



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 228**

51 Int. Cl.:

**B29C 67/00** (2006.01)

**B29C 71/00** (2006.01)

**B29C 71/02** (2006.01)

**G06F 17/50** (2006.01)

**G06F 19/00** (2006.01)

**B29C 41/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03716969 .5**

96 Fecha de presentación : **04.04.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1501669**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.02.2005**

54

Título: **Método de alisamiento para modelado por deposición en capas.**

30

Prioridad: **17.04.2002 US 373186 P**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.04.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.04.2011**

73

Titular/es: **STRATASYS, Inc.**  
**14950 Martin Drive**  
**Eden Prairie, Minnesota 55344-2020, US**

72

Inventor/es: **Priedeman, Jr., William y**  
**Smith, David, Thomas**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 357 228 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

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de la producción rápida de prototipos y en particular a procedimientos para conseguir lisura de la superficie en objetos prototipo hechos por fabricación en capas.

5 La producción y ensayo de objetos prototipo es una etapa comúnmente usada en el desarrollo de nuevos productos, máquinas y procesos en una amplia gama de industrias. Se conocen una variedad de procedimientos de fabricación en capas para formar prototipos tridimensionales, que desarrollan económica y rápidamente objetos prototipo a partir de un modelo geométrico de computador. Generalmente, estos procedimientos rápidos de producción de prototipos seccionan o dividen una representación digital de un objeto deseado (perfil con ayuda de computador (CAD)) en capas horizontales, luego se construye el objeto capa a capa por aplicación repetida de materiales. Entre las técnicas ejemplares rápidas de fabricación de prototipos figuran el modelado por depósito de capas, la sinterización selectiva con láser y los procedimientos estereolitográficos.

10 Un ejemplo de modelado por depósito en capas es una técnica de depósito fusionado realizado por máquinas de modelado Stratasys® FDM®. El modelado por depósito fusionado construye objetos tridimensionales por extrusión de un material de modelado desde una cabeza de extrusión en una configuración predeterminada, capa a capa, basándose en datos de perfil que corresponden a la forma particular de cada capa del objeto. Se describen ejemplos de aparatos y procedimientos para hacer objetos tridimensionales en las patentes U.S. nº. 5.121.329, expedida a Crump y otros, U.S. nº. 5.340.433, expedida a Crump, U.S. nº. 5.738.817, expedida a Danforth y otros, U.S. nº. 5.764.521, expedida a Batchelder y otros y U.S. nº. 6.022.207, expedida a Dahlin y otros, todas ellas cedidas a Stratasys, Inc., cesionario de la presente invención.

15 En las máquinas de modelado Stratasys® FDM® de la técnica actual, el material de modelado típicamente se carga en la máquina como filamento flexible arrollado en un carrete de suministro, tal como se descrito en la patente U.S. nº. 5.121.329. Como material de modelado se usa un material solidificable que se adhiere a la capa previa con una unión adecuada después de la solidificación y que se puede suministrar como filamento flexible. Unos rodillos de alimentación accionados por un motor hacen avanzar el hilo de filamento a un licuador soportado por una cabeza de extrusión. Dentro del licuador se calienta el filamento a una temperatura a la que puede fluir. El material de modelado capaz de fluir es forzado a salir de una boquilla en el extremo final del licuador y a depositarse sobre una base. El caudal del material extruido desde la boquilla es función de la velocidad a la que el filamento avanza hacia la cabeza de extrusión. Un elemento de control controla el movimiento de la cabeza de extrusión en un plano horizontal x, y, controla el movimiento de la base en una dirección vertical z y controla la velocidad a la que los rodillos de alimentación hacen avanzar el filamento. Controlando en sincronía estas variables de proceso, el material de modelado se deposita en “lechos” capa a capa a lo largo de senderos definidos por el modelo CAD. El material que se está extruyendo funde el material previamente depositado y se solidifica para formar un objeto tridimensional que se asemeja al modelo CAD.

20 Las superficies de los objetos desarrollados por métodos de fabricación capa a capa de la técnica actual presentan texturas o son estriadas debido a su formación en capas. Generalmente, las superficies curvas y en ángulo tienen aspecto de “peldaño de escalera”, causado por la disposición en capas de formas de sección transversal que tienen perfiles de borde cuadrados. El efecto de escalonamiento es más pronunciado a medida que aumenta el espesor de capa. Aunque el escalonamiento no afecta a la resistencia del objeto, estéticamente es malo.

25 La rugosidad superficial de los objetos hechos por técnicas de fabricación en capas deriva también de errores en el proceso de construcción. Por ejemplo, en los sistemas de la técnica actual de modelado por depósito en estado fundido, los errores se pueden deber en parte a caudales de extrusión variables. Los errores se producen en particular en puntos de partida y puntos finales del sendero o de la herramienta, por ejemplo, en la posición de una “costura” (esto es, el punto de inicio y final del recorrido de la herramienta en forma de lazo). Estos errores pueden causar variabilidades indeseadas en la forma del modelo resultante.

30 La producción rápida del prototipo de objetos tridimensionales incluye no sólo la producción de piezas de prototipo, sino que incluye también la producción de moldes. Entre los ejemplos de uso de moldes creados por técnicas de producción rápida de prototipos figuran la formación de moldes usados para hacer insertos de herramientas de moldeo por inyección tales como los descritos en la patente U.S. nº. 5.189.781 y la formación de moldes fugitivos para piezas cerámicas en verde antes de la sinterización, tales como los descritos en las patentes U.S. nº. 5.824.250 y U.S. nº. 5.976.457.

35 La técnica actual muestra objetos de triado, mecanizado o esmerilado manual hechos por producción en capas para eliminar el exceso de material. El frotamiento con paños, papel de lija o abrasivos acuosos son procedimientos corrientes para alisar o pulir los objetos. Por ejemplo, Hull y otros, patente U.S. nº. 5.059.359, *Methods and Apparatus for Producing Threedimensional Objects by Stereolithography*, describen sus prototipos como “perfectos para alisar por chorreo con arena obteniéndose piezas de tamaño correcto”. La necesidad de un acabado manual de modelos hechos con técnicas de proceso aditivas es reconocida también en la patente U.S. nº. 6.021.358, que utiliza técnicas de sustracción de modelado para lograr modelos lisos. La patente U.S. nº. 5.143.663 describe un método para eliminar el exceso de resina de objetos prototipo producidos en capas en un desengrasador de vapor, como el del preámbulo de la reivindicación 1. Hay necesidad en sistemas de producción rápida de prototipos de un método conveniente y relativamente barato de producción en capas de objetos prototipo.

Una técnica previamente desarrollada usada en la producción de plásticos implica el uso de vapores o líquidos químicos para alisar por recirculación la superficie de plástico, denominada pulido con disolvente. El pulido con disolvente se desarrolló en la industria de los plásticos hace más de veinte años con el fin de lograr un revestimiento o una superficie lisa y/o de gran brillo sin necesidad de tener un cuidado extremo en la aplicación o fabricación de los objetos. Por ejemplo, la patente U.S. n.º. 3.437.727 describe un procedimiento usando vapores químicos para el acabado de teléfonos que fueron devueltos a la compañía telefónica como procedimiento para su reciclado.

Hay dos procedimientos estándar para artículos de pulido con disolvente. El primero es sumergir el artículo de plástico entero en un baño de disolvente líquido de plástico durante un cierto tiempo basado en el disolvente y el tipo de plástico implicados. Esto permite que el disolvente penetre en la capa exterior del plástico, lo que causa que recircule. La recirculación causa que las superficies exteriores del artículo de plástico se hagan lisas y/o brillantes.

El segundo procedimiento de pulido con disolvente es la exposición del artículo de plástico al disolvente vaporizado. Para exponer el objeto de plástico se puede usar un vaporizador sostenido a mano como el descrito en la patente U.S. n.º. 4.260.873. Alternativamente, el objeto se puede poner en una cámara llena de disolvente vaporizado, generado por un baño caliente que está debajo, como en la patente U.S. n.º. 3.737.499. Una ventaja de la cámara de vaporización es que el disolvente está contenido y se puede reciclar, lo que minimiza la potencial contaminación ambiental.

El uso de vapores de disolvente para fundir o plastificar la superficie del sustrato se ha empleado en el campo de la fabricación de tableros de circuitos con el fin de facilitar la transferencia de circuitos impresos, por ejemplo, en la patente U.S. n.º. 4.976.813. Se describe otro ejemplo en la patente U.S. n.º. 4.594.311, en la que el disolvente se usa para tratar las zonas no vistas del material de base de plástico que soporta un tablero de circuito impreso con el fin de intensificar la configuración impresa y asegurarla más fuertemente a la superficie. En la patente U.S. n.º. 5.045.141, se puede tratar un sustrato, típicamente un tablero de circuito, para facilitar la transferencia a él del circuito impreso.

El pulido con disolvente usando líquidos o vapores se usa también comúnmente como etapa desengrasante o limpiadora en procesos de fabricación, en especial previos a la pintura.

A pesar de la necesidad en la producción rápida de prototipos de una técnica conveniente y barata de acabado superficial, el solicitante desconoce enseñanza o sugerencia alguna en la técnica anterior del uso de una técnica de pulido con vapor para alisar objetos hechos por técnicas de producción rápida de prototipos por fabricación en capas.

#### BREVE SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención es un procedimiento para alisar la superficie de un objeto hecho de un material polímero o cera usando una técnica de producción rápida de prototipos de fabricación en capas. Después de construido el objeto, se expone a un disolvente vaporizado durante un tiempo de exposición suficiente para que recircule por la superficie del objeto. Se escoge un disolvente basado en su capacidad para ablandar transitoriamente al material que forma el objeto y desaparecer luego de éste por evaporación. Se retira el objeto del disolvente y se deja que se seque, resultando una pieza acabada lisa. Opcionalmente, se pueden enmascarar partes de la superficie del objeto, antes de exponerlo al disolvente, para conservar así detalles finos del objeto. Alternativamente, se pueden distorsionar partes de la superficie del objeto, antes de exponerlo al disolvente, con el fin de que las mencionadas partes de la superficie tengan la geometría deseada después del alisamiento con vapor.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista aumentada en perspectiva que ilustra un objeto en bruto formado por una técnica de producción rápida de prototipos de fabricación en capas.

La Figura 2 es una vista aumentada en perspectiva del objeto de la Fig. 1 después de experimentar el alisado con vapor.

La Figura 3 es un diagrama que ilustra el procedimiento de alisado con vapor de un objeto de acuerdo con la presente invención.

La Figura 4a es una vista detallada en corte transversal de una porción de un objeto en bruto formado por modelado por depósito en estado fundido.

La Figura 4b muestra la sección transversal del objeto de la Fig. 4a después de alisado con vapor.

La Figura 5a es una vista detallada en corte transversal de la porción del objeto mostrada en la Fig. 4a en la que la geometría del objeto se ha distorsionado antes de la alisado con vapor.

La Figura 5b muestra la sección transversal de la Fig. 5a después del alisado con vapor.

#### DESCRIPCION DETALLADA

El procedimiento de la presente invención se puede emplear en cuanto a los objetos formados con un material polímero o de cera usando técnicas de producción rápida de fabricación en capas. Un ejemplo de técnica de producción por fabricación en capas es el tipo descrito en la patente U.S. n.º. 5.121.329, en el que una cabeza de extrusión deposita

“caminos” de material fundido en capas de forma predeterminada, material que solidifica después de una caída de la temperatura para formar un modelo sólido.

La Figura 1 muestra un objeto ejemplar 10, formado por una técnica de producción rápida de prototipos de fabricación en capas. El objeto 10 tiene una superficie angular 12, una superficie curva 14, dos superficies 16 horizontales y tres superficies 18 verticales. En otra realización, el objeto puede ser una herramienta de molde para uso en la producción de piezas de plástico de prototipo moldeadas por inyección, tales como las descritas en la solicitud de patente internacional n.º. PCT/US03/10219 titulada “Layered Deposition Bridge Tooling”, S. Crump y J. Hanson, presentada con la misma fecha con la presente y cedida al mismo cesionario de la presente solicitud. El objeto 10 está hecho de un material de modelado polímero o de cera que también puede incluir cargas y otros aditivos así como materiales en partículas dispersados. Son particularmente adecuados para uso en la presente invención termoplásticos amorfos, por ejemplo, ABS, policarbonato, polifenilsulfona, polisulfona, poliestireno, polifenilén éter, poliamidas amorfas, acrílicos, poli(2-etil-2-oxazolina) y sus mezclas. La presente invención se puede usar ventajosamente también con otros materiales polímeros y de ceras, entre ellos nailon con carga de vidrio, cera para chorreo, polvos de termoplástico sinterizados, y metales en verde o cerámicas en verde dispersados en un aglutinante polímero.

Como se muestra en la Fig. 1, el objeto 10 es “en bruto”, esto es, no ha experimentado alisado después del proceso. Antes del alisado con vapor de acuerdo con la presente invención, las superficies 12 y 14 presentan un efecto de escalonamiento. Las superficies 16 y 18 presentan estrías y rugosidad.

Para alisar las superficies del objeto 10, el objeto se pone en un vaporizador 30 en el que se expone a los vapores de un disolvente 34. Esto se ilustra en la Fig. 3. Un vaporizador adecuado es del tipo adquirible de Detrex Corp. de Southfield, Michigan, modelo VS-2000, aunque los expertos en la técnica reconocerán que en la práctica de la presente invención se pueden usar muchos vaporizadores alternativos. El vaporizador 30 se muestra equipado con un panel de control 31 para controlar el funcionamiento del vaporizador y los serpentines de enfriamiento primario y secundario, 33 y 35, respectivamente.

El disolvente 34 se selecciona para que sea compatible con el material de modelado que forma el objeto 10. Los disolventes adecuados reaccionarán con el material de modelado de manera que lo ablanden y que se deslice en las superficies del objeto. El disolvente debe ser también capaz de vaporizarse de la superficie dejando el objeto intacto y sin haber sido químicamente atacado. Un disolvente preferido para uso con una amplia gama de termoplásticos amorfos es el cloruro de metileno. Los expertos en la técnica identificarán otros disolventes adecuados, por ejemplo, una solución de bromuro de n-propilo (por ejemplo, Abzol®), percloroetileno, tricloroetileno y un fluido fluorohidrocarburo vendido bajo la marca Vertrel®.

Como se ilustra en la Fig. 3, el vaporizador 30 hace hervir el disolvente y pase a la zona de vapor 36, que se mantiene a la temperatura de ebullición del disolvente o por encima de la misma y se retiene mediante los serpentines de enfriamiento 33 y 35. El objeto 10 se suspende en la zona de vapor 36 sujeto por un enganche de alambre 32 que está doblado para ajustarse en torno al objeto. Alternativamente se pueden usar otros medios de sujeción, tales como un cesto, una red o una plataforma de malla. El objeto 10 se expone al disolvente vaporizado 34 dejando que el vapor del disolvente penetre las superficies 12, 14, 16 y 18 del objeto 10. La penetración del disolvente ablanda el material de modelado en las superficies del objeto de manera que el material pueda fluir. El reflujo del material alisa las superficies del objeto.

El objeto 10 permanece expuesto al vapor del disolvente 34 hasta que se obtiene el acabado superficial deseado. Se selecciona un tiempo de exposición sobre la base del tipo de disolvente y el material de modelado, la finura de detalles característicos del objeto y la concentración de vapor del disolvente. El tiempo de exposición se puede ajustar observando la condensación del vapor del disolvente sobre el objeto, o se puede preseleccionar de acuerdo con una fórmula. La condensación se parará cuando la temperatura de la superficie del objeto alcance la temperatura de ebullición del disolvente. Esto es una indicación de que el disolvente ha penetrado. Usando cloruro de metileno como el disolvente 34, un material modelado termoplástico amorfo de modelado se ablandará y refluirá en un tiempo corto, típicamente entre aproximadamente un tiempo de exposición de 0,1 segundo y 5 minutos. Si se espera que el objeto se alise en un tiempo corto, puede ser deseable reducir la concentración de vapor del disolvente de manera que se pueda alargar el tiempo de exposición. Un tiempo de exposición más largo permite al operario más tiempo para observar el proceso de alisado y más espacio para eliminar errores al retirar el objeto del vapor del disolvente.

Cuando ha transcurrido el tiempo de exposición, se saca el objeto 10 de la zona 36 de vapor para secarlo. En una realización preferente, el objeto 10 se seca entre segundos y minutos después de extraerlo de la zona de vapor 36 a medida que el disolvente se evapora del objeto 10. El objeto 10 se puede manipular luego puesto que no está pegajoso, blando o húmedo. En algunos casos, como cuando el tiempo de exposición al disolvente es largo o el disolvente está muy concentrado, puede ser deseable secar el objeto 10 en un horno para eliminar el disolvente residual. El secado en horno se debe hacer a una temperatura más alta que el punto de ebullición del disolvente.

Tras el proceso de alisado con vapor, se reducen significativamente o se eliminan los escalones de las superficies 12, 14, 16 y 18. La cuantía del alisado logrado para un objeto dado usando el procedimiento de la presente invención dependerá del tiempo de exposición, el disolvente, el material de modelado y el estado inicial de la superficie del objeto. La Fig. 2 ilustra una reducción significativa de los escalones y la rugosidad del objeto 10 conseguida por alisado con vapor.

Opcionalmente, detalles seleccionados de un objeto (por ejemplo, detalles característicos menores que 6 mm, paredes delgadas, esquinas, bordes convexos y bordes cóncavos) se pueden enmascarar con una sustancia que inhiba el alisado de las partes seleccionadas mencionadas, o se puede evitar de otra manera la exposición de los mencionados detalle característicos a los vapores del disolvente. Por ejemplo, puede ser deseable enmascarar los bordes del objeto 10 para evitar que se redondeen. Análogamente, las superficies cóncavas de un objeto se pueden enmascarar para impedir el deslizamiento del material circundante. Entre las sustancias adecuadas para enmascarar frente al disolvente figuran las usadas en la fabricación de circuitos impresos, tales como gomas, ceras, pastas, adhesivos o cinta para enmascarar, que se pueden aplicar manualmente o automáticamente. El enmascarado se puede realizar también rodeando con gas un detalle.

La aplicación automática de un sustrato **para** enmascarar se puede hacer, por ejemplo, proyectando un chorro del material para enmascarar sobre la superficie de los detalles del objeto seleccionados en un proceso de depósito en capas tal como es conocido en la técnica. Una sustancia para enmascarar se puede aplicar también depositando en pasadas el material para enmascarar, usando un proceso de modelado por depósito en estado fundido tal como el realizado por las máquinas de modelado Stratasys® FDM®. Los expertos en la técnica identificarán métodos de enmascaramiento adicionales conocidos en la técnica que se pueden aplicar al realizar la presente invención.

Cuando se usa una técnica de enmascarado automático, los detalles a enmascarar se pueden identificar usando un algoritmo de software que crea una representación digital de la superficie de la zona a proteger. La zona protegida se puede identificar en una representación digital del objeto, tal como en una geometría en formato stl usando un sistema CAD, un sistema Graphic Pixel o un sistema Voxel. Alternativamente, las zonas superficiales a enmascarar las puede identificar el usuario mediante una interfaz de entrada táctil, tal como un sistema FreeForm<sup>MC</sup> disponible en SensAble Technologies, Inc. El sistema de entrada táctil crea una máscara digital de las zonas que no se desea alisar.

Como alternativa a las técnicas de enmascarado, la geometría de la superficie de un objeto se puede predistorcionar antes del alisado con vapor. La predistorción se realiza usando un algoritmo de software para modificar una representación digital del objeto (por ejemplo un modelo CAD del objeto o una representación en secciones laminares del objeto como en formato stl). Usando un algoritmo de software de predistorción, se distorsionan detalles característicos tales como esquinas y bordes recrecidos y bolsas por defecto de material, de manera que, después del alisado con vapor, tales detalles tengan aproximadamente la geometría deseada. Más específicamente, un algoritmo ejemplar de distorsión: (1) identificará los detalles geométricos con radios de curvatura menores que o iguales a la altura de una lámina (esto es, el espesor de una capa); (2) para detalles identificados que tienen un radio de curvatura positivo (por ejemplo, una esquina o borde), el algoritmo construirá la representación inicial del objeto en tales detalles, y (3) para detalles geométricos característicos identificados que tienen un radio de curvatura negativo (por ejemplo, una bolsa o una unión entre planos) el algoritmo vaciará la representación del objeto en la vecindad de tales detalles. El algoritmo de software de predistorción crea así una representación del objeto de manera que los datos geométricos identificados se distorsionarán por depósito de material adicional o por depósito de menos material que el finalmente deseado en el objeto alisado. Se puede usar un algoritmo similar para identificar detalles para enmascarar.

De acuerdo con el algoritmo de predistorción, los detalles característicos no deben retocarse en más de la altura de la lámina, por ejemplo, la mitad de la altura de una lámina. La rugosidad superficial de una pieza típica hecha por modelado mediante depósito en estado fundido es de aproximadamente 0,3 veces la altura de la lámina. El material adicional añadido en la predistorción de detalles positivos puede ser aproximadamente el espesor de la rugosidad superficial, de manera que cuando se elimine el material que se ha deslizado, el material sólido dejado adquiera la geometría final deseada del objeto. Para las regiones de curvatura negativa, es necesario que el algoritmo de predistorción elimine material suficiente de manera que el material que se deslice desde las regiones del entorno rellene el material eliminado.

En las Figs. 4a y 4b y en las Figs. 5a y 5b se ilustra la predistorción de la geometría del objeto. Las Figs. 4a y 4b muestran una vista en corte transversal de una parte de un objeto 40 que no ha sido predistorcionada sobrepuesta a un perfil 42 que ilustra la geometría del objeto con la superficie final deseada del objeto 40 (esto es, la representación del objeto no modificado). Como se ilustra en la Fig. 4b, el alisado con vapor da por resultado un redondeo de las esquinas convexas fuera del perfil deseado 42 y el redondeo de los bordes 46 más allá del perfil deseado 42. Las Figs. 5a y 5b ilustran una parte de un objeto 40' que tiene la misma geometría superficial final deseada que el objeto 40. A diferencia con el objeto 40, el objeto 40' ha sido predistorcionado de acuerdo con el algoritmo de predistorción de la presente invención. Como se ilustra en la Fig. 5a, la geometría de la superficie predistorcionada del objeto 40 se extiende más allá del perfil deseado 42 en las esquinas 44 y los bordes cóncavos 46. Después del alisado con vapor, como se ilustra en la fig. 5b, las esquinas 44 y los bordes 46 del objeto predistorcionado 40 se ajustan más estrechamente al perfil deseado 42 que las esquinas 44 y los bordes 46 del objeto 40.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferentes, los expertos en la técnica reconocerán que se pueden hacer cambios en las formas y detalles sin desviarse del alcance de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para hacer un objeto tridimensional, que comprende las etapas de:
  - proporcionar un objeto (10) construido de un material de modelado polímero o de cera usando una técnica de producción rápida de prototipos por fabricación en capas, en el que el objeto construido tiene una superficie del objeto (12, 14, 16, 18) formada del material de modelado, y en el que al menos una parte de la superficie del objeto tiene un efecto superficial debido a la técnica de producción rápida de prototipos por fabricación en capas;
  - exponer el objeto a vapores de un disolvente (34) que reblandece transitoriamente el material de modelado en la superficie del objeto; y caracterizado por comprender adicionalmente la etapa de:
  - hacer que se deslice nuevamente el material de modelado para reducir el efecto superficial.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la técnica de fabricación en capas es el modelado por depósito en estado fundido.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el material de modelado es una resina termoplástica.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la resina termoplástica comprende como mínimo 50% en peso de un termoplástico seleccionado entre el grupo consistente en ABS, policarbonato, polifenilsulfona, polisulfona, poliestireno, polifenilén éter, poliamidas amorfas, acrílicos, poli(2-etil-2-oxazolona) y mezclas de los mismos.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el disolvente se selecciona entre el grupo consistente en cloruro de metileno, una solución de bromuro de n-propilo, percloroetileno, tricloroetileno y un fluido hidrofluorocarburo.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el material de modelado se selecciona entre el grupo consistente en termoplásticos, metales en verde dispersados en un aglomerante polímero, materiales cerámicos dispersados en un aglutinante polímero y cera para chorreo.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que el material de modelado es nailon cargado con vidrio.
8. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende la etapa de:
  - seleccionar el tiempo durante el cual se ha de exponer el objeto al vapor del disolvente en función de la concentración del vapor del disolvente, antes de la etapa de exposición.
9. El procedimiento de la reivindicación 8, que además comprende la etapa de:
  - reducir la concentración del vapor del disolvente de manera que se alargue el tiempo de exposición seleccionado.
10. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende la etapa de:
  - enmascarar partes seleccionadas de la superficie del objeto con una sustancia que inhiba el alisado de las partes seleccionadas, antes de la etapa de exposición del objeto al vapor del disolvente.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la sustancia que enmascara se aplica usando un procedimiento automático.
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el procedimiento automático es un procedimiento de chorreo.
13. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el procedimiento automático es un procedimiento de modelado por depósito en estado fundido.
14. El procedimiento de la reivindicación 11, que además comprende la etapa de:
  - identificar las partes seleccionadas de la superficie del objeto para enmascararlas de acuerdo con su geometría.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, que además comprende la etapa de:
  - identificar las partes seleccionadas de la superficie del objeto para enmascararlas de acuerdo con sus radios de curvatura.
16. El procedimiento de la reivindicación 11, que además comprende la etapa de:

identificar las partes seleccionadas de la superficie del objeto usando un algoritmo de software que crea una representación digital de la superficie a proteger.

17. El procedimiento de la reivindicación 16, en el que los datos digitales que identifican la superficie a proteger se almacenan en formato stl.
- 5 18. El procedimiento de la reivindicación 1 que además comprende la etapa de:  
 crear una máscara digital de las partes seleccionadas de la superficie del objeto cuyo alisado no se desea, usando una interfaz táctil de entrada.
- 10 19. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de construcción comprende distorsionar ciertos detalles característicos (44, 46) del objeto de manera que los mencionados detalles adquieran la geometría deseada (42) después de la etapa de exposición.
20. El procedimiento de la reivindicación 19 que además comprende las etapas de:  
 proporcionar una representación del objeto inicial en formato digital, teniendo la representación del objeto inicial una geometría de la superficie, y  
 15 modificar la representación del objeto inicial para predistorsionar ciertos detalles característicos (44, 46) de la geometría de la superficie, produciendo una representación del objeto modificada;  
 en el que el objeto construido en la etapa de construcción tiene una geometría definida de acuerdo con la representación del objeto modificada, y  
 en el que la geometría deseada lograda después de la etapa de exposición casa aproximadamente con la representación del objeto inicial.
- 20 21. El procedimiento de la reivindicación 21, en el que el efecto superficial se selecciona entre el grupo constituido entre un efecto de formación de escalones, un efecto de estriación y una combinación de ambos.
22. El procedimiento de la reivindicación 21, en el que el material de modelado es una resina termoplástica.
23. El procedimiento de la reivindicación 22, en el que la resina termoplástica comprende como mínimo aproximadamente 50% en peso de un termoplástico amorfo seleccionado entre el grupo constituido por ABS, polycarbonato, polifenilsulfona, polisulfona, poliestireno, poli(fenilén éter), poliamida amorfa, metacrilato de metilo, poli(2-etil-2-oxazolona) y mezclas de los mismos.
- 25 24. El procedimiento de la reivindicación 23, en el que el disolvente se selecciona entre el grupo constituido por cloruro de metileno, una solución de bromuro de n-propilo, percloroetileno, tricloroetileno y un fluido de hidroflocarburu.
- 30 25. El procedimiento de la reivindicación 21, en el que el material de modelado se selecciona entre el grupo constituido por termoplásticos, metales en verde dispersados en un aglutinante polímero, cerámicas en verde dispersadas en un aglutinante polímero y cera para chorreo.
26. El procedimiento de la reivindicación 25, en el que el material de modelado es nailon cargado con vidrio.
27. El procedimiento de la reivindicación 21, que además comprende la etapa de:  
 35 enmascarar partes de la superficie del objeto con una sustancia que inhiba el alisado de las partes seleccionadas, antes de la etapa de nuevo deslizamiento de la superficie.
28. El procedimiento de la reivindicación 27, en el que la sustancia que enmascara se aplica usando un procedimiento automático.
29. El procedimiento de la reivindicación 28, en el que el procedimiento automático es un procedimiento de chorreo.
- 40 30. El procedimiento de la reivindicación 28, en el que el procedimiento automático es un procedimiento de modelado por depósito en estado fundido.
31. El procedimiento de la reivindicación 28 que además comprende la etapa de:  
 45 identificar las partes seleccionadas de la superficie del objeto para enmascararlas de acuerdo con su geometría.
32. El procedimiento de la reivindicación 31, que además comprende la etapa de:

identificar las partes seleccionadas de la superficie del objeto para enmascararlas de acuerdo con sus radios de curvatura.

33. El procedimiento de la reivindicación 28, que además comprende la etapa de:

5 identificar las partes seleccionadas de la superficie del objeto usando un algoritmo de software que crea una representación digital de la superficie a proteger.

34. El procedimiento de la reivindicación 33, en el que los datos digitales que identifican la superficie a proteger se almacenan en formato stl.

35. El procedimiento de la reivindicación 28 que comprende además la etapa de:

10 identificar las partes seleccionadas de la superficie del objeto para enmascarar usando una interfaz táctil de entrada.

36. El procedimiento de la reivindicación 1 que además comprende las etapas de:

proporcionar una representación del objeto inicial en formato digital, teniendo la representación del objeto inicial una geometría de la superficie, y

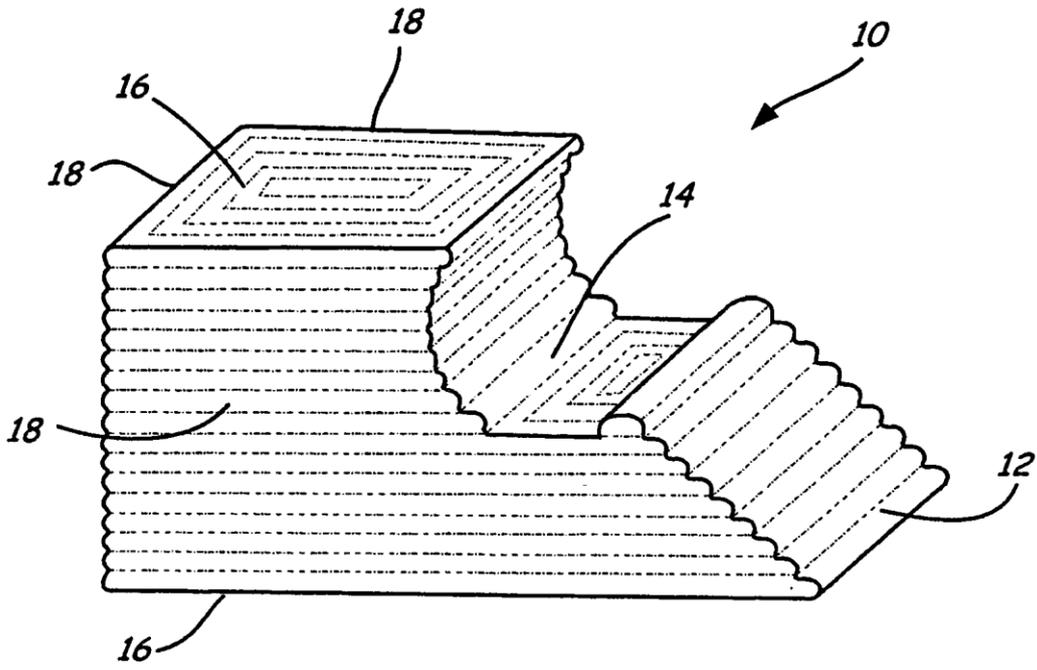
15 modificar la representación del objeto inicial para predistorsionar ciertos detalles característicos (44, 46) de la geometría de la superficie, produciendo una representación del objeto modificada, y

construir el objeto según lo define la representación del objeto modificada, con el material de modelado usando la técnica de producción rápida de prototipos por fabricación en capas;

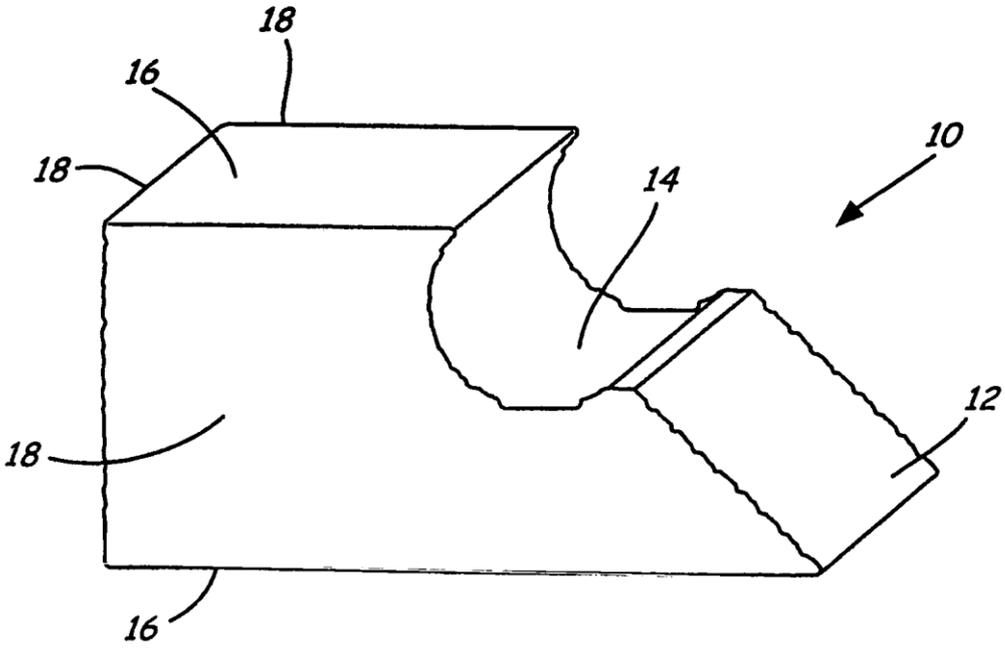
20 en el que el nuevo deslizamiento del material de modelado ablandado para reducir el efecto superficial produce un objeto acabado, objeto acabado que tiene una geometría de la superficie que casa aproximadamente con la representación del objeto inicial.

37. El procedimiento de la reivindicación 36 que además comprende la etapa de:

identificar detalles característicos de la geometría de la superficie para la predistorsión de acuerdo con sus radios de curvatura.



**FIG. 1**



**FIG. 2**

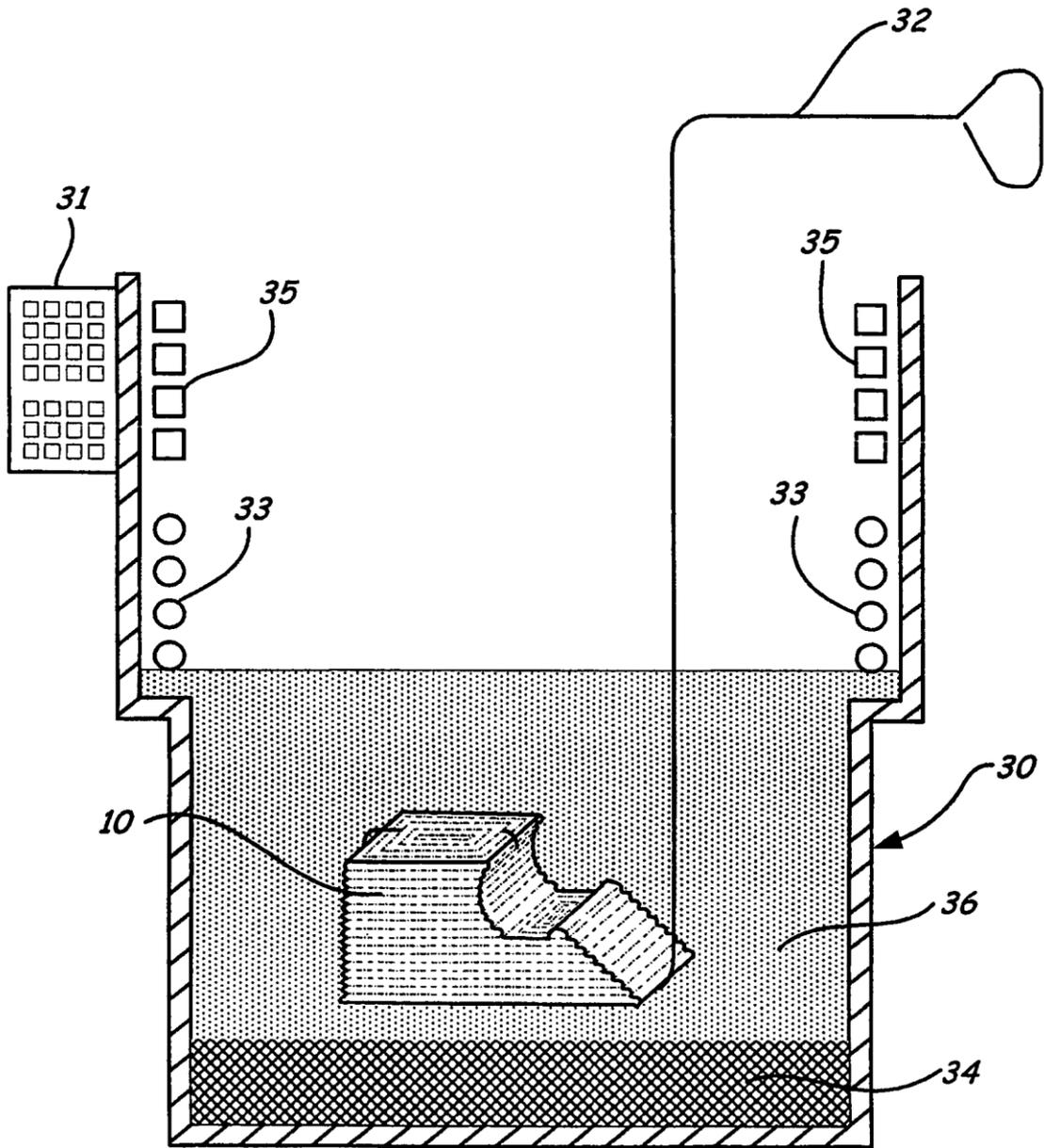
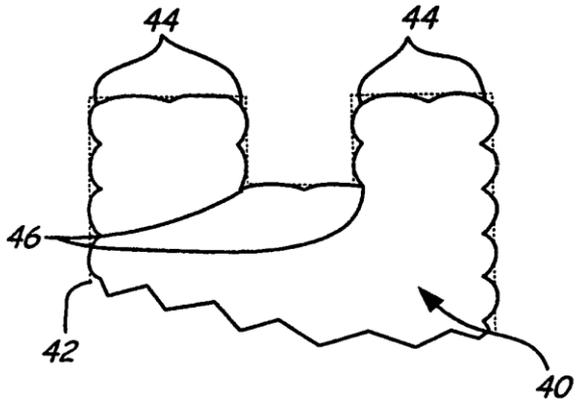
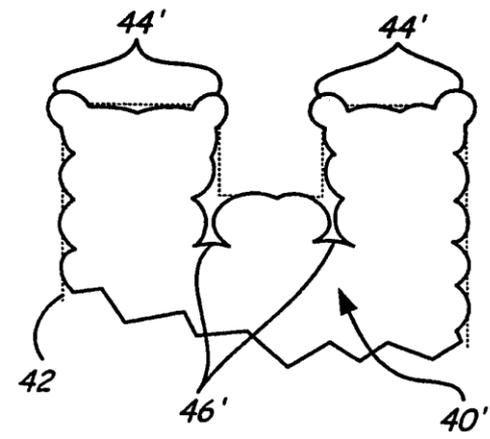
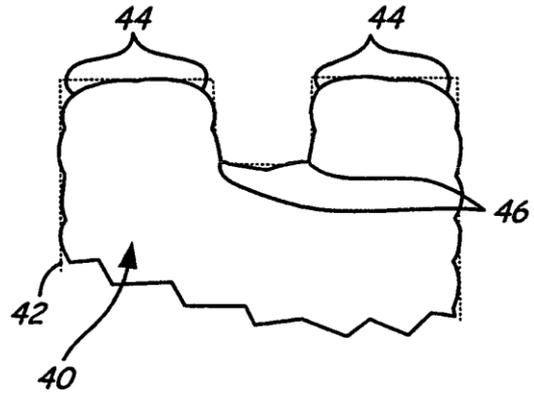


FIG. 3

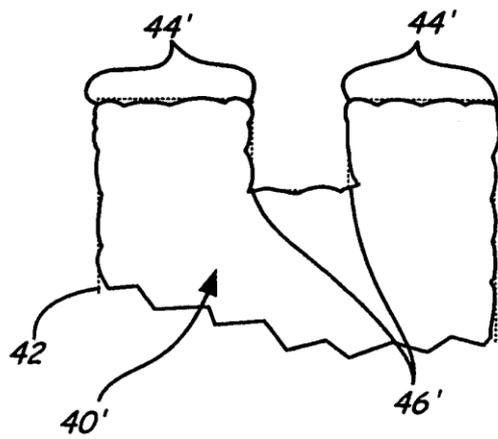
**FIG. 4A**



**FIG. 4B**



**FIG. 5A**



**FIG. 5B**