

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 978**

51 Int. Cl.:

B23K 26/38 (2014.01)
B23K 26/08 (2014.01)
B23K 26/14 (2014.01)
B23K 26/06 (2014.01)
B23K 26/064 (2014.01)
B23K 26/142 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2012 PCT/IB2012/001812**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.03.2013 WO13041936**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2012 E 12772412 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2760624**

54 Título: **Sistema de corte por láser y procedimiento de corte por láser**

30 Prioridad:
21.09.2011 US 201113239173

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.12.2019

73 Titular/es:
**ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
2820 Orchard Parkway
San Jose, CA 95134, US**

72 Inventor/es:
CULP, JAMES

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 734 978 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de corte por láser y procedimiento de corte por láser

Campo técnico

La presente divulgación versa acerca de sistemas y procedimientos para el corte por láser.

5 **Antecedentes**

Los sistemas de corte por láser han sido ideados y son utilizados en muchas industrias. Por ejemplo, en la industria automovilística se utiliza un sistema de corte por láser para cortar el borde en un parachoques que se forma utilizando un molde, una prensa troqueladora u otra herramienta de conformación.

10 Una vez formado, se retira el parachoques del molde, de la prensa, etc., pero a menudo incluye algo de material adicional en torno a los bordes procedente del procedimiento de formación del molde. Se puede utilizar un sistema de corte por láser para eliminar este material adicional del parachoques. En consecuencia, el láser corta el material y el borde de la pieza es pulido mediante un pulido a mano, o de otras formas tales, para eliminar cualquier porción afilada y, en general, alisar el borde.

15 En algunas otras implementaciones, se forma un elemento en un molde y se utiliza un láser para cortar el elemento del molde. De forma alternativa, se forma un elemento en un molde mediante estampado u otro procedimiento de conformación y se coloca el elemento utilizando un soporte de algún tipo. Si el elemento ha sido moldeado, se puede utilizar el molde como el soporte. Sin embargo, cortar el material del soporte puede ser perjudicial para el procedimiento. Por ejemplo, el material del soporte, cuando es cortado con el láser, puede mezclarse con el material utilizado para formar el elemento. Esto puede provocar características físicas no previstas o una decoloración del material, lo que puede no ser deseable.

20 El propio procedimiento de corte también puede cambiar las características del material cerca del recorrido de corte. A diferencia de otras técnicas de corte, el corte por láser genera suficiente calor para cortar el material y, como tal, la interacción del material con el calor puede cambiar sus características, por ejemplo, haciendo que sea más frágil, lo que puede no ser deseable en algunas aplicaciones. Esto puede ser particularmente así cuando se ha de realizar el corte a una velocidad relativamente elevada y, por lo tanto, se utiliza un haz de rayos láser de alta energía para cortar a través del material rápidamente.

25 Adicionalmente, el grosor del material que está siendo cortado puede cambiar en algunas implementaciones y, como tal, se puede reducir la eficacia de la técnica de corte. Por ejemplo, si una porción del material que está siendo cortado es más gruesa que una porción utilizada para calibrar el láser para un corte de máxima eficacia, el láser puede no cortar completamente a través del material o el material puede no ser vaporizado de forma tan eficaz.

30 Si el material es más delgado, se pueden cambiar las características del borde del material cortado de una forma no prevista. El láser también puede cortar a través del elemento que está siendo cortado y adentrándose en el material del soporte, lo que puede no ser deseable en algunas aplicaciones, según se ha expuesto anteriormente.

35 Los documentos US 6 462 301 B1 y US 4 638 145 A dan a conocer sistemas de corte por láser que comprenden: un componente de generación de rayos láser; un componente óptico; y un mecanismo de control para regular al menos uno del componente de generación de rayos láser y del componente óptico, de forma que se mantenga una relación entre una energía láser aplicada a la pieza y del grosor del material de la pieza dentro de un intervalo aceptable en cada punto a lo largo de un recorrido de corte para cortar a través del grosor de la pieza mientras se mantiene la integridad del molde.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 ilustra un sistema que puede ser utilizado según una o más realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 2 ilustra un trozo del material de la pieza que está siendo aplicado sobre un molde según una o más realizaciones de la presente divulgación.

45 La Figura 3 ilustra una pieza que está siendo creada formando el trozo del material de la pieza sobre al menos una porción de la superficie del molde según una o más realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 4 ilustra un recorrido de corte en una pieza según una o más realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 5 ilustra la pieza cortada siendo retirada del molde según una o más realizaciones de la presente divulgación.

50 La Figura 6 ilustra un ejemplo de tipos de movimiento de cinco ejes que pueden ser utilizados según una o más realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 7 ilustra un procedimiento según una o más realizaciones de la presente divulgación.

Descripción detallada

En la presente memoria se describen un sistema de corte por láser según la reivindicación 1 y un procedimiento de corte por láser según la reivindicación 10.

5 Las realizaciones de la presente divulgación pueden cortar a través de un material para formar una pieza sin cortar adentrándose en un material del soporte adyacente al material de la pieza. En algunas realizaciones, el haz de rayos láser puede cortar a través del material de la pieza, pero no sustancialmente adentrándose en el material del soporte. En tales casos, puede proporcionar una pieza que es cortada y no está sustancialmente mezclada con material procedente del soporte y/o puede permitir una reutilización del soporte, si se desea.

10 En la presente memoria se proporcionan realizaciones que permiten que una pieza sea cortada rápidamente sin un cambio sustancial en las características del borde de la pieza cerca del recorrido de corte realizado por el haz de rayos láser, tal como la fragilidad o la decoloración de la pieza. Las realizaciones también pueden cortar a través de materiales que tienen distintos grosores que son adyacentes a un soporte, entre otros beneficios. Esto puede lograrse cambiando una o más características del haz de rayos láser, según se describe con más detalle a continuación.

15 En la siguiente descripción detallada, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte de la presente memoria. Los dibujos muestran, a modo ilustrativo, cómo se pueden poner en práctica una o más realizaciones de la divulgación.

La Figura 1 ilustra un sistema que puede ser utilizado según una o más realizaciones de la presente divulgación. En la realización ilustrada en la Figura 1, se proporciona el sistema 100 para cortar por láser una pieza de un trozo del material de la pieza formada sobre un molde 106.

20 El sistema 100 de la Figura 1 incluye un componente 102 de generación de rayos láser, uno o más componentes ópticos 122, un utillaje 104 de sujeción y un molde 106 colocado en el utillaje 104 de sujeción. En la realización de la Figura 1, el utillaje de sujeción también incluye una plataforma 108 para colocar el molde 106 sobre el mismo y un mecanismo 126 de rotación que permite que la pieza gire en una dirección en el sentido de las agujas del reloj y/o en el sentido contrario al de las agujas del reloj cuando se mira desde encima de la plataforma.

25 En la realización de la Figura 1, el sistema 100 también incluye un componente 110 de control. El componente 110 de control incluye un procesador 112, memoria 114 y uno o más mecanismos 124, 126 y/o 128 de control. Las instrucciones 116 pueden ser almacenadas en la memoria 114 y ejecutadas por el procesador 112 para controlar, por ejemplo, el movimiento del utillaje 104 de sujeción que sujeta la pieza, el movimiento del componente 102 de generación de rayos láser, el movimiento de uno o más de los componentes ópticos 122, la regulación de una o más características del haz de rayos láser generado por el componente 102 de generación de rayos láser, la regulación de las características de un gas aplicado mediante la boquilla 120 y/u otras características de una succión aplicada mediante el tubo 130.

30 Estos elementos pueden controlarse, por ejemplo, mediante componentes 124, 126 y/o 128 de control y/o mediante mecanismos proporcionados para regular uno o más componentes ópticos 122, regular las características del componente 102 de generación de rayos láser, regular las características de un gas proporcionado mediante la boquilla 120 y/o regular la presión de succión proporcionada mediante el tubo 130 de succión. La memoria 114 también puede tener datos 118 almacenados en la misma que pueden ser utilizados en la ejecución de las instrucciones como se expondrá con más detalle a continuación.

35 La memoria puede ser un soporte no transitorio legible por una máquina que proporciona una memoria volátil o no volátil. La memoria también puede ser extraíble, por ejemplo memoria portátil, o no extraíble, por ejemplo memoria interna. Por ejemplo, la memoria puede ser una memoria de acceso aleatorio (RAM) o una memoria de solo lectura (ROM).

40 La memoria puede ser, por ejemplo, una memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), una memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente (EEPROM), una memoria *flash*, una memoria de acceso aleatorio de cambio de fase (PCRAM), un disco compacto de memoria de solo lectura (CD-ROM), un disco láser, un disco versátil digital (DVD) u otro almacenamiento de disco óptico y/o un medio magnético tal como casetes, cintas o discos, entre otros tipos de memoria.

45 Además, aunque se ilustra que la memoria está ubicada en un mecanismo 110 de control, las realizaciones de la presente divulgación no están así limitadas. Por ejemplo, la memoria también puede estar ubicada en un dispositivo de memoria que no es un mecanismo de control, pero está conectada con el mecanismo de control. En algunas realizaciones, la memoria puede ser interna o externa a un recurso informático y puede permitir que se carguen y/o descarguen instrucciones legibles por una máquina por una red, tal como Internet, u otra conexión alámbrica o inalámbrica.

Con respecto al control del componente de generación de rayos láser, la energía del haz de rayos láser puede controlarse de diversas formas. Por ejemplo, la potencia del componente de generación de rayos láser puede ser regulada para aumentar la energía del haz creado.

5 Por ejemplo, la energía a ser aplicada a la pieza puede ser controlada en un intervalo predeterminado modulando la potencia del haz de rayos láser, regulando un componente óptico (por ejemplo, uno o más espejos y/o lentes) y/o controlando la velocidad del utillaje de sujeción y/o del componente de generación de rayos láser con respecto al utillaje de sujeción en función de las características de la pieza y del recorrido deseado de corte. La combinación de estos elementos puede variar dependiendo de las características del sistema y/o de las características de los materiales que están siendo cortados. Por ejemplo, si el sistema no tiene un componente de generación de rayos láser que es regulable con respecto a su energía, entonces se puede regular la velocidad del movimiento del utillaje de sujeción y/o del componente de generación de rayos láser y/o de uno o más componentes ópticos.

10 Según se ha expuesto anteriormente, una regulación que puede realizarse es con respecto a los componentes ópticos utilizados. Al cambiar los componentes (por ejemplo, conmutando las lentes) o regularlos (por ejemplo, cambiando la distancia focal y/o moviendo los componentes ópticos), se puede cambiar la energía generada por el componente de generación de rayos láser según pasa a través de uno o más componentes ópticos, o es dirigida por los mismos.

15 Estos movimientos pueden controlarse mediante los uno o más mecanismos de control ilustrados en la Figura 1 y/o mediante las instrucciones ejecutables almacenadas en la memoria. Por ejemplo, se puede utilizar una distancia focal de 0,127 m, pero puede regularse a una distancia más corta o larga. Esta distancia focal puede ser beneficiosa para aplicaciones tales como el corte de aparatos dentales, dado que permite una buena cantidad de variabilidad y puede mantener una energía láser suficientemente elevada en el punto focal para vaporizar de forma adecuada el material de la pieza.

20 El componente 110 de control puede incluir un control del utillaje de sujeción (por ejemplo, un soporte lógico y accionadores eléctricos y/o mecánicos) que regula una velocidad del utillaje de sujeción y recibiendo el componente de control datos relativos al grosor del material de la pieza, en múltiples puntos a lo largo de un recorrido de corte en el que el haz de rayos láser cortará la pieza, y regula una velocidad de movimiento de la pieza por el haz de rayos láser en función de los datos de grosor, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza dentro del intervalo aceptable predeterminado.

25 En tales realizaciones, la relación puede ser predeterminada o determinada dinámicamente en función de datos del grosor y/o de datos de la potencia del láser tomados durante el procedimiento de corte. El intervalo aceptable de la relación está basado en la energía láser necesaria para cortar a través del material de la pieza sin cortar adentrándose en el material del soporte o, en algunos casos, sin cortar adentrándose en el material del soporte hasta tal punto que dañe el soporte o facilite la mezcla del material del soporte con el material de la pieza.

30 Según se utiliza en la presente memoria, un material de soporte incluye material sobre el que se moldean elementos. La relación puede determinarse, por ejemplo, en función de al menos una de una o más características del material de la pieza y una o más características de un material de soporte. En algunas realizaciones tales, las características de la pieza, del soporte y/o del material de soporte pueden incluir al menos uno de una composición del material y/o del grosor del material, por ejemplo.

35 En algunas realizaciones, el material de la pieza puede incluir múltiples piezas (por ejemplo, el material de la capa). Por ejemplo, las múltiples piezas pueden estar unidas entre sí o adheridas entre sí. Por ejemplo, la pieza puede incluir una capa intermedia (por ejemplo, adhesivo ligero o silicio) entre el soporte (por ejemplo, el molde) y el material alineador para permitir que el material (por ejemplo, el material formado térmicamente) se conforme y cure o sea retirado tras el curado. En algunas realizaciones, la capa intermedia puede actuar como un grosor de amortiguación y/o proporcionar una reacción distinta al láser para garantizar que solo se corta el material de la pieza y no el soporte.

40 A continuación se proporciona un ejemplo de cómo puede aplicarse una relación en la práctica. Con respecto a un láser que tiene una longitud de onda de 9,3 micrómetros, configurado a una frecuencia de repetición en el intervalo de 15.000 y 25.000 y que tiene un tamaño del haz de salida en el intervalo de 1-4 mm, el láser tiene un intervalo deseado de salida entre 8 y 15 vatios debido a que este intervalo de potencia de salida no concentrada permite el corte del material de la pieza sin decolorar el material aplicando demasiada energía láser al material del soporte por debajo de la pieza. Por ejemplo, cuando se utiliza un material para la creación rápida de prototipos (por ejemplo, material SLA) como material del molde. En algunos casos, esto puede tener como resultado una decoloración.

45 El componente 110 de control puede incluir un control de regulación de la potencia del láser que recibe datos relativos al grosor del material de la pieza, en múltiples puntos a lo largo del recorrido de corte en el que el haz de rayos láser cortará la pieza, y regula una potencia del componente de generación de rayos láser en función de los datos del grosor, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en el intervalo aceptable predeterminado, según se ha expuesto anteriormente.

55 El componente 110 de control puede incluir un control de la óptica que regula una posición de uno o más del número de componentes ópticos cuando el componente de control recibe datos relativos al grosor del material de la pieza, en

múltiples puntos a lo largo de un recorrido de corte en el que el haz de rayos láser cortará la pieza, y regula una posición de los uno o más del número de componentes ópticos en función de los datos del grosor, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en el intervalo aceptable predeterminado, según se ha expuesto anteriormente.

5 Se puede utilizar un único componente de control para controlar todas del anteriores funcionalidades, o estas funcionalidades pueden ser controladas mediante múltiples componentes (por ejemplo, procesadores). En algunas realizaciones, se puede mantener sustancialmente constante la velocidad de la pieza en la posición de corte con respecto al haz de rayos láser en la posición de corte mientras que la pieza es amovible en al menos tres ejes de movimiento y se controla la potencia del haz de rayos láser en un intervalo dado en función de información acerca de
10 una o más características de al menos uno del material de la pieza, un soporte y un material de soporte.

Estas características pueden ser proporcionadas al procesador del componente de control a través de la memoria y/o pueden ser proporcionadas por un usuario mediante una interfaz de usuario en comunicación con el componente de control. En diversas realizaciones, el componente de control puede regular la velocidad del utillaje de sujeción de forma que la energía láser vaporiza todo el material de la pieza en cada punto a lo largo del recorrido de corte en la
15 pieza mientras se mantiene la integridad del soporte.

En algunas realizaciones, el componente de control para regular la energía láser proporciona un mecanismo para regular al menos uno de la potencia del componente de generación de rayos láser, del movimiento del componente de generación de rayos láser, del tipo de componente óptico, del movimiento del componente óptico, del movimiento del utillaje de sujeción, del tipo de gas, de la presión del gas, de la temperatura del gas y de la succión, de forma que
20 se mantenga una relación entre una energía láser aplicada a la pieza y un grosor del material de la pieza en un intervalo aceptable predeterminado.

En algunas realizaciones tales, se mantiene la energía láser aplicada al grosor de la pieza según se mueve la pieza a una velocidad constante o sustancialmente constante de avance. Esto puede ser beneficioso porque la energía láser que realiza el corte es distribuida, en general, de una forma homogénea según avanza el haz de rayos láser a lo largo del recorrido de corte, entre otros beneficios. Un ejemplo de una velocidad sustancialmente constante de avance puede ser, por ejemplo, de 1000-1500 mm/seg. Otro ejemplo incluye el uso de un láser de longitud de onda de 10,6 micrómetros que puede funcionar a 5-10 W y tiene una velocidad constante de avance entre 1500 y 2000 mm/seg. Tal configuración puede permitir una menor fragilidad en el borde del recorrido de corte, en algunas aplicaciones.

En algunas realizaciones, se mantiene la energía láser aplicada al grosor de la pieza aumentando la potencia del componente de generación de rayos láser. Esto puede ser beneficioso en casos en los que no se puede regular la velocidad del movimiento del utillaje de sujeción ni/o del haz de rayos láser, entre otros beneficios.

Se puede mantener la energía láser aplicada al grosor de la pieza regulando el componente óptico para crear una energía láser más intensa o débil aplicada a la pieza, en algunas realizaciones. Esto puede ser beneficioso, por ejemplo, porque el movimiento de los componentes ópticos puede ser un planteamiento más rentable a la regulación de la energía láser que otras disposiciones, tales como el movimiento del láser y/o del utillaje de sujeción, entre otros beneficios.

Además, en algunas realizaciones, si la potencia total del láser es baja en comparación con su potencial de salida, se puede utilizar un divisor de haz para aumentar el porcentaje de salida de la potencia generada por el componente de generación de rayos láser. Esto puede permitir que el componente de generación de rayos láser opere en un intervalo más estable en relación con su ciclo de trabajo, en algunos casos. Esto puede aumentar la durabilidad del sistema operando el láser en su intervalo de potencia media (por ejemplo, un 40-60%, mientras que el suministro a la ubicación de corte puede ser de solo un 10% debido a la división del haz), en algunas aplicaciones. Otro beneficio de esta disposición puede ser la reducción de los impulsos láser (es decir, una fluctuación en la energía láser) debido a que el láser no opera a una potencia reducida, en algunos casos.

Adicionalmente, el uso de una energía menor con respecto a la ubicación de corte puede reducir la presencia de varios fenómenos que provocan fragilidad. Por ejemplo, la reformación del material calentado de la pieza (es decir, una región junto al borde del corte que es lisa y brillante debido a la fusión y al enfriamiento), la formación de elevaciones o de rebordes (es decir, una región junto al borde del corte que forma un borde acordonado elevado liso y brillante) y refundición (es decir, un borde que es áspero y tiene restos del material fundido soplado de su punto de reposo por el
50 gas procedente de la boquilla de gas, si se utiliza).

Los mecanismos de control que se utilizan para regular los diversos componentes del sistema pueden ser cualquier mecanismo adecuado. Por ejemplo, pueden ser accionadores eléctricos y/o mecánicos que mueven un componente con respecto a otro componente del sistema 100. Por ejemplo, en la realización de la Figura 1, se puede utilizar el mecanismo 128 de control para mover el componente 102 de generación de rayos láser, el componente óptico 122 y la boquilla 120 de gas más cerca o más lejos con respecto a la plataforma 108 y, de ese modo, más cerca o más lejos del molde 106.

Tales movimientos pueden cambiar las características del haz de rayos láser generado, cómo interactúa la óptica con el haz generado y el gas aplicado. En algunas realizaciones, cada uno de la boquilla 120, del componente óptico 122 y del componente de generación de rayos láser puede ser movido independientemente de los demás.

5 El mecanismo 124 de control puede ser, por ejemplo, un accionador mecánico que mueve el utillaje de sujeción en varias direcciones. Por ejemplo, en la realización de la Figura 1, el mecanismo 124 puede mover la pieza horizontalmente con respecto al componente 102 de generación de rayos láser y también puede girar el utillaje 104 de sujeción en el sentido de las agujas del reloj y/o en el sentido contrario al de las agujas del reloj cuando se mira desde el lado de la plataforma 104 (por ejemplo, desde la perspectiva del tubo 130 de succión de la Figura 1). En la realización de la Figura 1, la combinación de los movimientos del mecanismo 124 y los del mecanismo 126 permiten que el utillaje de sujeción sea movido en cinco ejes de movimiento con respecto al componente 102 de generación de rayos láser, como se expondrá con más detalle a continuación.

En una o más realizaciones, el utillaje de sujeción para manipular la pieza puede incluir, por ejemplo, un mecanismo robótico de succión y/o de pinzamiento para fijar y/o mover el soporte y/o la pieza durante el procedimiento de corte por láser.

15 Según se ilustra en la Figura 1, en algunas realizaciones, el sistema puede incluir una o más boquillas de gas (por ejemplo, la boquilla 120) que distribuyen gas o aspiran gas. En diversas realizaciones, las una o más boquillas pueden ser dirigidas a un punto en el que la energía láser hace contacto con la pieza. El gas puede ser cualquier tipo adecuado de gas incluyendo gas enfriado, calentado y/o a temperatura ambiente (por ejemplo, un tipo para una boquilla y otro tipo para otra boquilla). Los ejemplos pueden incluir aire, oxígeno y/o nitrógeno, entre otros.

20 Esto puede ser beneficioso por un número de razones. Por ejemplo, se puede utilizar gas para calentar o enfriar la pieza, disipar el calor generado por el láser, cambiar la composición química del gas (por ejemplo, aire) en el área del corte y/o aspirar o soplar residuos del recorrido de corte si no son vaporizados por el procedimiento de corte, entre otros beneficios.

25 En diversas realizaciones, el área afectada por el calor puede ser reducida dependiendo de la dirección en la que se orientan el gas y el haz de rayos láser. Por ejemplo, se puede reducir el área de efecto del calor cuando el haz de rayos láser se desplaza en línea con el gas dirigido y puede aumentar cuando se desplaza cruzando el recorrido del gas que sale de la punta de la boquilla.

30 En algunas realizaciones, una boquilla está ubicada en una ubicación remota del componente de generación de rayos láser y con un ángulo con respecto a una dirección de un haz de rayos láser que dirige la energía láser hacia la pieza. Tal realización se ilustra en la Figura 1, en la que la boquilla 120 está orientada con un ángulo con respecto al haz de rayos láser generado por el componente 102 de generación de rayos láser. Esto puede ser beneficioso, en algunas realizaciones, por ejemplo, debido a que se puede utilizar el gas para soplar los residuos del área del recorrido de corte.

35 Otros beneficios incluyen: se mejora la superficie del corte al igual que se reduce el enturbiamiento del procedimiento de corte mediante el uso de un soplado de un gas a una velocidad moderada. Esto puede alejar, por ejemplo, las partículas pesadas creadas por el procedimiento de corte del borde de corte, entre otros beneficios.

Las boquillas pueden tener diversos tamaños y formas en función de la aplicación en la que se utilizan. Por ejemplo, se pueden regular el diámetro interno de una boquilla, el ángulo de la punta de la boquilla, el ángulo total de una boquilla con respecto a la ubicación de corte y la forma de la punta de la boquilla.

40 Las boquillas también pueden orientarse en distintas posiciones con respecto a la ubicación de corte. Por ejemplo, se puede orientar una boquilla con un ángulo de 32 grados utilizando un tubo con un diámetro interno de 1,7 mm para la eliminación de residuos. El tubo puede estar fabricado de latón con la punta comprimida adoptando una forma de abanico de una altura de aproximadamente 1 mm desde la apertura, en algunas realizaciones. Se proporcionan estas características como ejemplos y no deberían limitar las reivindicaciones de la presente memoria, dado que se pueden utilizar otros materiales, formas y orientaciones en diversas realizaciones.

45 El sistema incluye un mecanismo de succión ubicado próximo al lugar en el que la energía láser hace contacto con la pieza para eliminar los residuos creados cuando la energía láser hace contacto con la pieza. Por ejemplo, en la Figura 1 se ilustra una realización tal. Esto puede ser beneficioso, en algunas realizaciones, por ejemplo, debido a que se puede utilizar el mecanismo de succión (por ejemplo, el tubo 130 de succión) para aspirar los residuos del área del recorrido de corte, entre otros beneficios. Esto puede utilizarse en combinación con una o más boquillas que, en algunos casos, puede eliminar mejor los residuos del área, por ejemplo, soplando los residuos hacia el mecanismo de succión.

55 La invención incluye un componente de generación de rayos láser para producir un haz de rayos láser, un utillaje de sujeción para sujetar un soporte con una pieza a ser cortada por el haz de rayos láser, estando colocada la pieza sobre el soporte, un componente óptico para concentrar el haz de rayos láser para crear un intervalo predeterminado de energía en un recorrido de corte para cortar a través de la pieza mientras que no se corta sustancialmente el

soporte (manteniendo la integridad del soporte), y un controlador para regular una energía láser aplicada al grosor de la pieza, recibiendo el controlador datos relativos al grosor del material de la pieza, en múltiples puntos a lo largo del recorrido de corte, y regula una relación entre la energía láser aplicada a la pieza y un grosor del material de la pieza para mantener la relación en un intervalo aceptable predeterminado.

5 La Figura 2 ilustra un trozo del material de la pieza que se aplica sobre un molde según una o más realizaciones de la presente divulgación. Con respecto al alcance de la presente divulgación, el molde puede tener cualquier forma adecuada. Por ejemplo, en la realización ilustrada en la Figura 2, el molde 206 tiene la forma de un conjunto de dientes de una mandíbula de un paciente a ser tratado con un aparato alineador dental.

10 La pieza está formada sobre el molde 206 mediante el uso de una lámina de material 208. En este caso, el material es un material de poliuretano, pero se pueden utilizar otros materiales adecuados de pieza para conformar piezas en un molde.

15 La Figura 3 ilustra una pieza que está siendo creada formando el trozo del material de la pieza sobre al menos una porción del molde de superficie. Por ejemplo, la Figura 3 ilustra la pieza creada a partir de la lámina de material 208 que se está formando sobre el molde 206. Este procedimiento puede llevarse a cabo mediante un sistema, tal como, por ejemplo, el sistema 100 descrito anteriormente en conexión con la Figura 1.

En la realización de la Figura 3, se ha formado la lámina de material 308 sobre el molde para crear la pieza 332 (por ejemplo, un aparato dental). La Figura 3 también ilustra un recorrido 334 de corte en el que un haz de rayos láser ha cortado la pieza de la lámina de material 308 y un recorrido 336 de corte en el que se ha cortado una característica (por ejemplo, una ventana de forma cuadrada) del aparato en la pieza 332.

20 En el campo de aparatos dentales, las piezas pueden ser cortadas mediante el uso de una herramienta giratoria de corte y, como tal, el corte a lo largo del borde de la pieza solo se podía realizar y el corte resultante tenía bordes ásperos que necesitaban ser pulidos a mano o mediante un procedimiento de pulido antes de que pudiesen ser enviados a un paciente. Las realizaciones de la presente divulgación permiten que se realicen cortes en otras posiciones en la pieza (por ejemplo, creando una característica, tal como la ventana 336) y reducen o eliminan la necesidad de un pulido posterior al corte, entre otros beneficios.

25 La Figura 4 es una vista recortada desde arriba tomada en el recorrido de corte que ilustra un recorrido de corte en una pieza según una o más realizaciones de la presente divulgación. En la realización ilustrada en la Figura 4, la lámina de material 432 utilizada para crear la pieza está colocada sobre el molde 406, formando, de ese modo, porciones superior y laterales que se convertirán en el aparato dental. En esta vista, se muestra una porción lateral formada adyacente a la superficie lateral del molde. Según se ilustra adicionalmente en la Figura 2, el molde 206 y 406 tiene la forma de los dientes de un paciente y la pieza resultante después de recortar el material sobrante es un aparato alineador dental 532 (véase la Figura 5). En la realización de la Figura 4, se muestra un recorrido 434 de corte en el que el haz de rayos láser ha cortado la lámina de material 432 parcialmente a lo largo del recorrido de corte. El área marcada con rayas diagonales es representativa de la lámina de material debajo del recorrido de corte. En la presente realización, el recorrido 434 de corte ha sido cortado a través de la lámina de material 432, pero no ha cortado adentrándose en la superficie 438 del molde 406.

30 En algunas aplicaciones, tales como cuando se forma una lámina de material en un molde, puede cambiar el grosor de algunas porciones de la lámina según se adapta a la forma del molde. En tales casos, para proporcionar una cantidad apropiada de energía del haz de rayos láser para cortar a través de la lámina de material, pero no cortar el material del molde o cortar adentrándose en el material del molde de una forma sustancial (por ejemplo, se puede utilizar la energía láser para cortar a través del material de la pieza y adentrándose en una superficie externa del material del molde, pero no cortar a través del molde, manteniendo, de ese modo, la integridad del molde), se puede medir o estimar (por ejemplo, mediante un modelado virtual del procedimiento de formación) el grosor del material a lo largo del recorrido de corte.

35 Por ejemplo, en algunas realizaciones, se puede utilizar un dispositivo de exploración para proporcionar dinámicamente (es decir, inmediatamente antes de que tenga lugar el corte y/o según tiene lugar el corte) el grosor de la pieza (por ejemplo, el material laminar) antes de que sea cortada. En diversas realizaciones, se puede utilizar un sensor para medir y/o detectar el grosor de la pieza a lo largo del recorrido 434 de corte. El sensor puede estar colocado, por ejemplo, para medir el grosor de la pieza a lo largo del recorrido de corte en una posición inmediatamente antes de que el haz de rayos láser corte la pieza en esa posición. También se pueden utilizar sensores para proporcionar dinámicamente el grosor de la pieza antes de que sea cortada.

40 Si se estima el grosor, puede basarse, por ejemplo, en datos de modelado virtual y/o empíricos almacenados en la memoria. En algunas realizaciones, se puede determinar el grosor a lo largo del recorrido de corte para cada punto a lo largo del recorrido de corte, estimado para ciertas longitudes a lo largo del recorrido de corte (por ejemplo, segmentos de línea de 1 mm) o estimado para toda la longitud del recorrido de corte. En algunas realizaciones, el grosor de la pieza a lo largo del recorrido de corte ha sido predeterminado antes del comienzo de la operación de corte virtualmente o midiendo el grosor real de la pieza utilizando herramientas de medición del grosor por contacto o sin

contacto. En consecuencia, se puede utilizar cualquier herramienta adecuada de medición dentro del alcance de diversas realizaciones expuestas en la presente memoria. (Podría convenir añadir algunos ejemplos).

5 La Figura 5 ilustra la pieza cortada siendo retirada del molde según una o más realizaciones de la presente divulgación. En la realización ilustrada en la Figura 5, la pieza 532 ha sido cortada a lo largo del recorrido 534 de corte, la característica 536 ha sido cortada adentrándose en la pieza 532, y la pieza ha sido retirada del molde 506. El molde no ha sido cortado por el haz de rayos láser y, por lo tanto, puede ser reutilizado, si se desea.

La Figura 6 ilustra un ejemplo de tipos de movimiento de cinco ejes que puede ser utilizado según una o más realizaciones de la presente divulgación. En la presente ilustración, se ilustran los cinco ejes de movimiento que se proporcionan en la realización de la Figura 1.

10 Por ejemplo, el mecanismo 128 de control proporciona un movimiento en las direcciones 644, el mecanismo 124 de control proporciona un movimiento en las direcciones 640 y 646 y el mecanismo 126 de control proporciona un movimiento en las direcciones 648. En algunas realizaciones, se puede implementar un mecanismo de control para proporcionar un movimiento en las direcciones 642. Este movimiento podría ser proporcionado, por ejemplo, por los mecanismos 122, 124 y/o 128 de control o podría ser proporcionado por otro mecanismo no mostrado.

15 La Figura 7 ilustra un procedimiento según una o más realizaciones de la presente divulgación. Este procedimiento puede llevarse a cabo mediante un sistema, tal como, por ejemplo, el sistema 100 descrito anteriormente en conexión con la Figura 1.

20 En la realización de la Figura 7, el procedimiento incluye crear una versión virtual de un molde especializado y de una pieza especializada colocada en el molde, en el bloque 750. En algunas realizaciones, la creación del molde especializado para crear la pieza especializada a ser colocada en el molde incluye la creación de un plan terapéutico o plan de desarrollo de proyecto virtual en el que el molde es una representación de un factor de forma del molde durante el plan terapéutico o el plan de desarrollo virtual y determinándose las múltiples estimaciones del grosor del material de la pieza para múltiples puntos a lo largo del recorrido virtual de corte en función de un análisis del molde virtual.

25 Algunas realizaciones del procedimiento pueden incluir la creación de un número de moldes especializados, representando cada uno una pieza única en una porción respectiva del plan terapéutico o del plan de desarrollo de proyecto virtual. Por ejemplo, algunos procedimientos incluyen la creación de un número de moldes especializados, representando cada molde especializado una disposición única de dientes durante un plan terapéutico para mejorar los dientes incrementalmente. En algunas realizaciones que tienen un número de moldes especializados, el procedimiento incluye la creación de múltiples moldes virtuales en función del plan terapéutico virtual y determinándose las múltiples estimaciones del grosor del material de la pieza para múltiples puntos a lo largo del recorrido virtual de corte para cada molde virtual individualmente en función del análisis de cada molde virtual.

35 El procedimiento incluye la definición de un recorrido virtual de corte en el que un componente de generación de rayos láser dirigirá la energía para cortar la pieza especializada, en el bloque 752. En algunas realizaciones, el procedimiento incluye la definición de múltiples recorridos de corte en los que uno de los múltiples recorridos de corte representa una porción del recorrido a lo largo de una línea de las encías de un paciente. Las realizaciones del procedimiento también pueden incluir la definición de múltiples recorridos de corte en los que uno de los múltiples recorridos de corte representa un corte en la pieza que no es a lo largo de la línea de las encías de un paciente.

40 En el bloque 754, el procedimiento incluye la determinación de múltiples estimaciones del grosor del material de la pieza para múltiples puntos a lo largo del recorrido virtual de corte. El procedimiento también incluye la definición de un conjunto de instrucciones de regulación para regular al menos uno de los componentes de generación de rayos láser, un componente óptico y un utillaje de sujeción que sujeta el molde especializado de forma que se mantenga una relación entre una energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en un intervalo aceptable predeterminado en cada punto a lo largo de un recorrido real de corte para cortar a través de la pieza mientras se mantiene la integridad del soporte, en el bloque 756.

45 En diversas realizaciones que tienen un número de moldes especializados, la definición del conjunto de instrucciones de regulación puede incluir la definición de un conjunto de instrucciones de regulación del movimiento y de la velocidad para cada molde virtual. En algunas realizaciones, la definición del conjunto de instrucciones de regulación incluye la definición de un conjunto de instrucciones de regulación del movimiento y de la velocidad para mover el utillaje de sujeción con la pieza colocada sobre el molde, regulando las instrucciones la velocidad de movimiento de la pieza por el haz de rayos láser en función de las estimaciones determinadas del material de la pieza, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en el intervalo aceptable predeterminado. En algunas realizaciones tales, la definición del conjunto de instrucciones de regulación del movimiento y de la velocidad puede incluir la definición del movimiento y de la velocidad del utillaje de sujeción en cinco ejes con respecto a una orientación del componente de generación de rayos láser.

Estas realizaciones se describen con suficiente detalle para permitir que las personas con un nivel normal de dominio de la técnica pongan en práctica una o más realizaciones de la presente divulgación. Se debe comprender que se

pueden utilizar otras realizaciones y que se pueden realizar cambios del proceso, eléctricos y/o estructurales sin alejarse del alcance de la presente divulgación.

5 Como se apreciará, se pueden añadir, intercambiar, combinar y/o eliminar elementos mostrados en las diversas realizaciones en la presente memoria, de manera que se proporcionen varias realizaciones adicionales de la presente divulgación, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Se concibe que la proporción y la escala relativa de los elementos proporcionados en las figuras ilustren las realizaciones de la presente divulgación, y no deberían ser tomadas en un sentido limitante.

Según se utiliza en la presente divulgación, "un número de" algo puede hacer referencia a una o más de tales cosas. Por ejemplo, "un número de soportes" puede hacer referencia a uno o más soportes.

10 Aunque se han ilustrado y descrito en la presente memoria realizaciones específicas, las personas con un nivel normal de dominio de la técnica apreciarán que se puede sustituir cualquier disposición calculada para lograr las mismas técnicas por las realizaciones específicas mostradas, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Se concibe que la presente divulgación abarque cualquier adaptación o variación, y todas ellas, de diversas realizaciones de la divulgación.

15 Se debe comprender que la anterior descripción ha sido realizada de forma ilustrativa, y no restrictiva. La combinación de las anteriores realizaciones, y de otras realizaciones no descritas específicamente en la presente memoria será evidente para los expertos en la técnica tras repasar la anterior descripción, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20 El alcance de las diversas realizaciones de la divulgación incluye cualquier otra aplicación en la que se utilicen los anteriores procedimientos y estructuras. Por lo tanto, se debería determinar el alcance de las diversas realizaciones de la divulgación con referencia a las reivindicaciones adjuntas, junto con la gama completa de equivalentes a los que tienen derecho tales reivindicaciones.

25 En la anterior descripción detallada, diversas características están agrupadas entre sí en realizaciones ejemplares ilustradas en las figuras con el fin de optimizar la divulgación. No se debe interpretar que este procedimiento de la divulgación refleja una intención de que las realizaciones de la divulgación requiera más características de las que se enumeran expresamente en cada reivindicación.

30 Además, como reflejan las siguientes reivindicaciones, el contenido inventivo estriba en menos que la totalidad de las características de una única realización divulgada. Por lo tanto, las siguientes reivindicaciones se incorporan por la presente en la descripción detallada, siendo independiente por méritos propios cada reivindicación como una realización separada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de corte por láser, que comprende:
 - un componente (102) de generación de rayos láser;
 - un componente óptico (122);
 - 5 un utillaje (104) de sujeción que sujeta un molde al menos parcialmente cubierto por una pieza de material, el molde en forma de un conjunto de dientes de una mandíbula de un paciente a ser tratado con un aparato alineador dental; y
 - un mecanismo (124, 126, 128) de control para regular al menos uno del componente de generación de rayos láser, del componente óptico y del utillaje de sujeción, de forma que se mantenga una relación entre una energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en un intervalo aceptable predeterminado
 - 10 en cada punto a lo largo de un recorrido de corte para cortar a través del grosor de la pieza mientras se mantiene la integridad del molde,
 - en el que el sistema incluye un mecanismo de succión ubicado próximo al lugar en el que la energía láser hace contacto con la pieza para eliminar los residuos creados cuando la energía láser hace contacto con la
 - 15 pieza.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el mecanismo de control incluye un control del utillaje de sujeción que regula una velocidad del utillaje de sujeción y en el que el mecanismo de control recibe datos relativos al grosor del material de la pieza, en múltiples puntos a lo largo de un recorrido de corte en el que el haz de rayos láser cortará la pieza, y regula una velocidad de movimiento de la pieza por el haz de rayos láser en función de los
- 20 datos del grosor, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en el intervalo aceptable predeterminado.
3. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que el mecanismo de control incluye un control de regulación de la potencia del láser que recibe datos relativos al grosor del material de la pieza, en múltiples puntos a lo largo del recorrido de corte en el que el haz de rayos láser cortará la pieza, y regula una potencia del
- 25 haz de rayos láser en función de los datos del grosor, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en el intervalo aceptable predeterminado.
4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el mecanismo de control incluye un control de la óptica que regula una posición de uno o más del número de componentes ópticos y en el que el mecanismo de control recibe datos relativos al grosor del material de la pieza, en múltiples puntos a lo largo de un recorrido
- 30 de corte en el que el haz de rayos láser cortará la pieza, y regula una posición de los uno o más del número de componentes ópticos en función de los datos del grosor, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en el intervalo aceptable predeterminado.
5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el sistema incluye una boquilla de gas dirigida a un punto en el que la energía láser hace contacto con la pieza.
- 35 6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el utillaje de sujeción es amovible con respecto a la posición de corte del haz de rayos láser en al menos tres ejes de movimiento.
7. El sistema de la reivindicación 1, en el que se mantiene sustancialmente constante la velocidad de la pieza en la posición de corte con respecto al haz de rayos láser en la posición de corte, mientras la pieza es amovible en al
- 40 menos tres ejes de movimiento y la potencia del haz de rayos láser es controlada dentro de un intervalo dado en función de la información acerca de una o más características de al menos uno del material de la pieza o de un material de soporte o del molde.
8. El sistema de la reivindicación 1, en el que la energía láser corta a través de la pieza y en una superficie externa del molde, pero no corta a través del molde.
9. El sistema de la reivindicación 1, en el que el mecanismo de control regula la velocidad del utillaje de sujeción, de forma que la energía láser vaporiza todo el material de la pieza en cada punto a lo largo del recorrido de corte
- 45 en la pieza mientras se obtiene al menos una de la condición del borde o de la característica del borde deseadas.
10. Un procedimiento de corte por láser, comprendiendo el sistema de corte por láser de la reivindicación 1:
 - crear una versión virtual de un molde especializado, el molde en forma de un conjunto de dientes de una
 - 50 molde especializado cubierto, al menos parcialmente, por la pieza especializada;
 - definir un recorrido virtual de corte al que un componente de generación de rayos láser dirigirá energía para cortar la pieza especializada;
 - determinar múltiples estimaciones del grosor del material de la pieza para múltiples puntos a lo largo del recorrido virtual de corte; y

- 5 definir un conjunto de instrucciones de regulación para regular al menos uno del componente de generación de rayos láser, de un componente óptico y de un utillaje de sujeción que sujeta el molde especializado de forma que se mantenga una relación entre una energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en un intervalo aceptable predeterminado en cada punto a lo largo de un recorrido real de corte para cortar a través de la pieza mientras se mantiene la integridad del molde, incluyendo el procedimiento la eliminación de los residuos creados cuando la energía láser hace contacto con la pieza, mediante un mecanismo proximal de succión.
- 10 **11.** El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la definición del conjunto de instrucciones de regulación incluye la definición de un conjunto de instrucciones de regulación del movimiento y de la velocidad para mover el utillaje de sujeción con la pieza colocada sobre el molde y en el que las instrucciones regulan la velocidad de movimiento de la pieza por el haz de rayos láser en función de las estimaciones determinadas del grosor del material de la pieza, de forma que se mantenga la relación entre la energía láser aplicada a la pieza y el grosor del material de la pieza en el intervalo aceptable predeterminado.
- 15 **12.** El procedimiento de la reivindicación 11, en el que la definición del conjunto de las instrucciones de regulación del movimiento y de la velocidad incluye la definición del movimiento y de la velocidad del utillaje de sujeción en cinco ejes con respecto a una orientación del componente de generación de rayos láser.
- 20 **13.** El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la creación del molde especializado para crear la pieza especializada a ser colocada en el molde incluye la creación de un plan terapéutico o un plan de desarrollo de proyecto virtual en el que el molde es una representación de un factor de forma del molde durante el plan terapéutico o de desarrollo virtual.
- 14.** El procedimiento de la reivindicación 13, en el que el procedimiento incluye la creación de un molde virtual en función del plan terapéutico o del plan de desarrollo virtual y en el que se determinan las múltiples estimaciones del grosor del material de la pieza para múltiples puntos a lo largo del recorrido virtual de corte en función del análisis del molde virtual.
- 25 **15.** El procedimiento de la reivindicación 13, en el que el procedimiento incluye la creación de un número de moldes especializados y en el que cada molde especializado representa una disposición única de dientes durante un plan terapéutico para mover los dientes incrementalmente.

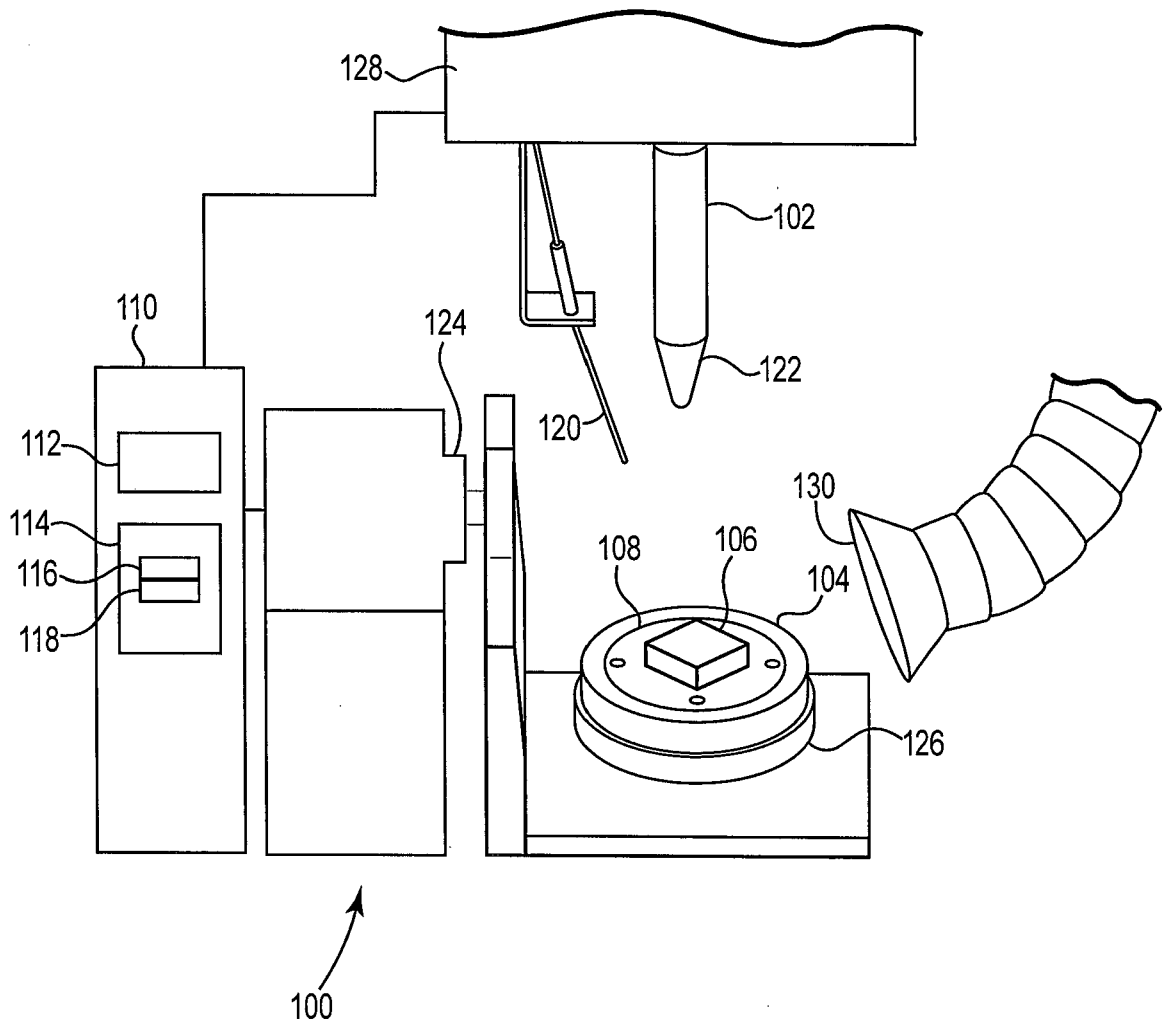


Fig. 1

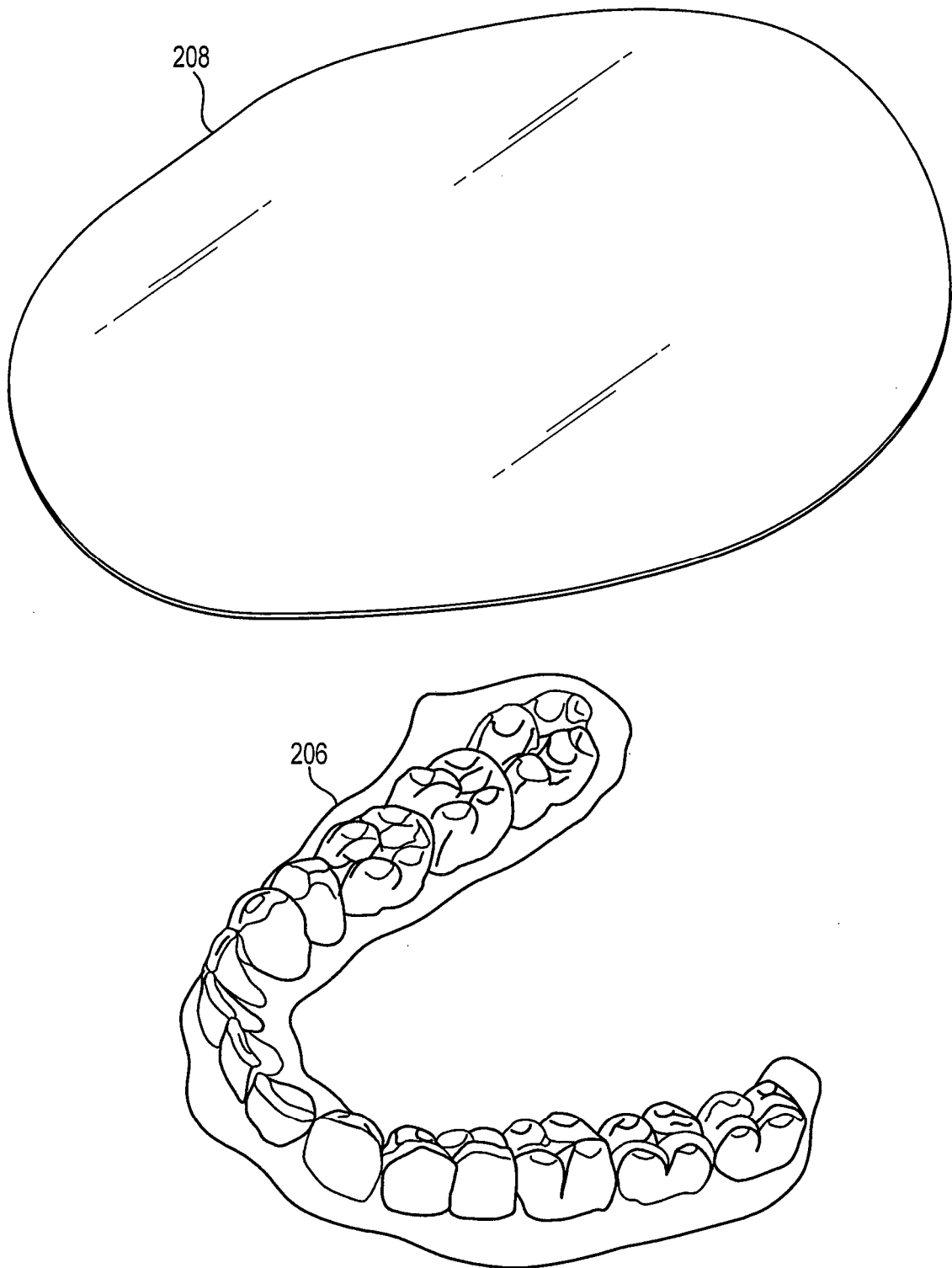


Fig. 2

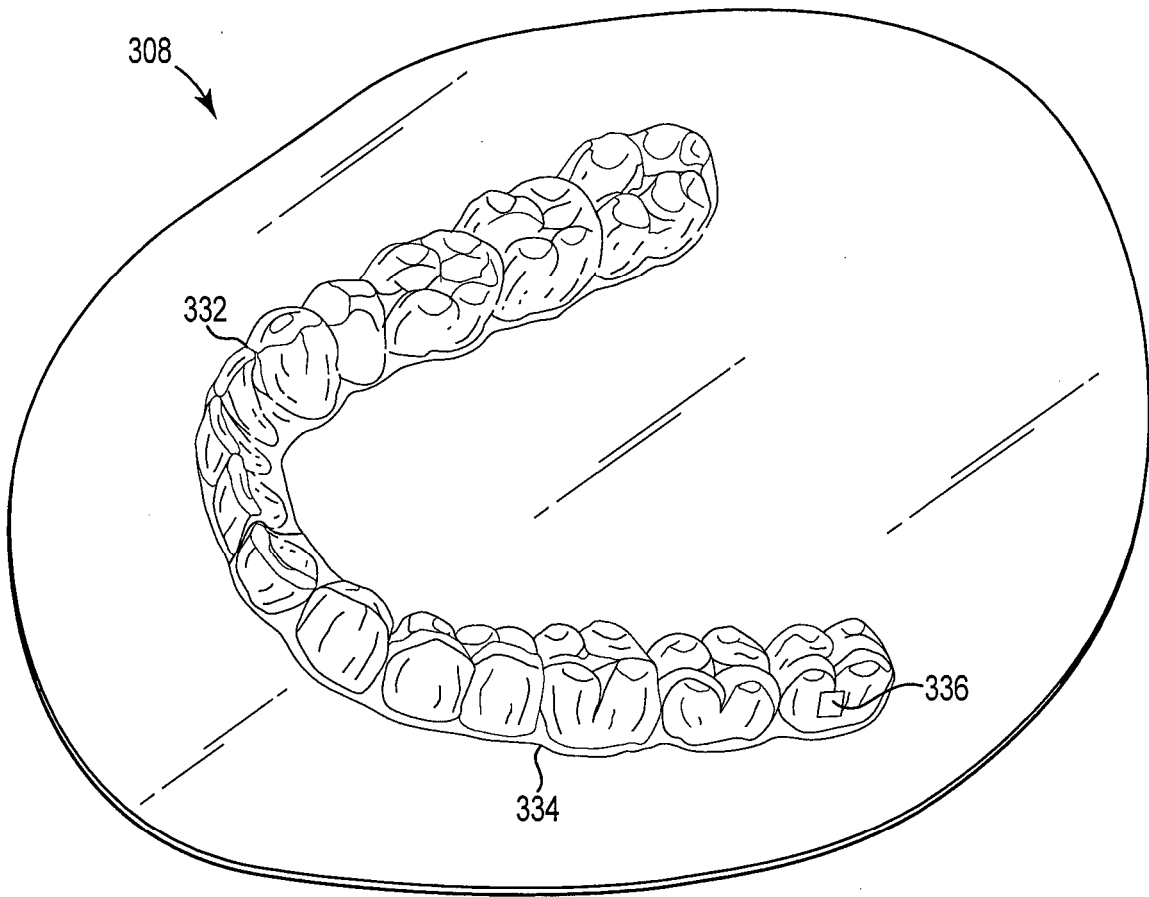


Fig. 3

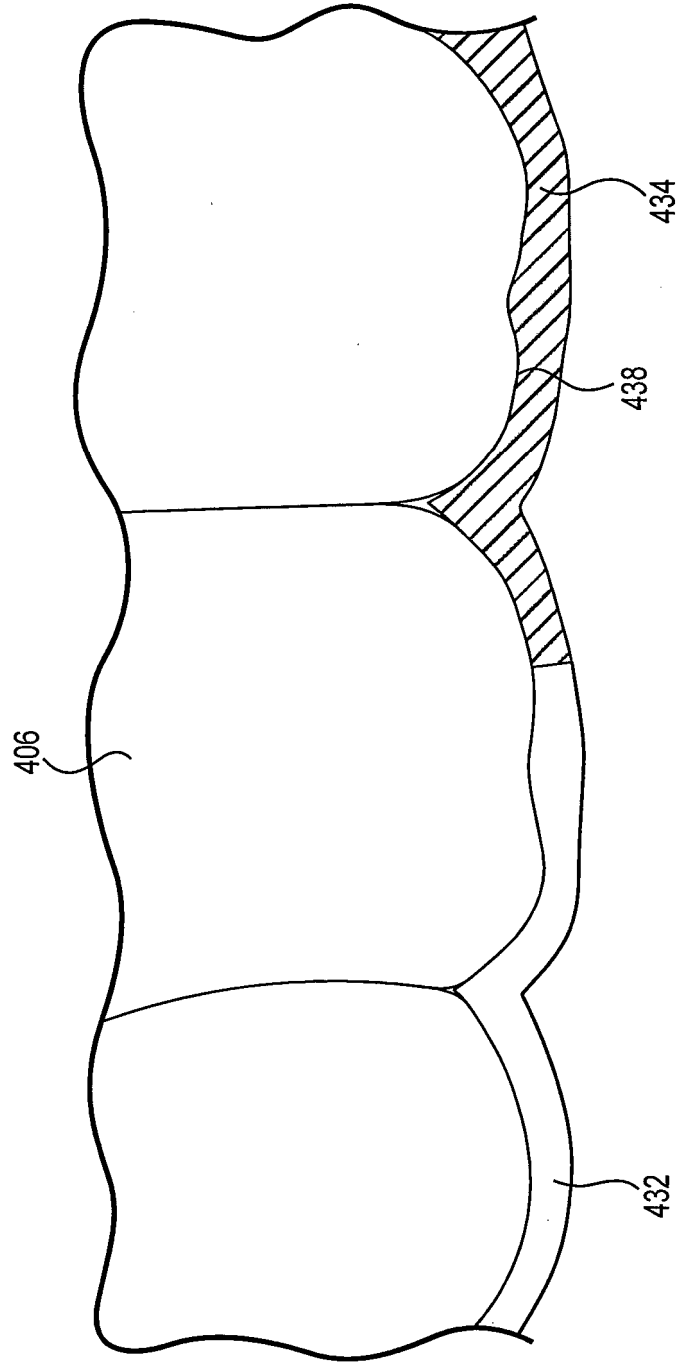


Fig. 4

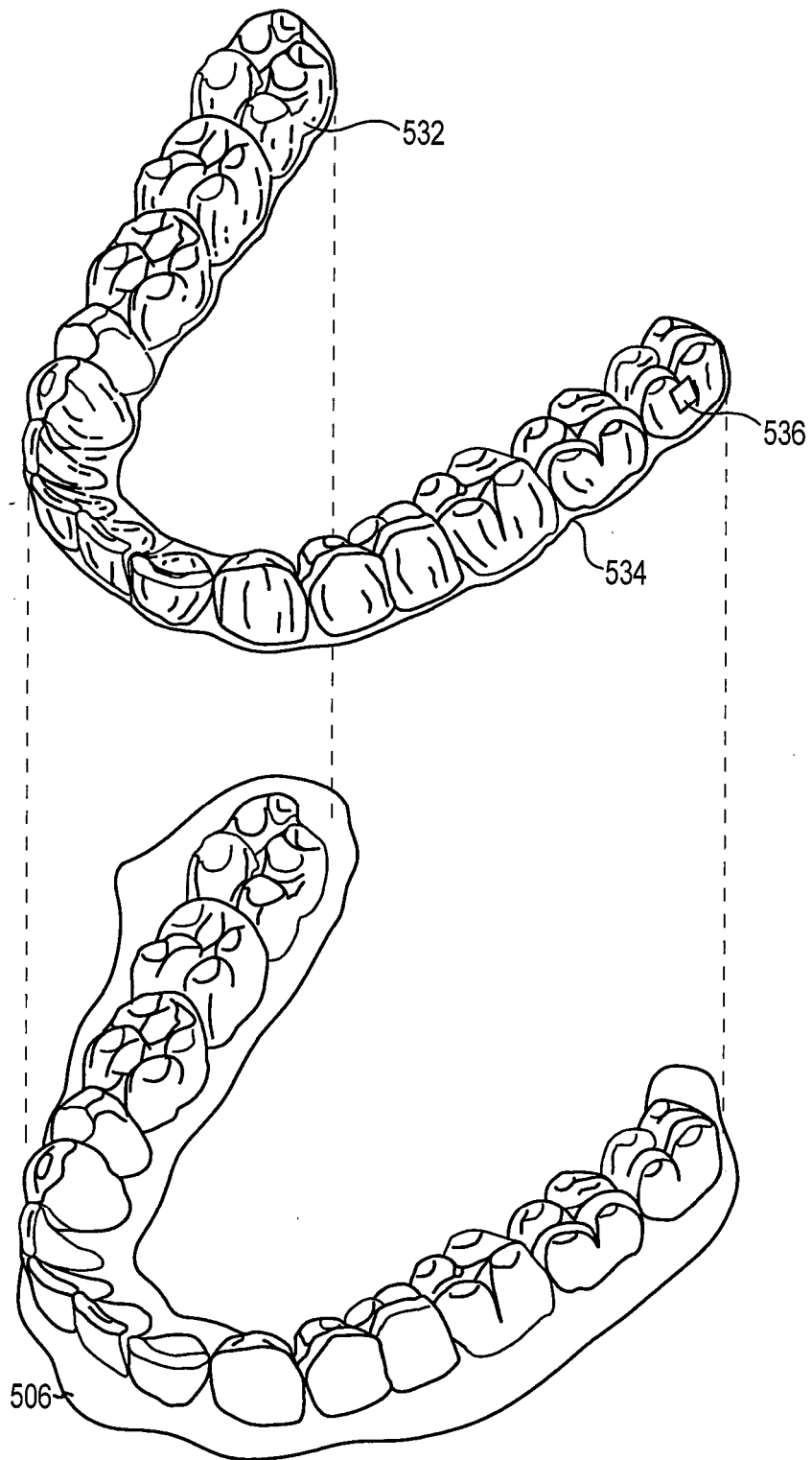


Fig. 5

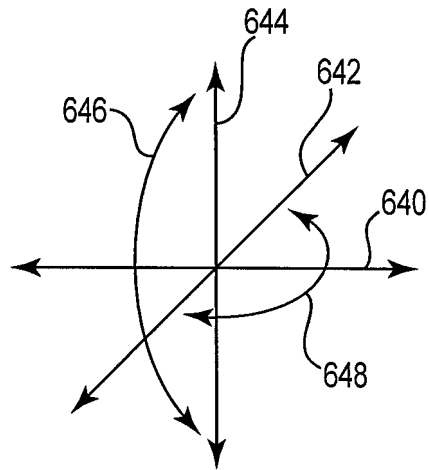


Fig. 6

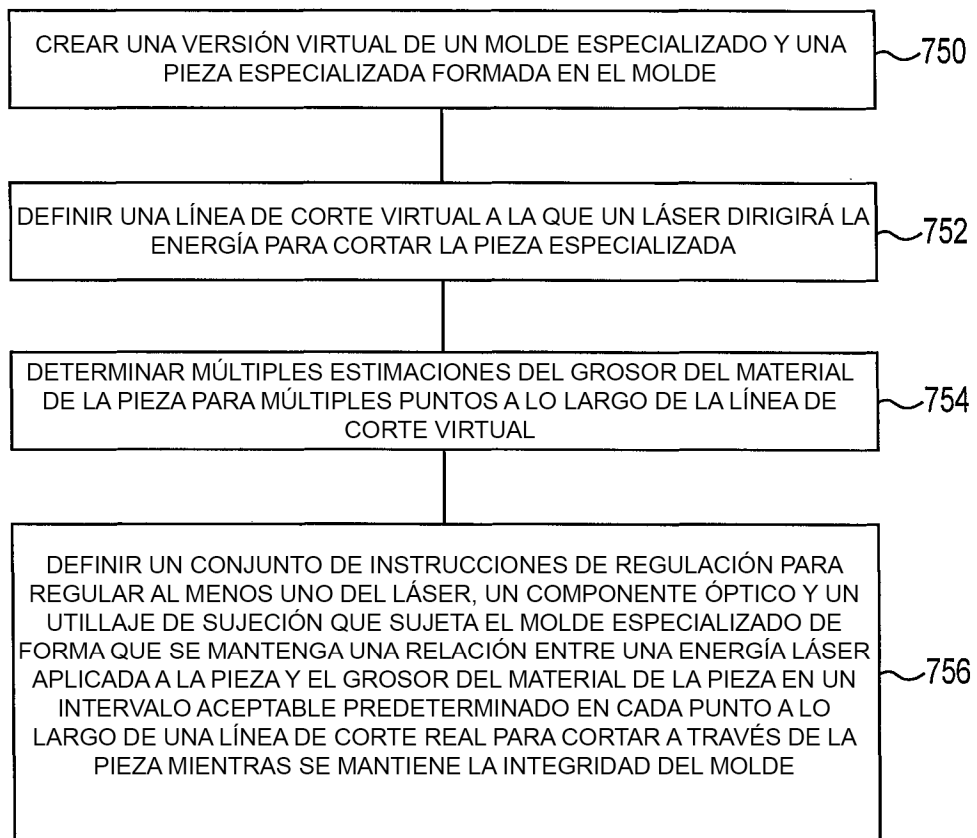


Fig. 7