

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 830**

51 Int. Cl.:

**B41F 19/00** (2006.01)

**B41M 5/00** (2006.01)

**B05D 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2016 PCT/IB2016/053145**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16189515**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2016 E 16732756 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3302976**

54 Título: **Sistema y método de impresión**

30 Prioridad:

**27.05.2015 GB 201509080**

**17.08.2015 GB 201514618**

**17.08.2015 GB 201514619**

**08.03.2016 GB 201603997**

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

**24.02.2021**

73 Titular/es:

**ACTEGA METAL PRINT GMBH (100.0%)  
Industriestrasse 12  
31275 Lehrte, DE**

72 Inventor/es:

**LANDA, BENZION;  
KRASSILNIKOV, ANTON;  
FAHIMA, MOSHE;  
YAKHEL, VADIM y  
EDGAR, BARAK**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 807 830 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**

Sistema y método de impresión

**Campo**

5 La presente divulgación se refiere a un sistema y un método de impresión, y en particular a un sistema y un método capaces de aplicar a un sustrato una capa que tiene una apariencia metálica.

**Antecedentes**

De los numerosos sistemas que se han propuesto en el pasado para imprimir en un sustrato, como papel, tarjeta de película de plástico, el sistema que se parece más al sistema propuesto en este documento es formación de imágenes de lámina, que se divide en dos grandes categorías. En estampación en caliente, también conocido como estampación de lámina, un troquel calentado se estampa sobre una lámina que se coloca contra el sustrato. La lámina tiene un recubrimiento, a menudo de metal, y la aplicación de calor y presión hace que el recubrimiento se adhiera al sustrato para dejar el diseño del troquel en el sustrato. Al mismo tiempo, el recubrimiento metálico se retira para dejar detrás en la lámina una región agotada de la forma correspondiente. La fusión de lámina o la estampación en frío es un proceso relacionado que evita la necesidad de un troquel, en donde la lámina se une a un área de imagen que está cubierta por un adhesivo. La imagen adhesiva se puede crear mediante impresión indirecta, utilizando planchas o cilindros de impresión, como en impresoras offset, flexográficas y de huecograbado, utilizando pantallas de impresión, como en impresoras serigráficas, o mediante impresión directa, utilizando patrones específicos de imagen, como en impresoras digitales. Por ejemplo, de esto último, se puede aplicar un adhesivo al sustrato (p. ej., por inyección de tinta) y, si es necesario, se activará posteriormente (p. ej., por calor) para adherirse a la lámina y, por lo tanto, unirla al sustrato en el patrón deseado. Dichas láminas comprenden típicamente, en capas en el siguiente orden, una película portadora, una capa desprendible, que permite la separación de un pigmento o una capa de metal al imprimir, y una capa adhesiva que facilita la unión al sustrato de impresión de la capa anterior que imparte color. En esta estructura básica se pueden intercalar capas adicionales, como una laca entre una capa desprendible y una capa de metal, por ejemplo. Aunque tales láminas metálicas pueden tener un grosor de decenas de micrómetros, el grosor de la capa o película metálica completamente continua en tales láminas laminadas es generalmente de unos pocos micrómetros, típicamente menos de uno, algunas láminas metálicas incluso proporcionan un recubrimiento metálico integral delgado de menos de cien nanómetros.

Una de las principales desventajas de la estampación y la fusión de lámina es la gran cantidad de lámina que se desperdicia durante cada proceso de estampado/fusible, ya que cualquier área de lámina que no se transfiere para formar la imagen deseada en el sustrato no se puede recuperar para impresiones sucesivas. Dado que las láminas, especialmente las láminas metálicas son caras, los procesos de formación de imágenes de lámina son métodos de coste relativamente alto, ya que típicamente un rollo de lámina solo se puede usar una vez y, cuando se descarta, solo se ha utilizado una pequeña fracción del recubrimiento.

El documento US 2002/031645 A1 se refiere a un método de producción para una película en polvo monocapa, que consiste en varias partículas de polvo incrustadas en la superficie de una capa adhesiva provista sobre un material base en forma de película alargada como una monocapa, de modo que sobresalga parte de dicha partícula de polvo, que comprende: formar dicha capa adhesiva sobre al menos una superficie de dicho material base; adherir dichas partículas de polvo a dicha capa adhesiva para formar un laminado; y retirar el exceso de partículas de polvo adheridas a dicho laminado.

**Objeto**

La presente divulgación busca entre otros proporcionar un método y un sistema de impresión que representen una alternativa eficaz a la formación de imágenes de lámina, pero que sea más rentable y respetuosa con el medio ambiente, posiblemente proporcionando diferentes propiedades físicas a los materiales impresos. Además, el método descrito en la presente memoria puede usarse para la preparación de sustratos recubiertos.

**Resumen**

De acuerdo con un primer aspecto de la divulgación, se proporciona un método de impresión sobre una superficie de un sustrato, que comprende proporcionar una superficie donante, pasar la superficie donante a través de una estación de recubrimiento desde la que la superficie donante sale recubierta con una monocapa de partículas individuales, y realizar repetidamente las etapas de:

- 50 (i) tratar la superficie de sustrato para hacer que la afinidad de las partículas con al menos regiones seleccionadas de la superficie de sustrato sea mayor que la afinidad de las partículas con la superficie donante,
- (ii) poner en contacto la superficie de sustrato con la superficie donante para hacer que las partículas se transfieran desde la superficie donante solo a las regiones seleccionadas tratadas de la superficie de sustrato, exponiendo así las regiones de la superficie donante desde las que las partículas se transfieren

a regiones correspondientes en el sustrato; y

- (iii) devolver la superficie donante a la estación de recubrimiento para hacer que la monocapa de partículas sea continua a fin de permitir la impresión de una imagen posterior en una superficie de sustrato.

5 Se apreciará que, como en el presente método de impresión, las partículas forman una monocapa en la superficie donante, las partículas transferidas desde la misma también forman una monocapa en las regiones seleccionadas de la superficie de sustrato. Se puede decir que las regiones del sustrato tratadas adecuadamente tienen una capa receptiva.

10 El método anterior se puede usar repetidamente para crear múltiples copias de una misma imagen o de diferentes imágenes en las superficies relevantes de uno o más sustratos. Una serie de imágenes idénticas impresas en un mismo sustrato generalmente se denomina "trabajo de impresión".

15 El método descrito en la presente memoria puede incluir además una etapa de limpieza, durante la que las partículas que quedan en la superficie donante después de contactar con el sustrato se retiran de la superficie donante, de modo que antes del siguiente paso a través de la estación de limpieza, la superficie donante está sustancialmente desprovista de partículas. Tal etapa de limpieza puede realizarse durante cada ciclo de impresión o periódicamente, por ejemplo, entre trabajos de impresión, cambios de partículas y similares. Un ciclo de impresión corresponde al período de tiempo entre el paso posterior de un punto de referencia en la superficie donante a través de la estación de recubrimiento, dicho paso resultante de que la superficie donante que es móvil con respecto a la estación de recubrimiento.

20 La superficie donante recubierta con partículas se usa de manera análoga a la lámina utilizada en la formación de imágenes de lámina. Sin embargo, a diferencia de formación de imágenes de lámina, el daño provocado a la continuidad de la capa de partículas en la superficie donante por cada impresión puede repararse volviendo a recubrir solo las regiones expuestas de la superficie donante desde las que la capa previamente aplicada se ha eliminado por transferencia a las regiones seleccionadas del sustrato.

25 La razón por la que la capa de partículas en la superficie donante puede repararse después de cada impresión es que las partículas se seleccionan para adherirse a la superficie donante con más fuerza que entre sí. Esto da como resultado que la capa aplicada sea sustancialmente una monocapa de partículas individuales. El término "monocapa", definido más rigurosamente a continuación en la presente memoria, se usa para describir una capa en la que, idealmente, cada partícula tiene al menos una porción que está en contacto directo con la superficie donante antes de la impresión y al menos una porción en contacto con el sustrato después de la impresión. Si bien puede producirse una superposición entre las partículas que entran en contacto con cualquiera de dichas superficies, la capa puede tener solo una partícula de profundidad en una proporción importante del área de la superficie. Esto ocurre por la misma razón que una cinta adhesiva, cuando se usa para recoger polvo de una superficie, solo recogerá una capa de partículas de polvo. Cuando la cinta adhesiva aún está fresca, el polvo se adhiere al adhesivo hasta que cubre toda la superficie de la cinta. Sin embargo, una vez que el adhesivo se ha cubierto con polvo, la cinta no se puede usar para recoger más polvo porque las partículas de polvo no se pegan fuertemente entre sí y simplemente se pueden cepillar o soplar de la cinta. De manera similar, la monocapa en el presente documento se forma a partir de las partículas en contacto suficiente con la superficie donante y, por lo tanto, es típicamente un grosor de una sola partícula. Se dice que el contacto es suficiente cuando permite que la partícula permanezca unida a la superficie donante a la salida de la estación de recubrimiento, por ejemplo, después de la extracción de sobrante, bruñido o cualquier otra etapa similar, algunas de las cuales se describirán con más detalle a continuación.

45 A modo de ejemplo, tomando, por ejemplo, una partícula en forma de plaqueta que contacta la superficie donante sobre la mayor parte de su cara plana (p. ej., siendo sustancialmente paralela), el grosor resultante de la monocapa (en la dirección perpendicular a la superficie) correspondería aproximadamente al grosor de la partícula, por lo tanto, el grosor promedio de la monocapa se puede aproximar por el grosor promedio de las partículas individuales que lo forman. Sin embargo, como podría haber solapamientos parciales entre partículas adyacentes, el grosor de la monocapa también puede ascender, en algunos lugares, a un múltiplo bajo de la dimensión de las partículas constituyentes, dependiendo del tipo de solapamiento, por ejemplo, en los ángulos relativos las partículas pueden formarse entre sí y/o con la superficie donante y/o la extensión de la superposición. Por lo tanto, una monocapa puede tener un grosor máximo (T) correspondiente a aproximadamente una vez, o aproximadamente dos veces, o aproximadamente tres veces, o cualquier valor intermedio, de la dimensión más delgada característica de las partículas involucradas (p. ej., el grosor de las partículas para las en forma de copos o esencialmente el diámetro de partícula para las esféricas). La dimensión característica más delgada de una partícula, o población de la misma, generalmente puede estimarse mediante técnicas de microscopio, por ejemplo, a partir de imágenes SEM o SEM-FIB, y puede determinarse cuantitativamente para cada partícula, o para todo el campo de visión de la imagen.

55 Debido a que la capa es un mosaico monocapa de las partículas, si la superficie al entrar a la estación de recubrimiento ya lleva una capa de partículas que es discontinua (debido a que las partículas se han eliminado de las regiones seleccionadas de una capa continua previamente aplicada), entonces las regiones agotadas solo pueden ser recargadas con partículas sin depositar partículas frescas en aquellas regiones de la capa aplicada previamente que aún están intactas. Sin embargo, las partes del recubrimiento monocapa que no se usan en un ciclo de impresión

pueden retirarse de la superficie donante (y posiblemente reciclarse) y la superficie donante puede limpiarse antes de aplicar una nueva monocapa para el siguiente ciclo de impresión. Esto podría ser deseable si las interacciones físicas que ocurren durante la impresión de imagen de alguna manera modifican las propiedades de la superficie donante, lo que resulta en una imagen fantasma que se imprime durante el siguiente ciclo operativo. Una limpieza, y una posible etapa de tratamiento, en tal caso garantizaría que la superficie donante se restablezca a su estado original al comienzo de cada ciclo operativo.

Para un efecto relativamente ligero o una apariencia mate, la cobertura de área por el mosaico de partículas puede ser menor (p. ej., por debajo del 50 %) que para un aspecto brillante o similar a un espejo. Para una apariencia visual de alto brillo, el mosaico de partículas puede cubrir suficientemente la superficie objetivo para que la reflexión resultante de las partículas transferidas al sustrato sea adecuada para el efecto visual deseado. Para el mismo efecto, y suponiendo que todos los demás parámetros sean equivalentes, es posible que las partículas que tienen una reflectividad relativamente más alta y/o una orientación más paralela con el sustrato de impresión solo necesiten cubrir un área porcentual más pequeña de la superficie objetivo que las partículas que tienen una reflectividad relativamente menor y/o una orientación más aleatoria/menos paralela en relación con el sustrato. La reflectividad relativa se relaciona con las propiedades de las partículas respectivas y también puede verse afectada por las características del sustrato, las características de la imagen de fondo y cualquier consideración de este tipo entendida fácilmente por los expertos en la técnica de la impresión en metal. Por cobertura "suficiente", se entiende que el recubrimiento de partículas en las regiones de sustrato relevantes estará desprovisto de defectos perceptibles a simple vista, tales como discontinuidades u orificios en el mosaico de partículas que expondrían la superficie de sustrato en cierta medida visualmente detectable y perjudicial para el efecto deseado. Tener al menos el 50 % del área de la superficie de la(s) región(es) de sustrato seleccionada a recubrir, o al menos el 60 %, o al menos el 70 % de esta área cubierta por partículas puede ser una cobertura suficiente (es decir, proporcionando una capa de partículas suficientemente continua).

Para una apariencia de espejo de alta gama, puede ser necesario cubrir sustancialmente la totalidad de las superficies seleccionadas del sustrato a recubrir. Por cubrir "sustancialmente" se entiende que, en cuanto a la cobertura suficiente, el recubrimiento de partículas en las regiones de sustrato relevantes estará desprovista de defectos visibles, tales como discontinuidades u orificios en el mosaico de partículas que expondrían la superficie de sustrato a una extensión detectable a simple vista. Tener al menos el 80 % del área de la superficie de la(s) región(es) de sustrato seleccionada para ser recubierta por partículas, o al menos el 85 %, o al menos el 90 % o al menos el 95 % del área cubierta por partículas se considera una cobertura sustancial, es decir, que proporciona una capa de partículas sustancialmente continua).

Como tales capas de partículas suficientes o sustancialmente continuas en la superficie de sustrato, o parte de ellas, resultan de la transferencia de las mismas partículas desde la superficie donante, debe entenderse que una superficie donante suficientemente recubierta tendrá al menos el 50 %, o al menos el 60 %, o al menos el 70 % de su área cubierta por partículas, mientras que una superficie donante sustancialmente totalmente recubierta tendrá al menos el 80 %, o al menos el 85 %, o al menos el 90 % o al menos el 95 % de su área cubierta por partículas. Como se mencionó, para el efecto final inferior, una cobertura de área de menos del 50 % puede ser satisfactoria. Por lo tanto, dependiendo del efecto deseado y de las partículas involucradas, se puede usar una monocapa de hasta un 50 % de cobertura de área de acuerdo con las presentes enseñanzas. Dependiendo de la superficie considerada, el porcentaje de cobertura de área puede ser de al menos el 10 %, o al menos el 20 % o al menos el 30 %.

Para efectos mate, la partícula puede seleccionarse para proporcionar ese aspecto o puede orientarse sobre el sustrato de impresión de tal manera que proporcione dicho efecto. Como se entiende fácilmente, las partículas que no están paralelas a la superficie de un sustrato, incluso si son reflectantes, pueden difractar la luz de una manera que resulta en un efecto mate general. Por lo tanto, se puede lograr un efecto mate utilizando un sustrato que tenga una superficie relativamente rugosa, una capa receptiva relativamente delgada que mantenga la rugosidad de la superficie de recepción de partículas o cualquier otro sustrato con una capa receptiva relativamente gruesa, la superficie de recepción de partículas con un patrón para proporcionar una rugosidad de superficie que proporciona dicha orientación "no paralela" o aleatoria de las partículas y efecto mate.

El porcentaje de un área cubierta por partículas fuera de una superficie objetivo específica puede evaluarse mediante numerosos métodos conocidos por personas expertas, incluso mediante la determinación de la densidad óptica posiblemente en combinación con el establecimiento de una curva de calibración de puntos de cobertura conocidos, mediante la medición de la transmisión luz si ya sean las partículas o el sustrato son suficientemente transparentes, o por el contrario, mediante la medición de la luz reflejada, por ejemplo, si las partículas son reflectantes.

Como se usa en la memoria descriptiva, un método preferido para determinar el área porcentual de una superficie de interés cubierta por partículas es el siguiente. De la superficie en estudio (p. ej., de la superficie donante o del sustrato impreso) se cortan muestras cuadradas que tienen bordes de 1 cm. Las muestras se analizan por microscopía (ya sea microscopía confocal láser (Olympus, LEXT OLS30ISU) -TM- o microscopía óptica (Olympus BX61 U-LH100-3) -TM- con un aumento de hasta x100 (produciendo un campo de visión de al menos aproximadamente 128,9 μm x 128,6 μm). Se capturan al menos tres imágenes representativas en modo de reflectancia para cada muestra impresa en un sustrato opaco (p. ej., papel). Las imágenes capturadas se analizaron utilizando ImageJ, un programa de procesamiento de imágenes Java de dominio público desarrollado por el National Institute of Health (NIH) (Instituto

Nacional de Salud), EE. UU. Las imágenes se muestran en una escala de grises de 8 bits, y el programa recibe instrucciones para proponer un valor umbral de reflectancia que diferencie entre las partículas reflectantes (píxeles más claros) y los intersticios que pueden existir entre partículas vecinas o adyacentes (tales huecos aparecen como píxeles más oscuros). Un operador entrenado puede ajustar el valor umbral propuesto, si es necesario, pero generalmente lo confirma. El programa de análisis de imagen luego procede a medir la cantidad de píxeles que representan las partículas y la cantidad de píxeles que representan las áreas descubiertas de los huecos intrapartículas, a partir de los cuales se puede calcular fácilmente el área porcentual de cobertura. Se promedian las mediciones realizadas en las diferentes secciones de imagen de la misma muestra. Cuando las muestras se imprimen en un sustrato transparente (p. ej., una lámina de plástico translúcida), se puede hacer un análisis similar en modo transmitancia, las partículas aparecen como píxeles más oscuros y los huecos como más claros. Los resultados obtenidos por tales métodos, o por cualquier técnica analítica sustancialmente similar conocida por los expertos en la materia, se denominan cobertura de superficie óptica, que puede expresarse en porcentaje o como una relación.

Si la impresión va a tener lugar en toda la superficie de sustrato, la capa receptiva, que puede ser, por ejemplo, un adhesivo, se puede aplicar al sustrato mediante un rodillo antes de presionarla contra la superficie donante. Como las regiones de un sustrato tratadas adecuadamente para recibir partículas que se transfieren desde la superficie donante, también se dice que albergan una capa receptiva correspondiente, pueden ser un adhesivo o actuar como el lado adhesivo de la ilustración de la cinta, la capa receptiva a menudo también se puede denominar como adhesiva, esto no debe interpretarse como limitante.

Si la impresión solo tiene lugar en regiones seleccionadas del sustrato, por otro lado, entonces es posible aplicar el adhesivo mediante cualquier método de impresión convencional, por ejemplo, por medio de un troquel o placas de impresión, o inyectando la capa receptiva sobre la superficie de sustrato. Como una posibilidad adicional, es posible recubrir toda la superficie del sustrato con una capa receptiva activable que se vuelve selectivamente "pegajosa" por medios de activación adecuados. Ya sea aplicada selectivamente o activada selectivamente, la capa receptiva en tal caso forma un patrón que constituye al menos parte de la imagen que se imprime en el sustrato.

El término "pegajoso" se usa en el presente documento solo para indicar que la superficie de sustrato, o cualquier región seleccionada de la misma, tiene suficiente afinidad con las partículas para separarlas de la superficie donante y/o retenerlas en el sustrato, cuando las dos se presionan, una contra otra, en una estación de impresión, y no necesariamente tiene que ser pegajoso al tacto. Para permitir la impresión de patrones en regiones seleccionadas del sustrato, la afinidad de la capa receptiva, activada si es necesario, hacia las partículas debe ser mayor que la afinidad del sustrato desnudo hacia las partículas. En el presente contexto, un sustrato se denomina "desnudo" si carece de una capa receptiva o carece de una capa receptiva activada adecuadamente, según sea el caso. Aunque el sustrato desnudo para la mayoría de los propósitos no debe tener sustancialmente afinidad con las partículas, para permitir la afinidad selectiva de la capa receptiva, se puede tolerar cierta afinidad residual (p. ej., si no es detectable visualmente) o incluso deseado para efectos de impresión particulares.

La capa receptiva puede, por ejemplo, activarse por exposición a la radiación (p. ej., UV, IR e IR cercano) antes de presionarse contra la superficie donante. Otros medios de activación de la capa receptiva incluyen temperatura, presión, humedad (p. ej., para adhesivos rehumectables) e incluso ultrasonidos, y dichos medios de tratamiento de la superficie de capa receptiva de un sustrato se pueden combinar para hacer pegajosa la capa receptiva compatible.

Aunque la naturaleza de la capa receptiva que se aplica a la superficie de sustrato puede diferir, entre otras cosas, de sustrato a sustrato, con el modo de aplicación y/o los medios de activación seleccionados, tales formulaciones son conocidas en la técnica y no se tienen que detallar más para comprender el método y el sistema de impresión actual. Brevemente, los polímeros termoplásticos, termoendurecibles o de fusión en caliente compatibles con el sustrato pretendido y que muestran suficiente pegajosidad, afinidad relativa, a la partícula prevista, opcionalmente tras la activación, pueden usarse para la implementación de la presente divulgación. Preferiblemente, la capa receptiva se selecciona de modo que no interfiera con el efecto de impresión deseado (p. ej., claro, transparente y/o incoloro).

Una característica deseada de los adhesivos adecuados se refiere al período de tiempo relativamente corto requerido para activar la capa receptiva, es decir cambiar selectivamente la capa receptiva de un estado no pegajoso a un estado pegajoso, aumentando la afinidad de la región seleccionada del sustrato para que se adhiera suficientemente a las partículas para separarlas de la superficie donante. Los tiempos de activación rápidos permiten usar la capa receptiva impresión a alta velocidad. Los adhesivos adecuados para la implementación de la presente divulgación son preferiblemente capaces de activarse dentro de un período de tiempo no mayor que el tiempo que tarda el sustrato en viajar desde una estación de activación a la estación de impresión.

En algunas realizaciones, la activación de la capa receptiva puede tener lugar sustancialmente de forma instantánea en el momento de la impresión. En otras realizaciones, la estación o etapa de activación puede preceder a la impresión, en cuyo caso la capa receptiva puede activarse dentro de un período de tiempo de menos de 10 segundos o 1 segundo, en particular en un período de tiempo de menos de aproximadamente 0,1 segundos e incluso menos de 0,01 segundo. Este período de tiempo se denomina en el presente documento "tiempo de activación" de la capa receptiva.

Una capa receptiva que requiere activación para ganar suficiente afinidad tiene que permanecer en dicho estado el tiempo suficiente para permitir al menos la transferencia de las partículas desde la superficie donante al sustrato de

impresión antes de que la capa receptiva pierda su pegajosidad. En algunos sistemas de impresión, la capa receptiva puede aplicarse sobre cada sustrato "en línea" aguas arriba de la estación de impresión, para depositarse en forma pegajosa. El período de tiempo durante el que la capa receptiva es suficientemente pegajosa para el sistema pretendido se describe aquí como el "tiempo abierto" de la capa receptiva. Los adhesivos adecuados exhiben un tiempo abierto acorde con las condiciones de transferencia y/o las estaciones o etapas posteriores del sistema o proceso de impresión particular. Si, por ejemplo, el sistema de impresión debe comprender una pluralidad de estaciones de recubrimiento, se desea que la capa receptiva se active selectivamente en o antes de llegar a una primera estación para volver a un estado no pegajoso antes de llegar a una segunda estación de recubrimiento en la que el tratamiento del sustrato podría aplicarse a una porción diferente, con mayor probabilidad de adherirse a partículas que tienen diferentes propiedades (p. ej., colores diferentes). En algunos sistemas de impresión, la capa receptiva puede estar constantemente pegajosa, siendo su tiempo abierto "infinito" de facto limitado por la aplicación posterior de las partículas, que bloquean su capacidad posterior de adherirse a partículas adicionales.

Generalmente, los tiempos de apertura de los adhesivos activados son adecuadamente de al menos aproximadamente 0,01 segundos a unos pocos segundos (p. ej., hasta 10 segundos), aunque tiempos de apertura más largos (p. ej., de unos pocos minutos) pueden ser adecuados para ciertas aplicaciones y los tiempos de apertura "infinitos" pueden ser adecuados cuando la capa receptiva se aplica en un estadio pegajoso (en otras palabras, "ya activada") en un patrón deseado aguas arriba de la estación de impresión (p. ej., el sustrato se trata mediante la deposición de un material pegajoso en su superficie).

Independientemente del método de impresión que se ha utilizado para aplicar o activar la capa receptiva al lado receptor de imagen de un sustrato, dicha aplicación o activación es opcionalmente selectiva para formar un patrón deseado, se puede seleccionar una capa receptiva adecuada de la siguiente manera.

Como ya se mencionó, una capa receptiva adecuada necesita tener suficiente afinidad con las partículas debido a que forma la monocapa de acuerdo con las presentes enseñanzas. Esta afinidad, que puede considerarse alternativamente como un contacto íntimo entre los dos, debe ser suficiente para retener las partículas en la superficie de la capa receptiva y puede resultar de las propiedades físicas y/o químicas respectivas de la capa y las partículas. Por ejemplo, la capa receptiva puede tener una dureza suficientemente alta para proporcionar una calidad de impresión satisfactoria, pero suficientemente baja para permitir la adhesión de las partículas a la capa. Tal intervalo óptimo puede verse como que permite que la capa receptiva sea "localmente deformable" a la escala de las partículas, para formar un contacto suficiente. Dicha afinidad o contacto puede incrementarse adicionalmente mediante enlaces químicos. Por ejemplo, los materiales que forman la capa receptiva pueden seleccionarse para que tengan grupos funcionales adecuados para retener las partículas mediante enlaces reversibles (que soportan interacciones electrostáticas no covalentes, enlaces de hidrógeno e interacciones de Van der Waals) o mediante enlaces covalentes. Del mismo modo, la capa receptiva tiene que ser adecuada para el sustrato de impresión pretendido, todas las consideraciones anteriores son conocidas por el experto.

La capa receptiva puede tener una amplia gama de grosores, dependiendo, por ejemplo, del sustrato de impresión y/o del efecto de impresión deseado. Una capa receptiva relativamente gruesa puede proporcionar un aspecto de "relieve", el diseño se eleva por encima de la superficie de sustrato circundante. Una capa receptiva relativamente delgada puede seguir el contorno de la superficie de sustrato de impresión y, por ejemplo, para sustratos ásperos permite un aspecto mate. Para el aspecto brillante, el grosor de la capa receptiva se selecciona típicamente para enmascarar la rugosidad del sustrato, a fin de proporcionar una superficie uniforme. Por ejemplo, para sustratos muy lisos, como películas de plástico, la capa receptiva puede tener un grosor de solo unas pocas decenas de nanómetros, por ejemplo, de aproximadamente 100 nm para una película de poliéster (por ejemplo, una lámina de polietileno tereftalato (PET)) que tiene una rugosidad de superficie de 50 nm, películas de PET más lisas que permiten utilizar capas receptoras aún más delgadas. Los sustratos que tienen superficies más rugosas en el intervalo de micras, o decenas de micras, se beneficiarán de una capa receptiva que tenga un grosor en el mismo intervalo de tamaño u orden de intervalo de tamaño, si se desea un efecto brillante, por lo tanto, se desea nivelar/enmascarar la rugosidad del sustrato. Por lo tanto, dependiendo del sustrato y/o del efecto deseado, la capa receptiva puede tener un grosor de al menos 10 nm, o al menos 50 nm, o al menos 100 nm, o al menos 500 nm, o al menos 1.000 nm. Para efectos que pueden ser perceptibles por detección táctil y/o visual, la capa receptiva puede incluso tener un grosor de al menos 1,2 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), al menos 1,5  $\mu\text{m}$ , al menos 2  $\mu\text{m}$ , al menos 3  $\mu\text{m}$ , al menos 5  $\mu\text{m}$ , al menos 10  $\mu\text{m}$ , al menos 20  $\mu\text{m}$ , al menos 30  $\mu\text{m}$ , al menos 50  $\mu\text{m}$  o al menos 100  $\mu\text{m}$ . Aunque algunos efectos y/o sustratos (p. ej., cartón, caja de cartón, tela, cuero y similares) pueden requerir capas receptoras que tengan un grosor en el intervalo de milímetros, el grosor de la capa receptiva generalmente no excede los 800 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), siendo como máximo 600  $\mu\text{m}$ , como máximo 500  $\mu\text{m}$ , como máximo 300  $\mu\text{m}$ , como máximo 250  $\mu\text{m}$ , como máximo 200  $\mu\text{m}$  o como máximo 150  $\mu\text{m}$ .

Después de que tenga lugar la impresión, es decir, después de que las partículas se transfieran desde la superficie donante a las regiones pegajosas de la superficie de sustrato tratado (es decir, la capa receptiva) al presionar, el sustrato puede procesarse adicionalmente, tal como mediante la aplicación de calor y/o presión, para fijar o bruñir la imagen impresa y/o puede recubrirse con un barniz (p. ej., sobrerrecubrimiento transparente, incoloro o de color transparente, translúcido u opaco) para proteger la superficie impresa y/o puede sobreimprimirse con una tinta de un color diferente (p. ej., formando una imagen de primer plano). Si bien se pueden realizar algunas etapas posteriores a la transferencia en toda la superficie de sustrato impreso (p. ej., presión adicional), pueden aplicarse otras etapas solo a partes seleccionadas de los mismos. Por ejemplo, puede aplicarse selectivamente un barniz a partes de la imagen,

por ejemplo, a las regiones seleccionadas recubiertas con las partículas, impartiendo opcionalmente además un efecto de coloración.

Dichos sobrerrecubrimientos electivos, que pueden cubrir y opcionalmente sellar al menos regiones del sustrato recubierto con la monocapa de partículas, ventajosamente pueden adherirse satisfactoriamente a las partículas y/o ser compatibles con la capa receptiva debajo de dicha monocapa. La unión del sobrerrecubrimiento a las partículas puede mejorarse opcionalmente mediante el tratamiento físico de la superficie con plasma o una descarga en corona. En realizaciones en las que la capa receptiva requiere un tratamiento posterior a la impresión, el sobrerrecubrimiento preferiblemente permite dicho tratamiento. Si, por ejemplo, una capa receptiva particular requiere un curado final con UV después de la transferencia de partículas, un sobrerrecubrimiento aplicado sobre las partículas tiene que permitir la transmisión de la radiación UV necesaria para lograr dicho curado.

Cualquier dispositivo adecuado para realizar cualquier etapa posterior a la transferencia se puede denominar dispositivo posterior a la transferencia (p. ej. dispositivo de recubrimiento, dispositivo de bruñido, dispositivo de prensado, dispositivo de calentamiento, dispositivo de curado y similares). Los dispositivos posteriores a la transferencia pueden incluir adicionalmente cualquier dispositivo de acabado utilizado convencionalmente en sistemas de impresión (p. ej., un dispositivo de laminación, un dispositivo de corte, un dispositivo de recorte, un dispositivo de punzonado, un dispositivo de gofrado, un dispositivo de perforación, un dispositivo de plegado, un dispositivo de encuadernación, un dispositivo de plegado y similares). Los dispositivos posteriores a la transferencia pueden ser cualquier equipo convencional adecuado, y su integración en el presente sistema de impresión será clara para el experto en la técnica sin la necesidad de una descripción más detallada.

Las partículas pueden incluir cualquier material a aplicar a la superficie de sustrato. En particular, el material adecuado para las partículas puede incluir compuestos que proporcionan un efecto de impresión deseado y abarcan agentes colorantes (p. ej., pigmentos y tintes) generalmente unidos a una resina polimérica (p. ej., un polímero no termoplástico) y cualquier otro material que tenga un efecto de impresión deseado (p. ej., que proporcione un aspecto metálico o un efecto reluciente, etc.).

Como el efecto que se debe lograr es similar a la formación de imágenes de lámina, como la utilizada, por ejemplo, para la impresión de metal, las partículas pueden ser granos o copos de metales, como aluminio, cobre, hierro, cinc, níquel, estaño, titanio, oro o plata, o aleaciones, como acero, bronce o latón, y compuestos similares que incluyen predominantemente metales. Además de hacerse de metales reales, las partículas adecuadas se pueden hacer de compuestos que proporcionan un efecto visual similar (p. ej., hechas de un material polimérico o cerámico que tiene una apariencia metálica). Tales materiales "semejantes a metal" son típicamente predominantemente no metálicos, un recubrimiento de metal que sirve opcionalmente para proporcionar la reflectividad de luz que puede percibirse como metálico. A modo de ejemplo, las partículas fabricadas usando el método PVD (deposición física de vapor), en donde una lámina de polímero se recubre con vapor al vacío con el metal de interés (incluyendo cromo, magnesio y los metales ejemplares mencionados anteriormente) y luego se tritura para formar copos individuales, pueden formar partículas semejantes a metal si se retiene el esqueleto de polímero y se puede considerar "metálicas" si el polímero se elimina después del proceso de deposición.

Si el efecto a lograr incluye un efecto reluciente y/o perlado y/o nacarado, para las partículas se pueden usar altos polímeros sintéticos (incluyendo por ejemplo estructuras de poliácridatos de varias capas), fluoruro de magnesio, moscovita, aragonita, dióxido de titanio anatasa o rutilo, compuestos de mica (típicamente recubiertos con óxidos metálicos) y similares. Todas las partículas ejemplares anteriores, incluidas las partículas genuinamente metálicas, aunque colectivamente se denominan por simplicidad partículas de "aspecto metálico" (es decir, que proporciona un efecto visual similar a un compuesto metálico), pueden estar recubiertas o no.

El recubrimiento de las partículas, que puede aplicarse por medios físicos pero más típicamente químicos, puede, entre otras cosas, reducir o evitar que las partículas se adhieran entre sí (p. ej., como sea alcanzable con agentes antiapelmazantes y similares), aumentar la repulsión entre las partículas (p. ej., como se puede lograr al aumentar la carga de las partículas), proteger las partículas de modificaciones químicas no deseadas (p. ej., reducir, prevenir o retrasar la oxidación de metales y aleaciones o cualquier otro envejecimiento perjudicial de las partículas de aspecto metálico) o aumentar aún más la afinidad de las partículas con la superficie donante o con las regiones seleccionadas del sustrato, según se desee (p. ej., modificar la hidrofobicidad de las capas/superficies).

Sin desear limitarse a la teoría, se cree que las partículas pueden tener una tendencia a adherirse a la superficie donante no solo debido a la interacción entre dos superficies hidrófobas diferentes sino también como resultado de una interacción basada en la carga. Por lo tanto, puede ser posible mejorar la afinidad entre las partículas y la superficie donante al someter la superficie donante a un tratamiento de acondicionamiento, como la exposición a una descarga en corona o la aplicación de una solución de tratamiento químico. Cualquier tratamiento de este tipo puede realizarse mediante un dispositivo de acondicionamiento adecuado.

Las partículas adecuadas para un sistema y un método de impresión de acuerdo con las presentes enseñanzas pueden, por ejemplo, recubrirse con uno o más de i) un ácido carboxílico o ácido graso no modificado o modificado, el ácido carboxílico seleccionado del grupo que comprende, pero no se limita a, ácido esteárico, ácido palmítico, ácido behénico, ácido benzoico y ácido oleico; ii) una sustancia oleosa seleccionada del grupo que comprende, entre otros,

aceites vegetales, tales como aceite de linaza, aceite de girasol, aceite de palma, aceite de soja y aceite de coco; aceites minerales y aceites sintéticos; y iii) un óxido que puede ser del mismo material o diferente que la partícula de núcleo que se está recubriendo. Por ejemplo, las partículas de aluminio pueden recubrirse con un óxido de aluminio o un dióxido de silicio, y las partículas de mica pueden recubrirse con dióxido de titanio y óxido de hierro, por ejemplo.

5 El recubrimiento de partículas puede modificar opcionalmente el efecto colorante de la partícula de núcleo, esto se puede lograr, por ejemplo, con algunos óxidos metálicos o con polímeros pigmentados (p. ej., un poliacrilato que contiene pigmentos de absorción inorgánicos u orgánicos). Tal efecto de coloración también puede resultar de la elección de la partícula de núcleo, o de una oxidación parcial de la misma.

10 Ya sean polímeros coloreados o de aspecto metálico, las partículas pueden proporcionar, una vez transferidas al sustrato de impresión, una imagen brillante o mate, y cualquier otro tipo de efecto deseado de acuerdo con las partículas seleccionadas.

Según un aspecto adicional de la divulgación, se proporciona un sistema de impresión que comprende:

una superficie donante sin fin que circula continuamente,

15 una estación de recubrimiento para aplicar partículas a la superficie donante, la superficie donante tiene un recubrimiento monocapa de partículas individuales al salir de la estación de recubrimiento,

una estación de tratamiento en la que se trata una superficie de sustrato para producir regiones seleccionadas de la superficie de sustrato que tienen una afinidad con las partículas en la superficie donante que es mayor que la afinidad de las partículas con la superficie donante, y

20 una estación de impresión en la que la superficie de sustrato entra en contacto con la superficie donante para hacer que las partículas se transfieran desde la superficie donante solo a las regiones seleccionadas de la superficie de sustrato, exponiendo así las regiones correspondientes de la superficie donante,

en donde después de pasar a través de la estación de impresión, la superficie donante regresa, durante la operación, a la estación de recubrimiento para que la capa de partículas se vuelva continua mediante la aplicación de partículas frescas a las regiones expuestas de la superficie donante.

25 Es posible que la estación de recubrimiento sea estática, mientras que la superficie donante puede moverse cíclicamente, ya sea la superficie externa de un tambor rotatorio, o de una correa que circula sin fin o incluso de una placa que se mueve adelante y atrás para asegurar su superficie se expone a la estación de recubrimiento de borde a borde. Se puede decir que todas estas formas de superficies donantes son móviles (p. ej., móviles cíclicamente, sin fin o repetidamente) con respecto a la estación de recubrimiento donde se pueden aplicar partículas a la superficie donante, la superficie donante tiene un recubrimiento monocapa de partículas individuales al salir de la estación de recubrimiento (habiendo completado un ciclo). El paso de la superficie donante a través de una estación de recubrimiento o la superficie donante que circula continuamente en ella puede lograrse mediante cualquier superficie donante móvil.

35 En algunas realizaciones, la estación de recubrimiento comprende un suministro de partículas suspendidas en un fluido, las partículas se adhieren más fuertemente a la superficie donante que entre sí, un dispositivo de aplicación para aplicar el fluido a la superficie donante de manera que se provoque que las partículas suspendidas en el fluido se adhieran a la superficie donante para formar un recubrimiento de partículas en la superficie, y un sistema de extracción de sobrante operativo para extraer el fluido y retirar las partículas sobrantes que no están en contacto directo con la superficie, para dejar solo una monocapa de partículas adheridas a la superficie donante al salir de la estación de recubrimiento.

45 El dispositivo de aplicación puede comprender un cabezal de rociado para rociar el fluido y las partículas suspendidas directamente sobre la superficie donante. Alternativamente, el dispositivo de aplicación puede comprender un aplicador rotatorio operativo para restregar el fluido y las partículas suspendidas sobre la superficie. Cuando el dispositivo de aplicación aplica las partículas en un fluido líquido, el dispositivo puede comprender, además, si es necesario, un elemento de secado que permita que el recubrimiento de partículas esté sustancialmente seco cuando llegue a una estación posterior. En algunas realizaciones, las partículas en la superficie donante están sustancialmente secas al entrar en contacto con la capa receptiva sobre el sustrato en la estación de impresión.

En la presente divulgación, el término "suspendido en" y sus variaciones debe entenderse como "llevado por" y términos similares, sin referirse a ningún tipo particular de mezcla de materiales de la misma o diferente fase.

50 El sistema de impresión puede ser una máquina autónoma fuera de línea, o puede estar en línea con una prensa de impresión y/u otras unidades de acabado. Por ejemplo, el sistema de impresión de acuerdo con la presente divulgación puede servir como estación o módulo en prensas de impresión offset, flexográfica, de huecograbado, serigráfica y digital.

55 Además, un sistema de impresión de acuerdo con las presentes enseñanzas puede comprender, aguas arriba de la estación de recubrimiento, más de una estación para aplicar una capa receptiva o tratar el sustrato para formarla. Por



ejemplo, el sistema puede incluir una estación para aplicar una imagen de fondo, la capa receptiva se aplica o activa posteriormente para formar (después de la impresión) una imagen de primer plano en el fondo aplicado previamente. Por el contrario, la capa receptiva puede formar una imagen de fondo, mientras que luego se aplica una imagen de primer plano. Las imágenes de primer plano y de fondo pueden formar partes distintas de la imagen a imprimir, pero también pueden superponerse. Cada sistema de impresión puede aplicar cada una de las imágenes de primer plano y de fondo, si ambas se desean para imprimir una imagen en particular.

Por ejemplo, se puede aplicar una imagen de fondo en una primera estación para la impresión flexográfica de un entorno coloreado, y se puede aplicar una capa receptiva en una segunda estación, de una manera que puede superponerse al menos parcialmente con la imagen de fondo o en región separada no superpuesta del sustrato.

El método de impresión y el sistema de impresión descritos anteriormente pueden tener una amplia gama de usos en la impresión comercial y decorativa, incluso en la industria editorial y de embalaje, donde pueden servir, por ejemplo, para crear acabados decorativos (p. ej., en envases de lujo) y medidas antifalsificación (p. ej., en billetes de banco).

### Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán realizaciones de la divulgación, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 representa esquemáticamente una realización de un sistema de impresión de la presente divulgación;

La Figura 2 es una vista similar a la de la Figura 1 que muestra una realización que tiene un dispositivo de aplicación de partículas alternativo que incluye un aplicador rotatorio;

La Figura 3 ilustra esquemáticamente una realización ejemplar de una estación de recubrimiento para un sistema de impresión según la presente divulgación;

La Figura 4 ilustra esquemáticamente una realización ejemplar de un sistema de impresión que tiene una pluralidad de estaciones de impresión de acuerdo con la presente divulgación;

La Figura 5A es una imagen en un sustrato de papel de fondo negro con un patrón alternativo de una capa receptiva aplicada por impresión flexográfica, el sustrato aún no se ha alimentado a una estación de impresión de acuerdo con la presente divulgación;

La Figura 5B es una imagen del mismo patrón que se muestra en la Figura 5A aplicada sobre un sustrato de papel blanco, al salir de la estación de impresión;

La Figura 5C es una imagen del mismo patrón que se muestra en la Figura 5A aplicada sobre un sustrato de plástico transparente, al salir de la estación de impresión;

La Figura 5D es una imagen del mismo sustrato que se muestra en la Figura 5A, al salir de la estación de impresión;

Las Figuras 6A a 6D son detalles de las Figuras 5A a 5D, respectivamente, dibujados a escala ampliada;

La Figura 7A es una imagen capturada por microscopía confocal de una superficie de sustrato metalizada producida por estampación en caliente;

La Figura 7B es una imagen capturada por microscopía confocal de una superficie de sustrato metalizada producida por impresión offset;

La Figura 7C es una imagen capturada por microscopía confocal de una superficie de sustrato metalizada producida por impresión en huecograbado;

La Figura 7D es una imagen capturada por microscopía confocal de una superficie de sustrato metalizada producida por impresión flexográfica;

La Figura 7E es una imagen capturada por microscopía confocal de una superficie de sustrato metalizada producida usando un sistema de impresión y un método de la presente divulgación;

La Figura 7F es una imagen capturada por microscopía confocal de una superficie donante recubierta con partículas utilizada en el sistema de impresión y el método de la presente divulgación;

Las Figuras 8A y 8B son ilustraciones esquemáticas en sección transversal de construcciones impresas que pueden producirse usando un sistema y un método de impresión de la presente divulgación;

La Figura 9A es una ilustración esquemática en sección transversal de una construcción de impresión convencional que se puede obtener mediante impresión de lámina metálica;

La Figura 9B es una ilustración esquemática en sección transversal de una construcción de impresión que puede obtenerse mediante impresión convencional usando una tinta metálica típica que contiene aglutinante en donde las

partículas muestran un comportamiento de no flotante; y

La Figura 9C es una ilustración esquemática en sección transversal de una construcción de impresión que puede obtenerse mediante impresión convencional usando una tinta metálica típica que contiene aglutinante en donde las partículas muestran un comportamiento flotante.

5 **Descripción detallada**

La descripción que sigue, junto con las Figuras, hace evidente a una persona que tiene una habilidad ordinaria en la técnica pertinente cómo se pueden practicar las enseñanzas de la divulgación, a modo de ejemplos no limitativos. Las Figuras tienen el propósito de una discusión ilustrativa y no se intenta mostrar detalles estructurales de una realización con más detalle del necesario para una comprensión fundamental de la divulgación. En aras de la claridad y la simplicidad, algunos objetos representados en las Figuras pueden no estar dibujados a escala.

Descripción general del sistema de impresión

La Figura 1 muestra un tambor 10 que tiene una superficie exterior 12 que sirve como superficie donante. A medida que el tambor rota en el sentido de las agujas del reloj, como lo representa una flecha, pasa debajo de un aparato de recubrimiento de partículas 14 donde adquiere una capa monocapa de partículas finas. A continuación, la superficie pasa a través de una estación de impresión. 18 donde un sustrato de impresión 20 se comprime entre el tambor 10 y un cilindro de impresión 22. Al lado del sustrato de impresión 20 al que se transfieren las partículas se le puede denominar superficie receptora de imagen y se designa 80 en las Figuras 1 y 2. Regiones seleccionadas de la superficie del sustrato de impresión 20 se vuelven pegajosas, por ejemplo, en una de las formas descritas a continuación, antes de entrar en contacto con la superficie donante 12. Esto hace que la monocapa de partículas finas se adhiera a las regiones pegajosas del sustrato y se separe de la superficie donante. 12. Las regiones en la superficie donante que corresponden a las áreas pegajosas o regiones seleccionadas del sustrato que llevan la capa receptiva, en consecuencia, quedan expuestas, siendo agotadas por la transferencia de partículas. La superficie donante 12 luego puede completar su ciclo volviendo al aparato de recubrimiento 14 donde un recubrimiento de partículas monocapa nuevo se aplica solo a las regiones expuestas desde las cuales las partículas previamente aplicadas se transfirieron a las regiones seleccionadas del sustrato 20 en la estación de impresión 18.

En la realización de la Figura 1, el sustrato 20 lleva una capa receptiva (p. ej., hecha de un adhesivo) que se activa y se vuelve pegajosa en regiones seleccionadas por exposición a la radiación utilizando como estación de tratamiento un sistema de formación de imágenes 16, descrito con mayor detalle a continuación. En la realización de la Figura 2, por otro lado, antes de contactar la superficie donante 12, el sustrato 20 pasa a través de una estación de tratamiento 36 entre un troquel 30 y un rodillo 32. El troquel 30 tiene un patrón en relieve que recoge un adhesivo de un rodillo de aplicación 34 (p. ej., un rodillo anilox) y coloca una capa receptiva 26 (p. ej., una capa adhesiva) sobre el sustrato de acuerdo con el patrón de troquel. Si la impresión debe cubrir toda la superficie de sustrato 20, el troquel 30 puede ser reemplazado por un rodillo liso. Los rodillos 30, 32 y 34 puede formar tipos adicionales de estaciones de tratamiento rotatorias 36, y, por ejemplo, pueden servir para la aplicación y/o activación de una capa receptiva mediante impresión offset, huecograbado rotatorio, flexografía o serigrafía rotatoria. Una estación de tratamiento, como lo ilustra el sistema de imágenes. 16 puede ser denominarse estación de tratamiento digital, mientras que una estación de tratamiento como se ilustra mediante un sistema rotatorio 36 puede denominarse una estación de tratamiento analógica.

Los ejemplos anteriores también ilustran dos opciones para la preparación del sustrato que lleva la capa o adhesivo receptivos activos (ya pegajosos, con suficiente afinidad a las partículas) o "activables". En un caso, dicha preparación puede ocurrir fuera de línea, el sistema de impresión solo requiere un sistema de transporte de sustrato capaz de alimentar dichos sustratos preparados fuera de línea a la estación de impresión, en donde la activación se produce aguas abajo de la estación de tratamiento en donde se encontraba la capa receptiva aplicada o en la estación de impresión. En otro caso, la adición de la capa receptiva al sustrato o su activación pueden ocurrir en línea con los otras etapas del proceso de impresión.

Se pueden conocer métodos adicionales para aplicar o activar selectivamente un adhesivo o cualquier otro tipo de capa receptiva sobre un sustrato de impresión, pueden ser aplicables, como quedará claro para la persona experta en la técnica, y no es necesario detallarlos aquí, ya que los dos métodos mencionados anteriormente son ejemplos no limitativos. Por ejemplo, la capa receptiva puede aplicarse en la estación de tratamiento mediante serigrafía, y opcionalmente activarse adicionalmente en una estación de activación aguas abajo, que precede a la estación de impresión. La activación puede implicar, por ejemplo, el curado de la capa receptiva antes del contacto de las partículas. En algunas realizaciones, el curado (o curado adicional) también puede servir como una etapa de procesamiento posterior a la transferencia (p. ej., mejorando la inmovilización de las partículas en una capa receptiva curable en el sustrato).

El aparato de recubrimiento de partículas

El aparato de recubrimiento de partículas 14 en la realización de la Figura 1 comprende una pluralidad de cabezales de rociado 1401 que se alinean entre sí a lo largo del eje del tambor 10 y solo se ve uno en la sección del dibujo. Los rociadores 1402 de los cabezales de rociado están confinados dentro de una carcasa de campana 1403, de la que el borde inferior 1404 tiene forma para conformarse estrechamente a la superficie donante dejando solo una holgura

estrecha entre la carcasa de campana 1403 y el tambor 10. Los cabezales de rociado 1401 se conectan a un riel de suministro común 1405 que suministra a los cabezales de rociado 1401 un portador de fluido presurizado (gaseoso o líquido) que tiene suspendidas dentro de él las partículas finas que se utilizarán para recubrir la superficie donante 12. Si es necesario, las partículas suspendidas se pueden mezclar regularmente o constantemente, en particular antes de su suministro al (a los) cabezal(es) de rociado. Las partículas pueden circular, por ejemplo, en el aparato de recubrimiento dentro de un intervalo de caudal de 0,1 a 10 litros/minuto, o en el intervalo de 0,3 a 3 litros/min. El fluido y las partículas sobrantes desde los cabezales de rociado 1401, que están confinados dentro de una cámara impelente 1406 formada por el espacio interior de la carcasa 1403, se extraen a través de un tubo de salida 1407, que se conecta a una fuente de succión adecuada representada por una flecha, y puede reciclarse de regreso a los cabezales de rociado 1401. Aunque en el presente documento se denominan cabezales de rociado, se abarca cualquier otro tipo de boquilla u orificio a lo largo de la tubería o conducto de suministro común que permita aplicar las partículas suspendidas de fluido.

Es importante poder lograr un sellado efectivo entre la carcasa 1403 y la superficie donante 12, para evitar que el fluido de rociado y las partículas escapen a través de la holgura estrecha que debe permanecer esencialmente entre la carcasa 1403 y la superficie donante 12 del tambor 10. Las diferentes formas de lograr tal sello se muestran esquemáticamente en el dibujo.

La forma más simple de sello es una cuchilla restregadora 1408. Tal sello hace contacto físico con la superficie donante y podría marcar el recubrimiento aplicado si se usa en el lado de salida de la carcasa 1403, es decir, el lado aguas abajo de los cabezales de rociado 1401. Por esta razón, si se usa un sello de este tipo, se prefiere que esté ubicado solo aguas arriba de los cabezales de rociado 1401 y/o en los extremos axiales de la carcasa 1403. Los términos "aguas arriba" y "aguas abajo", como se usan en este documento, se refieren a puntos en la superficie donante 12 a medida que pasa por la estación de recubrimiento.

La Figura 1 también muestra cómo la salida del fluido dentro del que se suspenden las partículas de la holgura de sellado entre la carcasa 1403 y el tambor 10 puede prevenirse sin que un miembro contacte la superficie donante 12. Una galería 1409 que se extiende en la presente ilustración alrededor de toda la circunferencia de la carcasa 1403 se conecta por un conjunto de pasos finos 1410 que se extienden alrededor de todo el borde de la carcasa 1403 para establecer una comunicación de fluidos entre la galería 1409 y la holgura de sellado.

En una primera realización, la galería 1409 se conecta a una fuente de succión de un sistema de extracción de sobrante, que puede ser la misma fuente de succión que la conectada a la salida 1407 o una diferente. En este caso, la galería 1409 sirve para extraer el fluido que pasa a través de la holgura antes de que salga de la carcasa 1403. La baja presión también succiona del tambor 10 cualquier partícula que no esté en contacto directo con la superficie donante 12 y, si el fluido rociado es un líquido, también succiona líquido sobrante para secar al menos parcialmente el recubrimiento antes de que salga del aparato de recubrimiento de partículas 14.

El líquido sobrante se puede retirar de forma alternativa y adicional por medio de un rodillo de extracción de líquido colocado en el lado de salida del aparato de recubrimiento. Tal rodillo, ilustrado esquemáticamente como 1440 en la Figura 3, que tiene en su superficie exterior 1442 propiedades absorbentes de líquidos con forma de esponja (p. ej., espuma de celda cerrada), puede accionarse independientemente para rotar a una velocidad y/o en una dirección diferente de la velocidad y la dirección del tambor 10 (solo parcialmente representado). El rodillo de extracción de líquido puede contactar con las partículas recubiertas en la superficie donante 12 y extraer el líquido sobrante al atraerlo dentro de su superficie exterior absorbente de fluidos 1442, que es ventajosamente suficientemente suave y uniforme como para no afectar la capa de partículas retenidas en la superficie donante antes de su transferencia selectiva al sustrato 20. Como el rodillo de extracción 1440 continúa rotando después de la absorción del líquido sobrante, se acerca a un restregador 1444, o cualquier otro medio adecuado, posicionado para apretar el rodillo y liberar el líquido extraído de su superficie absorbente. Una entrada de succión, representada esquemáticamente por la flecha 1446, puede colocarse adyacente a dicho restregador, para permitir la retirada inmediata del líquido extraído de la superficie donante recubierta de partículas y así forzada fuera de la superficie exterior de rodillo. Después de tal eliminación del líquido retirado, el rodillo 1440 puede completar su ciclo, contactando nuevamente en la superficie donante y extrayendo más líquido sobrante. Aunque se ilustra en la Figura 3 como que es interno a una estación de recubrimiento 14 (es decir dentro de la cámara impelente 1406 parcialmente representada de la carcasa 1403), como alternativa se puede colocar un rodillo de extracción de líquido 1440, si está presente, aguas abajo de la estación de recubrimiento, siempre que permanezca aguas arriba de una estación donde se desea la retirada del líquido. El rodillo de extracción de líquido y sus elementos asociados descritos anteriormente se pueden denominar colectivamente como dispositivo de absorción de líquido.

Como se mencionó, el sistema de impresión puede comprender además un secador (p. ej., soplador de aire caliente o frío) en el lado de salida del aparato de recubrimiento 14, o más abajo, para permitir que el recubrimiento de partículas alcance una estación posterior en forma sustancialmente seca.

En una realización alternativa, la galería 1409 se conecta a una fuente de gas a una presión más alta que la presión en la cámara impelente 1406. Dependiendo de la tasa de suministro de fluido a la cámara impelente a través de los cabezales de rociado 1401 y la tasa de extracción a través de la salida 1407, la cámara impelente 1406 puede estar a una presión superior o inferior a la presión atmosférica ambiental.

Si la cámara impelente está a presión subatmosférica, entonces es suficiente que la galería 1409 esté a presión atmosférica ambiental, o de hecho, no es necesario que exista una galería. En este caso, como la presión dentro de la holgura de sellado excederá la presión en la cámara impelente 1406, el flujo de gas a través de la holgura será hacia el interior de la carcasa sin riesgo de salida de fluido.

5 Si el cámara impelente está a presión atmosférica superior, entonces la galería 1409 puede conectarse a un suministro de gas presurizado, preferiblemente aire. En este caso, el aire será forzado dentro de la holgura de sellado bajo presión a través de los pasos 1410 y se dividirá en dos corrientes. Una corriente fluirá hacia la cámara impelente 1406 y evitará la salida del fluido dentro del que se suspenden las partículas. Esa corriente también desprenderá y/o arrastrará partículas que no estén en contacto directo con la superficie donante y ayudará a secar al menos parcialmente el recubrimiento si el fluido portador es un líquido. La segunda corriente escapará del aparato de recubrimiento sin presentar un problema, ya que solo es aire limpio sin partículas en suspensión. La segunda corriente de gas también puede ayudar a secar más el recubrimiento de partículas en la superficie donante 12 antes de que salga del aparato de recubrimiento 14. Si se desea, la corriente de gas se puede calentar para facilitar dicho secado.

15 En una realización alternativa, la galería 1409 mencionada anteriormente no se extiende alrededor de toda la circunferencia de la carcasa, para sellar la cámara impelente 1406 por todos lados. Puede ser una galería "parcial" o una combinación de una o más cuchillas de aire (con flujo negativo o positivo) colocadas aguas abajo o aguas arriba de los cabezales de rociado y/o aplicadores intermedios en paralelo al eje del tambor y/o en los bordes laterales de los cabezales y/o aplicadores en una dirección perpendicular al eje del tambor. Una galería "parcial" en el lado de salida puede, en algunas realizaciones, servir como soplador de gas (p. ej., aire frío o caliente) facilitando adicional o alternativamente el secado de las partículas, en cuyo caso los pasos 1410 puede adaptarse para proporcionar un caudal suficiente.

25 En la realización ilustrada en la Figura 2, en lugar de ser transportado en un fluido rociado directamente sobre la superficie donante 12, las partículas suspendidas se aplican mediante cabezales de rociado 1401 a un aplicador intermedio 1420. El aplicador 1420 puede ser, por ejemplo, un rodillo con forma de esponja, cuyo eje es paralelo al eje del tambor 10. El fluido y las partículas suspendidas se pueden rociar sobre el aplicador 1420 de la manera mostrada en la Figura 2, o si el aplicador es poroso o está construido de manera similar a los "cepillos" utilizados en los lavados automáticos de automóviles que tienen tiras de tela sueltas que se extienden radialmente desde un eje central, entonces el fluido puede introducirse a través del cubo de eje y dejar que escape a través de los agujeros en el eje (no se muestra). El material del rodillo o la tira de tela debe ser "relativamente blando", seleccionado para 30 restregar las partículas en la superficie, sin afectar a la integridad del recubrimiento formado sobre la misma, en otras palabras, sin rayar la capa de partículas. La superficie del aplicador, o de sus cerdas o rayas, puede comprender adecuadamente una espuma de celda cerrada (tal como polietileno de celda cerrada, PVA de celda cerrada o silicona de celda cerrada); o una espuma de celda abierta relativamente blanda (tal como una espuma de poliuretano); o una tela, como algodón, seda o tela de polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE).

35 Conforme el rodillo o brocha 1420 rota a lo largo de su eje, aplica las partículas al contacto con la superficie donante 12 del tambor 10. La superficie exterior del aplicador 1420 no necesita tener la misma velocidad lineal que la superficie donante y, por ejemplo, puede ser hasta diez veces mayor. Puede rotar en el mismo sentido que el tambor 10 o en sentido contrario. El aplicador puede ser accionado independientemente por un motor (no mostrado, en la Figura 2), o accionado por un tambor 10 por engranajes, correas, fricción y similares.

40 El aparato de recubrimiento de partículas 14 puede comprender más de un aplicador 1420 de partículas, por ejemplo, dos o tres aplicadores, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 3. En la Figura, que muestra una vista parcial de una estación de recubrimiento 14 y de una superficie donante 12 montadas en un tambor 10, se ilustran tres estaciones de aplicación 1430a, 1430b y 1430c. Cada estación, como se detalla para 1430a, puede tener además de su aplicador 1420a, su propio suministro de partículas aplicado por rociadores 1402a, proporcionado por cabezales de rociado 1401a, el fluido relevante es entregado por el conducto de suministro 1405a. Tales aplicadores pueden proporcionar opcionalmente algo de bruñido o aplanamiento de las partículas en la superficie donante, o dicha función, si se desea, puede ser proporcionada por un elemento separado, como un rodillo 40 descrito abajo.

50 El aparato de recubrimiento también puede comprender además un rodillo de limpieza. Un rodillo de limpieza puede tener una estructura similar a un rodillo aplicador, excepto que carecería del suministro de partículas. Un rodillo de limpieza puede, por ejemplo, aplicar un líquido correspondiente al portador de fluido de las partículas, pero agotado de este último. En el ejemplo ilustrado en la Figura 3, las estaciones 1430a y 1430b pueden servir para aplicar partículas, mientras que el aplicador de 1430c puede servir como rodillo de limpieza. Alternativamente, el rodillo de limpieza, si está presente, puede colocarse externamente a la carcasa del aplicador(es) de partículas, opcionalmente en una carcasa separada con un suministro de fluido distinto y un sistema para eliminación y/o recirculación.

55 Un dispositivo de limpieza, si está presente, puede ser operado continuamente. Por ejemplo, un rodillo de limpieza como se ejemplificó anteriormente puede servir para retirar partículas que no están en contacto directo con la superficie donante durante cualquier ciclo de la superficie en la estación de recubrimiento durante el funcionamiento del sistema de impresión. Además, y alternativamente, se puede usar un dispositivo de limpieza periódicamente. Tal dispositivo de limpieza puede usarse, por ejemplo, para mantenimiento, y puede servir para retirar todas las partículas de toda la superficie donante. Tal regeneración completa de la superficie donante para que esté libre de partículas se puede

60

hacer de manera intermitente o periódica, por ejemplo, al final de un trabajo de impresión, o al cambiar las partículas a imprimir (p. ej., a un nuevo lote o a un nuevo tipo), o una vez al día, o una vez a la semana, o cualquier otra frecuencia deseada. Los dispositivos de limpieza periódica, que pueden depender del tratamiento químico o físico de la superficie donante para lograr la retirada total de partículas, se pueden ubicar externamente a la estación de recubrimiento. Se pueden operar durante al menos un ciclo de la superficie donante.

#### Las partículas

La forma y la composición de la partícula de recubrimiento dependerá en la práctica de la naturaleza del efecto que se aplicará a la superficie de sustrato. En un sistema de impresión que busca lograr efectos similares a la impresión de lámina, las partículas pueden formarse convenientemente de un material metálico o de aspecto metálico. Para una impresión de alta calidad, es deseable que las partículas sean lo más finas posible para minimizar los intersticios entre las partículas del recubrimiento monocapa aplicado. El tamaño de partícula depende de la resolución de imagen deseada y para algunas aplicaciones puede resultar adecuado un tamaño de partícula (p. ej., un diámetro o dimensión larga máxima) de 10  $\mu\text{m}$  (micrómetros) o posiblemente incluso más (es decir tener un tamaño mayor). La dimensión más larga de las plaquetas irregulares puede incluso alcanzar los 100  $\mu\text{m}$  en promedio. Sin embargo, para mejorar la calidad de la imagen, se prefiere que el tamaño de partícula sea una fracción pequeña o una fracción de un micrómetro y más preferiblemente unas pocas decenas o cientos de nanómetros. Los copos disponibles comercialmente pueden tener un grosor de aproximadamente 60-900 nm y una dimensión plana representativa (p. ej., diámetro medio para copos casi redondas o "diámetro equivalente" promedio para plaquetas que tienen una proyección plana menos regular, también caracterizada por dimensiones más cortas/más largas) de aproximadamente 1-5  $\mu\text{m}$ , pero los copos también se pueden preparar con un grosor de tan solo 15 nm, 20 nm, 25 nm, 30 nm, 40 nm o 50 nm y un diámetro medio o equivalente en la región de 100-1000 nm o 500-800 nm. Cuando se usan partículas de aspecto metálico, se cree que en la mayoría del intervalo de tamaño práctico, cuanto menor es el tamaño de partícula, mayor es el grado de brillo que se puede lograr y más cercano se puede aproximar a un acabado tipo espejo cuando tales partículas tienen sustancialmente la misma orientación (p. ej., cuando las partículas en forma de copos están en gran medida alineadas entre sí, para formar una superficie relativamente uniforme que mejora la reflexión de la luz especular). Sin embargo, el tamaño de las partículas no tiene que ser demasiado pequeño, ya que, por debajo de cierto umbral, que generalmente depende de la naturaleza química y/o física de las partículas, las partículas pueden mostrar efectos de borde no deseados que las hacen menos adecuadas para la impresión prevista. Por lo tanto, la determinación del tamaño ideal, que puede depender del efecto visual pretendido, así como de otros parámetros de impresión (p. ej., rugosidad del sustrato y/o de la capa receptiva) o parámetro operativo del sistema de impresión (p. ej., presión de impresión o cizalla de bruñido y factores similares), puede hacerse empíricamente, mediante experimentación de rutina, por alguien de habilidad ordinaria en la técnica de impresión.

Se pueden usar partículas de polímeros pigmentados no termoplásticos y materiales de aspecto metálico para lograr un aspecto mate o brillante, y cualquier aspecto intermedio, una vez transferido al sustrato de impresión. Tal aspecto puede, en cierta medida, ser modificado posteriormente por etapas adicionales (p. ej., bruñido, barnizado, etc.)

Dependiendo de su forma, que puede ser relativamente regular o irregular, las partículas pueden caracterizarse por su longitud, anchura, grosor, diámetro medio o equivalente o cualquier medida representativa de sus dimensiones X, Y y Z. En general, las dimensiones de las partículas se evalúan en proyecciones planas de su forma (p. ej., proyecciones verticales y/u horizontales). Típicamente, tales tamaños se proporcionan como promedio de la población de partículas y se pueden determinar mediante cualquier técnica conocida en la técnica, tal como microscopía y dispersión dinámica de luz (DLS). En las técnicas de DLS, las partículas se aproximan a esferas de comportamiento equivalente y el tamaño se puede proporcionar en términos de diámetro hidrodinámico. DLS también permite evaluar la distribución del tamaño de una población. Como se usa en el presente documento, las partículas que tienen un tamaño de, por ejemplo, 10  $\mu\text{m}$  o menos, tienen al menos una dimensión menor que 10  $\mu\text{m}$ , y posiblemente dos o incluso tres dimensiones, dependiendo de la forma. Se dice que las partículas cumplen en promedio cualquier preferencia de tamaño deseada, si el D50 (hasta el 50 % de la población) es aproximadamente del tamaño deseado; mientras que una población de partículas en donde el D90 tiene aproximadamente el tamaño previsto implica que una gran mayoría de partículas (hasta el 90 % de la población) satisfacen lo mismo.

Las partículas pueden tener, dependiendo de la forma, una variedad de "dimensiones características", como una dimensión larga o una dimensión larga máxima, que pueden promediarse para caracterizar una población que consiste en una pluralidad de tales partículas, denominándose este valor representativo  $L_{avg}$ . Las partículas pueden caracterizarse adicionalmente por una dimensión corta o una dimensión corta máxima, siendo la dimensión corta típicamente el grosor de las partículas para las de forma de plaquetas. Esta segunda dimensión característica también se puede promediar para identificar la población relevante de partículas, denominándose este valor representativo  $H_{avg}$ .

Las partículas adecuadas para el presente sistema y método de impresión pueden tener una dimensión media larga máxima  $L_{avg}$  como máximo de 800 micrómetros, como máximo 600  $\mu\text{m}$ , como máximo 400  $\mu\text{m}$ , como máximo 250  $\mu\text{m}$ , como máximo 150  $\mu\text{m}$ , como máximo 100  $\mu\text{m}$ , como máximo 80  $\mu\text{m}$ , como máximo 60  $\mu\text{m}$ , como máximo 40  $\mu\text{m}$ , como máximo 25  $\mu\text{m}$ , como máximo 20  $\mu\text{m}$ , como máximo 15  $\mu\text{m}$ , como máximo 12  $\mu\text{m}$ , como máximo 10  $\mu\text{m}$ , como máximo 8  $\mu\text{m}$ , como máximo 6  $\mu\text{m}$  como máximo 4  $\mu\text{m}$ , como máximo 3  $\mu\text{m}$ , como máximo 2  $\mu\text{m}$ , como máximo 1,5  $\mu\text{m}$ , como máximo 1,2  $\mu\text{m}$ , como máximo 1,0  $\mu\text{m}$ , como máximo 0,8  $\mu\text{m}$ , como máximo 0,7  $\mu\text{m}$ , como máximo 0,65  $\mu\text{m}$  o como máximo 0,6  $\mu\text{m}$ . Además, la dimensión larga máxima promedio puede ser de al menos 0,04

micrómetros, al menos 0,05 µm, al menos 0,06 µm, al menos 0,08 µm, al menos 0,10 µm, al menos 0,12 µm, al menos 0,15 µm, o al menos 0,20 µm.

5 Las partículas adecuadas para el presente sistema y método de impresión pueden tener además un grosor máximo promedio  $H_{avg}$  que puede tener como máximo 1200 nm, como máximo 1000 nm, como máximo 800 nm, como máximo 600 nm, como máximo 500 nm, como máximo 400 nm, como máximo 350 nm, como máximo 300 nm, como máximo 250 nm, como máximo 200 nm, como máximo 175 nm, como máximo 150 nm, como máximo 125 nm, o como máximo 100 nm. Además, el grosor máximo promedio puede ser al menos 5 nm, al menos 7 nm, al menos 10 nm, al menos 15 nm, al menos 20 nm, al menos 25 nm, al menos 30 nm, al menos 40 nm o al menos 50 nm.

10 Aunque no es esencial, las partículas pueden tener preferiblemente una forma uniforme y/o dentro de una distribución simétrica en relación con un valor medio de la población y/o dentro de una distribución de tamaño relativamente estrecha.

Se dice que una distribución del tamaño de partícula es relativamente estrecha si se aplica al menos una de las dos condiciones siguientes:

- 15 A) la diferencia entre el diámetro hidrodinámico del 90 % de las partículas y el diámetro hidrodinámico del 10 % de las partículas es igual o inferior a 150 nm, o igual o inferior a 100 nm, o incluso igual o inferior a 50 nm, que puede expresarse matemáticamente por:  $(D_{90} - D_{10}) \leq 150 \text{ nm etc.}; y/o$
- 20 B) la relación entre a) la diferencia entre el diámetro hidrodinámico del 90 % de las partículas y el diámetro hidrodinámico del 10 % de las partículas; y b) el diámetro hidrodinámico del 50 % de las partículas, no es más de 2,0, o no más de 1,5, o incluso no más de 1,0, que puede expresarse matemáticamente por:  $(D_{90} - D_{10})/D_{50} \leq 2,0 \text{ etc.}$

25 Las partículas pueden tener cualquier relación de aspecto adecuada, es decir, una relación adimensional entre la dimensión más pequeña de la partícula y el diámetro equivalente en el plano ortogonal más grande a la dimensión más pequeña. El diámetro equivalente puede ser, por ejemplo, el promedio aritmético entre las dimensiones más largas y más cortas de ese plano ortogonal más grande. Estas dimensiones generalmente son proporcionadas por los proveedores de tales partículas y se pueden evaluar en varias partículas representativas mediante métodos conocidos en la técnica, como la microscopía, que incluye en particular mediante microscopio electrónico de barrido SEM (preferiblemente para las dimensiones planas) y haz de iones enfocados FIB (preferiblemente para las dimensiones de grosor y longitud). Las partículas que tienen una forma casi esférica se caracterizan por una relación de aspecto de aproximadamente 1:1, mientras que las partículas en forma de copos pueden tener una relación de aspecto (es decir entre el promedio de las longitudes más largas de las proyecciones planas de las partículas (dimensión larga máxima) o de sus diámetros medios o equivalentes, según sea el caso, y el grosor promedio (dimensión corta máxima) de las partículas) de 100:1 o más. Aunque no es limitante, las partículas de acuerdo con las presentes enseñanzas pueden tener una relación de aspecto (o una relación de aspecto promedio que se define por:  $ASP_{avg} = L_{avg}/H_{avg}$ ) de aproximadamente 100:1 o menos, de aproximadamente 75:1 o menos, de aproximadamente 50:1 o menos, de aproximadamente 25:1 o menos, de aproximadamente 10:1 o menos, o incluso de aproximadamente 2:1 o menos. En algunas realizaciones, las partículas de acuerdo con las presentes enseñanzas pueden tener una relación de aspecto (o relación de aspecto promedio) de al menos 2:1, al menos 3:1, al menos 5:1, al menos 10:1, al menos 25:1, al menos 40:1, o al menos 70:1. En algunas realizaciones, las partículas de acuerdo con las presentes enseñanzas pueden tener una relación de aspecto (o relación de aspecto promedio) dentro de un intervalo de 2:1 a 500:1, 4:1 a 500:1, 8:1 a 500:1, 20:1 a 500:1, 20:1 a 300:1, 20:1 a 250:1, 20:1 a 200:1, o 20:1 a 100:1.

En estas realizaciones, la dimensión larga máxima (general o media), la dimensión corta máxima y la relación de aspecto para un grupo de partículas pueden promediarse en volumen, promediarse en el área de superficie o promediarse en número.

45 En algunas realizaciones, las relaciones de aspecto de partículas representativas pueden estimarse mediante técnicas SEM y/o técnicas SEM-FIB, como se describe en más detalle en el presente documento.

50 Al seleccionar una partícula representativa, o un grupo de partículas representativas que pueden caracterizar con precisión la relación de aspecto de la población, se apreciará que un enfoque más estadístico puede caracterizar aún más exactamente la relación de aspecto de las partículas dentro de la población. Por lo tanto, en algunas realizaciones de la presente divulgación, la relación de aspecto de las partículas puede determinarse analizando, en su totalidad, un campo de visión representativo del instrumento de captura de imágenes (p. ej., SEM). Típicamente, el aumento se ajusta de modo que al menos 5 partículas, al menos 10 partículas, al menos 20 partículas, o al menos 50 partículas se disponen dentro de un único campo de visión. Como anteriormente, la relación de aspecto (general o promedio) para un grupo de partículas puede ser promediada en volumen, promediada en área de superficie o promediada en número.

55 Como se usa en el presente documento en la memoria descriptiva y en la sección de reivindicaciones que sigue, el término "relación de aspecto" o "relación de aspecto particular" se refiere a la relación adimensional entre la dimensión más pequeña de la partícula y el diámetro equivalente en el plano más grande ortogonal a la dimensión más pequeña.

Como se usa aquí en la memoria descriptiva y en la sección de reivindicaciones que sigue, el término "diámetro equivalente" se refiere al promedio aritmético entre las dimensiones más largas y más cortas de ese plano ortogonal más grande.

5 Como se usa en el presente documento en la memoria descriptiva y en la sección de reivindicaciones que sigue, el término "relación de aspecto promedio" o "relación de aspecto general" se refiere a la relación de aspecto de una pluralidad de partículas, cada una con una relación de aspecto particular.

Además de su impacto en el efecto visual a impartir, las partículas pueden tener formas y/o dimensiones adecuadas para proporcionar un área de contacto suficiente con la superficie donante y, posteriormente, con las regiones de sustrato deseadas (p. ej., en una capa receptiva), al menos durante un período de tiempo, se desea el efecto visual o hasta que se aplique un sobrerrecubrimiento.

10 Dependiendo de su composición y/o de los procesos que experimentan (p. ej., molienda, reciclaje, bruñido, etc.) las partículas pueden ser hidrófobas con diferentes grados, si los hay, de hidrofiliidad. Como el equilibrio entre la naturaleza hidrófoba e hidrófila de las partículas puede cambiar con el tiempo, se espera que el proceso siga siendo eficiente si predomina la naturaleza hidrófoba de las partículas. Además, las partículas se pueden hacer de materiales intrínsecamente hidrófilos, en cuyo caso pueden volverse hidrófobas mediante la aplicación de un recubrimiento de partículas. Los materiales adecuados para dicho recubrimiento de partículas pueden tener un extremo hidrófilo con afinidad a la partícula (p. ej., una función carboxílica afín a un óxido metálico) y una cola hidrófoba. En la presente divulgación, se dice que tales partículas, ya sean intrínsecamente hidrófobas o recubiertas para volverse hidrófobas o más hidrófobas, son sustancialmente hidrófobas.

20 La hidrofobicidad de las partículas puede ser una propiedad conocida inherente a su composición química. Si es necesario, el grado de hidrofobicidad o hidrofiliidad se puede evaluar midiendo el ángulo de contacto de una gota de líquido de referencia (típicamente agua desionizada) en una superficie considerable del material a granel que forma las partículas o de su recubrimiento, según corresponda. Los expertos en la materia apreciarán fácilmente que se puede usar un ángulo de contacto para caracterizar un grado de hidrofiliidad o hidrofobicidad, de acuerdo con técnicas estándar. Un ángulo de contacto por encima de 90° puede indicar una superficie hidrófoba, mientras que un ángulo de contacto por debajo de este valor puede ser indicativo de una superficie hidrófila. Además, la hidrofobicidad se puede evaluar a escala de las partículas introduciendo una cantidad predeterminada de partículas en agua desionizada. Las partículas hidrófobas mostrarán un comportamiento flotante, migrando hacia la interfaz de aire, mientras que las partículas hidrófilas exhibirán un patrón no flotante, lo que les permitirá mantener una distribución bastante aleatoria en el portador de agua. Dicha separación de fases, o falta de ella, puede facilitarse mediante la adición de una fase de aceite no miscible con agua, en cuyo caso las partículas hidrófobas migran hacia la fase de aceite, mientras que las partículas hidrófilas tienden a permanecer en la fase acuosa. La determinación de la concentración de partículas en la muestra de agua inicial y en las fases separadas finales, la separación de fases que se realiza típicamente tres veces para una muestra dada permite evaluar el comportamiento hidrófobo o hidrófilo de las partículas. Se pueden usar métodos adicionales, tales como ensayos de adsorción de superficie utilizando una proporción conocida de tinte Rosa de Bengala por la cantidad de partículas a probar. El tinte se adsorbe en la superficie hidrófoba de las partículas en función de su área superficial. El tinte no unido que queda en la fase acuosa se puede medir por espectrofotometría, proporcionando una estimación de la cantidad unida en proporción con la hidrofobicidad de las partículas. La hidrofobicidad relativa se puede determinar calculando el cociente de partición del tinte entre la cantidad absorbida y la cantidad no unida. De manera similar, se puede usar tinte azul de Nilo para determinar la hidrofiliidad de la superficie de partículas. Se conocen métodos adicionales y pueden ser adecuados. Como se usa en el presente documento, el término "hidrófobo" y similares se usa para partículas y materiales que exhiben hidrofobicidad de acuerdo con al menos uno (y preferiblemente al menos dos o tres) de los métodos de caracterización descritos anteriormente.

45 En una realización, las partículas son de aluminio y se recubren con un ácido carboxílico que hace que las partículas sean hidrófobas, reduce su capacidad de adherirse entre sí y reduce su oxidación. La hidrofobicidad de tales partículas cuando se recubren con ácido esteárico se estimó midiendo el ángulo de contacto formado por una gota de agua desionizada, de acuerdo con el método descrito en más detalles para la superficie donante. Dichas partículas recubiertas mostraron un ángulo de humectación de 130,1 + 6°. Sin embargo, como se mencionó, pueden ser adecuadas partículas que tienen un ángulo de humectación superior a 90°.

50 Las partículas pueden ser transportadas por un fluido gaseoso o líquido cuando se rocían sobre la superficie donante o sobre los aplicadores intermedios. Cuando las partículas se suspenden en un líquido, tanto para reducir el coste como para minimizar la contaminación ambiental, es deseable que el líquido sea acuoso. En tal caso, es deseable que el material utilizado para formar o recubrir las partículas sea hidrófobo. Las partículas hidrófobas se separan más fácilmente de un portador acuoso, lo que facilita su tendencia a unirse y recubrir la superficie donante. Dicha afinidad preferencial de las partículas hacia la superficie donante del dispositivo de recubrimiento, en lugar de hacia su portador y entre sí, se considera particularmente ventajosa. Soplar una corriente de gas sobre el recubrimiento de partículas (que, como se mencionó anteriormente, puede estar formado preferiblemente por partículas hidrófobas en una superficie hidrófoba) servirá para desprender y/o arrastrar partículas que no están en contacto directo con la superficie donante como para secar al menos parcialmente el recubrimiento en la superficie donante.

5 Cuando se aplica al sustrato 20 un efecto similar a la formación de imágenes de lámina, las partículas pueden ser, como se mencionó, metálicas o más generalmente de aspecto metálico y pueden estar recubiertas o no. Debido a la forma en que se producen tales partículas (comúnmente por molienda), tienden a ser plaquetas planas y, aunque no es esencial, esto permite lograr recubrimientos altamente reflectantes de calidad de espejo cercano cuando las partículas tienen superficies reflectantes de luz y su dimensión plana es sustancialmente alineado con la superficie de sustrato. Dichas partículas se prestan al bruñido, que puede transportarse mediante el uso de alta presión durante el rociado o mediante un rodillo de bruñido, como el rodillo opcional 40 y el rodillo contrario 42 mostrados en la Figura 2.

10 Además, o como alternativa, de bruñir la capa de partículas después de que se ha transferido al sustrato, es posible bruñirla mientras aún está en la superficie donante. 12. Por lo tanto, un rodillo de bruñido u otro elemento restregador puede colocarse inmediatamente aguas abajo o como parte del aparato de recubrimiento 14.

15 El bruñido se puede realizar con un rodillo seco o con un rodillo húmedo (p. ej., impregnado y/o lavado con el fluido sobre el que se suspenden las partículas, por ejemplo, agua). En el caso de que se use un aplicador intermedio, no se puede descartar que pueda, además de aplicar las partículas a la superficie donante, al menos en parte, bruñirlas. Se cree que durante el bruñido, el tamaño de las partículas se reduce en comparación con su tamaño original tras la inyección inicial en el aparato de recubrimiento, y que, de forma alternativa y adicional, las partículas bruñidas se orientan de manera sustancialmente paralela con respecto a la superficie donante.

La superficie exterior del rodillo de bruñido opcional puede rotar a una velocidad lineal diferente a la de la superficie donante del tambor y/o de la superficie exterior de un aplicador intermedio, si está presente. Puede rotar en el mismo sentido o en sentido contrario al tambor.

#### 20 El portador de partículas

25 El portador de partículas, es decir, el fluido dentro del que están suspendidas las partículas, puede ser un líquido o un gas. Si es líquido, el portador es preferiblemente a base de agua y si es gaseoso, el portador es preferiblemente aire. Las partículas pueden ser liofóbicas (es decir, sin afinidad) con respecto a su portador, por ejemplo, pueden ser hidrófobas, mientras que el portador es un líquido acuoso. Esto puede dar como resultado que las partículas se dispersen en parte en el líquido y se separen en parte en fases (todos los tipos de tales mezclas de materiales de las mismas o diferentes fases están incluidas en el presente documento por el término "suspendido"). Además de las partículas, el portador puede comprender cualquier aditivo conocido en la técnica de formulación de partículas, como dispersantes, agentes tensioactivos, disolventes miscibles en agua, codisolventes, estabilizadores, conservantes, modificadores de viscosidad, modificadores de pH y similares. Todos los aditivos y sus concentraciones típicas son conocidos por los expertos en la técnica de las dispersiones y no necesitan ser detallados más aquí. Se prefieren aditivos (o mezclas de los mismos) que no afecten a la hidrofobicidad de las partículas y de la superficie donante. Tales agentes, en particular los agentes dispersantes, pueden ayudar a mantener o aumentar la estabilidad de las partículas suspendidas en el líquido (incluso en forma separada por fases, si se desea). El portador de líquido también puede comprender un exceso de material no unido que sirve como recubrimiento de partículas, si se desea cuando sea aplicable. Cualquiera de estos aditivos y mezclas de los mismos, preferiblemente no afectan a la inercia general del portador de líquido hacia la superficie donante (p. ej., evitando o reduciendo cualquier hinchamiento perjudicial de la superficie que impida el recubrimiento adecuado mediante la unión de las partículas).

35 Se dice que un portador de líquido es acuoso si contiene al menos el 80 % en peso de agua (es decir, 80 % en peso de la composición total), o al menos 85 % en peso, o al menos 90 % en peso, o al menos incluso 95 % en peso de agua. Debe entenderse que, aunque las composiciones acuosas de trabajo final pueden contener predominantemente agua, como se mencionó anteriormente, es posible preparar composiciones acuosas intermedias que contengan una mayor cantidad de partículas sólidas (y aditivos si los hay) y una menor cantidad de agua. Dichas composiciones intermedias pueden servir como concentrados, que pueden diluirse a las concentraciones de trabajo deseadas cuando sea necesario, pero almacenarse y/o enviarse en volúmenes más pequeños. Un concentrado puede comprender, por ejemplo, hasta aproximadamente el 80 % en peso de sólidos y aproximadamente el 20 % en peso de un codisolvente miscible con agua, añadiéndose el agua durante la dilución del concentrado.

#### La superficie donante

40 La superficie donante 12 en algunas realizaciones es una superficie hidrófoba, hecha típicamente de un elastómero que se puede adaptar para que tenga propiedades como las descritas en la presente memoria, generalmente preparadas a partir de un material a base de silicona. Los polímeros de poli(dimetilsiloxano), que se basan en silicona, se han encontrado adecuados. En una realización, se formuló una composición curable por fluido combinando tres polímeros basados en silicona: un polidimetilsiloxano terminado en vinilo 5000 cSt (DMS V35, Gelest, N.º CAS 68083-19-2) -TM- en una cantidad de aproximadamente el 44,8 % en peso de la composición total (% en peso), un polidimetilsiloxano con funcionalidad vinilo que contiene grupos de vinilo terminales y colgantes (Polymer XP RV 5000, Evonik Hanse, N.º CAS 68083-18-1) -TM- en una cantidad de aproximadamente el 19,2 % en peso, y una estructura ramificada de polidimetilsiloxano con funcionalidad vinilo (Resina VQM-146, Gelest, CAS N.º 68584-83-8) -TM- en una cantidad de aproximadamente el 25,6 % en peso. A la mezcla de los polidimetilsiloxanos con funcionalidad vinilo se le añadió: un catalizador de platino, tal como un complejo de diviniltetrametildisiloxano de platino (SIP 6831.2, Gelest, CAS N.º 68478-92-2) -TM- en una cantidad de aproximadamente 0,1 % en peso, un inhibidor para controlar mejor las



condiciones de curado, Inhibidor 600 de Evonik Hanse, en una cantidad de aproximadamente el 2,6 % en peso, y finalmente un reticulante reactivo, como un metilo -hidrosiloxano- copolímero de dimetilsiloxano (HMS 301, Gelest, CAS N.º 68037-59-2) -TM- en una cantidad de aproximadamente el 7,7 % en peso, que inicia el curado por adición. Esta composición curable adicional se aplicó poco después con una cuchilla niveladora lisa sobre el soporte de la superficie donante (p. ej., un manguito de epoxi montable en tambor 10), dicho soporte se trató opcionalmente (p. ej., por corona o con una sustancia de imprimación) para favorecer la adherencia del material de la superficie donante a su soporte. El fluido aplicado se curó durante dos horas a 100-120 °C en un horno ventilado para formar una superficie donante.

La hidrofobicidad es permitir que las partículas expuestas a la eliminación selectiva por la película pegajosa creada en el sustrato que lleva la capa receptiva se transfieran limpiamente al sustrato sin dividirse.

La superficie donante debe ser hidrófoba, es decir, el ángulo de humectación con el portador acuoso de las partículas debe exceder los 90°. El ángulo de humectación es el ángulo formado por el menisco en la interfaz líquido/aire/sólido y si excede los 90°, el agua tiende a formar gotas y no humedece y, por lo tanto, se adhiere a la superficie. El ángulo de humectación o ángulo de contacto de equilibrio  $\Theta_0$ , que está comprendido entre y puede calcularse a partir del ángulo de contacto de retroceso (mínimo)  $\Theta_R$  y el ángulo de contacto de avance (máximo)  $\Theta_A$ , puede evaluarse a una temperatura y presión dadas relevantes para las condiciones operativas del proceso. Se mide convencionalmente con un goniómetro o un analizador de forma de gota a través de una gota de líquido que tiene un volumen de 5  $\mu$ l, donde la interfaz líquido-vapor se encuentra con la superficie polimérica sólida, a temperatura ambiente (alrededor de 23 °C) y presión (alrededor de 100 kPa). Las mediciones del ángulo de contacto se pueden realizar, por ejemplo, con un analizador de ángulo de contacto - Krüss™ "Easy Drop" FM40Mk2 utilizando agua destilada como líquido de referencia.

Dichas mediciones se realizaron en una muestra de superficie donante preparada como se describió anteriormente, teniendo la muestra un tamaño de 2 cm x 2 cm. Los resultados se analizaron utilizando el programa "Análisis de forma de gota", método informático circular, el ángulo de contacto de avance  $\Theta_A$  de la superficie donante descrita anteriormente se encontró que era  $101,7^\circ \pm 0,8^\circ$  y el ángulo de contacto de retroceso  $\Theta_R$  se encontró que era  $99,9^\circ \pm 3,1^\circ$ . Típicamente, las superficies donantes preparadas por este método tenían ángulos de contacto en el intervalo de aproximadamente 95° a aproximadamente 115°, generalmente no superior a 110°.

Esta hidrofobicidad puede ser una propiedad inherente del polímero que forma la superficie donante o puede mejorarse mediante la inclusión de aditivos de hidrofobicidad en la composición del polímero. Los aditivos que pueden promover la hidrofobicidad de una composición polimérica pueden ser, por ejemplo, aceites (p. ej., aceites sintéticos, naturales, vegetales o minerales), ceras, plastificantes y aditivos de silicona. Dichos aditivos de hidrofobicidad pueden ser compatibles con cualquier material polimérico, siempre que su naturaleza química o cantidades respectivas no impidan la formación adecuada de la superficie donante y, por ejemplo, no perjudiquen el curado adecuado del material polimérico.

La rugosidad o el acabado de la superficie donante se replicarán en la superficie metalizada impresa. Por lo tanto, si se requiere un acabado de espejo o una apariencia altamente brillante, la superficie donante debería ser más lisa que si se desea un aspecto mate o satinado. Estos efectos visuales también pueden derivarse de la rugosidad del sustrato de impresión y/o de la capa receptiva.

La superficie donante 12 puede tener cualquier dureza Shore adecuada para proporcionar una fuerte unión a las partículas cuando se aplican usando el aparato de recubrimiento 14, el enlace es más fuerte que la tendencia de las partículas a adherirse entre sí. La dureza de la superficie a base de silicona puede variar y, por ejemplo, depende del grosor de la superficie donante y/o de las partículas que se pretende unir. Se cree que para superficies donantes relativamente delgadas (p. ej., 100  $\mu$ m o menos), el material a base de silicona puede tener una dureza media a baja; mientras que para superficies donantes relativamente gruesas (p. ej., hasta aproximadamente 1 mm), el material a base de silicona puede tener una dureza relativamente alta. Además, las partículas más grandes pueden beneficiarse típicamente de una superficie donante que tiene una dureza menor que la necesaria para acomodar partículas relativamente más pequeñas. En algunas realizaciones, una dureza relativamente alta entre aproximadamente 60 Shore A y aproximadamente 80 Shore A es adecuada para la superficie donante. En otras realizaciones, una dureza media-baja de menos de 60, 50, 40, 30 o incluso 20 Shore A es satisfactoria.

La superficie donante 12 en los dibujos es la superficie exterior de un tambor 10 pero esto no es esencial ya que, alternativamente, puede ser la superficie de un miembro de transferencia sin fin que tiene la forma de una correa guiada sobre rodillos de guía y mantenida bajo una tensión apropiada al menos mientras pasa a través del aparato de recubrimiento. Arquitecturas adicionales pueden permitir a la superficie donante 12 y la estación de recubrimiento 14 estar en movimiento relativo una con otra. Por ejemplo, la superficie donante puede formar un plano móvil que puede pasar repetidamente debajo de una estación de recubrimiento estático, o formar un plano estático, la estación de recubrimiento se mueve repetidamente de un borde del plano al otro para cubrir completamente la superficie donante con partículas. Posiblemente, tanto la superficie donante como la estación de recubrimiento pueden moverse entre sí y con respecto a un punto estático en el espacio para reducir el tiempo que puede llevar lograr el recubrimiento completo de la superficie donante con las partículas dispensadas por el estación de recubrimiento. Se puede decir que todas estas formas de superficies donantes son móviles (p. ej., movibles rotatoriamente, cíclicamente,

interminablemente o algo semejante) con respecto a la estación de recubrimiento en la que cualquier superficie donante que pasa puede recubrirse con partículas (o recargarse con partículas en regiones expuestas).

5 La superficie donante puede abordar adicionalmente consideraciones prácticas o particulares resultantes de la arquitectura específica del sistema de impresión. Por ejemplo, puede ser lo suficientemente flexible como para montarse en un tambor, tener suficiente resistencia a la abrasión, ser inerte a las partículas y/o fluidos empleados y/o ser resistente a cualquier condición operativa relevante (p. ej., presión, calor, tensión, etc.). El cumplimiento de tales propiedades tiende a aumentar favorablemente la vida útil de la superficie donante.

10 La superficie donante, ya sea formada como un manguito sobre un tambor o una correa sobre rodillos de guía, puede comprender además, en el lado opuesto a la capa externa receptora de partículas, un cuerpo, que junto con la superficie donante puede denominarse miembro de transferencia. El cuerpo puede comprender diferentes capas, cada una de las cuales proporciona al miembro de transferencia global una o más propiedades deseadas seleccionadas, por ejemplo, de resistividad mecánica, conductividad térmica, compresibilidad (p. ej., para mejorar el contacto "macroscópico" entre la superficie donante y el cilindro de impresión), conformabilidad (p. ej., para mejorar el contacto "microscópico" entre la superficie donante y el sustrato de impresión en el cilindro de impresión) y cualquier característica de este tipo comprendida fácilmente por los expertos en la técnica de imprimir miembros de transferencia.

#### La estación de tratamiento

20 Como se mencionó, numerosas formas de aplicar una capa receptiva (p. ej., se conoce un patrón adhesivo o adhesivo activable) a un sustrato de impresión, especialmente en sistemas de impresión no digital convencionales como se discute en relación con las posibles estaciones de tratamiento analógico alternativas 36 ilustrado esquemáticamente en la Figura 2. El sistema de imagen 16 ilustrado esquemáticamente en la Figura 1 proporciona una forma de seleccionar las regiones en el sustrato donde se aplicó el recubrimiento de partículas a la superficie donante 12 que se transferirá al sustrato 20 en la estación de impresión. Tal sistema de imágenes se requiere en la implementación de una estación de tratamiento digital para un sistema de impresión digital.

25 Un sistema de imagen ejemplar 16 puede comprender un soporte 1601 que transporta una distribución de fuentes láser, como chips VCSEL (láser de emisión de superficie de cavidad vertical) 1602 que están dispuestos opcionalmente en pares de filas en posiciones que están predeterminadas con precisión entre sí (p. ej., de manera escalonada proporcionando fuentes láser adecuadas para puntos de destino a lo largo de todo el ancho del sustrato). El apoyo 1601 puede enfriarse con fluido para hacer frente al calor significativo que pueden generar los chips. Haces láser emitidos por los chips 1602 son enfocados por lentes 1603 construidas como dos o más filas correspondientes de lentes de varilla GRIN (Gradient-Index) (cada chip 1602, y todos los elementos láser sobre los mismos, asociados con una lente de enfoque correspondiente 1603). Las señales suministradas a los chips para la activación de uno o más elementos láser se sincronizan con el movimiento del sustrato. 20 en la dirección de la flecha ilustrada (es decir, desde la estación de tratamiento o imagen hacia la estación de impresión) mediante un sistema de transporte (no mostrado en la Figura 1). El efecto de la irradiación de cada píxel por un rayo láser es convertir una capa receptiva inactiva en el sustrato 20 en ese píxel en un estado pegajoso (es decir una capa receptiva activa) para que las partículas que recubren la superficie donante 12 puedan luego transferirse y adherirse a los mismos. En otras palabras, dicha activación mediada por irradiación de la capa receptiva proporciona en el sustrato áreas seleccionadas 24 que tienen más afinidad hacia las partículas que las partículas que tienen con la superficie donante, las áreas activadas pueden así separar selectivamente las partículas de la superficie donante 12.

45 Si se utiliza para impresión a color, los sistemas que se muestran en las Figuras 1 y 2 solo pueden imprimir en un color, pero se puede lograr impresión multicolor a pasar el mismo sustrato sucesivamente a través de múltiples torres que se sincronizan entre sí y cada una imprime un color diferente. Alternativamente, y adicionalmente, se pueden obtener diferentes colores aplicando un sobrerrecubrimiento transparente de color (o una imagen de primer plano parcial) sobre las partículas que tienen un tono suficientemente claro. Por ejemplo, se puede lograr un aspecto "dorado" sobreimprimiendo un tinte amarillo-naranja sobre partículas de aluminio de aspecto "plateado".

#### El sustrato

50 El sistema de impresión que se muestra en el dibujo no está restringido a ningún tipo particular de sustrato, siempre que las partículas tengan mayor afinidad hacia la superficie donante que hacia el sustrato desnudo (es decir, en áreas que carecen de una capa receptiva adecuada). El sustrato puede ser hojas de papel o tarjetas individuales o puede tener la forma de una banda continua. El sustrato también se puede hacer de una tela o de cuero. Debido a la manera en que las partículas se aplican al sustrato, las partículas tienden a residir en la superficie del sustrato. Esto permite la impresión de alta calidad en papel de calidad indiferente. Además, el material del sustrato no necesita ser fibroso y puede ser cualquier tipo de superficie, por ejemplo, una película de plástico o una placa rígida. Como se explicó anteriormente, el sustrato también puede tener cualquier rugosidad deseada adaptada al aspecto deseado, aunque dicho efecto previsto también se puede modular al nivel de la capa receptiva.

Debe recordarse que algunos sustratos de impresión pueden suministrarse en formas recubiertas o no recubiertas, o pueden tratarse previamente para facilitar su uso previsto. Por ejemplo, un sustrato puede recubrirse con un material

de imprimación que puede mejorar la adhesión posterior de una capa receptiva al sustrato, o permitir cualquier otra etapa similar a la que pueda estar sujeto el sustrato. En la presente memoria descriptiva, el término "sustrato" debe entenderse en su sentido más amplio, independientemente de la forma, el material y el (los) recubrimiento (s) o la falta del mismo, como un soporte físico para que una imagen sea o haya sido impresa, en particular capaz para soportar las partículas que se transferirán a continuación.

#### La estación de impresión

La estación de impresión ilustrada 18 comprende solo un cilindro de impresión suave 22 que se presiona contra el tambor 10 y su superficie externa donante 12. El cilindro de impresión 22 puede formar parte de un sistema de transporte de sustrato, en cuyo caso puede estar equipado con pinzas para enganchar el borde de ataque de las hojas de sustrato individuales. Alternativamente, el cilindro de impresión puede tener una forma que sirva para realzar aún más el sustrato de impresión al que se transfieren las partículas.

Como se mencionó, un sistema de impresión de acuerdo con las enseñanzas actuales puede incluir más de una estación de impresión. Las estaciones de impresión separadas, que típicamente permiten la deposición de diferentes composiciones sobre un sustrato, como la transferencia de diferentes partículas o la impresión de diferentes colores o de diferentes efectos visuales con un mismo color, pueden incluir un cilindro de impresión diferente. Sin embargo, esto no necesariamente tiene que ser el caso. Por ejemplo, dos o más estaciones de tratamiento (ya sea digital como se ilustra por estación 16 o analógica como lo ilustra la estación 36) pueden tener cada una su respectiva estación de recubrimiento aguas abajo/superficie donante, y estar posicionados radialmente para enfrentarse un solo cilindro de impresión. Esto se ilustra esquemáticamente en la Figura 4 que ejemplifica un caso de tres estaciones de recubrimiento 14a, 14b y 14c, cada una precedida en su lado aguas arriba por una estación de tratamiento respectiva 46a, 46b y 46c, el tratamiento del sustrato 20 o de una capa receptiva sobre el mismo que se logra con cualquier medio adecuado, como se ejemplificó previamente de manera no limitativa con las estaciones 16 y 36. Las zonas de contacto entre las superficies de los donantes 12a, 12b y 12c, y cilindro de impresión 22 forman las estaciones de impresión dispuestas radialmente 18a, 18b y 18c. Como se explicó anteriormente, aunque la Figura 4 ilustra una pluralidad de estaciones de impresión de acuerdo con las presentes enseñanzas, el sistema de impresión de la invención puede incluir alternativa y adicionalmente estación(es) de impresión convencional(es). Dichas estaciones pueden servir para imprimir una imagen de fondo en las regiones seleccionadas para ser recubiertas con partículas, o una imagen de primer plano que se imprime después de que las partículas se transfieren al sustrato, o ambas.

Además, un sistema de impresión, aunque sea monocolor, puede incluir un sistema de perfeccionamiento que permita la impresión a doble cara. En algunos casos, el perfeccionamiento se puede abordar a nivel del sistema de transporte del sustrato, que puede, por ejemplo, revertir un sustrato a un lado que aún no está impreso y volver a colocar el lado sin imprimir del sustrato en las mismas estaciones de tratamiento e impresión que han servido para imprimir el primer lado. En otros casos, el perfeccionamiento puede ser abordado incluyendo dos estaciones de impresión separadas (y sus respectivas estaciones aguas arriba o aguas abajo), cada estación de impresión permite imprimir en un lado diferente del mismo sustrato.

#### Impresiones ejemplares

Las Figura 5A a 5D muestran imágenes de sustratos de impresión tal como se usan y se obtienen de acuerdo con las presentes enseñanzas. Los sustratos se imprimieron usando un sistema de impresión como se ilustra esquemáticamente en la Figura 2 con modificaciones de la siguiente manera.

Brevemente, el sustrato de impresión era una banda de papel sintético (película de polipropileno orientada biaxialmente (BOPP) White Matt P25 Synthetic<sup>54</sup> Glassine Liner 60 gsm, Nirotech Adhesives & Coating Technologies, Israel) o una lámina de plástico de polipropileno sobre la que se aplicó una laca (Wessco® 3501 UV-vamish de Schmid Rhyner AG, Suiza), mediante impresión flexográfica a una velocidad lineal de 30 m/min para formar, tras un curado suficiente, una capa receptiva 26. El grosor de la capa resultante fue de aproximadamente 3,6-4,2  $\mu\text{m}$ , como se determinó por microscopía confocal con láser (Olympus, LEXT). Las partículas suministradas a la estación de recubrimiento, que se dispensarán sobre la superficie donante para formar sustancialmente una monocapa, eran copos de aluminio (polvo de aluminio 6150 suministrado por Quanzhou Manfong Metal Powder Co., China, CAS N.º 7429-90-5) que tiene una forma más o menos plaquetaria con un diámetro promedio de aproximadamente 4  $\mu\text{m}$  y un grosor promedio de aproximadamente 70 nm. Las partículas se alimentaron en una concentración en peso de aproximadamente el 3 % en peso en agua y se rociaron sobre una esponja cilíndrica rodante que servía como aplicador intermedio. 1420. La superficie donante 12 estaba hecha de polímeros a base de silicona que consistían en polidimetilsiloxano funcionalizado con vinilo (PDMS), cuya formulación y preparación curables por adición se detallaron anteriormente. El sustrato de impresión, incluidos los patrones de la capa receptiva aplicada en línea, se alimentó al sistema de impresión inventivo a temperatura ambiente, a una velocidad lineal de 30 m/min, y la fuerza aplicada en la zona de contacto de la estación de impresión fue aproximadamente de 12 kg-f/cm.

La Figura 5A muestra una imagen del sustrato antes de su alimentación a la estación de impresión, los patrones más oscuros corresponden a la capa receptiva aplicada por impresión flexográfica como se explicó anteriormente. Para mejorar la visibilidad de la capa receptiva, el sustrato de papel sintético blanco BOPP se preimprimió con una imagen de fondo negro antes de la aplicación del patrón de capa receptiva. La Figura 5B muestra una imagen de un sustrato

de papel BOPP blanco después de su salida de la estación de impresión, luego de su contacto con las partículas de aluminio recubiertas en la superficie donante, los patrones más oscuros corresponden a las partículas transferidas. La Figura 5C y 5D muestra imágenes postimpresión similares con patrones metalizados contrastados, el sustrato utilizado en la Figura 5C siendo una lámina de plástico transparente (colocada sobre un fondo blanco por el bien de la imagen) y el sustrato utilizado en la Figura 5D es el sustrato de papel negro de la Figura 5A.

Las Figuras 6A a 6D son vistas ampliadas de una sección de las Figuras 5A a 5D, respectivamente. Como puede verse, la capa receptiva con patrón en el sustrato separó adecuadamente en la estación de impresión las partículas de aluminio de la superficie donante, para proporcionar una imagen impresa en metal correspondiente aguas abajo de la estación de impresión. Dichas imágenes no se procesaron más de ninguna manera (p. ej., sin bruñir, sin barnizar, etc.). Se observa además que la transferencia dejó expuestas las regiones correspondientes en la superficie donante (no mostradas), dichas regiones se recargan con nuevas partículas al completar un ciclo posterior en la estación de recubrimiento.

Se imprimieron ejemplos adicionales utilizando una estación de tratamiento alternativa en un sistema de impresión como se ilustra esquemáticamente en la Figura 2 con modificaciones de la siguiente manera. Brevemente, el sustrato de impresión era un papel fotográfico (HP, EE. UU.) Sobre el que se aplicó una laca (UV Screen Tactile Varnish, Cat. N.º UVDO-1200-408N, Flint Group, Alemania) para formar los patrones de imagen deseados (p. ej., incluyendo texto y/o ilustraciones). La laca se aplicó mediante serigrafía rotativa a una velocidad lineal de 20 m/min, la pantalla tenía una superficie abierta del 36 % y un tamaño de malla de 165  $\mu\text{m}$ . La capa formada en el sustrato se autoniveló mientras se transporta a una estación de curado (p. ej., por unos 10 segundos o menos). El sustrato con patrón y recubierto con laca se llevó a cabo mediante un sistema de transporte de sustrato de banda que comprende un rodillo de desenrollado que suministra sustrato desnudo, un rodillo de bobinado que recoge el sustrato que incluye los patrones deseados de capa receptiva y rodillos intermedios y marcos de soporte que establecen el camino recorrido por el sustrato en banda desde su lado de alimentación de entrada hasta su lado de entrega. La estación de curado, dispuesta aguas abajo de la estación de tratamiento (donde se aplicó la laca) y aguas arriba del rodillo de bobinado de entrega, incluía lámparas UV, para curar parcialmente la laca curable por UV. La capa receptiva se puede curar preferiblemente para que esté suficientemente seca al tacto para permitir el bobinado del sustrato de una manera que no sea perjudicial para la capa receptiva aplicada sobre la misma. Además, la capa receptiva típicamente necesita permanecer lo suficientemente sin curar para tener suficiente afinidad con las partículas durante la impresión (al contactar las partículas en la estación de impresión 18). Una vez suficientemente seca, en el presente ejemplo mediante curado parcial, la capa receptiva formó los patrones deseados para la aplicación posterior de las partículas. La capa receptiva así formada tenía un grosor de aproximadamente 52-65  $\mu\text{m}$  por encima de la superficie de sustrato, como se determinó por microscopía confocal láser (Olympus, LEXT).

La preparación anterior del sustrato se realizó fuera de línea y el sustrato se alimentó a la estación de impresión de un sistema de impresión de acuerdo con las presentes enseñanzas, usando un sistema de transporte de sustrato estándar, similar al descrito anteriormente. Para mejorar la visibilidad de la capa receptiva, el sustrato de papel se preimpresió con una imagen de fondo negra antes de la aplicación del patrón de capa receptiva.

Sin embargo, el sustrato de impresión, incluidos los patrones que se recubrirán con partículas durante la impresión, aunque la afinidad de los patrones selectivos con las partículas sea mayor que la afinidad de las partículas con la superficie donante se alimentó a una velocidad lineal de 0,2 m/s el sistema puede estar funcionando a cualquier otra velocidad adecuada (p. ej., a menudo hasta 2 m/s, pero incluso hasta 15 m/s o más). La fuerza en la zona de contacto de la estación de impresión 18, entre la superficie donante 12 y el cilindro de impresión 22 era de aproximadamente 8 kg-f/cm y la impresión se realizó a temperatura ambiente (hacia 23 °C) sin ningún calentamiento adicional, ni en la línea de contacto ni aguas arriba de la línea de contacto. Tales condiciones de funcionamiento no deben interpretarse como limitantes.

Las partículas (las mismas que se describieron anteriormente) se suministraron a la estación de recubrimiento a una concentración en peso de aproximadamente 0,1 % en peso en agua para formar una monocapa en una superficie donante 12 hecho de PDMS, cuya formulación y preparación curables por adición se detallaron anteriormente.

Los resultados (no mostrados) fueron similares a los representados en las Figuras 5A, 5D, 6A y 6D. A saber, el sustrato preimpreso 20 antes de su alimentación a la estación de impresión, muestra un patrón más oscuro que el sustrato de fondo, el patrón se forma a partir del material debido a que se adhiere a las partículas en la impresión (es decir, la laca seca que forma la capa receptiva 26). El mismo sustrato después de su salida de la estación de impresión 18, siguiendo su contacto con la superficie exterior del tambor rotatorio 10 y transferencia de las partículas de aluminio que estaban previamente recubiertas en la superficie donante 12, muestra una versión metalizada del patrón. Esto demuestra además que la capa receptiva con patrón en el sustrato separó adecuadamente en la estación de impresión las partículas de aluminio de la superficie donante, para proporcionar una imagen impresa en metal que tiene un patrón correspondiente aguas abajo de la estación de impresión.

La velocidad a la que un sustrato 20 se transporta a lo largo de las diversas estaciones en las que se procesa y/o la distancia entre dichas estaciones posteriores se puede utilizar para modular la duración de cada etapa, también denominado "tiempo de residencia", aunque el sustrato está típicamente en movimiento. Por ejemplo, el tiempo de residencia en la estación de tratamiento puede afectar al nivel de activación de las regiones seleccionadas o el grosor

de la capa receptiva aplicada 26 (que dependiendo de la viscosidad de la sustancia constituyente y su método de deposición puede estar entre unos pocos y cientos de micrómetros). El grosor de la capa receptiva que se puede obtener mediante la aplicación de serigrafía es típicamente entre 50 y 500  $\mu\text{m}$ , y más típicamente, como máximo 200  $\mu\text{m}$ . Se puede modificar para proporcionar un aspecto de "relieve", si se desea cierta distancia entre la parte superior de la capa receptiva (posteriormente la capa de partículas) y el sustrato. Cuando se usa impresión flexográfica, se puede formar una capa receptiva más delgada, que tiene un grosor típicamente entre 1  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$ , y más típicamente, como máximo 15  $\mu\text{m}$ .

Se cree que el tiempo de residencia entre la aplicación de una sustancia debido a la formación de la capa receptiva 26 y su configuración para una etapa posterior (p. ej., secado, curado, contacto de partículas, etc.) puede afectar la topografía de la superficie externa de la capa receptiva. Por ejemplo, para efectos brillantes, dado el tiempo suficiente, el recubrimiento recién aplicado puede nivelarse en la superficie de sustrato para formar una capa receptiva que tenga un grosor sustancialmente uniforme y/o que tenga una superficie externa relativamente lisa. En tal caso, puede ser preferible que la sustancia que forma la capa receptiva tenga tiempo para desgasificarse (es decir, reduciendo o eliminando las burbujas de aire que pueden estar "atrapadas" en la capa receptiva) para mejorar aún más las propiedades topográficas de la superficie exterior de la capa receptiva para mejorar la conformidad con las partículas y/o mejorar la transferencia de las partículas a la impresión sustrato como un mosaico de partículas uniformemente orientado. El tiempo de residencia en y después de cada estación depende del efecto de impresión deseado y de los materiales que se utilizan en el proceso (p. ej., tipo de sustrato, capa receptiva y partículas). Se apreciará que tales ajustes del proceso son conocidos por los expertos en la técnica de la impresión.

#### Vistas ampliadas de impresiones metalizadas

Las vistas ampliadas de impresiones obtenidas por tecnologías conocidas y por la presente invención fueron capturadas por microscopía confocal, de una manera previamente explicada en relación con la evaluación del porcentaje de un área cubierta por partículas. Las impresiones de acuerdo con las presentes enseñanzas se obtuvieron aplicando una capa receptiva mediante serigrafía sobre un sustrato de impresión hecho de papel. La superficie donante y las partículas de aluminio eran como se describió previamente, estando las partículas a una concentración en peso del 3 % en peso de la composición acuosa. El sustrato de impresión, incluidos los patrones de la capa receptiva debido a que se recubren con partículas durante la impresión, se alimentó a temperatura ambiente, a una velocidad lineal de 0,5 m/s, y la fuerza aplicada en la zona de contacto de la estación de impresión fue de aproximadamente 12 kg-f/cm.

Las micrografías representativas ampliadas, todas las imágenes con el mismo aumento, se muestran en las Figuras 7A a 7F. Los paneles A a D de la Figura muestran imágenes que muestran vistas superiores de impresiones metalizadas convencionalmente obtenidas por: (A) estampado en lámina (las técnicas en caliente y en frío dan como resultado una apariencia sustancialmente similar); (B) impresión offset; (C) impresión en huecograbado; y (D) Flexografía. La Figura 7E muestra una vista ampliada de manera similar de una impresión de acuerdo con una realización de la presente divulgación, mientras que, para comparación, el panel (F) muestra una monocapa de partículas tal como se forma en la superficie donante de la estación de recubrimiento, antes de ser transferida a una impresión sustrato para formar una imagen ampliada en el panel (E). La barra de escala en el ángulo inferior izquierdo de todas las imágenes corresponde a 40  $\mu\text{m}$ .

Como se puede ver en el panel (A), la impresión de lámina ya sea en caliente (como se muestra) o en frío, dio como resultado una película continua de metal que cubría por completo toda el área capturada. Las capas de partículas obtenidas convencionalmente e ilustradas en los paneles (B) a (D), son típicamente desiguales, al menos en uno de los siguientes aspectos: a) la capa comprende pilas de partículas superpuestas; b) las pilas se distribuyen aleatoriamente, posiblemente como resultado de las limitaciones de cada tecnología de impresión convencional; c) el grosor de la capa es irregular, en particular en presencia de pilas distribuidas al azar; y/o d) los huecos entre partículas vecinas se distribuyen aleatoriamente, posiblemente como resultado de las limitaciones de cada tecnología de impresión convencional. Se observa que la apariencia general de las impresiones convencionales de las que se tomaron las imágenes de los paneles (B) a (D) puede describirse en términos generales que ha sido más brumosa que la impresión relativamente más brillante de acuerdo con las presentes enseñanzas. Es interesante observar que incluso la capa de partículas formadas en la superficie donante puede ser relativamente más brillante que las impresiones convencionales. Esto sugiere además que las partículas aplicadas convencionalmente para metalizar una superficie son de orientaciones irregulares, siendo insuficiente la cantidad de partículas posiblemente paralelas a la superficie de sustrato para proporcionar suficiente reflejo de luz para un efecto brillante. En otras palabras, el "potencial reflexivo" de partículas sustancialmente paralelas se ve disminuido o contrarrestado por el efecto de "dispersión" de las partículas que tienen orientaciones aleatorias "no paralelas". En contraste con tales tecnologías comparativas que dependen de la impresión de partículas, el presente método permite una orientación más uniforme de las partículas, siendo las partículas predominantemente paralelas al sustrato, como lo respalda el brillo relativamente alto y confirmado por la Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) y Mediciones FIB realizadas en secciones transversales de impresiones resultantes.

Cabe señalar que, en contraste con las tintas metálicas utilizadas en tecnologías de impresión convencionales, las composiciones de partículas de aspecto metálico adecuadas para el presente método de impresión no necesitan comprender un aglutinante (p. ej., un aglutinante polimérico). Por lo tanto, las monocapas presentes están desprovistas o sustancialmente desprovistas de un aglutinante, mientras que las imágenes de tinta metálica creadas usando tales

tintas metálicas convencionales que contienen necesariamente aglutinante aparecen típicamente en el sustrato impreso como una película continua de "puente" de aglutinante entre partículas adyacentes. Como los aglutinantes utilizados convencionalmente envuelven partículas de la técnica en las tres dimensiones, la construcción de impresión resultante generalmente aparece como una película de aglutinante que rodea disposiciones de partículas formadas al azar, generalmente atrapando los estratos de partículas y recubriéndolos en exceso. Esto se ilustra en las Figuras 9B y 9C, discutidas a continuación.

El brillo de la superficie metalizada de las muestras impresas se puede medir con cualquier instrumento adecuado. En los presentes ejemplos, se midió utilizando un reflectómetro turbidez-brillo (BYK, Cat. N.º AG-4601), el iluminador proyecta la luz incidente y el detector mide la luz reflejada en ángulos de 20° perpendicular a la superficie, el iluminador y detector que tienen una distancia de arco de 40° entre sí. Todas las muestras probadas se imprimieron en sustrato de papel, con un tamaño de 4 cm x 2 cm, obteniéndose las muestras metalizadas correspondientes a las tecnologías convencionales obtenidas de impresoras comerciales. Para cada tecnología, se analizaron al menos tres muestras recibidas al azar y se promediaron sus valores de brillo. Si bien no se puede descartar que cada tecnología convencional de metalización por impresión pueda producir resultados más altos, los siguientes valores de brillo se consideran representativos y se proporcionan en apoyo de la orientación uniforme de las partículas aplicadas e impresas de acuerdo con las presentes enseñanzas.

Las superficies metalizadas impresas como se describe en el presente documento (usando un aplicador de serigrafía) mostraron un brillo promedio de 426 unidades de brillo (GU). A modo de comparación, cinco muestras impresas en lámina mostraron un brillo promedio de 489 GU; cuatro muestras impresas en offset tenían un brillo promedio de aproximadamente 22 GU; tres muestras impresas en huecogrado tenían un brillo promedio de aproximadamente 63 GU; y tres muestras impresas en flexografía tenían un brillo promedio de aproximadamente 55 GU. Por lo tanto, la presente tecnología proporciona con una monocapa de partículas un brillo comparable al de la impresión de lámina, en donde la película continua de metal es típicamente sustancialmente paralela a la superficie de sustrato. En comparación con las tecnologías convencionales que dependen de partículas individuales, se puede ver que la presente divulgación permite un brillo significativamente mayor correspondiente a un brillo generado por huecogrado de aproximadamente 6,8 veces, un brillo generado por flexografía de aproximadamente 7,7 veces y un brillo generado por desplazamiento de aproximadamente 19 veces.

La normalización de dichos valores de brillo a las dimensiones características de las partículas o películas involucradas en cada proceso puede proporcionar una medida adicional del resultado sobresaliente del presente método de impresión. Un parámetro de brillo por tamaño (GPS, del inglés *Gloss Per Size*), proporcionado en unidades de brillo por micrómetro, se define aquí como el brillo de una muestra impresa dividido por una dimensión plana característica de la partícula o película generadora de brillo. El brillo se puede medir como se describió anteriormente y la dimensión característica de la superficie reflectante relevante para cada tecnología de impresión o muestra impresa se puede medir por microscopía confocal. Típicamente, dicha dimensión es el diámetro promedio u otra dimensión característica de al menos veinte partículas distintas que se consideran representativas de la población de partículas muestreadas en el sustrato impreso que se está probando. En las tecnologías de impresión existentes, normalmente se cree que se deben evitar copos pequeños, de menos de 10 µm o 5 µm, las partículas que tienen un carácter metálico distinto requieren un diámetro equivalente de aproximadamente 30 µm o más. Se espera que tales copos pequeños, especialmente si son menores de 5 µm, causen un efecto de dispersión de borde significativo, reduciendo el resplandor metálico y el brillo de una construcción impresa. También se cree que las partículas más pequeñas pueden tener una tendencia más baja que las partículas más grandes a adoptar una configuración paralela de los copos, tal alineación cuando es paralela a la superficie de sustrato de impresión también contribuye al brillo.

Dicho análisis se aplicó a los resultados de brillo anteriores, teniendo en cuenta las dimensiones características medias medidas de aproximadamente 2 µm para las partículas de las construcciones impresas de la invención, en comparación con aproximadamente 5 µm para las partículas muestreadas en la construcción impresa en offset, aproximadamente 10 µm para las partículas muestreadas en las construcciones impresas flexográficas y de huecogrado, y un número infinito establecido arbitrariamente en 1000 µm para la capa continua de las construcciones impresas en papel de lámina. El GPS calculado para las construcciones impresas obtenidas por el método aquí descrito fue de aproximadamente 230 GU/µm. El GPS calculado para las tecnologías conocidas evaluadas en las muestras disponibles no excedió de 10 GU/µm. Aun así, no se puede descartar que tales tecnologías puedan producir construcciones impresas que tengan un brillo más alto y/o se formen a partir de partículas que tengan una dimensión característica más pequeña, resultando en un GPS de hasta 20 GU/µm, o hasta 30 GU/µm, o hasta 40 GU/µm, o incluso hasta 50 GU/µm. Incluso entonces, está claro que el GPS de las construcciones impresas resultantes del método aquí descrito es significativamente mayor. Se cree que las construcciones impresas de acuerdo con las presentes enseñanzas pueden tener, cuando se usan partículas que tienen una superficie reflectante de la luz, un GPS de al menos 100 GU/µm, o al menos 150 GU/µm, o al menos 200 GU/µm, o al menos 300 GU/µm, o al menos 400 GU/µm, o incluso al menos 500 GU/µm. Se entiende que dicho parámetro es relevante solo si el brillo es una calidad deseada de las construcciones impresas. Cuando las partículas utilizadas en el presente sistema y/o método de impresión no pretenden conferir brillo a la construcción impresa, el GPS de las construcciones impresas resultantes puede estar por debajo de 100 GU/µm.

## Tratamiento de sustrato alternativo

Se realizó un experimento de impresión similar en el que la capa receptiva se aplicó a un sustrato de papel sintético (película de polipropileno orientada biaxialmente (BOPP) White Matt P25 Synthetic54 Glassine Liner 60gsm, Nirotech Adhesives & Coating Technologies, Israel) mediante impresión flexográfica. Se aplicó al sustrato barniz UV Wessco® 3501 de Schmid Rhyner AG, Suiza.20 para formar, tras un curado suficiente, la capa receptiva 26. El grosor de la capa resultante era de aproximadamente 3,6-4,2 µm. La apariencia de las imágenes metalizadas (recubiertas con partículas de aluminio como se describió anteriormente) fue como se ilustra en las Figuras 5A a 6D y comparable (datos no mostrados) a las imágenes obtenidas con capas receptoras aplicadas con serigrafía. Además, las capas de partículas formadas en dicho sustrato tratado fueron similares (datos no mostrados) a las observadas previamente en vistas ampliadas de imágenes obtenidas con capas receptoras aplicadas en serigrafía (ver Figura 7E, para referencia).

El porcentaje de cobertura de área o cobertura de superficie óptica se evaluó como se describió anteriormente. En resumen, las muestras se prepararon de manera similar mediante impresión flexográfica de la capa receptiva en una lámina de plástico transparente de BOPP, imágenes de áreas metalizadas (es decir, formadas en la capa) fueron capturados por el microscopio óptico (Olympus BX61 U-LH100-3) con un aumento de X50 y analizados en modo de transmisión. Los resultados de tres muestras (cada una con un promedio de tres imágenes) fueron 81,3 %, 84,9 % y 86,4 %.

Se midieron parámetros adicionales para comparar una capa receptiva aplicada por serigrafía con una capa receptiva aplicada por impresión flexográfica, siendo estas dos técnicas ejemplos no limitantes de métodos de tratamiento de un sustrato para la tecnología actual. La rugosidad de un área de la superficie superior de cada capa (antes de su recubrimiento con partículas) se midió usando microscopía confocal láser. La rugosidad del área del sustrato de impresión de papel sobre el que se aplicaron se midió como referencia. El sustrato tenía una rugosidad media del área de referencia  $R_a$  de 0,61 µm. Cuando la capa receptiva se aplicó sobre este sustrato mediante serigrafía (grosor de capa de aproximadamente 52-65 µm), la rugosidad del área  $R_a$  de la superficie superior de la capa receptiva era de aproximadamente 0,46 µm. Cuando se aplicó la capa receptiva sobre este sustrato mediante impresión flexográfica (grosor de capa de aproximadamente 3,6-4,2 µm), la rugosidad del área  $R_a$  de la superficie superior de la capa adhesiva fue de 0,7 µm. Aunque no es esencial para la tecnología actual, ya que depende del efecto de impresión deseado, se cree que las capas receptoras tienen una rugosidad relativamente baja (p. ej.,  $R_a \leq 2$  µm o incluso  $R_a \leq 1$  µm) favorecen una orientación más uniforme de las partículas, por lo tanto, posiblemente una apariencia más brillante. También se cree que una capa receptiva más gruesa, en particular con el tiempo suficiente para nivelar adecuadamente el sustrato y/o desgasificación, puede "absorber" y reducir parte de la rugosidad intrínseca del sustrato, produciendo una superficie superior que tiene una rugosidad menor que una capa receptiva relativamente delgada que sigue más estrictamente el contorno de la superficie de sustrato. Se espera que la contribución del grosor de la capa receptiva al efecto de impresión visible disminuya para que los sustratos sean lisos per se (p. ej., sustratos de impresión hechos de materiales plásticos).

Los diversos tipos de capas de partículas, que se pueden obtener mediante el método de impresión descrito anteriormente, se ilustran esquemáticamente en la sección transversal a lo largo del plano x-y presentado en las Figuras 8A y 8B. Si bien las partículas 802, que tienen una superficie exterior 804, se ilustran con una forma de sección transversal alargada (p. ej., correspondiente a una plaqueta como partícula), esto no debe interpretarse como limitante. Las partículas 802 se colocan encima de una capa receptiva 26, ella misma se aplica selectivamente sobre la superficie receptora de imagen 80 de un sustrato de impresión 20, tal disposición resulta en una construcción impresa 800 que tiene una monocapa 810 de partículas. Como se explicó anteriormente, las superficies externas 804 de partículas 802 puede ser hidrófobas.

Haciendo referencia a la Figura 8A, se muestra que varias partículas se superponen parcialmente; véase la sección A, y dicha superposición produce un grosor total de la capa de partículas denotado como T. En la sección B, las partículas se ilustran como contiguas, mientras que la sección C apunta a una holgura entre las partículas vecinas que es perceptible desde una dirección generalmente ortogonal a la cara ancha del sustrato de impresión 20. En la sección D, se muestra una partícula 806 como que no tiene contacto con la capa receptiva, como aparece en la presente sección transversal x-y. Sin embargo, dicha partícula superpuesta puede colocarse sobre las partículas que entran en contacto con la capa inferior de modo que posiblemente podría contactar en la capa receptiva en otro punto (no mostrado) a lo largo de la dirección z. En la sección E, se muestra una partícula 808 superpuesta por más de una partícula adyacente.

La Figura 8B ilustra una realización alternativa, en donde la monocapa 810 de partículas se recubre adicionalmente con un sobrerrecubrimiento 820. Aunque no se muestra en la presente ilustración, se cree que burbujas de aire diminutas pueden quedar atrapadas en o cerca de la interfaz entre la capa receptiva 26 (y la monocapa 810 de partículas dispuestas sobre la misma) y el sobrerrecubrimiento posterior 820. Tal fenómeno puede facilitar la visualización de la frontera entre las capas que pueden evaluarse mediante técnicas FIB-SEM o cualquier otro método robusto.

Cabe señalar que, si bien la monocapa 810 se ilustra en las Figuras 8A y 8B como formadas en la parte superior de una capa receptiva, puede penetrar suavemente para incrustarse parcialmente dentro de la capa, dependiendo de las condiciones de funcionamiento y los materiales seleccionados. Además, aunque las ilustraciones se relacionan con resultados impresos ejemplares esquemáticos del presente método de impresión, en la superficie donante 12 se puede

formar una capa sustancialmente similar a 810.

Las Figuras 9A a 9C ilustran esquemáticamente secciones transversales de construcciones impresas 900 como obtenibles utilizando tecnologías de impresión conocidas. Para evitar dudas, ninguna de las Figuras ilustrativas está dibujada a escala, como es el caso en particular de las Figuras 8A-B y 9A-C, por lo que la comparación es meramente cualitativa.

La Figura 9A ilustra una imagen metalizada representativa resultante de la impresión de lámina metálica. En tal construcción impresa, una capa adhesiva 910 normalmente se transfiere con una capa de metal 920, para permitir la unión de la capa metálica al sustrato 20. Las Figuras 9B y 9C ilustran construcciones impresas preparadas con tintas que comprenden una mezcla habitual de partículas y un aglutinante, tales tintas que contienen aglutinante se aplican a un sustrato de impresión 20 mediante métodos de impresión de la técnica. La capa 930 ilustra la película o matriz de aglutinante formadas típicamente sobre el sustrato mientras se usan tales tintas y métodos conocidos. Como puede verse, tales técnicas generalmente producen estratos de partículas, las partículas en los estratos más distantes de la superficie de sustrato de impresión a menudo no tienen contacto directo posible con el sustrato. Dependiendo de la técnica de impresión, los materiales utilizados en la misma y las condiciones de funcionamiento, las partículas pueden mostrar patrones que se dividen en dos categorías. La Figura 9B ilustra esquemáticamente una situación en la que las partículas 902, que tienen una superficie exterior 904, muestran un comportamiento no flotante, las partículas están al menos parcialmente distribuidas al azar y/u orientadas dentro de la matriz de aglutinante. La Figura 9C ilustra esquemáticamente una situación alternativa donde las partículas 906 muestran un comportamiento flotante, las partículas tienden a migrar hacia la interfaz entre la película aglutinante y el aire. Por lo tanto, tales partículas de construcciones impresas conocidas tienden a formar un gradiente de distribución, siendo su densidad más cercana a la interfaz con el aire. Las partículas flotantes también se orientan típicamente más uniformemente dentro de la matriz de aglutinante. Cabe señalar que, en tales ejemplos, las superficies 904 de las partículas 902 no tienen que ser hidrófobas. Como se ilustra previamente en el contexto de las construcciones de impresión inventivas habilitadas por la presente divulgación, las construcciones impresas de la técnica anterior pueden sobrerrecubrirse adicionalmente (no se muestra).

En la descripción y las reivindicaciones de la presente divulgación, cada uno de los verbos "comprender", "incluir" y "tener", y sus conjugados, se usan para indicar que el objeto u objetos del verbo no son necesariamente una lista completa de miembros, componentes, elementos, etapas o partes del sujeto o sujetos del verbo. Estos términos abarcan los términos "que consiste en" y "que consiste esencialmente en".

Como se usa en este documento, la forma singular "un", "una" y "el", "la" incluyen referencias en plural y significan "al menos uno" o "uno o más" a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Términos posicionales o motivacionales como "superior", "inferior", "derecha", "izquierda", "fondo", "debajo", "bajado", "bajo", "tope", "encima", "elevado", "alto", "vertical", "horizontal", "hacia atrás", "hacia adelante", "aguas arriba" y "aguas abajo", así como variaciones gramaticales de los mismos, pueden usarse en este documento solo con fines ejemplares, para ilustrar el posicionamiento, colocación o desplazamiento relativo de ciertos componentes, para indicar un primer y un segundo componente en las ilustraciones actuales o para hacer ambas cosas. Dichos términos no necesariamente indican que, por ejemplo, un componente "inferior" está debajo de un componente "superior", ya que tales direcciones, componentes o ambos pueden voltearse, rotarse, moverse en el espacio, colocarse en una orientación o posición diagonal, colocarse horizontal o verticalmente, o modificarse de manera similar.

A menos que se indique lo contrario, el uso de la expresión "y/o" entre los dos últimos miembros de una lista de opciones para la selección indica que una selección de una o más de las opciones enumeradas es apropiada y puede hacerse.

En la divulgación, a menos que se indique lo contrario, los adjetivos tales como "sustancialmente" y "acerca de" que modifican una condición o relación característica de una característica o características de una realización de la presente tecnología, deben entenderse que significan que la condición o característica se define dentro de las tolerancias que son aceptables para el funcionamiento de la realización para una aplicación para la que está destinado, o dentro de las variaciones esperadas de la medición que se realiza y/o del instrumento de medición que se utiliza. Cuando el término "aproximadamente" precede a un valor numérico, se pretende indicar +/- 15 %, o +/- 10 %, o incluso solo +/- 5 %, y en algunos casos el valor preciso.

Si bien esta divulgación se ha descrito en términos de ciertas realizaciones y métodos generalmente asociados, las modificaciones y permutaciones de las realizaciones y métodos serán evidentes para los expertos en la técnica. La presente divulgación debe entenderse como no limitada por los ejemplos específicos descritos en este documento.



**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método de impresión sobre una superficie de un sustrato, que comprende proporcionar una superficie donante (12), pasar la superficie donante a través de una estación de recubrimiento (14) desde la que sale la superficie donante recubierta con una monocapa de partículas individuales, en donde las partículas se adhieren más fuertemente a la superficie donante que el uno al otro, y realizando repetidamente las etapas de:
- (i) tratar la superficie de sustrato (80) para hacer que la afinidad de las partículas con al menos regiones seleccionadas de la superficie de sustrato sea mayor que la afinidad de las partículas con la superficie donante,
- 10 (ii) poner en contacto la superficie de sustrato con la superficie donante para hacer que las partículas se transfieran desde la superficie donante solo a las regiones seleccionadas tratadas de la superficie de sustrato, exponiendo así las regiones de la superficie donante desde las que las partículas se transfieren a regiones correspondientes en el sustrato; y
- (iii) devolver la superficie donante a la estación de recubrimiento para hacer que la monocapa de partículas sea continua a fin de permitir la impresión de una imagen posterior en una superficie de sustrato.
- 15 2. Un método según la reivindicación 1, en donde la proporción de las partículas transferidas a las regiones seleccionadas de la superficie de sustrato es tal que una superficie desnuda del sustrato dentro de las regiones seleccionadas es sustancialmente imperceptible a simple vista.
3. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la proporción de la superficie de sustrato en las regiones seleccionadas recubiertas con partículas está dentro del intervalo del 80 % al 100 %.
- 20 4. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la proporción de la superficie de sustrato en las regiones seleccionadas recubiertas con partículas está dentro del intervalo del 50 % al 80 %.
5. Un método según la reivindicación 1, en donde la proporción de la superficie de sustrato en las regiones seleccionadas recubiertas con partículas está dentro del intervalo del 20 % al 50 %.
- 25 6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la etapa (i) comprende aplicar una capa receptiva (26) a las regiones seleccionadas de la superficie de sustrato.
7. Un método según la reivindicación 6, en donde la capa receptiva se aplica a la superficie de sustrato mediante impresión indirecta.
8. Un método según la reivindicación 7, en donde la capa receptiva se aplica a la superficie de sustrato mediante impresión indirecta seleccionada del grupo que comprende impresión offset, serigrafía, impresión flexográfica e impresión de huecograbado.
- 30 9. Un método según la reivindicación 6, en donde la capa receptiva se aplica a la superficie de sustrato mediante impresión directa, incluyendo mediante inyección directa.
10. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la etapa (i) comprende exponer las regiones seleccionadas de la superficie de sustrato a radiación para activar una capa receptiva que se aplica previamente al sustrato.
- 35 11. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en donde la capa receptiva aplicada o activada sobre la superficie de sustrato tiene un grosor entre 0,5  $\mu\text{m}$  y 500  $\mu\text{m}$ .
12. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, en donde la capa receptiva aplicada o activada sobre la superficie de sustrato tiene una superficie externa distal del sustrato, siendo dicha superficie externa sustancialmente lisa con una rugosidad superficial  $R_a$  de no más de aproximadamente 2  $\mu\text{m}$ .
- 40 13. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, en donde la capa receptiva aplicada o activada sobre la superficie de sustrato está sustancialmente seca al contactar las partículas recubiertas en la superficie donante.
14. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde las partículas recubiertas en la superficie donante se secan sustancialmente al ponerse en contacto con regiones seleccionadas de la superficie de sustrato.
- 45 15. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en donde las partículas comprenden un metal recubierto o no recubierto, aleación, mica o partículas de un material polimérico o cerámico que tiene una apariencia metálica o reflectividad superficial.
- 50 16. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en donde las partículas son copos o tienen

forma de plaquetas.

17. Un método según la reivindicación 16, en donde al menos el 50 % de las partículas, o al menos el 75 % de las partículas, o al menos el 90 % de las partículas tienen un grosor que no excede los 100 nm.
- 5 18. Un método según la reivindicación 16 o la reivindicación 17, en donde al menos el 50 % de las partículas, o al menos el 75 % de las partículas, o al menos el 90 % de las partículas tienen un grosor de al menos 10 nm.
19. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en donde las partículas tienen una relación de aspecto promedio de al menos 10:1, o al menos 20:1, o al menos 50:1, o al menos 100:1 entre al menos uno de una dimensión más larga, un diámetro medio y un diámetro equivalente, según sea el caso, y un grosor de dicha plaqueta.
- 10 20. Un método según la reivindicación 19, en donde dicha relación de aspecto es como máximo 200:1, o como máximo 150:1, o como máximo 120:1.
21. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 20, en donde las partículas transferidas a la superficie de sustrato se disponen sobre la capa receptiva en una orientación sustancialmente uniforme, siendo las plaquetas esencialmente paralelas a una superficie de la capa receptiva distal al sustrato.
- 15 22. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, que comprende procesar la superficie de sustrato adicionalmente después de haber hecho contacto con la superficie donante.
23. Un método según la reivindicación 22, en donde el procesamiento comprende bruñir o aplicar calor y presión para modificar la apariencia de las partículas adheridas a la superficie de sustrato.
24. Un método según la reivindicación 22, en donde el procesamiento comprende curar o curar adicionalmente la capa receptiva.
- 20 25. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 24, en donde el procesamiento comprende recubrir al menos las regiones seleccionadas de la superficie de sustrato o toda la superficie de sustrato con una laca.
26. Un sistema de impresión que comprende:
- una superficie donante sin fin que circula continuamente (12),
  - 25 - una estación de recubrimiento (14) para aplicar partículas a la superficie donante, la superficie donante lleva un recubrimiento monocapa de partículas individuales al salir de la estación de recubrimiento, en donde las partículas se adhieren más fuertemente a la superficie donante que entre sí,
  - una estación de tratamiento en la que se trata una superficie de sustrato (20) para producir regiones seleccionadas de la superficie de sustrato que tienen una afinidad con las partículas en la superficie donante que es mayor que la afinidad de las partículas con la superficie donante, y
  - 30 - una estación de impresión (18) en la que la superficie de sustrato contacta con la superficie donante para hacer que las partículas se transfieran desde la superficie donante solo a las regiones seleccionadas de la superficie de sustrato, exponiendo así las regiones correspondientes de la superficie donante,
  - en donde después de pasar a través de la estación de impresión, la superficie donante regresa, durante la operación, a la estación de recubrimiento para que la capa de partículas se vuelva continua mediante la aplicación de partículas frescas a las regiones expuestas de la superficie donante.
  - 35
27. Un sistema de impresión según la reivindicación 26, en donde la estación de recubrimiento comprende:
- (i) un suministro de partículas suspendidas en un fluido, las partículas se adhieren más fuertemente a la superficie donante que entre sí,
  - 40 (ii) un dispositivo de aplicación para aplicar el fluido a la superficie donante de manera que las partículas suspendidas en el fluido se adhieran a la superficie donante para formar un recubrimiento de partículas en la superficie, y
  - (iii) un sistema de extracción de sobrante operativo para extraer fluido y retirar partículas sobrantes que no están en contacto directo con la superficie, para dejar solo una monocapa de partículas adheridas a la superficie al salir de la estación de recubrimiento.
- 45 28. Un sistema de impresión según la reivindicación 27, en donde el dispositivo de aplicación comprende un cabezal de rociado (1401) para rociar el fluido y las partículas suspendidas (1402) directamente sobre la superficie donante.
29. Un sistema de impresión según la reivindicación 27, en donde el dispositivo de aplicación comprende un aplicador rotatorio (1402) operativo para restregar el fluido y las partículas suspendidas sobre la superficie donante.

30. Un sistema de impresión según la reivindicación 29, en donde el aplicador es una esponja cilíndrica o un rodillo que tiene una pluralidad de tiras flexibles que se extienden radialmente desde un eje central.
31. Un sistema de impresión según la reivindicación 30, en donde la esponja o las tiras flexibles se forman por una espuma de celda cerrada.
- 5 32. Un sistema de impresión según una cualquiera de las reivindicaciones 27 a 31, en donde el dispositivo de aplicación está contenido dentro de una cámara impelente interior de una carcasa que tiene un borde adyacente a la superficie donante, estando configurado el borde para evitar la salida de partículas de una holgura de sellado definido entre el borde de la carcasa y la superficie donante.
- 10 33. Un sistema de impresión según la reivindicación 32, en donde se proporciona una cuchilla restregadora (1408) en el borde para evitar la salida de partículas y/o fluido del aparato de recubrimiento.
34. Un sistema de impresión según la reivindicación 32 o la reivindicación 33, en donde el sistema de extracción de sobrante incluye una fuente de succión conectada a la carcasa para extraer del fluido rociado sobrante de cámara impelente y partículas suspendidas en el fluido rociado.
- 15 35. Un sistema de impresión según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 34, en donde el fluido es un líquido y el sistema comprende además una estación de secado ubicada entre la estación de recubrimiento y la estación de impresión para retirar cualquier líquido residual que quede en la superficie donante al salir de la estación de recubrimiento.
- 20 36. Un sistema de impresión según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 35, que comprende además al menos uno de un dispositivo de limpieza, un dispositivo de absorción de líquido, un dispositivo de acondicionamiento y un dispositivo posterior a la transferencia.
37. Un método de impresión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 25, en donde las partículas son de un metal recubierto o no recubierto, aleación o mica, o se hacen de un material polimérico o cerámico que tiene una apariencia metálica.
- 25 38. Un método de impresión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 25 y la reivindicación 37, en donde las partículas tienen la forma de plaquetas planas.



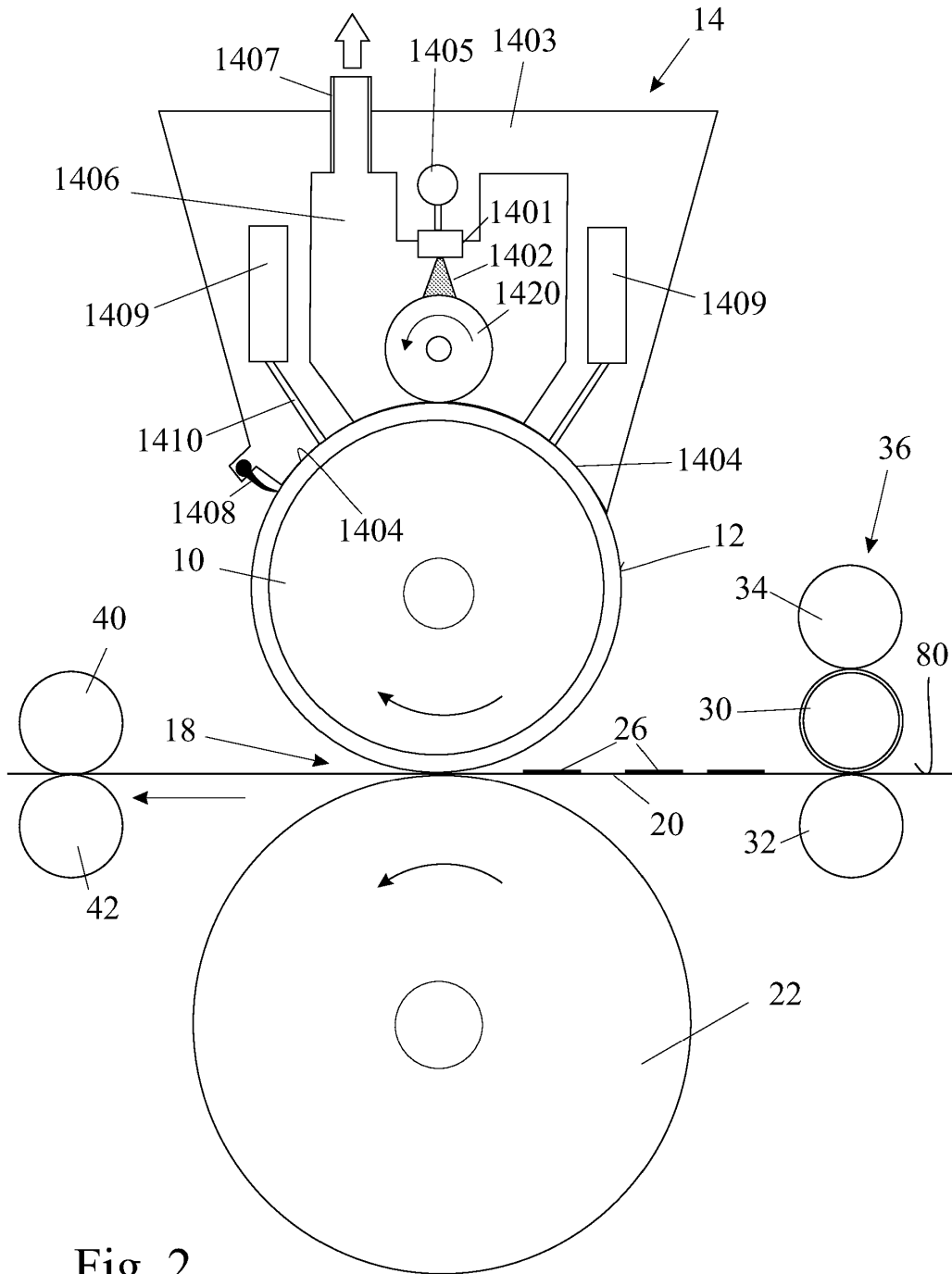


Fig. 2

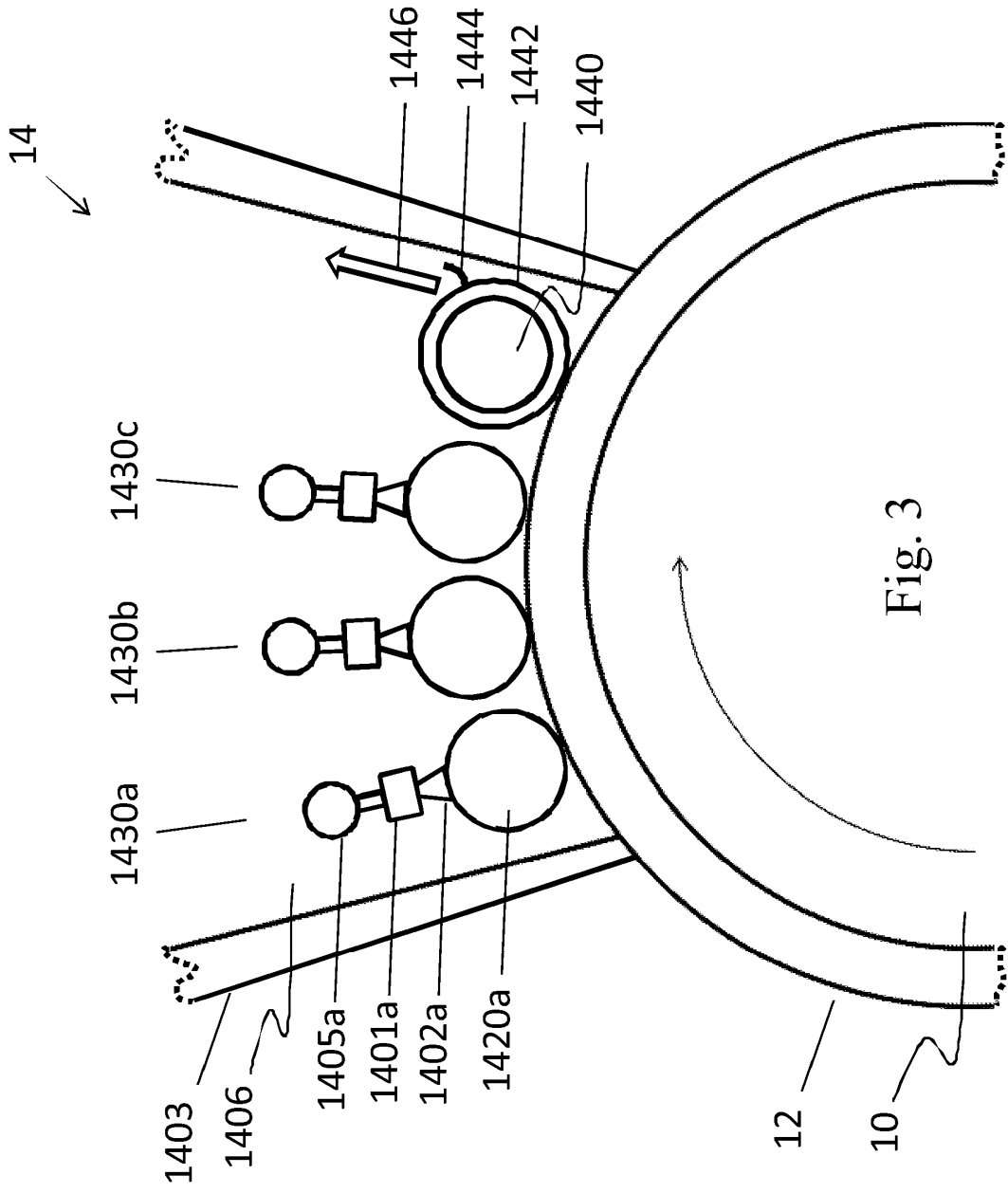


Fig. 3



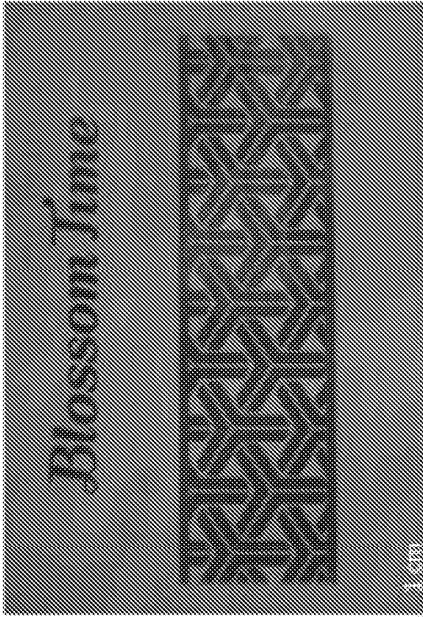


Fig. 5B

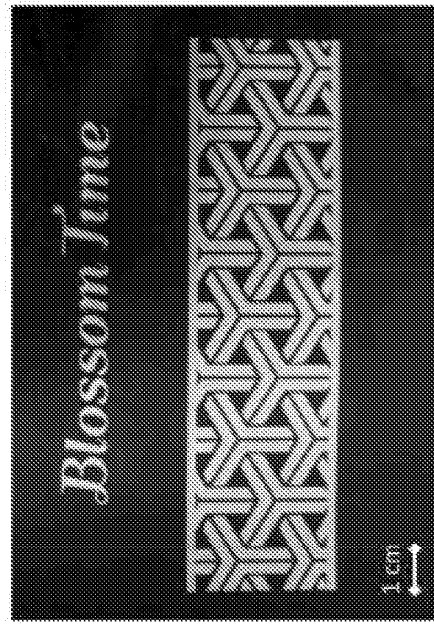


Fig. 5D

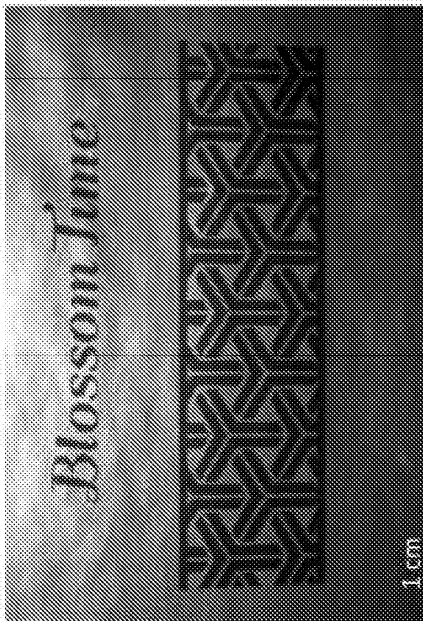


Fig. 5A

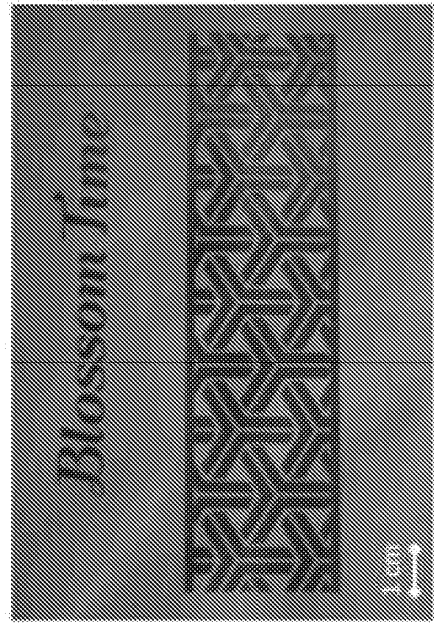


Fig. 5C



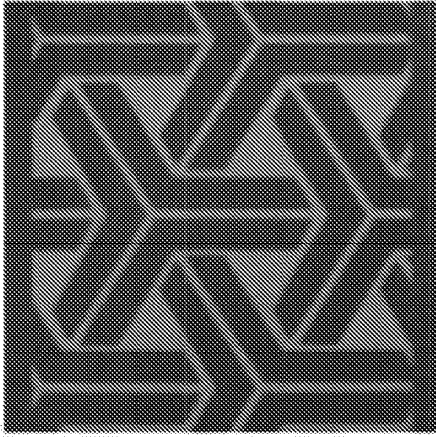


Fig. 6B

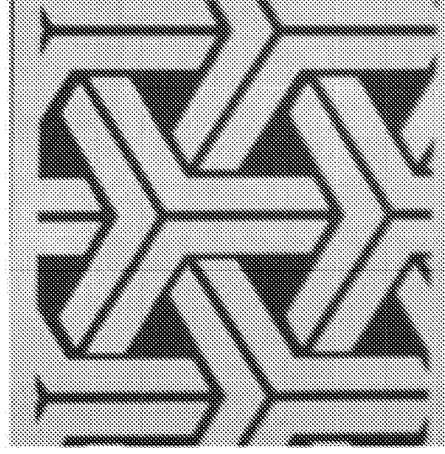


Fig. 6D



Fig. 6A

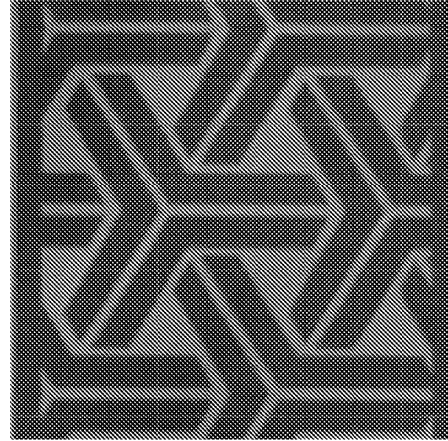


Fig. 6C

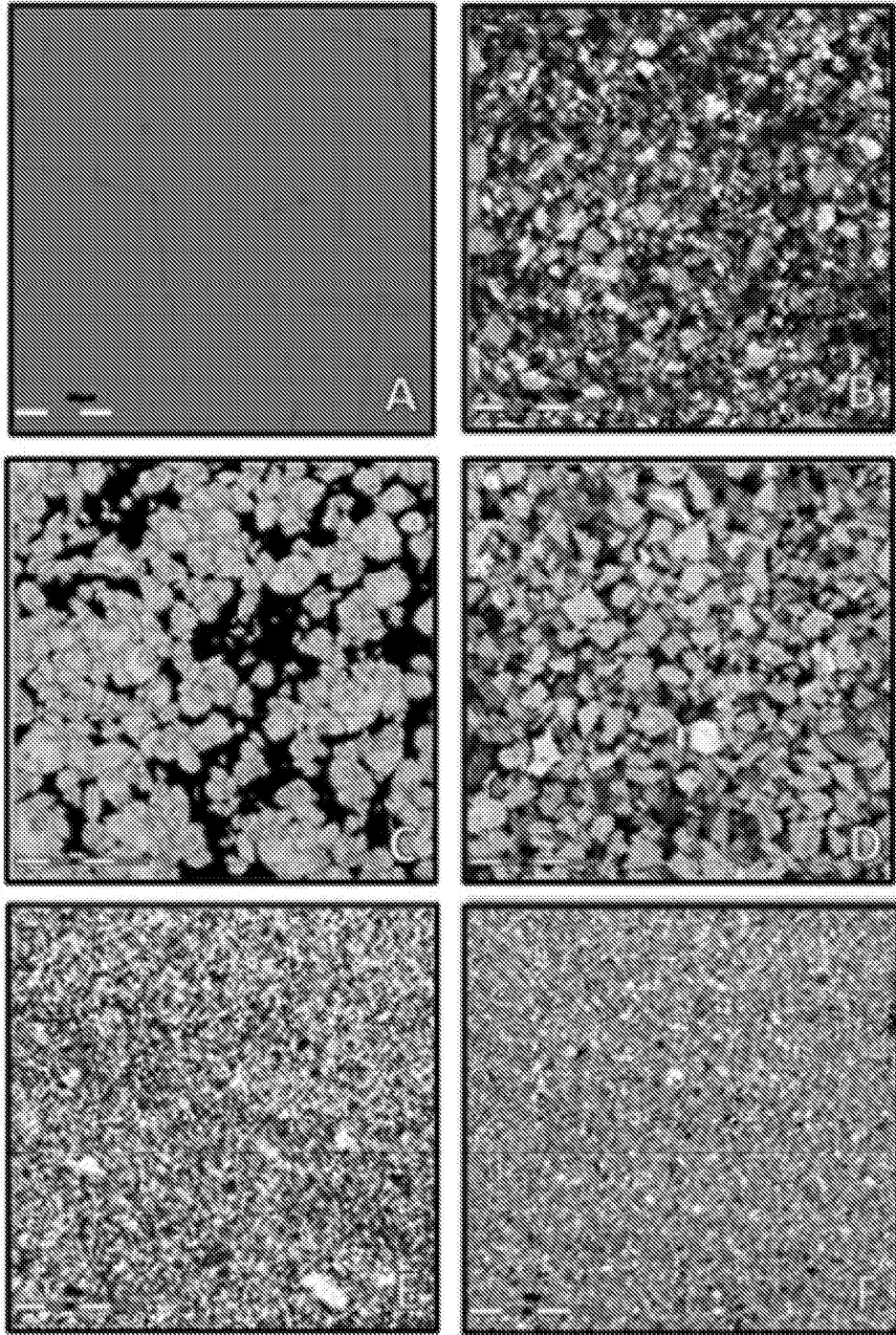


Fig. 7

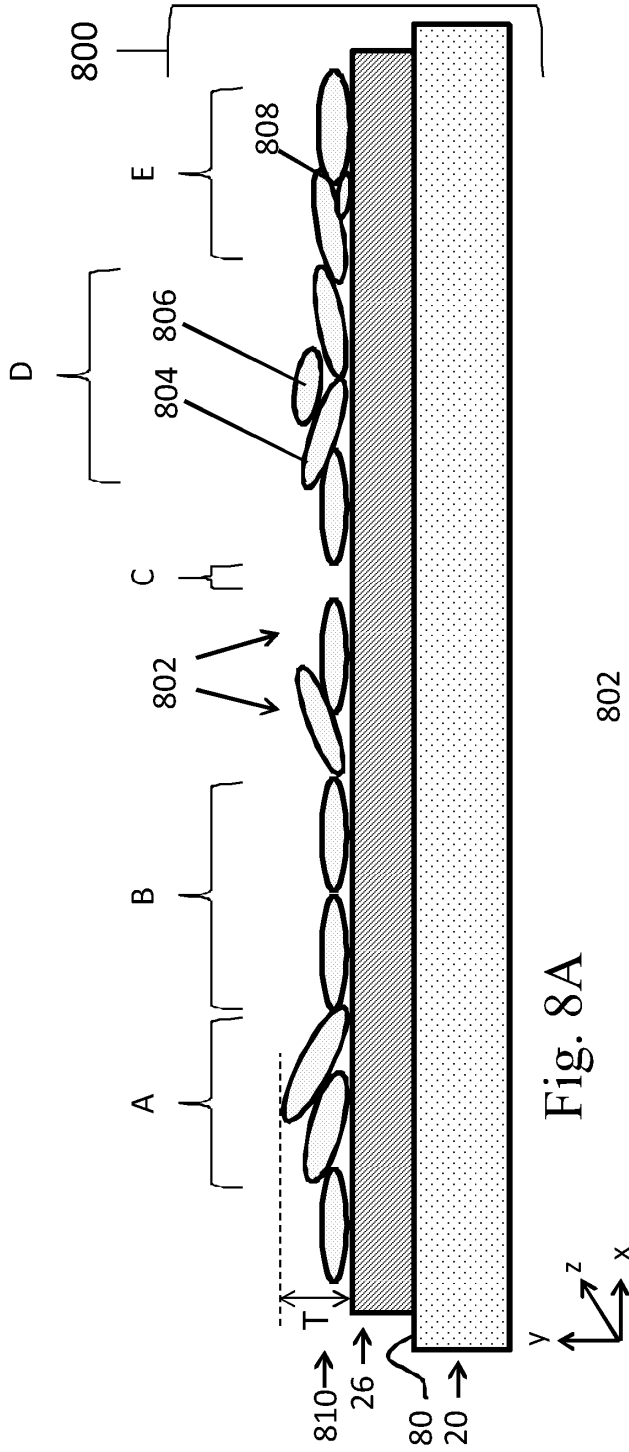


Fig. 8A

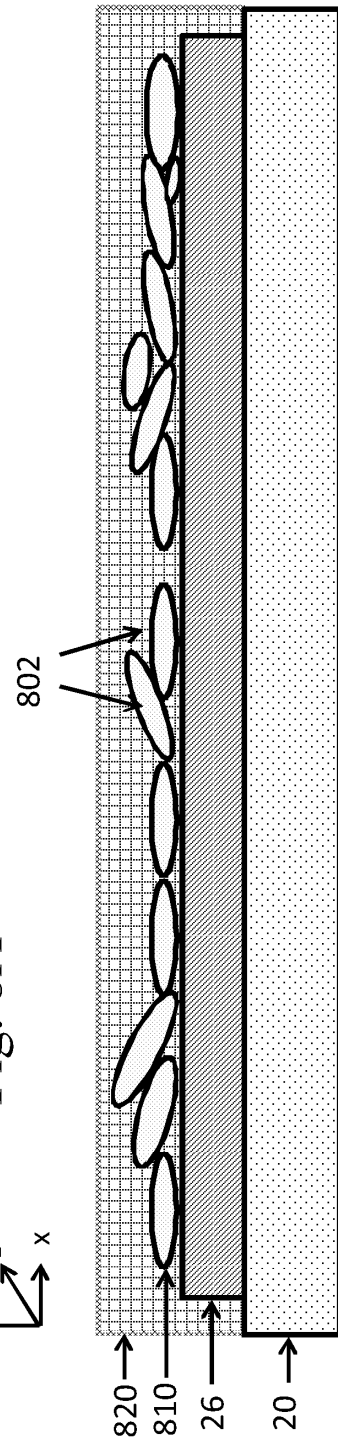


Fig. 8B

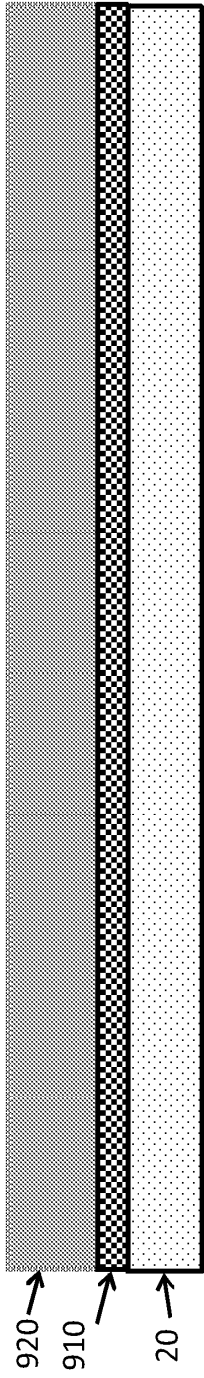


Fig. 9A (Técnica anterior)

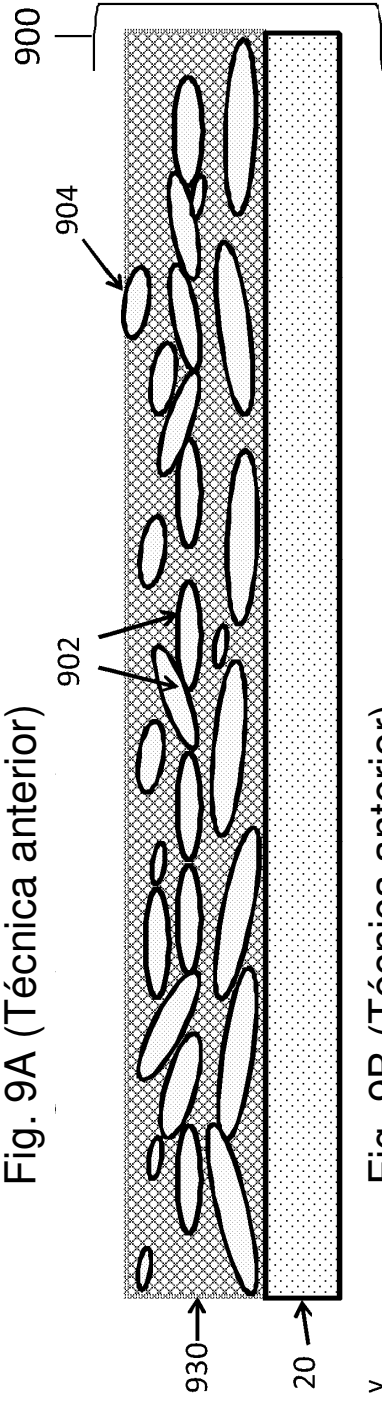


Fig. 9B (Técnica anterior)

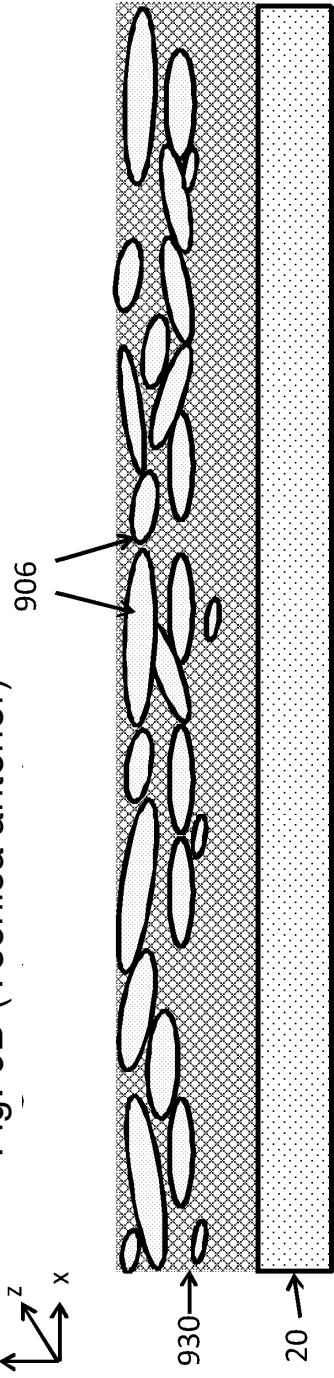


Fig. 9C (Técnica anterior)