

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 431**

51 Int. Cl.:
H05K 3/22 (2006.01)
H05K 3/12 (2006.01)
B29C 67/00 (2006.01)
B41M 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08750785 .1**
96 Fecha de presentación: **30.05.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2156715**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.02.2010**

54 Título: **Proceso y aparato de escritura directa y fabricación aditiva**

30 Prioridad:
01.06.2007 GB 0710415
01.06.2007 EP 07270028

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.07.2012

73 Titular/es:
BAE Systems PLC
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:
SIDHU, Jagjit y
MCDONALD, Jennifer Laura

74 Agente/Representante:
González Palmero, Fe

ES 2 385 431 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

Proceso y aparato de escritura directa y fabricación aditiva.

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a mejoras con relación a procesos de escritura directa y procesos de fabricación aditiva.

Antecedentes de la invención

10 El término escritura directa se usa normalmente para describir una gama de tecnologías que permite la fabricación de estructuras funcionales bi o tridimensionales usando procesos que son compatibles con llevarse a cabo directamente sobre formas complejas potencialmente grandes (DTI Report February 2004 "Direct Writing"). Técnicas de fabricación de escritura directa incluyen: inyección de tinta, micropulverización, pluma para escribir, bolígrafo, aerosol, evaporación con láser pulsado y grabado directo con láser. La escritura directa tiene la capacidad de fabricar dispositivos funcionales activos y pasivos directamente sobre piezas y conjuntos estructurales. Los beneficios de utilizar estas técnicas son funcionalidad aumentada, tamaño y peso reducidos, coste reducido, simplificación de diseño, reducción en número de componentes y una reducción en el tiempo de salida al mercado. En el campo de la industria aeroespacial, hay aplicaciones para la escritura directa tales como circuitos electrónicos, sensores, dispositivos de RF, pantallas, materiales de sigilo, metamateriales, empaquetado, sensores y cableados.

La fabricación aditiva es un término genérico usado para describir un proceso por el que se forman capas sucesivas de una estructura, dispositivo o mecanismo, y en el que en cada capa pueden formarse componentes tales como componentes de circuito eléctrico por un método de escritura directa. El término "aditiva" se usa para contrastar con procesos de fabricación convencionales tales como litografía, fresado, torneado, etc., en los que se retira o se extrae material de una capa u objeto sólido.

En general, en procesos de escritura directa y fabricación aditiva, los materiales de escritura o de impresión se denominan tintas, aunque la forma real del material puede comprender una amplia gama de polvos, suspensiones, yesos, coloides, solutos, vapores, etc., que pueden tener la capacidad de flujo de fluido y que pueden aplicarse en pastas, geles, pulverizadores, aerosoles, gotitas de líquido, flujos de líquido, etc. Una vez aplicado, el material puede fijarse mediante curado, consolidación, sinterización o dejando que se seque, lo que frecuentemente implica la aplicación de calor para cambiar el estado del material a una fase sólida. Para los propósitos de la presente memoria descriptiva, el término "tinta de escritura directa" pretende cubrir todos los materiales de este tipo.

El objeto o estructura (que puede ser un objeto tridimensional muy grande) sobre el que se realiza la deposición se denomina en la técnica mediante el término "sustrato", y éste es el sentido del término tal como se usa en la presente memoria descriptiva. La tinta depositada, una vez fijada sobre el sustrato, forma un componente o parte de una estructura que va a fabricarse.

Con casi todos los métodos de deposición usados para la escritura directa, tras la deposición las tintas deben curarse, consolidarse o sinterizarse. Hay tintas para las que esto puede realizarse con radiación óptica, pero para la mayoría de las tintas de alto rendimiento esto se realiza térmicamente colocando el sustrato en un horno. Este método tiene numerosas deficiencias:

- La temperatura de curado para las tintas se limita por la temperatura funcional del sustrato. Generalmente, cuanto más alta sea la temperatura a la que se curan las tintas, mejor será el rendimiento. Por tanto, el curado a una temperatura inferior limitada por el sustrato compromete el rendimiento de la tinta y limita la gama de tipos de tinta que pueden usarse.

- Puede haber otros elementos sobre el sustrato cuyo rendimiento se vería afectado por la temperatura elevada a la que estarían expuestos durante un ciclo de curado.

- Si el sustrato es grande puede no ser práctico colocarlo en el horno para el curado.

- Invariablemente, la impresión requiere múltiples capas de impresión y generalmente cada capa tiene que consolidarse térmicamente antes de la deposición de la capa posterior. Si esto se realiza colocando el sustrato en el horno después de que se haya imprimido cada capa, entonces puede haber problemas en la precisión de registro cuando el sustrato se mecaniza para la impresión. Garantizar un registro preciso después de cada etapa de curado en el horno también requiere un mecanizado complejo y costoso.

- Cuando se depositan múltiples capas, la extracción y la realineación posterior del sustrato para el curado en el horno es una etapa costosa y que lleva tiempo.

65 El documento US-A-2005/0015175 y el documento US-A-6405095 mencionan la posibilidad, entre otras posibilidades, de usar una bobina de inducción para efectuar la fijación. El documento US-A-4278702 da a conocer

las características de los preámbulos respectivos de las reivindicaciones 1 y 8.

La presente invención pretende superar o al menos reducir sustancialmente algunos de los inconvenientes comentados anteriormente.

5

Sumario de la invención

La invención supera la necesidad, en un proceso de escritura directa, de colocar un sustrato en un horno, curando térmicamente en cambio la tinta de escritura directa *in situ*. El curado se realiza en una realización preferida usando una bobina de inducción a través de la cual se pasa una corriente oscilante. La bobina se coloca por encima de la región que va a curarse. La corriente oscilante induce el movimiento de la carga (corrientes parásitas) en la región que va a curarse y la resistencia a este movimiento de la carga provoca el efecto Joule en el área afectada y por tanto el curado y sinterización de las tintas. La corriente requerida para el curado dependerá de las dimensiones del área que va a curarse y sus propiedades eléctricas y térmicas, y por tanto variará dependiendo de los detalles de la aplicación. Un problema con otros métodos de curado que pueden usar radiación localizada (tal como radiación por láser o lámpara) es que es difícil establecer cuándo se ha completado el curado o ciertamente cuál es el estado de las tintas que están curándose. Una ventaja adicional de esta invención, al menos en una realización preferida, es que puede haber un grado de autocontrol y monitorización de proceso inherente; a medida que avanza el curado, la resistencia de las tintas disminuye y así la tasa de curado puede disminuir. Este efecto puede monitorizarse y el curado puede ajustarse automáticamente a medida que avanza el curado.

La invención en una realización preferida incluye el uso de una bobina de inducción. Aunque el proceso es adecuado sobre todo para metales, puede usarse con tintas de escritura directa que forman plásticos y otros conductores o aislantes eléctricamente pobres sembrando las tintas con partículas conductoras tales como partículas de carbono o metálicas, o mediante un calentamiento secundario por el que el metal en el sustrato o una capa intermetálica se calienta mediante conducción y este calor se transfiere a la tinta aislante/de plástico. El proceso es adecuado para la escritura directa en la que las tintas se usan para imprimir materiales eléctricos y sensores, y en procesos de fabricación aditiva denominados a menudo ALM (fabricación aditiva por capas), prototipado rápido y fabricación rápida, en los que el polvo u otras tintas de escritura directa se usan para construir componentes estructurales capa por capa. Uno de los parámetros de control significativos es la altura de la bobina por encima de las características que van a curarse. Esto puede realizarse inherentemente monitorizando la capacitancia entre la bobina y la tinta que está curándose.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para formar un componente de una estructura sobre un sustrato que comprende aplicar una tinta sobre una región predeterminada de dicho sustrato en forma de al menos una línea; y situar medios de calentamiento inductivo adyacentes a dicha región que tiene dicha tinta aplicada, y pasar una corriente eléctrica a través de dichos medios de calentamiento inductivo para calentar dicha región mediante efectos inductivos electromagnéticos con el fin de fijar dicha tinta, en el que el flujo magnético producido por dichos medios de calentamiento inductivo tiene un diámetro efectivo en el sustrato generalmente igual a la anchura de dicha línea.

En un segundo aspecto, la invención se extiende a un proceso de fabricación aditiva para formar una estructura por medio de una pluralidad de capas depositadas sobre un sustrato, en el que al menos una capa en el proceso de fabricación se forma por medio del método del primer aspecto de la invención.

Ventajosamente, se ha encontrado que la presente invención tiene aplicación en procesos de fabricación aditiva en los que el sustrato es un componente estructural que tiene una superficie plana o que tiene una superficie conformada, por lo que quiere decirse una superficie curvada en dos direcciones. El calentamiento de la tinta de escritura directa aplicada a una superficie conformada por medio de una bobina de inducción permite la localización del calentamiento en la región en la que se ha aplicado la tinta, pero puesto que la bobina de inducción está separada del sustrato, la bobina puede seguir la forma no lineal de la superficie.

La invención también reside en un aparato para un proceso para formar un componente sobre un sustrato, que comprende: medios de deposición de tinta para aplicar una tinta sobre una región de un sustrato en forma de al menos una línea y medios de calentamiento inductivo para situarse de manera adyacente a dicha región para calentar dicha región mediante efectos inductivos electromagnéticos, con el fin de fijar dicha tinta, en el que el flujo magnético producido por dichos medios de calentamiento inductivo tiene un diámetro efectivo en el sustrato generalmente igual a la anchura de dicha línea.

El proceso puede ser un proceso de escritura directa y los componentes formados por tal proceso de escritura directa pueden ser normalmente pistas o líneas, que son largas en relación con su anchura y altura por encima del sustrato. Tales pistas o líneas pueden formar interconexiones eléctricas, componentes reactivos o resistivos eléctricos, o componentes pasivos tales como filtros. Cuando se requieren áreas de tinta depositada, por ejemplo pastillas de capacitancia rectangulares, éstas pueden formarse mediante deposición de un gran número de líneas paralelas, separadas estrechamente o que se tocan entre sí. Alternativamente, las líneas pueden distribuirse por una superficie de tal manera que proporcionan a la superficie características absorbentes y reflectoras electromagnéticas

deseadas.

5 En general, la anchura de las pistas formadas por un proceso de escritura directa depende de diversos factores, incluyendo características de sustrato y tinta inherentes tales como viscosidad, temperatura de escritura en superficie, así como los parámetros de proceso de presión, tamaño de boquilla, desviación entre punta y sustrato y velocidad de procesamiento.

10 En la práctica, la anchura de las pistas pueden ser menor de aproximadamente 5 mm, por ejemplo entre 3 y 5 mm. Sin embargo, la anchura puede disminuirse a cualquier valor deseado, dependiendo principalmente del diámetro de boquilla y la distancia de la boquilla desde el sustrato. Actualmente, puede preverse una anchura mínima de aproximadamente 50 micras.

15 Pueden construirse pistas conductoras a partir de una serie de pistas paralelas de anchura mucho menor. Por ejemplo, puede formarse una pista de 5 mm de ancho a partir de 5 pistas estrechas de 900 nm de ancho.

20 La anchura de una pista depositada mediante escritura directa es un parámetro clave para determinar la dimensión de una bobina de inducción para calentar la pista, puesto que el flujo magnético generado debe cubrir preferiblemente toda la anchura de la pista. Igualmente una bobina que produce flujo sustancial fuera de la anchura de la pista desperdiciará de energía y puede interferir con estructuras vecinas.

25 Por tanto, se prefiere proporcionar una bobina de inducción de diámetro pequeño, comparable a la anchura de pista. Si las pistas se forman como una serie de líneas paralelas, la bobina puede tener un diámetro comparable a la anchura de una línea individual. En una disposición preferida, una bobina cilíndrica está dispuesta verticalmente por encima de una pista para producir una fuerte densidad de flujo en su extremo adyacente a la pista. La bobina puede formarse en forma de U de manera que ambos extremos estén situados adyacentes a la pista. Pueden emplearse elementos de concentración de flujo tales como elementos de núcleo ferromagnético. Sin embargo, puede usarse cualquier forma o configuración de bobina que se desee, por ejemplo toroidal, plana.

30 La separación de la bobina por encima de la pista también se reconoce que es un factor clave, y puede desearse una separación de menos de aproximadamente 50 micras. Tal como se prefiere, se emplea un puente de capacitancias para detectar la separación.

35 La cantidad de calentamiento producido en la pista dependerá de la resistencia eléctrica de la tinta. Normalmente, las tintas tendrán una resistencia inicial $>100 \Omega/\text{m}$, pero a medida que el curado tiene lugar ésta disminuirá, y con condiciones de curado adecuadas puede reducirse a $<1 \Omega/\text{m}$. Las dimensiones de la pista (altura, anchura) de la tinta depositada también tendrán un efecto directo en la resistencia. Para interconexiones eléctricas, una resistencia de $3,5 \Omega/\text{m}$ es típica.

40 Las anteriores y adicionales características de la presente invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas y, conjuntamente con ventajas de la misma, serán más evidentes a partir de la consideración de la siguiente descripción detallada de un ejemplo y de realizaciones a modo de ejemplo de la invención dadas con referencia a los dibujos adjuntos.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra el principio de funcionamiento de la presente invención;

50 la figura 2 es un diagrama esquemático de un cabezal de impresión para un proceso de escritura directa que incorpora una bobina de calentamiento inductivo según una realización de la invención;

la figura 3 es un diagrama esquemático de un componente estructural curvado en dos direcciones y que tiene formados sobre el mismo componentes eléctricos mediante un proceso de fabricación aditiva que implementa la presente invención;

55 la figura 4 es un diagrama esquemático de un aparato que incorpora una bobina de calentamiento inductivo según otra realización de la invención; y

la tabla 1 es una tabla de resultados de mediciones de calentamiento por inducción usando el aparato de la figura 4.

60 **Descripción detallada de las realizaciones a modo de ejemplo y ejemplo**

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 1, se muestra un diagrama esquemático que muestra el principio de funcionamiento de la invención. Tal como se muestra en esta figura, la tinta 2 que va a curarse se deposita sobre un sustrato 4 (que puede ser plano o curvado). A continuación se realiza un barrido sobre la tinta 2 que va a curarse con una bobina 6 de inducción, siguiendo las características impresas/de deposición de la tinta. La separación 8 entre la tinta 2 y la bobina 6 y la velocidad de barrido se controlan para proporcionar un calentamiento óptimo. La

bobina 6 puede unirse a un cabezal de deposición de manera que siga automática e inmediatamente la deposición de manera que la deposición y el curado se realicen en una sola etapa. Alternativamente, la etapa de curado puede aislarse de la etapa de deposición y la bobina barre el área depositada independientemente del cabezal de deposición.

5 En referencia ahora a la figura 2, se muestra un diagrama esquemático de un cabezal de impresión para un proceso de escritura directa que incorpora una bobina de calentamiento inductivo según una realización de la invención. Esta realización corresponde ampliamente a la de la figura 1 y por tanto se usan números de referencia correspondientes para partes correspondientes. De manera similar, las partes correspondientes no se describen en detalle con el fin de evitar repetición. Tal como se muestra en la figura 2, la bobina 6 de inducción se forma como una bobina plana en un circuito impreso, y se fija al lado inferior de un cabezal 10 de deposición de un mecanismo de inyección de tinta de escritura directa. El cabezal 10 incluye una boquilla 12 para emitir una tinta de escritura directa (que puede estar en forma de vapor, partículas, chorro o extrusión de líquido). Una fuente 14 de corriente alterna está acoplada a la bobina 6, y un amperímetro 16 se usa para monitorizar la corriente a través de la bobina 6. Tal como se muestra, la separación 8 del cabezal 10 de impresión y la bobina 6 por encima de la tinta 2 tiene una capacitancia asociada C_h , que depende de la altura del cabezal. Este valor de capacitancia C_h se mide en un puente 18 de capacitancias, frente a una capacitancia de referencia C_R (tal como se muestra en la figura 2). Se emplea una tensión resultante V para ajustar la altura del cabezal mediante un mecanismo 20 adecuado. El valor de capacitancia C_h proporciona medios para monitorizar la altura del cabezal 10 para garantizar una deposición y calentamiento óptimos. La medición de la corriente de calentamiento proporciona medios para controlar el calentamiento global de la tinta depositada, tal como se indica esquemáticamente en 22, puesto que, a medida que la tinta cambia a una fase sólida, la impedancia de la tinta respecto al flujo de corriente cambiará y por tanto la corriente de calentamiento cambiará de manera correspondiente. Dependiendo de las características de línea y tinta precisas, la resistencia o reactancia de la línea de tinta puede disminuir (o aumentar).

25 En referencia a la figura 3, ésta muestra una estructura producida por un proceso de fabricación aditiva, en el que un sustrato 30 que comprende un componente tridimensional grande tiene una superficie conformada, curvada en dos direcciones. Se forma una estructura 32 electrónica sobre el sustrato (sólo mostrada en parte en la figura 3), que incluye un componente 34 de capa aislante formado directamente sobre la superficie, y un componente 36 de capa conductora formado sobre la capa aislante.

Los componentes 34 y 36 se forman en capas sucesivas, cada una mediante un proceso que incluye una etapa de escritura directa, usando el cabezal de impresión de la figura 2. Puesto que el cabezal de impresión está separado de la superficie del sustrato, la curvatura compleja de la superficie no interfiere ni con el proceso de deposición de tinta ni con el calentamiento y curado posterior de la tinta.

Ejemplo

Una "Smart Pump" (RTM) de nScript está especificada para dispensar líneas de hasta tan sólo 50 μm de ancho y sobre superficies conformadas en las que el ángulo del sustrato está por debajo de 30°. La resolución de pista teórica con un sistema de "microbolígrafo" es de 100 μm usando una punta de diámetro externo de 75 μm , aunque las líneas más estrechas producidas hasta la fecha son de aproximadamente 230 μm de ancho usando una punta de diámetro externo de 175 μm .

45 Para ayudar a la optimización de proceso y caracterización de materiales, se usa un dispensador digital DK118 de Intertronics, que es un sistema de jeringa de sobremesa que usa un regulador de presión sencillo para proporcionar flujo de material. La presión de salida puede establecerse desde 0,069 bar hasta 6,89 bar (de 1 Psi a 100 Psi) en aumentos de 69 mBar (1 Psi) y la característica de succión hacia atrás de cilindro impide que materiales de baja viscosidad goteen. Un orificio de E/S permite interconectar el dispensador con dispositivos externos. La resolución de esta técnica de dispensación se limita por el tamaño y tolerancia de las boquillas disponibles. Las boquillas tienen un cilindro de acero inoxidable y es el diámetro externo de éste el que indica la anchura de la pista. La anchura y altura de la pista pueden entonces adaptarse ventajosamente variando la desviación entre el sustrato y la boquilla o cambiando la velocidad de la plataforma de movimiento. De manera similar, la calidad de los inicios de las pistas puede mejorarse ajustando la sincronización entre el inicio de movimiento XY y el encendido de la presión.

55 La desviación entre la punta de escritura directa y el sustrato debe mantenerse durante la deposición ya que esto influye en las dimensiones de la pista. Si la punta está demasiado alta la tinta no fluirá sobre la superficie, y si está demasiado baja no fluirá nada de tinta y existe el peligro de dañar la punta. Normalmente, esta desviación es de entre 50 μm y 200 μm dependiendo de la anchura de la pista que está escribiéndose. Un sensor de desplazamiento láser Keyence LK081 está montado en la fase Z. Este sensor láser tiene una distancia de trabajo de 80 mm, un tamaño de punto de 70 μm , un alcance de medición de ± 15 mm y una resolución de ± 3 μm . La precisión de la información de altura proporcionada refleja la precisión de las fases de movimiento XY y Z así como la precisión del sensor de desplazamiento.

65 Se ha encontrado que este sistema funciona con un grado superior de precisión y control de lo esperado. La boquilla

más pequeña disponible para su uso con la jeringa de Intertronics tiene un diámetro externo de menos de 200 μm , por tanto la anchura de pista mínima que puede alcanzarse es de aproximadamente 200 μm . El dispensador digital tarda menos tiempo en optimizarse que la Smart Pump, lo que significa que es preferible a la Smart Pump en la que se requieren tamaños de característica más grandes.

5 Las tintas que pueden imprimirse por serigrafía adecuadas para escritura directa requieren un curado tras la deposición. La temperatura de curado oscila desde aproximadamente 80°C hasta 1000°C dependiendo de la composición de material y el proceso de curado. Hay tres tipos de composición de tinta. El primero consiste en partículas metálicas en una matriz de resina. Con el fin de formar una capa conductora las partículas metálicas deben fusionarse entre sí. Esto sólo puede lograrse a altas temperaturas a las que la resina se quema, dando lugar a una capa continua de metal. Este tipo puede soportar altas temperaturas funcionales y se usan normalmente para sensores de gas, pilas de combustible y conductores para bloques de accionador. En otras composiciones de tinta no se elimina la resina polimérica y son o bien termoendurecibles o bien termoplásticas. Las tintas termoplásticas no se curan, sino que el disolvente se hace desaparecer mediante calentamiento, dejando la resina polimérica en el aglutinante. La conductividad se debe a partículas metálicas o de carbono en la resina. Estas tintas no pueden soportar altas temperaturas funcionales debido a las altas temperaturas de transición vítrea de las resinas. Las resinas en tintas termoendurecibles experimentan una reticulación que reacciona bajo temperatura que las tintas termoplásticas.

10 La etapa de curado limita el alcance del proceso de escritura directa ya que muchos materiales de sustrato no pueden soportar las altas temperaturas de procesamiento. Además, el tamaño del horno limita la escala de la estructura que puede fabricarse usando la escritura directa. El propio proceso de escritura directa puede aplicarse a una amplia gama y escala de componentes estructurales, y por tanto sería ventajoso un método alternativo de curado.

20 El requisito de resistencia para interconexiones puede ser de 3,5 Ω/m a 20°C. Las tintas apropiadas para escritura directa sobre componentes estructurales generalmente tienen conductividades bajas; por tanto son necesarias pistas más grandes para proporcionar un rendimiento deseable. Debido a las grandes dimensiones de las pistas requeridas es más práctico usar el dispensador digital de Intertronics en vez de una Smart Pump de nScript. El sistema de nScript requiere experiencia considerable para determinar las condiciones de bomba óptimas para la entrega de tinta. El dispensador digital tarda menos tiempo en optimizarse y los grandes tamaños de boquilla disponibles significan que son necesarios menos pasadas para construir la anchura.

30 Con el fin de curar tales tintas mediante calentamiento inductivo, por eficacia, es necesario que el diámetro de la bobina sea similar a las pistas de escritura directa porque la eficacia de acoplamiento será proporcional al área de la pista superpuesta por la bobina. Entonces, al usar un ejemplo de una pista de 5 mm de ancho, es necesario que el diámetro de la bobina sea de ~5 mm. Obsérvese que puede ser más pequeño (por tanto proporcionar un mayor acoplamiento) pero esto requerirá múltiples pasadas para cubrir la anchura completa de las pistas de escritura directa. Esto puede ser útil cuando se emplean múltiples líneas delgadas para formar la pista, puesto que cada pasada puede cubrir una sola línea delgada. Otro parámetro clave tal como se reconoce por los inventores es la separación entre la bobina y la superficie de las pistas, encontrándose que el acoplamiento cae muy rápidamente con un aumento en esta separación. Sin embargo, esta pérdida debe minimizarse si la separación se mantiene a <50 micras; obsérvese que esto resulta posible ya que la escritura directa requiere mantener una separación de ~20-30 micras y esto se ha logrado por los inventores con éxito.

45 Como un ejemplo específico, basándose en el calentamiento de las pistas de escritura directa a 200°C, un 50% de eficacia de acoplamiento, movimiento de bobina de 1 mm/s, para pistas de plata de 30 micras de espesor, los inventores han encontrado que se requiere una bobina con una potencia eléctrica de ~150 W. Con una potencia más alta aumenta la tasa de procesamiento. En las realizaciones descritas, la bobina de inducción usada puede obtenerse de Cheltenham Induction Heating Limited de Saxon Way, Battledown Industrial Estate, Cheltenham, GL526RU Gloucestershire, Reino Unido (correo electrónico: sales@cihinduction.com, sitio web: www.cihinduction.com).

50 Haciendo referencia ahora a la figura 4, se muestra un diagrama esquemático de otro aparato 40 de cabezal de impresión para un proceso de escritura directa que incorpora una bobina de calentamiento inductivo según otra realización de la invención. Esta realización corresponde ampliamente a la de la figura 2 y por tanto se usan números de referencia correspondientes para partes correspondientes. De manera similar, las partes correspondientes no se describen en mayor detalle con el fin de evitar repetición. Tal como se muestra en la figura 4, el sistema de calentamiento incluye una bobina 6 de inducción, una fuente 14 de alimentación de RF y un enfriador 41 de agua. La fuente 14 de alimentación y el enfriador 41 de agua se conectan a la bobina 6. En esta realización la bobina es un hilo hueco de espira única de ~20 mm de diámetro y se dirige agua desde el enfriador 41 para que fluya a través de la bobina 6 para impedir que se sobrecaliente. En la figura, el componente que va a calentarse se coloca sobre el sistema 42 de movimiento de manera que se mueva en las direcciones x-y. La base para el componente es madera de manera que no contribuya, en uso, con ningún calentamiento por inducción indirectamente. La bobina 6 se sitúa normalmente ~2 mm desviada de la superficie de componente. Para efectuar el calentamiento, el componente se pone en movimiento y luego la bobina 6 de inducción se enciende.

Las muestras de prueba comprendieron pistas de escritura directa de plata impresas sobre alúmina, material compuesto de fibra de carbono y aluminio recubierto con imprimación. Las pistas fueron de diversas longitudes y anchuras, oscilando normalmente desde longitudes de 100 mm hasta 150 mm y desde anchuras de 2,5 mm hasta 5 mm respectivamente. El espesor de la pista usado fue normalmente de 20-30 μm . Como un indicador de temperatura, se colocó un líquido de indicación de temperatura (Tempilaq) en una pequeña sección de la pista de escritura directa; en uso, un cambio de color del líquido indicaba cuándo la temperatura había excedido 120°C (120°C es una temperatura típica de curado usada para las tintas termoendurecibles según la realización de la figura 4).

Se proporciona un resumen de los resultados obtenidos usando el aparato de la figura 4 con una bobina de inducción de Cheltenham Induction Heating en la tabla 1.

Tabla 1

| Referencia de muestra | Dimensiones (mm) | Condiciones de barrido | Resistencia inicial (Ω) | Resistencia final (Ω) |
|---------------------------|------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|
| JS230707/1 - Alúmina | 6 x 65 | Muestra de referencia curada en horno a 110°C durante 110 minutos. | | 0,5 – 0,55 |
| JS230707/1 - Alúmina | 6 x 65 | 5 mm/s, 600 W (209A), 370 kHz, 4 barridos. En el barrido final la temperatura superó los 120°C. | ~1 | ~0,64 |
| JS230707/1 - Alúmina | 6 x 65 | 10 mm/s, 600 W (209A), 370 kHz, 4 barridos. Barridos realizados consecutivamente por lo que la temperatura acumulada aumenta. | ~1 | 0,4 – 0,5 |
| JS230707/1 - Alúmina | 6 x 65 | 10 mm/s, 600 W, barridos 1-3 se dejó enfriar las muestras entre barridos, se observó una caída muy pequeña en temperatura. Barridos 4-5 enfriamiento conjunto y caída de la resistencia. | ~1 | ~0,6 |
| JS230707/1 - Alúmina | 6 x 65 | 0,5 mm/s, 200 W (127A) | ~1 | ~0,24 – 0,3 |
| Muestra CFC de referencia | 2,5 mm x 135 mm | Curado en el horno a 110°C durante 10 minutos. | | 0,45 |
| JS240707/1 | 2,5 mm x 135 mm | 0,5 mm/s, 150 W | 1 | ~0,4 |
| JS270707/4 | 2,5 mm x 135 mm | 5 barridos con potencia aumentada incrementalmente de 100 W a 500 W (los efectos a potencias más bajas fueron muy pequeños). | 1 | ~0,44 |

Estos resultados son por tanto los resultados de experimentos para averiguar los efectos del calentamiento por inducción. Estos resultados muestran que el calentamiento por inducción puede usarse eficazmente para curar pistas de escritura directa, tanto en materiales aislantes (alúmina) como en materiales conductores (CFC, Aluminio) con valores de resistencia del material curado compatibles con las muestras curadas en horno. Se encontró que los resultados con CFC fueron satisfactorios porque fue posible conseguir buena conducción sin ningún efecto visible en el CFC.

Mientras que las potencias usadas en este ejemplo son relativamente altas, debe apreciarse que los niveles de potencia pueden variarse, según sea apropiado, por ejemplo, una bobina con dimensiones adaptadas a las pistas debería requerir sólo una fracción de la potencia. Además, debe apreciarse que para bobinas más pequeñas no se requeriría enfriamiento de agua.

Además, el experto en la técnica apreciará que pueden realizarse modificaciones y variaciones a las realizaciones descritas anteriormente en el presente documento sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

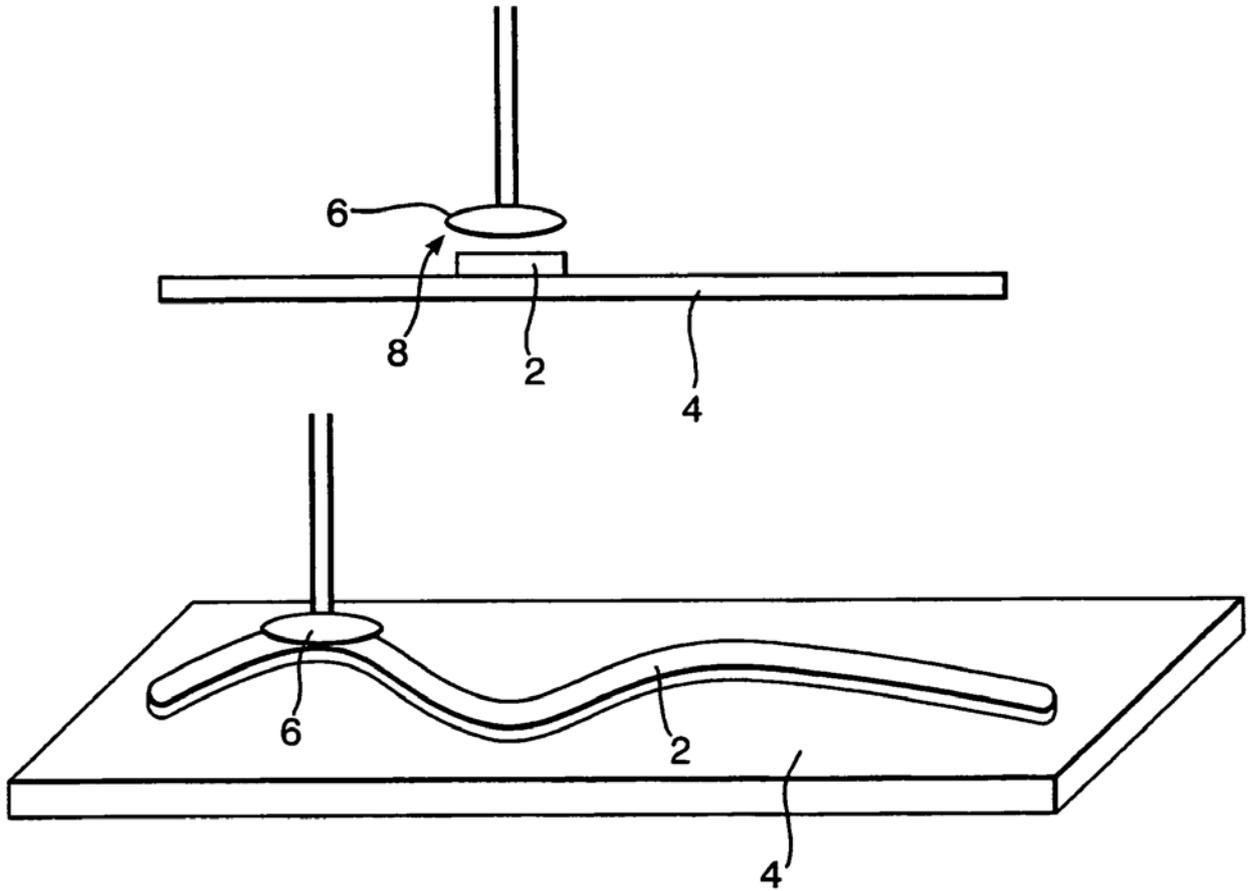
REIVINDICACIONES

1. Método para formar un componente de una estructura en un sustrato que comprende:

5 aplicar una tinta sobre una región predeterminada de dicho sustrato (4) en forma de al menos una línea (2);
y

10 situar medios (6) de calentamiento inductivo adyacentes a dicha región que tiene dicha tinta aplicada, y pasar una corriente eléctrica a través de dichos medios de calentamiento inductivo para calentar dicha región mediante efectos inductivos electromagnéticos, con el fin de fijar dicha tinta, caracterizado porque el flujo magnético producido por dichos medios de calentamiento inductivo tiene un diámetro efectivo en el sustrato generalmente igual a la anchura de dicha línea (2).
2. Método según la reivindicación 1, en el que los medios (6) de calentamiento inductivo están dispuesto para calentar uno o más de la tinta depositada (2), el sustrato (4) en dicha región y un componente adicional en dicha región.
3. Método según la reivindicación 2, en el que dicha tinta (2) se siembra con partículas conductoras tales como de carbono o metálicas suficientes para permitir el calentamiento por efectos inductivos electromagnéticos.
4. Método según la reivindicación 1, en el que la anchura de dicha línea (2) es menor de aproximadamente 5 mm, preferiblemente entre 3 mm y 5 mm.
5. Método según la reivindicación 4, en el que dicha línea (2) está formada por una pluralidad de líneas más delgadas, situadas una al lado de otra.
6. Método según la reivindicación 1, 4 ó 5, en el que dicha línea (2) forma una interconexión eléctrica.
7. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que el método es un método de escritura directa y la tinta es una tinta de escritura directa.
8. Proceso de fabricación aditiva para formar una estructura (32, 34, 36) por medio de una pluralidad de capas (34, 36) depositadas sobre un sustrato (30), en el que al menos una capa en el proceso de fabricación se forma por medio del método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Aparato para un proceso para formar un componente sobre un sustrato, comprendiendo el aparato medios (10, 12) de deposición de tinta para aplicar una tinta sobre una región de un sustrato (4) en forma de al menos una línea (2) y medios (6) de calentamiento inductivo para situarse de manera adyacente a dicha región para calentar dicha región mediante efectos inductivos electromagnéticos, con el fin de fijar dicha tinta, caracterizado porque el flujo magnético producido por dichos medios de calentamiento inductivo tiene un diámetro efectivo en el sustrato generalmente igual a la anchura de dicha línea.
10. Aparato según la reivindicación 9, en el que se predetermina la altura (8) de los medios (6) de calentamiento inductivo por encima de la tinta aplicada.
11. Aparato según la reivindicación 9 ó 10, en el que se proporciona una bobina (6) de calentamiento inductivo, separada de dichos medios (10) de deposición de tinta, para un calentamiento posterior de dicha región.
12. Aparato según la reivindicación 9 u 11, en el que dichos medios de calentamiento inductivo comprenden una bobina (10) de inducción cilíndrica que tiene un extremo para situarse por encima de dicha línea para proporcionar flujo magnético a la misma.
13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que el proceso es un proceso de escritura directa y la tinta es una tinta de escritura directa.

Fig.1.



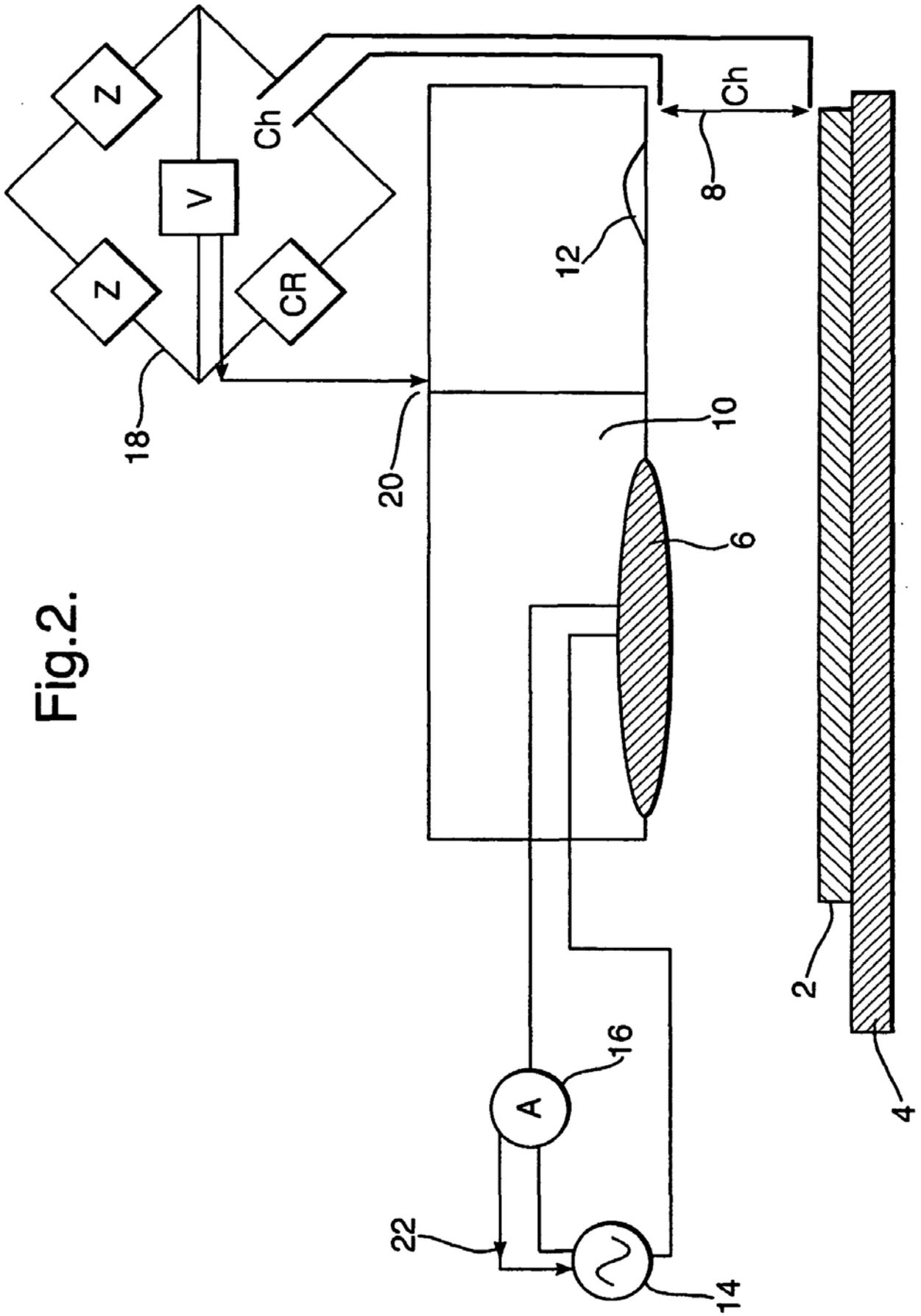


Fig.2.

Fig.3.

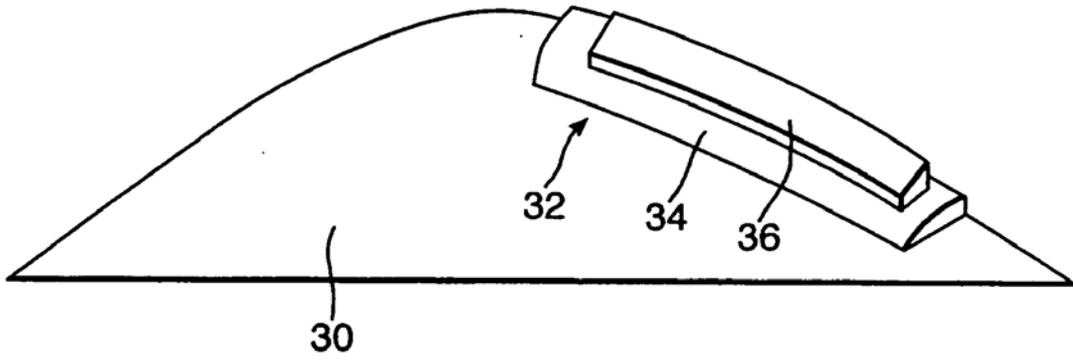


Fig.4.

