

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 867**

51 Int. Cl.:

B29C 67/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008 E 13160970 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2644362**

54 Título: **Método para reducir los artefactos de calidad de imagen en la impresión tridimensional**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.07.2016

73 Titular/es:

**AGFA GRAPHICS NV (100.0%)
Septestraat 27
2640 Mortsel, BE**

72 Inventor/es:

**GULLENTOPS, CHRIS y
LENDERS, RUDI**

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

ES 2 575 867 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

Método para reducir los artefactos de calidad de imagen en la impresión tridimensional

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención hace referencia a métodos para imprimir objetos tridimensionales, por ejemplo mediante impresión por inyección de tinta. Este método resulta especialmente adecuado en aquellos casos en los que el objeto tridimensional es una matriz de impresión en relieve, tal como un manguito o una matriz de impresión flexográfica. El método consiste en calcular primero un conjunto de capas de imagen y construir la matriz de impresión mediante la impresión de dichas capas unas encima de otras.

La invención hace referencia, específicamente, a los métodos para reducir defectos de calidad de impresión tales como defectos de saltos en los degradados y estriación relacionados con las boquillas individuales de un cabezal de impresión y que pueden producirse cuando las capas intermedias se imprimen unas encima de otras. Los ejemplos anteriores de tales métodos se denominan normalmente métodos de solapamiento parcial o de entrelazado.

La presente invención también hace referencia a un aparato de impresión correspondiente para crear el objeto tridimensional.

20 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La impresión tridimensional es un método para crear objetos tridimensionales depositando o formando finas capas de material sucesivamente una encima de la otra hasta construir la estructura tridimensional deseada. En ocasiones se denomina "Fabricación y prototipado rápido" (o RP&M, por sus siglas en inglés).

Se han ideado varios métodos para crear las capas finas.

Una técnica emplea un baño de material líquido polimerizable. Una capa delgada superior del líquido se reticula o endurece de algún modo, por ejemplo, mediante una luz láser en un patrón igual a una sección transversal del objeto que ha de obtenerse. El foco láser se desplaza por la superficie conforme a una representación digital de la sección transversal pertinente. Tras completar una capa, se eleva el nivel del líquido sobre una pequeña distancia y se repite el proceso. Cada capa polimerizada deberá ser lo suficientemente estable para sostener la siguiente capa.

En otra técnica, se espolvorea polvo sobre un sustrato y se fusiona de algún modo dicho polvo, por ejemplo, endureciendo o calentando selectivamente el polvo, conforme a una sección transversal del objeto que se va a formar.

En otro método, se deposita material endurecible o reticulable en forma de gotas depositadas en un patrón conforme a la sección transversal del objeto que se ha de formar.

Otro método más consiste en dispensar gotas de material fundido a una temperatura alta, que se solidifica al entrar en contacto con la pieza de trabajo a temperatura más baja.

Puede consultarse más información sobre prototipado rápido, impresión tridimensional, fabricación de aditivos, estampación y fabricación rápida en el informe Wohlers Report 2008, editado y publicado por Wohlers Associates, Inc., OakRidge Business Park 1511 River Oak Drive in Fort Collins, Colorado 80525, EE. UU.

Las planchas de impresión (también denominadas matrices de impresión o formas impresoras) suelen fabricarse mediante una combinación de exposición de la imagen mediante un láser o fuente de luz, seguida de un paso de revelado químico o físico. Dichas planchas se emplean en diversos métodos de impresión, tales como la impresión flexográfica, tipografía, offset o huecograbado.

La impresión flexográfica o flexografía es un proceso de impresión en el que una matriz de impresión cilíndrica y flexible transfiere una tinta de secado rápido del rodillo anilox al sustrato imprimible. La matriz de impresión puede ser una plancha flexible montada sobre un cilindro, o bien un manguito cilíndrico.

Las planchas de impresión flexográfica poseen las características que definen la imagen que se vaya a imprimir en relieve, lo cual significa que el área de impresión con tinta es más elevada que el área de impresión sin tinta. Una ventaja de la impresión flexográfica es que puede imprimirse de esta manera casi cualquier tipo de material que pueda pasar por una prensa rotativa, incluso materiales con superficies duras tales como el cartón de fibra corrugado, las películas de plástico e incluso las láminas de metal.

En la solicitud de patente europea con número de publicación EP 1 428 666, presentada por Verhoest *et al.*, en la que se divulgan las características de los preámbulos respectivos de las reivindicaciones 1 y 8, se explica cómo fabricar una plancha de impresión flexográfica con la ayuda de un dispositivo de inyección de tinta. La plancha se

forma al aplicar al menos dos capas de tinta polimerizable sobre un sustrato mediante una impresora de inyección de tinta. Entre la aplicación de la primera capa y la segunda capa, se inmoviliza la primera capa iniciando la polimerización de la tinta mediante una fuente de UV.

5 Debido a las tolerancias de fabricación, el volumen, la velocidad y la dirección de las gotitas de tinta expulsadas por las bocas de un cabezal de impresión de inyección de tinta pueden variar ligeramente entre las boquillas individuales. Es de sobra sabido que en la impresión bidimensional, a falta de medidas compensatorias, ello ocasiona defectos de calidad de imagen tales como saltos en los degradados y estriación relacionados con boquillas individuales.

10 En la impresión bidimensional, dichos defectos de saltos en los degradados y estriación son eliminados efectivamente mediante técnicas de entrelazado y de solapamiento parcial. Una de dichas técnicas se describe, por ejemplo, en la patente US 6,679,583 asignada a Agfa-Graphics NV. Según lo descrito en esta patente, los píxeles de una única fila o columna de la imagen se imprimen mediante boquillas diferentes. Por consiguiente, los efectos de variación de las boquillas individuales se esparcen en el espacio y, por tanto, son menos perceptibles, lo cual elimina la visibilidad de los defectos de saltos en los degradados y de estriación.

15 Las técnicas de solapamiento parcial y entrelazado que se describen en la técnica anterior también pueden utilizarse para eliminar los defectos de saltos en los degradados y estriación en la impresión tridimensional. En dicho caso, se imprime una nueva capa intermedia encima de la capa intermedia anterior, y cada capa se imprime mediante solapamiento parcial y entrelazado.

20 Para imprimir con el mejor rendimiento, es preciso que la capa superior de las planchas de impresión flexográfica o manguitos sea plana y uniforme. Además, es preciso que las cualidades mecánicas tales como la fuerza, la resistencia y la elasticidad de la matriz de impresión sean isotrópicas.

25 Se descubrió que las técnicas de solapamiento parcial y de entrelazado descritas anteriormente no siempre tienen como resultado el grado deseado de planicidad y uniformidad, lo cual se traduce en una apariencia moteada de la imagen impresa con tal plancha de impresión flexográfica.

30 De ello se deduce que hace falta una solución que mejore la uniformidad y la planicidad de la capa superior de una plancha de impresión flexográfica creada mediante impresión tridimensional. En general, hace falta mejorar la uniformidad de los objetos tridimensionales creados mediante impresión apilada de las capas intermedias.

35 Un problema adicional de una técnica anterior para crear una matriz de impresión flexográfica radica en que las propiedades mecánicas son insuficientemente isotrópicas.

40 Por ejemplo, la adhesión entre las sucesivas capas intermedias que componen una matriz de impresión puede no ser óptima.

45 Por consiguiente, hace falta un método que mejore la isotropía de las características mecánicas de una matriz de impresión flexográfica que vaya a crearse mediante un sistema de inyección de tinta.

RESUMEN DE LA INVENCION

50 Según la invención, una imagen tridimensional de la matriz de impresión en relieve (como, por ejemplo, una plancha de impresión o un manguito de impresión) se representa en las dimensiones "x", "y" y "z". La dimensión "x" corresponde a la orientación de barrido rápido de un dispositivo de impresión. La dimensión "y", por su parte, corresponde a la orientación de barrido lento. Finalmente, la dimensión "z" corresponde a la orientación de las características de relieve de la matriz de impresión.

La imagen tridimensional se subdivide en una capa superior y varias capas intermedias de soporte paralelas a las dimensiones "x" e "y".

55 Las capas se imprimen de forma que al menos dos píxeles adyacentes en la dimensión "z" se imprimen con diferentes boquillas. Con ello se logra que los defectos de calidad de imagen relacionados con una boquilla específica se dispersen espacialmente en la dimensión "z". Dicha difusión espacial mejora la uniformidad y planicidad de la capa superior de la matriz de impresión en relieve.

60 En la realización preferida, los defectos de calidad de imagen relacionados con una boquilla específica se suprimen también en las dimensiones "x" e "y" evitando que los píxeles adyacentes a lo largo la dimensión "x" e "y" se impriman con la misma boquilla. Así también se eliminan los defectos de calidad de imagen relacionados en las dimensiones "x" e "y".

65 Según una realización preferida, se utilizan diferentes conjuntos de boquillas del mismo cabezal de impresión para imprimir varias capas de imagen intermedias de la matriz de impresión. Por ejemplo, las gotitas de tinta de una capa

intermedia inferior se imprimen con un primer conjunto de boquillas en una primera ubicación de la matriz de impresión y se curan parcialmente. Al mismo tiempo, mediante un segundo conjunto de boquillas del mismo cabezal de impresión en una segunda ubicación se imprimen las gotitas de tinta de una capa intermedia superior encima de los píxeles de la capa intermedia inferior ya imprimida y parcialmente curada.

5 La impresión de gotitas de tinta de una capa superior encima de una matriz de gotitas correspondiente a una capa inferior parcialmente curada mejora considerablemente la cohesión entre capas y la isotropía de las características mecánicas de la estructura tridimensional impresa resultante.

10 En una realización preferida, el método se lleva a cabo mediante una impresora de inyección de tinta en la que el movimiento de barrido rápido del cabezal de impresión con respecto al sustrato impreso se consigue mediante un tambor rotatorio, mientras que el movimiento de barrido lento se logra al desplazar el cabezal de impresión en un movimiento continuo y paralelo al eje del tambor. De esta manera, las boquillas del cabezal de impresión describen una trayectoria espiral continua relativa al sustrato imprimido. Dicha trayectoria continua permite imprimir un manguito sin juntas en un único proceso continuo.

15 Los efectos beneficiosos mencionados anteriormente se consiguen mediante un método que posea las características específicas indicadas en la reivindicación 1. Las características específicas de las realizaciones preferidas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes. Otras ventajas y realizaciones de la presente invención se harán evidentes en la descripción y dibujos siguientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 FIG. 1 representa un objeto de imagen de semitonos, un objeto textual y un objeto gráfico.

La FIG. 2 muestra la sección transversal de una matriz de impresión en relieve creada mediante una realización preferida de la presente invención.

30 La FIG. 3 representa una vista en perspectiva de una matriz de impresión en relieve creada mediante un método preferido según la presente invención para imprimir una imagen (310), un objeto gráfico (320) y un objeto textual (330).

35 La FIG. 4 representa el uso de un operador topográfico T para crear una imagen cuyos valores de densidad se correspondan con la altura en la dimensión "z" de la matriz de impresión en relieve.

La FIG. 5 muestra una primera realización de un aparato para crear una matriz de impresión en relieve según la presente invención.

40 La FIG. 6 muestra una segunda realización de un aparato para crear una matriz de impresión en relieve según la presente invención.

La FIG. 7 muestra una variación de la segunda realización, en la que se reemplaza una plancha de impresión por un manguito de impresión.

45 La FIG. 8 muestra cómo se construye una sola capa de la matriz de impresión en relieve repitiendo una secuencia de impresión de una banda de píxeles, seguida de un desplazamiento del cabezal de impresión en una dimensión de barrido lento.

50 La FIG. 9 se corresponde con la FIG. 8, pero muestra cómo se construyen múltiples capas una encima de la otra para crear una matriz de impresión.

La FIG. 10 muestra un esquema de orden para rellenar un paquete de píxeles en una capa intermedia.

55 La FIG. 11 ilustra un método según una realización de la presente invención para construir una primera capa intermedia durante la primera y la segunda revolución del tambor en el aparato representado en la FIG. 7

La FIG. 12 muestra cómo se construye la primera capa intermedia durante la octava y novena revolución del tambor y durante el principio de la décima revolución.

60 En la FIG. 13A a la FIG. 13J se muestra la reconstrucción de una matriz de impresión flexográfica sin juntas, según una realización preferida de la presente invención, durante las siguientes revoluciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

65 Los dibujos de las figuras se incluyen únicamente a título explicativo. Los distintos elementos que aparecen en los dibujos no se han reproducido necesariamente mediante escalas consistentes.

Matriz de impresión

5 En la realización preferida de la presente invención, la matriz de impresión es positiva, como por ejemplo una matriz de impresión flexográfica creada con una impresora de inyección de tinta.

Opcionalmente, puede tratarse de una matriz de impresión negativa, en cuyo caso la tinta se acumula en las hendiduras de una superficie. Un ejemplo de ello es la matriz de impresión de huecograbado.

10 La FIG. 2 representa la sección transversal de una matriz de impresión creada mediante un sistema según la presente invención.

La FIG. 3 representa una vista en perspectiva de la matriz de impresión en relieve que comprende una imagen tramada (310), un objeto gráfico (320) y un objeto textual (330).

15

Soportes para impresión flexográfica

20 Puede distinguirse entre dos formas de soportes para impresión flexográfica (200): una forma laminar y una forma cilíndrica (manguito). Si la matriz de impresión se crea con una forma laminar sobre un dispositivo de inyección de tinta plano (como el que se muestra en la FIG. 5), el montaje de la forma laminar sobre un manguito introduce distorsiones mecánicas que aparecen en la imagen impresa a modo de distorsión anamórfica. Dicha distorsión se compensa, preferiblemente, mediante una compensación anamórfica previa realizada en un paso del procesamiento de la imagen anterior al tramado.

25 El problema de la distorsión geométrica se evita totalmente creando la matriz de impresión sobre un manguito, bien sea sobre una forma laminar montada sobre el manguito o directamente sobre dicho manguito, como por ejemplo un manguito sin juntas. De esta manera, las formas de manguito proporcionan una mayor precisión de registro y un tiempo de cambio sobre la prensa más rápido. Es más, los manguitos resultan óptimos para ser instalados en impresoras de inyección de tinta que dispongan de un tambor rotativo. En la FIG. 2, un soporte (200) proporciona la solidez y la estabilidad dimensional necesaria para manejar y montar la matriz de impresión. Los manguitos sin juntas pueden emplearse para la impresión flexográfica de diseños continuos tales como papel de empapelar, adornos, papel para envolver regalos y envoltorios.

30

35 Tal y como se emplea en las realizaciones preferidas de la presente invención, el término "soporte para impresión flexográfica" engloba dos tipos de soporte:

- 1) un soporte sin capas elastoméricas en su superficie; y
- 2) un soporte con una o más capas elastoméricas en su superficie.

40 En una realización preferida, el soporte para impresión flexográfica consiste en un manguito, que engloba un manguito básico y un manguito de impresión flexográfica.

45 El término "manguito básico" hace referencia a un manguito sin capas elastoméricas en su superficie exterior, mientras que al hablar de "manguito de impresión flexográfica" nos referimos a un manguito básico con una o más capas elastoméricas en su superficie exterior.

Aunque se enumera a continuación el tipo de materiales, los espesores de pared, etc. correspondientes a los manguitos, puede utilizarse el mismo tipo de materiales, espesores de pared, etc. en los soportes para impresión flexográfica con forma laminar.

50

Manguitos básicos

55 El manguito básico puede ser de cualquier material que se utilice tradicionalmente para preparar matrices de impresión flexográfica. Para obtener unos buenos resultados de impresión, se requiere un soporte que sea dimensionalmente estable. Los manguitos básicos, también denominados habitualmente bases de manguito, se componen habitualmente de compuestos tales como las resinas epoxi o de poliéster reforzadas con mallas de fibra de vidrio o de fibra de carbono. También pueden emplearse metales, tales como el acero, el aluminio, el cobre y el níquel, y superficies de poliuretano duras (por ejemplo, durómetro 75 Shore D)

60 El manguito puede obtenerse a partir de una sola capa o de múltiples capas de material flexible, tal y como, por ejemplo, se describe en **US 2002466668** (ROSSINI). Los manguitos flexibles de películas poliméricas pueden ser transparentes a la radiación ultravioleta y, por tanto, admiten la exposición flash a través del soporte a la hora de formar un suelo en el elemento de impresión cilíndrico. Los manguitos multicapa pueden incluir una capa o cinta adhesiva entre las capas de material flexible. Se prefiere un manguito multicapa, tal y como se describe en **US 5301610** (DUPONT). El manguito también puede estar hecho de materiales no transparentes que bloqueen la radiación actínica, tales como el níquel o la resina epoxi reforzada con fibra de vidrio.

65

El espesor de pared de estas bases de manguito varía en función del tipo de tubo y del número de capas de malla aplicadas. El manguito presenta normalmente un espesor de pared entre 0,1 y 1,5 mm para manguitos delgados y de 2 mm a hasta 100 mm para otros manguitos.

5 Para manguitos gruesos se emplean a menudo combinaciones de una superficie de poliuretano dura con una espuma de poliuretano de baja densidad como capa intermedia combinada con un núcleo de material compuesto reforzado con fibra de vidrio, así como manguitos con una superficie muy compresible presente sobre una base de manguito.

10 Las bases de manguito pueden ser cónicas o cilíndricas en función de la aplicación específica. Las bases de manguito cilíndricas se emplean ante todo en la impresión flexográfica.

15 A medida que han aumentado las velocidades de prensa, el rebote de la prensa se ha convertido en un problema cada vez más habitual. Se han desarrollado varios enfoques para reducir el rebote de la prensa, incluyendo el uso de manguitos amortiguados. Los manguitos adoptan distintas configuraciones, por ejemplo, con un núcleo o superficie duro o compresible, con espesores de pared variables.

20 El manguito básico o manguito de impresión flexográfica se estabiliza al encajarlo sobre un mandril de rodillo de acero denominado husillo de aire o cilindro de aire. Los husillos de aire son núcleos de acero huecos que pueden presurizarse con aire comprimido a través de una entrada roscada en la pared de chapa extrema. Unos pequeños orificios practicados en la pared cilíndrica sirven de salidas de aire. La introducción de aire a alta presión le permite flotar sobre un colchón de aire hasta llegar a su sitio. Ciertos manguitos delgados sufren además una ligera expansión debido a la aplicación de aire comprimido, lo que facilita el movimiento de deslizamiento del manguito sobre el mandril de rodillo.

25 Para "salvar" la diferencia en diámetro entre el cilindro de aire y un manguito de impresión flexográfica que contiene el relieve de impresión se emplean manguitos adaptadores o puente esponjados. El diámetro de un manguito depende de la longitud de repetición requerida del trabajo de impresión.

30 Manguitos de impresión flexográfica

Un manguito de impresión flexográfica es un manguito básico dotado de una o más capas elastoméricas. Las capas elastoméricas pueden ser de cualquier material que se utilice tradicionalmente para preparar matrices de impresión flexográfica. Las capas elastoméricas son, preferiblemente, capas de fotopolímero parcial o completamente curadas, pero también pueden ser capas de caucho o de poliuretano. También se puede usar un precursor de forma impresora flexográfica por exposición UV convencional parcialmente o totalmente curado como manguito de impresión flexográfica. Existe una gran variedad de tales precursores de formas impresoras flexográficas convencionales disponible en el mercado.

35 Es posible formar un relieve de impresión sobre el manguito de impresión flexográfica de varias maneras. En una realización preferida, el relieve se forma mediante impresión por inyección de tinta sobre una o más capas elastoméricas ya presentes como "suelo elastomérico". En este, las una o más capas elastoméricas son preferiblemente capas parcialmente curadas para mejorar la adhesión del relieve que se ha proyectado sobre las capas elastoméricas. Alternativamente, el suelo elastomérico también puede aplicarse a la superficie del manguito básico mediante impresión por inyección de tinta.

En otra realización, las capas elastoméricas están completamente curadas y el relieve se forma por grabado láser.

40 En el grabado láser, las capas elastoméricas de distinta dureza pueden utilizarse para obtener la dureza deseada.

En otra realización preferida, el manguito de impresión flexográfica se prepara mediante un método de recubrimiento, tal y como se describe en **WO 2008/034810** (AGFA GRAPHICS).

45 Distintos tipos de aplicaciones de impresión requieren formas impresoras flexográficas con distintos grados de dureza. Las formas impresoras flexográficas más blandas son más indicadas para sustratos rugosos porque pueden cubrir mejor los picos y valles. Las formas impresoras flexográficas más duras se emplean para sustratos uniformes y lisos. La dureza óptima de una forma impresora flexográfica depende asimismo de si la imagen tiene sólidos o semitonos. Las formas impresoras flexográficas más blandas transfieren la tinta mejor en zonas sólidas, aunque las formas impresoras flexográficas más duras presentan una menor ganancia de punto. La dureza es una medida de las propiedades mecánicas de la forma impresora, que se mide en grados Shore A. Por ejemplo, la impresión sobre cartón ondulado precisa normalmente 35° Shore A de dureza, mientras que una dureza de 65° a 75° Shore A es lo normal en rotativas de bobina.

50 En función del sustrato sobre el que se vaya a imprimir habrá que ajustar la dureza y el espesor de la forma impresora flexográfica controlando la cantidad de líquido curable imprimido, así como su composición y grado de

curado. Dependiendo de la aplicación, la profundidad del relieve oscila entre 0,2 y 4 mm, preferiblemente de 0,4 a 2 mm.

En la realización preferida de la presente invención, se aplica un relieve mediante impresión por inyección de tinta inyectando sobre un soporte capas sucesivas de líquido curable por radiación mediante impresión de inyección de tinta, por medio del cual se inmoviliza una capa aplicada preferiblemente mediante un proceso de curado antes de aplicar la siguiente capa. El curado no ha de ser necesariamente un curado completo, sino que puede ser parcial. Opcionalmente, algunas de las capas no se curan justo después de proyectarlas, sino después de proyectar una capa posterior. En una realización preferida, cada capa aplicada se inmoviliza mediante el medio de curado antes de aplicar la siguiente capa.

En la presente invención del método para fabricar una matriz de impresión flexográfica, el relieve incluye el denominado "relieve mesa", tal y como muestra la matriz de impresión flexográfica (250) de la Figura 2. El conjunto de todas las capas (212) define un "relieve mesa". Dicho relieve mesa solo está presente en aquellas partes de la matriz de impresión flexográfica que comprenden características tales como texto, gráficos e imágenes tramadas. En zonas extensas en las que dichas características no están presentes, no existe un relieve mesa.

Un relieve mesa posee, preferiblemente, una altura (242) comprendida entre los 50 µm y 1 mm: por ejemplo, 0,5 mm.

Las capas 210, 211 y 212 de la Figura 2 definen el relieve de impresión real de la matriz de impresión flexográfica. Las capas 210 y 211 de la Figura 2 definen el relieve de la imagen. La capa superior (230) se corresponde con un mapa de bits tramado que define la imagen que va a imprimir la matriz de impresión. Preferiblemente, el tamaño y la forma de las capas 210 son idénticos a los de la capa superior 230, y producen una pendiente de relieve vertical y definen un "segmento de sombrero de copa". Dicho "sombrero" puede tener una altura (240) comprendida entre los 10 µm y los 500 µm, y preferiblemente entre 20 µm y 200 µm. Una pendiente de relieve vertical para un segmento en forma de sombrero de copa presenta la ventaja de que el área de impresión (230) no varía durante la impresión, incluso cuando se producen cambios de tensión entre la matriz de impresión y el rodillo de anilox o entre la matriz de impresión y el sustrato imprimible, o cuando la matriz de impresión se desgasta.

Las capas intermedias 211, que en conjunto forman un segmento inclinado, se imprimen preferiblemente en una pendiente que posea un ángulo (235) inferior a los 90 grados. El ángulo puede estar comprendido entre los 25 y los 75 grados, preferiblemente entre los 40 y los 60 grados (por ejemplo, 50 grados). Puede controlarse dicho ángulo (235) regulando la altura (241) de las capas individuales, su número y la diferencia de tamaño entre las capas posteriores.

Utilizar un ángulo de inclinación menor (235) presenta la ventaja de que las estructuras pequeñas en la matriz de impresión sufrirán menos arrugas. La altura total (241) de las capas intermedias (211), por ejemplo, puede estar comprendida entre 30 µm y 700 µm, preferiblemente entre 50 µm y 250 µm.

En una realización más preferida de la presente invención, las capas intermedias 210, 211 y 212 se imprimen mediante múltiples pasadas utilizando una impresora de inyección de tinta que eyecte un líquido curable por radiación en combinación con un proceso de curado. Cada capa intermedia se solidifica mediante un medio de curado inmediatamente después de su impresión. En especial, la capa superior (232) del relieve mesa se cura, preferiblemente, solo parcialmente para garantizar una buena adhesión con las capas intermedias interiores (231) del segmento inclinado (211). Opcionalmente, una vez imprimidas todas las capas se realiza un último paso de curado para endurecerlas aún más.

Preferiblemente, el relieve mesa se imprime sobre un suelo de soporte elastomérico (220) que proporcione la resistencia necesaria a la matriz de impresión flexográfica. Un suelo elastomérico así puede obtenerse, por ejemplo, pulverizando o eyectando una capa de líquido curable por radiación sobre el soporte y curando las capas mediante una fuente de curado por UV. Preferiblemente, la altura (243) de un suelo elastomérico (220) está comprendida entre 0,3 mm y 2 mm.

El propio suelo elastomérico (220) puede sostenerse mediante un soporte (200). Un soporte (200) de una forma laminar normalmente tiene una altura (244) comprendida entre 0,005 cm y 0,127 cm. La altura preferida (244) para la forma laminar es de 0,007 cm a 0,040 cm. Normalmente, la forma de manguito presenta una altura de pared (244) de 0,1 mm a 1 mm para manguitos delgados y de 1 mm hasta 100 mm para otros manguitos. La selección de la altura (244) depende de la aplicación.

Composición líquida curable (tinta)

La tinta utilizada para imprimir las capas intermedias 210, 211 y 212 es un líquido curable por radiación actínica, que puede ser una luz UV, IR o visible. Preferiblemente, el líquido curable por radiación es un líquido curable por UV.

El líquido curable por radiación contiene, preferiblemente, al menos un fotoiniciador y un compuesto polimerizable. El

compuesto polimerizable puede ser un monómero monofuncional o polifuncional, un oligómero, un prepolímero o una combinación de estos.

5 El líquido curable por radiación puede ser un líquido curable catiónico, pero preferiblemente se trata de un líquido curable por radicales libres.

10 Preferiblemente, el líquido curable por radicales libres contiene sustancialmente acrilatos en vez de metacrilatos para obtener una gran flexibilidad en la capa aplicada. Además, la funcionalidad del compuesto polimerizable desempeña un papel fundamental en la flexibilidad de la capa aplicada. Preferiblemente, se emplea una cantidad considerable de monómeros monofuncionales y oligómeros.

En una realización preferida de la presente invención, el líquido curable por radiación incluye:

15 a) un fotoiniciador; y
b) un compuesto polimerizable seleccionado de entre el grupo que consiste en lauril acrilato, diacrilato de polietilenglicol, dimetacrilato de polietilenglicol, acrilato de 2-(2-etoxietoxi) etilo, acrilato de 2-fenoxietilo, metacrilato de 2-fenoxietilo, diacrilato de neopentilglicol propoxilado, diacrilato de hexanediol alcoxilado, isobornilacrilato, acrilato de isodecilo, diacrilato de hexano diol, acrilato de caprolacton y acrilatos de uretano.

20 En una realización más preferida de la presente invención, el líquido curable por radiación incluye un acrilato de uretano alifático. Los acrilatos de uretano de tipo aromático son menos preferibles.

25 En una realización aún más preferida, el acrilato de uretano es un monoacrilato de uretano. Ejemplos comerciales son Genomer™ 1122 y Ebecryl™ 1039.

La flexibilidad de un determinado acrilato de uretano puede mejorarse aumentando el peso molecular lineal entre enlaces reticulados. Se prefieren más por su flexibilidad los acrilatos de uretano de tipo poliéter que los acrilatos de uretano de tipo poliéster.

30 Preferiblemente, el líquido curable por radiación no incluye acrilatos de poliéter modificados con amina, ya que reducen la flexibilidad de la capa curada.

35 Preferiblemente, en el líquido curable por radiación está presente un elastómero para mejorar las propiedades flexográficas deseadas, tales como la flexibilidad y el alargamiento de rotura.

El líquido curable por radiación puede contener un inhibidor de polimerización para evitar la polimerización por calor o por radiación actínica.

40 El líquido curable por radiación puede contener al menos un tensioactivo para controlar la propagación del líquido.

El líquido curable por radiación puede contener, además, al menos un colorante para aumentar el contraste de la imagen en la matriz de impresión flexográfica.

45 Asimismo, el líquido curable por radiación puede contener al menos un oligómero o un monómero funcionalizados con ácido.

50 Preferiblemente, el líquido curable por radiación posee una viscosidad a una velocidad de cizallamiento de 100 s⁻¹ y a una temperatura comprendida entre 15 °C y 70 °C de no más de 100 mPa.s, preferiblemente inferior a 50 mPa.s, y más preferiblemente inferior a 15 mPa.s.

* Monómeros monofuncionales *

55 Puede emplearse cualquier monómero monofuncional polimerizable conocido comúnmente. Se prefiere particularmente los monómeros monofuncionales polimerizables descritos en los párrafos [0054] a [0058] del documento EP 1637926 A (AGFA).

Puede utilizarse una combinación de dos o más monómeros monofuncionales.

60 El monómero monofuncional tiene, preferiblemente, una viscosidad inferior a 30 mPa.s a una velocidad de cizallamiento de 100 s⁻¹ y una temperatura de entre 15 °C y 70 °C.

* Oligómeros y monómeros polifuncionales *

65 Puede emplearse cualquier oligómero o monómero polifuncional polimerizable conocido comúnmente. Se prefieren particularmente los oligómeros y monómeros polifuncionales polimerizables descritos en los párrafos [0059] a [0063] del documento EP 1637926 A (AGFA).

Puede utilizarse una combinación de dos o más oligómeros o monómeros polifuncionales.

5 El oligómero o monómero polifuncional tiene, preferiblemente, una viscosidad superior a 50 mPa.s a una velocidad de cizallamiento de 100 s⁻¹ y una temperatura de entre 15 °C y 70 °C.

* Oligómeros y monómeros funcionalizados con ácido *

10 Puede emplearse cualquier oligómero o monómero funcionalizados con ácido polimerizable conocido comúnmente. Se prefieren los oligómeros y monómeros funcionalizados con ácido polimerizable descritos en los párrafos [0066] a [0070] del documento EP 1637926 A (AGFA).

* Fotoiniciadores *

15 El fotoiniciador, durante la absorción de la radiación actínica (preferiblemente radiación UV), forma radicales libres o cationes, es decir, especies de alta energía que inducen la polimerización y reticulación de los monómeros y oligómeros en el líquido curable por radiación.

20 La cantidad preferida de fotoiniciador está comprendida entre un 1% y un 10% en peso (más preferiblemente entre un 1% y un 7% en peso) del peso total del líquido curable por radiación.

25 Puede emplearse una combinación de dos o más fotoiniciadores. También puede utilizarse un sistema fotoiniciador que comprenda un fotoiniciador y un coiniador. Un sistema de fotoiniciador adecuado comprende un fotoiniciador que, tras absorber la radiación actínica, forma radicales libres por abstracción de hidrógeno o extracción de electrones a partir de un segundo compuesto, es decir el coiniador. El coiniador se convierte en el verdadero radical libre iniciador.

30 La irradiación con radiación actínica puede realizarse en dos pasos, cada uno de los cuales utiliza la radiación actínica con una longitud de onda o intensidad distintas. En tales casos, es preferible utilizar dos tipos de fotoiniciadores, elegidos en función de la distinta radiación actínica empleada.

Los fotoiniciadores adecuados se describen en los párrafos [0077] a [0079] del documento EP 1637926 A (AGFA).

* Inhibidores *

35 Entre los inhibidores de polimerización adecuados se incluyen antioxidantes de tipo fenol, estabilizadores de amina con impedimento estérico, antioxidantes de tipo fósforo, monometil éter de hidroquinona utilizado comúnmente en monómeros de (met)acrilato y hidroquinona, metilhidroquinona, t-butilcatecol y pirogalol. De estos, se prefiere particularmente un compuesto fenólico que posee un doble enlace en moléculas derivadas de ácido acrílico por su efecto limitador de la polimerización incluso al ser calentado en un entorno cerrado sin oxígeno. Los inhibidores
40 adecuados son, por ejemplo, Sumilizer™ GA-80, Sumilizer™ GM y Sumilizer™ GS, fabricados por Sumitomo Chemical Co. Ltd.

45 Puesto que la adición excesiva de estos inhibidores de polimerización reducirá la sensibilidad al curado del líquido curable por radiación, es preferible que se determine la cantidad capaz de evitar la polimerización antes del mezclado. La cantidad de un inhibidor de polimerización se encuentra, generalmente, entre 200 y 20.000 ppm con respecto al peso total del líquido curable por radiación.

* Inhibición por oxígeno *

50 Las combinaciones adecuadas de compuestos que disminuyen la inhibición de la polimerización por oxígeno con inhibidores de la polimerización por radicales son: 2-bencil-2-dimetilamino- (4-morfolinofenil) butan-1-ona y 1-hidrox ciclohexil fenil cetona; 1-hidrox ciclohexil fenil cetona y benzofenona; 2-metil-1-[4 (metiltio) fenil]-2-morfolinopropan-1-ona y dietiltioxantona o isopropiltioxantona; benzofenona y derivados del acrilato con un grupo
55 amino terciario, y adición de aminas terciarias. Se utiliza comúnmente un compuesto amínico para disminuir la inhibición de la polimerización por oxígeno o para aumentar la sensibilidad. Sin embargo, cuando se usa un compuesto amínico en combinación con un compuesto con un alto valor ácido, la estabilidad de almacenamiento a temperaturas altas tiende a disminuir. Por consiguiente, deberá evitarse específicamente el uso de un compuesto amínico con un gran valor ácido en la impresión por inyección de tinta.

60 A fin de mejorar la calidad de curado y reducir la influencia de la inhibición por oxígeno, pueden emplearse aditivos sinérgicos. Entre tales aditivos se incluyen, sin limitación alguna, ACTILANE™ 800 y ACTILANE™ 725, disponibles a través de AKZO NOBEL; Ebecryl™ P115 y Ebecryl™ 350, disponibles a través de UCB CHEMICALS; y CD 1012, Craynor™ CN 386 (acrilato modificado con amina) y Craynor™ CN 501 (triacrilato de trimetilolpropano etoxilado modificado con amina) disponible a través de CRAY VALLEY.
65

El contenido del aditivo sinergista se encuentra en el rango 0 al 50% en peso, preferiblemente en el rango del 5 al 35% en peso, con respecto al peso total del líquido curable por radiación.

5 * Plastificantes *

Los plastificantes suelen emplearse para mejorar la plasticidad o reducir la dureza de los adhesivos, los compuestos de sellado y las sustancias de recubrimiento. Los plastificantes son sustancias orgánicas generalmente inertes con una presión de vapor baja, y pueden ser líquidos o sólidos.

10 Los plastificantes adecuados se describen en los párrafos [0086] a [0089] del documento EP 1637926 A (AGFA).

Preferiblemente, la cantidad de plastificante es de al menos un 5% en peso, más preferiblemente al menos un 10% en peso, con respecto al peso total del líquido curable por radiación.

15 Los plastificantes pueden tener pesos moleculares de hasta 30.000, pero son preferiblemente líquidos con pesos moleculares inferiores a 5.000.

20 * Elastómeros *

El elastómero puede ser un único aglutinante o una mezcla de varios aglutinantes. El aglutinante elastomérico es un copolímero elastomérico de un monómero tipo dieno conjugado y un monómero de polieno que tenga al menos dos enlaces dobles no conjugados, o bien un copolímero elastomérico de un monómero tipo dieno conjugado, un monómero de polieno que tenga al menos dos enlaces dobles no conjugados y un monómero de vinilo copolimerizable con dichos monómeros.

25 Los elastómeros preferidos se describen en los párrafos [0092] y [0093] del documento EP 1637926 A (AGFA).

30 * Tensioactivos *

El/los tensioactivo(s) puede(n) ser aniónico(s), catiónico(s), no iónico(s) o zwitteriónico(s) y suele(n) añadirse en una cantidad total inferior al 20% en peso con respecto al peso total del líquido curable por radiación y más preferiblemente en una cantidad total inferior al 10% en peso con respecto al peso total del líquido curable por radiación.

35 Puede utilizarse un compuesto fluorado o un compuesto de silicona como tensioactivo. Sin embargo, un posible inconveniente es el derramamiento tras la formación de imagen, que se debe a que el tensioactivo no reticula. Por consiguiente, es preferible utilizar un monómero copolimerizable que tenga efectos tensioactivos, como por ejemplo acrilatos modificados con silicona, metacrilatos modificados con silicona, acrilatos fluorados y metacrilatos fluorados.

40 * Colorantes *

Los colorantes pueden ser tintes, pigmentos o una combinación de ambos. Pueden emplearse pigmentos orgánicos y/o inorgánicos.

45 Entre los tintes y pigmentos adecuados se incluyen los descritos por ZOLLINGER, Heinrich. Color Chemistry: Syntheses, Properties, and Applications of Organic Tintes and Pigments. 3.^a edición WILEY-VCH, 2001. ISBN 3906390233. p.550.

50 Los pigmentos adecuados se describen en los párrafos [0098] a [0100] del documento EP 1637926 A (AGFA).

El pigmento está presente en una proporción del 0,01 al 10% en peso, preferiblemente en una proporción del 0,1 al 5% en peso, con respecto al peso total del líquido curable por radiación.

55 * Disolventes *

El líquido curable por radiación no contiene, preferiblemente, un componente evaporable, aunque en ocasiones puede resultar ventajoso incorporar una cantidad sumamente pequeña de un disolvente para mejorar la adhesión a la superficie receptora de tinta tras el curado por UV. En este caso, la cantidad de disolvente añadida puede encontrarse en una proporción del 0,1 al 10,0% en peso, preferiblemente en una proporción del 0,1 al 5,0% en peso, con respecto al peso total del líquido curable por radiación.

60 * Humectantes *

65 Cuando se utiliza un disolvente en el líquido curable por radiación, para evitar que se obstruya la boquilla puede

añadirse un humectante, dada su capacidad para ralentizar la velocidad de evaporación del líquido curable por radiación.

Los humectantes adecuados se describen en el párrafo [0105] del documento EP 1637926 A (AGFA).

5 Se añade un humectante, preferiblemente, a la formulación del líquido curable por radiación en una cantidad del 0,01% al 20% en peso con respecto a la fórmula, y más preferiblemente en una cantidad del 0,1% al 10% en peso con respecto a la formulación.

10 * Biocidas *

Entre los biocidas adecuados se incluyen deshidroacetato de sodio, 2-fenoxietanol, benzoato de sodio, piridinion-1-óxido de sodio, p-hidroxibenzoato de etilo y 1,2-benzisotiazolin-3-ona y sus sales. Un biocida preferido para el líquido curable por radiación adecuado por el método para la fabricación de una matriz de impresión flexográfica según la presente invención es Proxel™ GXL, disponible a través de ZENECA COLOURS.

Se añade, preferiblemente, un biocida en una cantidad de entre el 0,001 y el 3% en peso, más preferiblemente de entre el 0,01 y el 1,00% en peso con respecto, en cada caso, al peso total del líquido curable por radiación.

20 * Preparación de líquidos curables por radiación *

Puede prepararse el líquido curable por radiación con el método conocido por los expertos en la técnica, es decir, mediante la mezcla o dispersión del conjunto de ingredientes, seguida opcionalmente por un proceso de molienda, como se describe, por ejemplo, en los párrafos [0108] a [0109] del documento EP 1637926 A (AGFA).

25 Aparato para crear la matriz de impresión

La FIG. 5 a la FIG. 7 representan varias realizaciones de un aparato que puede emplearse para crear una matriz de impresión en relieve mediante un método según la presente invención.

30 La FIG. 5 representa un dispositivo de impresión plano. Un cabezal de impresión (510) puede desplazarse en relación a la capa de soporte (520) en una dimensión de barrido rápido (x) para imprimir una primera banda de píxeles. Asimismo, el cabezal de impresión puede desplazarse en una dimensión de barrido lento (y) para imprimir la siguiente banda de píxeles. En la FIG. 5, la dimensión "z" indica la dirección de las características de relieve de la matriz de impresión que se creará mediante el dispositivo de impresión. Durante su funcionamiento, el cabezal de impresión (510) imprime gotitas de tinta parcialmente curadas por la unidad de curado parcial (530).

La FIG. 6 representa un dispositivo de impresión tipo tambor.

40 Se instala un manguito (625) sobre un tambor (600) accionado por un motor (660) en sentido rotatorio ("x"), que se corresponde con una dimensión de barrido rápido ("x"). El manguito transporta una lámina de capa de soporte (620).

Se monta un cabezal de impresión (630) sobre un carro (no se muestra en la figura) que puede desplazarse en sentido del eje "y" paralelo al eje del tambor y que se corresponde con la dimensión "y" de barrido lento.

45 Durante su funcionamiento, la combinación de los movimientos de rotación (x) y traslación (y) del cabezal de impresión permite imprimir las capas intermedias sobre el sustrato. Durante la impresión, se utiliza la fuente de curado (610) para realizar el curado parcial de una capa intermedia impresa.

50 Opcionalmente, las capas intermedias impresas pueden someterse a un paso de postcurado haciendo girar el tambor (600) mientras una fuente de curado final (650) está encendida.

55 La FIG. 7 es similar a la FIG. 6, con la salvedad de que en este caso la capa de soporte (720) es una superficie cilíndrica, que es la realización preferida según la presente invención. Esta configuración permite la impresión de una imagen tridimensional sobre la superficie cilíndrica de manera continua y sin interrupciones. Según esta realización, la posición del cabezal de impresión (730) se desplaza de manera lineal en la dimensión "y" de barrido lento en función de la rotación angular del tambor en sentido "x". El efecto de ello es que cada boquilla del cabezal de impresión describe un movimiento continuo y espiral con respecto a una posición fija del tambor.

60 La línea 740 de la FIG. 7 hace referencia a una "línea de cambio", que es una línea imaginaria en una posición angular fija sobre la superficie del manguito, paralela al eje del tambor.

Cabezal de impresión

65 Un ejemplo de cabezal de impresión según la presente invención es capaz de eyectar gotitas con un volumen

comprendido entre los 0,1 pl y los 100 pl, y preferiblemente entre 1 pl y 30 pl. Sería más preferiblemente, incluso, que la gotita tuviera un volumen de entre 1 pl y 8 pl. Y sería más preferiblemente aún que el volumen de la gotita fuera únicamente de 2 pl o 3 pl.

- 5 La precisión de la colocación de punto con respecto a la cuadrícula de impresión direccionable teórica es, por ejemplo, inferior a +/-3 micrones en un 99,73% (tres sigma) de los píxeles imprimidos.

El cabezal de impresión tiene una cuadrícula direccionable con un paso de perfil cuadrado de 70 micrómetros, por ejemplo.

10

Fuente de curado

Justo después de que las gotas de tinta sean depositadas sobre el sustrato por el cabezal de impresión se las expone a una fuente de curado. Con ello se consigue inmovilizar las gotitas y evitar así que se derramen, lo cual deterioraría la calidad de la matriz de impresión.

15

El curado puede ser parcial o completo. Un curado parcial se define como un grado de curado en el que se convierten al menos el 5%, preferiblemente el 10%, de los grupos funcionales de la fórmula recubierta. Un curado completo se define como un grado de curado en el que el aumento en el porcentaje de grupos funcionales convertidos, con una mayor exposición a la radiación (tiempo y/o dosis), es insignificante. Un curado completo se corresponde con un porcentaje de conversión inferior al 10%, preferiblemente al 5%, con respecto al porcentaje de conversión máximo definido por la asíntota horizontal del gráfico de la RT-FTIR (porcentaje de conversión con respecto a la energía de curado o el tiempo de curado).

20

- 25 Los parámetros más importantes a la hora de seleccionar una fuente de curado son el espectro y la intensidad de la luz UV. Ambos parámetros afectan a la velocidad de curado.

La luz UV con una longitud de onda corta (como, por ejemplo, la procedente de una fuente de luz UV-C) tiene mala penetración y permite curar las gotitas principalmente por su parte exterior.

30

Una fuente de luz UV-C típica son las bombillas de descarga eléctrica de vapor de mercurio con baja presión. Dicha fuente posee una amplia distribución espectral de la energía, aunque con un fuerte pico en la región de longitudes de onda cortas del espectro UV.

- 35 La luz UV con una longitud de onda larga (como la producida por una fuente de luz UV-A) posee mejores propiedades de penetración. Una fuente de luz UV-A típica son las bombillas de descarga eléctrica de vapor de mercurio con presión alta o media. Recientemente, han empezado a comercializarse bombillas UV-LED que también emiten un espectro UV-A y que pueden reemplazar a las fuentes de luz UV de descarga gaseosa.

- 40 Al dopar el gas de mercurio de la bombilla de descarga con hierro o galio, puede obtenerse una emisión que cubre tanto el espectro UV-A como el UV-C.

El efecto del espectro y la intensidad de una fuente de curado sobre el curado de una tinta también puede verse afectado al incluir en una tinta tintes que absorben energía en una zona del espectro de una fuente de curado.

45

La intensidad de una fuente de curado repercute directamente sobre la velocidad de curado. Una intensidad alta da lugar a velocidades de curado altas. La velocidad de curado debe ser lo suficientemente alta como para evitar la inhibición por oxígeno de radicales libres que se propagan durante el curado. Dicha inhibición no solo reduce la velocidad de curado, sino que también afecta negativamente al índice de conversión de monómeros en polímeros.

50

Es preferible curar al menos parcialmente una capa intermedia (210, 211 y 212, como las que se muestran en la FIG. 2) inmediatamente después de imprimirla, para que quede solidificada pero contenga aún monómero residual. De esta manera mejoran las propiedades de adhesión de las capas que se imprimen consecutivamente "unas encima de las otras.

55

El curado intermedio parcial puede lograrse con luz UV-C, UV-A o con UV de amplio espectro. El uso de luz UV-C polimeriza la superficie exterior de una capa intermedia. Por otro lado, reduce la disponibilidad del monómero en la superficie exterior y ejerce un impacto negativo sobre la adhesión entre sucesivas capas intermedias. Así pues, existe una mejor solución para proporcionar un curado parcial mediante una fuente de UV-A en atmósfera de nitrógeno. Esta solución suprime la inhibición por oxígeno a la vez que optimiza la adhesión entre las sucesivas capas intermedias.

60

El post-curado final se realiza con luz UV-C o con luz UV de amplio espectro. Una característica del curado final realizado con luz UV-C es que se endurece por completo la superficie exterior de la matriz de impresión.

65

Es importante evitar que la luz —incluso la luz parásita— procedente de una fuente de curado alcance las boquillas

de un cabezal de impresión, ya que ello ocasionaría la polimerización de la tinta en las boquillas, con lo que pasarían a ser inservibles. Por esa razón, deberá mantenerse la fuente de curado lo suficientemente alejada del cabezal de impresión, o bien separarlos colocando una pantalla entre ambos. En la configuración que se muestra en la Figura 6, una solución consiste, por ejemplo, en colocar la fuente de curado por UV a unos 180 grados de distancia del cabezal de impresión con respecto al eje del tambor cilíndrico.

Representación de una imagen digital

La imagen que se vaya a imprimir puede ser cualquier imagen digital que pueda representarse en formato mapa de bits rasterizado.

Una imagen típica consta de múltiples objetos, como por ejemplo: fotografías, objetos gráficos (como polígonos y líneas) y objetos textuales.

Tales objetos suelen generarse mediante un lenguaje de descripción de páginas y se convierten en imagen digital mediante un procesador de imágenes rasterizadas (RIP, por sus siglas en inglés), tales como los comercializados por la empresa Adobe Systems Incorporated.

La imagen puede ser monocromática o en color. En este último caso, se separa primero la imagen en color en una serie de separaciones de tintas que se corresponden con un conjunto de tintas de impresión equivalente.

El tramado es una técnica de procesamiento de imágenes utilizado para representar imágenes con múltiples densidades en un sistema de representación con una resolución de densidad restringida. Por ejemplo, una imagen digital tiene píxeles con una resolución de densidad de 8 bits (256 tonos) y se representa en un sistema de impresión binario con solo dos tonos de densidad correspondiente con la tinta o sin ella.

Una imagen tramada binaria se representa mediante un mapa de bit tramado en el que el color de cada bit indica si se ha de imprimir tinta o no en el lugar correspondiente.

El tramado puede ser de amplitud modulada (AM), de frecuencia modulada (FM) o de tramado híbrido (XM).

En el tramado AM, los puntos de una cuadrícula periódica contienen conjuntos de píxeles ("puntos de trama"), cuyos tamaños se han modulado para simular densidades distintas en la imagen digital. Un ejemplo de métodos de tramado AM sin efectos tornasolados para imágenes en color se describe en la patente US 5,155,599, inventada por Delabastita y asignada a Agfa-Graphic NV. La FIG. 1 muestra un ejemplo de un degradado representado con tramado AM.

En el tramado FM, la distancia entre los puntos de tramado de tamaño fijo varía para simular densidades diferentes. Un ejemplo de un método de tramado FM especialmente adecuado para crear matrices de impresión con inyección de tinta se describe en la patente US 6,962,400 inventada por Minnebo *et al.* y asignada a Agfa-Graphics NV.

El tramado híbrido es una forma compuesta de tramado AM y FM, en la que se utiliza una combinación de tamaños y distancias de punto de tramado diferentes para modular las densidades de la imagen digital original. Un ejemplo de tramado híbrido es el producto "Sublima XM screening", fabricado y comercializado por Agfa-Graphics NV.

Mientras que una realización preferida de la presente invención utiliza tramado AM o XM, también puede utilizarse en combinación con un tramado FM.

La FIG. 1 muestra un ejemplo de un mapa de bits tramado binario que comprende una imagen de tramado AM (110), un objeto gráfico sólido (120) y un objeto textual sólido (130).

Cálculo de las capas intermedias 210, 211 y 212 en la FIG. 2

La capa superior (230) y las capas intermedias (210) de la FIG. 2 se corresponden con un mapa de bits tramado. Este mapa de bits tramado binario se obtiene directamente del procesador de imágenes rasterizadas.

Las zonas de las capas intermedias (211) de la FIG. 2 son tales que cada capa inferior sostiene totalmente las capas superiores al tener un área más amplia que las de las capas superiores.

Esta zona cada vez mayor puede lograrse mediante un método como el se describe en la solicitud de patente europea con número de publicación EP 1 437 882, presentada por Delabastita *et al.*, y explicada aquí brevemente mediante la FIG. 4.

Esta figura representa la sección transversal de una imagen digital, en la que el eje "z" indica el valor de densidad de un píxel con una coordinada espacial "x".

La parte (a) de la figura representa la sección transversal de una imagen fuente, que consiste en una imagen tramada binaria. La imagen posee píxeles que solo pueden tener dos valores de densidad posibles (420 y 421). En la FIG. 4, se asume que el valor de densidad más alto (421) de los píxeles (410-412) se corresponde con una parte del mapa de bits tramado binario que imprime tinta, mientras que el valor de densidad más bajo (420) se corresponde con una parte del tramado binario que imprime tinta.

La parte (c) de la FIG. 4 representa una sección transversal de la misma imagen fuente una vez realizado el procesamiento de la imagen. En este caso, los píxeles pueden tener siete valores de densidad posibles (430-436).

Según el método referido anteriormente, el primer paso consiste en la convolución individual de cada píxel binario (410-412) con un perfil de densidad (440) como el mostrado en la parte (b) de la FIG. 4. Dicho perfil de densidad (440) posee la propiedad de que, cerca de su centro espacial, su densidad D es la más alta y de que disminuye para aumentar la distancia espacial con respecto a su centro. En el ejemplo mostrado en la parte (b) de la FIG. 4, el perfil de densidad tiene siete niveles de densidad.

En la parte (c) de la FIG. 4, los contornos de los píxeles convolucionados individualmente con el perfil de densidad (440) se han dibujado con segmentos de línea.

El segundo paso consiste en tomar la unión (o la envoltura de la dimensión "z") de todos los píxeles convolucionados individualmente. En la parte (c) de la FIG. 4, los píxeles convolucionados (441 y 442), por ejemplo, se solapan y se toma su unión (o envoltura). El resultado de dicha unión se indica en la parte (c) de la FIG. 4 con una línea continua gruesa (450).

La imagen resultante del segundo paso puede interpretarse como un "mapa de relieve" en el que los valores de densidad de la imagen procesada se corresponden con la altura en la dimensión "z" de una matriz de impresión en relieve.

Las capas intermedias (210, FIG. 2) de tal mapa de relieve pueden, por tanto, obtenerse mediante el "corte digital" del mapa de relieve con planos paralelos a las dimensiones "x" e "y".

Por ejemplo, una capa intermedia específica (210) se corresponde con un corte (460) en la sección (c) de la FIG. 4, que se obtiene seleccionando los píxeles del mapa de relieve cuyo valor de densidad está comprendido entre un valor inferior (432) y un valor superior (433).

El diseño y la selección del perfil de densidad (440) permite controlar la inclinación (235, FIG. 2) de las características de la matriz de impresión en relieve. Por ejemplo, es posible que la inclinación (235) varíe a lo largo de la dimensión "z", o bien que dependa del tamaño de las características (las características pequeñas pueden tener una inclinación menor que las características mayores). En el último caso, se seleccionará un perfil de densidad (440) con un diseño diferente para las características de imagen pequeñas en comparación con las características de imagen grandes.

La selección del perfil de densidad permite también crear el "relieve mesa" (212) mostrado en la FIG. 2.

Reconstrucción de la matriz de impresión en relieve (primera realización, véase FIG. 5, FIG. 6, FIG. 8 y FIG. 9)

Cuando se emplea el aparato mostrado en la FIG. 5, la matriz de impresión puede crearse mediante la impresión secuencial de las capas intermedias (210, 211 y 212).

Una secuencia de pasos de impresión para reconstruir una matriz de impresión en relieve según la presente invención puede explicarse mediante la FIG. 8 y la FIG. 9 (esta última es una versión de la FIG. 8 condensada para poder representar un mayor intervalo en la dimensión "y" de barrido lento).

La parte superior de estas dos figuras muestra una secuencia de varias posiciones (840) de un cabezal de impresión (810) a lo largo de la dimensión "y" de barrido lento con respecto a la capa de soporte (520, en la FIG. 5). La posición con el índice "1" corresponde a la posición inicial de un cabezal de impresión (810). La distancia entre dos posiciones siguientes del cabezal de impresión a lo largo de la dimensión "y" de barrido lento corresponden a un paso fijo denominado "PasoBarrido".

En la FIG. 8 solo se muestran las posiciones (840) indexadas del 1 al 10, mientras que en la FIG. 9 (la versión condensada de la FIG. 8) las posiciones van del 1 al 24. En una situación práctica, el cabezal de impresión sigue en movimiento hasta que el cabezal llega a una posición final (que no se muestra en ninguna de las dos figuras).

Un "ciclo de impresión" se corresponde con una serie completa de pasos para trasladar el cabezal de impresión desde su posición inicial hasta su posición final.

El cabezal de impresión (810) tiene boquillas (811). La distancia entre dos boquillas adyacentes se denomina

“separación entre boquillas” (820) (“SeparaciónBoquillas”). Normalmente, el valor de la variable “SeparaciónBoquillas” está determinada por las limitaciones técnicas relacionadas con la construcción del cabezal de impresión.

5 En cada una de sus posiciones (840), el cabezal de impresión se desplaza en relación a la capa de soporte (520 en la FIG 5) en una dimensión de barrido rápido (“x”) para imprimir una banda de píxeles. El sentido de la flecha que representa la dimensión de barrido rápido (“x”) en la FIG. 8 se corresponde con el sentido en la que se desplaza el cabezal de impresión en relación a la capa de soporte. En la dimensión de barrido rápido, la distancia (853) entre dos posiciones de marcado de píxeles que se imprimen durante la misma banda se denomina “PasoMarcaR”.

10 El valor de PasoMarcaR está relacionado con la velocidad del cabezal de impresión en la dimensión de barrido rápido (“VelocidadBarridoRápido”) y con la frecuencia de eyección a la que el cabezal de impresión proyecta las gotitas de tinta (“FrecuenciaEyección”). Concretamente:

15
$$\text{PasoMarcaR} = \text{VelocidadBarridoRápido} / \text{FrecuenciaEyección}$$

En una situación práctica, el valor de FrecuenciaEyección está determinado normalmente por las limitaciones técnicas relacionadas con la construcción del cabezal de impresión. Preferiblemente, se selecciona el valor más alto posible para garantizar que el cabezal de impresión realice una eyección fiable de la tinta, ya que así se potencia al máximo el rendimiento del cabezal de impresión.

20 Dado que en la FIG. 8 el valor de PasoBarridoLento es 2+1/3 veces el valor de SeparaciónBoquillas (en vez de ser simplemente un múltiplo de SeparaciónBoquillas), la distancia (852) (denominada “PasoPíxelLento”) entre dos columnas contiguas (881) de píxeles marcados medida a lo largo de la dimensión de barrido lento “y” es 1/3 del valor de SeparaciónBoquillas. El resultado de este efecto es que la resolución de impresión en la dimensión de barrido lento aumenta en un factor de 3.

25 En general, la proporción de SeparaciónBoquillas dividida por PasoPíxelLento se denomina “FactorEntrelazado” y hace referencia al aumento de la resolución de impresión en la dimensión de barrido lento “y”, que deriva de seleccionar un valor particular de PasoBarridoLento. Concretamente:

30
$$\text{FactorEntrelazado} = \text{SeparaciónBoquillas} / \text{PasoPíxelLento}$$

En una situación práctica, el valor de PasoPíxelLento está determinado por los requisitos de calidad de imagen.

35 Un efecto adicional de la selección del valor para la variable PasoBarridoLento es que los píxeles adyacentes que poseen el mismo número de fila (880) están marcados por diferentes conjuntos de boquillas del cabezal de impresión. Este segundo efecto dispersa espacialmente los defectos de calidad de imagen relacionados con la boquilla a lo largo de la dimensión de barrido lento. Un valor más alto de la variable de FactorEntrelazado da lugar a la difusión espacial con respecto a más conjuntos de boquillas y menor cantidad de defectos de calidad de imagen relacionados con la boquilla.

40 En la FIG. 8, el tiempo para marcar los píxeles en la dimensión de barrido rápido cambia en un 1/3 o 2/3 del período en el que se imprimen las bandas siguientes. Un primer efecto de ello es que se imprimen los píxeles a lo largo de la dimensión de barrido rápido a una distancia (851) denominada “PasoPíxelRápido”, que corresponde a un 1/3 del valor de PasoMarcaR. Como consecuencia, en la FIG. 8 el valor de PasoPíxelRápido es exactamente un 1/3 del valor de PasoMarcaR o, dicho de otro modo, la resolución de impresión en la dimensión de barrido rápido aumenta en un factor de 3.

45 En general, la proporción de PasoMarcaR dividida por PasoPíxelRápido se denomina “FactorSolapamientoParcial” y hace referencia al aumento de la resolución de impresión en la dimensión de barrido rápido “y”, que deriva de cambiar el tiempo para marcar los píxeles entre la impresión de las bandas siguientes. Concretamente:

50
$$\text{FactorSolapamientoParcial} = \text{PasoMarcaR} / \text{PasoPíxelRápido}$$

55 Un segundo efecto de cambiar el tiempo para marcar posiciones en la dimensión de barrido rápido cuando se imprimen las bandas siguientes es que los píxeles que tienen el mismo número índice de columna (881) se marcan mediante diferentes conjuntos de boquillas del cabezal. Este segundo efecto dispersa espacialmente los defectos de calidad de imagen relacionados con la boquilla a lo largo de la dimensión de barrido rápido. Un valor más alto de la variable FactorSolapamientoParcial da lugar a la difusión espacial con respecto a más conjuntos de boquillas diferentes y menor cantidad de defectos de calidad de imagen relacionados con la boquilla.

60 En un caso práctico, se selecciona un valor de FactorSolapamientoParcial que difumine suficientemente los defectos de calidad de imagen relacionados con la boquilla, mientras que el valor de PasoPíxelRápido está determinado por los requisitos de calidad de imagen. Como consecuencia, el valor de la variable VelocidadBarridoRápido depende de los valores de FrecuenciaEyección, FactorSolapamientoParcial y PasoPíxelRápido. Concretamente:

65

$\text{VelocidadBarridoRápido} = \text{PasoPíxelRápido} \times \text{FactorSolapamientoParcial} \times \text{FrecuenciaEyección}$

5 Como se mencionó anteriormente, los valores de PasoPíxelLento y PasoPíxelRápido están determinados por requisitos de calidad de imagen tales como una reproducción limpia del texto y de los semitonos.

Por ejemplo, reproducir el texto con una gran calidad requiere un valor tanto de PasoPíxelLento como de PasoPíxelRápido de 35,25 micrones ($1''/720$) o inferior.

10 Una consideración relacionada importante es que el volumen de las gotitas de tinta proyectadas por el cabezal de impresión deberá seleccionarse en relación con los valores de PasoPíxelLento y PasoPíxelRápido de manera que el llenado de un raster de gotitas de tinta impresas contiguas resulte en una capa de tinta impresa consistente, isotrópica y uniforme. Si el volumen de las gotitas es demasiado bajo, no se conectan entre sí las gotitas de tinta adyacentes sobre la superficie impresa, lo cual provoca una menor consistencia y resistencia de la capa impresa. Si
15 el volumen es demasiado alto, las gotitas de tinta adyacentes se solaparán sobre la superficie impresa, lo cual provoca una menor uniformidad de la capa impresa. Por tanto, se deberá seleccionar el volumen de las gotitas proyectadas, junto con las propiedades físicas de la tinta, a fin de alcanzar un buen equilibrio entre dichas limitaciones divergentes.

20 Si se cumplen las condiciones precedentes, una gotita que tenga un volumen específico crea una marca con un área y espesor específicos. En el ejemplo anterior, el área se corresponde con el área de un píxel "cuadrado" equivalente de 35,25 micrones por 35,25 micrones. Si se utiliza un cabezal de impresión que eyecte las gotitas con un volumen de 7 picolitros, el espesor medio de una capa impresa mediante dicho cabezal será: $(7,0E-15 \text{ m}^3) / (35,25E-6 \text{ m}) \times$
25 $35,25E-6 \text{ m}) = (5,6E-6 \text{ m})$ o 5,6 micrones.

Con referencia a la FIG. 8, un grupo de FactorSolapamientoParcial multiplicado por los píxeles de FactorEntrelazado define un paquete repetitivo (890) de 9 píxeles marcables. En cada uno de dichos paquetes solo se marca un píxel durante una única pasada del cabezal en la dimensión de barrido rápido. De igual manera, también se necesitan FactorSolapamientoParcial \times FactorEntrelazado pasadas del cabezal de impresión (en la dimensión de barrido
30 rápido) para imprimir todos los píxeles de un paquete (890).

Entre paso y paso, el cabezal de impresión se desplaza sobre una distancia de PasoBarridoLento (831). Como consecuencia, cada píxel contenido en un único paquete se imprime mediante una boquilla distinta del cabezal de impresión y los defectos de calidad de imagen relacionados con boquillas individuales se dispersan a lo largo del
35 área de un paquete (890). Por tanto, este método de impresión resulta efectivo para eliminar defectos de degradados y estriación relacionados con la variación de las boquillas individuales.

La selección particular de la parte fraccional del valor de PasoBarridoLento en la Fig. 8 a $1/3$ establece que a cada paso siguiente en la dimensión de barrido rápido se marca una columna de píxeles situada justo a la derecha de la
40 columna de píxeles marcada en un paso anterior. Por ejemplo, el píxel que se imprime cuando el cabezal de impresión se encuentra en la posición "5" en un paquete (890) está ubicado en una columna a la derecha de la columna del píxel imprimido en la posición "4" de mismo cabezal de impresión. Así pues, la selección de un valor particular para la variable PasoBarridoLento no solo afecta al valor del FactorEntrelazado, sino también al orden de las columnas en las que se marcan los píxeles dentro de un paquete. Si, por ejemplo, se ha seleccionado un valor de $2/3$ para la parte fraccional del valor de PasoBarridoLento, el valor de la variable FactorEntrelazado habría sido la
45 misma. Sin embargo, cada paso siguiente en la dimensión de barrido rápido marcaría un píxel situado en una columna que ocupa el segundo lugar a la derecha de la columna de píxeles marcados en la pasada anterior.

De igual manera, una selección particular para cambiar el tiempo para marcar las posiciones en la dimensión de barrido rápido en $1/3$ o $2/3$ de un período en el que se impriman las bandas siguientes determina el orden en el que se marcan los píxeles en las filas de un paquete. Si, por ejemplo, se toma a modo de referencia en la FIG. 8 la fase para marcar los píxeles durante la posición 1 del cabezal de impresión, los píxeles que se marquen durante la
50 posición 7 del cabezal de impresión se retrasan $2/3$ de un período, mientras que los píxeles marcados durante la posición 8 del cabezal de impresión no sufren ningún retraso con respecto a la fase de referencia.

55 En resumen, la selección de una parte fraccional del valor de PasoBarridoLento y del cambio de fase para marcar píxeles durante los siguientes pasos determina un esquema de orden para marcar los píxeles FactorEntrelazado \times FactorSolapamientoParcial dentro de un paquete (890). El mismo esquema de orden se emplea consiguientemente para rellenar los paquetes de las capas siguientes. La FIG. 10 muestra un ejemplo específico de un esquema de orden utilizado más adelante en la explicación.

65 En un caso práctico, un orden de marcado preferido determinará la selección de la parte fraccional del valor de PasoBarridoLento y el cambio de fase para marcar píxeles durante los siguientes pasos, y no al contrario. Volviendo a la FIG. 8, se ha seleccionado el orden de marcado de manera tal que los píxeles marcados para las posiciones del cabezal 1, 2 y 3 siguientes formen una línea diagonal 860; para las posiciones 4, 5 y 6 siguientes, una línea diagonal 861; y para las posiciones 7, 8 y 9 siguientes, una línea diagonal 862.

La ventaja de este enfoque es que la tinta resultante de imprimir dichas líneas diagonales, cuando se ha curado parcialmente, forma una "pared" sólida que reduce el sangrado de la tinta cuando, posteriormente, los espacios comprendidos entre dichas líneas reciben tinta.

5 Cuando el cabezal de impresión abandone la posición "9" (840) en la FIG. 8, habrá marcado todos los píxeles con índices de columna 881 del 1 al 9. Llegado a ese punto, la impresora ha reconstruido todos los píxeles de los paquetes 890 de una primera capa intermedia. Los paquetes ubicados a la derecha de dichos paquetes (890) no se han reconstruido o solo lo han hecho parcialmente. Por ejemplo, en los paquetes 891, solo se han marcado los píxeles correspondientes a las posiciones 6, 7, 8 y 9 del cabezal de impresión. Los píxeles restantes (incluidos los píxeles marcados con un 10) se marcarán en las siguientes posiciones del cabezal de impresión.

10 En la siguiente posición (10) del cabezal de impresión, las columnas 1, 4 y 7 reciben una primera marca "10" de una segunda capa intermedia exactamente en la misma posición que la primera marca "1" de la primera capa intermedia.

15 La FIG. 9 muestra con más detalle cómo se reconstruye más adelante la segunda y las siguientes capas intermedias.

20 En esta figura, todos los píxeles correspondientes a una columna específica de paquetes (882) en la FIG. 8 o 9 se han dibujado verticalmente acumulados en columnas (950) para ahorrar espacio en la dimensión "y" del dibujo, así como para poder representar muchas más posiciones del cabezal (840). Se han indexado las diferentes columnas mediante caracteres (882), que van de la "a" a la "bd" en este dibujo. Cada uno de dichos caracteres se corresponde, por tanto, con una columna de paquetes de 3×3 píxeles.

25 Al igual que en la FIG. 8, los números de las columnas (950) indican la posición del cabezal de impresión (840) en la que se marca un píxel. Los píxeles marcados en una posición anterior del cabezal de impresión tienen una posición inferior (y un número índice menor, 910) en una columna (950).

30 Dado que cada paquete (890) de la FIG. 8 contiene 9 posiciones de píxeles, se ha rellenado completamente una capa intermedia para una columna de paquetes cuando el cabezal de impresión abandona un múltiplo de nueve posiciones en la dimensión de barrido lento. Las líneas gruesas (911 y 912) de la FIG. 9 indican los límites entre los píxeles de dos capas intermedias adyacentes totalmente acabadas.

35 Por ejemplo, una primera capa intermedia para los paquetes correspondientes a los índices "a", "b" y "c" se completa una vez que el cabezal de impresión abandona la novena posición. Esto se indica con la línea gruesa 911. Cuando el cabezal de impresión está en la posición 10, se marca el primer píxel de la segunda capa intermedia correspondiente a los mismos paquetes. Cuando el cabezal de impresión abandona su decimoctava posición, se completa una segunda capa intermedia para los mismos paquetes. Esto se indica con la línea gruesa 912.

40 De igual modo, se completa una primera capa intermedia para los paquetes con los índices "o", "p" y "q" cuando el cabezal de impresión ha alcanzado su decimoquinta posición, mientras que una segunda capa intermedia de los mismos paquetes se completa cuando el cabezal de impresión ha alcanzado su vigesimocuarta posición.

45 La FIG. 9 demuestra que, según la presente invención, se imprimen simultáneamente múltiples capas intermedias (210, 211, 212 en la FIG. 2) durante un único ciclo de impresión y mediante el mismo cabezal.

50 Por ejemplo, cuando el cabezal de impresión se encuentra en la posición 23 de la FIG. 9, está reconstruyendo una capa intermedia inferior (debajo de la línea gruesa 911) de los paquetes con los índices "ah" a "bb" (882), al mismo tiempo reconstruye una capa intermedia superior (por encima de la línea 911) de los paquetes identificados con los índices "m" a "ag".

55 Con referencia a la FIG. 9, se rellenan los nueve píxeles (del 1 al 9) de una primera capa intermedia de los paquetes con índice "a" cuando el cabezal de impresión se encuentra en la posición 9. Llegado a ese punto, el cabezal de impresión ha realizado 9 pasos de barrido lentos sobre una distancia total de $9 \times \text{PasoBarridoLento}$.

60 Puesto que en la FIG. 8 y en la FIG. 9 se asumió que el $\text{PasoBarridoLento} = (2 + 1/3) \times \text{SeparaciónBoquillas}$, la distancia total recorrida por el cabezal de impresión llegado a ese punto es: $9 \times (2 + 1/3) \times \text{SeparaciónBoquillas}$. Ello significa que el número de boquillas efectivas (es decir, las boquillas necesarias para imprimir una capa completa de un conjunto de paquetes) utilizadas a ese punto equivale a:

$$9 \times (2 + 1/3) = 21$$

65 De igual modo, los nueve píxeles (10 a 19) de una segunda capa intermedia de los mismos paquetes se rellenan cuando el cabezal de impresión se encuentra en la posición 18. Llegado a ese punto, el cabezal de impresión ha cambiado de posición 18 veces, recorriendo una distancia total de $18 \times (2 + 1/3) \times \text{SeparaciónBoquillas}$. El número total de boquillas efectivas utilizadas en dicho punto es:

$$18 \times (2 + 1/3) = 42$$

5 En general, la impresión de una enésima capa intermedia requiere la utilización de un número efectivo de boquillas ("N.ºdeBoquillasEfectivas") equivalente a:

$$N.^{\circ} \times (\text{FactorEntrelazado} \times \text{FactorSolapamientoParcial}) \times \text{PasoBarridoLento}.$$

10 En una situación práctica, el número de capas intermedias no es un parámetro de diseño. El hecho de que las diferentes capas intermedias que imprime simultáneamente un cabezal de impresión tengan diferentes distancias entre el cabezal y la superficie impresa implica una limitación práctica respecto al grosor total del conjunto de capas intermedias que pueden imprimirse en un ciclo de impresión. Si el grosor total de un conjunto de capas intermedias sobrepasa el grosor de la matriz de impresión en relieve que se va a reconstruir, se necesitan varios ciclos de impresión.

15 Las gotitas eyectadas por el cabezal de impresión poseen un componente de velocidad principal en la dirección "z" respecto al sustrato. Sin embargo, dado que el cabezal de impresión también se desplaza en la dimensión "x" de barrido rápido durante la impresión, las gotitas poseen también un componente de velocidad en dicha dirección.

20 Ello implica que la posición de descarga en la dirección "x" de barrido rápido se ve afectada por la distancia existente entre el cabezal de impresión y el sustrato imprimible. Dado que al imprimir una capa adicional se modifica dicha distancia, la posición en la que se depositan las gotitas de la dimensión "x" se retrasa en las capas impresas inferiores en comparación con una capa impresa más alta. Ello provoca distorsiones geométricas que han de ser restringidas limitando el número de capas intermedias que se imprimen simultáneamente.

25 En un ejemplo anterior se explicó que un cabezal de impresión específico que posea un volumen de gota de 7 picolitros y que se utilice para imprimir píxeles con un tamaño cuadrado de 35,25 micrones da lugar a un grosor de capa individual de 5,6 micrones. Si la aplicación requiere que el grosor total, por las razones citadas anteriormente, esté limitado a 200 micrones, por ejemplo, el número máximo de capas intermedias se calcula de la siguiente manera:

$$(200 \text{ micrones}) / (5,6 \text{ micrones por capa}) = 35,71 \text{ capas}$$

35 Si se redondea el número de capas a un valor entero se obtienen 36 capas.

Asumiendo que un cabezal de impresión específico disponga de 764 boquillas, por ejemplo, la fórmula anterior permite obtener un primer valor aproximado para la variable PasoBarridoLento:

$$\begin{aligned} N.^{\circ}\text{Boquillas} &= 764; \\ \text{FactorEntrelazado} &= \text{FactorSolapamientoParcial} = 3; \\ N.^{\circ} &= 36; \end{aligned}$$

$$\text{PasoBarridoLento} \leq 764 / (3 \times 3) / 36 = 2,17$$

45 Dado que se determinó en una etapa de diseño anterior que, por razones del orden de marcado, PasoBarridoLento debe tener una parte fraccional igual a 1/3, el valor de PasoBarridoLento seleccionado equivale a 2 + 1/3, que es el valor disponible más cercano a 2,17 que satisface este requisito. Ello permite calcular el número de boquillas efectivas de la siguiente manera:

$$50 \quad N.^{\circ}\text{deBoquillasEfectivas} = 36 \times (3 \times 3) \times (2 + 1/3) = 756$$

Eso significa que, en este caso, fueron 8 el número de boquillas que no se utilizaron durante la reconstrucción de la matriz de impresión.

55 *Reconstrucción de la matriz de impresión en relieve (segunda realización preferida, véase FIG. 7, FIG. 13A a F13J)*

La mayoría de los principios explicados para reconstruir una matriz de impresión en el equipo mostrado en la FIG. 5 o en la FIG. 6 también puede utilizarse para reconstruir una matriz de impresión con el equipo mostrado en la FIG. 7. Sin embargo, la reconstrucción de una matriz de impresión sin juntas en el equipo de la FIG. 7 impone una serie de limitaciones adicionales. Dichas limitaciones derivan del hecho de que el cabezal de impresión, en este caso, no se desplaza a pasos distintos en la dimensión "y" de barrido lento, como lo hace con el equipo mostrado en la FIG. 5 o en la FIG. 6, sino más bien de forma continua, es decir, como una función lineal de fase angular del tambor rotatorio. Además, se confía en que la cadencia de las marcas de impresión no cambie durante las posteriores revoluciones del tambor.

65 La FIG. 13A a la FIG. 13J muestra un conjunto de proyecciones planas de una parte del área de la superficie del

relieve flexográfico impreso sobre la capa de soporte (720) mostrada en la FIG. 7 mientras está siendo reconstruida.

Por razones prácticas, no se muestra toda el área de la superficie, sino únicamente la parte cercana a la línea de cambio (1301).

5 La función de la línea de cambio (1301) en la siguiente explicación podría compararse a la función de la línea de cambio de fecha, que sirve para dividir el globo terráqueo en zonas con fechas distintas. En este caso en concreto, la línea de cambio se utiliza para distinguir entre los píxeles marcados durante las diferentes revoluciones del tambor. En general, se puede seleccionar una línea de cambio que atravesase cualquier posición a lo largo de la

10 circunferencia del manguito, ya que durante la reconstrucción de la matriz de impresión no ocurre nada especial o “discontinuo” en dicha línea de cambio. En el ejemplo específico mostrado en la FIG. 13A a la FIG. 13J, se seleccionó una línea de cambio que coincidiera con el marcado de los primeros píxeles (marcados con un “1”) sobre la superficie impresa.

15 El signo de referencia 1302 corresponde al cabezal de impresión, mientras que el signo de referencia 1303 corresponde a la dimensión “y” de barrido lento para desplazar el cabezal de impresión de forma paralela al eje del tambor.

20 El signo de referencia 1300 hace alusión a la longitud de la circunferencia del manguito, un parámetro que recibe el valor “Circunferencia”. Normalmente, el valor de este parámetro es fijo. Por ejemplo, está determinado por los requisitos del mercado, que especifican el diámetro del manguito sobre el que se creará la matriz de impresión.

25 El tambor gira a una velocidad rotativa con un valor de “N.ºRevsporUnidadTiempo”. El valor de “N.ºRevsporUnidadTiempo” es una variable de diseño. La velocidad lineal de un punto arbitrario sobre la superficie del tambor posee el valor “VelocidadBarridoRápido”. Las variables anteriores están relacionadas como se indica a continuación:

$$\text{VelocidadBarridoRápido} = \text{Circunferencia} \times \text{N.ºRevsporUnidadTiempo}.$$

30 El cabezal de impresión (1302) tiene boquillas (1304). La distancia (1305) entre dos boquillas adyacentes se representa con el parámetro “SeparaciónBoquillas”. El valor de este parámetro está determinado por las mismas limitaciones técnicas que en la realización anterior.

35 El cabezal de impresión puede imprimir marcas a una frecuencia con el valor “FrecuenciaEyección”. El intervalo de los valores del parámetro “FrecuenciaEyección” está determinado por las mismas limitaciones técnicas que en la realización anterior.

40 Las “líneas de puntos” (1308) de la FIG. 13A indican en qué posiciones rotatorias en la circunferencia del manguito pueden marcarse los píxeles durante una revolución específica del tambor.

A medida que gira el tambor, el cabezal de impresión se desplaza en un movimiento continuo en la dimensión “y” de barrido lento. La distancia “PasoBarridoLento” se indica mediante el signo de referencia 1306 en la FIG. 13A a la FIG. 13J y se corresponde con el movimiento del cabezal de impresión en la dimensión de barrido lento exactamente durante una revolución del tambor. El valor de PasoBarridoLento es una variable de diseño. En el ejemplo mostrado

45 en la FIG. 13A a la FIG. 13J, el valor de PasoBarridoLento equivale a $(2 + 1/3)$ veces el valor de SeparaciónBoquillas. El motivo de esta selección es similar a lo explicado acerca de la selección de la variable PasoBarridoLento en la realización anterior.

50 Mientras gira el manguito, cada boquilla individual (1304) del cabezal de impresión (1302) describe una línea espiral alrededor de su superficie.

La tangente de dicha línea espiral define una dimensión de barrido rápido indicada por el signo de referencia 1307 en la FIG. 13A a la FIG. 13J.

55 La dimensión “x” de barrido rápido no es perpendicular, estrictamente hablando, al eje de la impresora (ni en realidad a la dimensión “y” de barrido lento), sino que más bien tiene un ángulo definido por la expresión arco tangente ($\text{DiámetroManguito} / \text{PasoBarridoLento}$) con respecto a este eje, en la que “DiámetroManguito” es un parámetro que representa el diámetro exterior del manguito.

60 Sin embargo, dado que en una situación típica la proporción de $\text{DiámetroManguito} / \text{PasoBarridoLento}$ es muy grande (por ejemplo, superior a 1000), este ángulo se acerca mucho a los 90 grados. Ello explica por qué la dimensión de barrido rápido en la FIG. 13A a la FIG. 13J parece ser perpendicular al eje del tambor y a la dimensión “y” de barrido lento.

65 Las posiciones del cabezal de impresión 1302 en la FIG. 13A a la FIG. 13J en la dimensión “y” de barrido lento están indicadas mediante números grandes en negrita (que van desde el número 1 de la FIG. 13A al número 11 de la FIG.

13J) justo a la derecha del cabezal de impresión. Los píxeles marcados por el cabezal de impresión reciben un número de orden que se corresponde con el número de revolución.

5 En la parte superior de la FIG. 13A, por ejemplo, la posición del cabezal de impresión junto a la línea de cambio (1301) al inicio de la primera revolución del tambor se indica con el número "1", y un primer conjunto de los elementos de marcado del cabezal de impresión marcan un primer conjunto de píxeles a lo largo de una dimensión de barrido rápido con un "1" como número de orden.

10 El primer conjunto de elementos de marcado define una primera área impresa que tiene una anchura correspondiente a la parte activa del cabezal de impresión.

El signo de referencia 1309 de la FIG. 13A hace alusión a la variable de distancia "PasoMarcaR" entre dos marcas imprimidas consecutivamente en la dimensión "x" de barrido rápido durante la misma revolución del tambor.

15 El valor de PasoMarcaR está relacionado con el valor de los parámetros Circunferencia, FrecuenciaEyección y N.ºRevsporUnidadTiempo, como se indica a continuación:

$$\text{PasoMarcaR} = (\text{Circunferencia} \times \text{N.ºRevsporUnidadTiempo}) / \text{FrecuenciaEyección}$$

20 La parte inferior de la FIG. 13A y la parte superior de la FIG. 13B reflejan el momento en que acaba la primera revolución del tambor y empieza la segunda. Los píxeles marcados con el "1" como número de orden se imprimieron al iniciar la primera revolución con el cabezal de impresión en la posición "1". Dichos píxeles, claro está, "siguen" marcados durante la segunda y las siguientes revoluciones del tambor. Los píxeles marcados con el "2" como número de orden se imprimen durante la segunda revolución con el cabezal de impresión empezando en la posición "2".

25 Dichos píxeles marcados con un "2" definen un segundo conjunto de píxeles a lo largo de la dimensión de barrido rápido marcado por un segundo conjunto de elementos de marcado. Dichos elementos de marcado definen, además, una segunda área impresa que tiene una anchura correspondiente a la parte activa del cabezal de impresión y que solapa parcialmente a la primera.

La diferencia entre la anchura de la primera área y la de la segunda se corresponde con el PasoBarridoLento.

35 Dado que el valor de la variable PasoBarridoLento se seleccionó para que fuera igual a (2+1/3) veces la variable SeparaciónBoquillas, los píxeles con un "2" como número de orden se marcan durante una segunda revolución justo a la derecha de los píxeles con un "1" como número de orden a una distancia (número de referencia 1310) igual a (1/3) × SeparaciónBoquillas en la dimensión "y" de barrido lento. Dicha distancia define el valor de la variable "PasoPíxelLento". La proporción de SeparaciónBoquillas/PasoPíxelLento define el valor de la variable "FactorEntrelazado".

40 El valor de FactorEntrelazado se corresponde con el aumento de la resolución de impresión en la dimensión de barrido lento resultante de seleccionar un valor particular de PasoBarridoLento en relación con el valor de la variable SeparaciónBoquillas. En el ejemplo mostrado en la FIG. 13A a la FIG. 13J, el valor de FactorEntrelazado es igual a 3.

45 En general, la selección de un valor para la variable FactorEntrelazado se basa en los mismos argumentos que en la realización anterior.

50 De igual modo, puede definirse una variable "FactorSolapamientoParcial" para aumentar la resolución en la dimensión de barrido rápido. La variable FactorSolapamientoParcial determina cuántos píxeles adicionales se marcan entre dos píxeles que se marcarán posteriormente en la dimensión de barrido rápido durante una única revolución. Por tanto, la selección de la variable FactorSolapamientoParcial define una variable "PasoPíxelRápido" que se corresponde con la distancia en la dimensión de barrido rápido entre dos píxeles cercanos. Concretamente:

$$\text{PasoPíxelRápido} = \text{PasoMarcaR} / \text{FactorSolapamientoParcial}$$

En general, la selección de un valor para la variable FactorSolapamientoParcial se basa en los mismos argumentos que en la realización anterior.

60 En el ejemplo de la FIG. 13A a la FIG. 13J, se seleccionó un FactorSolapamientoParcial igual al valor del FactorEntrelazado. Concretamente:

$$\text{FactorSolapamientoParcial} = \text{FactorEntrelazado} = 3.$$

65 En general, la selección de un valor para la variable N.ºRevsporUnidadTiempo se basa en argumentos similares a los del cálculo del valor de la variable VelocidadBarridoRápido en la realización anterior. Concretamente:

$N.^{\circ} \text{Revs por Unidad Tiempo} = \text{Paso Píxel Rápido} \times \text{Factor Solapamiento Parcial} \times \text{Frecuencia Eyección} / \text{Circunferencia}$

5 En la realización mostrada en la FIG. 13A a la FIG. 13J, se seleccionó un valor para la variable PasoMarcaR a fin de que cumpliera las siguientes limitaciones adicionales, en el que "N.º" es un número entero:

$$N.^{\circ} \times \text{PasoMarcaR} = \text{Circunferencia} + \text{PasoMarcaR} \times (4/9)$$

10 La distancia $N.^{\circ} \times \text{PasoMarcaR}$ está indicada por el signo de referencia 1312 de la FIG. 13A.

Esta selección particular de PasoMarcaR tiene el efecto de que, en la FIG. 13A, un píxel marcado con un "2" durante la segunda revolución tiene una posición que es $\text{PasoMarcaR} \times (4/9)$ más baja (indicada por el signo de referencia 1311) en la orientación "x" de barrido rápido que la posición de un píxel marcado "1" durante la primera revolución.

15 De igual modo, un píxel marcado con un "3" durante una tercera revolución tiene una posición que es $\text{PasoMarcaR} \times (4/9)$ inferior en la dimensión de barrido rápido con respecto a un píxel marcado con un "2" durante una segunda revolución del tambor. Este cambio de fase se acumula con el cambio de fase introducido durante la segunda revolución, de manera que el cambio de fase total con respecto a los píxeles marcados con un "1" equivale a $\text{PasoMarcaR} \times (8/9)$.

20 Este cambio de fase de $\text{PasoMarcaR} \times (4/9)$ en la dimensión de barrido rápido entre los píxeles marcados durante una revolución anterior y una revolución anterior se repite y el cambio de fase total se continúa acumulando, tal y como se demuestra en la FIG. 13A a la FIG. 13J.

25 Durante la cuarta revolución (parte inferior de FIG. 13C), el cambio de fase acumulado de los píxeles marcados con un "4", comparado con el de los píxeles marcados con un "1", es igual a $\text{PasoMarcaR} \times (12/9)$. Dado que en este ejemplo el FactorSolapamientoParcial es igual a 3, la variable $\text{PasoMarcaR} = 3 \times \text{Paso Píxel Rápido}$. Ello significa que, durante la cuarta revolución, se marcan los píxeles que tienen una posición que es exactamente PasoPíxelRápido inferior a la posición de los píxeles marcados con un "1". Es decir: durante la cuarta revolución, el cambio de fase en la dimensión de barrido rápido se ha acumulado a una posición de píxel completa.

30 También en general, tras cada revolución posterior, se marcan los píxeles en posiciones que son $\text{Paso Píxel Lento} = \text{Separación Boquillas} / \text{Factor Entrelazado}$ desplazado a la derecha en comparación con los píxeles marcados durante la anterior revolución. Una consecuencia de esto es que en cada revolución de FactorEntrelazado se marcan los píxeles ubicados en la misma línea espiral. Por ejemplo, en la parte inferior de FIG. 13C, los píxeles marcados con un "4" durante la cuarta revolución se imprimen en la misma línea espiral que los píxeles marcados con un "1", que se imprimieron durante la primera revolución.

35 También en general, tras cada revolución de FactorEntrelazado, se marcan los píxeles en posiciones que son exactamente $\text{Paso Píxel Rápido} = \text{PasoMarcaR} / \text{Factor Solapamiento Parcial}$ debajo de los píxeles marcados en la misma línea espiral durante la anterior revolución.

40 Por ejemplo, en la parte inferior de la FIG. 13D, los píxeles marcados con un "4" tienen una posición que es exactamente $\text{PasoMarcaR} / 3$ inferior a los píxeles marcados con un "1" en la misma línea espiral.

Las observaciones anteriores explican la limitación adicional para PasoMarcaR mencionada anteriormente. En general, esta limitación adicional puede formularse como sigue:

$$50 \quad N.^{\circ} \times \text{PasoMarcaR} = \text{Circunferencia} + \text{PasoMarcaR} \times (\text{Factor Entrelazado} + 1) / (\text{Factor Entrelazado} \times \text{Factor Solapamiento Parcial})$$

en el que "N.º" es un número entero preferiblemente seleccionado para que PasoMarcaR se aproxime mucho al valor de PasoMarcaR obtenido mediante la fórmula:

$$55 \quad \text{PasoMarcaR} = \text{Paso Píxel Rápido} \times \text{Factor Solapamiento Parcial}$$

Esta limitación adicional para el valor de PasoMarcaR se logra fácilmente ajustando ligeramente el valor de la variable $N.^{\circ} \text{Revs por Unidad Tiempo}$ o de FrecuenciaEyección.

60 En la parte inferior de la FIG. 13H se puede ver que, al principio de la novena revolución, el cabezal de impresión se encuentra en la posición "9" y está imprimiendo los píxeles marcados con un 9 como número de orden. Se aprecia, además, que los números de orden de los píxeles marcados forman un patrón de paquetes muy similares al paquete mostrado en la FIG. 10 y que se ha creado también mediante la secuencia de impresión mostrada en la FIG. 8 y en la FIG. 9. La diferencia entre el patrón de paquetes creado en la FIG. 8 y en la FIG. 9 y el patrón de paquetes creado en la FIG. 13A a la FIG. 13J radica en que los paquetes de la FIG. 13H están ligeramente desviados en la dimensión

de barrido rápido (a lo largo de una distancia de $\text{PasoPixelRápido} = \text{PasoMarcaR}/\text{FactorEntrelazado}$) en comparación con los paquetes de la FIG. 8 y de la FIG. 9.

5 Dicha desviación, sin embargo, no afecta a las características principales del patrón de paquetes. Por ejemplo, al igual que ocurre en la FIG. 8 y en la FIG. 9, las cadenas diagonales de píxeles marcados (signo de referencia 1330 en la FIG. 13J), en combinación con un curado parcial, promueven la formación de paredes de tinta parcialmente solidificada que limitan la migración de las gotitas de tintas durante posteriores revoluciones.

10 Asimismo, al igual que ocurre en la FIG. 8 y en la FIG. 9, el orden específico en el que se marcan los píxeles difumina los defectos de calidad de imagen relacionados con la boquilla.

15 Tras la novena revolución se completa una porción de la primera capa intermedia (región 1340 de la FIG. 13H). Durante la décima revolución, el cabezal de impresión se encuentra en la posición 10 y se marcan con un "10" como número de orden los píxeles que caen exactamente encima de los píxeles marcados anteriormente con un "1" (región 1341 de la FIG. 13I). Dichos píxeles recién marcados pertenecen a una segunda capa intermedia.

20 Más concretamente, en la zona de solapamiento comprendida entre el área en la que los píxeles están marcados con un "1" y el área en la que los píxeles están marcados con un "2", los píxeles marcados con un "10" pertenecen a una primera capa intermedia.

Análogamente a lo mostrado en la FIG. 8 y la FIG. 9, la reconstrucción de las capas intermedias inferiores continua durante las posteriores revoluciones, a la vez que se crean capas adicionales encima de dichas capas intermedias inferiores.

25 Dado que los píxeles de las capas intermedias inferiores se imprimen con diferentes boquillas a las utilizadas para imprimir los píxeles de las capas superiores, el método mostrado en la FIG. 13A a la FIG. 13J logra también una difusión de los defectos de calidad de imagen relacionados con la boquilla.

30 *Reconstrucción de la matriz de impresión en relieve (tercera realización, véase FIG. 7, FIG. 11 y FIG. 12)*

La FIG. 11 representa una proyección plana de la superficie del relieve flexográfico imprimido sobre la capa de soporte 720, que se muestra en la FIG. 7.

35 El signo de referencia 1101 corresponde a la dimensión "y" de barrido lento. La distancia 1105 corresponde a la longitud de la circunferencia del manguito y posee un valor igual a "Circunferencia".

El signo de referencia 1106 corresponde a la distancia "SeparaciónBoquillas" a lo largo de la dimensión de barrido lento entre dos boquillas adyacentes

40 El signo de referencia 1103 corresponde a la línea de cambio. Su función es la misma que la de la línea de cambio de la FIG. 13A a la FIG. 13J.

45 A los píxeles marcados sobre la superficie impresa se les ha asignado el número de fila 1110 y el número de columna 1111. A diferencia de la FIG. 13A a la 13B, todos los píxeles están dispuestos sobre una cuadrícula rectangular.

El signo de referencia 1107 corresponde a la distancia "PasoMarcaR" entre dos marcas del cabezal de impresión impresas consecutivamente durante la misma revolución.

50 De la misma manera que en la realización anterior, su valor está relacionado con los valores de la longitud de la circunferencia, la frecuencia de eyección y la velocidad de rotación del tambor.

Al igual que en la realización anterior, la resolución de impresión aumenta en un factor de FactorEntrelazado en la dimensión de barrido lento y en un factor de FactorSolapamientoParcial en la dimensión de barrido rápido.

55 En la FIG. 11 y en la FIG. 12, los valores de FactorEntrelazado y FactorSolapamientoParcial son iguales a tres.

60 Las relaciones y consideraciones del diseño con respecto a SeparaciónBoquillas, PasoMarcaR, FactorEntrelazado y FactorSolapamientoParcial concuerdan con los conceptos abordados en las realizaciones anteriores.

65 Las líneas de puntos 1112 de la FIG. 11 indican en qué filas se marcan los píxeles durante una revolución específica. Durante la primera revolución (indicada mediante un número "1" grande en negrita) del tambor, los píxeles que se marcan reciben un 1 como número de orden. A diferencia de la FIG. 8 y de la FIG. 9, estos píxeles no se imprimen sobre un línea paralela a la dimensión "x" de barrido rápido. En cambio, dado que el cabezal de impresión se desplaza continuamente hacia la derecha en la dimensión de barrido lento durante una revolución, se imprimen los píxeles paralelos a una línea inclinada (1120). En las filas con los números 1, 4 y 7, solo se marca un

píxel. Sin embargo, como el cabezal de impresión está en constante movimiento en la orientación de barrido lento, una segunda boquilla entra en juego para marcar un píxel adicional en la fila 10. Cuando se alcanza la fila con el número de índice 19, las boquillas pueden marcar tres píxeles en las columnas con los índices 1, 4 y 7.

5 Cuando el tambor ha finalizado una primera revolución, sigue girando con la misma velocidad angular y el paso de las líneas de puntos 112 continúan también sin que cambie su frecuencia o fase.

Los píxeles marcados durante la segunda revolución (indicada con un número "2" grande en negrita en la FIG. 11) recibe un 2 como número de orden. Tal y como se indica en la FIG. 11, los píxeles marcados con un número de orden 1, obviamente, "siguen" marcados durante la segunda revolución. En términos más generales, los píxeles que se imprimen durante la siguiente revolución se añaden a los píxeles ya impresos durante cualquiera de las revoluciones anteriores.

10 En la FIG. 11, el signo de referencia 1121 ("PasoBarridoLento") equivale a la distancia medida en la dimensión de barrido lento entre el primer píxel marcado con un número de orden 1 durante la primera revolución y el primer píxel marcado con un número de orden 2 durante la segunda revolución. Se seleccionó dicha distancia para que fuera igual a $2+1/3$ veces el valor de SeparaciónBoquillas. El efecto de incluir una fracción de $1/3$ del PasoBarridoLento es que los píxeles marcados durante una revolución posterior se colocan en una columna que tiene $1/3$ del valor de SeparaciónBoquillas a la derecha de la posición de la columna a la que pertenecen los píxeles que se marcaron en la revolución anterior. Ello explica, además, por qué en la FIG. 11 el FactorEntrelazado es igual a tres. Las consideraciones de diseño relativas a la sección de un valor para la variable PasoBarridoLento concuerdan además con los conceptos abordados en las realizaciones anteriores.

15 En la FIG. 11, los píxeles marcados con un "2" durante la segunda revolución están colocados a una distancia (1108) inferior a la de la posición de los píxeles marcados con un "1" durante la primera revolución. Dicha distancia 1108 (denominada "CambioRápido") es exactamente $1/3$ del valor de PasoMarcaR. En general, los píxeles marcados durante la siguiente revolución poseen una posición que es PasoMarcaR/FactorSolapamientoParcial inferior en la dimensión de barrido rápido que la posición de los píxeles marcados en una rotación anterior. El efecto de esta selección es que la resolución de impresión en la dimensión de barrido rápido aumenta en un factor igual a FactorSolapamientoParcial.

20 El valor de CambioRápido es una variable de diseño relacionada con los valores de Circunferencia, PasoMarcaR y FactorSolapamientoParcial. Concretamente:

35
$$\text{CambioRápido} = \text{PasoMarcaR} / \text{FactorSolapamientoParcial}$$

en el que:

40
$$1/\text{FactorSolapamientoParcial} = 1 - \text{FRAC}(\text{Circunferencia} / \text{PasoMarcaR})$$

o bien sustituyendo PasoMarcaR y calculando la siguiente ecuación:

$$1/\text{FactorSolapamientoParcial} = 1 - \text{FRAC}(\text{FrecuenciaEyección} / \text{N.ºRevsporUnidadTiempo})$$

45 (FRAC hace referencia a una función matemática que toma la parte fraccional de un número real)

En la ecuación anterior, FrecuenciaEyección y FactorSolapamientoParcial están determinados por limitaciones técnicas y N.ºRevsporUnidadTiempo se ajusta (con respecto a su valor original) al valor más cercano disponible para cumplir la ecuación anterior.

50 En resumen, el efecto combinado de la selección de los valores de 1107 (PasoMarcaR) y de 1121 (PasoBarridoLento) consiste en que, durante la siguiente revolución, los píxeles se marcan justo a la izquierda y justo debajo de los píxeles marcados durante una revolución anterior.

55 El paso 1122 (no debe confundirse con el PasoBarridoLento 1121) se define como la distancia que recorre un cabezal de impresión en la dimensión de barrido lento durante exactamente una revolución. Como puede verse en la FIG. 11, el valor 1122 de este paso no es, en principio, igual al valor de PasoBarridoLento 1121, sino ligeramente inferior.

60 La reconstrucción de una primera capa intermedia continúa durante las siguientes revoluciones. Debido a que durante cada revolución los píxeles adyacentes siempre se marcan mediante boquillas diferentes, este método consigue una buena dispersión espacial en la dimensión "x" de barrido rápido y en la dimensión "y" de barrido lento de variaciones correlacionadas con las boquillas individuales.

65 La FIG. 12 muestra cómo se han marcado los píxeles tras la octava y la novena revolución. La figura demuestra que los píxeles marcados durante revoluciones posteriores forman cadenas diagonales continuas e intercaladas, como

las cadenas marcadas con el signo de referencia 1210, por ejemplo. Dichas cadenas diagonales e intercaladas, en combinación con un curado parcial, forman paredes de tinta parcialmente solidificada que limitan la migración de las gotitas de tinta impresas en posteriores revoluciones.

- 5 La FIG. 12 muestra, además, la primera fila de píxeles marcados en la décima revolución y también cómo se imprime un primer píxel de la segunda capa intermedia. Como puede verse, el primer píxel marcado "10" de esta siguiente (segunda) capa intermedia se imprime encima del primer píxel de la anterior (primera) capa intermedia. Dado que los píxeles que se imprimen uno encima de otro se imprimen con boquillas diferentes, el método según la presente invención dispersa parcialmente variaciones correlacionadas con boquillas individuales en la dimensión "z".
- 10 Ello da lugar a una mejor uniformidad y regularidad de la matriz de impresión reconstruida.

Reconstrucción de la matriz de impresión en relieve - Generalización

- 15 En la explicación anterior se detallan varias realizaciones de la invención, así como la manera en la que la invención consigue sus objetos. Sin embargo, resultará evidente para una persona versada en la técnica que existen numerosas modificaciones que logran los mismos objetos y que usan los mismos principios inventivos que las realizaciones preferidas. Estas variaciones entran dentro del ámbito de la presente solicitud.

- 20 Por ejemplo, los valores específicos utilizados para variables tales como PasoPíxelRápido, PasoPíxelLento, PasoBarridoLento, PasoMarcaR, SeparaciónBoquillas, FrecuenciaEyección, N.ºdeBoquillasEfectivas, FactorEntrelazado, FactorSolapamientoParcial, N.ºBoquillas, N.ºRevporUnidadTiempo, número de capas, volumen de gotita, etc. sirven principalmente para explicar las diversas realizaciones de la invención en la presente aplicación. Dichos valores no deberían ser interpretados de manera que limiten el ámbito de la invención.

- 25 Mientras que se han incluido en esta aplicación una realización preferida y dos realizaciones adicionales que utilizan el mismo concepto inventivo para reconstruir una matriz de impresión, ello no descarta la existencia de otras realizaciones que utilicen también el mismo concepto inventivo y que entren dentro del mismo ámbito que la presente solicitud.

- 30 Asimismo, mientras que se ha descrito la presente invención en el contexto de la creación de una matriz de impresión en relieve, pueden utilizarse los mismos conceptos inventivos para la reconstrucción de objetos tridimensionales. La impresión de dichos objetos utilizando los conceptos inventivos descritos también entran dentro del ámbito de la presente solicitud.

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la impresión de una imagen tridimensional con píxeles (10, 410) en una dimensión "x" de barrido rápido, una dimensión "y" de barrido lento y una dimensión "z", ortogonal a las dimensiones "x" e "y", sobre una superficie imprimible (520, 620, 720) mediante un cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810) equipada con boquillas (1304, 811), comprendiendo dicho método las siguientes etapas:
 10 - subdivisión de la imagen tridimensional en múltiples capas intermedias bidimensionales (210, 211) paralelas a las dimensiones "x" e "y";
 - impresión de las capas intermedias (210, 211) una encima de otra en la dimensión "z",
 en el que la etapa de impresión de las capas intermedias (210, 211) se caracteriza por la impresión de al menos dos píxeles adyacentes (10, 410) en la dimensión "z" mediante una boquilla distinta (1304, 811) del cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810) y de al menos dos píxeles adyacentes en la dimensión "x" de barrido rápido y la dimensión "y" de barrido lento mediante una boquilla distinta del cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810).
- 20 2. Método para la impresión de una imagen tridimensional según la reivindicación 1, en el que la etapa de impresión se caracteriza por la impresión simultánea de múltiples capas intermedias (210, 211) mediante un conjunto distinto de boquillas (1304, 811) del cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810).
- 25 3. Método para la impresión de una imagen tridimensional según la reivindicación 1, en el que la etapa de impresión incluye una etapa adicional que comprende el curado parcial, en una primera ubicación, de la capa intermedia (210, 211) impresa mediante un primer conjunto de boquillas del cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810).
- 30 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la imagen tridimensional se imprime en una superficie cilíndrica.
- 5 5. Método según la reivindicación 4, en el que la imagen impresa abarca sin juntas la circunferencia de la superficie cilíndrica.
- 35 6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la imagen tridimensional representa una matriz de impresión en relieve.
- 40 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprenda además las siguientes etapas:
 - división de la imagen en paquetes rectangulares contiguos (890) a lo largo de las dimensiones "x" e "y";
 - definición del orden de impresión para imprimir los píxeles (10, 410) en un paquete (890);
 - impresión de los píxeles (10, 410) del paquete según el orden de impresión.
- 45 8. Sistema de impresión para la impresión de una imagen tridimensional con píxeles en una dimensión "x" de barrido rápido, una dimensión "y" de barrido lento y una dimensión "z", ortogonal a las dimensiones "x" e "y", sobre una superficie imprimible, comprendiendo dicho sistema
 a) medios de subdivisión de la imagen tridimensional en múltiples capas intermedias bidimensionales (210, 211) paralelas a las dimensiones "x" e "y",
 b) un cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810) equipado con boquillas (1304, 811) para la impresión de las capas intermedias una encima de otra en la dimensión "z",
 50 caracterizado por
 c) medios para configurar el sistema de impresión de manera que se imprimen al menos dos píxeles adyacentes (10, 410) en la dimensión "z" mediante una boquilla distinta del cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810) y al menos dos píxeles adyacentes a lo largo de la dimensión "x" de barrido rápido y la dimensión "y" de barrido lento mediante una boquilla distinta (1304, 811) del cabezal de impresión por inyección de tinta (1302, 510, 630, 730, 810).
- 55 9. Sistema de impresión según la reivindicación 8 que comprende adicionalmente una fuente de curado (610) para el curado parcial de una capa intermedia impresa.
- 60 10. Sistema de impresión según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, que comprende una capa de soporte (220) como superficie cilíndrica en la que se imprime la imagen tridimensional.
- 65 11. Sistema de impresión según la reivindicación 10, en el que la imagen tridimensional abarca sin juntas la superficie cilíndrica.

12. Sistema de impresión según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que la imagen tridimensional representa una matriz de impresión en relieve.

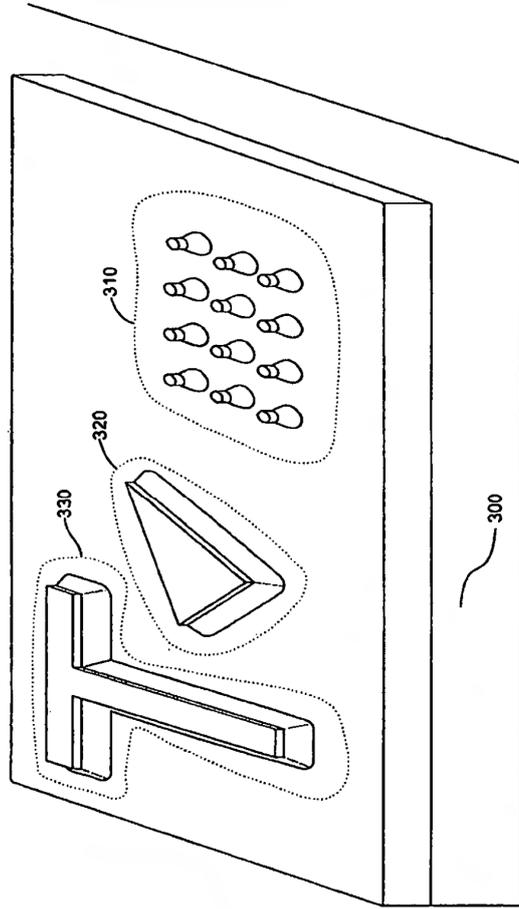


FIG. 3

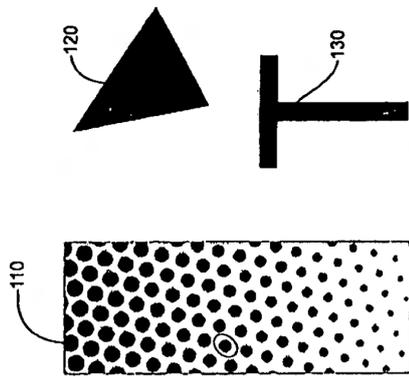


FIG. 1

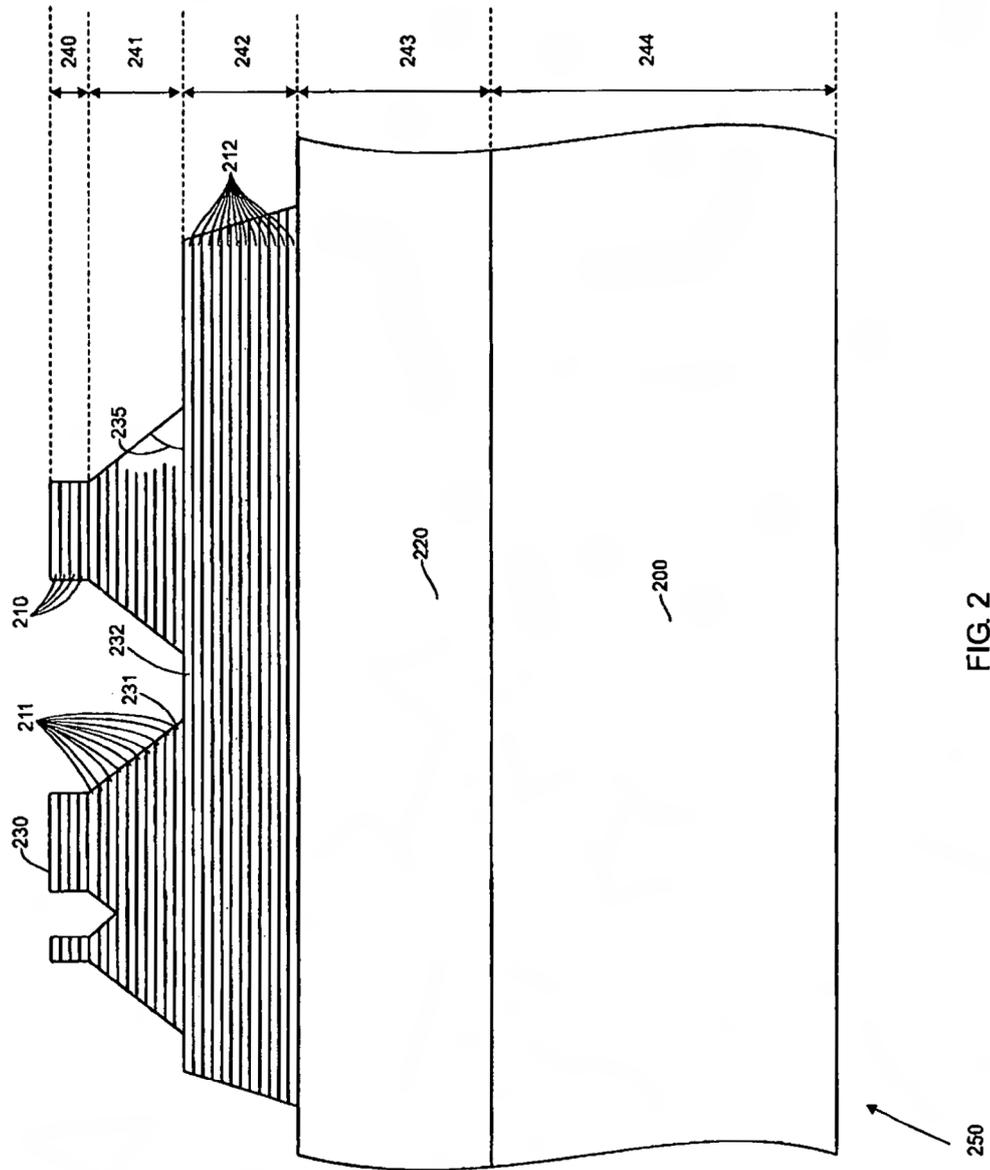


FIG. 2

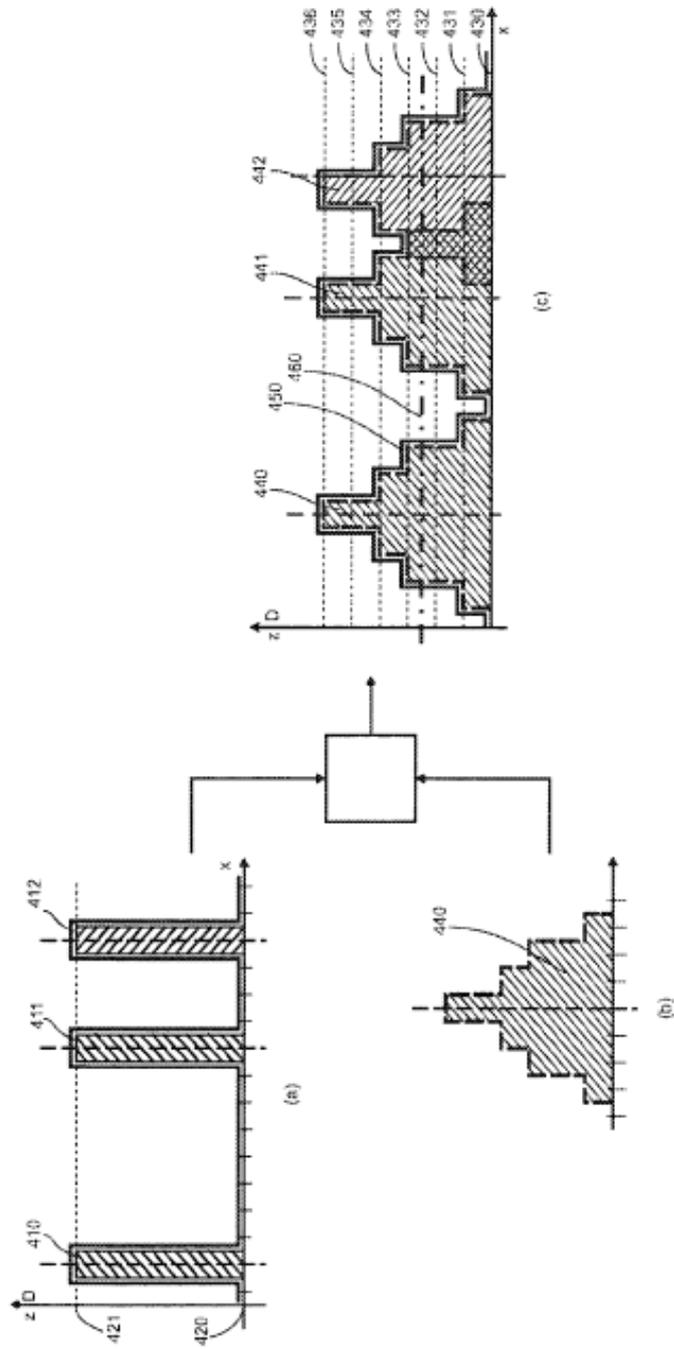


FIG. 4

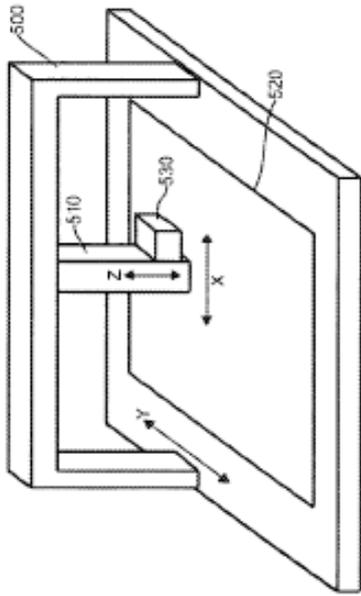


FIG. 5

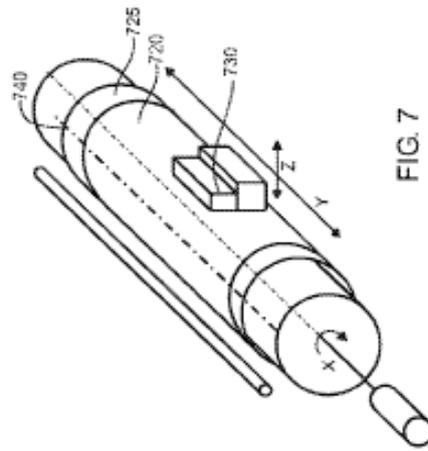


FIG. 7

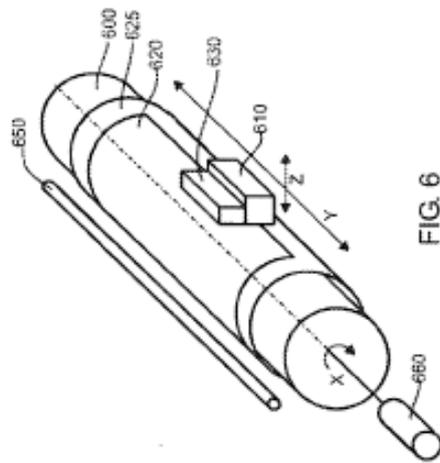


FIG. 6

1	8	6
4	2	9
7	5	3

FIG. 10

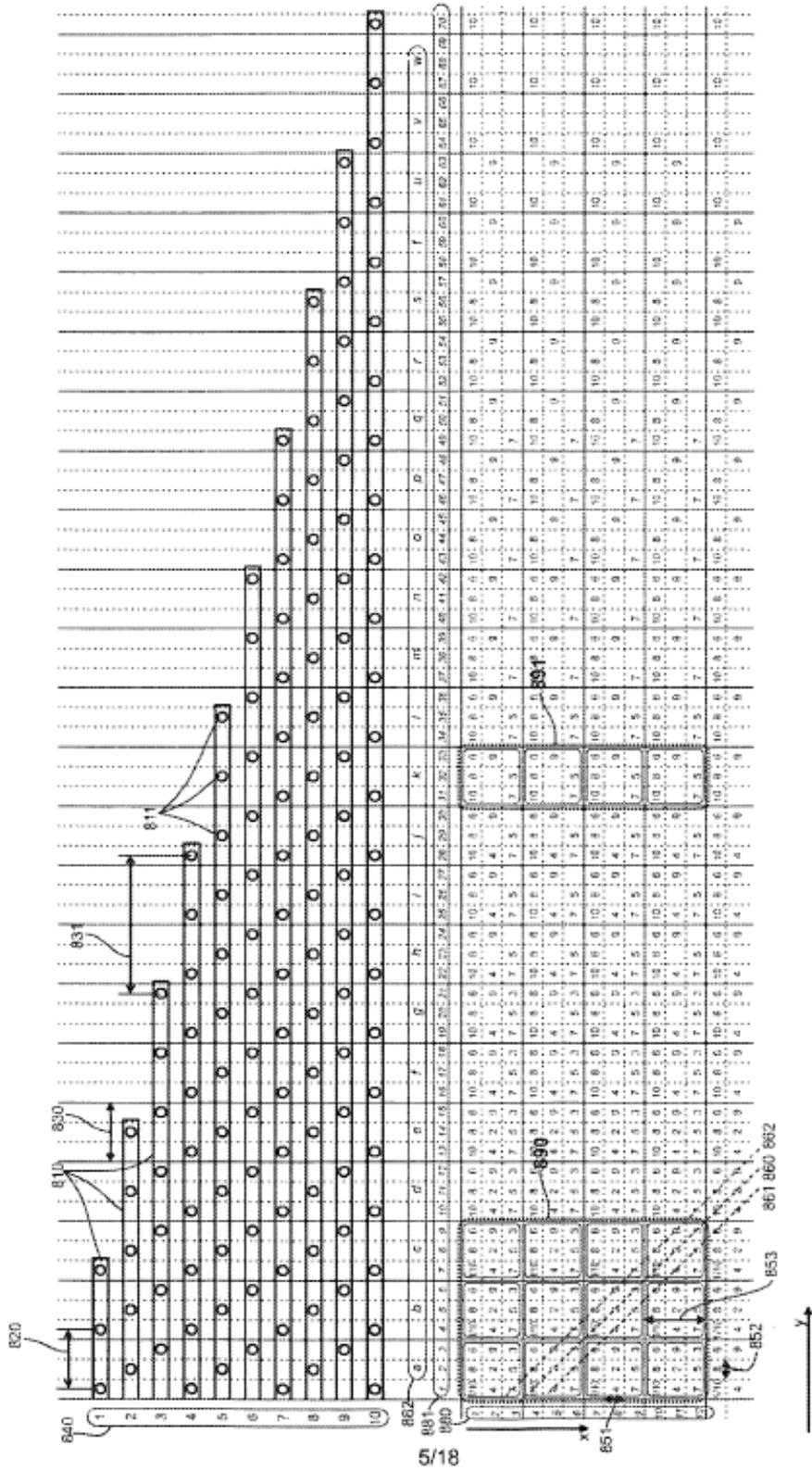
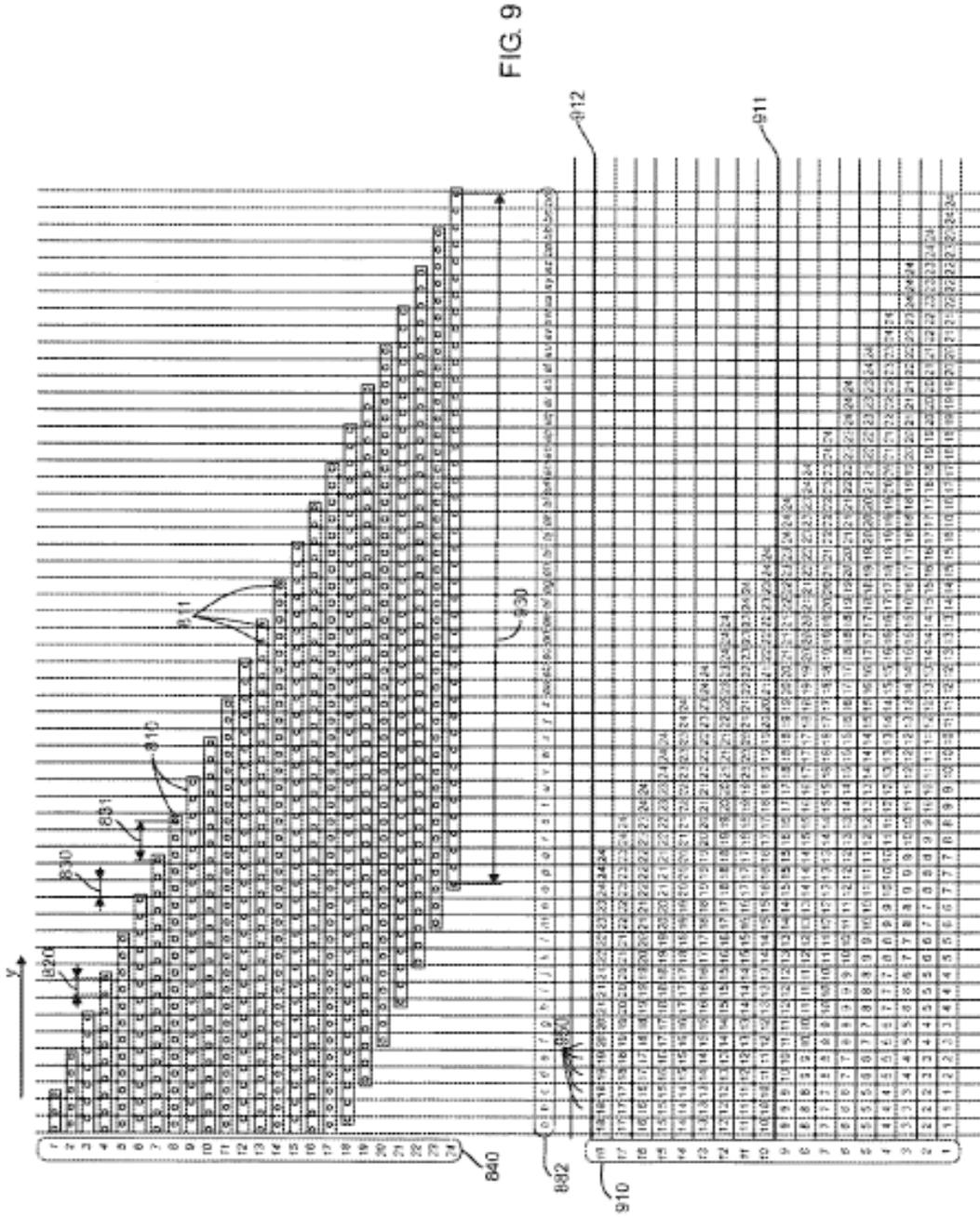
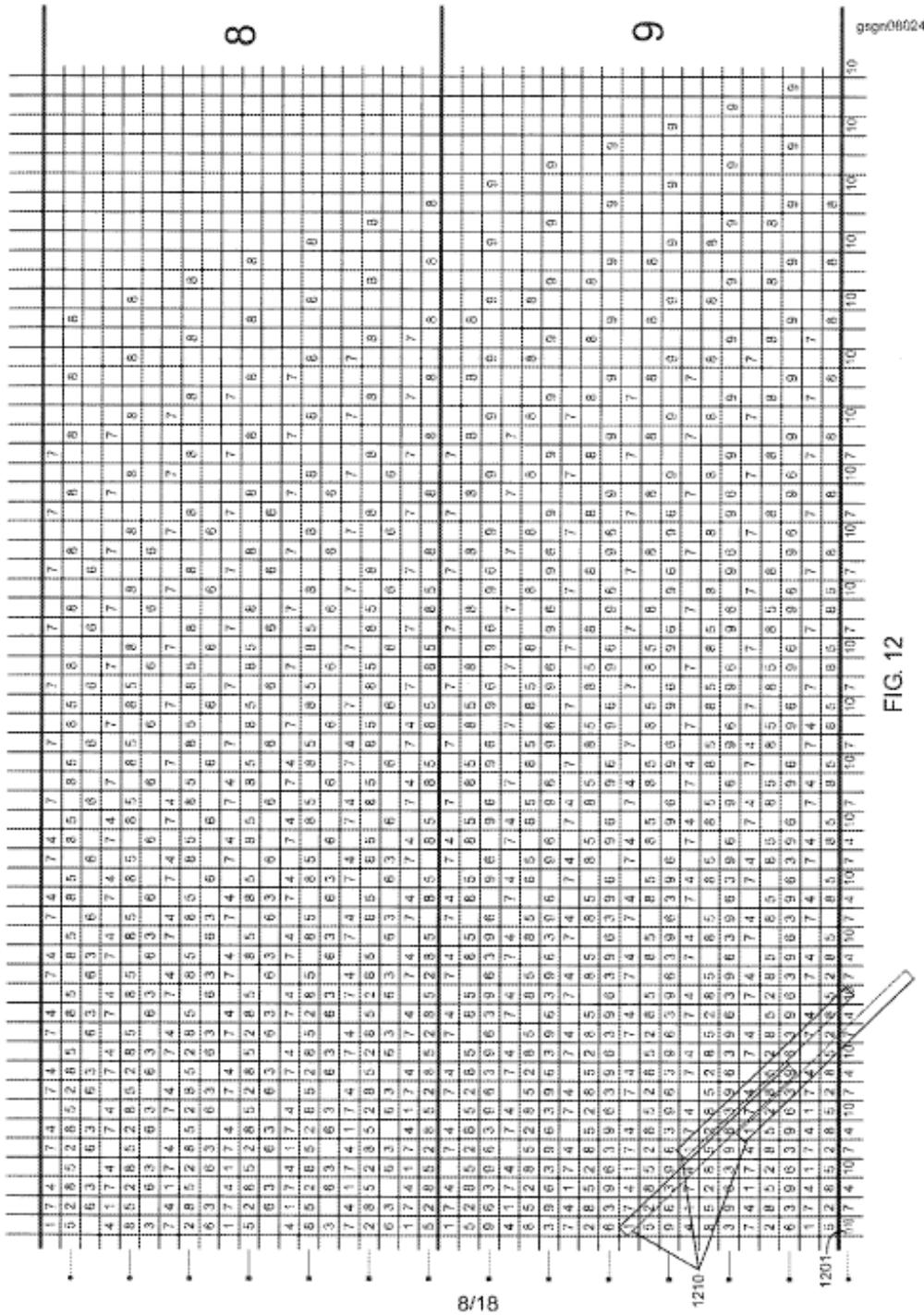


FIG. 8





gsm08024

FIG. 12

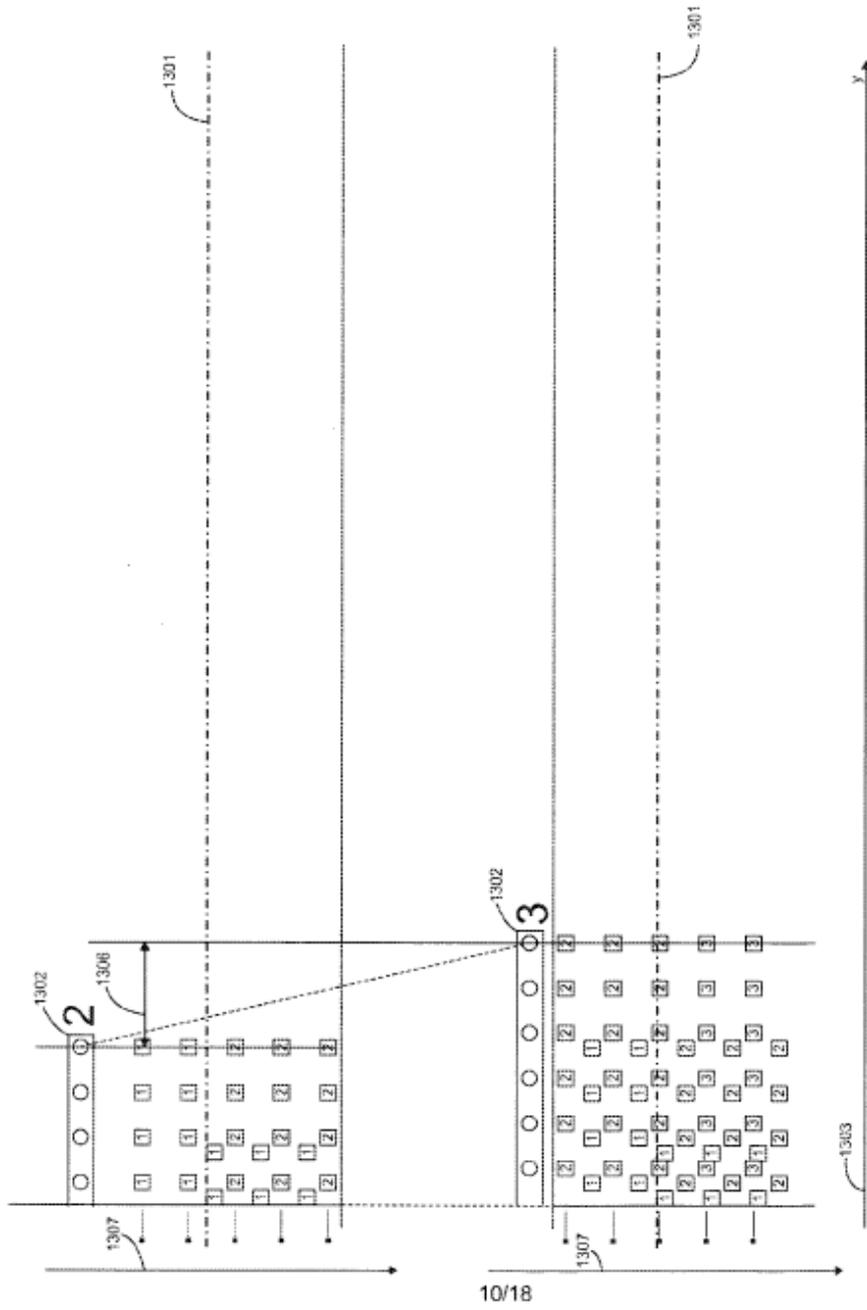


FIG. 13B

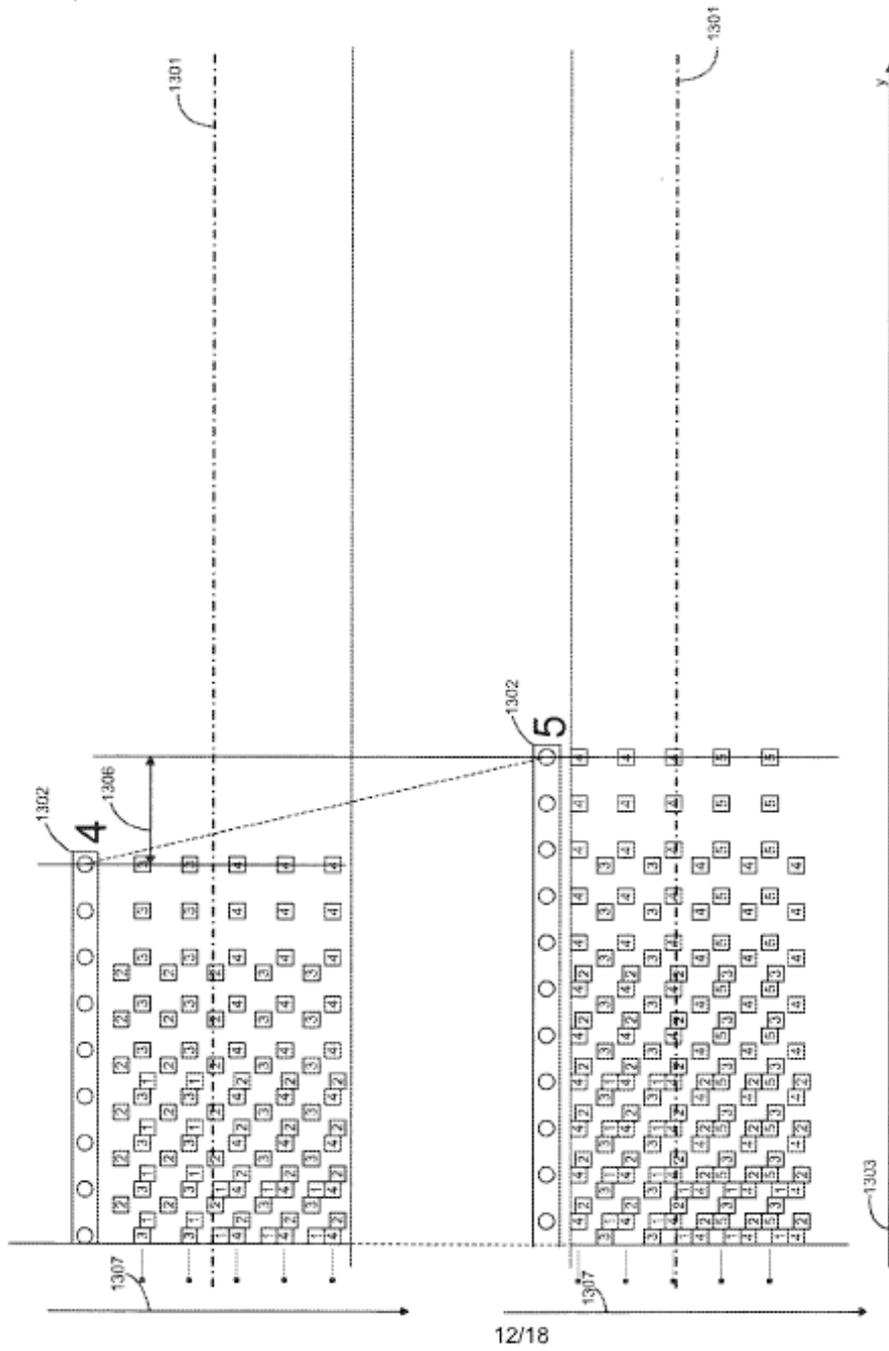


FIG. 13D

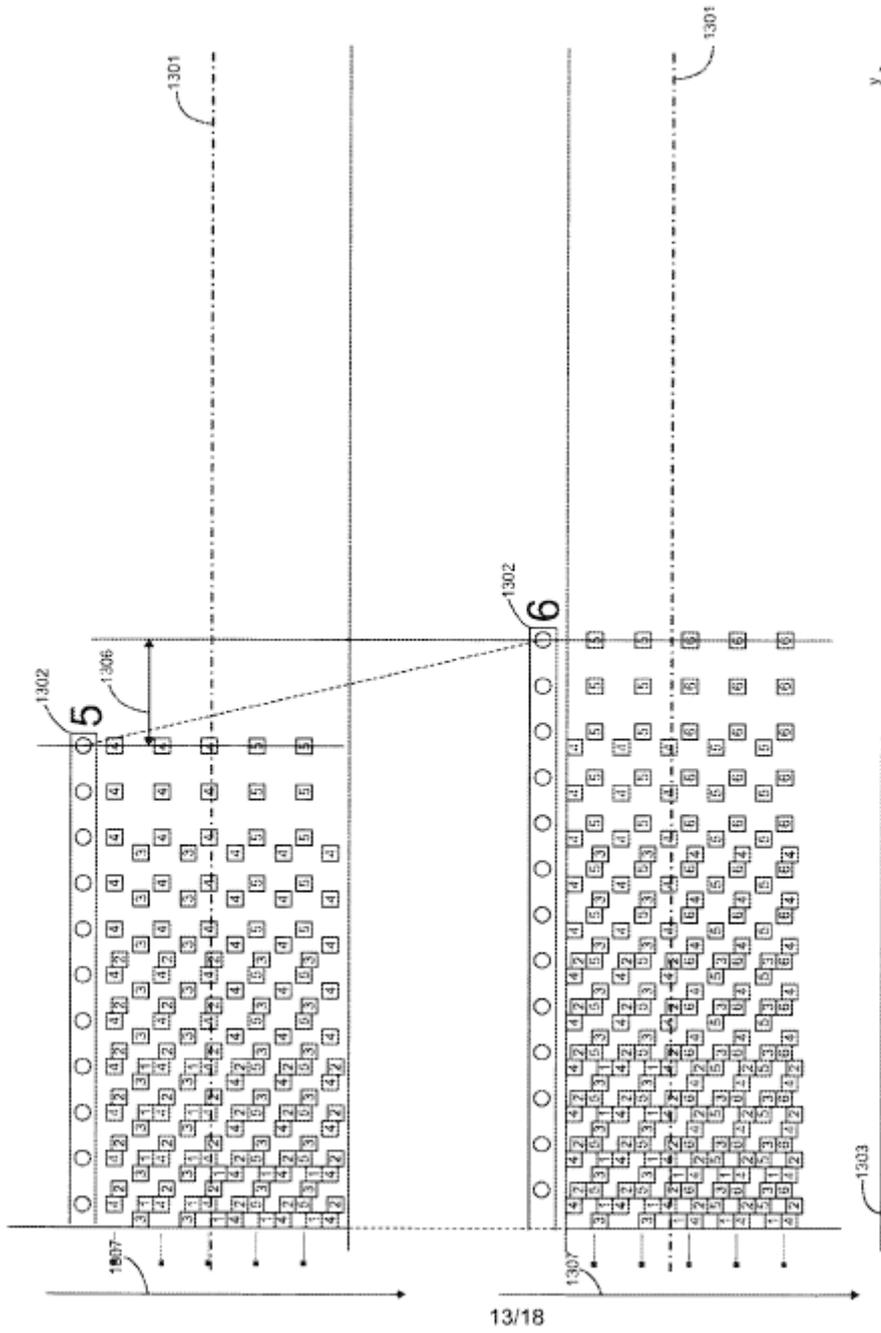


FIG. 13E

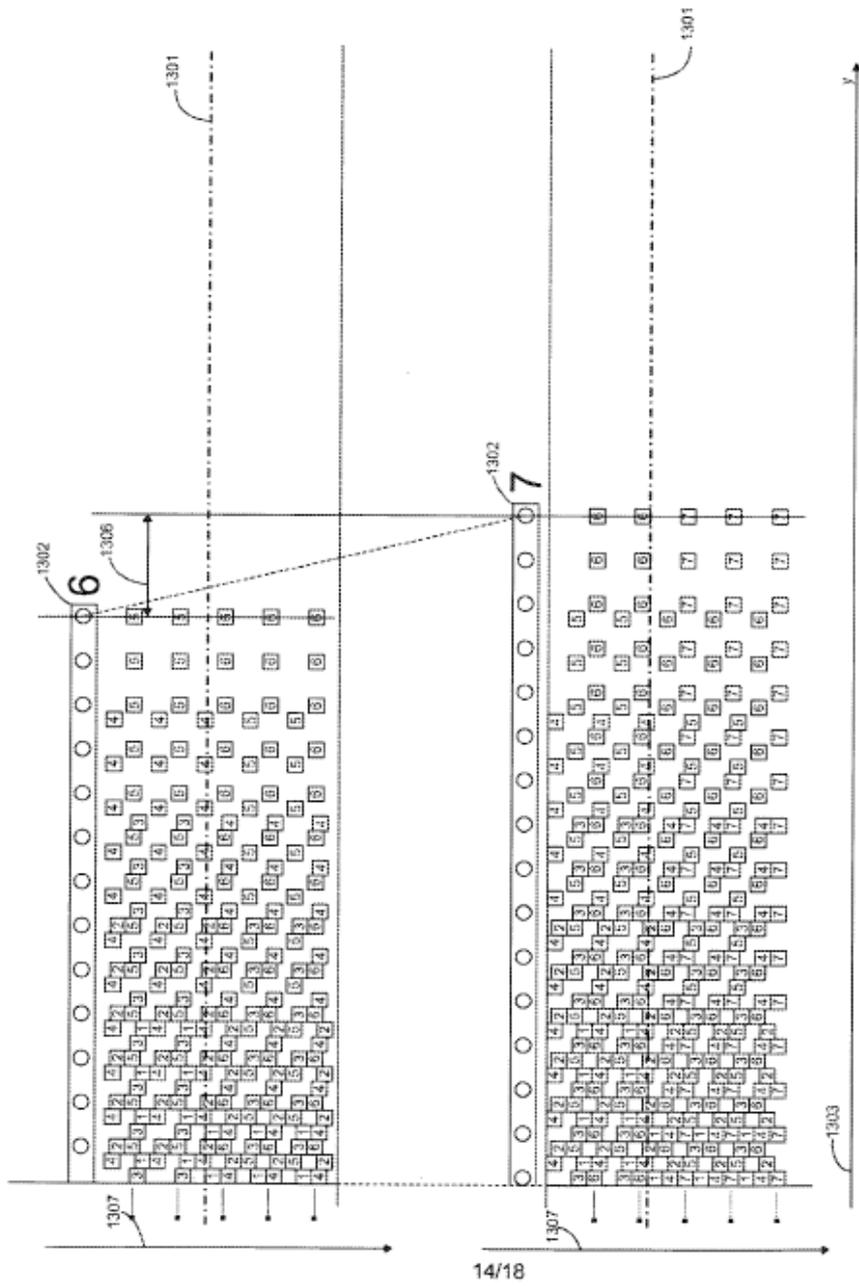


FIG. 13F

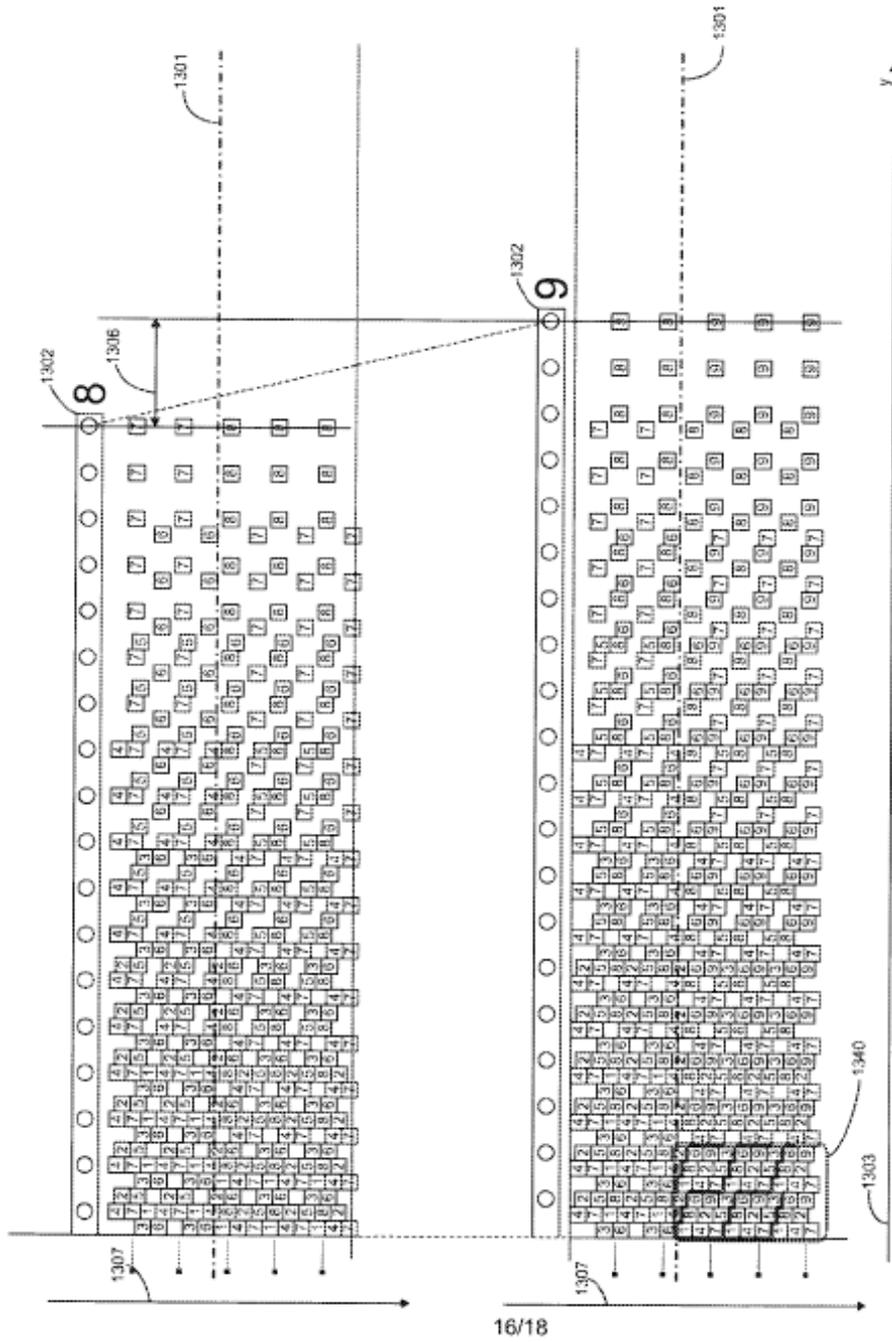


FIG. 13H

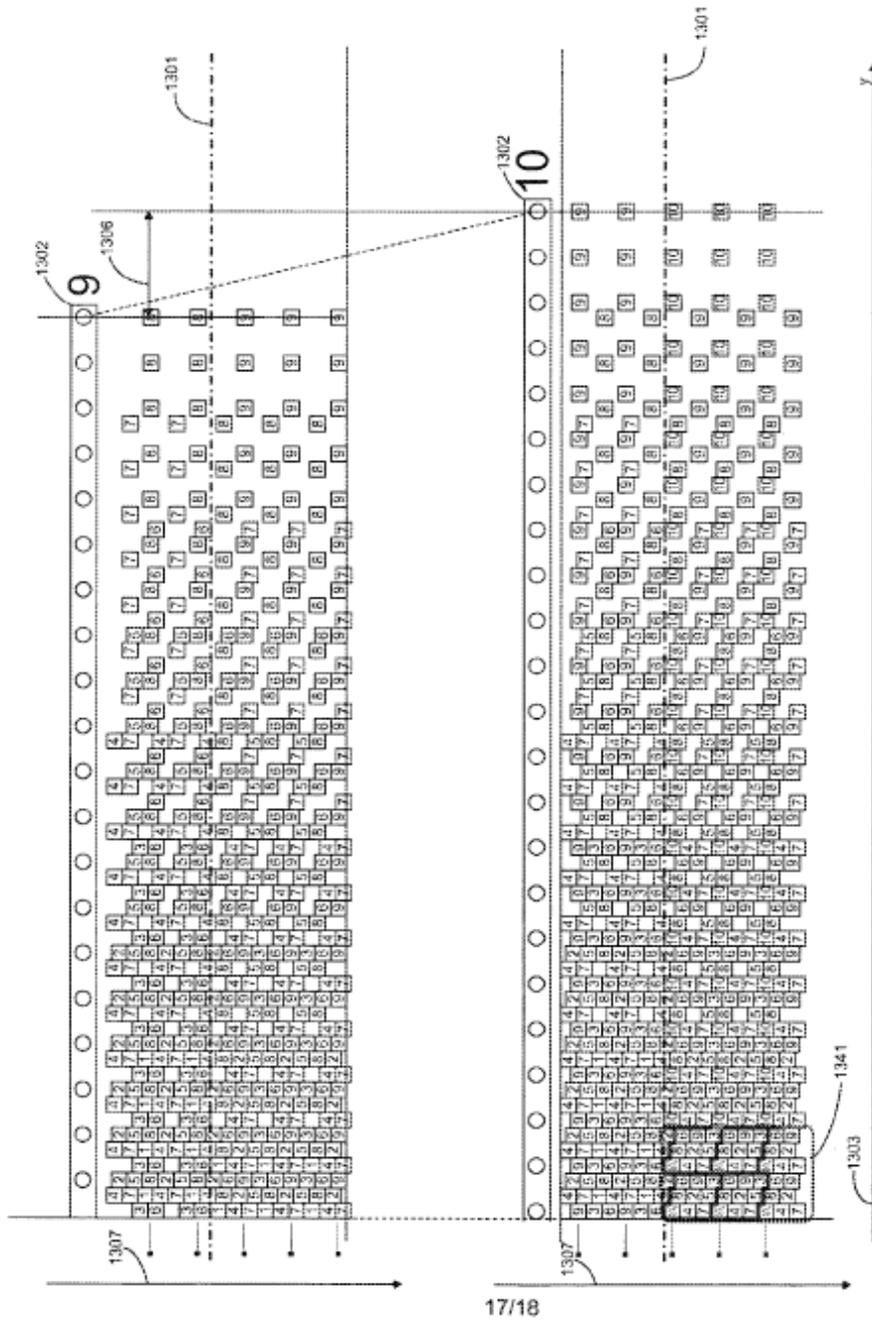


FIG. 131

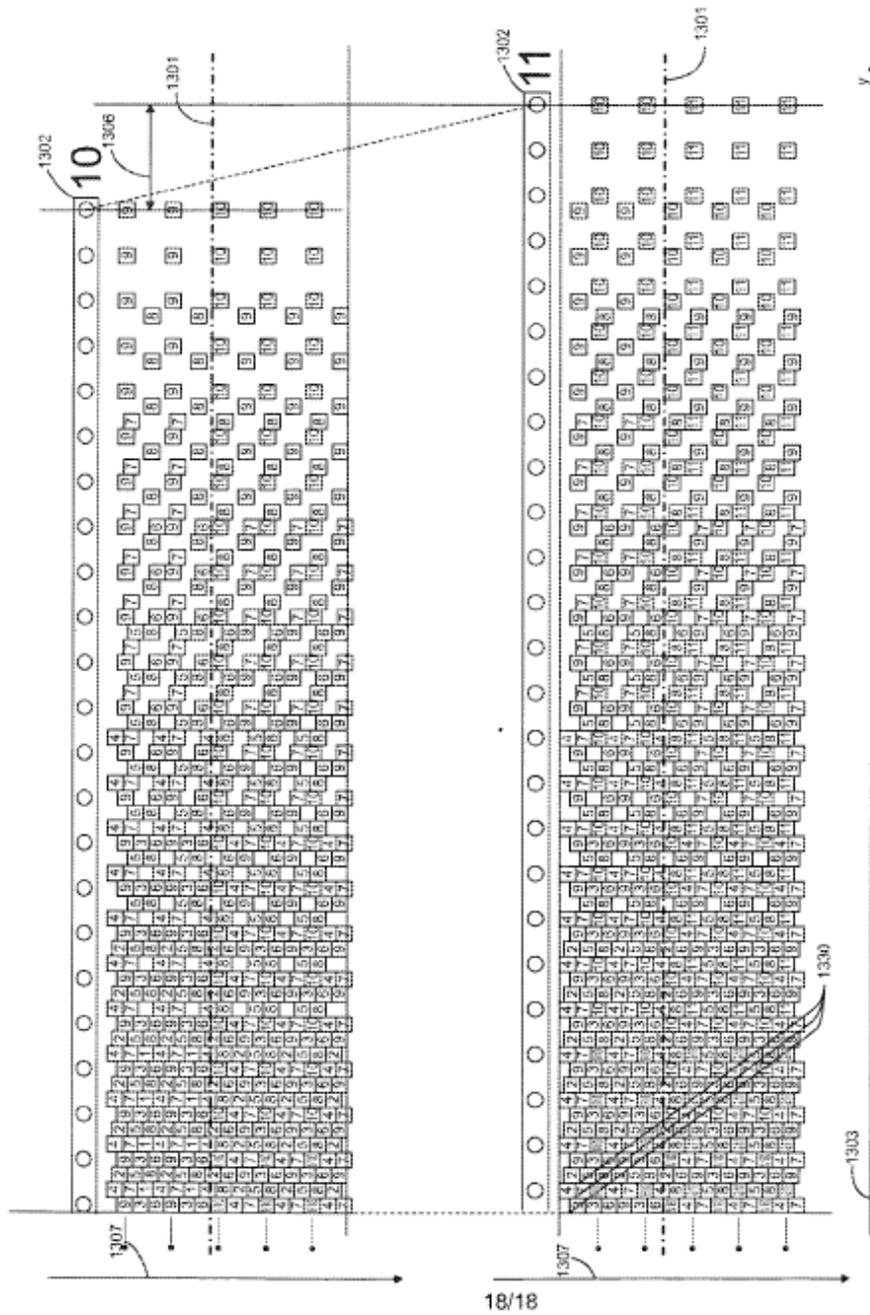


FIG. 13J