R_150", respectivamente, para los arcos de alambre redondos y "R_Base" para el material base de arco de alambre no tratado como se indica en el gráfico "FX redondo" de las figuras 15A y 15B.

Cada arco de alambre tratado se sometió a prueba de fricción en el conjunto de pruebas de fricción de la Universidad de Alberta. La prueba de fricción consiste en pasar un tramo corto de arco de alambre a través de un bracket ortodóncico. El arco de alambre se sujeta en el conjunto de fijación, que se monta en el extremo de un microaccionador lineal programable. El accionador lineal se programó para movimiento en incrementos a una velocidad constante preestablecida en una distancia predeterminada.

Se unió un bracket ortodóncico a una etapa rotativa que se conectó a una célula de carga de 6 ejes. El alambre se pasó a través del bracket en orientaciones angulares específicas entre el bracket y el arco de alambre girando la etapa a un ángulo predeterminado con relación a la dirección de tracción del arco de alambre. El ángulo de rotación se diseñó con el fin de simular la inclinación, o rotación de segundo orden, del bracket con relación al arco de alambre.

Un sistema de adquisición de datos a alta velocidad capturó datos de la célula de carga registrando las fuerzas y los momentos cuando el arco de alambre era pasado a través del cuerpo de bracket por el accionador lineal. Entre otras fuerzas, se midió la componente de la fuerza en la dirección del movimiento del arco de alambre ("FX (N)" en las figuras 14A y 15A) y el momento del bracket alrededor de una dirección perpendicular a la dirección de tracción ("MY (N mm)" en las figuras 14B y 15B). El aparato de fricción se preparó con los parámetros siguientes:

Tasa de adquisición de datos: 2000 Hz

Muestreo de canal: 400 muestras, media no móvil

Velocidad del alambre: 0,05 mm/s

Incremento del alambre: 0,5 mm

Recorrido total del alambre: 2,5 mm

Incremento de ángulo: 2°

Rango de movimiento del ángulo: 0°, 2°, 4°, 6°, 8° ("ÁNGULO (Grados)" en las figuras 14A, 14B, 15A y 15B).

La longitud de cada incremento de tracción se seleccionó de modo que el incremento se extendiese completamente a través de la al menos única de las zonas procesadas en el arco de alambre tratado como se describe en el Ejemplo 2.

Como se representa en las figuras 14A, 14B, 15A y 15B, las fuerzas y los momentos observados en los arcos de alambre tratados eran en general menos que la composición de aleación base representada por "S_Base" y "R_Base" y la diferencia entre la composición de aleación tratada y base (es decir, aleación no tratada) era más pronunciada a ángulos más altos. Los datos indican que, además de cambiar el esfuerzo de estancamiento de transformación del arco de alambre, el cambio en composición reduce la fricción entre un bracket y el arco de alambre en las superficies tratadas.

Ejemplo 4

Igualmente, se trataron otros cuatro arcos de alambre de CuNiTi según el procedimiento expuesto en el Ejemplo 2 para el esfuerzo de estancamiento de transformación de "50 MPa", a saber, con el láser de fibra a 60% de potencia máxima y tamaño de punto de 50 µm y un tiempo de parada de 0,01 ms. Los arcos de alambre eran un arco de alambre redondo de 0,014 pulgada ("14 redondo" en la Tabla siguiente), un arco de alambre redondo de 0,018 pulgada ("18 redondo" en la Tabla siguiente), un arco de alambre rectangular de 0,014 pulgada por 0,025 pulgada ("14 rect" en la Tabla siguiente), y un arco de alambre rectangular de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada ("18 rect" en la Tabla siguiente).

5 Cada uno de los arcos de alambre se pasó a través de 3 brackets desviados en saliva artificial con una máquina de prueba Instron. En la preparación de la prueba, el bracket ortodóncico central en la serie de tres brackets estaba horizontalmente desviado 1 mm de la alineación de los dos brackets restantes en un cuenco de saliva sintética a 35°C. Se ligó pasivamente un arco de alambre en cada uno de los brackets y luego se pasó a través de los brackets. La fuerza de tracción del alambre se midió y promedió en un recorrido de 11 mm. Las dimensiones de la ranura de bracket eran 0,022 pulgada x 0,028 pulgada x 0,115 pulgada.

A fuerza de unión media de 11 mm (N)				
	14 redondo	18 redondo	14 rect	18 rect
Base	2,337984	17,18927	8,641715	17,18927
50 MPa	2,277736	4,739781	6,116437	10,00069
150 MPa	1,583601	4,811611	5,667267	16,52066
50 MPa Diferencia (en comparación con la composición de aleación base)	-3%	-72%	-29%	-42%
150 MPa Diferencia (en comparación con la composición de aleación base)	-32%	-72%	-34%	-4%

10 Todos los arcos de alambre tratados con láser presentaron cierta mejora en la reducción de la fuerza de unión con relación a la composición de aleación base.

Ejemplo 5

15 Se procesó un arco de alambre de CuNiTi de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada con el láser de fibra con un tamaño de punto del haz láser de 50 µm y un programa de 0,01 ms a una potencia máxima de 35%. El arco de alambre tratado (designado "35%P-10µs" en la figura 17) y un arco de alambre no tratado de la misma composición (designado "018x025-BM" en la figura 16) se ciclaron 10 veces en una prueba de tracción para determinar si el tratamiento con láser deterioraba la resistencia a la fatiga con relación a la composición de metal base.

20 La figura 16 ilustra los resultados de cargas cíclicas en la composición de aleación base no tratada. La figura 17 ilustra los resultados de cargas cíclicas en la composición de aleación tratada con láser. Comparando la figura 16 con la figura 17, los resultados de las pruebas indican que el tratamiento con láser no produce fatiga o degradación de las propiedades mecánicas cíclicas de la composición de aleación base.

25 Ejemplo 6

30 Los arcos de alambre de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada del Ejemplo 5 se utilizaron en un Simulador Ortodóncico (OSIM) desarrollado por la Universidad de Alberta. Los resultados del OSIM se muestran en la figura 18. En la figura, los "Límites de fuerza absoluta (N)" corresponden a la fuerza aplicada en el diente por el arco de alambre en las posiciones diferentes indicadas en la leyenda "Posición de fuerza media". En particular, la posición central (incisivo) del arco dental se indica en 1-1, la posición bicúspide (canino) se indica en 1-3, y la posición premolar se indica en 1-5 para cada uno de los arcos de alambre. La figura 18 también indica la dirección de la fuerza medida, es decir, "VERTICAL" se refiere a fuerzas medidas en la dirección oclusal-gingival, "HORIZ OUT" se refiere a las fuerzas medidas en la dirección hacia fuera o labial, y "HORIZ IN" se refiere a las fuerzas medidas en la dirección hacia dentro o lingual.

40 Los arcos de alambre de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada procesados por MMM fueron procesados según el Ejemplo 2. Cada uno incluía una región o zona que tenía un esfuerzo de estancamiento de 50 MPa, 100 MPa y 150 MPa. Durante la prueba OSIM, la región de 50 MPa se alineó con 1-1, el de 100 MPa se alineó con 1-3, y la región de 150 MPa se alineó con 1-5.

45 Los resultados de la prueba OSIM de los arcos de alambre procesados por MMM se compararon con resultados similares de la prueba de arcos de alambre disponibles en el mercado en la misma orientación. Específicamente, en la figura 18, los arcos de alambre procesados por MMM se comparan con arcos de alambre de CuNiTi disponibles en el mercado sin procesamiento (es decir, "Alambre Ormco Original (18x25)"), un arco de alambre Bioforce®, y un arco de alambre de Gradient 3 que se puede obtener en el mercado de Ultimate Wireforms, Inc. El arco de alambre Bioforce® y el arco de alambre de Gradient 3 eran aleaciones de NiTi.

50 La altura relativa de cada barra representa la capacidad de gradiente de fuerza relativa del arco de alambre en la dirección de la fuerza medida. En general, cuanto mayor es la barra para cada dirección de fuerza medida individual y más solapamiento hay entre las barras para cada medición de dirección de fuerza, mayor es la capacidad clínica del arco de alambre. La notable diferencia con los gradientes de fuerza representados en la figura 18 es que el arco de alambre procesado por MMM proporcionó sistemáticamente una fuerza equidistante entre la posición central (1-1) y la posición premolar (1-5) en cada dirección medida. En contraposición, los arcos de alambre de Gradient 3 y Bioforce® proporcionaron fuerzas en la posición cúspide (1-3) y la posición central (1-1) que estaban mucho más

próximas, lo que es indicativo de un aumento brusco de la fuerza a lo largo del arco de alambre antes de los premolares.

Con referencia ahora a las figuras 19 y 20, los datos OSIM representados en la figura 18 se ilustran esquemáticamente para facilitar una comparación visual diferente de la capacidad del arco de alambre Bioforce® y el arco de alambre de Gradient 3 al arco de alambre procesado por MMM según una realización de la invención.

Como se indica esquemáticamente en cada una de las figuras 19 y 20, el arco de alambre procesado por MMM proporciona una disminución gradual de la fuerza a lo largo de la longitud del arco en comparación con cada uno de los arcos de alambre de Gradient 3 y Bioforce®. El arco de alambre procesado por MMM exhibe la fuerza más alta generada en los dientes posteriores, pero luego proporciona una disminución gradual de la fuerza aplicada a los dientes anteriores.

Ejemplo 7

Los arcos de alambre de CuNiTi de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada del Ejemplo 6 se sometieron a evaluación de corrosión. En esta prueba, la lixiviación de iones níquel del arco de alambre se midió en un período de 7 días en una solución de saliva artificial incubada a temperatura corporal. Se utilizó un sistema de espectroscopía de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) para detectar la cantidad de iones níquel en la solución en períodos predeterminados durante la prueba de una semana. La cantidad de iones níquel para cada arco de alambre se expone en la figura 22.

La concentración de iones níquel estaba por debajo del nivel de detección del ICP-OES para el alambre redondo de 0,018 pulgada. Cada uno de los arcos de alambre de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada liberó cantidades detectables de iones níquel con el arco de alambre no tratado original y el arco de alambre procesado por MMM. Como se representa, el alambre procesado por MMM no aumenta la cantidad de concentración de iones níquel en la solución de saliva artificial con relación a la cantidad de níquel liberado del arco de alambre no tratado original.

Además de la prueba de liberación de iones níquel, cada uno del arco de alambre de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada no tratado original y el arco de alambre de 0,018 pulgada por 0,025 pulgada procesado por MMM se sometió a pruebas de polarización cíclica en la saliva artificial. Los resultados de las pruebas se exponen en la figura 23.

Con referencia a la figura 23, hubo un aumento observable en el potencial de corrosión de los arcos de alambre procesados por MMM que es indicativo de una disminución general de la reactividad superficial o una mejora de la resistencia a la corrosión de los arcos de alambre procesados por MMM. Sin intentar quedar vinculados por la teoría, se considera que el procesamiento con láser de la superficie crea un recubrimiento de óxido superficial protector (por ejemplo, TiO₂) que reduce al mismo tiempo la concentración de níquel en la superficie.

En otra realización y con referencia a la figura 21, un arco de alambre ortodóncico 50, por ejemplo, de una aleación de NiTi o una composición base de aleación de CuNiTi, incluye múltiples regiones o zonas 52, 54, 56, 58, 60, 62 y 64. Cada una de las zonas 52, 54, 56, 58, 60, 62 y 64 difiere en propiedades mecánicas en virtud de una variación en la composición de aleación. Por ejemplo, la zona posterior 52 puede generar un esfuerzo alto en los molares mientras que la zona anterior 64 genera un esfuerzo más bajo en los incisivos, produciendo las zonas 54-62 esfuerzos entre la zona posterior 52 y la zona anterior 64. Las propiedades mecánicas de cada zona se predeterminan cambiando selectivamente la composición (es decir, los porcentajes en peso de los elementos presentes) de la AMF dentro de dicha zona de modo que, durante el uso, la zona aplique un esfuerzo predeterminado a un diente correspondiente o grupo de dientes. En esta realización, cada una de las zonas 52, 54, 56, 58, 60, 62 y 64 difiere en composición con el fin de aumentar o disminuir de forma predecible la A_r para toda o una porción de dicha zona de la A_r de la aleación o composición base.

Como resultado y según una realización, cada diente al que se fija el arco de alambre 50 durante el tratamiento ortodóncico puede recibir un esfuerzo predeterminado deseado. Este esfuerzo deseado puede predeterminarse por cálculos específicos para la anatomía del paciente y/o en base a la experiencia del clínico. El cambio de la composición de la AMF a lo largo de la longitud del arco de alambre 50 puede permitir al clínico producir fuerzas selectivamente diferentes en dientes diferentes dentro de una zona a lo largo del arco de alambre 50, y así obtener un esfuerzo deseado para cada diente, o grupos de dientes, mediante colocación en el arco especificado.

Por ejemplo, un arco de alambre redondo de CuNiTi Damon de 0,014" puede ser procesado para obtener fuerzas para zonas individuales de tratamiento según la tabla siguiente.

Zona	L ₁₋₁ en 64	L ₁₋₂ en 62	L ₂₋₃ en 60	L ₃₋₄ en 58	L ₄₋₅ en 56	L ₅₋₆ en 54	L ₆₋₇ en 52
Esfuerzo deseado normalizado ¹	1	1	0,76	0,81	0,68	0,41	0,46
Relación E ²	1	1	1,32	1,23	1,47	2,44	2,17

Fuerza (Newtons) ³	0,77	0,77	0,81	1,06	0,96	1,19	1,9
Esfuerzo deseado normalizado ⁴	0,59	0,9	0,64	0,67	0,66	0,36	0,38
Relación E ⁵	1,69	1,11	1,56	1,49	1,52	2,78	2,63

¹ Para dientes en la zona identificada en la figura 21 en el arco inferior
² Donde E es el módulo del arco de alambre que se calcula en el supuesto de igual distancia entre brackets (DEB) en el arco inferior
³ Calculado según la relación E para el arco inferior
⁴ Para dientes en la zona identificada en la figura 21 en el arco superior
⁵ Donde E es el módulo del arco de alambre que se calcula bajo el supuesto de igual DEB en el arco superior

En general, la tabla enumera fuerzas específicas para el arco inferior que el arco de alambre 50 ha de producir. Estas fuerzas se calculan en base al esfuerzo deseado para dientes concretos en una posición concreta en el arco. A su vez, el esfuerzo deseado puede ser usado para calcular el módulo elástico requerido (E) del arco de alambre en dicha zona. Este cálculo se puede basar en una DEB igual. En base al módulo elástico (E) puede determinarse la cantidad de tratamiento por zona (es decir, en alguna de 52-64). Es sabido que si la distancia entre brackets (DEB) cambia, la fuerza requerida en una zona concreta también cambiará y por ello el cálculo de fuerza/esfuerzo también puede incluir cambios en la DEB.

10 Por lo tanto, se puede preparar un par de arcos de alambre, uno para el arco superior y otro para el arco inferior. Cada arco de alambre puede ser procesado para obtener un esfuerzo deseado para una zona concreta, según la tabla anterior, con el fin de producir una fuerza deseada en un diente en dicha zona concreta. En una realización, cada raíz de diente (es decir, PDL) puede recibir un esfuerzo aproximadamente equivalente

15 Coronas y bandas

Los clínicos pueden usar una corona o una banda para montar un aparato corrector en la dentición del paciente. Por lo general, las coronas y/o las bandas se crean a partir de un molde de una porción del diente del paciente de modo que la corona o banda se adapte exactamente a la superficie del diente. Al objeto de retener la corona o la banda en el diente, se utilizan agentes de unión, tal como adhesivos, entre el diente y la corona o la banda. Dado que la calidad de la unión entre la corona o la banda y el diente es una función de los conocimientos de la persona que aplica el adhesivo e instala el aparato en el diente, la unión es a menudo el punto débil de la instalación. Cuando la instalación falla, a menudo la unión es el punto de fallo. Así, hay que reducir la probabilidad de fallo de unión en la instalación de coronas y/o bandas.

25 Según realizaciones de la presente invención, la utilización de MMMT puede reducir o eliminar el uso de un agente de unión y así mejorar la experiencia del paciente, puede reducir el tiempo que el paciente pasa en la clínica de ortodoncia, y en general puede ahorrar tiempo al clínico y al paciente.

30 Para ello, y con referencia a la figura 24, un aparato ortodóncico según una realización de la invención, incluye una corona 110. La corona 110 incluye un cuerpo 112 hecho de una AMF, tal como las descritas anteriormente. Como se describe aquí, "hecho de" se entiende en el sentido de que todo el cuerpo 112 consta solamente de la AMF, tal como NiTi y CuNiTi. El cuerpo 112 puede ser esencialmente una envuelta de la AMF formada de manera que tenga una pared lateral 114 y una porción coronal 116. La porción coronal 116 de la envuelta puede estar configurada para imitar la forma de una porción coronal del diente del paciente. La pared lateral 114 puede ser continua alrededor de la circunferencia del cuerpo 112 y puede terminar en un margen apical 118 y definir una abertura 120 para recibir el diente del paciente u otra estructura montada en el arco del paciente. Como se representa, la abertura 120 comunica con una cavidad que se define por la pared lateral 114 y la porción coronal 116. El cuerpo 112 incluye una superficie interior 124, que puede contactar el diente cuando la corona 110 se coloca encima. En una realización, la superficie interior 124 se trata con una forma de energía, tal como un haz láser, como se ha descrito anteriormente, para definir por ello una región tratada 126. La región tratada 126 puede tener zonas o puntos tratados, tal como las zonas tratadas 28 con o sin zonas de solapamiento 30 (representadas en la figura 5), formadas por el haz láser que choca sobre la superficie. Por lo tanto, la región tratada 126 puede ser de composición de aleación diferente de la composición de aleación base de la AMF. Específicamente, la composición de aleación de la región tratada 126 puede diferir por una deficiencia relativa en uno o varios de los elementos metálicos constituyentes, como se ha descrito anteriormente. Se apreciará que, aunque la superficie interior 124 incluye la región tratada 126, la región tratada 126 puede extenderse más allá de la superficie y al cuerpo 112 a una profundidad predeterminada o puede extenderse totalmente a través del grosor de la envuelta de la corona 110 con el fin de formar una porción de la superficie interior 124 y la superficie exterior de la corona 110.

50 Dado que la región tratada 126 incluye una composición química diferente de la composición de aleación base, exhibe diferentes características del material. En una realización, la región tratada 126 exhibe un aumento de A_f con relación a la A_f de la composición de aleación en masa. La A_f de la región tratada 126 puede ser menor que la temperatura normal del cuerpo humano de 98,6 °F, puede ser menor que la temperatura oral típica de 98,2 °F, y puede ser menor que la temperatura corporal o temperatura oral mínima cuando se toman en cuenta las variaciones diarias normales en cada una de dichas temperaturas. Con referencia continuada a la figura 24, en una realización,

la región tratada 126 puede definir solamente una porción de la superficie interior 124. Por ejemplo, la superficie interior 124 puede incluir una o varias regiones tratadas 126 separadas por una o varias regiones no tratadas 128 de la AMF. Una "región no tratada" es una porción de la corona 110 que no ha sido tratada con la forma de energía. Por lo tanto, la composición de la aleación en las regiones no tratadas 128 puede ser la de la composición de aleación base. Alternativamente, en una realización, no representada, la región tratada 126 forma toda la superficie interior 124, mientras que la superficie exterior 130 permanece no tratada.

Como se ha descrito anteriormente, la corona 110 es adecuada para colocación en un molar, un premolar, u otro diente, y se puede colocar en un diente maxilar o mandibular o usar para sustituirlo. Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que la corona 110 puede estar configurada para colocación en otros dientes o sustitución de los mismos, tal como caninos e incisivos. Además, la corona 110 aquí descrita puede estar configurada para recibir aparatos correctores, tales como brackets ortodóncicos. Alternativamente, la corona 110 puede usarse en casos donde hay que efectuar una acción de reparación o de corrección de la dentición del paciente, tal como con un diente roto o resquebrajado.

Durante la instalación, el clínico puede deformar la corona 110, específicamente ampliando la abertura 120, si es necesario, antes de insertar la corona 110 en la boca del paciente. Una vez colocada sobre el diente u otra estructura dentro de la boca del paciente, la corona 110 se calentará a la temperatura corporal del paciente, por ejemplo, la temperatura ambiente. En algunos casos, el clínico puede enfriar inicialmente la corona 110 por debajo de la temperatura ambiente antes de la deformación. Por ejemplo, si la temperatura ambiente es superior a A_s , el enfriamiento puede incluir reducir la temperatura de la corona 110 a una temperatura inferior a A_s antes de la deformación. En cualquier caso, la corona 110 se calienta por el contacto con el paciente desde una temperatura inferior a la temperatura normal de la cavidad oral, y posiblemente inferior a A_s , a la temperatura de la boca del paciente (es decir, la temperatura normal de la cavidad oral), que puede ser aproximadamente la misma temperatura o superior a A_f de la composición de aleación base.

Durante el calentamiento, la corona 110 recuperará su forma original en virtud de su propiedad de memoria de forma con el fin de adaptarse o ser ligeramente menor en una o varias dimensiones que la estructura sobre la que se coloca la corona 110. Así, cuando la corona 110 se calienta a la temperatura del cuerpo del paciente, puede desarrollarse una fuerza de compresión o fijación en la estructura del diente. La fuerza de fijación puede ser suficiente para eliminar el requisito de un adhesivo de unión. Por lo tanto, en una realización, la instalación de la corona 110 puede estar libre de adhesivo.

Además, en una realización, las regiones tratadas 126 pueden mejorar el contacto de superficie con superficie entre la estructura y la corona 110 debido a un aumento relativo de la ductilidad a temperatura corporal que acompaña a un aumento de A_f asociado con las regiones tratadas 126. En una realización, la A_f de la región tratada 126 es más grande que la A_f de la composición de aleación base. Se apreciará que con una A_f relativa más alta de la región tratada 126 en comparación con la A_f de la composición de aleación base, la región tratada 126 contendrá proporciones de martensita relativamente mayores que la composición de aleación base a la temperatura oral normal. La mayor ductilidad de las regiones tratadas 126 asociada en general con las cantidades relativamente mayores de martensita puede permitir que la superficie interior se adapte más íntimamente, posiblemente por deformación, a la estructura del diente mientras esté bajo compresión.

Con referencia ahora a la figura 25, en otra realización de un aparato ortodóncico, una banda 132 tiene un cuerpo 134 definido por una pared lateral 136 entre los márgenes coronal y apical 138, 140, respectivamente. Como se representa, el cuerpo 134 tiene una forma generalmente anular y, en la realización ejemplar representada, tiene una forma cilíndrica. Se apreciará, sin embargo, que el cuerpo 134 puede adaptarse más estrechamente a la forma del diente, de modo que no es necesario que el cuerpo 134 tenga una configuración anular regular. Específicamente, el cuerpo 134 puede tener una configuración anular irregular.

Con referencia continuada a la figura 25, el cuerpo 134 incluye una abertura 142 que se define entre los márgenes coronal y apical 138, 140 y que está configurada para recibir el diente del paciente cuando la banda 132 se coloque encima. La pared lateral 136 incluye una superficie interior 144, que contacta el diente cuando la banda 132 se coloca en el diente e incluye una superficie exterior 147. De forma similar a la corona 110, descrita anteriormente, la superficie interior 144 se trata con una forma de energía, tal como con un haz láser, para definir por ello una región tratada 146 que es deficiente en uno o varios de los elementos metálicos con relación a la composición de aleación base. En la realización ejemplar representada, la región tratada 146 abarca toda la porción superficial interior 144, mientras que la superficie exterior 147 permanece sin tratar. Se apreciará, sin embargo, que solamente parte de la superficie interior 144 puede incluir la región tratada 146. Los expertos en la técnica entenderán que la región tratada 146 puede extenderse al cuerpo 134 a una cierta profundidad, hacia la superficie exterior 147.

De forma similar a la región tratada 126 de la corona 110, descrita anteriormente, la región tratada 146 tiene una composición de aleación diferente de la de la composición de aleación base y, por lo tanto, posee diferentes características del material, como se ha descrito anteriormente. A saber, el tratamiento de la AMF con una forma de energía, tal como un haz láser, puede quitar selectivamente uno o varios elementos constituyentes de la composición de aleación base de modo que la región tratada 146 sea deficiente en al menos un elemento metálico

con relación a la composición de aleación base. Como resultado, la región tratada 146 puede exhibir un cambio en una o varias de las temperaturas de transición (es decir, M_s , M_f , A_f y A_s) con relación a la composición de aleación base. En una realización, al menos la A_f de la región tratada 146 es más grande que la A_f de la composición de aleación base.

Como se ha descrito anteriormente con respecto a la instalación de la corona 110, durante la instalación de la banda 132 en un diente, la banda 132 es calentada por el cuerpo del paciente. El calentamiento de la banda 132 a la temperatura del cuerpo del paciente puede incluir calentar la banda 132 desde una temperatura de aproximadamente la temperatura ambiente a la temperatura del cuerpo del paciente. Ésta puede ser la situación donde un clínico saca la banda 132 de un paquete almacenado a temperatura ambiente e instala la banda 132 en la boca del paciente. Más específicamente, el calentamiento de la banda 132 puede incluir calentar a partir de una temperatura más fría que la temperatura ambiente a la temperatura del cuerpo del paciente. Ésta puede ser la situación donde un clínico guarda la banda 132 en un refrigerador u otro aparato que enfríe la banda 132 a una temperatura inferior a la temperatura ambiente antes de la instalación de la banda 132 en la boca del paciente.

En cualquier caso, la banda 132, en particular la región tratada 146, puede exhibir características de mayor ductilidad a temperaturas inferiores a las temperaturas de la boca del paciente. A temperaturas inferiores a la temperatura del cuerpo, por ejemplo, a temperatura ambiente, el clínico puede deformar la banda 132 para ampliar la abertura 142 con el fin de ajustar la banda 132 en el diente. En otros términos, debido a la ductilidad de la banda 132, el clínico será capaz de estirar esencialmente la pared lateral 136, en particular la región tratada 146, y manipular de otro modo su forma con el fin de colocar la banda 132 en el diente. Una vez que la banda 132 se ha colocado en el diente y se ha calentado a la temperatura oral, la característica de memoria de forma de la AMF hará que la banda 132 vuelva a su forma original, adaptándose por ello más estrechamente a la forma del diente. En particular, la banda 132 puede recuperar su configuración original cuando se calienta a la temperatura oral.

La fuerza de compresión debida a la propiedad de memoria de forma de la banda 132 puede proporcionar suficiente fuerza de fijación para fijar la banda 132 al diente del paciente. Específicamente, dado que la banda deformada 132 recupera su forma original cuando la temperatura de la banda aumenta, la recuperación puede incluir una reducción del tamaño de la abertura 142 o una o varias dimensiones de la banda 132 con el fin de aplicar compresión al diente.

Además o alternativamente, la mayor ductilidad relativa de la región tratada 146, en virtud del aumento relativo de A_f en comparación con la A_f de la composición de aleación base, puede fijar la banda 132 al diente. Se apreciará que la región tratada 146 puede incluir una proporción de martensita mayor que la proporción de martensita en la composición de aleación base a la temperatura oral. La mayor proporción de martensita en la superficie interior 144 puede facilitar la deformación plástica de al menos la región no tratada 146 bajo la carga de compresión de la acción de memoria de forma. La deformación de la superficie interior 144 crea un contacto más íntimo entre la superficie interior 144 y la superficie de diente. A causa de estas características ventajosas de la banda 132, el uso de agentes de unión, tal como adhesivo, para fijar con adhesivo la banda 132 al diente puede ser innecesario. En una realización, por lo tanto, el clínico puede instalar la banda 132 sin adhesivo de modo que la instalación está libre de adhesivo.

Topes y ganchos

Los topes y los ganchos ortodóncicos se hacen a menudo de metal. Durante la instalación, se pueden rizar sobre el arco de alambre. Con el tiempo, sin embargo, el metal se relaja debido a su ductilidad. Como consecuencia, la fuerza que sujeta el tope o el gancho en el arco de alambre se degrada, produciendo el desenganche parcial o total del tope o gancho del arco de alambre. En este estado, el tope o el gancho pierde su función y requiere la intervención del clínico. Así, se necesitan topes y ganchos que permanezcan más plenamente fijados en posición durante el tratamiento ortodóncico.

Con referencia ahora a las figuras 26 y 27 se representa otra realización de un aparato ortodóncico. Específicamente, un tope ortodóncico 150 para colocación en un arco de alambre (no representado) incluye un cuerpo en forma de C 152 hecho de una AMF. El cuerpo 152 define un eje longitudinal 162. El cuerpo 152 incluye lados o porciones opuestas primero y segundo 154, 156 teniendo cada uno salientes o labios opuestos 158, 160. Se define una abertura 164 entre las porciones opuestas primera y segunda 154, 156. Como es conocido en la técnica, la abertura 164 permite introducir un arco de alambre a su través de modo que coincida en general con el eje 162 durante la instalación. Así, durante la instalación, el tamaño de la abertura 164 puede ampliarse separando más el labio 158 del labio 160 de modo que un arco de alambre pueda pasar entre ellos. El cuerpo 152 incluye además un tercer lado o porción 166 que se extiende entre las porciones primera y segunda 154, 156 y enfrente de la abertura 164. El cuerpo en forma de C 152 tiene una superficie exterior 168 y una superficie interior 170 configuradas para enganchar con fricción el arco de alambre. Se apreciará que el cuerpo 152 puede tener otras configuraciones en sección transversal de modo que las realizaciones de la invención no se limitan al cuerpo en forma de C 152 representado. Por ejemplo, la forma de la sección transversal del cuerpo en forma de C 152 también puede depender de la forma del arco de alambre correspondiente (no representado) y a ese respecto el cuerpo 152 puede tener una configuración de sección transversal circular en general. Como se representa, en una realización, el tope 150 puede incluir un gancho 172, que puede usarse para proporcionar un punto de fijación para elásticos

ortodóncicos, dispositivos auxiliares, u otros aparatos ortodóncicos o dentales, como es conocido en la técnica. El gancho 172 se puede hacer de una AMF, aunque el gancho 172 se puede hacer de otros materiales y luego soldar, unir o fijar de otro modo al cuerpo 152.

5 En la realización representada, las porciones primera, segunda y tercera 154, 156, 166, respectivamente, definen la superficie exterior 168 incluyendo porciones superficiales exteriores correspondientes 168a, 168b, y 168c. Igualmente, las porciones primera, segunda y tercera 154, 156, 166, respectivamente, definen la superficie interior 170 incluyendo porciones superficiales interiores correspondientes 170a, 170b, 170c. En una realización, una porción de la superficie interior 170 se trata con una forma de energía, tal como con un haz láser, como se ha descrito anteriormente, para definir una región tratada 173. Como se representa en las figuras 26 y 27, la región tratada 173 puede abarcar o ser coextensiva con toda la superficie interior 170. Alternativamente, la región tratada 173 puede ser coextensiva con una o varias de las porciones superficiales interiores 170a, 170b, 170c. Así, la región tratada 173 se puede disponer a lo largo de solamente cualquier porción o una combinación de las porciones superficiales interiores primera, segunda y tercera 170a, 170b, 170c y no tiene que ser necesariamente coextensiva con la superficie interior 170. A modo de ejemplo, cada una de las porciones superficiales interiores 170a y 170b, y no incluyendo la porción superficial interior 170c, puede formar la región tratada 173. Otras configuraciones y posiciones de las regiones tratadas 173 son posibles y no se limitan a las posiciones a lo largo de la superficie interior del cuerpo 152 como se describe aquí. Además, se apreciará que la región tratada 173 puede extenderse al cuerpo 152 una cierta profundidad hacia la superficie exterior 168, como se describe más adelante.

20 De forma similar a las regiones tratadas descritas anteriormente con respecto al arco de alambre, la banda y la corona, la región tratada 173 difiere en composición de una región no tratada 175 de la composición de aleación base. Por lo tanto, la región tratada 173 tiene diferentes características del material similares a las expuestas anteriormente. A saber, la composición de la región tratada 173 puede incluir un cambio en las temperaturas de transición, tal como, aunque sin limitación, un cambio de A_f con relación a la región no tratada 175. Por lo tanto, de forma análoga a la corona y la banda, descritas anteriormente, el cuerpo 152 es una pieza monolítica de AMF que, después de formarse inicialmente de una composición de aleación base, tal como NiTi, se somete a un proceso secundario con el que la composición de aleación de una porción seleccionada del cuerpo 152 se modifica con el fin de producir la región tratada 173.

30 Durante la instalación, en una realización, el tope 150 se coloca sobre un arco de alambre pasando el arco de alambre a través de la abertura 164 de modo que coincida con el eje 162. Una vez en posición, el cuerpo 152 se fija alrededor del arco de alambre de modo que los labios opuestos 158, 160 se acerquen uno a otro y la superficie interior 170 entra en contacto de fricción con el arco de alambre. A este respecto, la región tratada 173 puede ayudar a evitar el cambio del tope 150 del arco de alambre una vez colocado encima y puede mejorar el enganche de fricción a largo plazo entre el tope 150 y el arco de alambre. Específicamente, la región tratada 173 está configurada para deformarse plásticamente una vez que el tope 150 pasa de la posición abierta (figura 26) a la posición cerrada (figura 27). De forma similar a las regiones tratadas 126 y 146 de la corona 110 (figura 24) y banda 132 (figura 25), respectivamente, descritas anteriormente, la región tratada 173 puede exhibir una ductilidad mayor que la región no tratada 175, o una ductilidad mayor que el resto del cuerpo en forma de C 152, a temperaturas de o cerca de la temperatura del cuerpo humano. La mayor ductilidad permite que la primera región tratada 173 se deforme plásticamente de forma más fácil y mantenga la posición instalada cuando la región tratada 173 se comprima contra el arco de alambre y caliente a la temperatura de la cavidad oral. La deformación plástica, debido a un mayor porcentaje fraccional de martensita en la región tratada 173, es ventajosa porque puede permitir que al menos parte de la superficie interior 170 se adapte a la forma del arco de alambre, creando por ello un contacto más íntimo de superficie con superficie entre el tope 150 y el arco de alambre que se mantiene a la temperatura de la cavidad oral. Una vez deformadas, al menos porciones de la región tratada 173 mantienen la configuración deformada durante todo el tratamiento ortodóncico. En contraposición, la región no tratada 175 puede contener más austenita a la temperatura operativa. En una realización, la región no tratada 175 puede tener características superelásticas de modo que la región no tratada 175 está configurada para absorber el impacto durante el tratamiento. En una realización, como se describe más adelante, el tope 150 no tiene que fijarse o rizarse en el arco de alambre con una herramienta.

55 La superficie interior 170 puede incluir elementos para mejorar más el ajuste de fricción entre el tope 150 y el arco de alambre. Para ello, en una realización representada en las figuras 28 y 29, la superficie interior 170 incluye porciones superficiales interiores opuestas 170a, 170b que tienen nervios 174 que se extienden en la dirección del eje 162, y situados transversales a cada uno de los labios 158, 160. En una realización, los nervios opuestos 174 son transversales uno a otro. Los nervios 174 se extienden entre un primer borde periférico 176 y un segundo borde periférico 177 en un ángulo Θ con relación al borde periférico 176. Como se representa, Θ puede ser de aproximadamente 60° . Sin embargo, en otras realizaciones, Θ puede ser de entre aproximadamente 30° y aproximadamente 90° . Además, puede haber múltiples nervios 174 en las porciones superficiales interiores 170a, 170b. Por ejemplo, puede haber 2 o más nervios que se extiendan desde la una o ambas porciones superficiales interiores 170a, 170b que están situadas paralelas una a otra. Alternativamente, los nervios podrían estar situados transversales uno a otro de modo que formen esencialmente una configuración en forma de X o en forma de retículo.

Durante la instalación, la configuración de los nervios 174 impone altas presiones unitarias en los nervios 174 por contacto con el arco de alambre y así es más probable que los nervios 174 se deformen. La deformación de los nervios 174 puede mejorar más el ajuste, y así la fricción, entre el tope 150 y el arco de alambre que se extiende en general coincidente con el eje 162.

5 En una realización, como se representa en las figuras 30 y 31, cada una de las porciones superficiales interiores 170a, 170b, 170c incluye al menos un nervio 178. Los nervios 178 difieren en configuración de los nervios 174 representados en las figuras 28 y 29, pero pueden formar una porción de la región tratada 173 y así los nervios 178 pueden funcionar de manera similar a los nervios 174. Como se representa en las figuras 30 y 31, los nervios 178 se definen en parte por vacíos de forma semicircular igualmente espaciados 180 o muescas a lo largo de la anchura del cuerpo 152. Como se representa, los nervios 178 de las porciones superficiales interiores primera y segunda 170a, 170b se extienden hacia el eje 162 y están situadas transversales al borde periférico 176. Por ejemplo, los nervios 178 de las superficies interiores primera y segunda 170a, 170b son perpendiculares al borde periférico 176 y están uno enfrente de otro a través del eje 162. El nervio 178 de la tercera porción 166 se extiende hacia el eje 162 y es paralelo al eje 162. Como se representa, las porciones primera y segunda 154, 156 incluyen dos nervios 178, mientras que la tercera porción 166 incluye un nervio 178. Sin embargo, en otras realizaciones, puede haber el mismo o diferente número de nervios 178 en cada una de las porciones primera, segunda y tercera 154, 156, 166, respectivamente.

20 En una realización, como se representa en las figuras 32 y 33, el tope 150 incluye un par de nervios 182. A diferencia de los nervios 174, 178, cada nervio 182 representado en las figuras 32 y 33 es transversal (por ejemplo, es perpendicular) al eje 162 entre la tercera porción superficial interior 170c y los labios 158, 160 o está orientado trasversal al eje 162. Los nervios 182 son paralelos en general al borde periférico 176 del tope 150 y tienen una sección transversal generalmente rectangular, según se ve desde arriba (se representa mejor en la figura 33). En otras realizaciones, puede haber más de un nervio 182 en cada una de las porciones superficiales interiores primera y segunda 170a, 170b. Además, los nervios 182 pueden incluir formas diferentes y no se limitan a tener secciones transversales generalmente rectangulares.

30 Como se ha descrito anteriormente, el tope 150 está configurado para colocarse en un arco de alambre. En consecuencia, el tope 150 tiene una posición abierta (figura 26) y una posición cerrada (figura 27). En una realización, el tope 150 está en un estado normal relajado en la posición cerrada y es capaz de pasar de la posición cerrada a la posición abierta. La instalación del tope 150 puede incluir separar a la fuerza las porciones primera y segunda 154, 156 usando una herramienta (no representada), tal como pinzas dentales. Debido a sus propiedades de memoria de forma, la separación de las porciones primera y segunda 154, 156 da lugar a que el tope 150 esté en una configuración deformada. Una vez que el clínico pone el tope 150 en la posición apropiada en el arco de alambre, el tope 150 vuelve a la posición cerrada cuando la temperatura del tope 150 se aproxima a la temperatura operativa, que puede ser o estar cerca de la temperatura oral normal de la boca humana. En esta realización, el tope 150 está configurado para moverse desde la posición abierta a la posición cerrada sin entrada mecánica, tal como sin rizado.

40 Para ello y con referencia a las figuras 34A-34C, el tope 150 se puede fabricar por maquinado, por ejemplo, por maquinado por descarga eléctrica (MDE), una composición de aleación base hecha de una aleación AMF en la configuración en forma de C del cuerpo 152, como se representa en la figura 34A sin el gancho 172. Después del maquinado, una porción de superficie exterior 168 de al menos una de la primera, segunda o tercera porción 154, 156, 166 es tratada con una forma de energía, tal como un haz láser, para formar una o varias regiones tratadas 184, como se representa en las figuras 34B y 34C. Como se representa, las regiones tratadas 184 están situadas en la porción de superficie exterior 168 en la transición o las esquinas entre las porciones primera y tercera 154, 166, y las porciones segunda y tercera 156, 166, respectivamente. En una realización, el tratamiento con una forma de energía quita constituyentes seleccionados de la composición de aleación base con el fin de formar regiones 184 que se empobrecen en al menos un elemento metálico de la composición de aleación base. Las regiones tratadas 184 pueden exhibir propiedades de memoria de forma. En una realización, A_f es de aproximadamente 30°C. Después de tratar selectivamente el cuerpo 152 para definir por ello las regiones tratadas 184 (figura 34B), el cuerpo 152 puede deformarse mecánicamente a una posición abierta (figura 34C), por lo que las porciones primera y segunda 154, 156 se alejan una de otra para recibir un arco de alambre a través de la abertura 164. Aunque no se representa, la deformación del cuerpo 152 puede producirse primariamente o únicamente en las regiones tratadas 184. Los toques 150 pueden empaquetarse entonces para transporte a la clínica de ortodoncia para su uso.

60 Una vez que el cuerpo 152 se deforma a una posición abierta (figura 34C) antes de la instalación, el cuerpo 152 permanece en la posición abierta hasta que es sometido a un aumento de temperatura a al menos una temperatura operativa, por ejemplo, la temperatura oral. A temperaturas próximas o superiores a la temperatura operativa, el cuerpo 152 recupera su configuración normal o no deformada (figura 34B) o posición cerrada. Al cerrarse, la porción superficial interior del cuerpo 152 engancha el arco de alambre. Esencialmente, una vez colocado en la boca del paciente, el tope 150 se cerrará de modo que las porciones primera y segunda 154, 156 se aproximen una a otra sin una entrada mecánica, tal como rizado. Se apreciará que el ortodoncista puede quitar el tope 150 separando los salientes 158, 160 con un escalor o pinzas como es conocido en la técnica. El ortodoncista también puede enfriar el

65

tope 150 antes de la extracción para aumentar la proporción de martensita en las regiones 184, lo que puede facilitar la extracción del tope 150.

5 Con referencia ahora a la figura 35, en una realización, las regiones tratadas 184 pueden abarcar el grosor del cuerpo 152. En otros términos, la región tratada 184 puede formar porciones de ambas superficies interior y exterior 168, 170. En la realización ejemplar representada, las regiones tratadas secundarias 184 pueden estar situadas en la unión entre las porciones primera y tercera 154, 166 y las porciones segunda y tercera 156, 166, respectivamente, de modo que la tercera porción 166 incluye partes de dos regiones tratadas separadas 184.

10 En una realización alternativa, como se representa en la figura 36, la región tratada 184 está situada únicamente dentro de la tercera porción 166. Se apreciará, sin embargo, que una pequeña porción de la región tratada 184 también puede estar situada sobre o en las porciones primera o segunda 154, 156. De forma similar a la representada en la figura 35, en la realización representada en la figura 37, las regiones tratadas 184 pueden extenderse a través de todo el grosor del cuerpo 152. Sin embargo, las regiones tratadas secundarias 184 pueden estar configuradas alternativamente de tal manera que solamente atraviesen una porción del todo el grosor del cuerpo 152. Por ejemplo, como se representa en la figura 38, la región tratada 184 puede penetrar solamente una porción del grosor del cuerpo. En la realización representada, "d" es la profundidad de la región tratada secundaria 184 y "D" es la profundidad general o el grosor del tope 150 medido perpendicular a una tangente a lo largo de la superficie exterior del tope 150. La relación d/D es aproximadamente 0,63. Por lo tanto, la región tratada 184 puede extenderse a través de aproximadamente 63% del grosor del cuerpo 152.

20 Con referencia ahora a la figura 37, en una realización, el cuerpo 152 puede incluir la región tratada 173 que define la superficie interior 170, como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 26-33, y la región tratada 184, como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 35 y 36, formando una porción de la superficie exterior 168. Según al menos esta realización, cuando el cuerpo 152 se engancha con un arco de alambre y luego se somete a temperaturas de o cerca de la temperatura operativa, el cuerpo 152 puede cerrarse alrededor del arco de alambre debido a las características de memoria de forma atribuidas a la región tratada 184. Durante el cierre, la región tratada 173 puede deformarse plásticamente para mejorar la fricción de superficie con superficie entre el arco de alambre en la región tratada 173. Se apreciará que las composiciones de la aleación en cada una de las regiones tratadas 173 y 184 puede no ser la misma. En una realización, la A_f de la región retirada 173 es más alta que la A_f de la región tratada 184, que, a su vez, puede ser más alta que la A_f de la composición de aleación base.

Ejemplo

35 Un tope y gancho representados en las figuras 39 y 40, por ejemplo, son tratados con un láser un número predeterminado de pulsos. Por ejemplo, la composición de aleación base de un gancho de NiTi puede ser procesada con el láser de fibra, descrito anteriormente. A modo de ejemplo, la potencia se puede variar entre 30% y 80% con una duración de pulso de aproximadamente 10 μ s. El tiempo de parada y solapamiento también se puede variar. De esta forma, se pueden producir topes/ganchos personalizados con variación controlada de la capacidad de agarre o fijación. Con referencia a la figura 41, puede producirse un tope/gancho según una realización de la invención de modo que la carga a la que comienza el deslizamiento sea predeterminada. En otros términos, la magnitud de la fricción entre el arco de alambre y el tope puede controlarse. Esto se puede lograr controlando la fuerza de fijación. Un aumento de la fuerza de fijación da lugar a un aumento de la fricción.

45 Como se ilustra en la figura 41, y sin quedar vinculados por la teoría, la fuerza a la que el tope comienza a deslizar puede ajustarse tratando con láser el aparato, tal como el tope o gancho (representados en las figuras 26 y 34A, respectivamente, por ejemplo). El tope/gancho tratado puede montarse entonces sobre un arco de alambre como se ha descrito anteriormente. Una vez fijado, se puede aplicar una carga al tope/gancho y se mide la fuerza a la que el tope/gancho comienza a deslizar a lo largo del arco de alambre. Puede utilizarse una máquina Instron y un sistema de fijación, como pueden apreciar los expertos en la técnica, para medir la fuerza a la que comienza el deslizamiento.

50 Los resultados de las pruebas pueden ser coherentes con lo ilustrado en la figura 41. Como se representa, las variaciones en el tratamiento de topes/ganchos individuales pueden proporcionar variaciones en la fuerza de inicio del deslizamiento, como se indica en 80, 82, 84, 86, y 88. La fuerza necesaria para iniciar el deslizamiento pueden aumentar o disminuir con relación a la composición base y puede ser más grandes que la fuerza necesaria para iniciar el deslizamiento de un tope/gancho de acero inoxidable, como se indica en "SS" en la figura 41. Por ejemplo, un tope con la composición de aleación base puede indicarse en 80. Con tratamiento con láser, el tope puede requerir una fuerza para iniciar el deslizamiento como indica la línea 82. El procesamiento adicional puede proporcionar un tope que puede comenzar a deslizar en 84. El procesamiento adicional puede proporcionar un tope que comienza a deslizar en 86, y el procesamiento adicional con relación al tope indicado por la línea 86 puede producir un tope que comienza a deslizar en la línea 88. La relación inversa entre procesamiento y fuerza de deslizamiento también puede ser posible para una composición de aleación dada.

65 A este respecto, y a modo de ejemplo, un tope de una composición de aleación base puede comenzar a deslizar según la línea 88. El procesamiento con un láser como se describe aquí puede reducir la capacidad de agarre del

tope de modo que comience a deslizar a una fuerza más baja como la indicada con la línea 86. El procesamiento adicional puede producir topes con una fuerza consecutivamente inferior a la que se inicia el deslizamiento, como se indica en las líneas 84, 82, y 80. Se apreciará que la composición de la aleación base puede determinar si la fuerza de agarre puede incrementarse o disminuirse a partir de la composición de aleación base con procesamiento con láser. En cualquier caso, sin embargo, el tope/gancho puede ser procesado para lograr una fuerza umbral deseable a la que se inicia el deslizamiento. Ventajosamente, los clínicos pueden especificar una fuerza a la que el tope/gancho comienza a deslizar en el arco de alambre. Esto puede tener la finalidad de maximizar la comodidad del paciente u otra razón.

10 Brackets ortodóncicos autoligantes

Los brackets autoligantes son conocidos en la técnica. Sin embargo, los brackets autoligantes actuales son a menudo conjuntos de piezas múltiples. Por ejemplo, los brackets autoligantes metálicos y cerámicos actuales se montan a menudo a partir de al menos dos piezas, a saber, al menos un cuerpo de bracket que define una ranura de arco de alambre y un elemento ligante, tal como un clip móvil o corredera que tiene una posición abierta que permite la introducción del arco de alambre y una posición cerrada que captura el arco de alambre en la ranura de arco de alambre. El clip o corredera se mueve con relación al cuerpo de bracket. Tales brackets puede ser costosos, debido en parte a la complejidad de la fabricación de las tolerancias ajustadas entre las piezas necesarias para encajar sistemáticamente múltiples piezas pequeñas. Además, los conjuntos de dos piezas pueden presentar un riesgo de daño para el paciente debido a la deglución o aspiración de las piezas separadas. Por lo tanto, es deseable resolver estos y otros problemas conocidos de los brackets ortodóncicos autoligantes.

Para estos y otros fines, una realización de un aparato ortodóncico autoligante, como se representa en la figura 42, incluye un bracket 210, que es un único elemento unitario que tiene un elemento ligante integral. En particular, el bracket 201 incluye un cuerpo de bracket 212 que define una ranura de arco de alambre 214. El cuerpo de bracket 212 está configurado para recibir un arco de alambre 215 para aplicar fuerzas correctoras al diente. Como se describe con detalle más adelante, el bracket 210 se hace de una AMF que tiene una composición de aleación base con una o varias regiones tratadas con una forma de energía para cambiar la composición de dichas regiones con relación a la composición de aleación base de la AMF. Las temperaturas de transición de las regiones tratadas pueden diferir de las temperaturas de transición de la composición de aleación base. Como resultado, un cambio en la temperatura puede producir un cambio de fase diferente en las regiones tratadas con relación a la composición de aleación base o permitir que porciones del bracket 210 exhiban características superelásticas y/o de memoria de forma mientras que otras porciones no exhiben estas propiedades o exhiben una propiedad diferente.

En la realización representada, el cuerpo 212 tiene alas de unión oclusales y gingivales opuestas 216, 218, respectivamente, para recibir una o varias ligaduras (no representadas), como es conocido en la técnica. Aunque aquí se describen alas de unión 216, 218 y ligaduras, se anticipa que, en algunos casos, las alas de unión 216, 218 y las ligaduras pueden ser innecesarias.

Las realizaciones aquí descritas, a no ser que se indique lo contrario, se describen aquí usando un marco de referencia con el bracket 210 montado en una superficie labial de un diente en la mandíbula superior. En consecuencia, en el sentido en que se usa aquí, términos tales como labial, lingual, mesial, distal, oclusal y gingival usados para describir el bracket 210 se entienden con relación al marco de referencia elegido. Las realizaciones de la invención, sin embargo, no se limitan al marco de referencia elegido y los términos descriptivos, puesto que el bracket ortodóncico 210 puede ser usado en otros dientes y en otras orientaciones dentro de la cavidad oral. Por ejemplo, el bracket 210 también puede estar situado en la mandíbula inferior y caer dentro del alcance de la invención. Los expertos en la técnica reconocerán que los términos descriptivos aquí usados pueden no aplicarse directamente cuando hay un cambio en el marco de referencia. No obstante, se prevé que la invención sea independiente de la posición y la orientación dentro de la cavidad oral y los términos relativos usados para describir realizaciones del bracket ortodóncico tienen simplemente la finalidad de proporcionar una descripción clara de los ejemplos en los dibujos. Como tales, los términos relativos labial, lingual, mesial, distal, oclusal y gingival no limitan de ninguna forma la invención a una posición u orientación concretas.

Cuando el bracket 210 se instala en la superficie labial de un diente soportado en la mandíbula superior del paciente, el cuerpo 212 tiene un lado lingual 220, un lado oclusal 222, un lado gingival 224, un lado mesial 226, un lado distal 228 y un lado labial 230. El lado lingual 220 del cuerpo 212 está configurado para fijación al diente de manera convencional, por ejemplo, con un cemento o adhesivo ortodóncico apropiado o con una banda alrededor de un diente adyacente (no representado).

Con referencia a la figura 42, en una realización, el cuerpo 212 incluye una porción mesial 231, una porción distal 233 y una porción central 237. Una superficie base 232 y una pluralidad de superficies mesial, distal y central opuestas 234a-c, 235a-c que corresponden a la porción mesial 231, la porción distal 233 y la porción central 237, respectivamente, sobresalen labialmente de la superficie base 232 y definen en conjunto la ranura de arco de alambre 214 en el cuerpo 212. La ranura de arco de alambre 214 se extiende en una dirección mesial-distal desde el lado mesial 226 al lado distal 228 del cuerpo de bracket. La porción central 237 está espaciada de cada una de la porción mesial 231 y la porción distal 233 por espacios 238 (es decir, intervalos) entre las superficies mesiales 234a,

235a y las superficies centrales correspondientes 234c, 235c y entre las superficies distales 234b, 235b y las superficies centrales correspondientes 234c, 235c. La porción mesial 231 y la porción distal 233 están conectadas por puentes 245 correspondientes a los espacios 238, como se representa mejor en la figura 44. Los puentes 245 forman esencialmente una porción de la superficie base 232 con el fin de formar una superficie base continua 232 desde la porción mesial 231 a través de la porción distal 233.

Con referencia ahora a las figuras 42 y 43A, en una realización, la porción central 237 incluye el elemento ligante integral en la configuración de una porción ligante 236. A este respecto, en la realización ejemplar representada, la porción central 237 incluye una pared gingival 240 y una pared oclusal 242 que definen respectivamente las superficies centrales 243c y 235c de la ranura de arco de alambre 214. Al menos un saliente o proyección 244 se extiende desde una de la pared gingival 240 o desde la pared oclusal 242. Sin embargo, se apreciará que el saliente 244 puede extenderse desde cada una de la pared gingival 240 y la pared oclusal 242, como se representa en la figura 42. El saliente 244 se extiende hacia fuera de la pared gingival 240 o la pared oclusal 242 con el fin de definir un límite labial de la ranura de arco de alambre 214 cuando el saliente 244 está en una posición cerrada (figura 43A). En la realización representada en las figuras 42 y 43A, los salientes 244 pueden estar adyacentes uno a otro en una relación opuesta en la dirección mesial-distal, extendiéndose cada uno a través de una porción sustancial de la ranura de arco de alambre 214 una distancia suficiente para evitar o al menos resistir la extracción de un arco de alambre de la ranura 214.

Con referencia continuada a la figura 43B, la porción central 237, específicamente las paredes 240 y 242, tienen una posición abierta, en la que el arco de alambre 215 (figura 42) puede insertarse pasando por los salientes 244 y a la ranura de arco de alambre 214, y una posición cerrada (figura 43A), en la que los salientes 244 evitan la extracción inadvertida del arco de alambre de la ranura de arco de alambre 214. Los espacios 238 permiten que las paredes 240, 242 se aproximen y alejen una de otra entre las posiciones abierta y cerrada, como se describe más adelante. Además, y con referencia a la figura 44, el lado lingual 220 del cuerpo de bracket 212 puede incluir una porción superficial mesial 250 a lo largo de la porción mesial 231 del cuerpo de bracket 212 y una porción superficial distal 252 a lo largo de la porción distal 233 del cuerpo de bracket 212. Cada una de la porción superficial mesial 250 y la porción superficial distal 252 puede estar configurada para fijación a una almohadilla (no representada) u otra superficie antes de unirse a un diente. Como se representa en la figura 44, la porción central 237 incluye una porción superficial central 254 que está desviada una dimensión, D, alejándose labialmente de un plano definido por las porciones superficiales mesial y distal 250, 252. Como se describe más adelante, la desviación de la porción superficial central 254 puede proporcionar holgura entre las paredes 240, 242 cuando una o ambas paredes son movidas a una posición abierta.

Como se ha descrito anteriormente, en una realización, una porción superficial del cuerpo de bracket 212 puede ser tratada selectivamente con una forma de energía, tal como un haz láser, de modo que la porción superficial incluya una región tratada 246 cuya composición química difiera de la composición de aleación base de la AMF. La región tratada 246 se puede formar de forma similar a las zonas tratadas 28 o las regiones tratadas 126, 146, 173 y 184, descritas anteriormente, para quitar elementos metálicos seleccionados de dicha región del cuerpo de bracket 212. Como se ha indicado en 246 en las figuras 43A y 43B, parte de la superficie base 232 y las superficies centrales 234c, 235c, así como las superficies exteriores de las paredes 240, 242 se tratan con una forma de energía de modo que incluyan una composición química diferente de la composición de aleación base de las porciones no tratadas del cuerpo de bracket 212. Como antes, se apreciará que, aunque las regiones tratadas 246 pueden considerarse incluidas en las porciones superficiales, las regiones tratadas 246 pueden extenderse más allá de la superficie y al cuerpo 212 una cierta profundidad o por todo el grosor (como se representa en las figuras 43A y 43B). Debido al cambio en la composición de la aleación, la región tratada 246 puede exhibir un cambio a las temperaturas de transición con relación a las temperaturas de transición de la composición de aleación base de las regiones no tratadas del cuerpo de bracket 212. La posición de las regiones tratadas 246 puede proporcionar o al menos facilitar la característica autoligante del bracket ortodóncico 210. Aunque las regiones tratadas 246 se representan como ligeras depresiones de manera que sean zonas de grosor reducido, se apreciará que puede no haber discontinuidad en el plano de la superficie desde una región no tratada a las regiones tratadas 246.

En una realización, las regiones tratadas 246 representadas en las figuras 43A y 43B pueden impartir propiedades superelásticas o propiedades de memoria de forma a estas zonas con relación a las porciones restantes del cuerpo de bracket 212. Tratando una o varias de estas regiones 246 o tratando el grosor de una o ambas paredes 240, 242, las regiones 246 pueden comportarse como una bisagra o proporcionar de otro modo una región alrededor de la que uno o ambos hombros o salientes 244 pueden alejarse en general de la ranura de arco de alambre 214. En particular, como se representa en la figura 43B, cuando el saliente 244 se aleja de la ranura de arco de alambre 214, puede insertarse o quitarse un arco de alambre de la ranura de arco de alambre 214. Una vez que el arco de alambre se ha insertado en la ranura de arco de alambre 214, la pared 240 puede volver a la posición cerrada de modo que el saliente 244 evite la extracción inadvertida del arco de alambre de la ranura de arco de alambre 214.

Como se ha descrito anteriormente, cuando las paredes 240, 242 son movidas hacia fuera, la desviación entre la superficie 254 y el plano definido por las porciones superficiales medial y distal 250, 252 puede proporcionar holgura para la acción a modo de bisagra de las regiones 246, que puede incluir el movimiento de una porción de la región

246 o una porción de una de las paredes 240, 242 a la zona de holgura, como se indica en general con D en la figura 44.

En una realización, como se representa en las figuras 42, 43A, y 43B, el saliente 244 puede estar ahusado como se ha indicado en 248. Esta región ahusada 248 del saliente 244 puede facilitar la introducción de un arco de alambre a la ranura con sólo empujar el arco de alambre contra la región ahusada 248 del saliente 244. Se apreciará que el empuje del arco de alambre contra la región ahusada 248 del saliente 244 puede hacer que la pared 242 se flexione espontáneamente alejándose de la ranura de arco de alambre 214, permitiendo así que el clínico inserte un arco de alambre en la ranura de arco de alambre 214 sin la ayuda de herramientas.

En las realizaciones en las que las regiones 246 tienen propiedades superelásticas, una o varias regiones 246 pueden incluir una composición de aleación en la que la temperatura de transición A_T se cambia a una temperatura diferente con relación a la temperatura de transición A_T de la composición de aleación base del resto del cuerpo de bracket 212. En una realización, A_T de la región tratada 246 se cambia a una temperatura más alta con relación a la A_T de la aleación base. Consecuentemente, con referencia a la figura 43B, una o ambas paredes 240, 242 pueden incluir una región 246 de aleación superelástica de tal manera que la flexión de las paredes 240, 242 en direcciones opuestas hacia fuera en las direcciones oclusal y gingival correspondientes exponga la superficie base 232 y no deforme plásticamente ninguna porción de la pared 240, 242. En una realización, sujetando la pared 242 de tal manera que el saliente 244 esté en la posición abierta, el clínico puede insertar o quitar entonces un arco de alambre de la ranura de arco de alambre 214. Después de la introducción o de la extracción del arco de alambre de la ranura de arco de alambre 214, cada una de las paredes 240, 242 recupera elásticamente su posición cerrada inicial. En otros términos, después de la extracción de la fuerza necesaria para mantener los salientes 244 en la posición abierta, las regiones tratadas 246 vuelven a la configuración original de tal manera que las paredes 240, 242 se mueven a sus posiciones cerradas. Además, la región ahusada 248 puede facilitar la introducción de un arco de alambre en la ranura de arco de alambre 214 sin usar ninguna herramienta para mantener el saliente 244 alejado de la ranura de arco de alambre en una posición abierta.

En realizaciones en las que las regiones 246 tienen propiedades de memoria de forma, una o varias regiones 246 pueden incluir una composición de aleación en la que la temperatura de transición A_T es menor que la temperatura de la cavidad oral. Consecuentemente, con referencia a la figura 43A, una o ambas paredes 240, 242 pueden tener una posición normal, no deformada, como la posición cerrada, es decir, con los salientes 244 colocados sobre la ranura de arco de alambre 214. El clínico puede enfriar inicialmente el bracket 210, específicamente las regiones 246, antes de instalar y/o quitar un arco de alambre de la ranura de arco de alambre 214. Después del enfriamiento, las paredes 240, 242, específicamente las regiones 246, pueden deformarse cuando los salientes 244 son empujados hacia fuera alejándolos de la ranura de arco de alambre 214 a la posición abierta representada en la figura 43B. Una vez que los salientes 244 están en la posición abierta, el clínico puede insertar y/o quitar un arco de alambre de la ranura de arco de alambre 214. En esta realización, puede no ser necesario que el clínico mantenga los salientes 244 en la posición abierta, puesto que el movimiento inicial de las paredes 240, 242 puede dar lugar a deformación plástica de las regiones 246. Es decir, las paredes 240, 242 pueden permanecer en la posición abierta una vez que son empujadas hacia fuera alejándolas de la ranura de arco de alambre 214.

Una vez que el arco de alambre se ha instalado en la ranura de arco de alambre 214, el bracket 210 puede calentarse naturalmente a la temperatura de la cavidad oral, y al hacerlo, las regiones 246 pueden recuperar sus posiciones no deformadas iniciales con los salientes 244 sobre la ranura de arco de alambre 214 en la posición cerrada representada en la figura 43A. Se apreciará que el movimiento de cierre de las paredes 240, 242 y los salientes correspondientes 244 durante el movimiento a la posición cerrada es espontáneo debido a las propiedades de memoria de forma de las regiones 246. Alternativamente, el clínico puede volver las paredes 240, 242 a la posición cerrada.

Además, en una realización, las regiones no tratadas del cuerpo de bracket 212 pueden ser relativamente rígidas en comparación, por ejemplo, con las regiones 246, con el fin de proporcionar el control de par deseado. Por ejemplo, las superficies de la ranura de arco de alambre incluyendo las superficies mesiales y distales de las porciones mesiales y distales 231 y 233 pueden ser de una composición de aleación base más rígida que cualquiera de las regiones 246. Además, también se apreciará que cada una de las regiones 246 puede diferir de otra en la composición de aleación, así como ser diferente de la composición de aleación base. Por ejemplo, una región 246 puede exhibir propiedades de memoria de forma mientras que otra región 246 puede exhibir propiedades superelásticas a la misma temperatura. Por lo tanto, las paredes 240, 242 pueden diferir en su respuesta a una fuerza aplicada. Por ejemplo, una pared 240 puede moverse elásticamente entre posiciones abierta y cerrada debido a una región superelástica 246 y la otra pared 242 puede moverse plásticamente a la posición abierta y luego moverse espontáneamente a la posición cerrada debido a memoria de forma al calentarse. Consecuentemente, las realizaciones de la presente invención no se limitan a que cada región 246 tenga la misma composición de aleación.

En una realización, y con referencia ahora a las figuras 45, 46A, y 46B, una disposición alternativa para el elemento ligante integral o la porción ligante 236 se representa con la porción central 237 que tiene hombros o salientes opuestos 244. Cada uno de los salientes 244 se extiende a menos de la mitad de la distancia de la anchura de la ranura de arco de alambre 214 en una relación opuesta a modo de espejo. La realización del bracket ortodóncico

autoligante de una sola pieza 210 representado en las figuras 45, 46A, y 46B tiene regiones 246 similares a las descritas anteriormente con respecto a la realización representada en las figuras 34-36. A este respecto, las paredes 240, 242 y los salientes opuestos 244 tienen posiciones abiertas (figura 46B) y cerradas (figura 46A) de modo que el bracket ortodóncico 210 es autoligante y opera de manera similar a la expuesta anteriormente, siendo las regiones 246 de una composición de aleación diferente de la composición de aleación base de manera que tenga propiedades superelásticas o de memoria de forma similares a las regiones 246 expuestas anteriormente con respecto a las figuras 42-44.

Con referencia ahora a las figuras 47 y 48, en otra realización del aparato ortodóncico, un bracket ortodóncico autoligante 310 incluye un cuerpo de bracket 312 y un elemento ligante integral. En la realización ejemplar representada, el elemento ligante integral es un clip ligante integral 314. De forma similar a las realizaciones de los aparatos ortodóncicos anteriores, el bracket ortodóncico 310 es un cuerpo unitario de una sola pieza, hecho de una AMF. El elemento ligante integral no se fabrica por separado y luego se monta con el cuerpo de bracket 312. Aunque las porciones del elemento ligante son móviles con relación al cuerpo de bracket 312, el elemento ligante no se mueve con relación al cuerpo de bracket 312 durante la introducción o la extracción de un arco de alambre de la ranura de arco de alambre. Más bien, el cuerpo de bracket 312 y el elemento ligante integral se funden conjuntamente, por ejemplo, en un solo proceso de vaciado o se maquinan a partir de una pieza monolítica de AMF, por ejemplo, el bracket 310 se puede hacer de una aleación de NiTi, CuNiTi u otra AMF descrita anteriormente. Solamente una porción del elemento ligante se puede mover con relación al cuerpo de bracket. De forma similar a las realizaciones del aparato ortodóncico descrito anteriormente, una o varias regiones seleccionadas del cuerpo de bracket 312 son tratadas con una forma de energía, tal como con un haz láser, para cambiar la composición de la aleación en las regiones seleccionadas. Como se describe más adelante, el cambio de la composición de aleación en las regiones tratadas facilita las características autoligantes del bracket 310 y así facilita la introducción y la extracción de un arco de alambre del cuerpo de bracket 312, evitando al mismo tiempo la extracción inadvertida del arco de alambre de la ranura de arco de alambre 316 durante el tratamiento ortodóncico.

Para ello, con referencia a las figuras 47 y 48, el cuerpo de bracket 312 incluye una ranura de arco de alambre 316 formada en él que está configurada para recibir un arco de alambre 318 (figura 48) para aplicar fuerzas correctoras a los dientes. Cuando está montado en la superficie labial de un diente soportado en la mandíbula inferior del paciente, el cuerpo de bracket 312 tiene un lado lingual 320, un lado oclusal 322, un lado gingival 324, un lado mesial 326, un lado distal 328 y un lado labial 330. El lado lingual 320 del cuerpo de bracket 312 está configurado para fijarse al diente de manera convencional, por ejemplo, con un cemento o adhesivo ortodóncico apropiado o por una banda alrededor de un diente adyacente. El lado lingual 320 puede estar provisto de una almohadilla 332 que define una base de unión que se fija a la superficie del diente. La almohadilla 332 puede acoplarse al cuerpo de bracket 312 como una pieza o elemento separado, o alternativamente, la almohadilla 332 puede estar formada integralmente con el cuerpo de bracket 312.

En particular, el cuerpo de bracket 312 incluye una superficie base 334 y un par de superficies de ranuras opuestas 336, 338 que sobresalen labialmente de la superficie base 334 y que definen en conjunto la ranura de arco de alambre 316 que se extiende en una dirección mesial-distal desde el lado mesial 326 al lado distal 328. En una realización, las superficies de ranura 336, 338 y la superficie base 334 son sustancialmente integrales dentro del material del cuerpo de bracket 312. Sin embargo, se apreciará que una o varias superficies de ranura 334, 336 y 338 pueden definirse por un inserto (no representado) o revestimiento (no representado) para mejorar las características de desgaste de la ranura de arco de alambre 316 o por otras razones. La ranura de arco de alambre 316 del cuerpo de bracket 312 puede diseñarse para recibir el arco de alambre ortodóncico 318 de cualquier manera adecuada.

Con referencia continuada a la figura 47, en una realización, el cuerpo de bracket 312 incluye una porción de cuerpo gingival 360 y una porción de cuerpo oclusal 362 que están separadas en general por la ranura de arco de alambre 316. La porción de cuerpo gingival 360 define en general la superficie de ranura 338. En particular, un elemento de apoyo 364 de la porción de cuerpo gingival 360 puede definir la superficie de ranura 338. La porción de cuerpo gingival 360 puede incluir un elemento puente 366 que define en general una superficie labial del cuerpo de bracket 312. Como se representa mejor en la figura 48, el clip integral 314 se ha formado en un espacio entre el elemento de apoyo 364 y el puente 366. En una realización, la porción de cuerpo gingival 360 también define un ala de unión gingival 368 por la que un arco de alambre puede fijarse al cuerpo de bracket 312 con un elemento elastomérico (no representado) como es conocido en la técnica.

La porción de cuerpo oclusal 362 define en general la superficie de ranura 336 e incluye un rebaje de herramienta 370 en la que un clínico puede poner una herramienta para apalancar contra el clip integral 314. De forma similar a la porción de cuerpo gingival 360, la porción de cuerpo oclusal 362 puede definir el ala de unión oclusal 372, como se representa. Puede usarse ligaduras además de o como una alternativa al clip 314 para fijar el arco de alambre al bracket 310 mediante el ala de unión oclusal 372. Por ejemplo, donde el clínico es incapaz de asentar el arco de alambre 318 dentro de la ranura 316 lo suficiente para capturar el arco de alambre 318 con el clip 314 en la posición cerrada, puede ser necesario usar una ligadura para fijar el cuerpo de bracket 312, mediante las alas de unión 368, 372, al arco de alambre para mover el diente a una posición donde el arco de alambre 318 pueda asentar entonces dentro de la ranura de arco de alambre 316. Se apreciará que, aunque aquí se describen alas de unión 368, 372 y ligaduras, las realizaciones de la presente invención no se limitan solamente a los brackets que tienen alas de unión.

En una realización representada en las figuras 47 y 48, el bracket 310 incluye uno o varios marcadores de alineación 386a, 386b, 386c, 386d, 386e que pueden incluir zonas elevadas o rebajadas en la superficie para crear una característica visiblemente discernible en el bracket 310. Los marcadores de alineación 386a-386e se describen más plenamente en la Publicación de Estados Unidos número 2012/0058442.

Como se ha descrito anteriormente, el clip ligante 314 se ha formado integralmente con el cuerpo de bracket 312. El clip ligante integral 314 tiene en general forma de C e incluye una porción labial 344 que se extiende sobre y está enfrente de la superficie base 334 de la ranura de arco de alambre 316 e incluye una porción gingival 346 y una porción lingual 348 en o cerca de la zona en la que el clip 314 está integralmente conectado con el cuerpo de bracket 312. Como se representa en la figura 48, la porción labial 344 define un límite labial de la ranura de arco de alambre 316 cuando la porción labial 344 del clip integral 314 está en la posición cerrada. El clip integral 314 puede contactar el elemento puente 366 durante la flexión de la porción labial 344 del clip 314, por ejemplo, cuando un arco de alambre tira labialmente de la porción labial 344 del clip 314, lo que puede hacer que la porción gingival 346 del clip integral 314 contacte el elemento puente 366. El contacto entre el clip integral 314 y el elemento puente 366 puede evitar la liberación inadvertida del arco de alambre 318 de la ranura de arco de alambre 316. Aunque el clip 314 se coloca cerrando la ranura de arco de alambre 316 enfrente de la superficie base 334 para evitar la extracción inadvertida del arco de alambre 18 durante el tratamiento, una porción del clip integral 314 puede moverse intencionadamente a una posición abierta para que un arco de alambre dentro de la ranura 316 pueda quitarse y otro arco de alambre pueda insertarse a medida que progresa el tratamiento.

En una realización, una porción del bracket ortodóncico 310 se trata selectivamente con una forma de energía, tal como un haz láser, de modo que la porción superficial incluye una región tratada 340 cuya composición química difiere de la composición de aleación base de la AMF. Como se representa en las figuras 47 y 48, porciones de cada uno del clip integral 314 y el cuerpo de bracket 312 pueden incluir una región tratada 340. En una realización, la porción lingual 348 en o cerca de la intersección del clip integral 314 con el cuerpo 312 y la porción gingival 346 del clip integral 314 pueden tratarse con una forma de energía de modo que incluyan la región tratada 340 que tiene una composición química diferente de las porciones adyacentes del clip integral 314 y el cuerpo de bracket 312. La región tratada 340 puede incluir las porciones seleccionadas de la superficie del clip integral 314 y puede extenderse a o a través del grosor del clip integral 314, como se representa en la figura 48. La región tratada 340 puede extenderse al cuerpo 312 en la intersección del clip integral 314 y el cuerpo 312, como se indica en la posición 374. Además, se entenderá que la diferencia de composición química entre la región tratada 340 y las regiones no tratadas no estará en un punto exacto de delineación entremedio. Más bien, la diferencia de composición química puede producirse gradualmente a partir de la región tratada 340 en cualquier dirección. Éste puede ser el caso cualquiera de las regiones tratadas aquí descritas. Además, se apreciará que todo el clip integral 314 puede tratarse como se ha expuesto anteriormente de modo que las propiedades asociadas con la región tratada 340 puedan aplicarse al clip integral 314 en conjunto. La región tratada 340 puede impartir características superelásticas o de memoria de forma a una porción del clip 314.

Donde se imparten cualidades superelásticas, el clip integral 314 puede moverse físicamente (con una herramienta, por ejemplo) a la posición abierta de modo que el arco de alambre pueda dirigirse a la ranura de arco de alambre 316 o quitarse de ella. Entonces, una vez que el arco de alambre se ha insertado o quitado a voluntad, el clínico puede liberar el clip 314 de modo que pueda volver a la posición cerrada. Debido a las propiedades superelásticas de las regiones tratadas 340, el clip ligante 314 también puede estar configurado para ligar activamente el arco de alambre 18. Como es conocido, la ligazón activa del arco de alambre 318 por el clip integral 314 puede depender del tamaño y de la forma del arco de alambre 318. Tal ligadura activa puede realizarse, sin la degradación de la fuerza aplicada al arco de alambre como sucedería con elementos de acero inoxidable u otros elementos metálicos, debido a las propiedades superelásticas de la región tratada 340 del clip integral 314. Alternativamente, el clip ligante 314 puede estar configurado para ligadura pasiva del arco de alambre 318.

La región tratada 340 también puede exhibir características de memoria de forma, similares a las explicadas anteriormente con respecto a las otras realizaciones de aparatos ortodóncicos. En una realización, el clip integral 314 puede efectuar una transición entre las posiciones abierta y cerrada sin entrada mecánica. Un cambio en la temperatura del clip integral 314, específicamente la región tratada 340, puede ser suficiente para que el clip integral 314 se mueva espontáneamente desde la posición abierta a la posición cerrada. Por ejemplo, el clínico puede enfriar el clip integral 314 a una temperatura por la que la composición de la región tratada 340 incluye una proporción sustancial de martensita con relación a austenita. Esto puede efectuarse enfriando la región tratada 340 desde la temperatura normal de la cavidad oral a una temperatura más fría, por ejemplo, inferior a A_f , inferior a M_s o inferior a M_f . En esta realización, el clínico puede usar un método de compresión en frío, gas comprimido u otro para reducir la temperatura de la región tratada 340 a un punto a o por debajo de la temperatura normal de la cavidad oral del paciente antes de deformar el clip integral 314. El clínico puede mover entonces a la fuerza el clip integral 314 a una posición abierta. Esto puede incluir deformar plásticamente el clip integral 314 en particular en la región tratada 340. Una vez deformado, el clip integral 314 puede permanecer en la posición abierta mientras la temperatura de la región tratada 340 sigue siendo relativamente fría en comparación con la temperatura normal de la cavidad oral. El clínico puede quitar y/o insertar entonces un arco de alambre de la ranura de arco de alambre 316. Cuando el clip integral 314 es calentado por el cuerpo del paciente o por aplicación de una fuente externa de calor, el clip integral

314 puede pasar a la posición cerrada. Alternativamente, el clínico puede deformar plásticamente el clip integral 314 volviéndolo a la posición cerrada. En cualquier caso, una vez que la región tratada 340 llega a la temperatura normal de la cavidad oral, puede exhibir propiedades superelásticas y puede proporcionar ligadura activa o pasiva, como se ha expuesto anteriormente.

5 Otra realización de un bracket ortodóncico autoligante se representa en las figuras 49 y 50, en las que los números de referencia análogos se refieren a elementos análogos de las figuras 47 y 48. Un bracket ortodóncico autoligante 500 es similar al bracket ortodóncico 310 descrito con referencia a las figuras 47 y 48 y descrito anteriormente. El bracket ortodóncico 500 incluye un cuerpo de bracket 512 y un clip ligante integral 514 en el que el bracket 500 es una pieza unitaria de metal hecha de una AMF. Es decir, el cuerpo de bracket 512 y el clip 514 se forman durante el mismo proceso de formación. Por ejemplo, el cuerpo de bracket 512 y el clip 514 pueden maquinarse a partir de una pieza maciza de AMF, pueden fundirse durante un solo proceso de vaciado, o se pueden formar durante un solo proceso de formación.

15 El cuerpo de bracket 512 define una ranura de arco de alambre 516 que en general separa una porción de cuerpo oclusal 518 de una porción de cuerpo gingival 520. El cuerpo de bracket 512 difiere del cuerpo de bracket 312 del bracket ortodóncico 310 representado en las figuras 47 y 48 por la ausencia del elemento puente 366. Es decir, la porción de cuerpo gingival 520 carece de cualquier estructura que cubra labialmente el clip integral 514 en la dirección labial. El clip integral 514 está así completamente expuesto a lo largo de la superficie labial del bracket 500.

25 Durante la ligadura, la deflexión labial del clip integral 514, específicamente la porción labial 344 del clip 514, no queda restringida en la dirección labial por ninguna porción del cuerpo de bracket 512. Sin embargo, ventajosamente, la ausencia del elemento puente 366 u otra estructura sobre el clip integral 514 permite al clínico acceso no restringido para mover el clip integral 514 cuando el tratamiento exige el cambio del arco de alambre. Así, el clínico puede operar más fácilmente el clip integral 514 sujetando elásticamente la porción labial 344 del clip 514 en una posición abierta o deformando plásticamente el clip integral 514 a una posición abierta para insertar y quitar arcos de alambre de la ranura de arco de alambre 516 como se ha descrito anteriormente. Como se expone anteriormente, las regiones tratadas 340 del clip integral 514 pueden facilitar el tratamiento proporcionando propiedades superelásticas y/o de memoria de forma a al menos porciones del clip integral 514.

Brackets ortodóncicos multimódulo

35 Los brackets ortodóncicos se unen de ordinario a los dientes con adhesivos. La resistencia de los adhesivos comerciales es limitada. Durante el tratamiento ortodóncico, fuerzas de impacto y cizalladura aplicadas a los brackets ortodóncicos pueden romper la unión adhesiva y así desenganchar o desplazar los brackets de los dientes. Cuando la unión adhesiva falla, el paciente debe programar una visita extra a la clínica de ortodoncia para que le vuelvan a unir el bracket o lo sustituyan. Esto es un inconveniente tanto para el paciente como para el clínico. Además, en el tiempo que va desde el fallo de la unión a la reparación, el bracket flojo no hace nada para facilitar el tratamiento ortodóncico. Consiguientemente, este período de ineficacia puede aumentar el tiempo general de tratamiento.

45 Para resolver este y otros problemas relacionados con el fallo de la unión adhesiva, una realización de la invención incluye elementos que absorben la energía de fuerzas de impacto aplicadas al aparato ortodóncico, reduce la transmitancia de la magnitud de dichas fuerzas a la unión, y así disminuye la probabilidad de fallo de la unión adhesiva entre un aparato ortodóncico y el diente. Como se representa en las figuras 51-54, en una realización de la invención, un bracket ortodóncico 410 incluye un cuerpo de bracket 412, que se representa como un cuerpo unitario hecho de una AMF que tiene una composición de aleación base. En la realización ejemplar representada, el cuerpo de bracket 412 es un bracket ortodóncico del tipo de dos alas de unión. Se apreciará, sin embargo, que las realizaciones de la presente invención no se limitan a brackets ortodóncicos del tipo de dos alas de unión. Con referencia a la figura 51, el cuerpo de bracket 412 define una ranura de arco de alambre 414a, 414b que está configurada para recibir un arco de alambre (no representado) para aplicar fuerzas correctoras a un diente. El cuerpo de bracket 412 tiene pares de alas de unión oclusales y gingivales opuestas 416a, 416b, 418a, 418b, respectivamente, para recibir una o varias ligaduras (no representadas), como es conocido en la técnica.

55 Cuando está montado en la superficie labial de un diente soportado en la mandíbula inferior del paciente, el cuerpo de bracket 412 tiene un lado lingual 420, un lado oclusal 422, un lado gingival 424, un lado mesial 426, un lado distal 428 y un lado labial 430. El lado lingual 420 del cuerpo de bracket 412 está configurado para fijación al diente de manera convencional, por ejemplo, con un cemento o adhesivo ortodóncico apropiado o con una banda alrededor de un diente adyacente. El lado lingual 420 puede estar provisto de una almohadilla 432 que define una base de unión que está fijada a la superficie del diente. La almohadilla 432 puede estar acoplada al cuerpo de bracket 412 como una pieza o elemento separado o, alternativamente, la almohadilla 432 puede estar formada integralmente con el cuerpo de bracket 412. La almohadilla 432 puede ser similar o incluir elementos similares a la almohadilla descrita en la Patente de Estados Unidos publicada número 2011/0189624.

65

El cuerpo 412 incluye una superficie base 433 y una pluralidad de superficies mesiales y distales opuestas 434a, 434b, 436a, 436b que sobresalen labialmente de la superficie base 433 y que definen colectivamente la ranura de arco de alambre 414a, 414b en el cuerpo 412. La ranura de arco de alambre 414a, 414b se extiende en una dirección mesial-distal desde el lado mesial 426 al lado distal 428 del cuerpo de bracket 412.

En realizaciones ejemplares representadas en las figuras 51-54, una o varias porciones del cuerpo de bracket 412 son tratadas selectivamente con una forma de energía, tal como un láser, con el fin de definir una región tratada o una pluralidad de regiones tratadas que incluyan propiedades que difieran de las propiedades asociadas con la composición de aleación base. En una realización, las regiones tratadas exhiben diferencias de composición una con relación a otra y con relación a la composición de aleación base de modo que cada una tiene una proporción diferente de martensita y austenita a la temperatura de la cavidad oral. A este respecto, en las regiones tratadas, la relación de martensita a austenita se puede variar de modo que una carga de impacto produzca menos recuperación elástica o deformación plástica completa en una o varias regiones tratadas. Variando selectivamente la relación de martensita a austenita, se puede variar la cantidad de energía absorbida por la transformación de fase correspondiente de dicha región tratada. Consiguientemente, una carga de impacto en el cuerpo de bracket 412 puede producir transformación de fase de una región tratada, pero no de otra región tratada. La transformación de fase se usa para absorber el choque o esfuerzo repentino del impacto. De esta manera, las regiones tratadas están configuradas para experimentar transformación de fase variable cuando se someten a un impacto de modo que el cuerpo de bracket 412 absorbe parte o toda la energía de impacto. Ventajosamente, debido a las cualidades superelásticas de las regiones tratadas, el cuerpo de bracket 412 absorbe la energía de impacto y luego vuelve a su posición original de tal manera que la energía de impacto no sea totalmente transferida a la unión adhesiva entre el bracket 410 y el diente.

Con referencia específicamente a la realización representada en la figura 51, el cuerpo de bracket 412 puede tener una pluralidad de regiones tratadas, cada una con una cantidad de tratamiento variable. En general, la variación se gradúa en todo el cuerpo de bracket 412 tratando el cuerpo de bracket 412 en capas. Específicamente, la variación de la cantidad de tratamiento en cualquiera de las realizaciones puede efectuarse tratando cada región individual con una cantidad variada (es decir, intensidad) de energía, o durante un tiempo más largo o más corto que otras regiones tratadas. Como se ha descrito anteriormente, puede usarse un haz láser para tratar selectivamente varias porciones del cuerpo de bracket 412 con el fin de cambiar la composición química de la AMF en dichas regiones.

Específicamente, en una realización, el cuerpo de bracket 412 representado en la figura 43 incluye tres regiones tratadas diferentes 440a, 440b, 440c. En general, cada una de las regiones tratadas 440a, 440b, 440c está dispuesta en una configuración en capas, apilándose las capas en la dirección generalmente lingual-labial. A modo de ejemplo solamente, la región tratada 440c puede experimentar transformación de fase antes de alguna de las regiones 440b o 440a. Así, un impacto en el cuerpo de bracket 412 en las porciones labiales del cuerpo de bracket 412 será absorbido al menos parcialmente por la transformación de fase en la región 440c. Cualquier energía de impacto no absorbida en la región 440c puede producir transformación de fase en la región 440b. Igualmente, cualquier energía de impacto no absorbida en la región 440b puede ser absorbida por la transformación de fase en la región 440a. En último término, absorber la energía por transformación de fase desde las regiones exteriores a las regiones interiores reduce la energía de impacto transferida a la unión adhesiva y así reduce la probabilidad de que el bracket 412 se desuna inadvertidamente del diente durante el tratamiento ortodóncico.

En particular, en una realización, la primera región tratada 440a se coloca comenzando por el punto lingual del cuerpo 412 adyacente a la almohadilla 432. La primera región tratada 440a se extiende desde allí a un plano espaciado en la dirección lingual desde la ranura de arco de alambre 414a, 414b. La segunda región tratada 440b está adyacente a la primera región tratada 440a y se extiende labialmente desde la primera región tratada 440a. Parte de la segunda región tratada 440b está situada a lo largo de la superficie base 433a, 433b y las superficies oclusales y gingivales 434a, 434b, 436a, 436b de la ranura de arco de alambre 414a, 414b. Parte de la segunda región tratada 440b también está situada sobre o en una región en forma de arco 450 de las alas de unión 416a, 416b, 418a, 418b. La tercera región tratada 440c es adyacente a la segunda región tratada 440b y se extiende labialmente desde la segunda región tratada 440b al lado labial 430 del cuerpo de bracket 412. Más específicamente, la tercera región tratada 440c comienza esencialmente en o cerca de la región en forma de arco 450 de las alas de unión 416, 418, y se extiende labialmente desde allí a las superficies labiales 452 del cuerpo de bracket 412 y las alas de unión 416a, 416b, 418a, 418b. Parte de la tercera región tratada 440c también está situada en las caras de extremo mesial y distal 446, 448, así como las superficies mesial y distal 434, 436 de la ranura de arco de alambre 414.

Cada una de las regiones tratadas 440a, 440b, 440c puede corresponder a un cambio en la composición de aleación base. Como se expone anteriormente, específicamente con respecto a los arcos de alambre, cada una de las regiones tratadas 440a, 440b, 440c puede exhibir una diferencia en la composición de fase entre austenita y martensita a la temperatura de la cavidad oral. Por lo tanto, la relación esfuerzo-deformación en cada región se comporta de forma diferente bajo carga de impacto. El cuerpo de bracket del tipo de capas 412 representado en la figura 51 puede absorber energía de impacto y así puede reducir la probabilidad de que la unión adhesiva entre el cuerpo de bracket 412 y el diente experimente un esfuerzo suficiente para romper la unión adhesiva.

5 Se apreciará que las realizaciones de la invención no se limitan al bracket en capas ilustrado en la figura 51. El
tratamiento de un cuerpo de bracket con un haz de energía, tal como un haz láser, permite efectuar cualquier
número de configuraciones de regiones tratadas y no tratadas. A modo de ejemplo, y no de limitación, con referencia
ahora a las figuras 52-54, en las que números de referencia análogos se refieren a características análogas de la
figura 51, el bracket ortodóncico 410 puede incluir una región tratada 440 en cada una de las regiones en forma de
arco 450 de las alas de unión 416a, 416b, 418a, 418b, como se representa en las figuras 52 y 54. A modo de
ejemplo adicional y con referencia a la figura 53, en otra realización, la región tratada 440 puede incluir la superficie
base 433 de la ranura de arco de alambre 414a, 414b. La región tratada 440 se extiende a e incluye cada una de las
10 alas de unión 416a, 416b, 418a, 418b. Como en otras realizaciones, se apreciará que, aunque las regiones tratadas
440 pueden considerarse incluidas dentro, sobre o en una porción superficial, la región tratada 440 puede
extenderse más allá de la superficie y al cuerpo una cierta profundidad. Además, se entenderá que la diferencia en
la composición química entre diferentes regiones tratadas 440 o entre regiones tratadas y no tratadas no se
producirá en un punto exacto de delineación entre ellas. Más bien, la diferencia en la composición química puede
15 producirse de forma gradual y será visible con métodos conocidos, por ejemplo, microscopía.

Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante una descripción de varias realizaciones preferidas y aunque
estas realizaciones se han descrito en cierto detalle, el alcance de la invención se define por las reivindicaciones
anexas.

20

REIVINDICACIONES

1. Un aparato ortodóncico (10, 110, 132, 152, 210, 310, 410) incluyendo: una porción hecha de una aleación de memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos diferentes y una región tratada (28, 126, 146, 173, 184, 246, 340, 440) que tiene una composición de aleación que está empobrecida en al menos uno de los elementos metálicos de la composición de aleación base.
2. El aparato ortodóncico de la reivindicación 1, donde: (i) la aleación con memoria de forma es una aleación de níquel titanio (NiTi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en níquel con relación a la composición de aleación base; o: (ii) la aleación con memoria de forma es una aleación de cobre cromo níquel titanio (CuCrNiTi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en níquel y/o titanio con relación a la composición de aleación base; o (iii) la aleación con memoria de forma es una aleación de cobre aluminio níquel (CuAlNi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en al menos cobre con relación a la composición de aleación base, o (iv) la aleación con memoria de forma es una aleación de cobre aluminio níquel (CuAlNi) y la composición de aleación de la región tratada está empobrecida en al menos aluminio con relación a la composición de aleación base.
3. El aparato ortodóncico de la reivindicación 1, donde la composición de aleación base tiene una primera temperatura de acabado austenítico y la región tratada tiene una temperatura de acabado austenítico que es más alta que la primera temperatura de acabado austenítico.
4. El aparato ortodóncico de la reivindicación 1, donde la porción forma una parte de un arco de alambre, un tope, un gancho, una corona, una banda, o un bracket ortodóncico.
5. El aparato ortodóncico de la reivindicación 1, donde el aparato es un arco de alambre que tiene una longitud medida desde un extremo a otro extremo y donde la porción incluye una primera zona a lo largo de la longitud del arco de alambre, y donde preferiblemente el arco de alambre incluye una región no tratada que forma una segunda zona, teniendo la región no tratada la composición de aleación base y estando la segunda zona adyacente a la primera zona.
6. El aparato ortodóncico de la reivindicación 1, donde la porción hecha de una aleación con memoria de forma incluye un cuerpo en forma de C configurado para enganchar el arco de alambre, incluyendo el cuerpo en forma de C porciones opuestas primera y segunda que definen una abertura entremedio, y una tercera porción que se extiende entre las porciones primera y segunda y enfrente de la abertura, formando la región tratada una porción de al menos una de las porciones primera, segunda y tercera.
7. El aparato ortodóncico de la reivindicación 6, donde el cuerpo está configurado para transición entre una posición abierta y una posición cerrada cuando se calienta, estando configurado el cuerpo para enganchar el arco de alambre en la posición cerrada sin entrada mecánica.
8. El aparato ortodóncico de la reivindicación 6, donde la región tratada está expuesta a lo largo de una superficie interior de al menos una de la primera porción, la segunda porción o la tercera porción.
9. El aparato ortodóncico de la reivindicación 6, donde el cuerpo tiene un borde periférico y la superficie interior incluye al menos un nervio que está configurado para deformarse plásticamente cuando el nervio contacta el arco de alambre.
10. El aparato ortodóncico de la reivindicación 1, donde la porción hecha de una aleación con memoria de forma incluye un cuerpo incluyendo una pared lateral que tiene un margen apical que define una abertura para recibir un diente, incluyendo además la pared lateral la región tratada.
11. El aparato ortodóncico de la reivindicación 10, donde el cuerpo incluye además: una superficie interior configurada para contactar el diente, incluyendo la superficie interior la región tratada.
12. El aparato ortodóncico de la reivindicación 10, donde el cuerpo está configurado para la transición desde un estado ampliado deformado a un estado contraído cuando se calienta a una temperatura operativa.
13. El aparato ortodóncico de la reivindicación 1, donde la porción hecha de una aleación con memoria de forma incluye un cuerpo de bracket incluyendo una ranura de arco de alambre configurada para recibir el arco de alambre, formando la región tratada al menos una porción del cuerpo de bracket.
14. El aparato ortodóncico de la reivindicación 13, donde el cuerpo de bracket incluye además un elemento ligante integral que tiene una posición abierta y una posición cerrada, de modo que el bracket ortodóncico es un bracket ortodóncico autoligante, donde el elemento ligante integral incluye la región tratada.

15. El aparato ortodóncico de la reivindicación 13, donde el cuerpo de bracket incluye regiones no tratadas de la composición de aleación base y las regiones no tratadas no exhiben propiedades superelásticas durante el tratamiento ortodóncico.
- 5 16. El aparato ortodóncico de la reivindicación 13, donde la región tratada tiene propiedades de memoria de forma a un rango de temperatura inferior a la temperatura operativa normal de la cavidad oral.
17. Un método de fabricar un aparato ortodóncico (10, 110, 132, 152, 210, 310, 410) incluyendo:
- 10 exponer el aparato ortodóncico hecho de una aleación con memoria de forma que tiene una composición de aleación base de al menos dos elementos metálicos diferentes a una fuente de energía; y
- 15 tratar una superficie del aparato ortodóncico con la fuente de energía para quitar al menos uno de los elementos metálicos de una región incluyendo la superficie para formar una región tratada (28, 126, 146, 173, 184, 246, 340, 440) que se empobrece en al menos un elemento metálico con relación a la composición de aleación base.

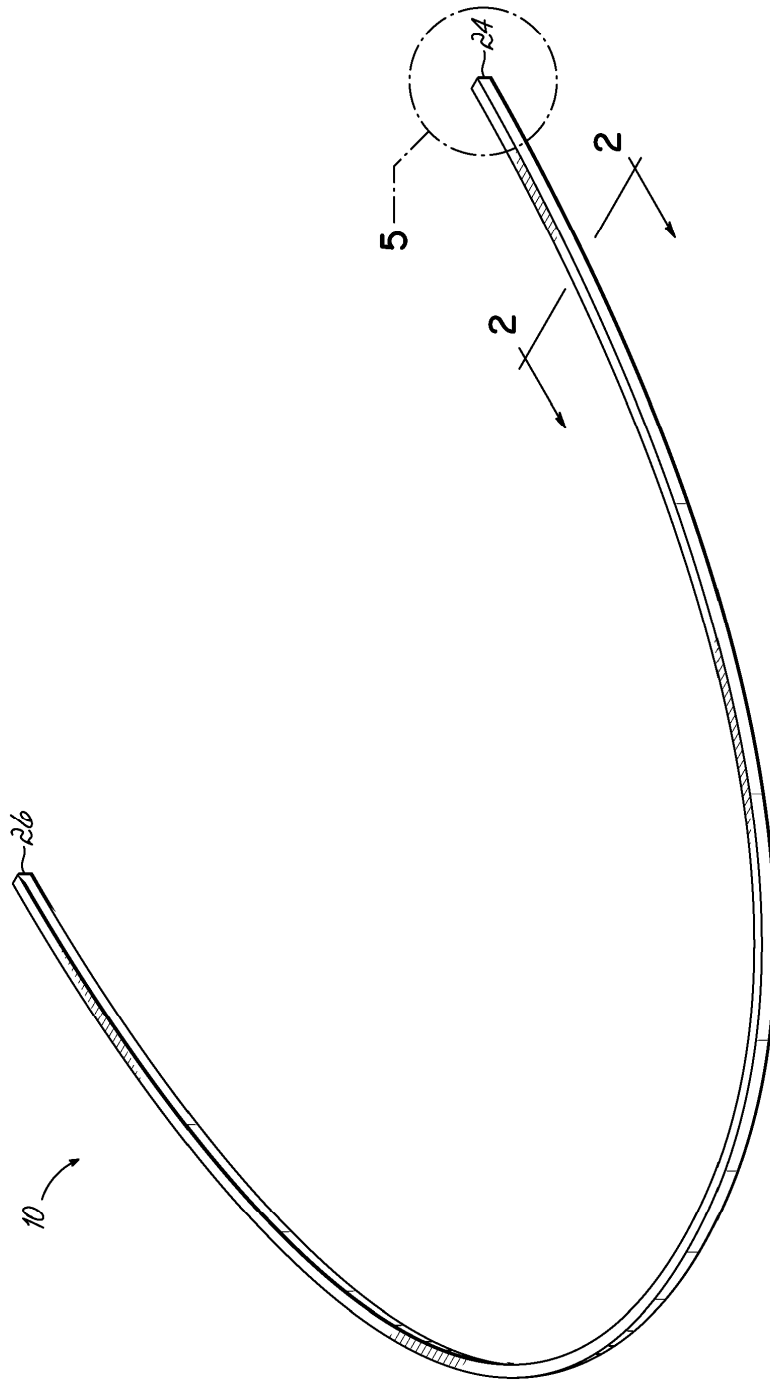


FIG. 1

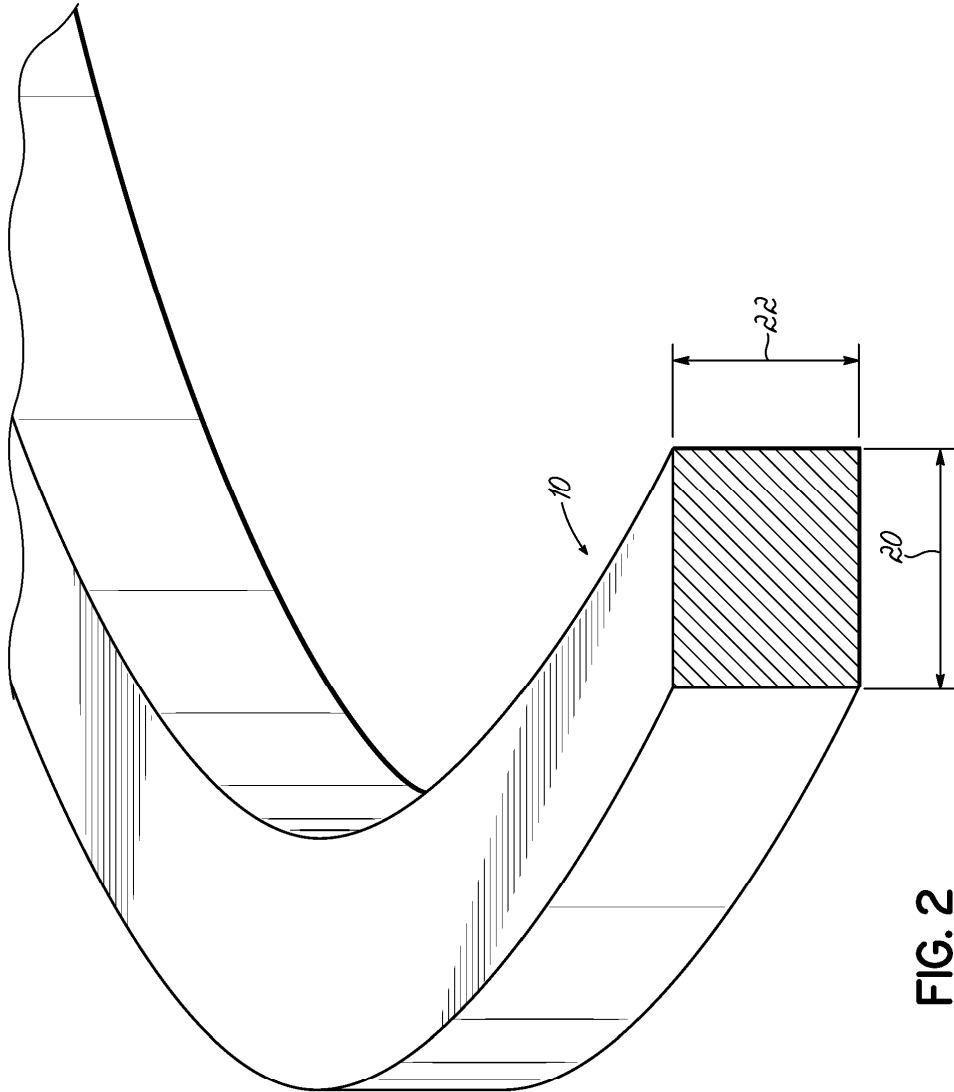


FIG. 2

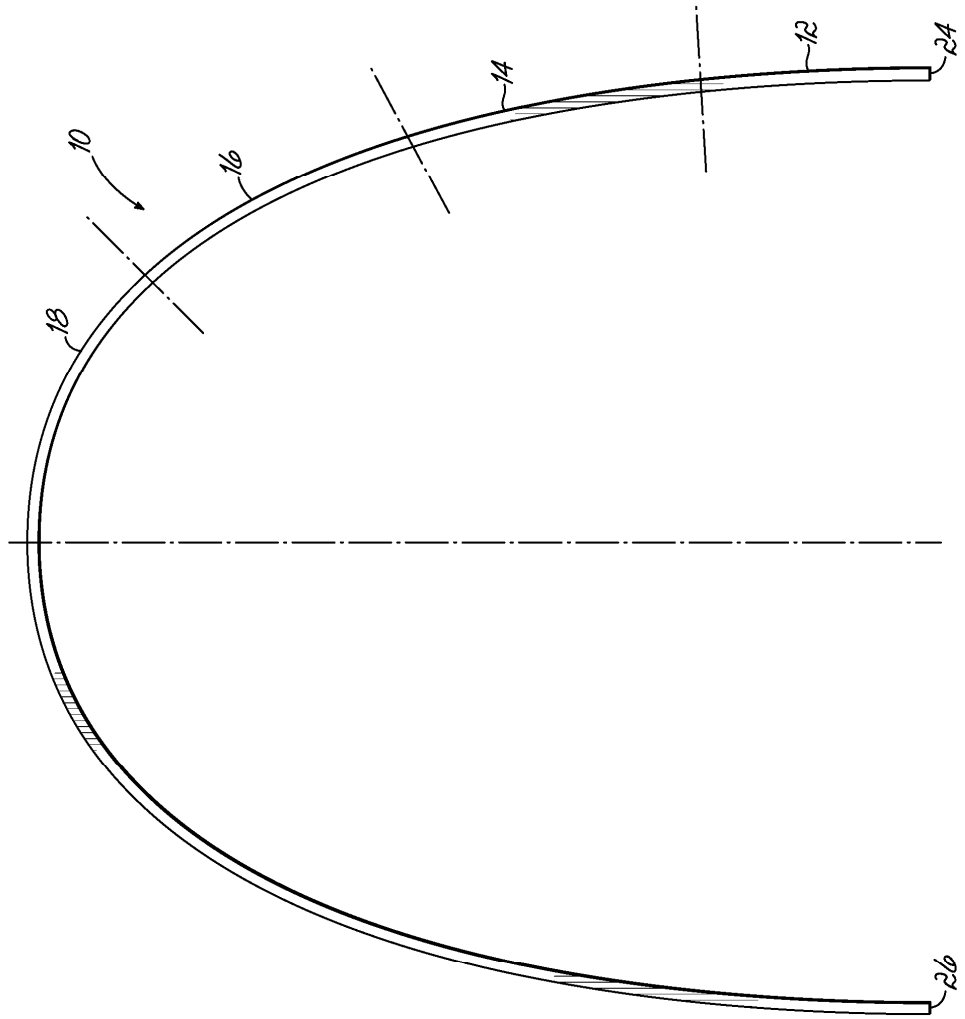


FIG. 3

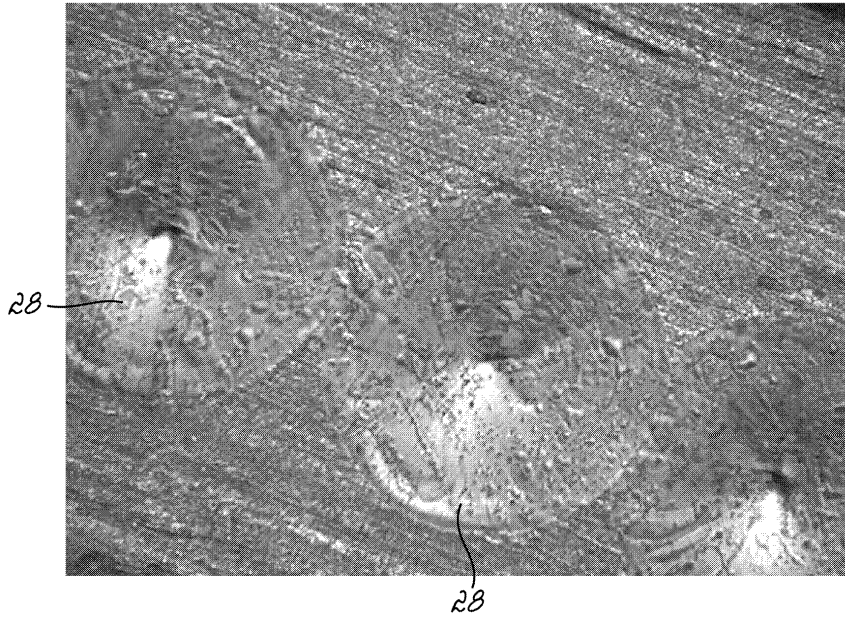


FIG. 4

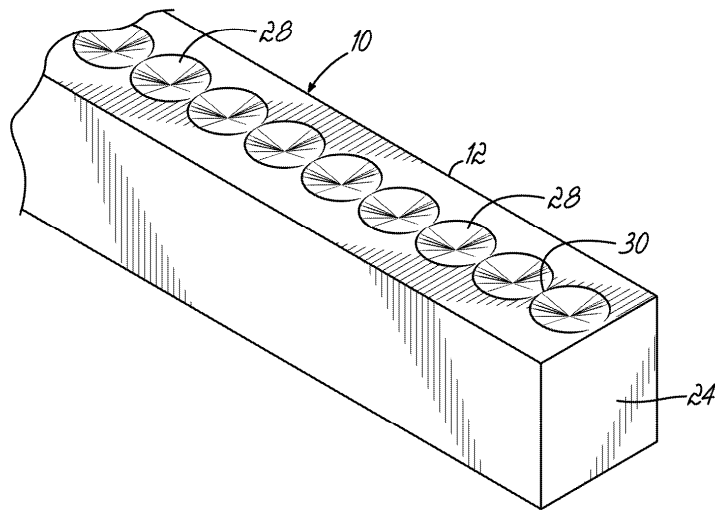


FIG. 5

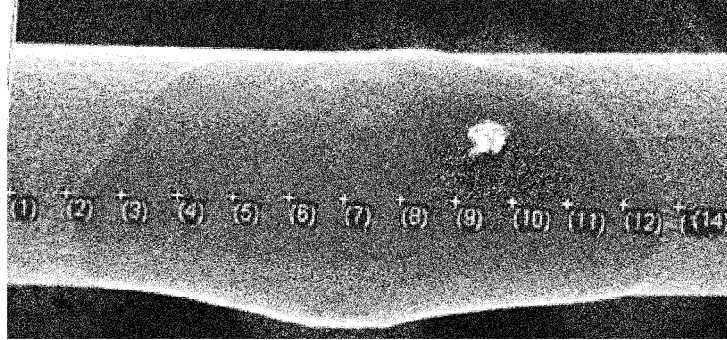


FIG. 6

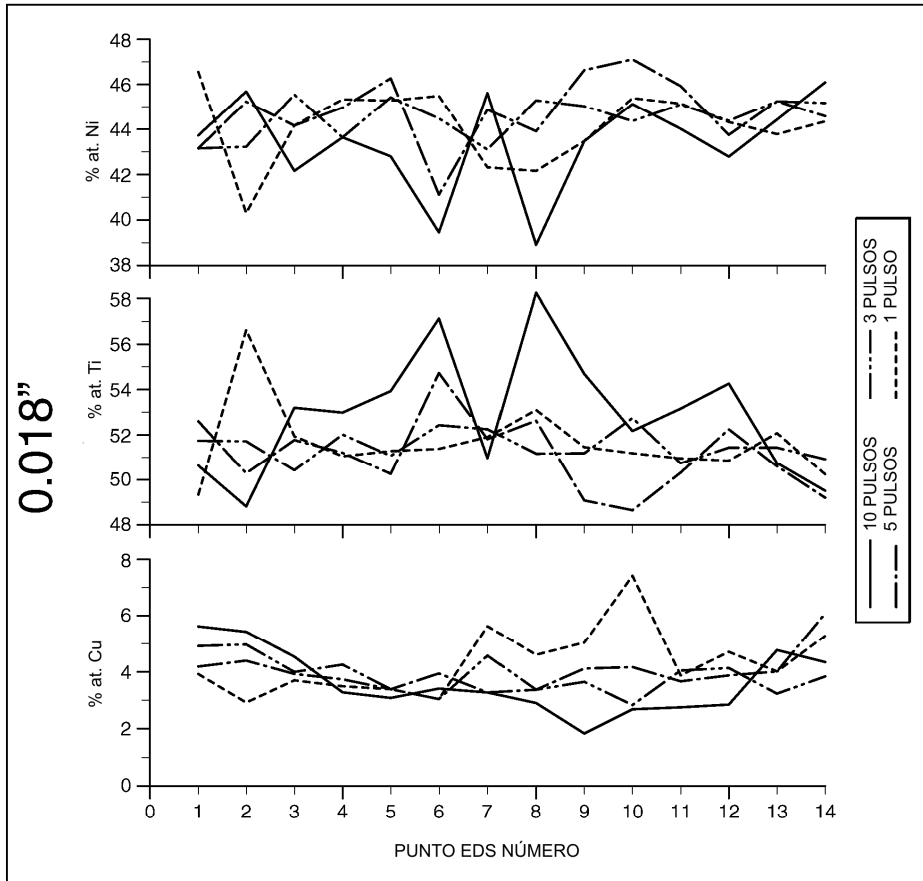


FIG. 7

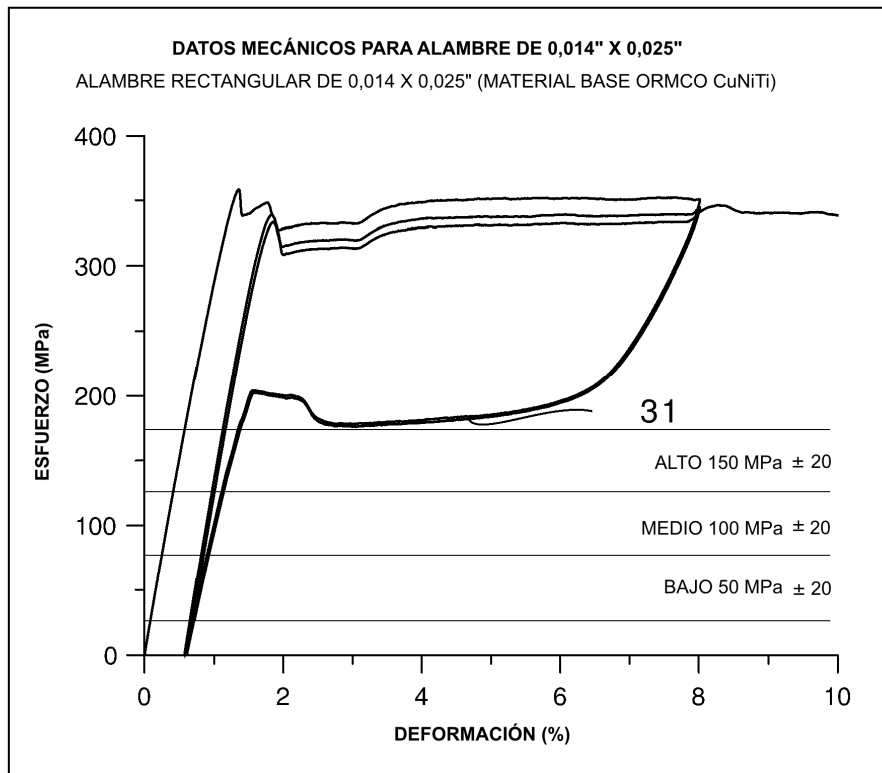


FIG. 8

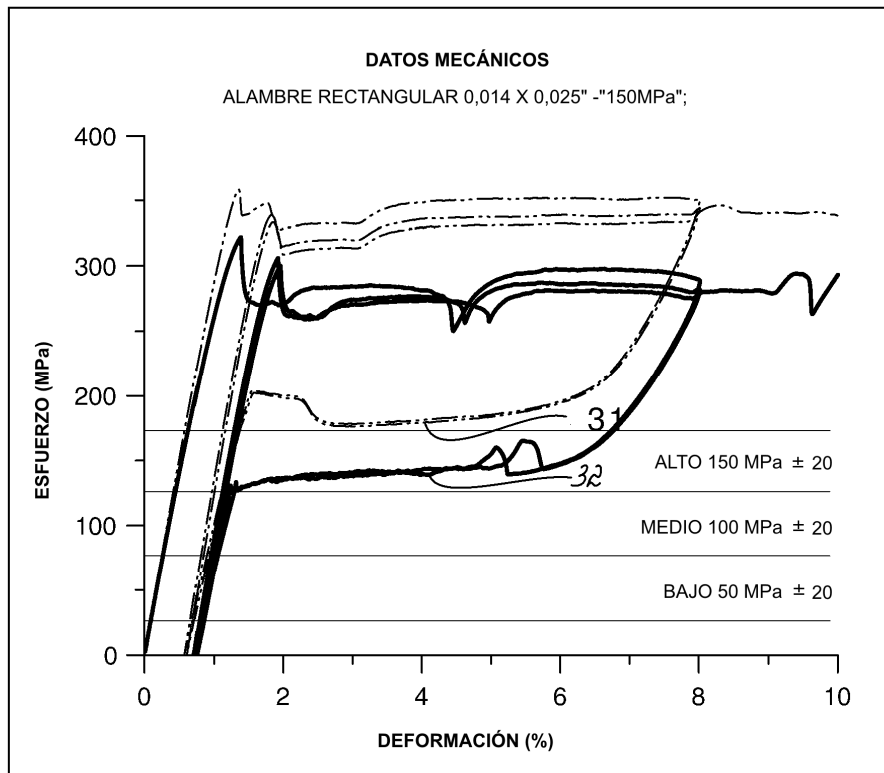


FIG. 9

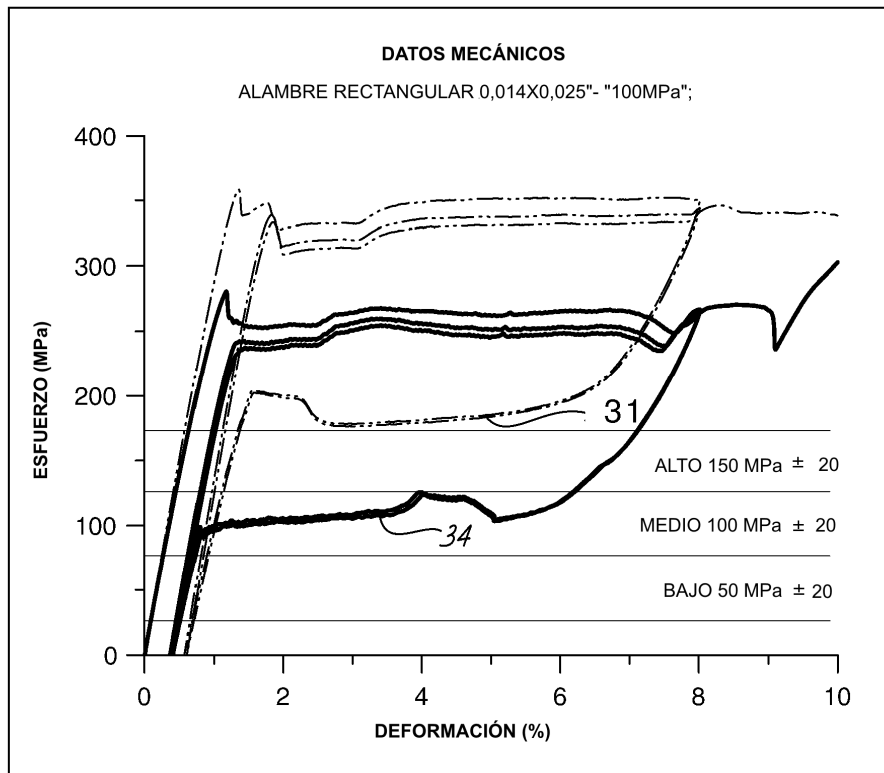


FIG. 10

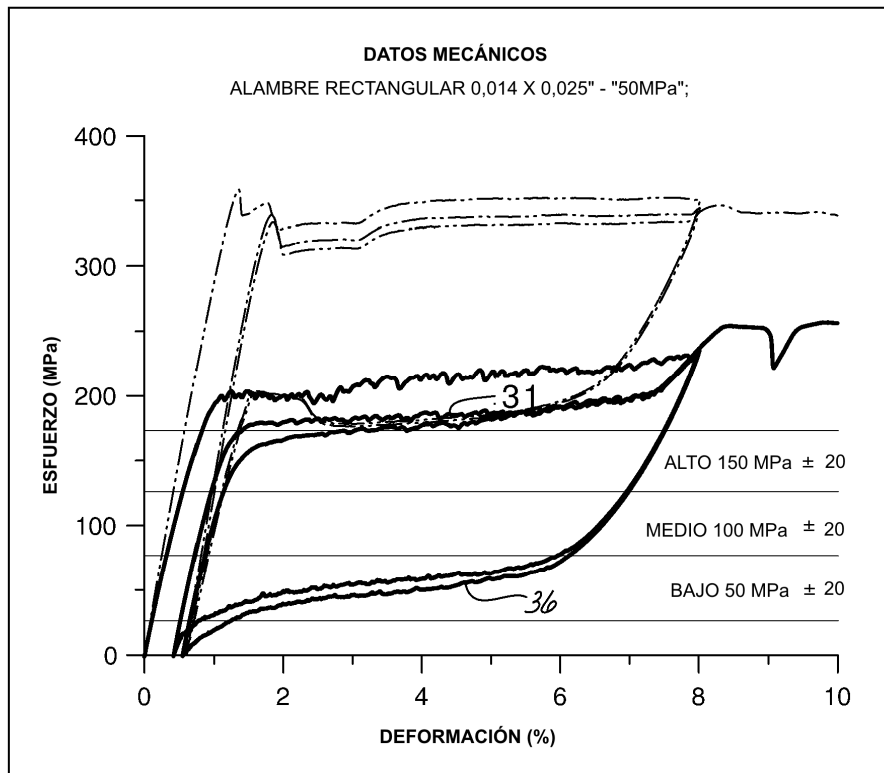


FIG. 11

COMPARACIÓN BIOFORCE - MMMT

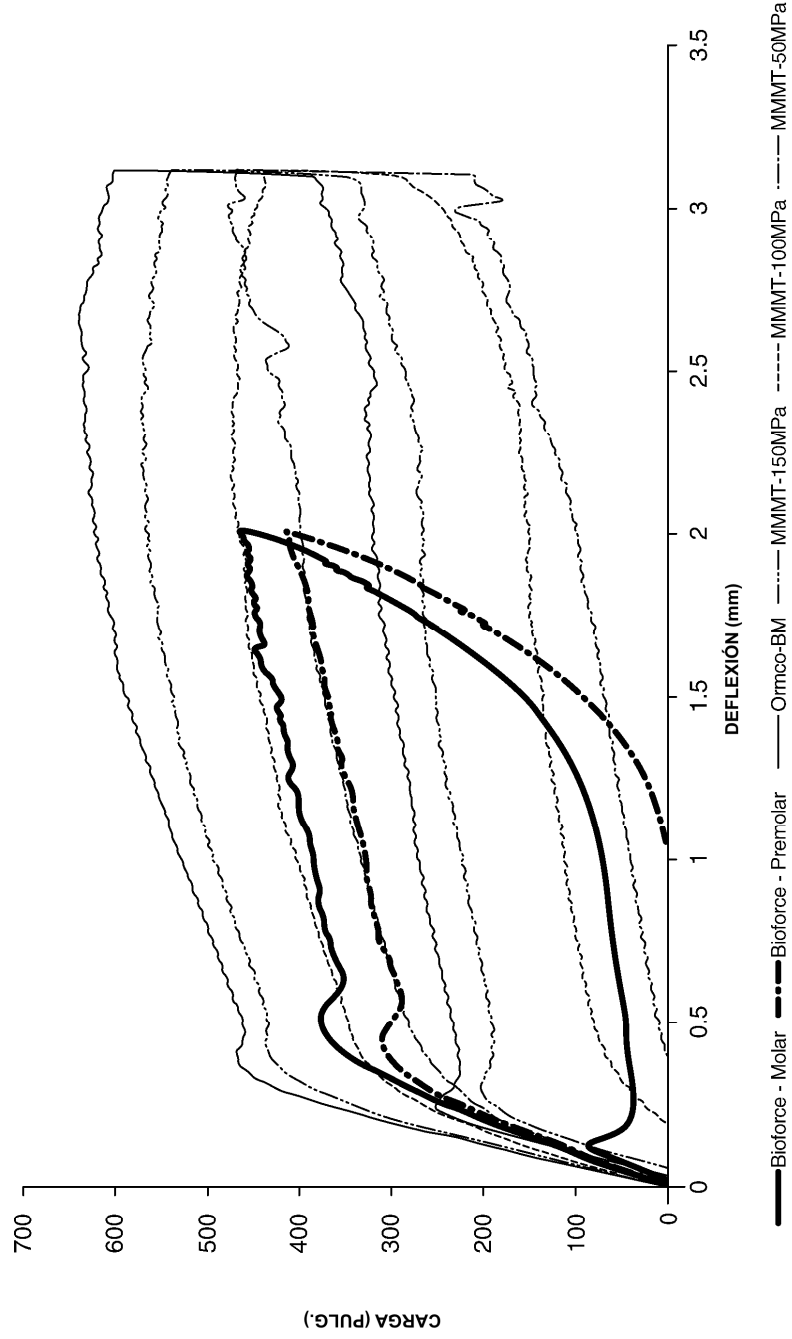


FIG. 12

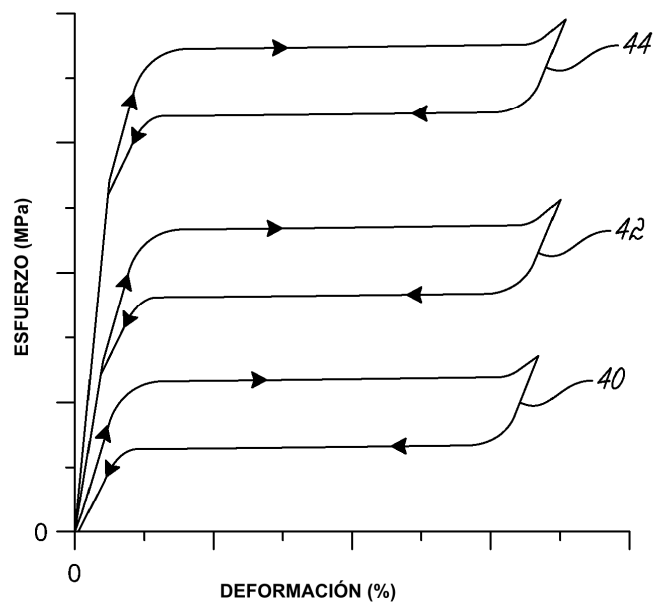


FIG. 13

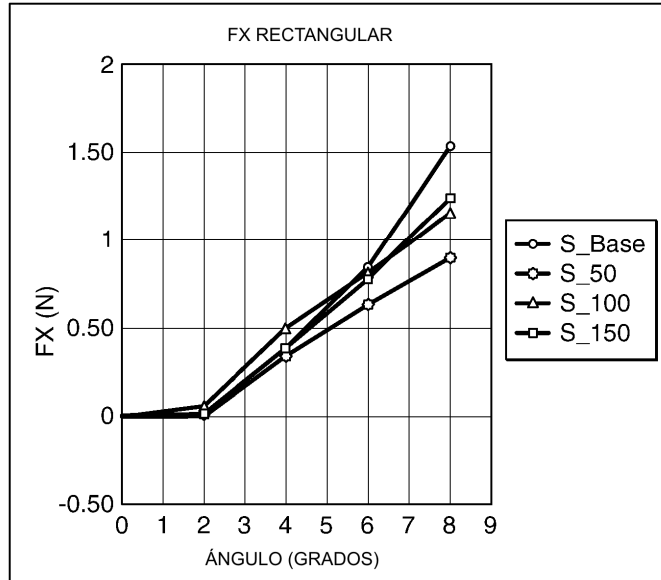


FIG. 14A

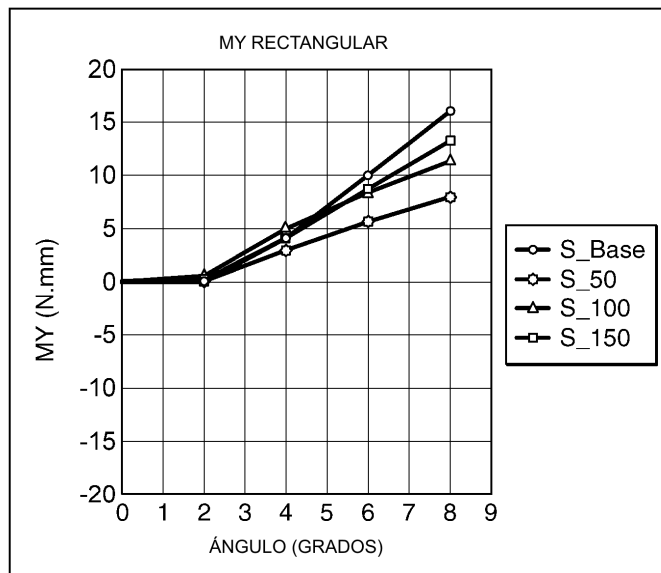


FIG. 14B

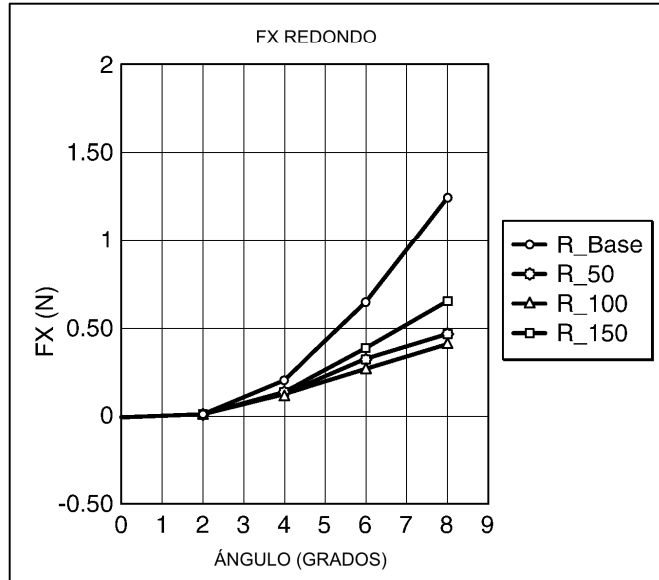


FIG. 15A

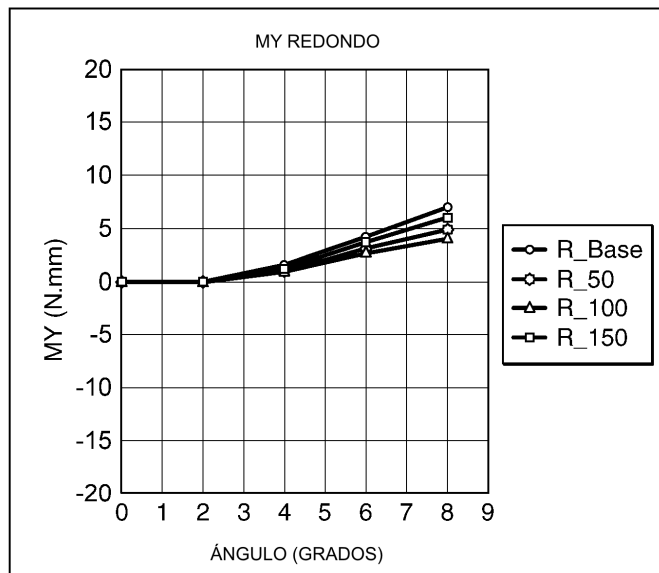


FIG. 15B

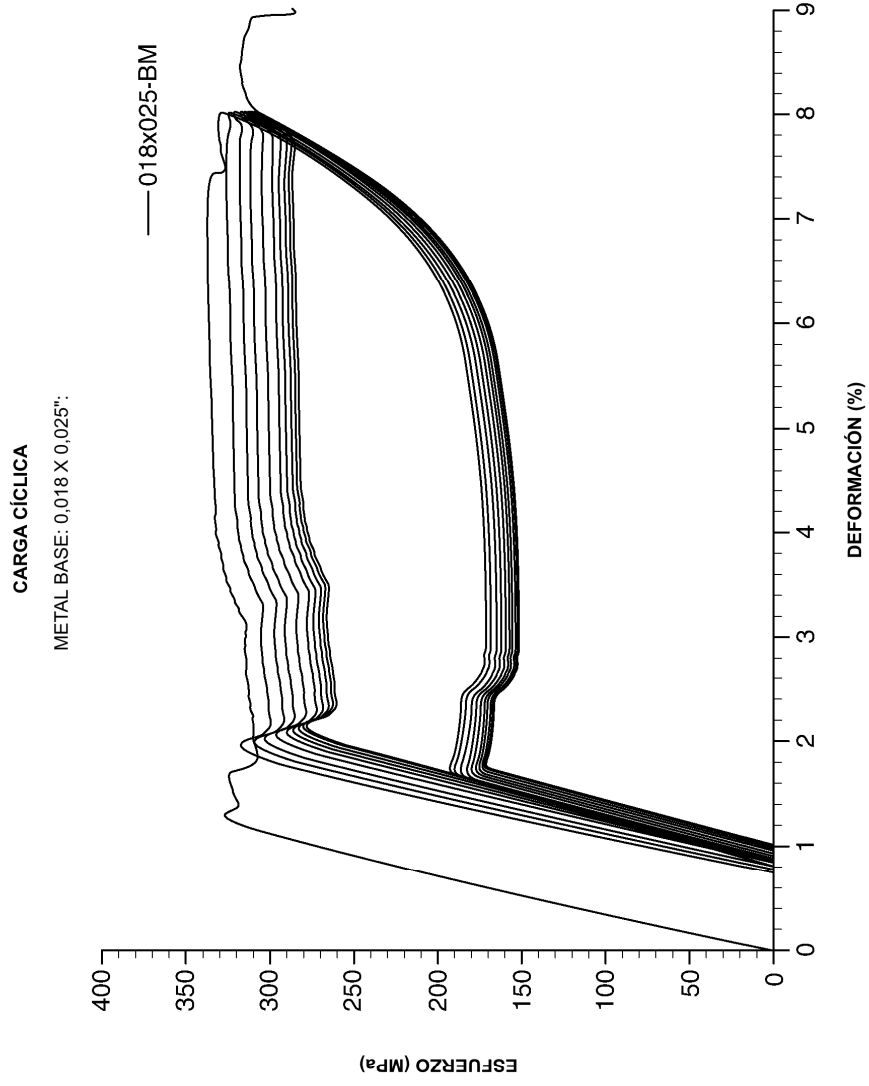


FIG. 16

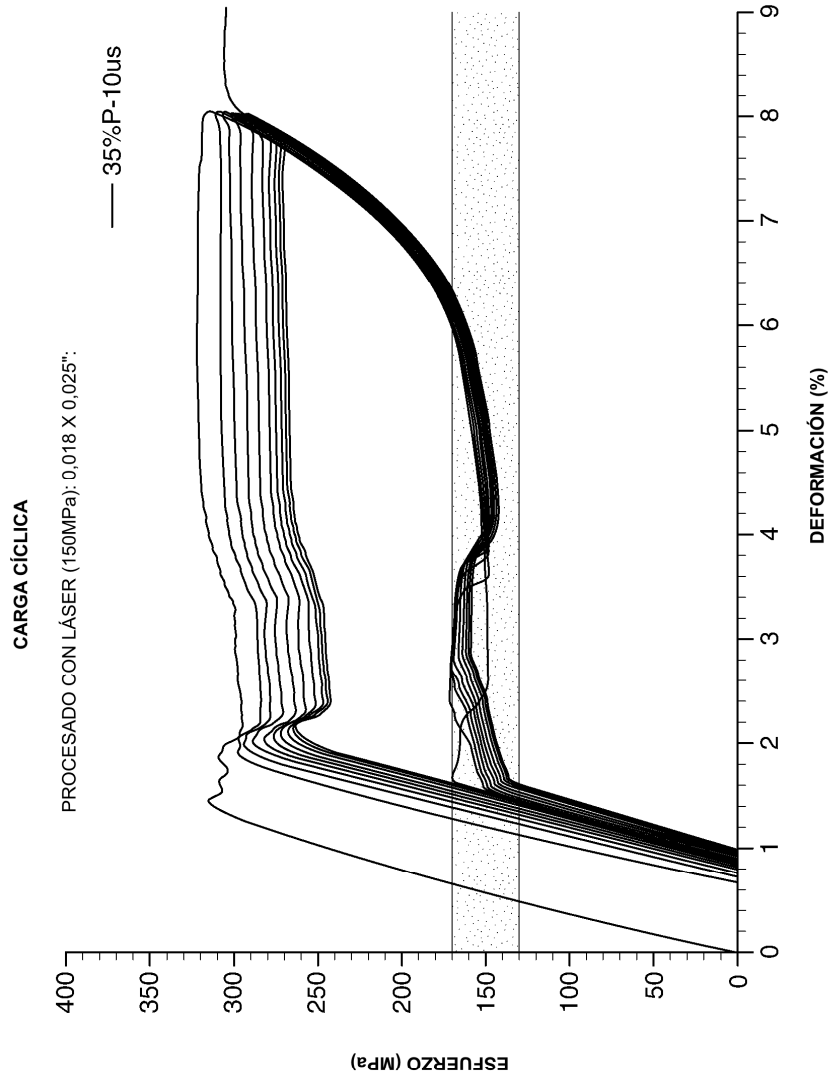


FIG. 17

RESULTADOS OSIM

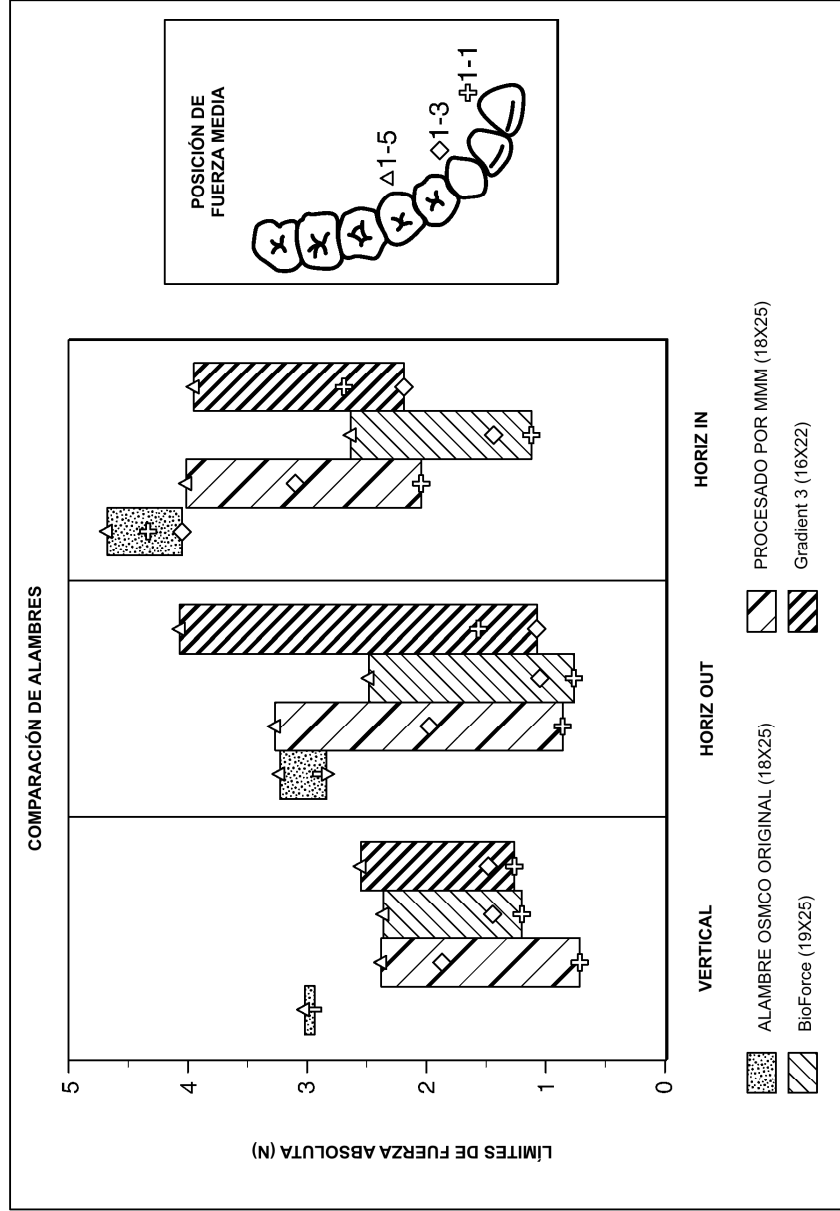


FIG. 18

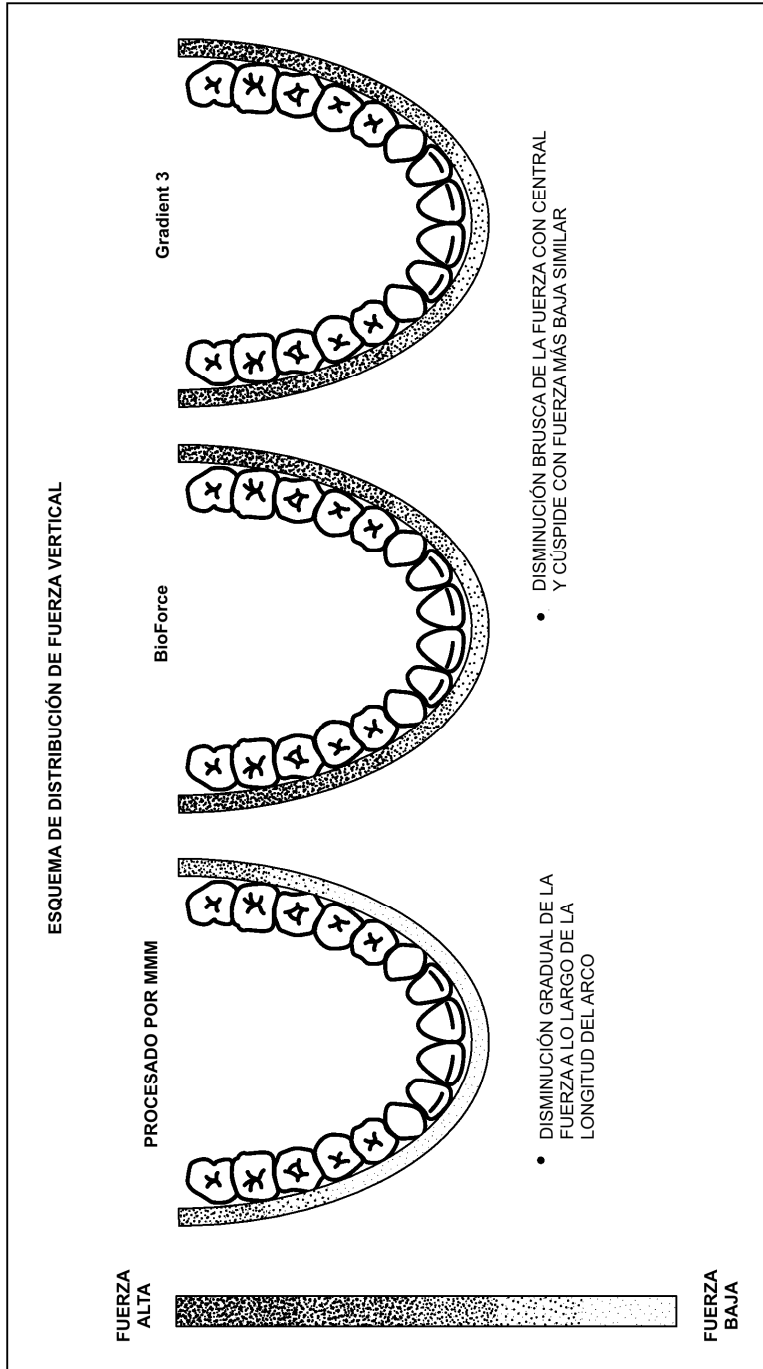


FIG. 19

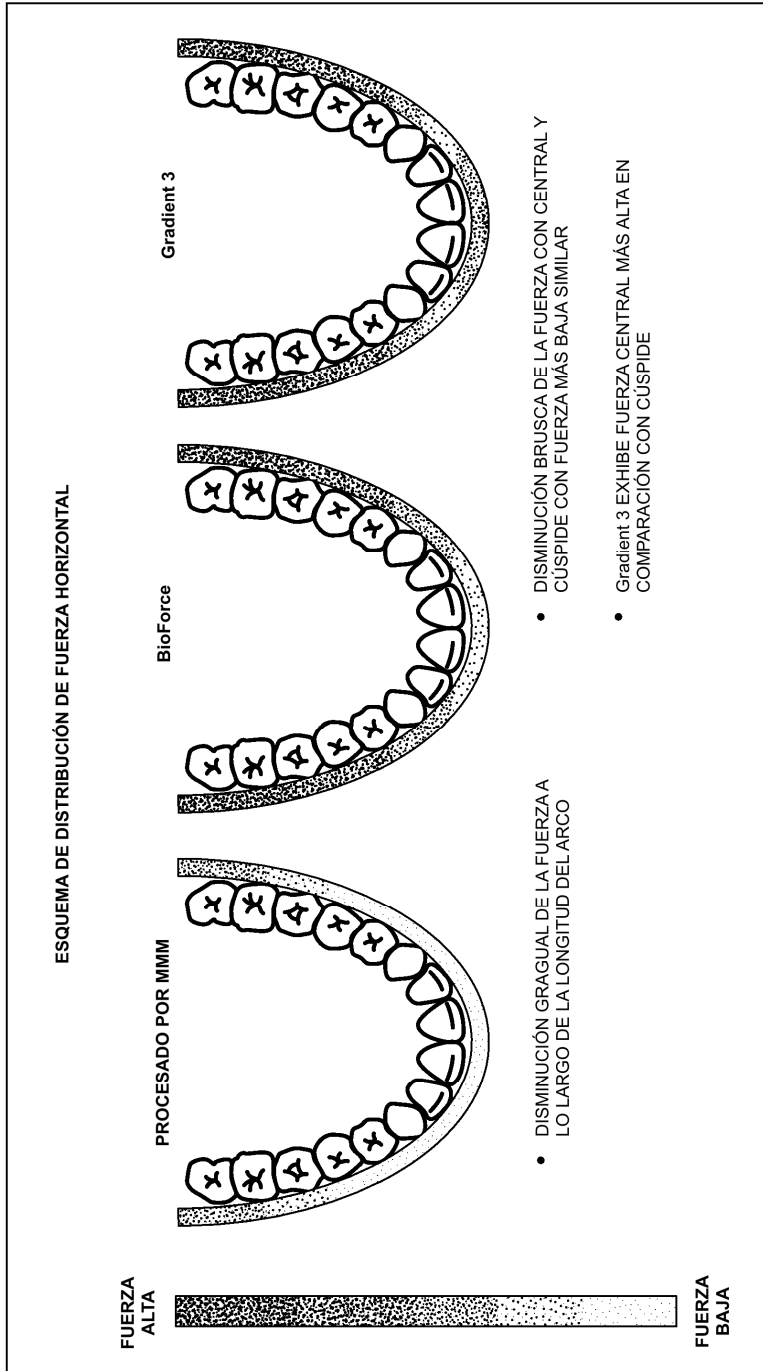


FIG. 20

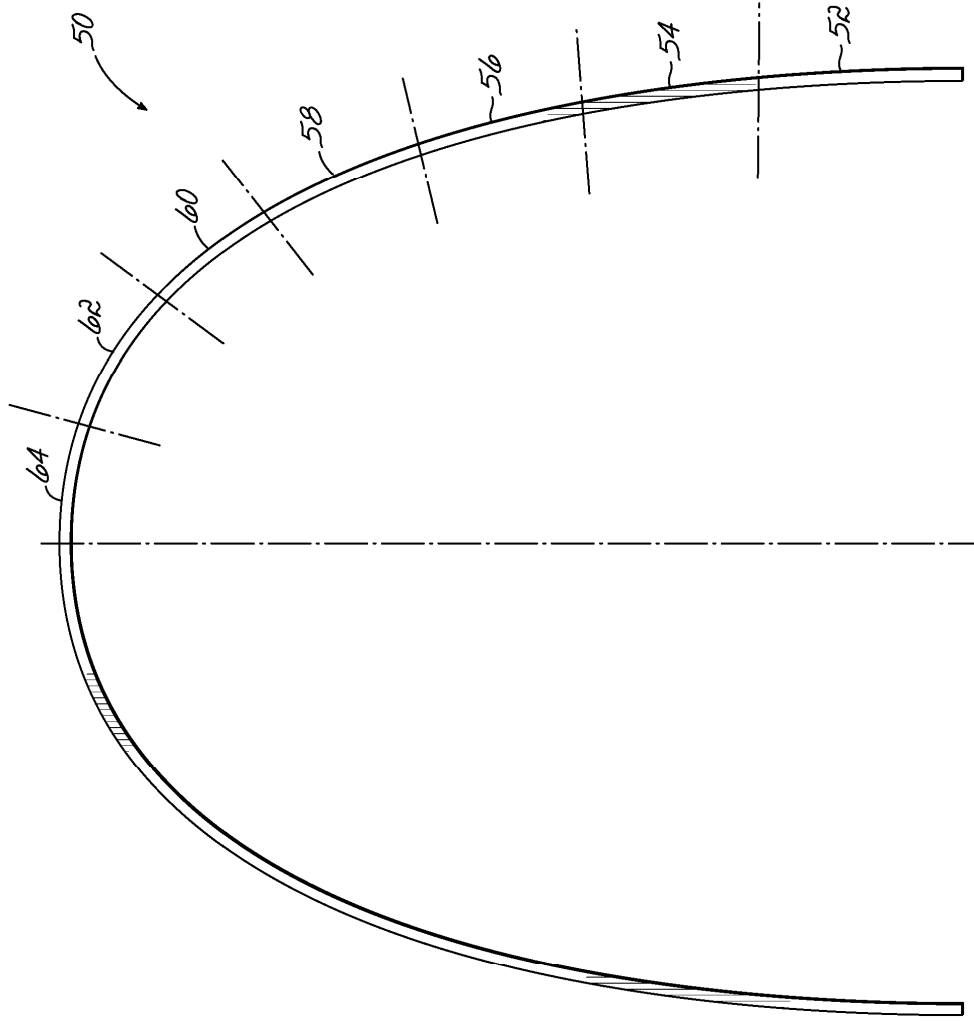


FIG. 21

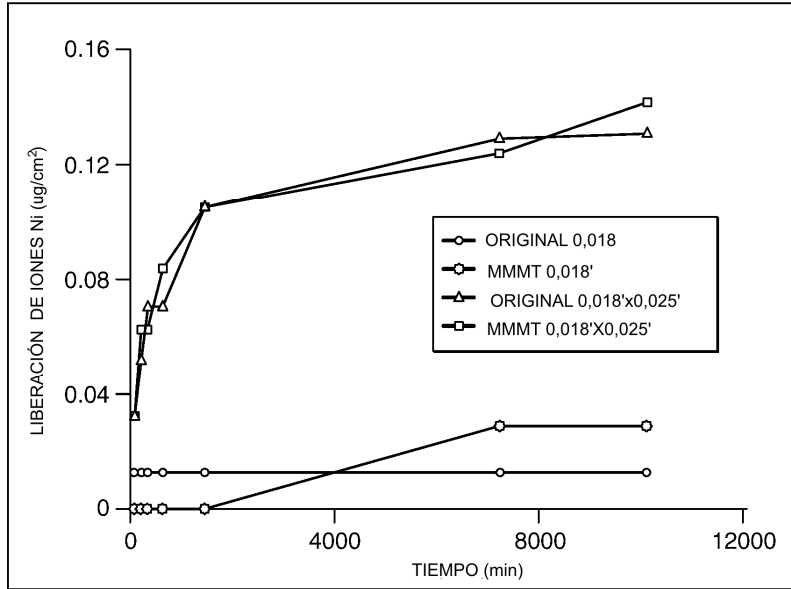


FIG. 22

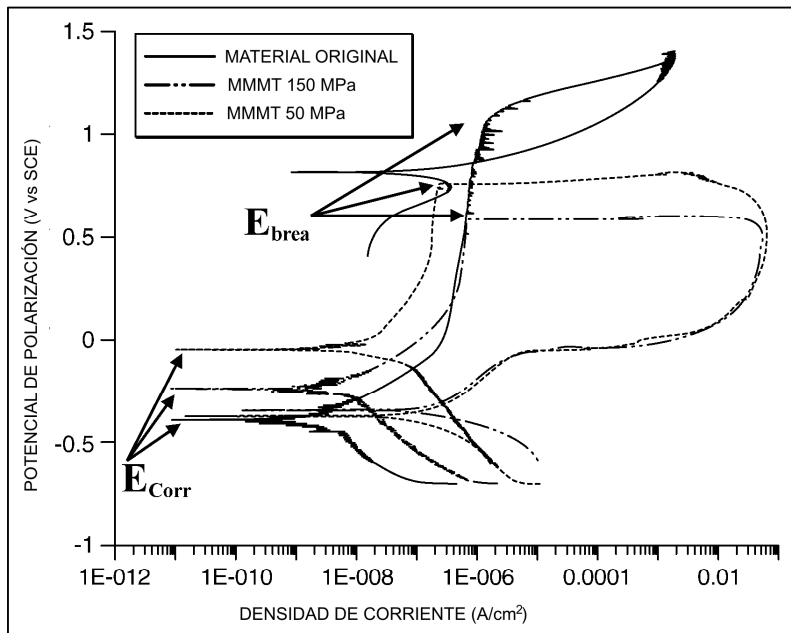


FIG. 23

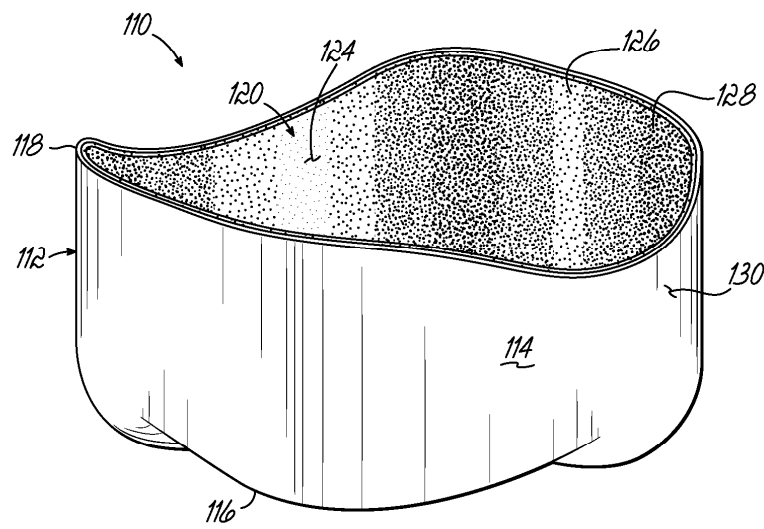


FIG. 24

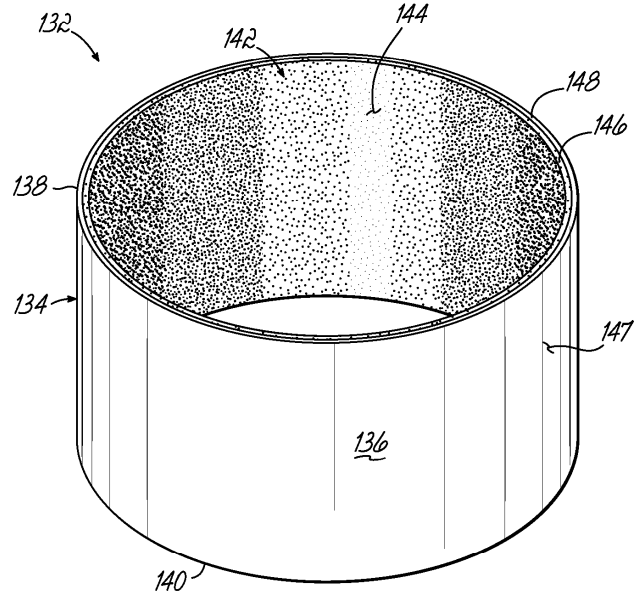


FIG. 25

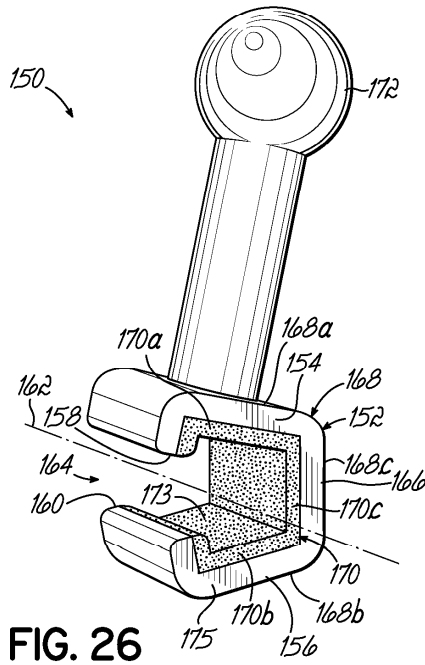


FIG. 26

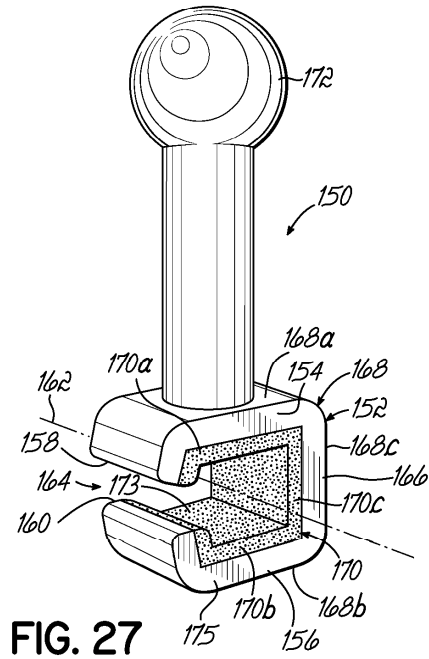


FIG. 27

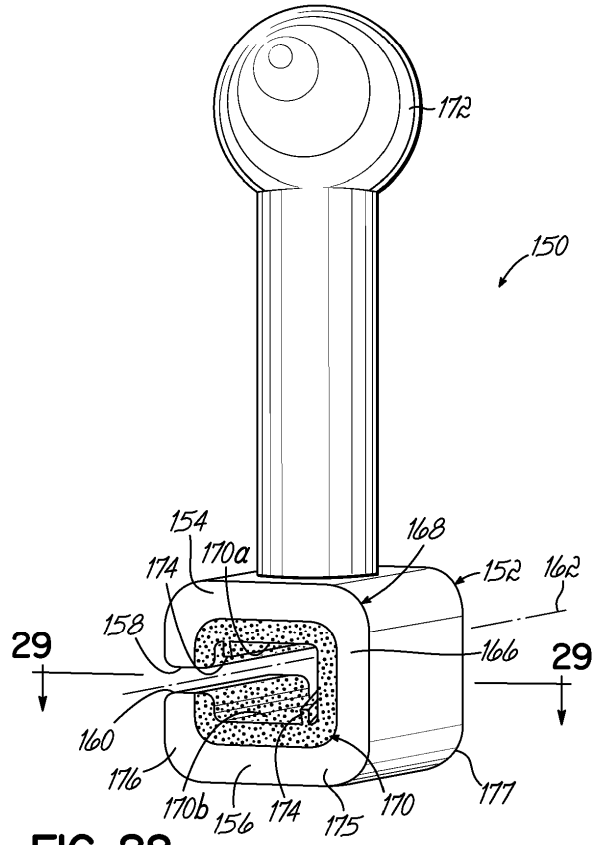


FIG. 28

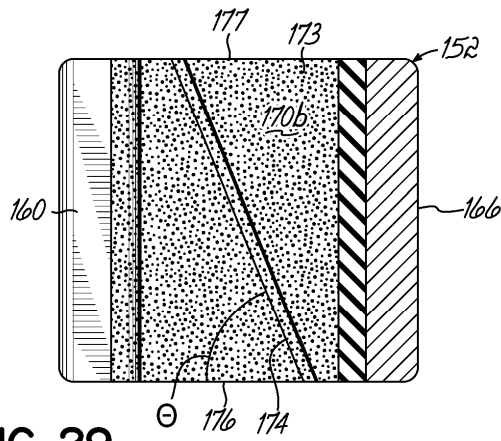


FIG. 29

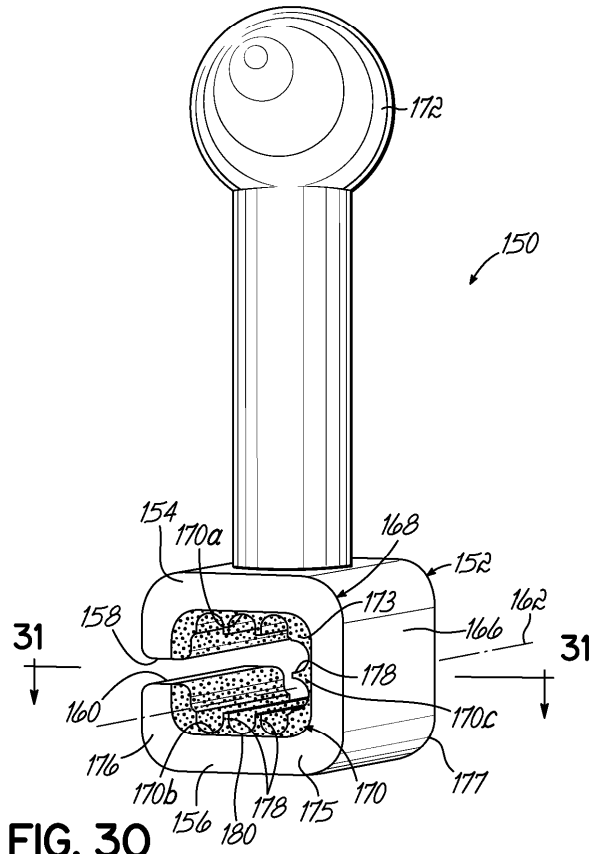


FIG. 30

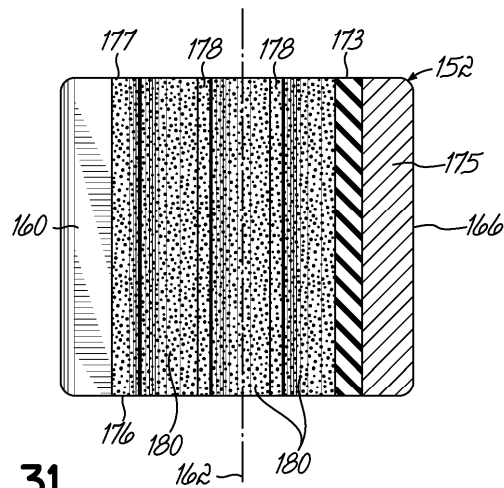


FIG. 31

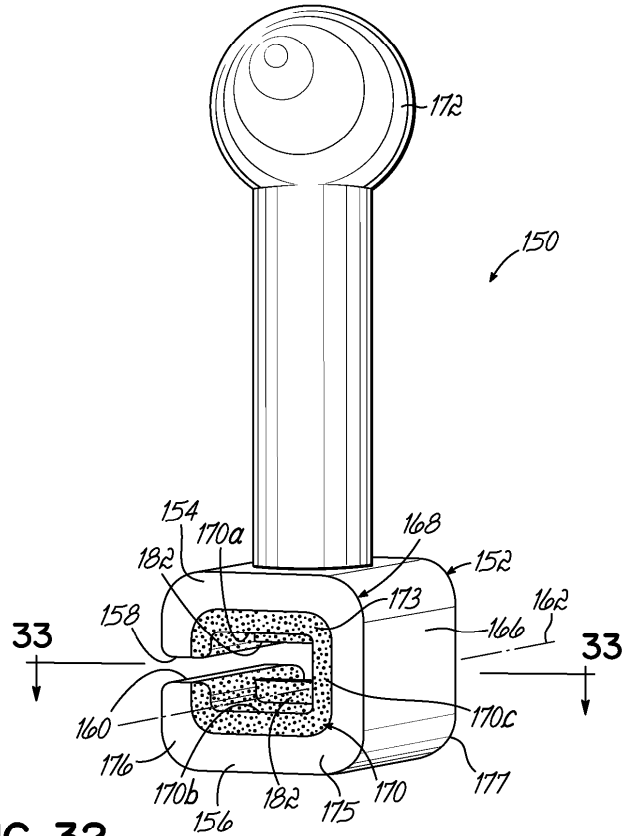


FIG. 32

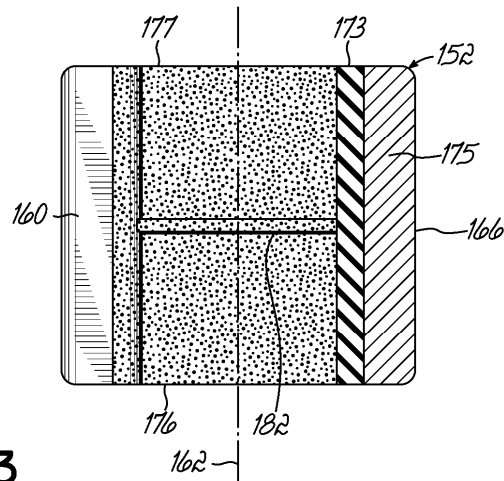


FIG. 33

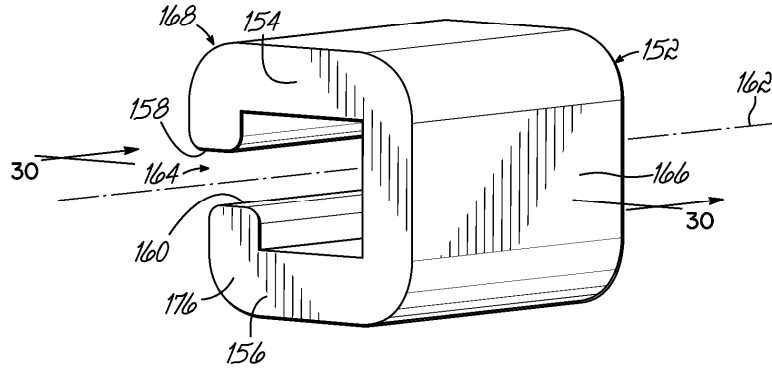


FIG. 34A

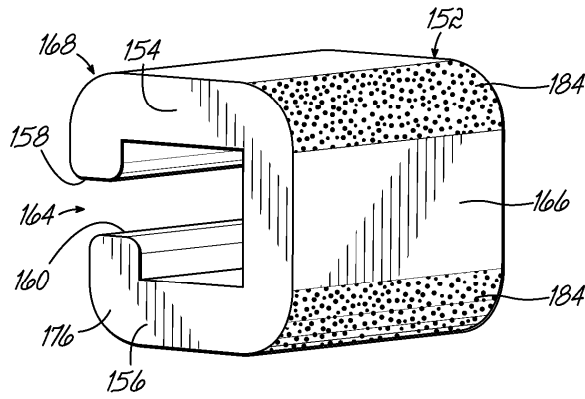


FIG. 34B

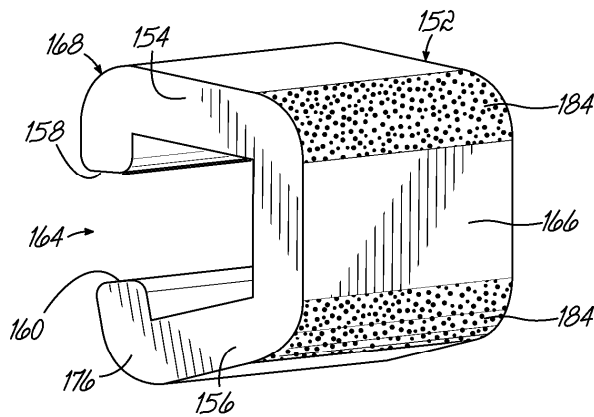


FIG. 34C

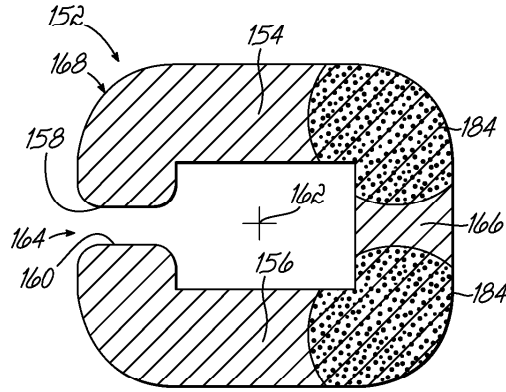


FIG. 35

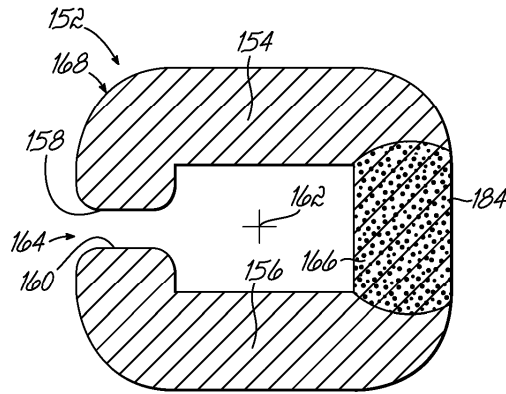


FIG. 36

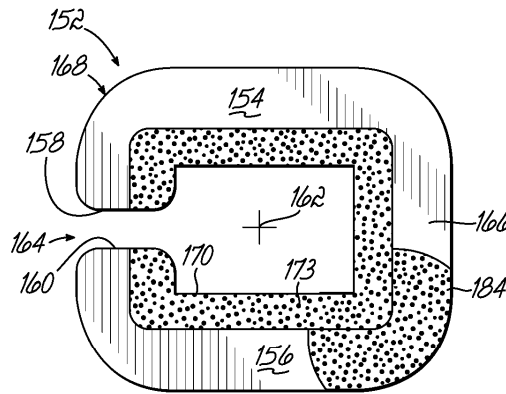


FIG. 37

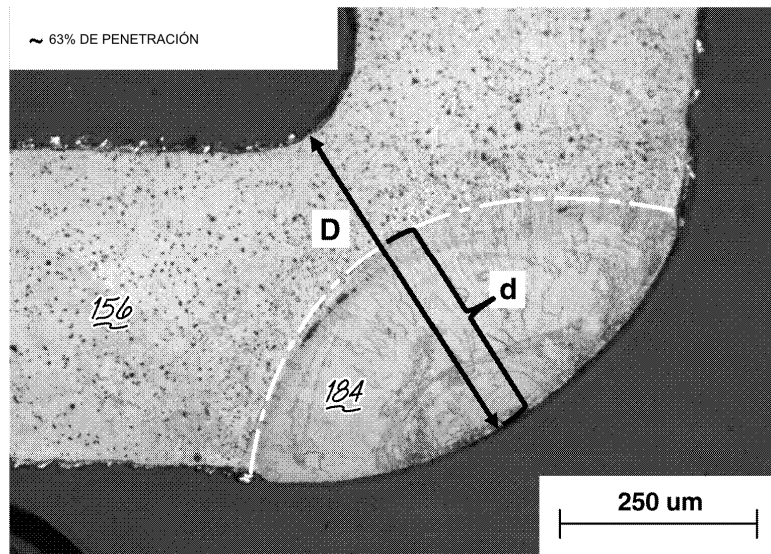


FIG. 38

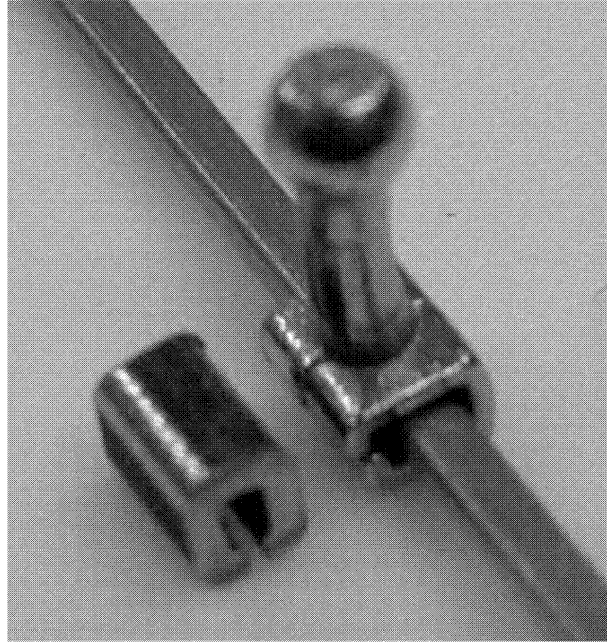


FIG. 39



FIG. 40

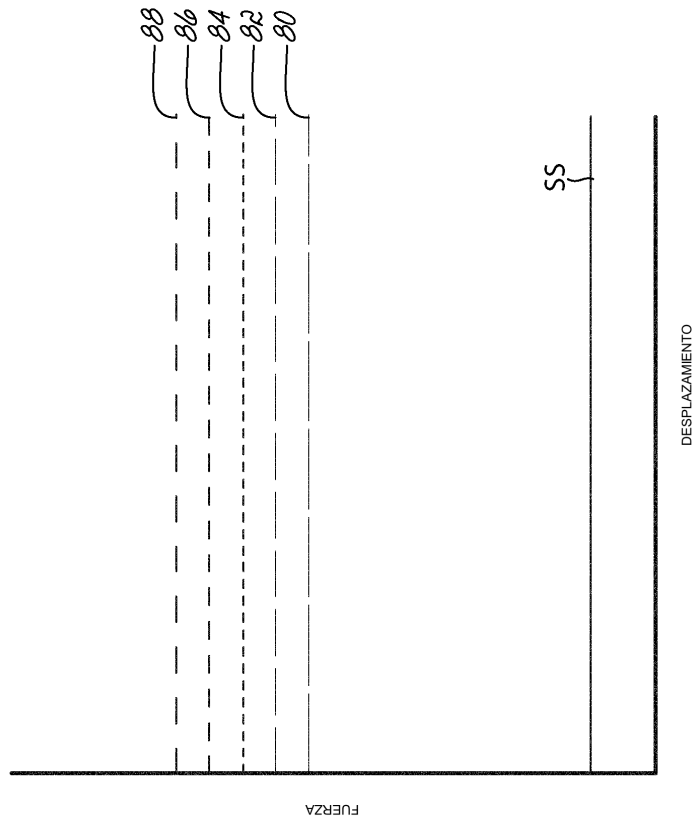


FIG. 41

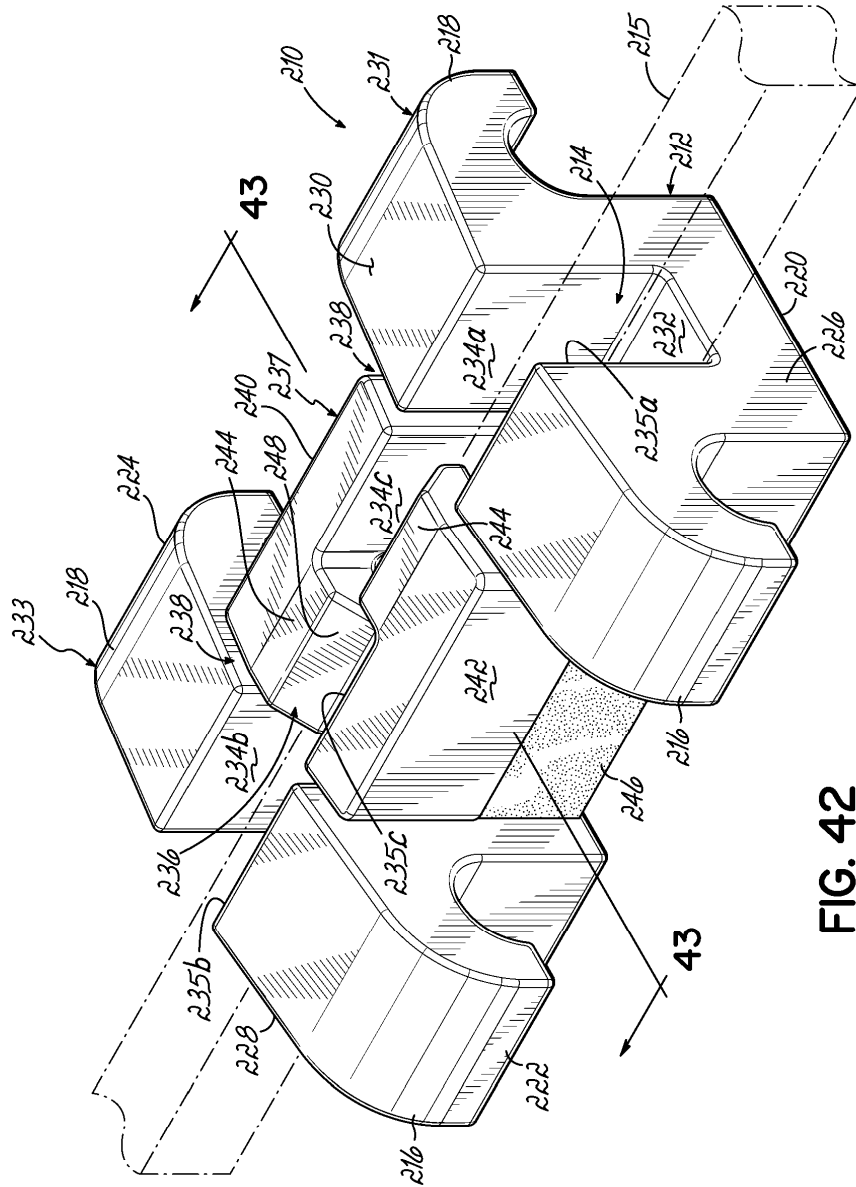


FIG. 42

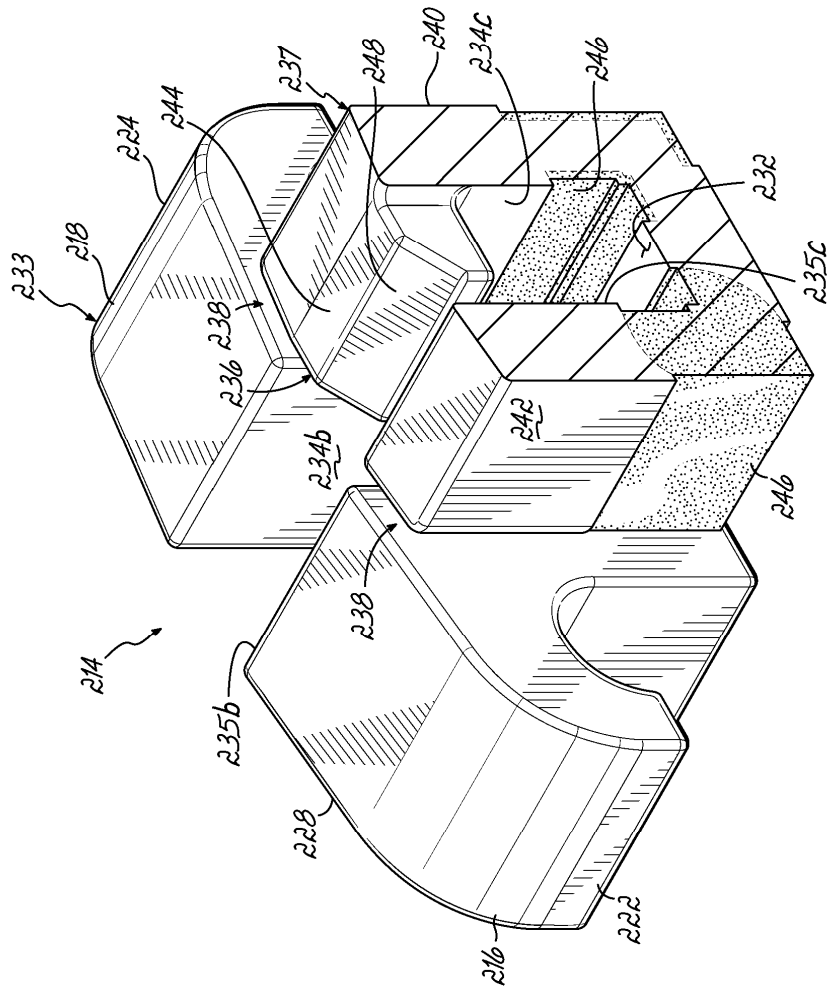


FIG. 43A

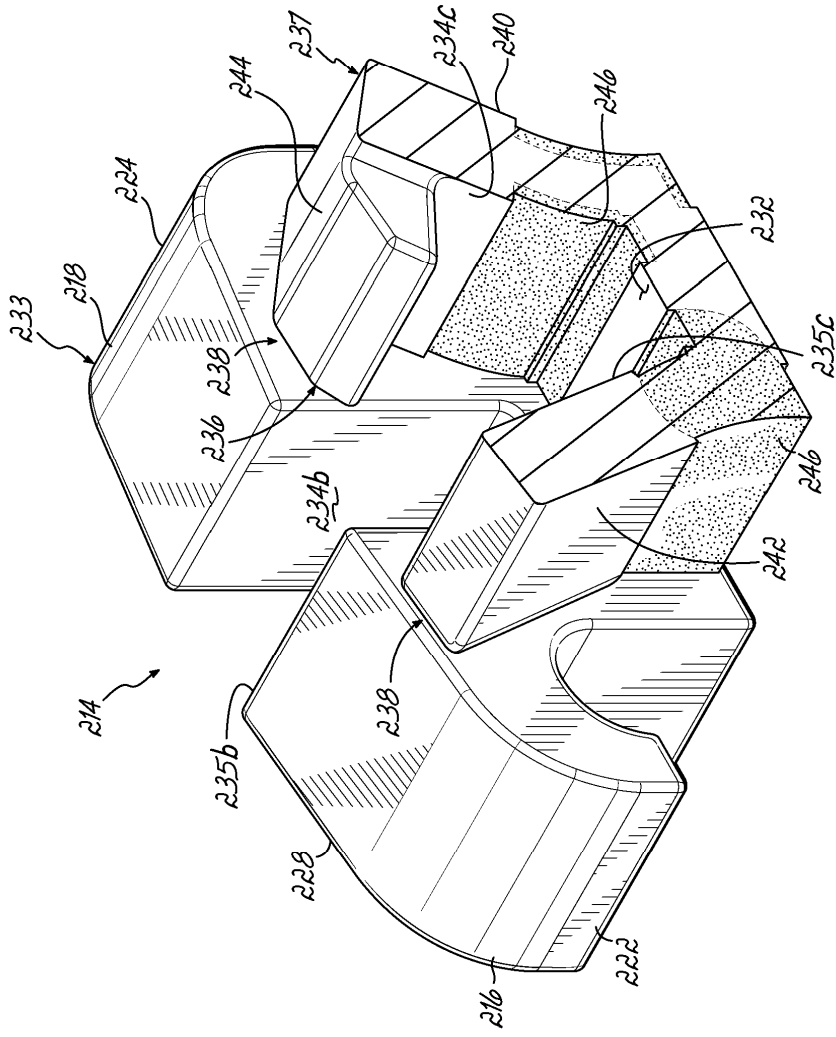


FIG. 43B

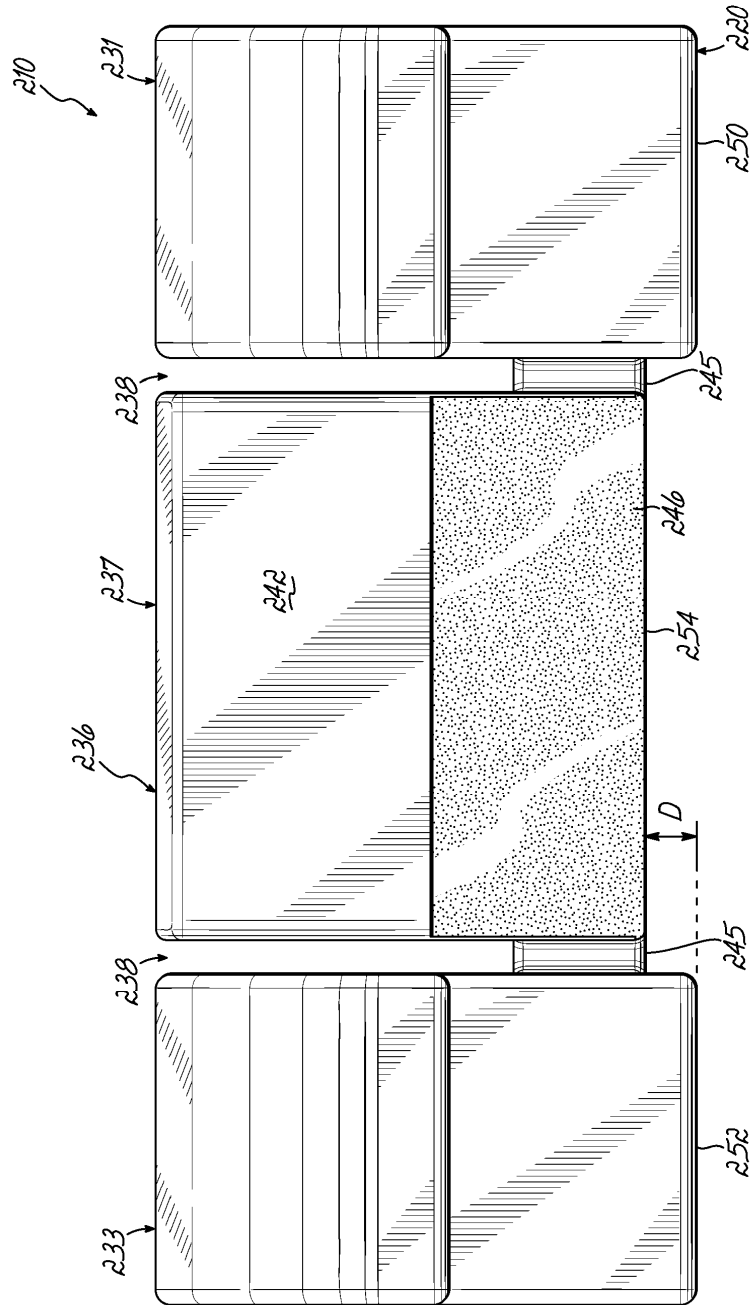


FIG. 44

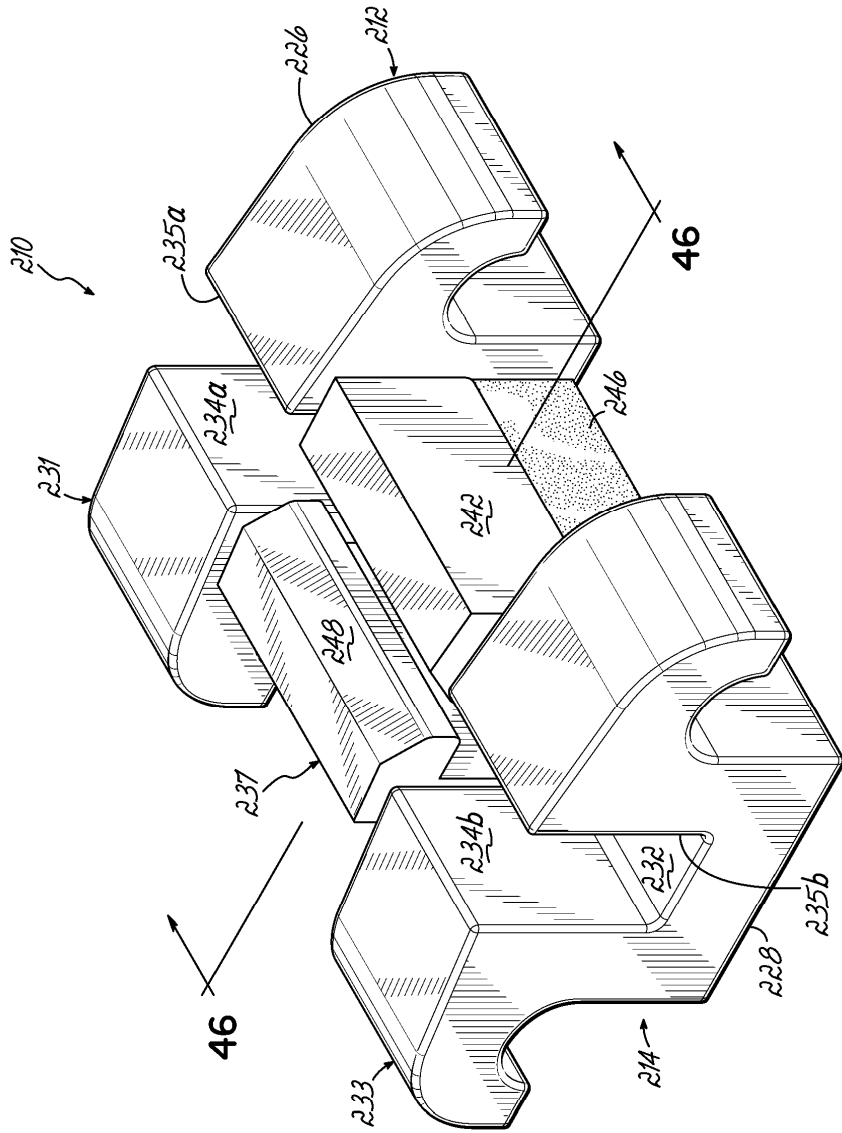


FIG. 45

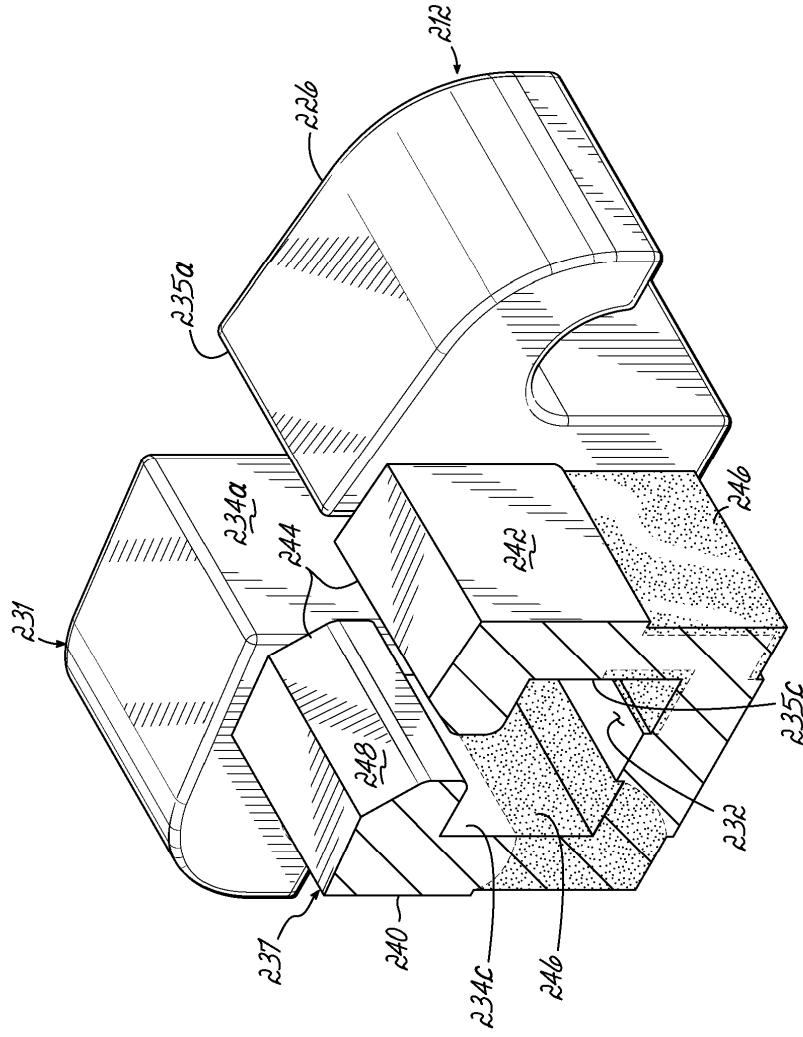


FIG. 46A

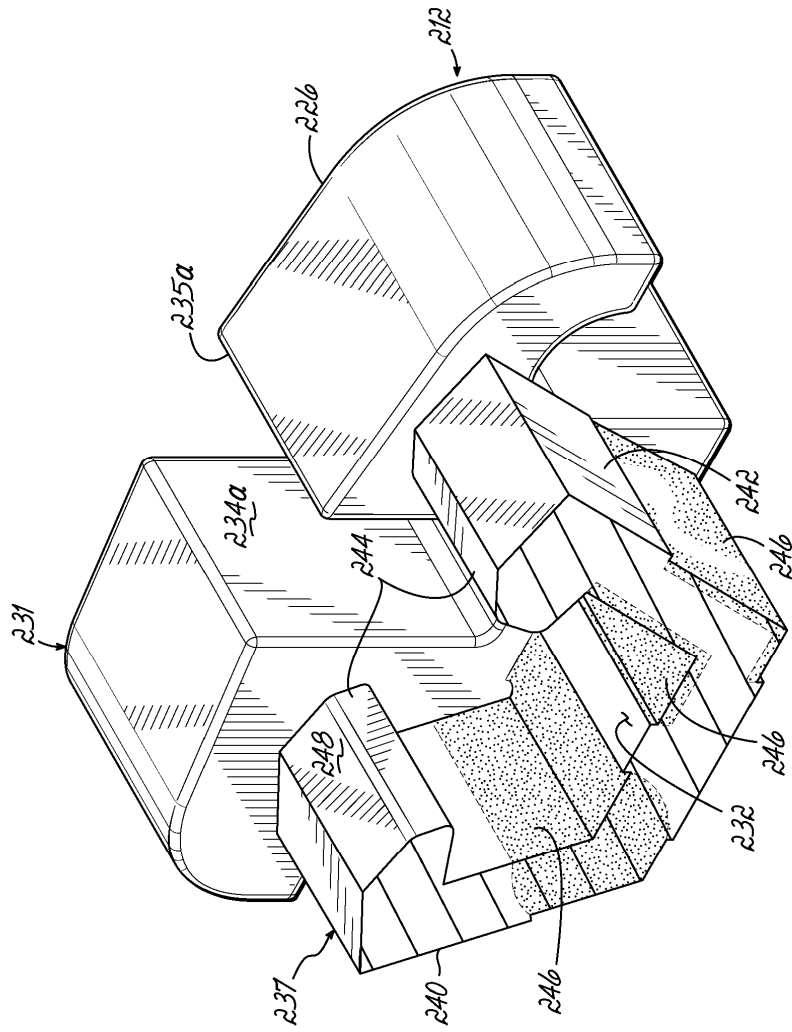


FIG. 46B

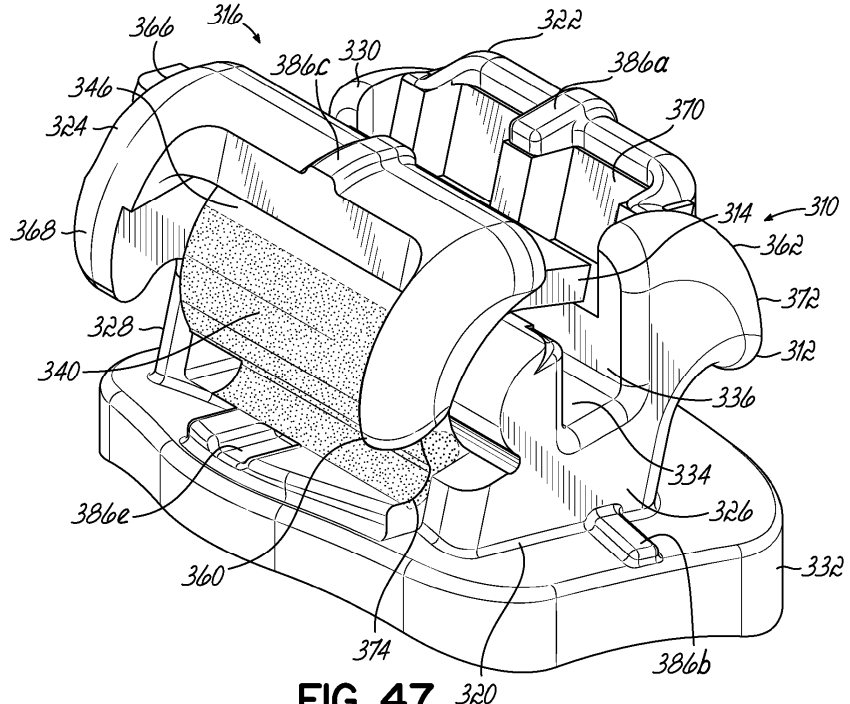


FIG. 47

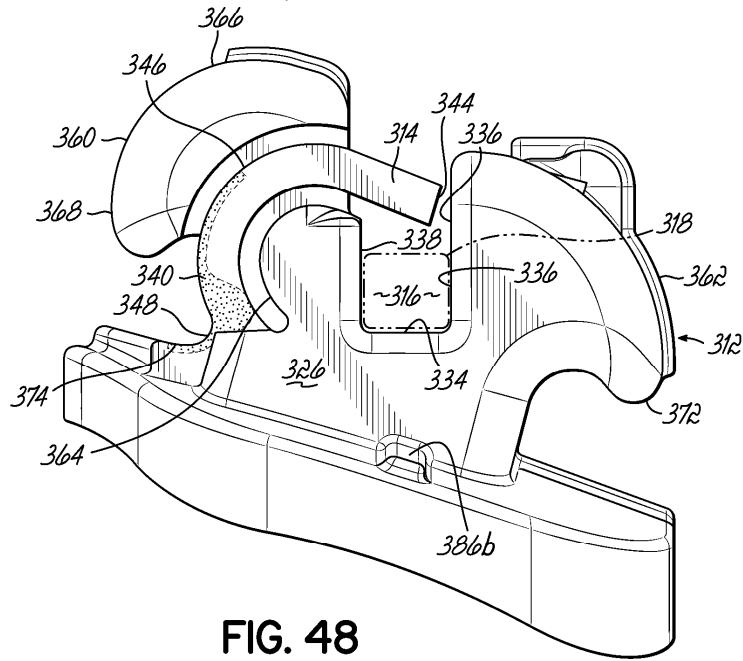


FIG. 48

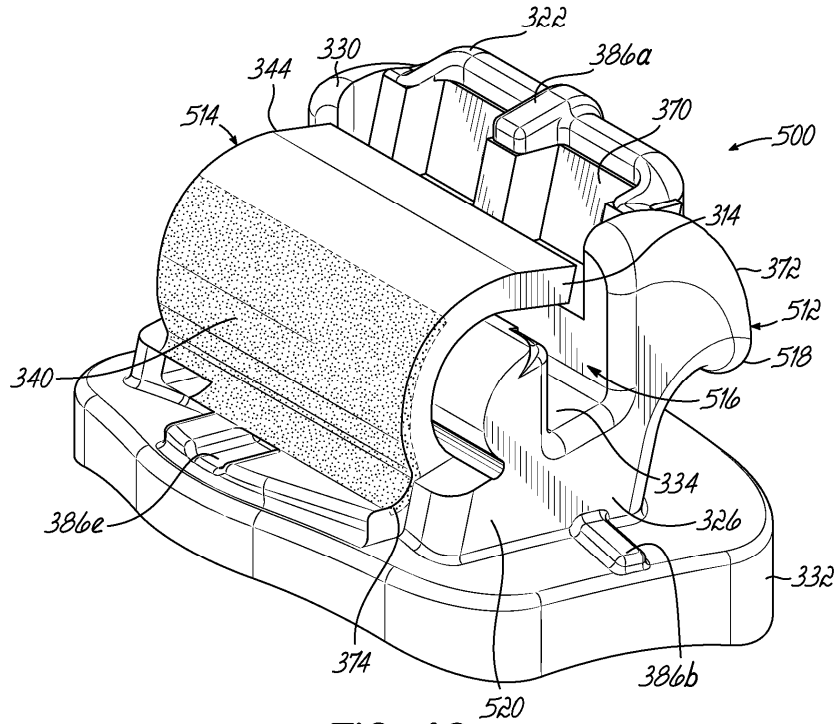


FIG. 49

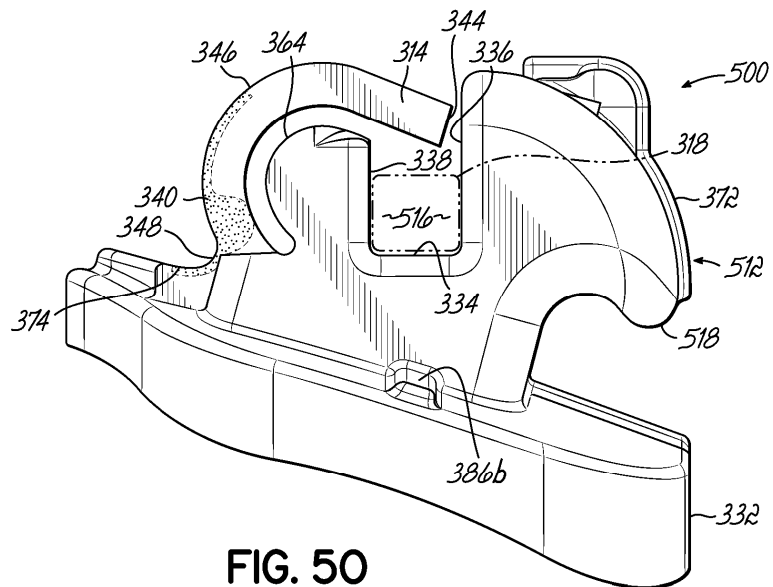


FIG. 50

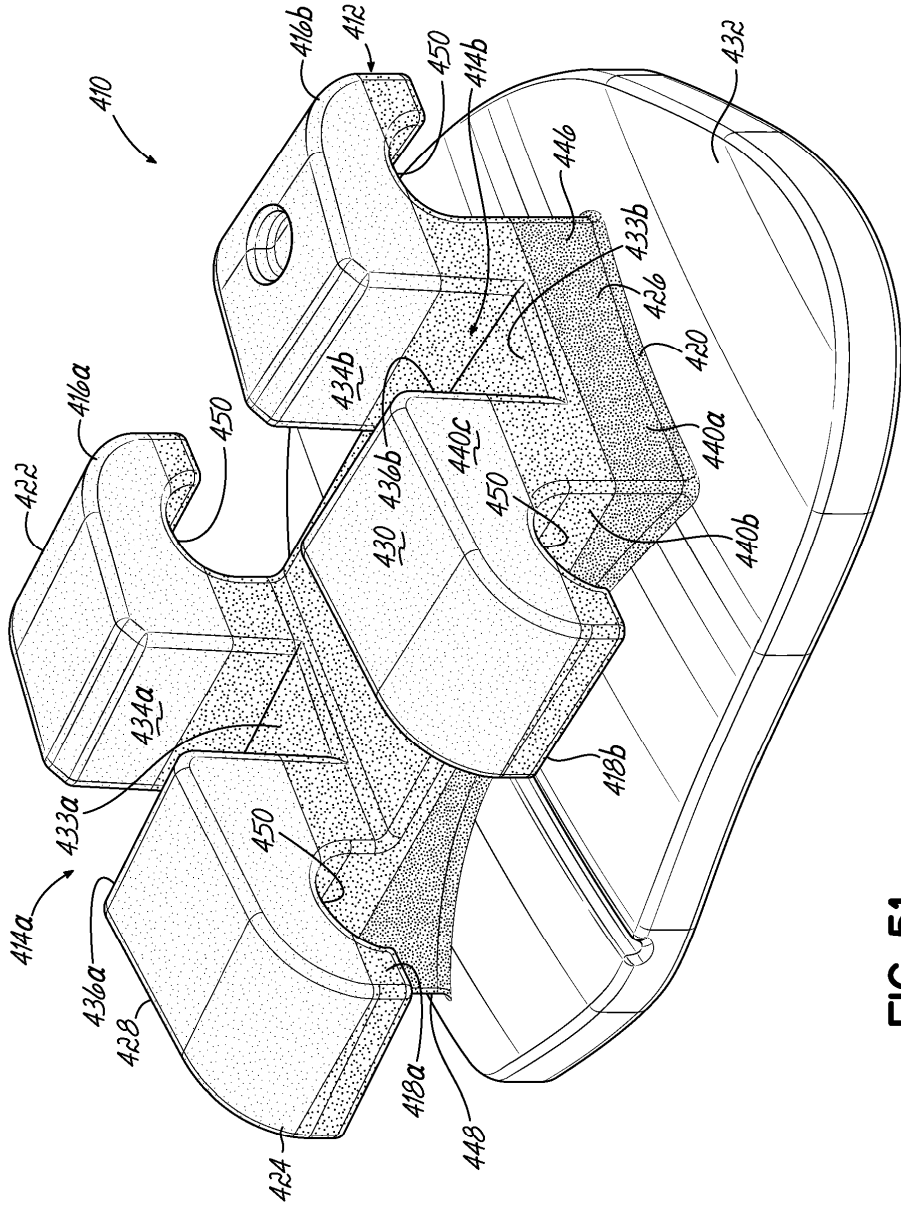


FIG. 51

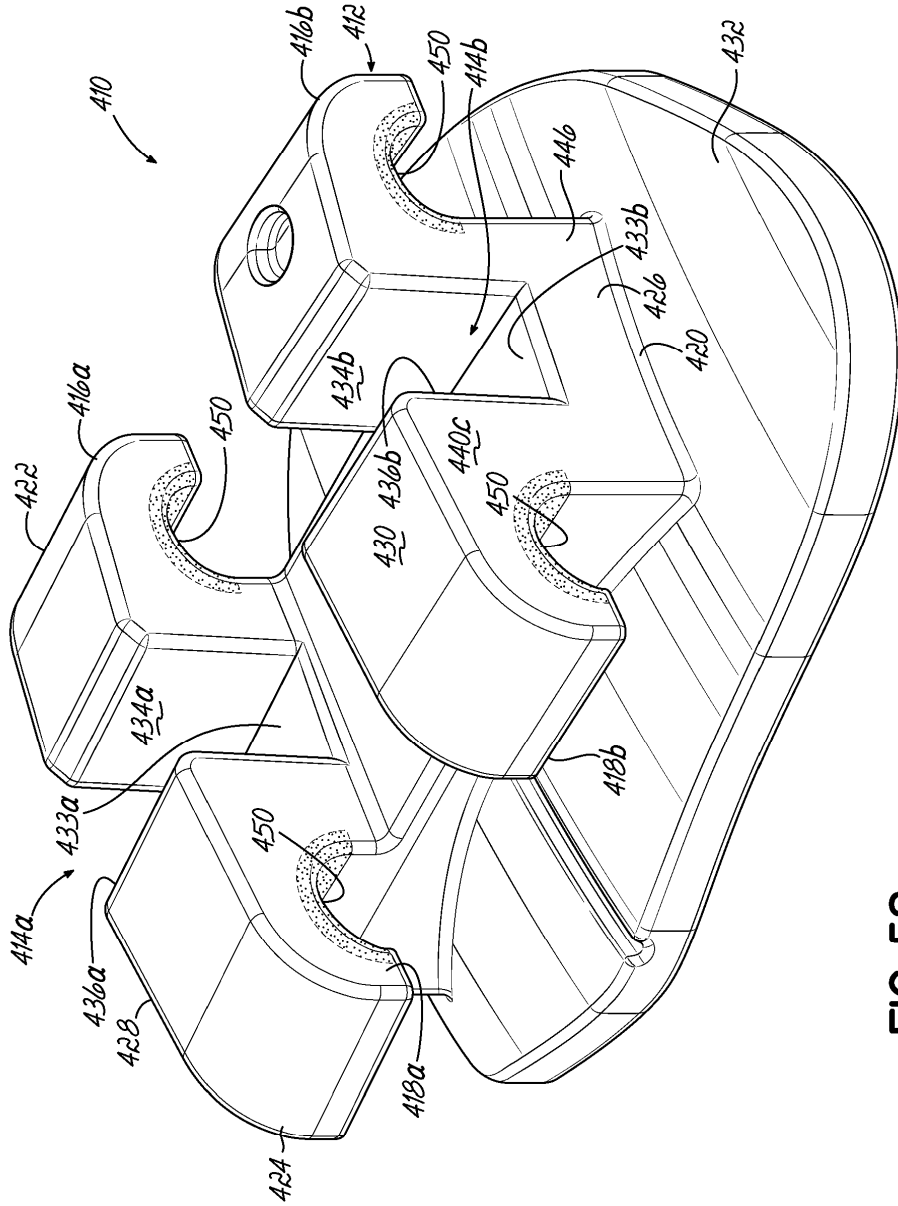


FIG. 52

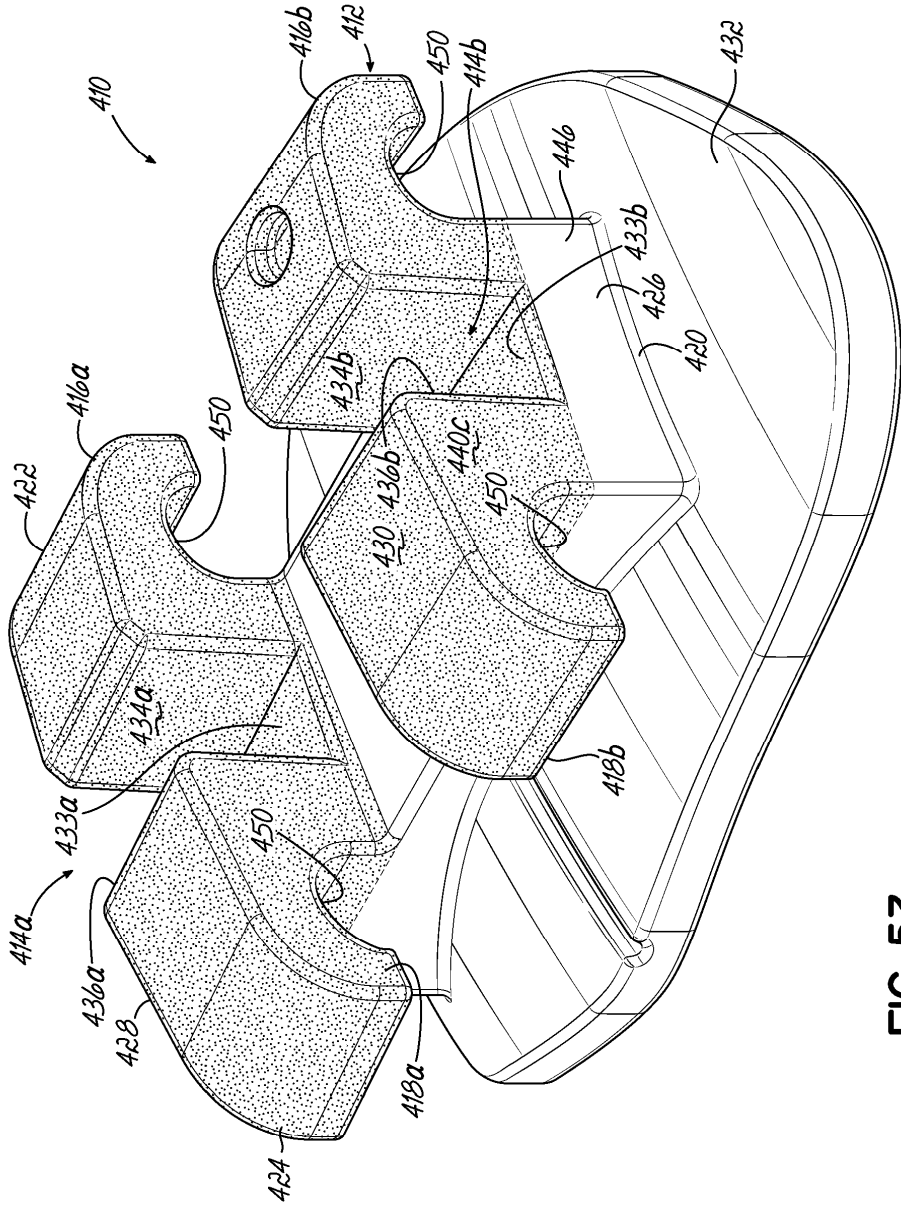


FIG. 53

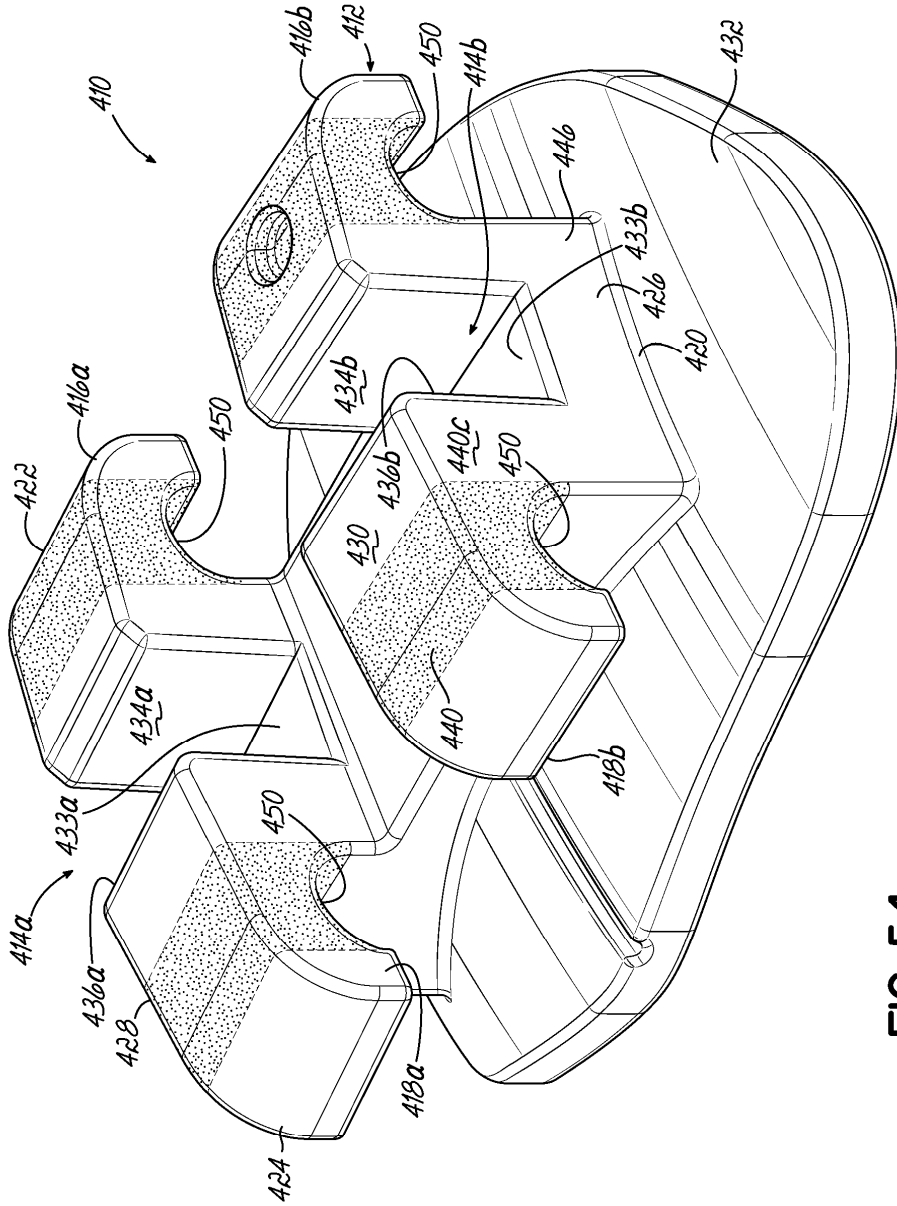


FIG. 54