

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 963 701**

51 Int. Cl.:

B29C 64/10	(2007.01)	B29C 37/00	(2006.01)	B05D 3/04	(2006.01)
B29C 64/241	(2007.01)	B29C 35/02	(2006.01)		
B05D 1/00	(2006.01)	B33Y 40/00	(2010.01)		
B33Y 50/00	(2015.01)	B33Y 30/00	(2015.01)		
B33Y 40/20	(2010.01)	B33Y 10/00	(2015.01)		
B29C 71/04	(2006.01)	B29C 64/30	(2007.01)		
B29C 64/386	(2007.01)	B29C 64/245	(2007.01)		
B29C 64/379	(2007.01)	B05D 1/02	(2006.01)		
B29C 64/188	(2007.01)	B05D 1/18	(2006.01)		
B29C 64/124	(2007.01)	B05D 7/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2019** **PCT/US2019/050223**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2020** **WO20055754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2019** **E 19859914 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023** **EP 3849776**

54 Título: **Métodos de producir una pieza fabricada aditiva con acabado superficial liso**

30 Prioridad:

14.09.2018 US 201862731404 P
21.03.2019 US 201916360675

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.04.2024

73 Titular/es:

INTREPID AUTOMATION (100.0%)
7867 Dunbrook Rd. Suite A
San Diego CA 92126, US

72 Inventor/es:

WYNNE, BEN;
ETCHESON, JAMIE LYNN;
TANNER, CHRISTOPHER SEAN;
MUELLER, ROBERT LEE y
CHOUSAL, IVAN DEJESUS

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 963 701 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

Métodos de producir una pieza fabricada aditiva con acabado superficial liso

5 Antecedentes

Hay muchos tipos de sistemas y métodos de fabricación aditiva (es decir, Impresión 3D). Un método utiliza polímeros fotosensibles (es decir, fotopolímeros) que se reticulan y endurecen desde una resina líquida hasta un material polimérico sólido al exponerse a la luz. Estos sistemas de impresión 3D fotorreactivos suelen incluir un grupo de resina, un sistema de iluminación y una plataforma de impresión, donde el sistema de iluminación proyecta una imagen (es decir, patrón) en el baño de resina provocando que se forme una capa de un objeto polimérico en la plataforma de impresión. Después, la plataforma de impresión mueve la capa impresa fuera del plano focal del sistema de iluminación y se expone después la siguiente capa (es decir, impresa). Otros tipos de métodos de fabricación aditiva en 3D incluyen estereolitografía, sinterización selectiva por láser y modelado por deposición fundida.

Independientemente del tipo de proceso de fabricación aditiva usado, la pieza impresa se somete normalmente a etapas posteriores al procesamiento para limpiar el exceso de material (por ejemplo, polímero sin curar) de la pieza y para suavizar cualquier capa escalonada de material que se cree durante la impresión. Los métodos existentes para alisar superficies de piezas impresas en 3D incluyen lijado, pulido, mecanizado, suavizado de vapor, aplicación de un recubrimiento (por ejemplo, pintura, epoxi) y soldadura en frío con acetona. En algunos casos, las propias etapas posteriores al procesamiento - tales como baños de limpieza con alcohol isopropílico (IPA), baños ultrasónicos y curado - pueden causar aspereza en la pieza al provocar picaduras y porosidad en la superficie curada, impresa. Estos acabados superficiales rugosos pueden ser muy indeseables, tal como para las piezas impresas en 3D que se usan como patrones para la fundición a la cera perdida para producir piezas metálicas. Sigue existiendo la necesidad de producir piezas impresas en 3D con acabados de alta calidad de forma eficaz y rentable. El documento JP2000085018A divulga un método estereolitográfico en el que se hace que la resina fotocurable fluya bajo la acción de la fuerza centrífuga debido a la gravedad y el giro, y la superficie del objeto estereolitográfico se coloca en una forma cercana a la forma de los datos CAD tridimensionales.

30 Sumario

En un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1 para producir una pieza fabricada aditiva con un acabado superficial liso.

En un segundo aspecto, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 9 para producir una pieza fabricada aditiva con un acabado superficial liso.

Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A-1B son vistas en perspectiva simplificadas de un sistema de impresión 3D fotorreactivo (PRPS), de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de un dispositivo de rotación, de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un dispositivo de rotación, de acuerdo con algunas realizaciones.

Las Figuras 4A-4B son vistas laterales de una pieza impresa en 3D en una bandeja de construcción, de acuerdo con algunas realizaciones.

Las Figuras 5A-5B son vistas en perspectiva de dispositivos de rotación que tienen cámaras para recoger material de acabado superficial, de acuerdo con algunas realizaciones.

Las Figuras 6A-6B son esquemas de compensación de las dimensiones generales de un diseño de pieza para un material de acabado superficial que se agregará a la pieza, de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 7 es un esquema de compensación de una geometría de esquina de un diseño de pieza, de acuerdo con algunas realizaciones.

Las Figuras 8A-8B muestran esquemas de compensación de la precisión de bordes, de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 9 es un esquema de compensación de varios aspectos de la geometría de una pieza, de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 10 es una vista en planta de una pieza impresa en 3D sobre una plataforma de un dispositivo de rotación, de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 11 es un esquema de métodos de aplicar fuerza a un material de acabado superficial, de acuerdo con algunas realizaciones.

- 5 La Figura 12 es un diagrama de flujo que representa los métodos de producir una pieza de fabricación aditiva con un acabado superficial liso, de acuerdo con algunas realizaciones.

Descripción detallada

- 10 Las presentes realizaciones proporcionan métodos y sistemas para producir piezas con fabricación aditiva de tal forma que las piezas tengan acabados superficiales suaves, mientras se reduce el tiempo dedicado a las etapas posteriores al procesamiento convencionales, tales como el mecanizado y el pulido. Algunas realizaciones pueden ser particularmente útiles para, pero sin limitación, piezas que se usan como patrones en fundición a la cera perdida, tal como en aplicaciones que requieren acabados superficiales de muy alta calidad (por ejemplo, implantes médicos). Al producir patrones que tienen la calidad superficial deseada, las piezas fundidas a partir de los patrones reducirán o incluso eliminarán también el tiempo de mecanizado y pulido posterior al procesamiento de las piezas fundidas.

- En las realizaciones, una pieza se humedece con un material de acabado superficial sin curar después de imprimirla en 3D, donde el material de acabado superficial sin curar puede ser residual del proceso de impresión o puede aplicarse en una etapa separada después de la impresión. Se aplica una fuerza al material de acabado superficial para eliminar el exceso de material de acabado superficial mientras se retiene una porción del material de acabado superficial en la pieza. En algunas realizaciones, la fuerza se aplica girando la pieza en una máquina de rotación de modo que el exceso de material de acabado superficial se expulse de la pieza mientras que la porción del material de acabado superficial que permanece en la pieza rellena las áreas rugosas y crea un acabado liso. En algunas realizaciones, el material de acabado superficial que se retira de la pieza se puede recoger para su reutilización. De acuerdo con la invención reivindicada, los métodos incluyen modificar el diseño usado para imprimir la pieza, por ejemplo, ajustando las dimensiones y las características geométricas para compensar el material de acabado superficial que se aplicará y se retendrá en la pieza. Por tanto, las presentes realizaciones no sólo producen piezas con acabado superficial extremadamente liso, de alta calidad, sino también con dimensiones y geometrías precisas.

- En esta divulgación, las expresiones "fabricación aditiva" e "impresión en 3D" se usarán indistintamente. También, aunque se describirán muchas realizaciones usando la fotopolimerización de resina como un proceso de fabricación aditivo de ejemplo, las realizaciones se aplican también a otros tipos de procesos de fabricación aditiva. Asimismo, las presentes realizaciones pueden aplicarse a métodos de impresión que no sean 3D. De forma similar, las referencias a "resina" pueden intercambiarse con otros materiales de acabado superficial, como se describirá a lo largo de esta divulgación. En esta divulgación, un "acabado superficial liso" es un acabado que es más liso que un estado inicial, como una reducción de la rugosidad que da como resultado un acabado tipo esmalte o espejo. Por ejemplo, las piezas impresas en 3D pueden tener una suavidad final que produce piezas de metal fundido a presión con una rugosidad Ra en un intervalo tal como, pero no limitado a, de 0,635 nm (0,025 μ pulgada) a 25400 nm (1000 μ pulgada).

- Las Figuras 1A-1B ilustran un ejemplo de un sistema de impresión fotorreactivo 100 (PRPS), de acuerdo con algunas realizaciones. El PRPS 100 mostrado en las Figuras 1A-1B contiene un chasis 105, un sistema de iluminación 110, un sistema de visualización de imágenes 115, un baño de resina 120, una interfaz polimérica 125, una cuba de resina 130, una membrana 135, una plataforma de impresión 140, un sistema elevador 145 y brazos elevadores 150.

- El chasis 105 es un marco al que se unen algunos de los componentes PRPS (por ejemplo, el sistema elevador 145). En algunas realizaciones, una o más porciones del chasis 105 están orientadas verticalmente, lo que define una dirección vertical (es decir, una dirección z) a lo largo de la que algunos de los componentes PRPS (por ejemplo, el sistema elevador 145) se mueven. La plataforma de impresión 140 está conectada a los brazos elevadores 150 (Figura 1B), que están conectados de forma móvil al sistema elevador 145. El sistema elevador 145 permite que la plataforma de impresión 140 se mueva en la dirección z. De este modo, la plataforma de impresión 140 puede descender al interior del baño de resina 120 para soportar la pieza impresa y elevarla fuera del baño de resina 120 durante la impresión.

- El sistema de iluminación 110 proyecta un patrón a través de la membrana 135 dentro del baño de resina 120 que está confinado dentro de la cuba de resina 130. Un área de construcción es un área en el baño de resina 120 donde la resina está expuesta (por ejemplo, a la luz ultravioleta del sistema de iluminación) y se reticula para formar una primera capa de polímero sólido sobre la plataforma de impresión 140. Algunos ejemplos no limitantes de materiales de resina incluyen acrilatos, epoxis, metacrilatos, uretanos, silicios, vinilos, combinaciones de los mismos, u otras resinas fotorreactivas que se reticulan tras su exposición a la iluminación. En algunas realizaciones, la resina tiene un tiempo de curado relativamente corto en comparación con las resinas fotosensibles con tiempos de curado medios. En algunas realizaciones, la resina es fotosensible a longitudes de onda de iluminación de aproximadamente 200 nm a aproximadamente 500 nm, o a longitudes de onda fuera de ese intervalo (por ejemplo, superiores a 500 nm, o de 500 nm a 1000 nm). En algunas realizaciones, la resina forma un sólido con propiedades después del curado que son deseables para el objeto específico que se fabrica, tales como propiedades mecánicas deseables (por ejemplo, alta resistencia a la fractura), propiedades ópticas deseables (por ejemplo, alta transmisión óptica en longitudes de onda

visibles), o propiedades químicas deseables (por ejemplo, estable cuando se expone a la humedad). Después de la exposición de la primera capa, la plataforma de impresión 140 se mueve hacia arriba (es decir, en la dirección z positiva como se muestra en la Figura 1A), y se puede formar una segunda capa exponiendo un segundo patrón proyectado desde el sistema de iluminación 110. Este proceso "de abajo hacia arriba" se puede repetir hasta que se imprima todo el objeto y después se levanta el objeto terminado sacándolo fuera del baño de resina 120.

En algunas realizaciones, el sistema de iluminación 110 emite energía radiante (es decir, iluminación) en un intervalo de diferentes longitudes de onda, por ejemplo, de 200 nm a 500 nm, o de 500 nm a 1000 nm, o en otros intervalos de longitud de onda. El sistema de iluminación 110 puede utilizar cualquier fuente de iluminación que sea capaz de proyectar un patrón para imprimir la pieza 3D. Algunos ejemplos no limitantes de fuentes de iluminación son conjuntos de diodos emisores de luz, sistemas de proyección basados en cristal líquido, pantallas de cristal líquido (LCD), pantallas de cristal líquido sobre silicio (LCOS), sistemas de proyección basados en lámparas de vapor de mercurio, proyectores de procesamiento de luz digital (DLP), láseres discretos y sistemas de proyección láser.

El sistema de ejemplo (PRPS 100) mostrado en las Figuras 1A-1B es un ejemplo no limitante de un sistema de fabricación aditiva. Se pueden invertir otros PRPS con respecto al sistema mostrado en las Figuras 1A-1B. En tales sistemas "de arriba hacia abajo", la fuente de iluminación está por encima del baño de resina, el área de impresión está en la superficie superior del baño de resina, y la plataforma de impresión se mueve hacia abajo dentro del baño de resina entre cada capa impresa. Asimismo, los presentes métodos y sistemas se pueden usar con piezas impresas mediante otros procesos de fabricación aditiva, incluyendo procesos basados en resina o en polvo. Ejemplos de procesos de fabricación aditiva basados en resina incluyen, pero sin limitación, estereolitografía (SLA) e impresión continua de interfaz líquida (CLIP™). Ejemplos de procesos de fabricación aditiva basados en polvo incluyen, pero sin limitación, sinterización selectiva por láser (SLS), Multi Jet Fusion™ y sinterización directa por láser de metales.

CREACIÓN DE UN ACABADO SUPERFICIAL LISO

Las presentes realizaciones aplican únicamente una fuerza a un material de acabado superficial sin curar que se encuentra en una pieza para crear una superficie lisa final rellenando defectos tales como áreas rugosas, hoyos, poros y grietas. Por ejemplo, en el sistema de fotopolimerización 100 de las Figuras 1A-1B, la pieza impresa en 3D que emerge del baño de resina 120 tendrá resina sin curar en su superficie y posiblemente en su interior, dependiendo de la geometría de la pieza. En algunas realizaciones, esta resina sin curar sirve como material de acabado superficial, donde se aplica fuerza girando la pieza con un dispositivo de rotación. El giro se configura de tal manera que las fuerzas centrífugas resultantes hacen que parte de la resina sea expulsada de la pieza, mientras que parte de la resina permanecerá en la pieza, tal como debido a la tensión superficial o al quedar atrapada en una característica geométrica de la pieza. El giro puede permitir también de forma beneficiosa la recuperación del exceso de resina, donde la recuperación reduce el desperdicio y maximiza la eficiencia general de la producción. Asimismo, recoger el exceso de resina mediante centrifugado permite potencialmente eliminar el peligroso IPA que se usa convencionalmente para limpiar piezas impresas en 3D, reduciendo así los costes asociados con los esfuerzos de eliminación peligrosa, seguridad y/o mitigación de incendios en la línea de producción.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo de rotación 200 que puede usarse en los presentes métodos. El dispositivo de rotación 200 tiene una plataforma 210 que gira alrededor de un eje y a la que la pieza impresa en 3D, humedecida con resina sin curar u otro material de acabado superficial, estará asegurada. El dispositivo de rotación 200 (al que también se puede hacer referencia en esta divulgación como máquina centrífuga) incluye un mecanismo de giro neumático o motorizado 220 que hace girar la plataforma. La plataforma está acoplada a un eje de giro del mecanismo de giro directamente o mediante una caja de cambios y/o transmisión. El eje sirve como eje de giro del dispositivo de rotación 200.

La Figura 3 muestra una realización alternativa de un dispositivo de rotación 300, donde el dispositivo de rotación 300 está montado en un soporte 310 con un motor elevador 315 que puede usarse para subir o bajar la pieza impresa que se está procesando. La configuración de la Figura 3 se puede usar, por ejemplo, en una línea de fabricación donde una pieza será transferida de una estación de impresión a una estación de rotación. El dispositivo de rotación 300 incluye un motor de rotación 320 y una plataforma 330 acoplada al motor de rotación 320. La Figura 3 muestra también piezas impresas en 3D 350 unidas a una bandeja de construcción 340 que está montada en la plataforma 330. El dispositivo de rotación 300 se muestra al revés en comparación con la Figura 2 de tal forma que las piezas impresas 350 queden suspendidas hacia abajo desde la bandeja de construcción 340. El dispositivo de rotación 300 puede incluir también una protección contra salpicaduras de resina 360 para mantener el motor de rotación 320 limpio del exceso de resina que se está eliminando de las piezas 350. La protección contra salpicaduras 360 puede estar hecha de, por ejemplo, un material plástico y puede incluir también propiedades de bloqueo de rayos ultravioleta (UV) para evitar que la resina no curada se cure durante la rotación.

En algunas realizaciones, la pieza impresa en 3D se monta directamente en la plataforma 210 (o plataforma 330). Por ejemplo, la pieza se puede retirar de una plataforma de construcción de la impresora 3D y se puede unir después directamente a la plataforma, por ejemplo mediante sujetadores mecánicos (por ejemplo, tornillos, mecanismos de sujeción, ganchos que se acoplan con la geometría de la pieza) o mediante adhesivos. En otras realizaciones, como se ilustra en la Figura 2, la plataforma 210 del dispositivo de rotación 200 está diseñada con una o más características

de montaje capaces de montar una bandeja de construcción que contiene una pieza fabricada aditiva en 3D recién impresa. Por ejemplo, en la Figura 2, la plataforma 210 tiene una característica de montaje que es un bloque elevado sobre el que se puede instalar un rebaje correspondiente en una bandeja de construcción.

5 Las Figuras 4A y 4B ilustran una bandeja de construcción 400 de la impresora sobre la que se une una pieza impresa en 3D 410 como resultado del proceso de impresión 3D. En la vista lateral de la Figura 4A, la bandeja de construcción 400 ha emergido del baño de resina y está todavía en la impresora 3D, y en la vista lateral invertida de la Figura 4B, la bandeja de construcción 400 se ha retirado de la impresora 3D. En la Figura 4B, la resina sin curar 420 permanece en la pieza 410 después de ser retirada de la impresora. El lado posterior 401 de la bandeja de construcción 400 - es
10 decir, la superficie opuesta a la superficie sobre la que se ha impreso la pieza - está configurada con una característica de montaje 435 para acoplar la bandeja 400 a un dispositivo de rotación. En esta realización, la característica de montaje 435 es un rebaje en el bloque 430, donde la característica de montaje 435 está diseñada para encajar en el bloque elevado de la plataforma 210 en la Figura 2, por ejemplo. Las características de montaje que pueden usarse en las presentes realizaciones incluyen, por ejemplo, hendiduras, pasadores, áreas rebajadas diseñadas para coincidir
15 con las características de montaje de la plataforma y sujetadores mecánicos tales como soportes, abrazaderas y tornillos.

En algunas realizaciones, la plataforma se puede configurar para contener una o varias bandejas de construcción. En algunas realizaciones, las piezas se pueden colocar y disponer en la plataforma con respecto al eje de giro para
20 permitir que el exceso de resina se elimine de la pieza debido a las fuerzas centrífugas durante el giro, y también para equilibrar la carga transportada por la plataforma. Por ejemplo, como se describirá con más detalle más adelante, la pieza puede montarse sobre la plataforma de tal forma que un eje central de la pieza esté alineado con el eje de giro de la plataforma para lograr una distribución axisimétrica de la resina, o la pieza puede estar desplazada del eje de giro de la plataforma para lograr una distribución direccional de la resina. La ubicación de las piezas puede depender
25 de las geometrías de las piezas específicas, tal como orientando las piezas con respecto a la dirección de la fuerza centrífuga para permitir que la resina se libere de las superficies y/o escape de las cavidades.

Una vez que la pieza esté asegurada y montada, el dispositivo de rotación (por ejemplo, dispositivo 200 de la Figura 2) se enciende para expulsar centrífugamente el exceso de resina de las piezas impresas mientras se retiene parte
30 de la resina en la pieza. Una vez rotadas las piezas, aparece un acabado liso (por ejemplo, limpio, "como esmalte" y/o uniforme) en la superficie de la pieza debido a la porción de resina sin curar que queda en la pieza. La acción de rotación limpia también la resina no curada de las piezas sin el uso de IPA, y el exceso de resina se puede capturar y recuperar. A continuación, las piezas se envían a una estación de curado donde se curan para endurecer el fino acabado de esmalte creado por la resina retenida en la pieza.

Las Figuras 5A-5B ilustran un dispositivo de rotación 500 que tiene una cámara 580 para recoger el exceso de resina durante la rotación de la pieza, de acuerdo con algunas realizaciones. El dispositivo de rotación 500 es el mismo que el dispositivo de rotación 300 de la Figura 3. En la Figura 5A, el dispositivo de rotación 500 está montado en una
40 estación 570 que tiene la cámara 580 colocada debajo del dispositivo de rotación 500. El dispositivo de rotación 500 y la bandeja de construcción 540 (con las piezas impresas no visibles en esta vista) se bajan a lo largo del soporte 510 mediante el motor elevador 515 hacia la cámara 580. Las piezas impresas se rotan y el exceso de resina se recoge en la cámara 580 para su recuperación. La cámara 580 puede incluir un drenaje 585 para vaciar la resina recuperada. El protector contra salpicaduras 560 sirve como una cubierta para contener la resina eliminada en la cámara 580. En algunas realizaciones, la protección contra salpicaduras 560 puede contener materiales que bloqueen
45 las longitudes de onda que se usan para curar la resina (por ejemplo, UV) para evitar que la resina recogida se cure mientras está en la cámara 580. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el sistema 500 puede almacenarse en una posición bajada en la que la protección contra salpicaduras cubre la abertura de la cámara 580. De esta forma, la protección contra salpicaduras 560 puede ayudar a permitir que la resina se recupere y recicle para su uso futuro.

En la Figura 5B, el dispositivo de rotación 500 está montado en una estación automatizada 575 que incluye un brazo de robot 590 (por ejemplo, un robot de 6 ejes). La Figura 5B muestra también el motor elevador 515, el motor de rotación 520, la plataforma 530, la bandeja de construcción 540 y las piezas impresas 550. En funcionamiento, el brazo de robot 590 se usa para recoger y colocar la bandeja de construcción 540 y las piezas impresas 550 de un PRPS y montar la bandeja de construcción 540 (con las piezas impresas 550) en el dispositivo de rotación 500 sin necesidad
55 de intervención humana. El dispositivo de rotación 500 desciende a la cámara 580 mediante el motor elevador 515. En la posición bajada, como se muestra en la Figura 5B, el motor de rotación 520 rota la plataforma 530 para eliminar el exceso de resina de las piezas impresas 550. En algunas realizaciones, el brazo de robot 590 puede usarse también para otras funciones. Por ejemplo, el brazo de robot 590 puede usarse para realizar acciones para eliminar el exceso de resina de las piezas impresas 550 en lugar de o junto con el dispositivo de rotación 500. Como ejemplos, el brazo de robot 590 puede usarse para rotar las piezas impresas 550 en varios ángulos, para realizar acciones de
60 aceleración/desaceleración angular y/o lineal o realizar otros movimientos para eliminar el exceso de resina.

Aunque las etapas anteriores para crear un acabado superficial liso se describieron utilizando resina residual de un proceso de fotopolimerización que hizo la pieza impresa en 3D, en otras realizaciones, la pieza impresa en 3D se puede humedecer con un material de acabado superficial en una etapa separada. Asimismo, el material de acabado superficial puede ser el mismo o diferente al utilizado para producir la pieza. Por ejemplo, la pieza se puede imprimir
65

primero mediante un proceso de fabricación aditiva basado en resina (por ejemplo, SLA o impresión continua de interfaz líquida "CLIP™") o basado en polvo (por ejemplo, SLS, Multi Jet Fusion™ o sinterización directa de metales por láser). Después, se puede aplicar un material de acabado superficial que sea igual o diferente al material utilizado para imprimir la pieza. Si se utilizará un material diferente, entonces la pieza se puede limpiar después de la impresión y antes de aplicar el material de acabado superficial. En realizaciones adicionales, la pieza puede fabricarse mediante cualquier proceso, incluidos los métodos de impresión en 3D y no en 3D, y se aplica un material de acabado superficial del mismo o diferente material del que se hace la pieza. Ejemplos de materiales de acabado superficial incluyen, pero sin limitación, lacas (por ejemplo, goma laca), uretanos, fotopolímeros, epoxis (por ejemplo, multicomponente) y pinturas. Las piezas se pueden limpiar con, por ejemplo, una limpieza IPA convencional antes de aplicar el material de acabado superficial. En algunas realizaciones, el material de acabado superficial se puede aplicar sumergiendo la pieza en el material de acabado superficial. En otras realizaciones, se puede usar pulverización o pintura para recubrir la superficie de una pieza impresa en 3D con el material de acabado superficial. En algunas realizaciones, la pieza puede estar completamente recubierta con el material de acabado superficial, mientras que en otras realizaciones el material de acabado superficial se puede aplicar solo a ciertas secciones de la pieza.

En funcionamiento del dispositivo de giro, los parámetros de giro se establecen de tal forma que una porción de la resina sin curar permanezca en la superficie de la pieza para crear la superficie lisa deseada. Por ejemplo, la máquina centrífuga puede encenderse durante un tiempo de giro específico a una velocidad de giro específica. En algunas realizaciones, los parámetros de giro pueden incluir tasas de rampa de velocidad, tasas de desaceleración de velocidad, giro en múltiples etapas (por ejemplo, giro lento durante un primer período de tiempo seguido de un giro más rápido durante un segundo período de tiempo) y/o precesión del eje de giro (es decir, indexar o girar el eje de giro de forma angular, donde se puede modificar la tasa y/o el ángulo de precesión). Las duraciones de giro pueden ser, por ejemplo, de 10 segundos a 30 segundos, o de 30 segundos a 180 segundos, o de 180 segundos a 3600 segundos o más. Las velocidades de giro pueden ser, por ejemplo, 10 RPM a 500 RPM, o 500 RPM a 6000 RPM, o más de 6000 RPM. Las tasas de aumento o reducción de velocidad pueden implicar un cambio en la velocidad de giro que va de, por ejemplo, 0 a 3000 RPM en 5 segundos, 10 segundos o 20 segundos. Los ángulos de giro axial pueden estar en el intervalo de, por ejemplo, de 0 a 90 grados o de 90 a 180 grados. Los valores de los parámetros de giro dependerán de la geometría de la pieza, viscosidad de la resina y otros parámetros para proporcionar suficiente aceleración para forzar centrífugamente una porción de la resina sin curar lejos de la pieza mientras se imparte una fuerza lo suficientemente baja que permite que algo de resina se retenga en la pieza debido a la tensión superficial. La resina restante (u otro material de acabado superficial que se utilice) puede cubrir parte o la totalidad de la pieza. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el material de acabado superficial restante puede ser una fina capa de revestimiento sobre toda la superficie. En otras realizaciones, el material de acabado superficial restante puede llenar los hoyos, poros, grietas u otros defectos mayores que un cierto tamaño, pero no necesitan cubrir porciones de la pieza que ya tienen una superficie suficientemente lisa. En realizaciones adicionales, el proceso de suavizado se puede aplicar solo a una sección de una pieza, tal como suavizando solo una superficie exterior de una pieza pero no una superficie interior que se unirá a otro componente (con un requisito de tolerancia más bajo para el acabado superficial). En estos casos, la pieza puede sumergirse o recubrirse parcialmente con el material de acabado superficial en el segmento que requiere un acabado superficial de alta calidad.

En algunas realizaciones, la viscosidad del material de acabado superficial puede alterarse durante el proceso para lograr ciertas características. Por ejemplo, el material de acabado superficial se puede calentar o enfriar durante el giro para disminuir o aumentar la viscosidad en comparación con la temperatura ambiente, aumentando o disminuyendo así la distribución y/o eliminación del material de acabado superficial durante la rotación de la pieza. Utilizar la temperatura para controlar la viscosidad del material de acabado superficial puede ser útil para permitir el uso de un material de acabado superficial que puede tener una viscosidad demasiado alta o demasiado baja a temperatura ambiente para lograr las características geométricas deseadas. En otro ejemplo, controlar la temperatura para controlar la viscosidad puede ayudar a garantizar la repetibilidad del proceso entre instalaciones en diferentes ubicaciones geográficas que tienen diferentes temperaturas ambientales.

Después de girar y establecer el acabado liso deseado, las piezas pueden estar expuestas a un proceso de curado. En algunas realizaciones, el material de acabado superficial puede endurecerse por sí solo, tal como, por ejemplo, mediante secado natural o mediante una reacción química inherente. En realizaciones donde se produce una etapa de curado específica, el proceso de curado puede hacer que la pieza sea más rígida y estable y endurecer la capa de resina sin curar que queda en la pieza. En contraste, en los métodos convencionales, cualquier resto de resina sin curar se elimina de las piezas mediante lavado. El curado del material de acabado superficial restante en las presentes realizaciones ayuda también a evaporar o eliminar la humedad que de otro modo podría causar problemas durante un proceso de fundición a la cera perdida. El proceso de curado puede implicar varios métodos conocidos, tales como bombillas de descarga de alta intensidad en un gas inerte (por ejemplo, argón, nitrógeno u otros gases para desplazar el oxígeno) y/o cualquier fuente de luz con o sin gas inerte. En las presentes realizaciones, la pieza puede curarse dentro de un plazo de tiempo posterior a la rotación que evite una posible degradación del acabado superficial. Este plazo puede depender de la viscosidad de la resina. Por ejemplo, puede ser deseable curar resinas más finas (baja viscosidad) más rápidamente después de la etapa de rotación que resinas más espesas (alta viscosidad), ya que las resinas más finas tienen más probabilidades de gotear o filtrarse si no se curan.

COMPENSACIÓN GEOMÉTRICA DEL DISEÑO DE PIEZA

De acuerdo con la invención reivindicada, las instrucciones usadas para imprimir la pieza fabricada aditiva tienen en cuenta el material de acabado superficial que se aplicará a la pieza. Se determina una corrección de compensación geométrica que considera los espesores del material de acabado superficial que se acumulará en la superficie de la pieza, junto con los efectos del material de acabado superficial sobre características geométricas como esquinas y bordes. La compensación geométrica puede realizarse mediante modelado por ordenador, diseño asistido por ordenador y/o cálculos manuales, y se puede utilizar para corregir cambios en las dimensiones de la pieza causados por la presencia del material de acabado superficial agregado. Para controlar las dimensiones finales de la pieza que tiene el material de acabado superficial, el diseño deseado de la pieza (es decir, especificaciones de diseño iniciales de un cliente) se puede reducir o compensar geoméricamente para crear un diseño compensado (es decir, geometría física inicial para imprimir la pieza) que dará como resultado la geometría y las dimensiones finales deseadas de la pieza (es decir, después que se aplica el material de acabado superficial, aplicar una fuerza y dejar secar o curar el material de acabado superficial). El diseño de pieza se puede compensar en términos de, por ejemplo, una dimensión global, una geometría de esquina, o una geometría de borde, donde la compensación puede basarse, por ejemplo, un espesor de vidrio previsto o distribución del material de acabado superficial, y una ubicación y/u orientación de la pieza con respecto al eje de rotación. La pieza fabricada es una pieza corregida geoméricamente compensada que, después de aplicar el material de acabado superficial, tendrá un acabado superficial liso y dimensiones finales que coincidan con las especificaciones de diseño originales.

Las instrucciones para imprimir la pieza de fabricación aditiva se denominan receta de impresión. La receta de impresión contiene información para cada capa de una pieza impresa en 3D que será construida por el sistema de fabricación aditiva, tal como un PRPS. La receta de impresión puede contener instrucciones para el PRPS antes, durante y después de una tirada. Por ejemplo, la receta de impresión puede incluir parámetros e instrucciones relacionadas con la geometría de construcción, energía de iluminación, tiempo de exposición por capa, tiempo de espera entre capas, posición de la plataforma de impresión, velocidad de la plataforma de impresión, aceleración de la plataforma de impresión, posición de la cuba de resina, fuerza de la cuba de resina, reactividad química de la resina y viscosidad de la resina. Los parámetros e/o instrucciones contenidas en la receta de impresión se pueden actualizar antes, durante y/o después de la tirada de impresión basándose en la entrada de uno o más sensores en el PRPS. En algunas realizaciones, la receta de impresión se puede actualizar antes, durante y/o después de la impresión de una capa determinada dentro del objeto impreso.

Las Figuras 6A-6B son ejemplos de realizaciones en las que el diseño de una pieza compensa una capa de material de acabado superficial sobre toda la pieza. En estas vistas transversales, las piezas originales 600a y 600b son el diseño deseado de la pieza final que se entregará al cliente. En la Figura 6A la pieza original 600a tiene una sección transversal circular, tal como un cilindro, en la que la base del cilindro está unida a la plataforma de rotación coincidiendo el eje central del cilindro con el eje de giro de la plataforma de rotación. Después de girar, el material de acabado superficial 620a cubrirá la circunferencia circular, lateral de la pieza aproximadamente uniformemente. En la Figura 6B, la pieza original 600b tiene una colina dentada 602, donde la base 604 de la colina 602 está unida centralmente a la plataforma de rotación en el eje de giro y el material de acabado superficial 620b cubrirá la colina 602 después de la rotación. De acuerdo con las presentes realizaciones, las dimensiones generales se modifican para ser ligeramente más pequeñas, como se ilustra por la geometría revisada 610a para la pieza original 600a y la geometría revisada 610b para la pieza original 600b, para tener en cuenta el espesor de la resina 620a y 620b (u otro material de acabado superficial) en las Figuras 6A y 6B, respectivamente, que se retendrá en la pieza para crear un acabado superficial liso. Por ejemplo, las interacciones entre la viscosidad del material de acabado superficial, velocidad de giro, tiempo de giro y la ubicación y orientación de la pieza con respecto al eje de giro se pueden modelar para predecir el espesor de la capa del material de acabado superficial que se retendrá en la pieza. El diseño compensado (es decir, la geometría revisada 610a/610b) puede entonces calcularse para tener en cuenta este espesor reduciendo las dimensiones generales del diseño deseado en esa cantidad de espesor. En la Figura 6A, la geometría revisada 610a implica un diámetro reducido de la sección transversal circular, mientras que en la Figura 6B, la geometría revisada 610b implica una altura reducida de la colina. En algunas realizaciones, el espesor del material de acabado superficial puede ser uniforme en toda la pieza, mientras que en otras realizaciones el espesor puede variar y las correcciones del diseño geométrico pueden compensar cualquiera de los casos.

La Figura 7 es una vista en perspectiva que muestra un ejemplo de modificación de una geometría de esquina interior, de acuerdo con algunas realizaciones. En este ejemplo, un diseño de pieza deseado (original) 700 que tiene una esquina interior puramente en ángulo recto desarrollará un filete 702 en la esquina cuando se aplica el material de acabado superficial, debido a la tensión superficial del material de acabado superficial sin curar (por ejemplo, resina). Este redondeo de la esquina puede hacer que la pieza no cumpla con las especificaciones de diseño requeridas. De acuerdo con los presentes métodos, se puede crear un diseño compensado para minimizar la acumulación de filetes en la esquina, tal como creando una geometría revisada de una característica recortada 710 en la esquina en la que puede penetrar la resina añadida. Aunque se muestra un recorte circular, se pueden usar otras geometrías, tal como un recorte elíptico o cambiar el ángulo general de la esquina para permitir la acumulación del material de acabado superficial.

Las Figuras 8A-8B muestran ejemplos de modificación de un diseño de pieza para preservar una geometría de esquina exterior deseada (es decir, con un ángulo de 90 grados). En la Figura 8A, se muestra una vista en perspectiva 810 y

una vista lateral 820 de una pieza impresa en 3D 823 de acuerdo con un diseño deseado, original, sin compensación por un material de acabado superficial 825. La pieza fabricada aditiva 823 es un disco circular en este ejemplo. La rugosidad de la pieza impresa en 3D se representa también en la vista en perspectiva 810 mediante marcas deprimidas 811 en la superficie circular superior de la pieza, donde la superficie superior se alisa cubriéndola con el material de acabado superficial 825. Como puede verse en la vista lateral 820, un menisco convexo 828 del material de acabado superficial debido a la tensión superficial provoca un redondeo en el borde circunferencial de la pieza. En contraste, la vista lateral 830 muestra una pieza 833 que se imprime de acuerdo con un diseño compensado, de acuerdo con las presentes realizaciones. Como puede verse, la pieza compensada 833 ha sido diseñada con un borde fileteado, cóncavo 838 en la circunferencia de la pieza, que se rellenará con el material de acabado superficial 825 (por ejemplo, resina) y dará como resultado una esquina exterior más afilada (por ejemplo, más cerca de un ángulo de 90 grados) como se deseaba originalmente. En la Figura se proporcionan también vistas en primer plano de la pieza original 823 y de la pieza compensada 833 con geometría revisada. 8B.

La Figura 9 muestra un ejemplo de múltiples correcciones geométricas aplicadas a una pieza, usando características de geometría en 2D de un bloque en forma de L con fines ilustrativos. La vista lateral 910 y la vista final 920 representan el diseño de pieza deseado, original. La vista lateral 930 y la vista final 940 representan el diseño compensado en el que todas las caras de la pieza se han modificado desde superficies planas hasta superficies cóncavas de dimensiones generales más pequeñas que el diseño original. También se ha incorporado un recorte 932 de sección transversal circular en la esquina interior de la "L". Las áreas 950 muestran dónde se retendrá el material de acabado superficial, dando como resultado dimensiones y características (por ejemplo, esquinas afiladas y superficies planas) que coincidan con precisión con el diseño deseado.

En algunas realizaciones, modificar el diseño deseado para convertirlo en un diseño compensado puede incluir agregar características de cavidad que no están en el diseño original. Es decir, el diseño compensado puede utilizar la acumulación o absorción de material de acabado superficial durante el giro de la pieza en el dispositivo de rotación. Por ejemplo, la pieza 1000 en la Figura 10 tiene una superficie cóncava 1002 que ha sido orientada para orientarse hacia el eje de giro 1025 (es decir, centro) de la plataforma 1020. La plataforma 1020 gira en una dirección de giro 1028. La pieza 1000 tiene una superficie exterior 1004 opuesta al eje de giro 1025. La superficie cóncava orientada hacia dentro 1002 tendrá más acumulación de material de acabado superficial que en la superficie exterior 1004 donde el exceso de resina puede escapar más fácilmente. Por tanto, la superficie interior puede diseñarse con características de cavidad (no mostradas) tales como un recorte o una mayor reducción de dimensiones que la superficie exterior. Otras realizaciones de características de cavidad incluyen, por ejemplo, una trinchera, surco, recorte u otra característica de cavidad para capturar resina en una o más ubicaciones a lo largo de la superficie cóncava 1002, para usar esa resina para lograr las dimensiones finales de la pieza.

La colocación de la pieza en la plataforma del dispositivo de rotación se puede tener en cuenta en el diseño compensado. Por ejemplo, una pieza axisimétrica podría centrarse en (es decir, tener su eje de simetría alineado con) el eje de giro de la plataforma. Una pieza no axisimétrica podría centrarse en el eje o colocarse fuera del eje (por ejemplo, como se muestra en la Figura 10), y orientarse con un lado particular orientado hacia el eje de giro de acuerdo a cómo se modificaron las características de la pieza al crear el diseño compensado. En algunas realizaciones, se pueden procesar varias piezas en el dispositivo de rotación, donde las piezas pueden ser idénticas o diferentes entre sí. Las mismas consideraciones sobre dónde se colocan las piezas en la plataforma y su orientación con respecto a las fuerzas centrífugas impartidas por el dispositivo de rotación se aplicarían a las múltiples piezas como a una sola pieza. Adicionalmente, se puede considerar el equilibrio de carga de la plataforma de giro al rotar múltiples piezas a la vez.

CONTROL DE LA ELIMINACIÓN DEL ACABADO SUPERFICIAL

Los presentes métodos incluyen también controlar el espesor y la distribución del material de acabado superficial de "tipo vidriado" (por ejemplo, resina). Los parámetros que pueden ajustarse para controlar la configuración final incluyen, por ejemplo, la velocidad de giro (por ejemplo, velocidad angular en RPM), duración del tiempo de giro, colocación de la pieza con respecto al eje de giro del dispositivo de rotación, propiedades del material de acabado superficial (por ejemplo, viscosidad de la resina), tensión superficial entre la pieza y el material de acabado superficial, geometría de la pieza e integridad estructural de la pieza. Estas consideraciones, como se ha explicado anteriormente, se pueden utilizar para crear el diseño compensado. Ejemplos de cantidades de material de acabado superficial que se pueden lograr en la pieza - ya sea en toda la pieza o en segmentos seleccionados - son, por ejemplo, 0,0254 mm (0,001 pulgadas) a 2540 mm (0,100 pulgadas) de espesor.

En algunas realizaciones, la tasa de eliminación del exceso de resina se puede ajustar controlando la temperatura de la resina durante la rotación (u otra aplicación de fuerza como se describe a continuación) para lograr el espesor y la distribución final deseados de la resina. En algunas realizaciones, se puede introducir calor para disminuir la viscosidad de la resina, proporcionando así otro grado de control (además de la velocidad, tasas de rampa y otros parámetros como se describe en este documento) al eliminar el exceso de resina. En algunas realizaciones, se puede aplicar enfriamiento, tal como para aumentar la viscosidad. Como ejemplo de utilización de la temperatura para impactar en la eliminación de resina, se puede usar calor para controlar la eliminación de resina superficial de una superficie general de la pieza mientras se mantienen en su lugar las resinas de filete previstas. En diversas realizaciones, el

calentamiento o enfriamiento se puede aplicar uniformemente a toda la pieza, tal como en un horno o cámara de temperatura controlada, o puede aplicarse a una región específica de la pieza, tal como dirigiendo una boquilla de calor a una determinada porción de la pieza durante la rotación.

5 MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA LA ROTACIÓN

En otras realizaciones, la rotación puede sustituirse por otros métodos de aplicación de una fuerza al material de acabado superficial. La Figura 11 muestra una pieza impresa en 3D 1110 en una bandeja de construcción 1120, con material de acabado superficial sin curar 1130 sobre la superficie de la pieza 1110. En algunas realizaciones, la aceleración o velocidad vertical u horizontal controlada como lo indican las flechas 1140 y 1145 en la Figura 11 se puede usar en lugar de fuerzas centrífugas. En algunas realizaciones, la fuerza se puede aplicar soplando aire forzado 1150 sobre el material de acabado superficial 1130. Por ejemplo, se puede usar una cuchilla de aire o una cuchilla de aire para eliminar el exceso de material de acabado superficial, donde el aire se controla para eliminar una primera porción del material de acabado superficial pero retener una segunda porción del material de acabado superficial en la pieza. Otras realizaciones de aplicación de la fuerza incluyen, pero sin limitación, aplicar aceleración lineal, aplicar una fuerza vibratoria o sacudir la pieza. Las fuerzas aplicadas por estos métodos se pueden modelar y compensar de la misma forma que las realizaciones de rotación descritas en el presente documento.

Los parámetros de estos procesos se pueden ajustar para lograr el acabado superficial deseado. Por ejemplo, la fuerza puede aplicarse durante una duración y magnitud específicas. En algunas realizaciones, otros parámetros de aplicación de fuerza pueden incluir tasas de rampa de fuerza, tasas de desaceleración de fuerza, aplicación de fuerza en múltiples etapas (por ejemplo, se puede aplicar una fuerza de baja magnitud durante un primer período de tiempo seguido de la aplicación de una fuerza de mayor magnitud durante un segundo período de tiempo) y/o un cambio en la dirección de la fuerza aplicada (por ejemplo, fuerzas lineales en múltiples direcciones o sacudidas). Las fuerzas aplicadas a la pieza pueden ser, por ejemplo, 1 g (es decir, $9,81 \text{ m/s}^2$) a 2 g, o de 3 g a 20 g, o más de 20 g. Las fuerzas elegidas para aplicarse a la pieza pueden estar determinadas por, por ejemplo, las propiedades de la resina (por ejemplo, viscosidad), tensión superficial entre la pieza y la resina, características geométricas de la pieza e integridad estructural de la pieza.

30 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL MÉTODO

La Figura 12 es un diagrama de flujo 1200 que representa los métodos para crear un acabado superficial liso en una pieza formada mediante fabricación aditiva, de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, los métodos pueden comenzar en la etapa 1210 proporcionando una pieza que ha sido formada mediante un proceso de fabricación aditiva. El proceso de fabricación aditiva se puede realizar mediante fotopolimerización de una resina en un baño de resina, tal como con el sistema de las Figuras 1A-1B, u otros procesos de fabricación aditiva tales como SLA, CLIP, SLS, Multi Jet Fusion, sinterización directa por láser de metales o modelado por deposición fundida (FDM). Algunas realizaciones incluyen también, antes de la etapa 1210, una etapa 1202 de crear un diseño compensado para la pieza modificando un diseño deseado para compensar una primera porción de material de acabado superficial sin curar (por ejemplo, resina) que será retenida en la pieza, y una etapa 1204 de formar la pieza con un proceso de fabricación aditiva de acuerdo con el diseño compensado. La creación del diseño compensado en la etapa 1202 puede incluir modificar al menos una de una dimensión global, una geometría de esquina o una geometría de borde; o añadir características de cavidad en las que el material de acabado superficial se introducirá durante el giro de la pieza en una etapa posterior 1250.

La etapa 1220 implica humedecer al menos un segmento de la pieza con un material de acabado superficial sin curar. En algunas realizaciones, tales como técnicas de impresión en 3D basadas en resina, la pieza emerge del proceso de impresión ya humedecida con el material de acabado superficial (por ejemplo, resina). Por tanto, en algunas realizaciones la etapa 1220 se incorpora en la etapa 1210. En otras realizaciones, la pieza se puede humedecer con un material superficial que es diferente del material usado para imprimir la pieza, y el material superficial se puede agregar en una etapa separada después de formar la pieza. Por ejemplo, la pieza se puede imprimir en 3D en la etapa 1204, limpiarse, moverse a una estación de acabado superficial en la etapa 1210, y humedecerse después en la etapa 1220 con el material de acabado superficial. La humectación puede implicar, pero sin limitación, sumergiendo, pulverizando o pintando parte o la totalidad de la pieza con el material de acabado superficial. En una realización, el proceso de fabricación aditiva comprende la fotopolimerización de una resina en un baño de resina y la pieza se humedece con el material de acabado superficial después de formar la pieza, donde el material de acabado superficial es un material diferente de la resina o puede ser la propia resina.

En la etapa 1230 se proporciona un dispositivo de rotación, teniendo el dispositivo de rotación una plataforma que gira alrededor de un eje. La pieza fabricada aditiva se fija a la plataforma en la etapa 1240, lo que puede implicar unir directamente la pieza a la plataforma. En otras realizaciones, la pieza puede mantenerse en una bandeja de construcción sobre la que se formó la pieza, y la bandeja de construcción se acopla a la plataforma para asegurar la pieza a la plataforma. Durante la etapa 1240, la pieza está todavía al menos parcialmente humedecida con resina sin curar del baño de resina o con el material de acabado superficial en un estado sin curar.

La plataforma se gira en la etapa 1250, lo que hace girar la pieza de tal forma que una primera porción del material de

acabado superficial sin curar (por ejemplo, resina) se retiene en la pieza y se elimina una segunda porción del material de acabado superficial sin curar. El método puede incluir establecer parámetros de giro en la etapa 1255 para retener la primera porción de la resina sin curar durante el giro, donde opcionalmente se podrán configurar los parámetros de acuerdo con el diseño compensado. Los parámetros de giro incluyen una velocidad de giro y un tiempo de giro, donde el establecimiento de los parámetros de giro puede tener también en cuenta la viscosidad del material de acabado superficial (por ejemplo, resina). En algunas realizaciones, los parámetros de giro se establecen para retener una cantidad deseada de la primera porción del material de acabado superficial durante el giro, tal como una cantidad que fue determinada durante la creación de un diseño compensado en la etapa 1202. El material de acabado superficial que se retiene en la pieza proporciona un acabado superficial liso rellenando y/o cubriendo las características superficiales rugosas. La eliminación del exceso de material de acabado superficial durante el giro logra también la limpieza de la pieza, reduciendo así el tiempo posterior al procesamiento. La limpieza se logra sin el uso de materiales como IPA (que por sí mismo puede introducir picaduras en la superficie de la pieza), reduciendo así los materiales peligrosos del flujo de procesamiento.

Las etapas 1240 y 1250 pueden implicar rotar una pieza o una pluralidad de piezas a la vez con el dispositivo de rotación, donde las piezas pueden ser iguales o diferentes entre sí. En tales realizaciones, la etapa 1240 de asegurar la pieza implica disponer una pluralidad de piezas en la plataforma, basándose en una geometría de la pluralidad de piezas, para permitir que se elimine el exceso de resina sin curar (u otro material de acabado superficial) y retener la porción deseada de resina sin curar. Algunas realizaciones pueden implicar colocar la pieza centralmente en el eje de giro de la plataforma de rotación o desplazada del eje de giro.

En otras realizaciones del diagrama de flujo 1200, la etapa 1230 se puede reemplazar proporcionando un dispositivo que aplica una fuerza distinta de una fuerza centrífuga, como se describe anteriormente en esta divulgación. Por ejemplo, se pueden usar dispositivos para aplicar aire forzado, aceleración lineal, fuerza vibratoria o sacudidas a la pieza. En tales realizaciones, la etapa 1250 de girar la plataforma se sustituiría aplicando la fuerza al material de acabado superficial, donde la primera porción del material de acabado superficial se retiene en la pieza y se retira una segunda porción del material de acabado superficial. La etapa 1255 implicaría establecer parámetros de fuerza (por ejemplo, magnitud de la fuerza o aceleración, duración de la aplicación de la fuerza), teniendo en cuenta la viscosidad del material de acabado superficial, para lograr la cantidad y distribución deseada de material de acabado superficial en la pieza.

Volviendo al flujo principal del diagrama de flujo 1200, algunas realizaciones incluyen la etapa 1260 de encerrar la pieza en una cámara, como se describe en relación con las Figuras 5A-5B, y recoger la segunda porción del material de acabado superficial sin curar (por ejemplo, resina) que se elimina durante el giro. Esta recogida de material permite reciclar el exceso de resina, por ejemplo, que se puede reutilizar en un proceso de fotopolimerización o recoger el exceso de material de acabado superficial que se puede usar para crear acabados superficiales lisos en otras piezas.

En la etapa 1270, la pieza final se completa curando la pieza de manera que se endurezca el material de acabado superficial sin curar que ha sido retenido en la pieza. En realizaciones en las que la pieza se imprimió de acuerdo con un diseño compensado, la pieza final con material de acabado superficial tiene dimensiones que coinciden con el diseño deseado, original.

En algunas realizaciones, el acabado superficial deseado se puede lograr mediante un proceso de múltiples etapas. En tales realizaciones, la etapa 1220 de humedecer la pieza con un material de acabado superficial hasta la etapa 1270 de curar la pieza podría repetirse más de una vez. Por ejemplo, después de realizar las etapas 1220-1270 en un momento inicial, el material de acabado superficial se puede aplicar una segunda vez (por ejemplo, sumergiendo la pieza o pulverizándola con el material de acabado superficial), girarse y curarse, después, el material de acabado superficial se puede aplicar una tercera vez, girarse y curarse, donde se puede usar cada vez el mismo o diferente material de acabado superficial. La pieza podría evaluarse cuantitativa y/o cualitativamente después de cada curado para comprobar si se ha conseguido el espesor y/o la suavidad deseados del material de acabado superficial.

Se ha hecho referencia en detalle a realizaciones de la invención divulgada, uno o más ejemplos de las que se han ilustrado en las figuras adjuntas. Cada ejemplo se ha proporcionado a modo de explicación de la tecnología actual, no como una limitación de la tecnología actual. De hecho, si bien la memoria descriptiva se ha descrito en detalle con respecto a realizaciones específicas de la invención, se apreciará que aquellos expertos en la materia, tras lograr una comprensión de lo anterior, pueden concebir fácilmente alteraciones en, variaciones y equivalentes de estas realizaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por poner un ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden usar con otra realización para producir otra realización adicional más. Por tanto, se pretende que la presente materia objeto cubra todas esas modificaciones y variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes. Estas y otras modificaciones y variaciones de la presente invención pueden ponerse en práctica por aquellos con experiencia habitual en la materia, sin alejarse del alcance de la presente invención, que se expone en las reivindicaciones adjuntas. Asimismo, los expertos en la técnica apreciarán que la descripción anterior se da solo a modo de ejemplo y no pretende limitar la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método de producir una pieza fabricada aditiva con acabado superficial liso, comprendiendo el método:

- 5 crear (1202) un diseño compensado que sirve como receta de impresión para un proceso de fabricación aditiva para una pieza, en donde la creación comprende modificar un diseño deseado con una corrección de compensación geométrica para compensar una primera porción de un material de acabado superficial sin curar que se retendrá en la pieza;
- 10 formar (1204) la pieza con el proceso de fabricación aditiva de acuerdo con el diseño compensado;
- proporcionar (1230) un dispositivo de rotación (200, 300, 500), teniendo el dispositivo de rotación una plataforma (530, 1020) que gira alrededor de un eje;
- asegurar (1240) la pieza a la plataforma, en donde la pieza está al menos parcialmente humedecida con el material de acabado superficial sin curar;
- 15 girar (1250) la plataforma, en donde la primera porción del material de acabado superficial sin curar se retiene en la pieza y una segunda porción del material de acabado superficial sin curar se elimina debido a las fuerzas impartidas por el giro; y
- curar (1270) la pieza después del giro.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:

- 20 encerrar la pieza en una cámara; y
- recoger la segunda porción del material de acabado superficial sin curar que se elimina durante el giro.

3. El método de la reivindicación 1:

- 25 en donde el proceso de fabricación aditiva comprende la fotopolimerización de una resina en un baño de resina; y el método comprende además humedecer la pieza con el material de acabado superficial después de formar la pieza.

30 4. El método de la reivindicación 3, en donde el material de acabado superficial es un material diferente de la resina.

5. El método de la reivindicación 1, en donde la corrección de compensación geométrica comprende modificar al menos uno de: una dimensión global, una geometría de esquina o una geometría de borde.

35 6. El método de la reivindicación 1, en donde la corrección de compensación geométrica comprende agregar características de cavidad en las que se introducirá el material de acabado superficial durante el giro.

7. El método de la reivindicación 1, que comprende además establecer parámetros de giro para retener una cantidad deseada de la primera porción del material de acabado superficial durante el giro, en donde:

- 40 los parámetros de giro comprenden una velocidad de giro y un tiempo de giro; y
- establecer los parámetros de giro tiene en cuenta la viscosidad del material de acabado superficial.

45 8. El método de la reivindicación 1, en donde la sujeción comprende disponer una pluralidad de piezas en la plataforma, basándose en una geometría de la pluralidad de piezas, para permitir que se retenga la primera porción del material de acabado superficial sin curar y que se elimine la segunda porción del material de acabado superficial sin curar.

9. Un método de producir una pieza fabricada aditiva con acabado superficial liso, comprendiendo el método:

- 50 crear (1202) un diseño compensado que sirve como receta de impresión para una tirada de impresión de un proceso de fabricación aditiva para formar una pieza, en donde la creación comprende modificar un diseño deseado con una corrección de compensación geométrica para compensar una primera porción de resina sin curar que será retenida en la pieza;
- 55 formar (1204) la pieza con el proceso de fabricación aditiva de acuerdo con el diseño compensado;
- después de la tirada de impresión del proceso de fabricación aditiva, proporcionar la pieza que ha sido formada por el proceso de fabricación aditiva, en donde el proceso de fabricación aditiva comprende la fotopolimerización de una resina en un baño de resina;
- proporcionar (1230) un dispositivo de rotación (200, 300, 500), teniendo el dispositivo de rotación una plataforma (530, 1020) que gira alrededor de un eje;
- 60 asegurar (1240) la pieza a la plataforma, en donde la pieza es al menos parcialmente humedecida con la resina no curada del baño de resina;
- girar (1250) la plataforma, en donde la primera porción de resina sin curar se retiene en la pieza y una segunda porción de resina sin curar se elimina debido a las fuerzas impartidas por el giro; y
- 65 curar (1270) la pieza después del giro.

10. El método de la reivindicación 9, que comprende además establecer parámetros de giro para retener la primera

porción de la resina sin curar durante el giro, de acuerdo con el diseño compensado, en donde:

los parámetros de giro comprenden una velocidad de giro y un tiempo de giro; y
establecer los parámetros de giro tiene en cuenta la viscosidad de la resina.

5

11. El método de la reivindicación 9, que comprende, además:

encerrar la pieza en una cámara; y
recoger la segunda porción de la resina no curada que se elimina durante el giro.

10

12. El método de la reivindicación 9, en donde:

formar la pieza comprende formar la pieza sobre una bandeja de construcción; y
asegurar la pieza a la plataforma comprende acoplar la bandeja de construcción a la plataforma.

15

13. El método de la reivindicación 9, en donde la corrección de compensación geométrica comprende modificar al menos uno de: una dimensión global, una geometría de esquina o una geometría de borde.

20

14. El método de la reivindicación 9, en donde la corrección de compensación geométrica comprende agregar características de cavidad en las que se introducirá el material de acabado superficial durante el giro.

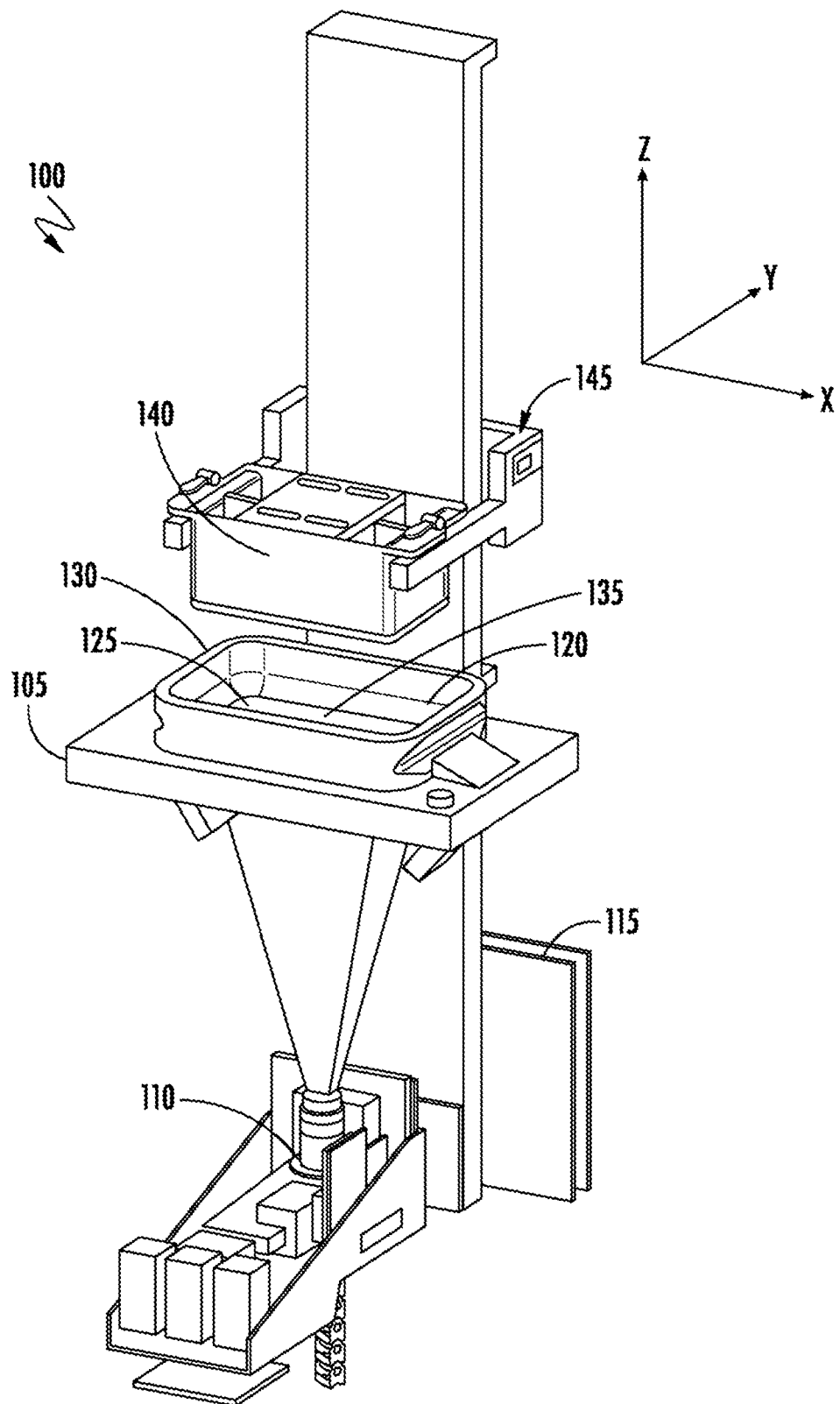


FIG. 1A

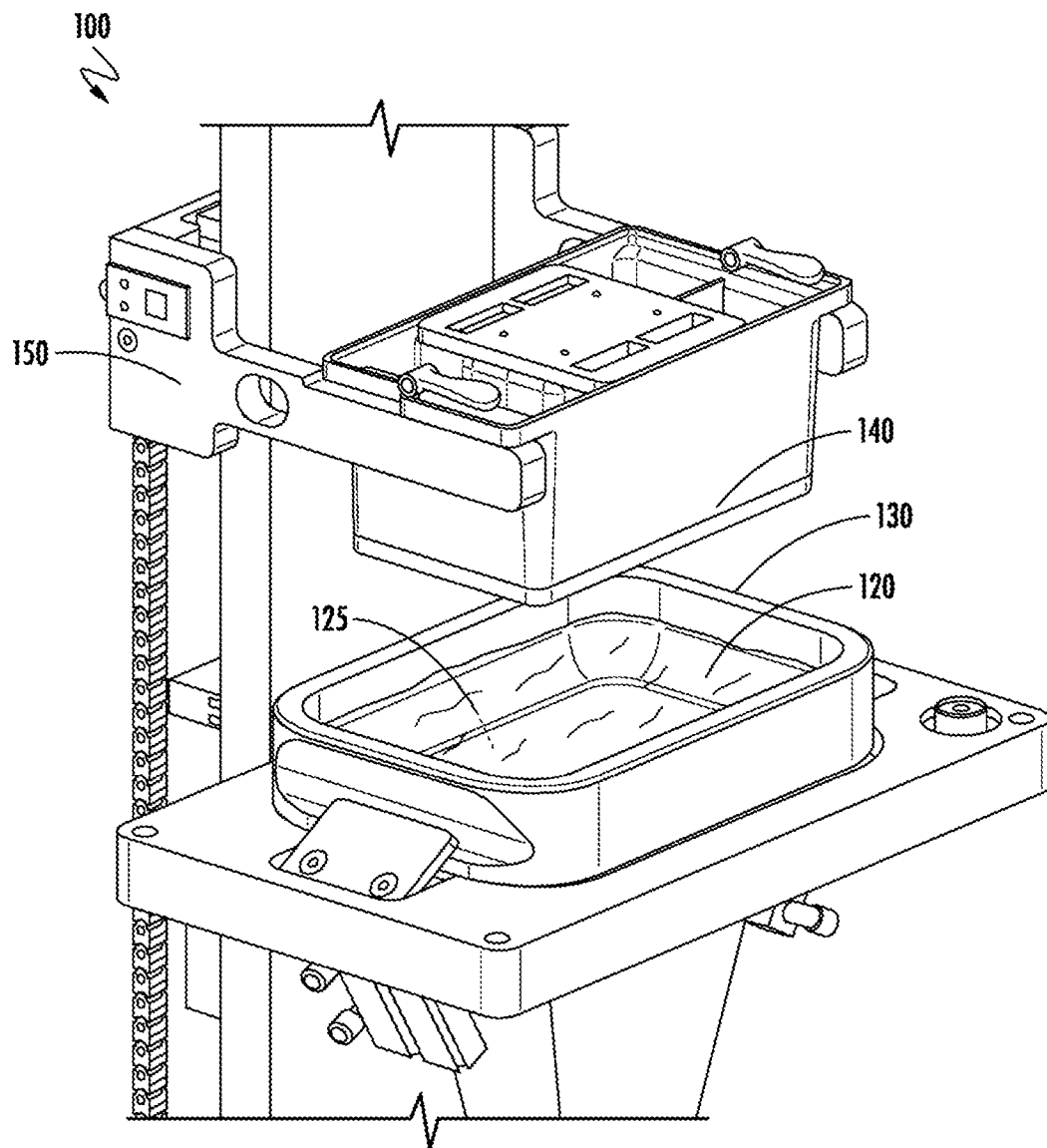


FIG. 1B

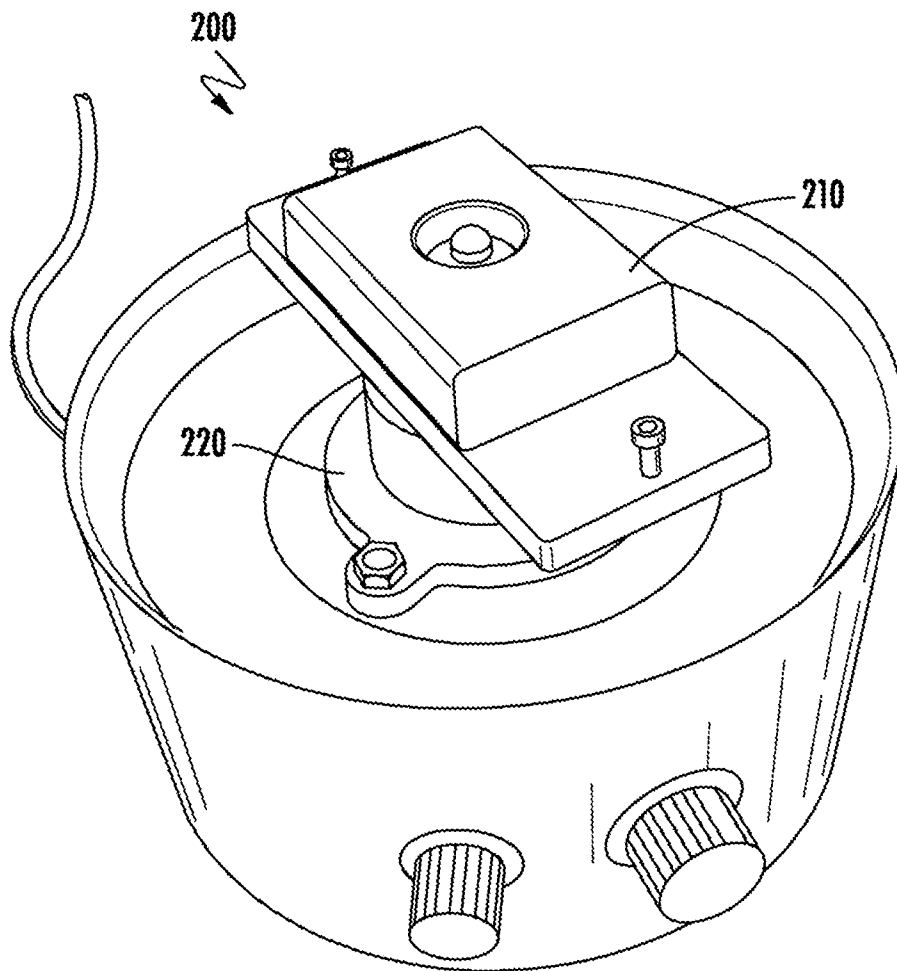


FIG. 2

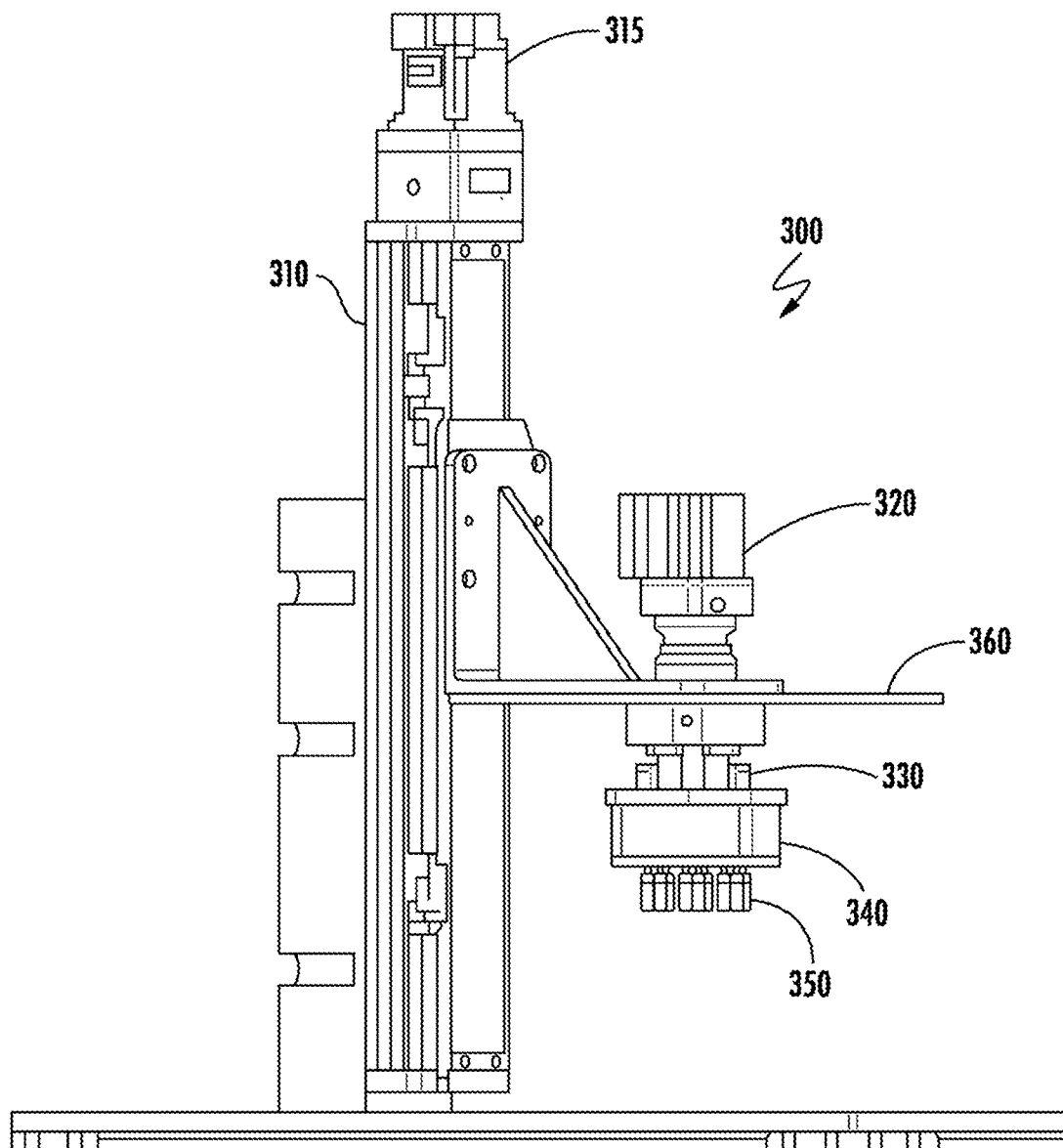


FIG. 3

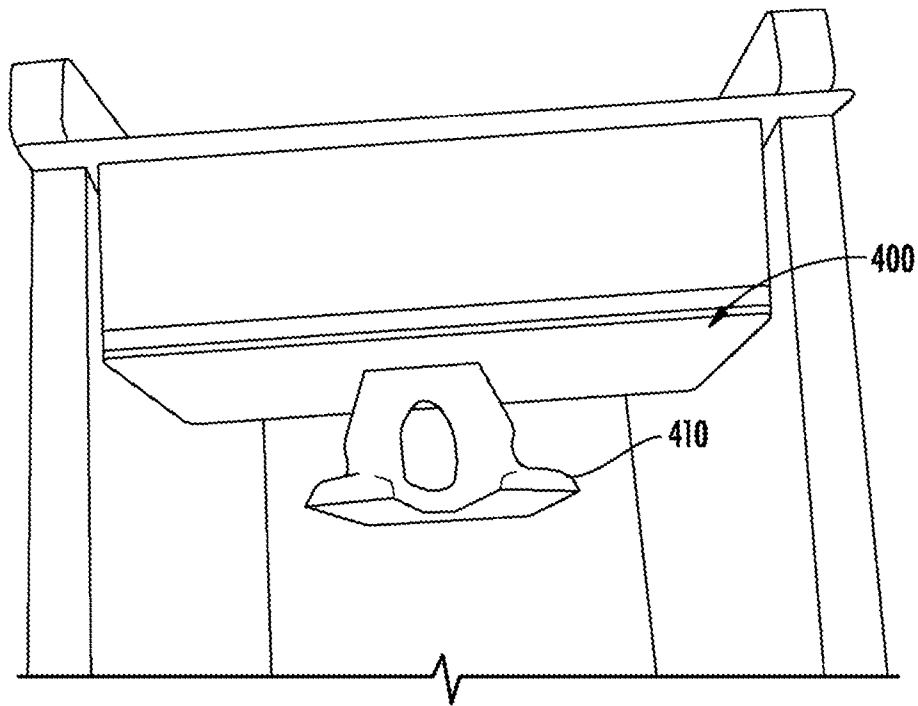


FIG. 4A

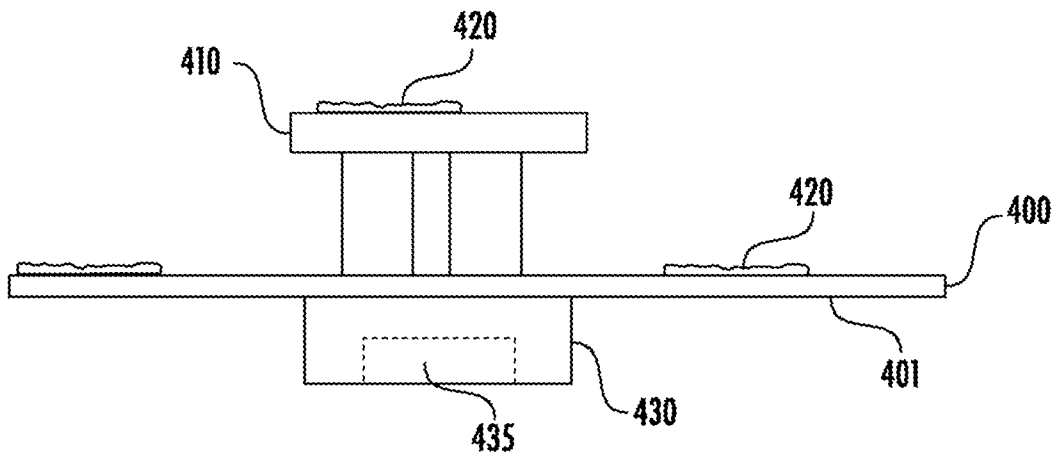


FIG. 4B

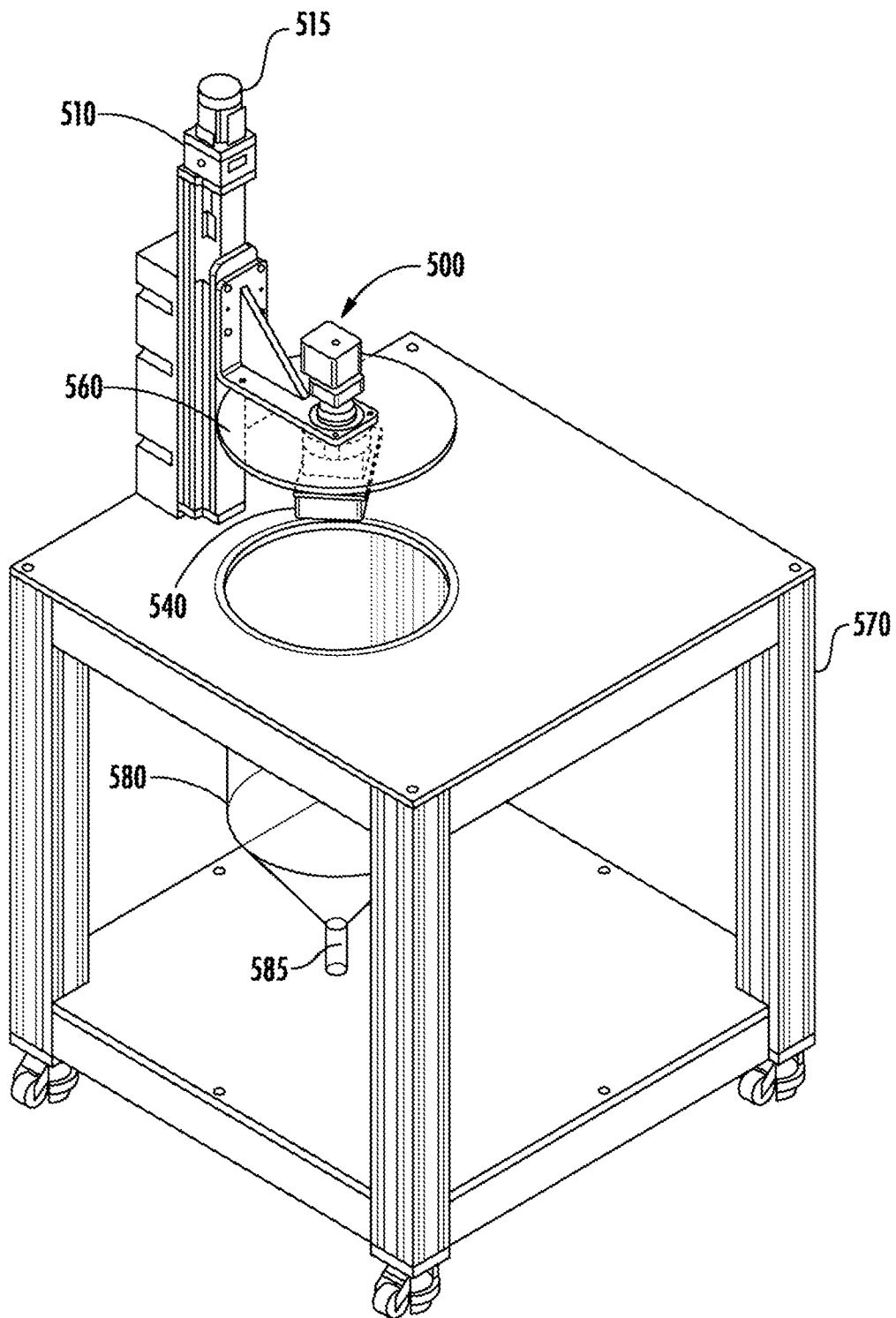


FIG. 5A

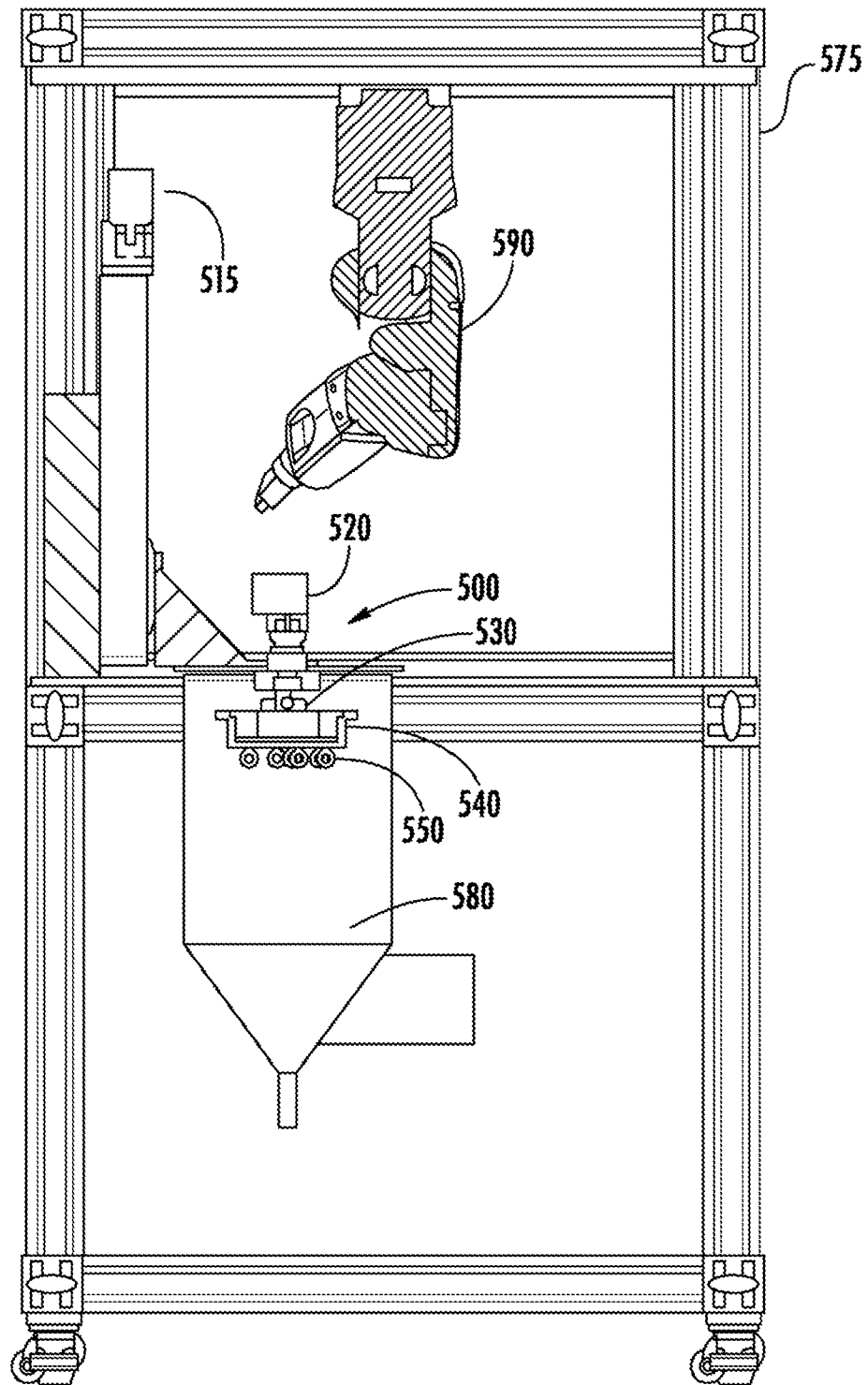


FIG. 5B

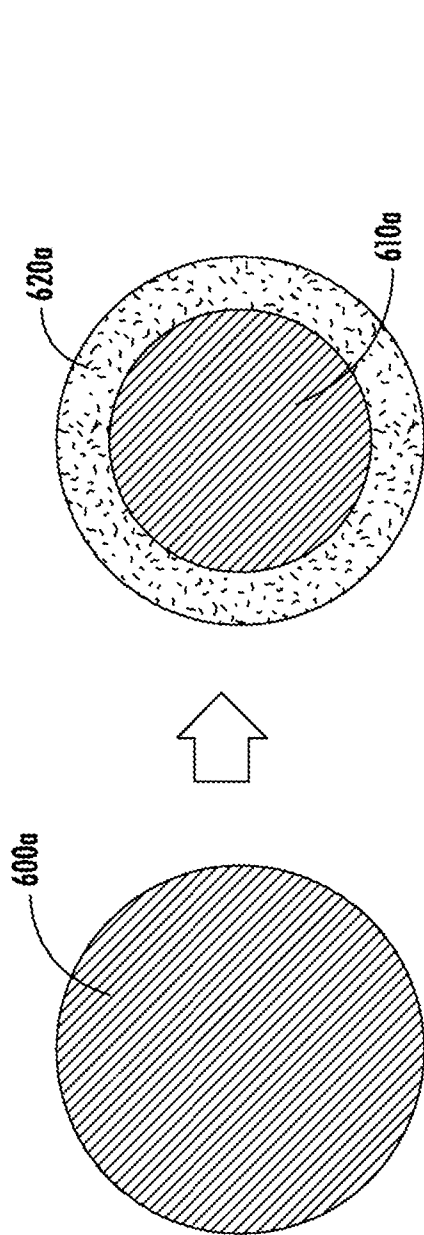


FIG. 6A

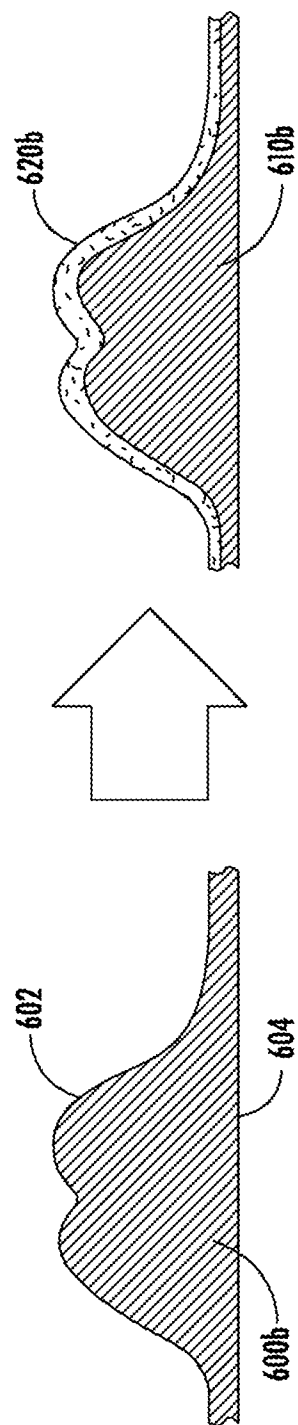


FIG. 6B

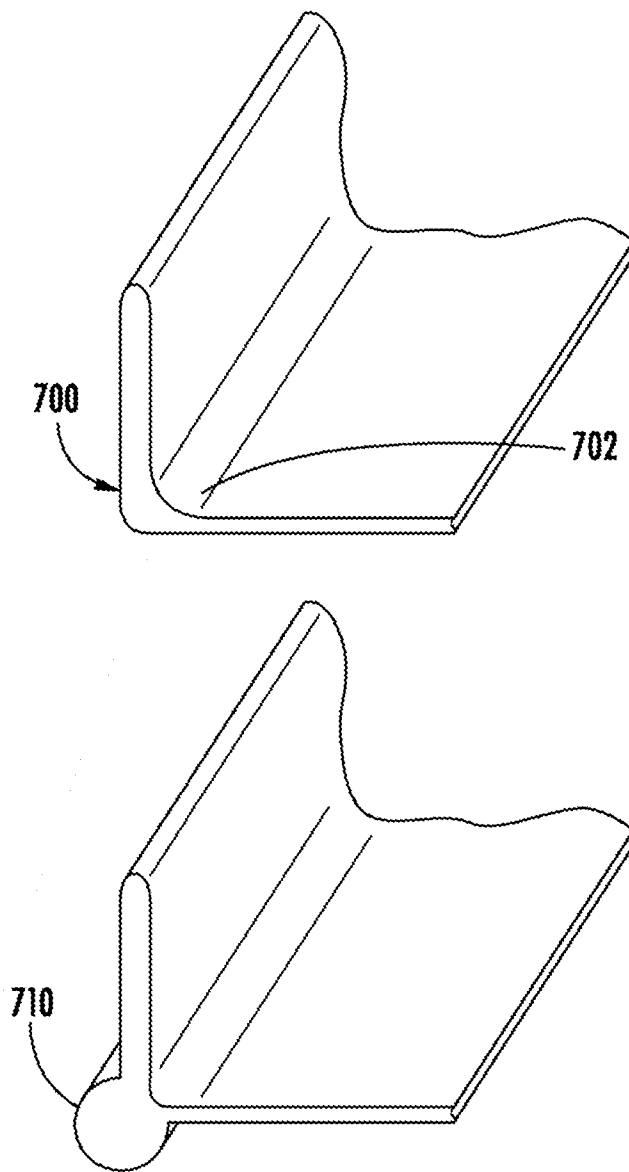
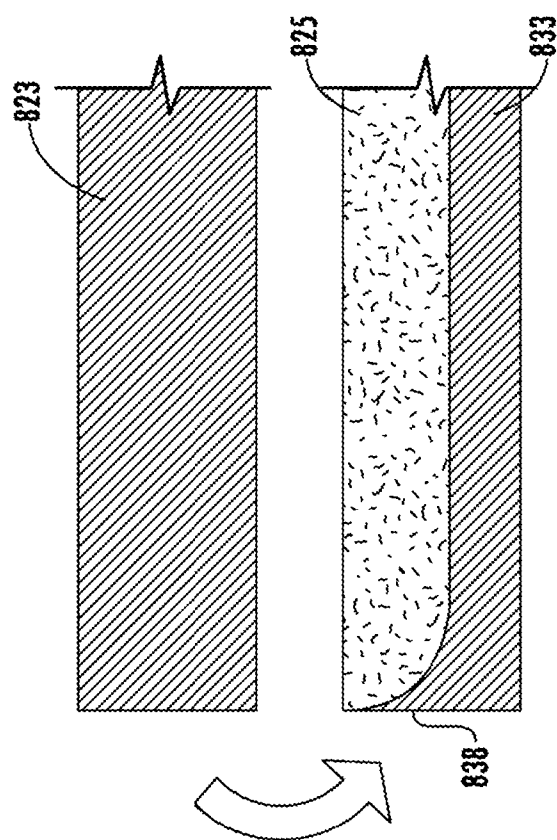
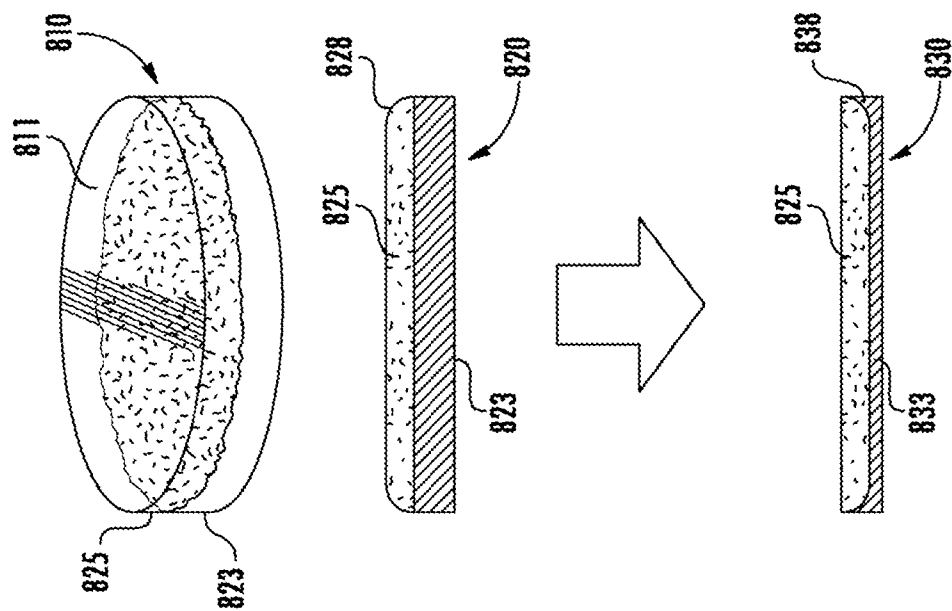


FIG. 7



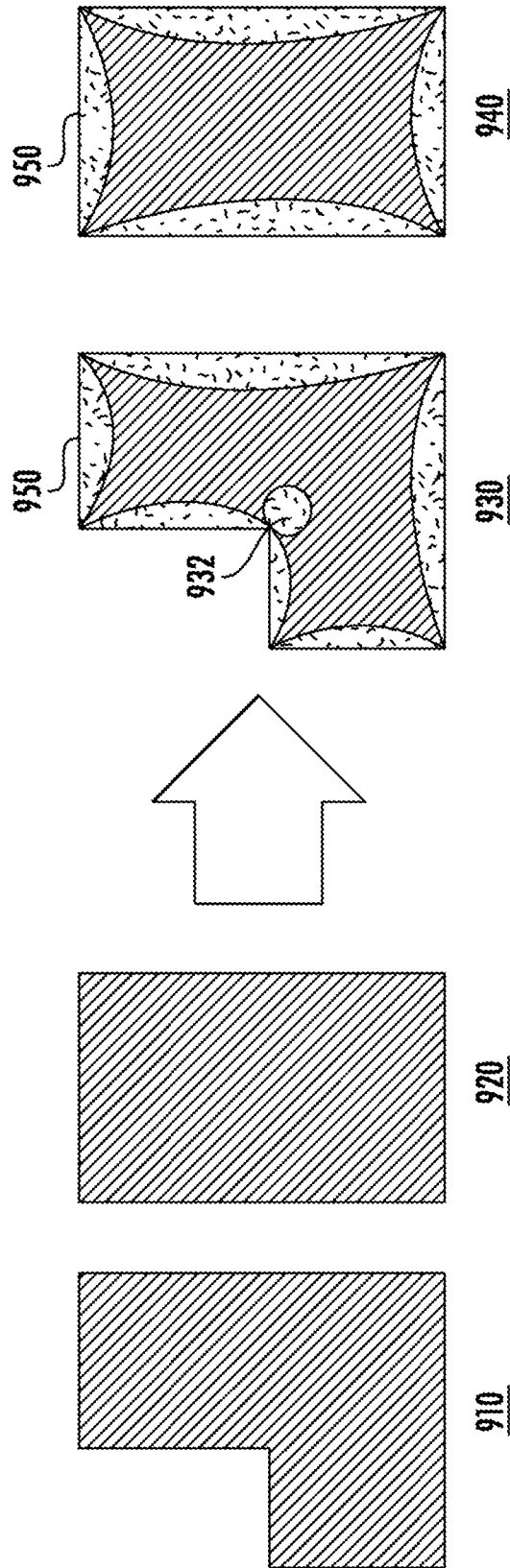


FIG. 9

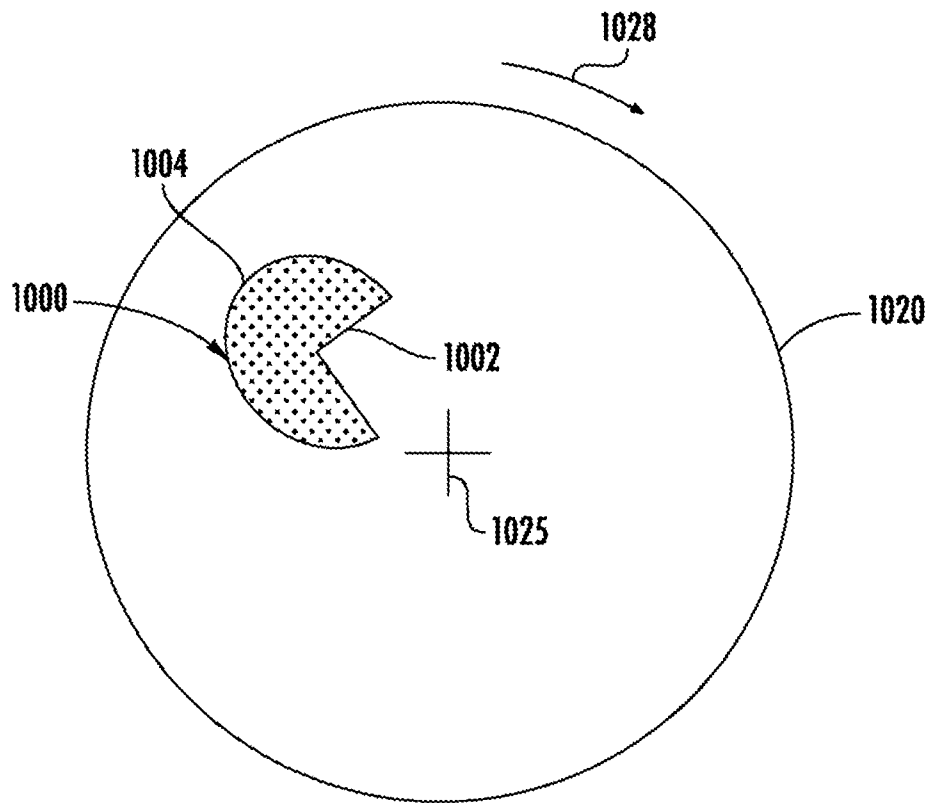


FIG. 10

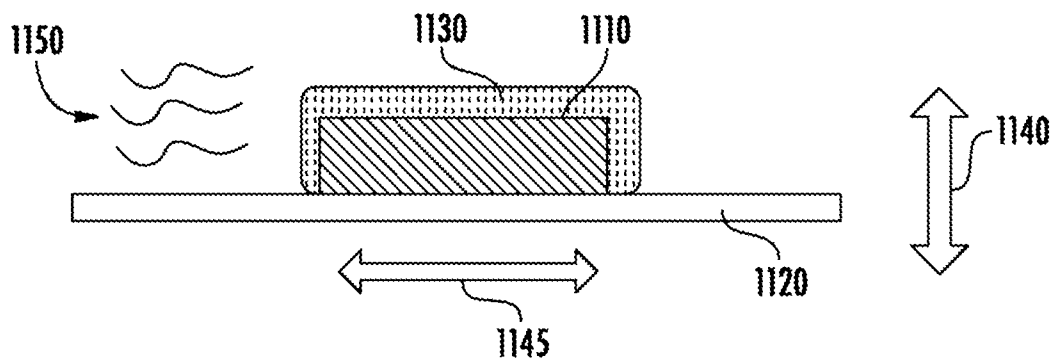


FIG. 11

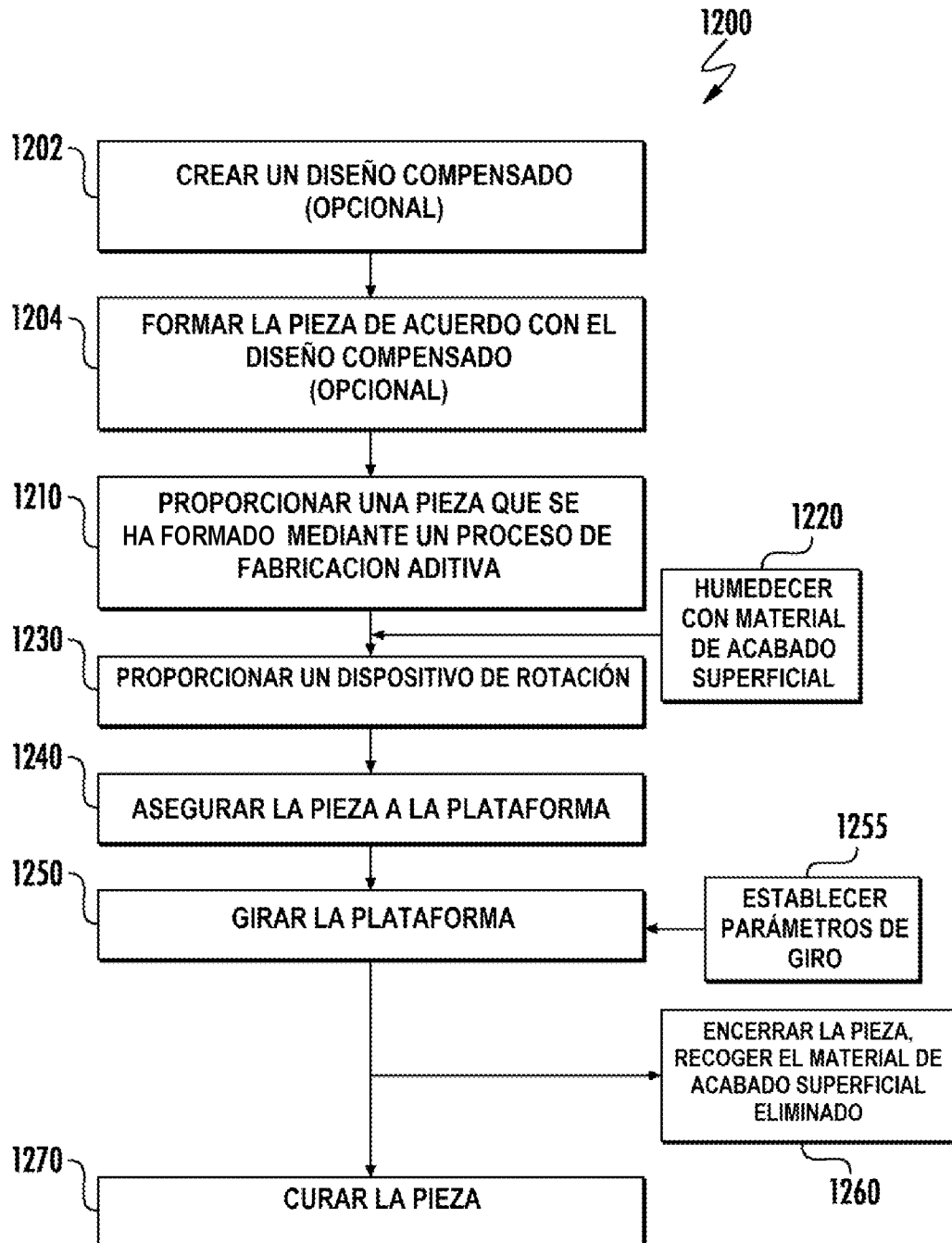


FIG. 12