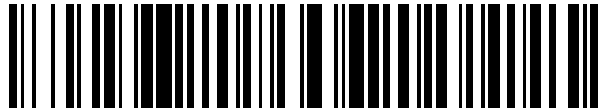


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 962**

51 Int. Cl.:

B29C 67/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2012 E 12714496 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2015 EP 2694274**

54 Título: **Procedimiento de fabricación aditivo basado en extrusión que comprende el recocido de la pieza**

30 Prioridad:

07.04.2011 US 201113081956

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

07.04.2016

73 Titular/es:

**STRATASYS, INC. (100.0%)
7665 Commerce Way
Eden Prairie, MN 55344, US**

72 Inventor/es:

RODGERS, LUKE, M.B.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 565 962 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

Procedimiento de fabricación aditivo basado en extrusión que comprende el recocido de la pieza

Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere a técnicas de fabricación aditiva para la impresión de piezas tridimensionales (3D). En particular, la presente divulgación se refiere a un proceso de fabricación aditiva para la impresión de piezas en 3D y estructuras de soporte con sistemas de fabricación aditiva basado en la extrusión.

10 Un sistema de fabricación aditiva basado en la extrusión se utiliza para imprimir una pieza o modelo 3D a partir de una representación digital de la pieza en 3D, capa a capa, por extrusión de un material fluido de la pieza. El material de una pieza se extruye a través de una punta de extrusión soportada por un cabezal de impresión, y se deposita como una secuencia de cordones sobre un sustrato en un plano x-y. El material de la pieza extruida se fusiona con un material de modelado depositado previamente, y solidifica ante un descenso de la temperatura. A continuación, se incrementa la posición del cabezal de impresión con respecto al sustrato, a lo largo de un eje z (perpendicular al plano x-y), y entonces se repite el proceso para formar una pieza en 3D que se asemeje a la representación digital.

15 El movimiento del cabezal de impresión con respecto al sustrato se realiza bajo control informático, de acuerdo con datos de construcción que representen la pieza en 3D. Los datos de construcción se obtienen segmentando inicialmente la representación digital de la pieza en 3D en múltiples capas segmentadas horizontalmente. A continuación, por cada capa segmentada, el ordenador central genera una trayectoria de herramientas para depositar cordones del material de la pieza para imprimir la pieza en 3D.

20 En la fabricación de piezas en 3D mediante la deposición de capas de un material de una pieza, normalmente se construyen unas capas o estructuras de soporte por debajo de porciones en voladizo, o en cavidades de objetos en construcción, que no estén soportadas por el propio material de la pieza. Puede construirse una estructura de soporte utilizando las mismas técnicas de deposición por las que se deposita el material de la pieza. El ordenador central genera una geometría adicional que actúa como estructura de soporte para los segmentos en voladizo o de que espacio libre de la pieza en 3D se está formando. A continuación, se deposita el material de soporte desde una
25 segunda punta de extrusión conforme a la geometría generada durante el proceso de construcción. El material de soporte se adhiere al material de la pieza durante la fabricación, y puede extraerse de la pieza en 3D acabada cuando el proceso de construcción está completado. El documento WO 2010/045 147 A2 desvela un procedimiento para la impresión de una pieza en tres dimensiones con un sistema de fabricación aditiva basado en la extrusión, en el que el material de soporte comprende al menos dos polímeros que tienen diferentes temperaturas de transición
30 vítrea, y que son sustancialmente inmiscibles entre sí.

Sumario

35 La presente invención está dirigida a un procedimiento para la impresión de una pieza en tres dimensiones con un sistema de fabricación aditiva basado en la extrusión, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procedimiento incluye proporcionar un material de soporte para el sistema de fabricación aditivo basado en la extrusión, incluyendo el material de soporte un primer polímero que tiene una primera temperatura de transición vítrea y un segundo polímero que tiene una segunda temperatura de transición vítrea. El procedimiento también incluye proporcionar un material de una pieza al sistema de fabricación aditivo basado en la extrusión, teniendo el material de la pieza una temperatura de transición vítrea, que es menor que la segunda temperatura de transición vítrea del segundo polímero del material de soporte. El procedimiento incluye además calentar un entorno de construcción del sistema
40 de fabricación aditivo basado en la extrusión, a al menos una temperatura que esté por encima de la temperatura de transición vítrea del material de la pieza, que esté por encima de la primera temperatura de transición vítrea del primer polímero del material de soporte, y que esté por debajo de la segunda temperatura de transición vítrea del segundo polímero del material de soporte. El procedimiento también incluye además la impresión de una estructura de soporte en el entorno de construcción calentado, a partir del material de soporte, en coordinación con la
45 impresión de la pieza tridimensional en el entorno de construcción calentado del material de la pieza, y el enfriamiento de la estructura de soporte impresa y de la pieza tridimensional impresa.

Breve descripción de los dibujos

50 La FIG. 1 es una vista frontal de un sistema de fabricación aditiva basado en la extrusión, configurado para imprimir piezas en 3D y estructuras de soporte.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva de una pieza en 3D y una estructura de soporte impresas con el sistema de fabricación aditivo basado en la extrusión, en la que la estructura de soporte encapsula parcialmente la pieza en 3D.

Las FIGS. 3A-3C son vistas en sección de la Sección 3A-3A tomada en la FIG. 2, que representan un proceso de impresión y de recocido para la construcción de la pieza en 3D y la estructura de soporte.

55 Las FIGS. 4A-4D son vistas en sección alternativas de la Sección 3A-3A tomada en la FIG. 2, que representan un proceso de impresión y de recocido alternativo para la construcción de la pieza en 3D y la estructura de soporte.

La FIG. 5 es una ilustración gráfica de un primer perfil de temperatura para la impresión y recocido de una pieza en 3D y una estructura de soporte, en la que la pieza en 3D y la estructura de soporte se imprimen y recuecen en un único proceso consecutivo.

5 La FIG. 6 es una ilustración gráfica de un segundo perfil de temperatura para la impresión y el recocido de una pieza en 3D y una estructura de soporte, en la que la pieza en 3D y la estructura de soporte se imprimen y se recuecen en procesos separados, que están separados por una etapa de enfriamiento.

La FIG. 7 es una ilustración gráfica de un tercer perfil de temperatura para la impresión y el recocido de una pieza en 3D y una estructura de soporte, en la que la pieza en 3D y la estructura de soporte se imprimen y se recuecen de manera simultánea.

10 Descripción detallada

La presente divulgación está dirigida a un proceso para la impresión de una pieza en 3D y una estructura de soporte, en el que la estructura de soporte encapsula al menos parcialmente la pieza en 3D. La estructura de soporte se imprime a partir de un material de soporte, que incluye en su composición al menos dos polímeros con diferentes temperaturas de transición vítrea. Por ejemplo, el material de soporte puede incluir un polímero de baja temperatura y un polímero de alta temperatura, en el que los diferentes polímeros deseablemente son inmiscibles entre sí. De manera correspondiente, la pieza en 3D se imprime a partir de un material de una pieza, que incluye en su composición un polímero con una temperatura de transición vítrea, en el que la temperatura de transición vítrea del material de la pieza es más baja que una temperatura de transición vítrea de al menos uno de los polímeros del material de soporte. Por ejemplo, el material de la pieza puede tener una temperatura de transición vítrea que sea menor que una temperatura de transición vítrea del polímero de alta temperatura del material de soporte.

El proceso también implica un ciclo de recocido, en el que la pieza en 3D y la estructura de soporte se calientan a una o más temperaturas que están por encima de la temperatura de transición vítrea del material de la pieza, pero que están por debajo de la temperatura de transición vítrea de al menos uno de los polímeros del material de soporte (por ejemplo, por debajo de la temperatura de transición vítrea del polímero de alta temperatura del material de soporte). En una primera realización, el ciclo de recocido se lleva a cabo después de imprimir la pieza en 3D y la estructura de soporte. En una segunda realización, al menos una fase del ciclo de recocido puede llevarse a cabo durante la impresión de la pieza en 3D y la estructura de soporte. Como se analiza a continuación, los ciclos de recocido son adecuados para mejorar la unión entre capas; aumentar la resistencia de la pieza, la elongación, y la tenacidad; reducir la porosidad; y proporcionar propiedades transparentes y/o translúcidas.

30 A menos que se indique lo contrario, en el presente documento la forma singular de "polímero" se refiere a una composición de polímero más que a una única molécula de polímero. Por ejemplo, un material de una pieza cuya composición incluya un primer polímero y un segundo polímero, incluirá una o más moléculas de polímero de una primera composición de polímero, y una o más moléculas de polímero de una segunda composición de polímero. Además, en el presente documento los términos "aproximadamente" y "sustancialmente" se utilizan con respecto a valores e intervalos medibles, debido a las variaciones previstas conocidas por los expertos en la materia (por ejemplo, las limitaciones y las variabilidades en las mediciones). Todas las temperaturas a las que se refiere el presente documento se basan en la presión atmosférica (es decir, una atmósfera).

40 La FIG. 1 ilustra el sistema 10, que es ejemplo de un sistema de fabricación aditiva basado en la extrusión, adecuado para la construcción de piezas en 3D y estructuras de soporte de conformidad con el procedimiento de la presente divulgación. El sistema 10 incluye una cámara 12 de construcción, una platina 14, un bastidor 16, un cabezal 18 de impresión 18, y unas fuentes 20 y 22 de suministro: Ejemplos de sistemas adecuados para el sistema 10 incluyen sistemas de fabricación aditiva basado en la extrusión, tales como los comercializados por Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN bajo las marcas registradas "FUSED DEPOSITION MODELING" y "FDM".

45 La cámara 12 de construcción contiene la platina 14, el bastidor 16, y la cabeza 18 de impresión para imprimir una pieza en 3D (denominada pieza 24 en 3D) y una correspondiente estructura de soporte (denominada estructura 26 de soporte). El ambiente dentro de la cámara 12 de construcción, al menos en la zona de la pieza 24 y de la estructura 26 de soporte, se puede calentar a una o más temperaturas durante la impresión de la pieza en 3D y la estructura 26 de soporte. Por ejemplo, la cámara 12 de construcción se puede calentar y mantenerse a una o más temperaturas, que se encuentren en un marco entre la temperatura de solidificación y la temperatura de relajación viscosa del material de la pieza y/o del material de soporte. Esto reduce el riesgo de distorsión mecánica (por ejemplo, la curvatura) de la pieza 24 en 3D y de la estructura 26 de soporte, siendo la temperatura de relajación viscosa del material de la pieza proporcional a la temperatura de transición vítrea del material de la pieza. En la Patente de Estados Unidos n.º 5,866,058, de Batchelder y col., se desvelan ejemplos de técnicas adecuadas para la determinación de las temperaturas de relajación viscosa de los materiales de pieza de soporte.

55 Además, el ambiente dentro de la cámara 12 de construcción, al menos en la zona de la pieza 24 en 3D y la estructura 26 de soporte, se puede calentar a una o más temperaturas elevadas para recocer pieza 24 en 3D. Como se analiza más adelante, esto implica calentar el ambiente dentro de la cámara 12 de construcción, al menos en la zona de la pieza 24 en 3D y la estructura 26 de soporte, a una o más temperaturas por encima de la temperatura de transición vítrea del material de la pieza de la pieza 24 en 3D.

La platina 14 es una plataforma sobre la que se construyen la pieza 24 en 3D y la estructura 26 de soporte, y deseablemente se mueve a lo largo de un eje vertical z, basándose en señales proporcionadas desde un controlador 28 operado por ordenador. El bastidor 16 es un sistema de carril guía que está configurado de manera deseable para mover el cabezal 18 de impresión, en un plano horizontal x-y dentro de la cámara 12 de construcción, basándose en señales proporcionadas desde el controlador 28. El plano horizontal x-y es un plano definido por un eje x y un eje y (no mostrados en la FIG. 1), siendo ortogonales entre sí el eje x, el eje y, y el eje z. En una realización alternativa, la platina 14 puede estar configurada para moverse en el plano horizontal x-y dentro de la cámara 12 de construcción, y el cabezal 18 de impresión puede estar configurado para moverse a lo largo del eje z. También se pueden usar otras disposiciones similares, de tal manera que uno o ambos de la platina 14 y el cabezal 18 de impresión sean móviles entre sí.

El bastidor 16 soporta el cabezal 18 de impresión para imprimir la pieza 24 en 3D y la estructura 26 de soporte sobre la platina 14, capa por capa, basándose en señales proporcionadas desde el controlador 28. En la realización mostrada en la FIG. 1, el cabezal 18 de impresión es un cabezal de extrusión de doble punta, configurado para depositar materiales de pieza y de soporte desde la fuente 20 de suministro y la fuente 22 de suministro, respectivamente. Ejemplos de cabezales de extrusión adecuados para cabezal 18 de impresión incluyen los desvelados en la Patente de Estados Unidos n.º 5.503.785 de Crump y col.; la Patente de Estados Unidos n.º 6.004.124 de Swanson y col.; la Patente de Estados Unidos n.º 7.604.470 de Labossiere y col.; la Patente de Estados Unidos n.º 7.625.200 Leavitt; y la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º 12/976.111, titulada "Print Head Assembly For Use In Fused Deposition Modeling Systems". Además, el sistema 10 puede incluir una pluralidad de cabezales 18 de impresión para depositar materiales de pieza y/o de soporte desde una o más puntas.

El material de la pieza se suministra al cabezal 18 de impresión 18 desde la fuente 20 de suministro a través de una línea 28 de alimentación, permitiendo así que el cabezal 18 de impresión deposite el material de la pieza para imprimir la pieza 24 en 3D. En consecuencia, el material de soporte se suministra al cabezal 18 de impresión 18 desde la fuente 30 de suministro a través de una línea 30 de alimentación, permitiendo de ese modo que el cabezal 18 de impresión deposite el material de soporte para imprimir la estructura 26 de soporte.

Los materiales de pieza y de soporte pueden proporcionarse al sistema 10 en una variedad de diferentes medios. Habitualmente, los materiales pueden suministrarse en forma de filamentos continuos. Por ejemplo, en el sistema 10, los materiales de pieza y de soporte se pueden proporcionar como hilos de filamentos continuos alimentados, respectivamente, desde las fuentes 20 y 22 de suministro, como se describe en la Patente de Estados Unidos n.º 6.923.634 de Swanson y col.; la Patente de Estados Unidos n.º 7.122.246 de Peine y col.; las Solicitudes de Patente de Estados Unidos n.º 2010/0096485 y 2010/0096489 de Taatjes y col.; y la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º 2010/0283172 de Swanson y col.. Ejemplos de diámetros medios adecuados para los hilos de filamentos de los materiales de pieza y de soporte están comprendidos entre 1,27 milímetros aproximadamente y 3,0 milímetros aproximadamente.

Tal como se muestra, el cabezal 18 de impresión incluye unos mecanismos 32 y 34 de accionamiento, y unos conjuntos 36 y 38 de fluidificación. Durante una operación de impresión, el bastidor 16 se mueve alrededor del cabezal 18 de impresión en el plano horizontal x-y, dentro de cámara 12 de construcción, y se dirigen los mecanismos 32 y 34 de accionamiento para alimentar de forma intermitente los materiales de pieza y de soporte desde las fuentes 20 y 32 de suministro, a través de los conjuntos 36 y 38 de fluidificación.

Ejemplos de mecanismos de accionamiento adecuados como los mecanismos 32 y 34 de accionamiento, y de conjuntos de fluidificación para los conjuntos 36 y 38 de fluidificación, incluyen los desvelados en la Patente de Estados Unidos n.º 5.503.785 de Crump y col.; la Patente de Estados Unidos n.º 6.004.124 de Swanson y col.; las Patentes de Estados Unidos n.º 7.384.255 y 7.604.470 de Labossiere y col.; la Patente de Estados Unidos n.º 7.625.200 de Leavitt; la Patente de Estados Unidos n.º 7.896.209 de Batchelder y col.; y la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º 12/976.111, titulada "Print Head Assembly For Use In Fused Deposition Modeling Systems". En realizaciones alternativas, el cabezal 18 de impresión puede funcionar como una bomba de tornillo sinfin de múltiples etapas, como se describe en la Patente de Estados Unidos n.º 5.764.521 de Batchelder y col.; y la Patente de Estados Unidos n.º 7.891.964 de Skubic y col..

Los materiales de pieza y de soporte recibidos se depositan sobre la platina 14 para imprimir la pieza 24 en 3D, en coordinación con la impresión de la estructura 26 de soporte, usando una técnica de fabricación aditiva basada en capas. Como se muestra en la FIG. 2, la pieza 24 en 3D se imprime como una serie de capas sucesivas de material de la pieza, y la estructura 26 de soporte se imprime como una serie de capas sucesivas de material de soporte, en coordinación con la impresión de la pieza 24 en 3D.

La pieza 24 en 3D es un ejemplo de una pieza simple en forma de bloque, que tiene una superficie 40 superior, cuatro superficies laterales (no mostradas en la FIG. 2), y una superficie inferior (no mostrada en la FIG. 2). La estructura 26 de soporte se deposita deseablemente para encapsular, al menos parcialmente, las capas de la pieza 24 en 3D. Por ejemplo, la estructura 26 de soporte se puede imprimir para encapsular las superficies laterales y la superficie inferior de la pieza 24 en 3D, como se muestra.

En ejemplos alternativos, el sistema 10 puede imprimir piezas en 3D que tengan diversas geometrías diferentes. En estos ejemplos, el sistema 10 también puede imprimir unas correspondientes estructuras de soporte que encapsulen, al menos parcialmente, las piezas en 3D, tal como en las superficies laterales y las superficies inferiores de las piezas en 3D. En tales ejemplos, se puede seleccionar una orientación de la pieza de modo que la superficie superior no encapsulada sea la superficie menos significativa de la pieza. Además, las estructuras de soporte pueden proporcionar un soporte vertical a lo largo del eje z para cualquier zona sobresaliente de las capas de las piezas en 3D, permitiendo construir las piezas en 3D con diversas geometrías.

Las FIGS. 3A-3C ilustran el proceso de la presente divulgación para la impresión y recocido de la pieza 24 en 3D y la estructura 26 de soporte con el sistema 10. Si bien el proceso se describe en el presente documento con referencia a la pieza 24 en 3D y a la estructura 26 de soporte, el procedimiento también es adecuado para la impresión y recocido de piezas en 3D y de estructuras de soporte que tengan diversas geometrías. Como se muestra en la FIG. 3A, cada capa de la pieza 24 en 3D se imprime en una serie de capas 42 para definir la geometría de la pieza 24 en 3D, que tiene una superficie 40 superior, unas superficies 44 laterales y una superficie inferior 46.

Como se ha analizado anteriormente, la pieza 24 en 3D se imprime a partir de un material de una pieza cuya composición incluye un polímero que tiene una temperatura de transición vítrea $T_g(p)$. Ejemplos de materiales de pieza adecuados incluyen materiales termoplásticos, tales como copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), policarbonatos, polisulfonas, polietersulfonas, polifenilsulfonas, polieterimididas, variaciones de los mismos modificadas con poliamidas (por ejemplo, copolímeros ABS-M30), poliestireno, polipropilenos, copoliésteres, y mezclas de los mismos.

En algunas realizaciones, el material de la pieza puede incluir también uno o más aditivos, tales como plastificantes, modificadores de reología, rellenos inertes, colorantes, estabilizantes, y combinaciones de los mismos. En realizaciones en las que el material de la pieza incluya aditivos adicionales, ejemplos de concentraciones combinadas adecuadas de los aditivos adicionales en el material de la pieza estarán comprendidas entre aproximadamente el 1 % en peso y aproximadamente el 10 % en peso, siendo concentraciones especialmente adecuadas las que varían desde aproximadamente 1 % en peso y aproximadamente 5 % en peso, basándose en el peso total del material de la pieza.

Cada capa de estructura 26 de soporte se imprime en una serie de capas 48 en coordinación con la impresión de las capas 42 de la pieza 24 en 3D, en la que las capas 48 impresas de la estructura 26 de soporte encapsulan las superficies 44 laterales, y la superficie 46 inferior de la pieza 24 en 3D. En el ejemplo mostrado, sin embargo, la superficie 40 superior no está encapsulada por las capas 48 de la estructura 26 de soporte. Además, en la realización mostrada, la técnica de fabricación aditiva basada en capas, usada para imprimir las capas 42 y 48, se lleva a cabo para proveer a las capas 42 y 48 de sustancialmente los mismos espesores de capa. En una realización alternativa, la técnica de fabricación aditiva basada en capas imprime múltiples capas 48 para cada capa 42, de manera que los espesores de capa de cada capa 48 sean más delgados que los espesores de capa de cada capa 42, como se desvela en la Patente de Estados Unidos n.º 7.236.166 de Zinniel y col..

Como también se ha analizado anteriormente, la estructura 26 de soporte se imprime a partir de un material de soporte cuya composición incluya al menos dos polímeros que tienen diferentes temperaturas de transición vítrea, y que puedan ser sustancialmente inmiscibles entre sí, para proporcionar una mezcla heterogénea de polímeros. Por ejemplo, el material de soporte puede incluir uno o más polímeros de baja temperatura que sean sustancialmente miscibles entre sí, y uno o más polímeros de alta temperatura que sean miscibles o sustancialmente miscibles entre sí, en la que el/los polímero/s de baja temperatura deseablemente sean inmiscibles con respecto al/los polímero/s de alta temperatura.

Para facilitar el análisis, se hará referencia al material de soporte como que incluye un polímero de baja temperatura que tiene una primera temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$, y un polímero de alta temperatura que tiene una segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$, en el que el polímero de baja temperatura y el polímero de alta temperatura son sustancialmente inmiscibles entre sí, y en el que $T_g(s2)$ es mayor que $T_g(s1)$. Sin embargo, el material de soporte puede incluir alternativamente múltiples polímeros de baja temperatura que sean sustancialmente miscibles entre sí, para proporcionar la primera temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ como un promedio de las temperaturas de transición vítrea individuales de los múltiples polímeros de baja temperatura. Del mismo modo, el material de soporte también puede incluir alternativamente múltiples polímeros de alta temperatura que sean sustancialmente miscibles entre sí, para proporcionar la segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ como un promedio de las temperaturas de transición vítrea de los múltiples polímeros individuales de alta temperatura.

Ejemplos de diferencias adecuadas, entre la primera temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ del polímero de baja temperatura y la segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ del polímero de alta temperatura, incluyen diferencias de temperatura de al menos aproximadamente 10 °C, más deseablemente de al menos aproximadamente 20 °C. En una realización, la segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ del polímero de alta temperatura es mayor que la primera temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ del polímero de baja temperatura, por una diferencia de temperatura que varía desde aproximadamente 25 °C hasta aproximadamente 50 °C. En otra

realización, la segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ del polímero de alta temperatura es mayor que la primera temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ del polímero de baja temperatura, por una diferencia de temperatura que varía desde aproximadamente 35 ° C hasta aproximadamente 50 ° C.

5 Además, como se ha analizado anteriormente, la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza es inferior a la segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ del polímero de alta temperatura del material de soporte. En algunas realizaciones, la temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ del polímero de baja temperatura puede ser igual o similar a la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza. Ejemplos de diferencias adecuadas, entre la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza y la primera temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ del polímero de baja temperatura, incluyen diferencias de temperatura de menos de aproximadamente 30 ° C, y más deseablemente de menos de aproximadamente 20 ° C.

10 Materiales de soporte adecuados para la construcción de la estructura 26 de soporte incluyen mezclas de polímeros termoplásticos amorfos, en los que el/los polímero/s de baja temperatura y el/los polímero/s de alta temperatura deseablemente sean inmiscibles entre sí para proporcionar una mezcla de polímeros heterogéneos. Además, los materiales de soporte adecuados pueden ser solubles, o al menos parcialmente solubles, en agua y/o en una solución alcalina acuosa, lo que resulta adecuado para extraer la estructura 26 de soporte de una manera conveniente sin dañar la pieza 24 en 3D.

15 Ejemplos de polímeros de baja temperatura adecuados, para su uso en el material de soporte, incluyen materiales comercializados bajo las marcas registradas Soluble Supports "SR10", "SR20", y "SR30", de Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN; y los desvelados en las Patentes de Estados Unidos n.º 6.070.107 y 6.228.923 de Lombardi y col.; las Patentes de Estados Unidos n.º 6.790.403 y 7.754.807 de Priedeman y col.; y la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º 2010/0096072 de Hopkins y col..

20 Ejemplos de polímeros de alta temperatura adecuados, para uso en el material de soporte, incluyen materiales a base de acrilato y ácido acrílico, tales como copolímeros polimerizados a partir de monómeros de ácidos carboxílicos (por ejemplo, ácido acrílico y ácido metacrílico), sales iónicas de ácidos carboxílicos (por ejemplo, sales neutralizadas de ácido acrílico y/o ácido metacrílico), acrilatos de alquilo (por ejemplo, acrilato de metilo), metacrilatos de alquilo (por ejemplo, metacrilato de metilo), y combinaciones de los mismos. Tales copolímeros pueden tener pesos moleculares medios numéricos que varían desde aproximadamente 100.000 g/mol hasta aproximadamente 150.000 g/mol.

25 Las relaciones en peso adecuadas del/los polímero/s de alta temperatura con respecto al/los polímero/s de baja temperatura en el material de soporte, pueden variar dependiendo de los polímeros particulares usados. El/los polímero/s de alta temperatura constituye/n deseablemente al menos aproximadamente el 33 % en peso del material de soporte, y el/los polímero/s de baja temperatura constituye/n deseablemente al menos aproximadamente el 33 % en peso del material de soporte. En algunas realizaciones, el material de soporte incluye entre aproximadamente el 50 % en peso y aproximadamente el 75 % en peso del/los polímero/s de alta temperatura, y entre aproximadamente el 25 % en peso y aproximadamente el 50 % en peso del/los polímero/s de baja temperatura. Ejemplos de relaciones en peso adecuadas del/los polímero/s de alta temperatura con respecto al/los polímero/s de baja temperatura están comprendidos entre aproximadamente 1:3 y aproximadamente 4:1, más deseablemente entre aproximadamente 1:1 y aproximadamente 3:1, e incluso más deseablemente entre aproximadamente 3:2 y aproximadamente 3:1.

30 Una vez que la operación de impresión está completa, entonces pueden someterse la pieza 24 en 3D y el soporte 26 de estructura a un ciclo de recocido. Como veremos más adelante, esto implica el aumento de la temperatura del ambiente dentro de la cámara 12 de construcción, al menos en la zona de la pieza 24 en 3D y de la estructura 26 de soporte, a una o más temperaturas elevadas que estén por encima de la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza, que estén por encima de la temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ del polímero de baja temperatura del material de soporte, y que estén por debajo de la temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ del polímero de alta temperatura del material de soporte.

35 Como se muestra en la FIG. 3B, la temperatura elevada dentro de la cámara 12 de construcción permite que el material de la pieza de las capas 42 fluya y se adapte a las dimensiones de la estructura 26 de soporte. El polímero de baja temperatura de la estructura 26 de soporte también se ablanda a la temperatura elevada. Sin embargo, el polímero de alta temperatura de la estructura 26 de soporte mantiene su módulo, y por lo tanto su forma, a la temperatura elevada. La inmiscibilidad de los diferentes polímeros del material de soporte crea una matriz del polímero de alta temperatura en el polímero ablandado de baja temperatura. De esta manera, el polímero de baja temperatura puede funcionar como un flexibilizador para el polímero de alta temperatura, reduciendo la fragilidad de la estructura 26 de soporte.

40 Después de mantener la cámara 12 de construcción a la temperatura elevada durante un tiempo adecuado, puede reducirse gradualmente la temperatura a lo largo de un perfil de temperatura, para enfriar y solidificar la pieza 24 en 3D. El reflujo y enfriamiento del material de la pieza reduce en consecuencia la porosidad de la pieza 24 en 3D, aumenta la unión entre capas, y produce las propiedades isotrópicas. Esto puede en consecuencia aumentar la resistencia, elongación, dureza, y el módulo de la pieza 24 en 3D. Además, en realizaciones en las que la composición del material de la pieza incluya un polímero transparente, la pieza 24 en 3D puede presentar

propiedades transparentes y/o translúcidas. Tales propiedades transparentes/translúcidas son normalmente inalcanzables con los sistemas de fabricación aditiva basados en extrusión, debido a las capas basadas en cordones y a la porosidad producidas, que de otro modo dispersan toda la luz que penetra.

5 Como se muestra en la FIG. 3C, después de completar el ciclo de recocido, puede extraerse de la cámara 12 de construcción la pieza 24 en 3D/estructura 26 de soporte resultante, y puede extraerse la estructura 26 de soporte de la pieza 24 en 3D. Por ejemplo, en realizaciones en las que el material de soporte pueda sumergirse al menos parcialmente en un baño de agua o de solución acuosa alcalina, la pieza 24 en 3D/estructura 26 de soporte resultante puede sumergirse en un baño de agua y/o de solución alcalina acuosa para disolver la estructura 26 de soporte de la pieza 24 en 3D. En consecuencia, la pieza 24 en 3D resultante exhibirá propiedades residuales e isotrópicas, con unas dimensiones correspondientes a las dimensiones de encapsulación de la estructura 26 de soporte antes de la extracción.

15 Las FIGS. 4A-4D ilustran un proceso alternativo de la presente divulgación para imprimir y recocer piezas en 3D y estructuras de soporte con el sistema 10 (mostrado en la FIG. 1), en las que las correspondientes etiquetas de referencia se han incrementado en "100". Como se muestra en la FIG. 4A, la pieza 124 en 3D puede imprimirse de la misma manera analizada anteriormente para la pieza 24 en 3D con capas 142, e incluye una superficie 140 superior, unas superficies 144 laterales, y una superficie 146 inferior. Del mismo modo la estructura 126 de soporte se puede imprimir en la misma forma analizada anteriormente para la estructura 26 de soporte con capas 148.

20 Sin embargo, en este ejemplo, la estructura 126 de soporte también encapsula parcialmente la superficie 140 superior, proporcionando un agujero 150 de colada. Después de completar la operación de impresión, entonces pueden someterse a un ciclo de recocido la pieza 124 en 3D y la estructura 126 de soporte. Esto implica el aumento de la temperatura del ambiente dentro de la cámara 12 de construcción, al menos en la zona de la pieza 124 en 3D y de la estructura 126 de soporte, a una o más temperaturas elevadas que estén por encima de la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza, que estén por encima de la temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ del polímero de baja temperatura del material de soporte, y que estén por debajo de la temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ del polímero de alta temperatura del material de soporte.

25 Como se muestra en FIG. 4B, la temperatura elevada dentro de la cámara 12 de construcción permite que el material de la pieza de los cordones 140 fluya y se adapte a las dimensiones de la estructura 126 de soporte. El polímero de baja temperatura de la estructura 126 de soporte también se ablanda a la temperatura elevada. Sin embargo, el polímero de alta temperatura de la estructura 126 de soporte mantiene su módulo, y por lo tanto su forma, a la temperatura elevada, como se ha analizado anteriormente.

30 Después de mantener la cámara 12 de construcción a la temperatura elevada durante un tiempo adecuado, puede reducirse gradualmente la temperatura a lo largo de un perfil de temperatura para enfriar y solidificar pieza 124 en 3D. En comparación con la pieza 24 en 3D mostrada en la FIG. 3B, en algunas situaciones el material de la pieza puede contraerse y encogerse durante el enfriamiento, reduciendo de esta manera las dimensiones de la pieza 124 en 3D. Esto está ilustrado por la superficie 140 superior, al estar situada por debajo de la superficie superior en voladizo de la estructura 126 de soporte.

35 Para compensar este encogimiento de la pieza 124 en 3D, cabezal 18 de impresión puede extruir cantidades adicionales de material de la pieza a través del agujero 150 de colada, tal como ilustra la flecha 152. Esta extrusión adicional puede llevarse a cabo durante la fase de calentamiento del ciclo de recocido, mientras se mantiene la cámara 12 de construcción a la temperatura elevada, y/o durante la posterior fase de enfriamiento del ciclo de recocido.

40 Como se muestra en la FIG. 4C, la extrusión adicional puede rellenar cualquier posible hueco entre la pieza 124 en 3D y la estructura 126 de soporte, para obtener las dimensiones originalmente deseadas de la pieza 124 en 3D. Como se ha analizado anteriormente, el ciclo de recocido reduce en consecuencia la porosidad de la pieza 124 en 3D, aumenta la unión entre capas, y produce propiedades isotrópicas.

45 Como se muestra en la FIG. 4D, después de completar el ciclo de recocido, puede extraerse de la cámara 12 de construcción la pieza 124 en 3D/estructura 126 de soporte resultante, y puede extraerse la estructura 126 de soporte de la pieza 124 en 3D. En consecuencia, la pieza 124 en 3D resultante exhibirá propiedades residuales e isotrópicas, con unas dimensiones correspondientes a las dimensiones de encapsulación de la estructura 126 de soporte antes de la extracción.

50 Las FIGS. 5-7 ilustran perfiles ejemplares de calentamiento y de enfriamiento para imprimir y recocer piezas en 3D y estructuras de soporte con el sistema 10 (mostrado en la FIG. 1). La FIG. 5 ilustra el perfil 200, que es un perfil adecuado para imprimir y recocer piezas en 3D, totalmente dentro de la cámara 12 de construcción, en un único proceso consecutivo. Como se muestra, el perfil 200 incluye un segmento 202, durante el cual se calienta y se mantiene la cámara 12 de construcción a una o más temperaturas, que se encuentren en un marco comprendido entre la temperatura de solidificación $T_s(p)$ del material de la pieza y la temperatura de relajación viscosa $T_c(p)$ del material de la pieza, para efectuar la operación de impresión para construir la pieza en 3D y la estructura de soporte. Como se ha analizado anteriormente, se imprime la estructura de soporte para encapsular al menos parcialmente la

pieza en 3D.

Después de completar la operación de impresión, entonces puede calentarse la cámara 12 de construcción a una o más temperaturas elevadas sobre un perfil de rampa de calentamiento, tal como representa el segmento 204. Ejemplos de perfiles de rampa de calentamiento adecuados para el segmento 202 incluyen aumentos de temperatura que varían desde aproximadamente 5 ° C/minuto hasta aproximadamente 20 ° C/minuto. Como se ha analizado anteriormente, la temperatura elevada de la cámara 12 de construcción está por encima de la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza, y por debajo de la segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ del polímero de alta temperatura del material de soporte, tal como ilustra el segmento 206. Además, la temperatura elevada de la cámara 12 de construcción también está por encima de la segunda temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$.

La cámara 12 de construcción puede mantenerse a la temperatura elevada durante un tiempo adecuado, para permitir que el material de la pieza de la pieza en 3D fluya y se adapte a las dimensiones de la estructura de soporte. La duración adecuada puede variar dependiendo de los valores relativos entre la temperatura elevada de la cámara 12 de construcción y la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza, y de las dimensiones de la pieza en 3D y de la estructura de soporte. Además, la elevada temperatura y la duración adecuada se seleccionan deseablemente para que sean baja y suficientemente corta, para evitar la degradación térmica del material de la pieza. Ejemplos de duraciones adecuadas para el segmento 206 están comprendidas entre aproximadamente 30 minutos y aproximadamente 10 horas. En algunas realizaciones, las duraciones adecuadas para el segmento 206 están comprendidas entre aproximadamente 2 horas y aproximadamente 5 horas.

Tal como ilustran los segmentos 208, 210, y 212, a continuación puede reducirse gradualmente la temperatura dentro de la cámara 12 de construcción, a lo largo de un perfil de rampa de enfriamiento para enfriar y solidificar la pieza en 3D. Por ejemplo, como indica el segmento 208, la temperatura puede reducirse a una velocidad adecuada hasta alcanzar una temperatura intermedia. Ejemplos de perfiles de rampa de enfriamiento adecuados, para el segmento 208, incluyen descensos de temperatura que varían desde aproximadamente 5 ° C/minuto hasta aproximadamente 15 ° C/minuto.

La temperatura intermedia estará deseablemente por debajo de la temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ del material de la pieza (por ejemplo, a la temperatura de relajación viscosa $T_c(p)$ del material de la pieza). Tal como indica el segmento 210, puede mantenerse la cámara 12 de construcción a la temperatura intermedia para permitir que el material de la pieza se enfríe lentamente, con niveles reducidos de distorsión (por ejemplo, curvatura). Tal como indica el segmento 212, la temperatura dentro de la cámara 12 de construcción puede reducirse entonces gradualmente a lo largo de un perfil de rampa de enfriamiento adicional, para enfriar y solidificar la pieza en 3D por debajo de la temperatura de solidificación $T_s(p)$ del material de la pieza (por ejemplo, hasta 25 ° C). Ejemplos de perfiles de rampa de enfriamiento adecuados para el segmento 212 incluyen descensos de temperatura que varían desde aproximadamente 5 ° C/minuto hasta aproximadamente 15 ° C/minuto.

Si bien en el segmento 210 se ilustra el perfil 200 con una sola etapa de temperatura intermedia, puede incluirse alternativamente múltiples etapas de temperatura intermedia, según se desee. Después de completar el ciclo de recocido, la pieza en 3D y la estructura de soporte resultantes pueden extraerse de la cámara 12 de construcción, y la estructura de soporte puede extraerse de la pieza en 3D. Como se ha analizado anteriormente, el reflujo y el enfriamiento del material de la pieza reduce la porosidad de la pieza en 3D, aumenta la unión entre capas, y produce propiedades isotrópicas. Esto puede aumentar en consecuencia la resistencia, alargamiento, dureza, y el módulo de la pieza en 3D. Además, en realizaciones en las que la composición del material de la pieza incluya un polímero transparente, la pieza en 3D puede exhibir propiedades transparentes y/o translúcidas.

La FIG. 6 ilustra el perfil 300, que también es un perfil adecuado para imprimir y recocer piezas en 3D, ya sea total o parcialmente dentro de la cámara 12 de construcción. Como se muestra, el perfil 300 incluye unos segmentos 302-316, en el que las etapas de los segmentos 302, 306, 308, 310, y 312 se pueden llevar a cabo de la misma manera analizada anteriormente para las etapas de los segmentos 202, 206, 208, 210, y 212 del perfil 200 (mostrado en la FIG. 5). Sin embargo, el perfil 300 también incluye una etapa de enfriamiento en el segmento 314 y, opcionalmente, una etapa de retardo en el segmento 316, entre la etapa de impresión del segmento 302 y la etapa de calentamiento del segmento 304.

En esta realización, después de imprimir la pieza en 3D y la estructura de soporte en la cámara 12 de construcción, tal como indica el segmento 302, se pueden enfriar la pieza en 3D y la estructura de soporte a temperatura ambiente (por ejemplo, 25 ° C) y extraerse de la cámara 12 de construcción. Esto está indicado por el segmento 314. Ejemplos de perfiles de rampa de enfriamiento adecuados para el segmento 314 incluyen descensos de temperatura que varían desde aproximadamente 5 ° C/minuto hasta aproximadamente 15 ° C/minuto.

Si se desea, la pieza en 3D y la estructura de soporte resultantes pueden entonces almacenarse y/o transportarse a otra ubicación para el ciclo de recocido posterior, tal como indica el segmento 316. La pieza en 3D y la estructura de soporte resultantes pueden colocarse entonces en un horno (o de nuevo en la cámara 12 de construcción), y calentarse desde la temperatura ambiente hasta la una o más temperaturas elevadas para el ciclo de recocido, tal como indica el segmento 304. Por consiguiente, los ciclos de recocido de la presente divulgación pueden llevarse a

cabo como un solo proceso consecutivo con la operación de impresión en la cámara 12 de construcción (tal como ilustra el perfil 200), o como una etapa separada que sea independiente de la operación de impresión (tal como ilustra el perfil 300).

5 La FIG. 7 ilustra el perfil 400, que es un perfil adecuado para imprimir y recocer piezas en 3D enteramente dentro de la cámara 12 de construcción, en el que al menos una fase del ciclo de recocido se puede efectuar durante la impresión de la pieza en 3D y la estructura de soporte. Como se muestra, el perfil incluye unos segmentos 408-412 y 418, en el que las etapas de los segmentos 408, 410, y 412 se pueden efectuar de la misma manera analizada anteriormente para las etapas de los segmentos 208, 210, y 212 del perfil 200 (mostrado en la FIG. 5).

10 Sin embargo, en comparación con la etapa de los segmentos 202, 204, y 206 del perfil 200, en el segmento 318 del perfil 400, se calienta la cámara 12 de construcción a la una o más temperaturas elevadas antes de la operación de impresión, o durante la misma, para imprimir la pieza en 3D y la estructura de soporte. En consecuencia, las capas de material de la pieza pueden fluir y adaptarse a las dimensiones de las capas de la estructura de soporte, durante la operación de impresión, en la que una capa dada de la pieza en 3D se imprime deseablemente después de la respectiva capa de la estructura de soporte.

15 Cuando la operación de impresión está completa, a continuación, entonces puede reducirse gradualmente la temperatura dentro de la cámara 12 de construcción a lo largo de un perfil de rampa de enfriamiento, para enfriar y solidificar la pieza en 3D, tal como ilustran los segmentos 408, 410, y 412. Como se ha analizado anteriormente para los perfiles 200 y 300, el reflujo y el enfriamiento del material de la pieza reduce la porosidad de la pieza en 3D, aumenta la unión entre capas, y produce propiedades isotrópicas. Esto puede aumentar en consecuencia la resistencia, alargamiento, dureza, y el módulo de la pieza en 3D. Además, en realizaciones en las que la composición del material de la pieza incluya un polímero transparente, la pieza en 3D puede exhibir propiedades transparentes y/o translúcidas.

Ejemplos

25 La presente divulgación se describe más particularmente en los siguientes ejemplos, que sólo pretenden ser ilustraciones. A menos que se indique lo contrario, todas las piezas, porcentajes y relaciones publicados en los siguientes ejemplos son en base al peso, y todos los reactivos utilizados en los ejemplos se obtuvieron de los proveedores de productos químicos descritos a continuación, o están comercializados por los mismos, o se pueden sintetizar por técnicas convencionales.

30 Se imprimieron piezas en 3D y estructuras de soporte utilizando un sistema de fabricación aditiva basado en la extrusión, comercializado con las marcas registradas "FUSED DEPOSITION MODELING" y "FDM" por Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN. Las piezas en 3D se imprimieron a partir de un material de la pieza cuya composición incluía un copoliéster, comercializado con la denominación Copoliéster 6763 "EASTAR" de Eastman Chemical Company, Kingsport, TN, que presentaba una temperatura de transición vítrea $T_g(p)$ de aproximadamente 80 ° C.

35 Las estructuras de soporte se imprimieron a partir de un material de soporte que incluía una mezcla de un polímero de baja temperatura y dos polímeros de alta temperatura, siendo miscibles entre sí los polímeros de alta temperatura, pero inmiscibles con el polímero de baja temperatura. El polímero de baja temperatura era una mezcla de un copolímero alcalino soluble en agua, comercializado con la marca registrada Soluble Supports "SR30" de Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN, que incluía un terpolímero con una pluralidad de grupos de carboxilo, una pluralidad de grupos de fenilo, y una pluralidad de grupos de éster de carboxilato; y un copolímero con una pluralidad de grupos de epoxi y una pluralidad de grupos de éster de carboxilato; y que presentaba una temperatura de transición vítrea $T_g(s1)$ de aproximadamente 110 ° C. El primer polímero de alta temperatura era un copolímero de ácido metacrílico y metacrilato de metilo (relación 1:1), y el segundo polímero de alta temperatura un copolímero de ácido metacrílico y metacrilato de metilo (relación 1:2). Cada uno del primer y el segundo polímeros de alta temperatura presentaba una temperatura de transición vítrea $T_g(s2)$ mayor de aproximadamente 150 ° C, y un peso molecular medio numérico de aproximadamente 125 kg/mol. La Tabla 1 enumera las relaciones de porcentaje en peso de los componentes del material de soporte.

TABLA 1

Componente	Porcentaje en Peso
Terpolímero de baja temperatura	36,05
Copolímero de alta temperatura (1:1)	54,05
Copolímero de alta temperatura (2:1)	9,90

50 Como se muestra en la Tabla 1, el material de soporte incluía aproximadamente un 64 % en peso de los polímeros de alta temperatura, y aproximadamente un 36 % en peso del polímero de baja temperatura. De acuerdo con ello, los polímeros inmiscibles del material de soporte proporcionaron una diferencia de temperatura de transición vítrea (es decir, $T_g(s2) - T_g(s1)$) de más de 40 ° C.

5 Después de imprimir tanto la pieza en 3D como la estructura de soporte, se extrajeron de la cámara de construcción del sistema de fabricación aditiva basado en la extrusión, y se dejaron enfriar a temperatura ambiente para su inspección. La pieza en 3D y la estructura de soporte resultantes se colocaron entonces en un horno, para verse sometidas a un ciclo de recocido. Durante el ciclo de recocido, se calentó el horno desde 25 ° C a 145 ° C, a una velocidad de rampa de calentamiento de 10 ° C/minuto. A continuación, se mantuvo el horno a 145 ° C durante un tiempo de 3,5 horas.

10 Durante esta etapa, la temperatura elevada dentro del horno permitió que el material de la pieza de la pieza en 3D fluya y se adapte a las dimensiones de la estructura de soporte. El polímero de baja temperatura de la estructura de soporte también se ablandó a la temperatura elevada. Sin embargo, los polímeros de alta temperatura de la estructura de soporte mantuvieron sus módulos y su forma a la temperatura elevada. Como se ha analizado anteriormente, la inmiscibilidad de los polímeros del material de soporte creó una matriz de los polímeros de alta temperatura en el polímero de baja temperatura ablandado. Como tal, el polímero de baja temperatura funcionó como un flexibilizador para los polímeros de alta temperatura, reduciendo la fragilidad de la estructura de soporte y permitiendo que la estructura de soporte mantuviera su integridad estructural.

15 Después del tiempo de calentamiento, se enfrió el horno desde 145 ° C a 70 ° C a una velocidad de rampa de enfriamiento de 10 ° C. A continuación, se mantuvo el horno a 70 ° C durante 20 minutos, y después se enfrió desde 70 ° C a 25 ° C, a una velocidad de rampa de enfriamiento de 10 ° C. Después completar el ciclo de recocido, la pieza en 3D y la estructura de soporte recocidas se colocaron entonces en un depósito de extracción del soporte, con una solución de extracción del soporte comercializada con la marca registrada "WATERWORKS" por Stratasys, Inc., Eden Prairie, MN. Esto disolvió la estructura de soporte de la pieza en 3D recocida.

20 Cada pieza en 3D resultante presentaba propiedades isotrópicas con porosidad reducida y una mayor unión entre capas, y también presentaba propiedades transparentes y translúcidas. Además, el material de la pieza no mostraba degradación térmica visible alguna. Como tal, el ciclo de recocido permitió que el material de la pieza fluyera y se adaptara a las dimensiones de la estructura de soporte, proporcionando de este modo propiedades residuales isotrópicas a cada una de las piezas en 3D.

25

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de impresión de una pieza (24) tridimensional con un sistema (10) de fabricación aditiva basado en la extrusión, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 imprimir una estructura (26) de soporte a partir de un material de soporte con el sistema (10) de fabricación aditiva basado en extrusión, utilizando una técnica de fabricación aditiva basada en capas, en el que el material de soporte comprende al menos dos polímeros que tienen diferentes temperaturas de transición vítrea, y que son sustancialmente inmiscibles entre sí;
 - 10 en coordinación con la impresión de la estructura (26) de soporte, imprimir la pieza (24) tridimensional a partir de un material de una pieza con el sistema (10) de fabricación aditiva basado en la extrusión, utilizando la técnica de fabricación aditiva basada en capas, en el que el material de la pieza tiene una temperatura de transición vítrea que es menor que la temperatura de transición vítrea de al menos uno de los polímeros del material de soporte;
 - 15 calentar la estructura (26) de soporte impresa y la pieza (24) tridimensional impresa al menos a una temperatura que sea superior a la temperatura de transición vítrea del material de la pieza, y que esté por debajo de una temperatura de transición vítrea de al menos uno de los polímeros del material de soporte; y
 - enfriar la estructura (26) de soporte calentada y la pieza (24) tridimensional calentada.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los al menos dos polímeros del material de soporte comprenden:
 - un primer polímero que tiene una primera temperatura de transición vítrea; y
 - un segundo polímero que tiene una segunda temperatura de transición vítrea, que es mayor que la primera temperatura de transición vítrea del primer polímero en al menos aproximadamente 10 ° C.
- 20 3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la segunda temperatura de transición vítrea del segundo polímero es al menos aproximadamente 20 ° C mayor que la primera temperatura de transición vítrea del primer polímero.
4. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que al menos dos polímeros del material de soporte comprenden:
 - 25 múltiples primeros polímeros miscibles que tienen una primera temperatura de transición vítrea media; y
 - múltiples segundos polímeros miscibles que tienen una segunda temperatura de transición vítrea media, que es mayor que la primera temperatura de transición vítrea media en al menos aproximadamente 10 ° C, en el que una relación en peso entre los múltiples segundos polímeros miscibles y los múltiples primeros polímeros miscibles está comprendida entre aproximadamente 3:2 y aproximadamente 3:1.
- 30 5. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la estructura (26) de soporte se imprime para que tenga un agujero (150) de colada; y en el que el procedimiento comprende además depositar material de la pieza adicional a través del agujero (150) de colada, después de que al menos una porción de la pieza (24) tridimensional se haya enfriado.
- 35 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los al menos dos polímeros comprenden un primer polímero y un segundo polímero, y en el que el segundo polímero comprende un copolímero polimerizado a partir de monómeros seleccionados del grupo que consiste en ácido acrílico, sales iónicas de ácido acrílico, ácido metacrílico, sales iónicas de ácido metacrílico, acrilatos de alquilo, metacrilatos de alquilo, y combinaciones de los mismos.
- 40 7. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la impresión de la estructura (26) de soporte utilizando la técnica de fabricación aditiva basada en capas, y la impresión de la pieza (24) tridimensional utilizando la técnica de fabricación aditiva basada en capas se llevan a cabo para proporcionar capas (42, 48) para la estructura (26) de soporte y la pieza (24) tridimensional que tengan sustancialmente los mismos espesores de capa.
- 45 8. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la impresión de la estructura (26) de soporte y la impresión de la pieza (24) tridimensional se llevan a cabo en una cámara (12) de construcción del sistema (10) de fabricación aditiva basado en la extrusión, y en el que el calentamiento de la estructura (26) de soporte impresa y la pieza (24) tridimensional impresa se lleva a cabo en la cámara (12) de construcción.
9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores y que comprende además mantener el calentamiento durante un periodo que varía desde aproximadamente 2 horas hasta aproximadamente 5 horas.
- 50 10. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los al menos dos polímeros comprenden un primer polímero y un segundo polímero, en el que el primer polímero comprende un terpolímero que tiene una pluralidad de grupos de carboxilo, una pluralidad de grupos de fenilo, y una pluralidad de grupos de éster carboxilato.
11. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, y que comprende además disolver al menos parcialmente la estructura (26) de soporte enfriada en una solución alcalina acuosa.

12. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los al menos dos polímeros del material de soporte comprenden:
- 5 un primer polímero que tiene una primera temperatura de transición vítrea; y
 - un segundo polímero que tiene una segunda temperatura de transición vítrea, que varía desde aproximadamente 25 ° C hasta aproximadamente 50 ° C, mayor que la primera temperatura de transición vítrea del primer polímero.
13. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que el primer polímero comprende un terpolímero que tiene una pluralidad de grupos de carboxilo, una pluralidad de grupos de fenilo, y una pluralidad de grupos de éster carboxilato.
- 10 14. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 12 y 13, en el que el segundo polímero comprende un copolímero polimerizado a partir de monómeros, seleccionados del grupo que consiste en ácido acrílico, sales iónicas de ácido acrílico, ácido metacrílico, sales iónicas de ácido metacrílico, acrilatos de alquilo, metacrilatos de alquilo, y combinaciones de los mismos.
- 15 15. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 12, 13, y 14, en el que la impresión de la estructura (26) de soporte y la impresión de la pieza (24) tridimensional se llevan a cabo en una cámara (12) de construcción del sistema (10) de fabricación aditiva basado en la extrusión, y en el que el calentamiento de la estructura (26) de soporte impresa y la pieza (24) tridimensional impresa se lleva a cabo en la cámara (12) de construcción.

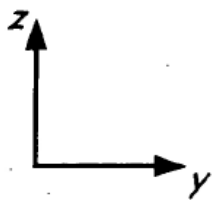
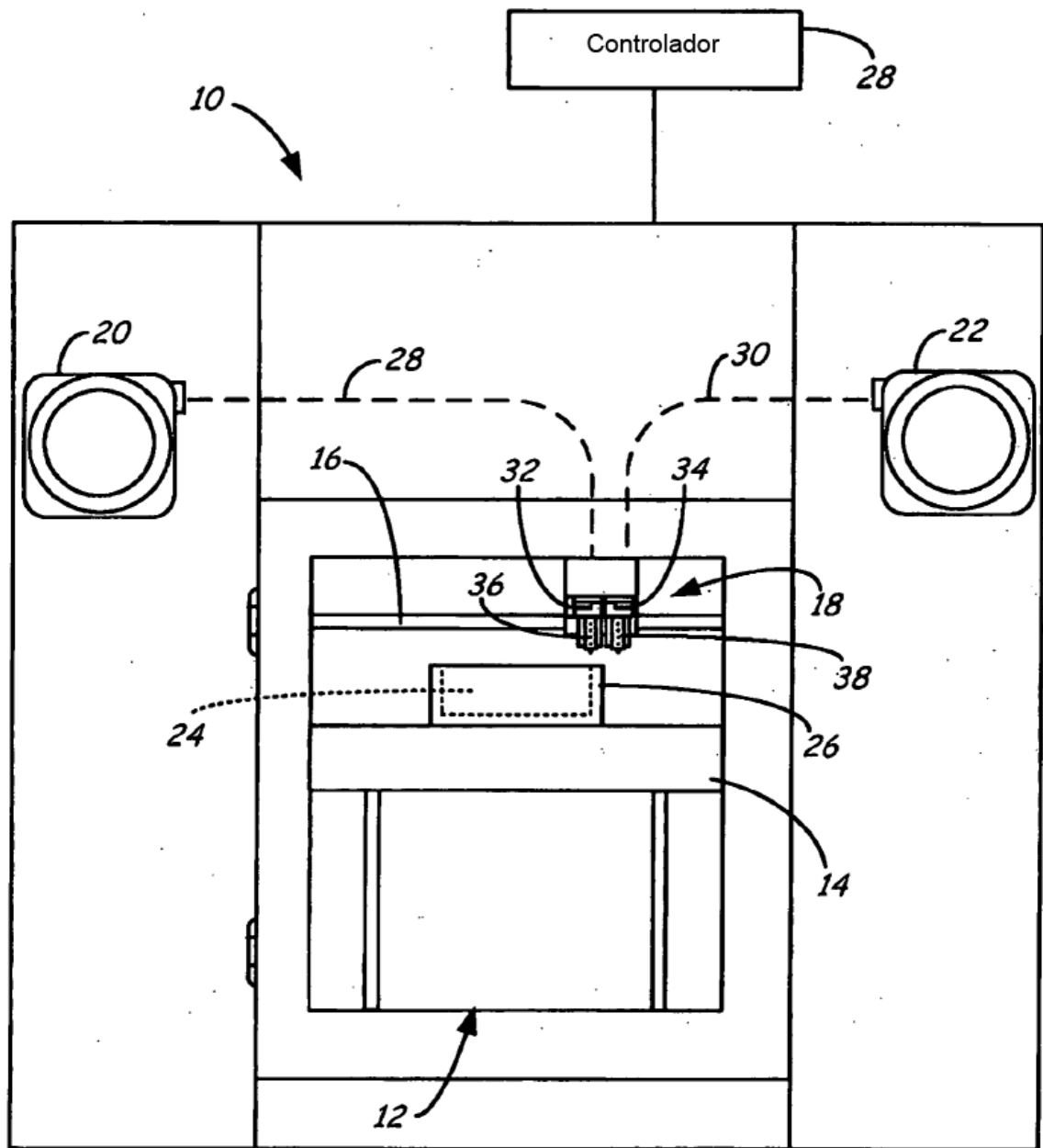


FIG. 1

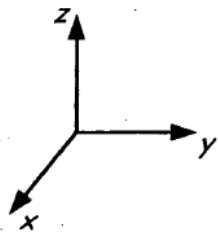
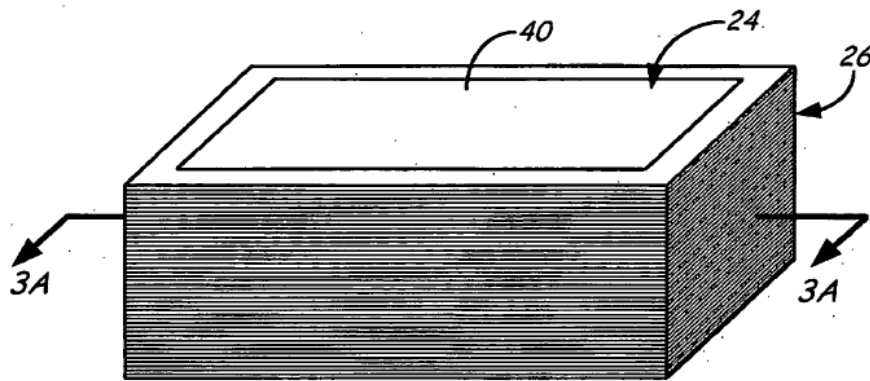


FIG. 2

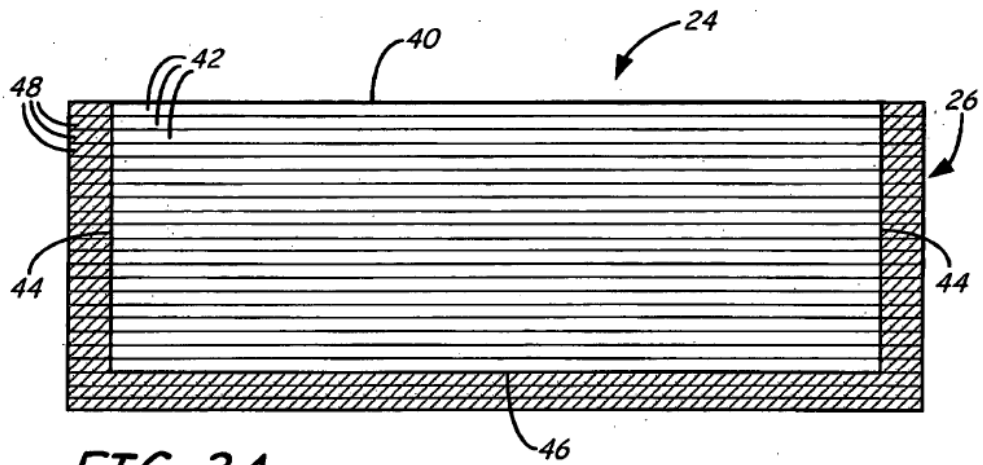


FIG. 3A

