

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 158**

51 Int. Cl.:

**B05D 3/00** (2006.01)

**B05D 5/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2017 PCT/EP2017/067564**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.02.2018 WO18019594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2017 E 17736690 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021 EP 3490722**

54 Título: **Procesos para producir capas de efecto**

30 Prioridad:

**29.07.2016 EP 16181898**

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

**16.11.2021**

73 Titular/es:

**SICPA HOLDING SA (100.0%)**

**Avenue de Florissant 41**

**1008 Prilly, CH**

72 Inventor/es:

**NIKSERESHT, GHANEPOUR, NEDA;**

**LOGINOV, EVGENY;**

**SCHMID, MATHIEU;**

**DESPLAND, CLAUDE-ALAIN y**

**MULLER, EDGAR**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 877 158 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**

Procesos para producir capas de efecto

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de los procesos para producir capas de efecto óptico (OEL) que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas orientadas magnéticamente. En particular, la presente invención proporciona procesos para transferir magnéticamente una o más marcas en capas de revestimiento que comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas para producir OEL y el uso de dichas OEL como medios contra la falsificación en documentos de seguridad o artículos de seguridad, así como con fines decorativos.

10 Antecedentes de la invención

Es conocido en la técnica el uso de tintas, composiciones, revestimientos o capas que contienen partículas de pigmento orientadas magnéticas o magnetizables, particularmente también partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables, para la producción de elementos de seguridad, por ejemplo, en el campo de los documentos de seguridad. Los revestimientos o las capas que comprenden partículas de pigmento magnetizables o magnéticas orientadas se describen, por ejemplo, en los documentos US 2.570.856; US 3.676.273; US 3.791.864; US 5.630.877 y US 5.364.689. En los documentos WO 2002/090002 A2 y WO 2005/002866 A1, se han descrito revestimientos o capas que comprenden partículas de pigmento que cambian de color magnéticas orientadas, que dan como resultado efectos ópticos particularmente atractivos, útiles para la protección de documentos de seguridad.

20 Funciones de seguridad, por ejemplo, para los documentos de seguridad, generalmente se pueden clasificar en características de seguridad "encubiertas", por un lado, y características de seguridad "manifiestas", por otro lado. La protección proporcionada por las características de seguridad encubiertas se basa en el principio de que dichas características son difíciles de detectar, requiriendo por lo general equipo especializado y conocimientos para su detección, mientras que las características de seguridad "manifiestas" se basan en el concepto de ser fácilmente detectables con los sentidos humanos sin ayuda, por ejemplo, tales características pueden ser visibles y/o detectables a través del sentido táctil mientras siguen siendo difíciles de producir y/o copiar. Sin embargo, la eficacia de las características de seguridad manifiestas depende en gran medida de su fácil reconocimiento como una característica de seguridad.

30 Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en tintas de impresión o revestimientos permiten la producción de imágenes, diseños y/o patrones inducidos magnéticamente mediante la aplicación de un campo magnético estructurado correspondientemente, induciendo una orientación local de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en el revestimiento aún no endurecido (es decir, húmedo), seguido del endurecimiento del revestimiento. El resultado es una imagen, diseño o patrón inducido magnéticamente, fijo y estable. Los materiales y las tecnologías para la orientación de partículas de pigmentos magnéticos o magnetizables en composiciones de revestimiento se han descrito, por ejemplo, en los documentos US 2.418.479; US 2.570.856; US 3.791.864, DE 2006848-A, US 3.676.273, US 5.364.689, US 6.103.361, EP 0 406 667 B1; US 2002/0160194; US 2004/0009308; EP 0 710 508 A1; WO 2002/09002 A2; WO 2003/000801 A2; WO 2005/002866 A1; WO 2006/061301 A1. De esta manera, se pueden producir patrones inducidos magnéticamente que son altamente resistentes a la falsificación. El elemento de seguridad en cuestión solo puede producirse teniendo acceso tanto a las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables o la tinta correspondiente, como a la tecnología particular empleada para imprimir dicha tinta y orientar dicho pigmento en la tinta impresa.

40 Los documentos EP 1 641 624 B1, EP 1 937 415 B1 y EP 2 155 498 B1 describen dispositivos y métodos para transferir magnéticamente marcas a una composición de revestimiento aún no endurecida (es decir, húmeda) que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables para formar capas de efecto óptico (OEL). Los métodos descritos permiten ventajosamente la producción de documentos y artículos de seguridad que tienen un diseño magnético específico del cliente.

50 El documento EP 1 641 624 B1 describe un dispositivo para transferir magnéticamente marcas correspondientes al diseño a transferir a una composición de revestimiento húmedo que comprende partículas magnéticas o magnetizables sobre un sustrato. El dispositivo descrito comprende un cuerpo de material magnético permanente que se magnetiza de modo permanente en una dirección sustancialmente perpendicular a la superficie de dicho cuerpo, en donde la superficie de dicho cuerpo lleva marcas en forma de grabados, causando perturbaciones de su campo magnético. Los dispositivos descritos son muy adecuados para transferir patrones de alta resolución en procesos de impresión de alta velocidad como los que se utilizan en el campo de la impresión de seguridad. Sin embargo, y como se describe en el documento EP 1 937 415 B1, los dispositivos descritos en el documento EP 1 641 624 B1 pueden dar como resultado capas de efecto óptico de mala reflexión que tienen un aspecto visual bastante oscuro. El inconveniente descrito del documento EP 1 641 624 B1 resulta de la orientación principalmente perpendicular de las partículas de pigmento magnético con respecto al plano del sustrato impreso sobre una gran parte de la capa de revestimiento orientada, como resultado de la magnetización perpendicular que se requiere en

dicho dispositivo.

El documento EP 1 937 415 B1 da a conocer un dispositivo mejorado para transferir magnéticamente marcas a una composición de revestimiento húmedo que comprende escamas de pigmento magnéticas o magnetizables sobre un sustrato. El dispositivo descrito comprende al menos una placa magnética magnetizada que tiene un primer campo magnético y que tiene un relieve superficial, grabados o recortes en una superficie de la misma que representan dichas marcas y al menos un imán adicional que tiene un segundo campo magnético, en donde el imán adicional se coloca de modo fijo adyacente a la placa magnética para producir una superposición sustancial de sus campos magnéticos. La presencia de al menos un imán adicional tiene el efecto de aplanar las líneas del campo magnético generadas por la al menos una placa magnética permanente magnetizada, dando como resultado un efecto visual más atractivo. Mientras que el dispositivo descrito aplanar las líneas del campo magnético en comparación con la técnica anterior, las líneas del campo permanecen esencialmente curvas. El dispositivo descrito aún puede conducir a la aparición indeseable de grandes áreas oscuras en la imagen transferida magnéticamente, en particular en zonas donde las líneas del campo magnético son sustancialmente perpendiculares a la superficie del sustrato. El documento EP 1 937 415 B1 no enseña cómo producir una distribución uniforme de las orientaciones de las escamas de pigmento que daría como resultado una OEL muy reflectante que es particularmente adecuado para llevar marcas específicas del cliente.

Los métodos y dispositivos descritos con anterioridad utilizan conjuntos magnéticos para orientar monoaxialmente las partículas de pigmento magnético. La orientación monoaxial de las partículas de pigmento magnético da como resultado que las partículas vecinas tengan su eje principal (el segundo más largo) paralelo entre sí y al campo magnético, mientras que su eje menor en el plano de las partículas de pigmento no está, o está mucho menos limitado por el campo magnético aplicado. En consecuencia, una única orientación monoaxial de las partículas de pigmento magnético da como resultado capas de efecto óptico que pueden sufrir una baja reflectividad y brillo, ya que la luz se refleja en una amplia gama de direcciones, en especial en direcciones que son sustancialmente perpendiculares a las líneas del campo magnético.

El documento EP 2 155 498 B1 describe un dispositivo para transferir magnéticamente marcas a una composición de revestimiento que comprende partículas magnéticas o magnetizables sobre un sustrato. El dispositivo descrito comprende un cuerpo sometido a un campo magnético generado por medios electromagnéticos o imanes permanentes, cuyo cuerpo lleva determinadas marcas en forma de grabados en una superficie del cuerpo. El cuerpo descrito comprende al menos una capa de material de alta permeabilidad magnética en donde se forman dichos grabados y en donde, en regiones no grabadas de dicha capa de material de alta permeabilidad magnética, las líneas de campo del campo magnético se extienden sustancialmente paralelas a la superficie de dicho cuerpo dentro de la capa de material de alta permeabilidad magnética. Se describe, además, que el dispositivo comprende una placa base de material de baja permeabilidad magnética que soporta la capa de material de alta permeabilidad magnética, en donde dicha capa de material de alta permeabilidad magnética se deposita preferiblemente sobre la placa base mediante galvanización. El documento EP 2 155 498 B1 describe, además, que la dirección principal de las líneas del campo magnético puede cambiarse durante la exposición de la capa que comprende partículas magnéticas o magnetizables girando, ventajosamente 360°, el campo magnético. En particular, el documento EP 2 155 498 B1 describe realizaciones en las que se utilizan imanes permanentes en lugar de electroimanes y en las que la rotación de dichos imanes permanentes puede realizarse mediante la rotación física de los propios imanes. Un inconveniente de los dispositivos descritos reside en el proceso de galvanización, ya que dicho proceso es engorroso y necesita equipos especiales. Además, una deficiencia significativa de la invención descrita es que el proceso se basa en la rotación física de los imanes permanentes para lograr una rotación de 360° del campo magnético. Esto es particularmente engorroso desde un punto de vista industrial, ya que requiere sistemas mecánicos complejos. Además, la rotación de imanes simples como se sugiere produce orientaciones de escamas de pigmento esencialmente esféricas como se muestra en los ejemplos correspondientes de EP 2 155 498 B1. Tales orientaciones no son adecuadas para revelar claramente marcas con un efecto de relieve/3D llamativo, ya que el efecto de esfera se superpone con las marcas. El único método que puede derivarse de la descripción para generar campos giratorios relativamente planos sería hacer girar imanes muy grandes, lo cual no es práctico. El documento EP 2 155 498 B1 no enseña cómo establecer un proceso industrial práctico para generar campos magnéticos giratorios que impartan una impresión 3D/relieve atractiva de las marcas.

El documento WO 2015/086257 A1 da a conocer un método mejorado para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato, comprendiendo dicho proceso dos etapas de orientación magnética, en donde dichas etapas consisten en i) exponer una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas a un campo magnético dinámico, es decir, que cambia de dirección, de un primer dispositivo generador de campo magnético para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y ii) exponer la composición de revestimiento a un campo magnético estático de un segundo dispositivo generador de campo magnético, reorientando así monoaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas según un diseño transferido por dicho segundo dispositivo generador de campo magnético. El documento WO 2015/086257 A1 proporciona un ejemplo en donde el segundo paso de orientación magnética utiliza un segundo dispositivo generador de campo magnético como los descritos en el documento EP 1 937 415 B1. Mientras que el método descrito en el documento WO 2015/086257 A1 permite la producción de capas de efectos ópticos que exhiben un brillo y contraste mejorados en comparación con la técnica anterior, las capas de efectos

ópticos así obtenidas pueden sufrir una apariencia visual de mala reflexión y no enseña cómo impartir una atractiva impresión 3D/en relieve a las marcas.

Por lo tanto, persiste la necesidad de procesos mejorados para la transferencia magnética de marcas para producir capas de efecto óptico (OEL) que exhiban una apariencia visual que refleje mejor, en donde dichos procesos deben ser confiables, fáciles de implementar y capaces de trabajar a una alta velocidad de producción, al tiempo que permite la producción de OEL que exhiben no solo un relieve llamativo y/o efecto 3D, sino también un aspecto brillante y bien resuelto.

#### Sumario de la invención

Por consiguiente, es un objeto de la presente invención superar las deficiencias de la técnica anterior como se discutió con anterioridad. Esto se logra mediante la provisión de un proceso para producir una capa de efecto óptico (OEL) que exhiba una o más marcas sobre un sustrato (x20), comprendiendo dicho proceso las etapas de:

a) aplicar, preferiblemente mediante un proceso de impresión, sobre una superficie de un sustrato (x20) una composición de revestimiento que comprende i) partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y ii) un material aglutinante para formar una capa de revestimiento (x30) sobre dicho sustrato (x20), estando dicha composición de revestimiento en un primer estado,

b) formar un conjunto que comprende el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x30) y una placa magnética blanda (x10) que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias, en la que el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x30) está dispuesto encima de la placa magnética blanda (x10), y en la que la placa magnética blanda (x10) está hecha bien sea de uno o más metales, aleaciones o compuestos de alta permeabilidad magnética o está hecha de un material compuesto que comprende desde aproximadamente el 25% en peso hasta aproximadamente el 95% en peso, preferiblemente desde aproximadamente el 50% en peso hasta aproximadamente 90% en peso, de partículas magnéticas blandas dispersas en un material no magnético, estando basados los porcentajes en peso en el peso total de la placa magnética blanda (x10),

c) mover el conjunto (x00) que comprende el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x30) y la placa magnética blanda (x10) obtenida en la etapa b) a través de un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático (x40) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas, y

d) endurecer, preferiblemente por irradiación con luz UV-Vis, la composición de revestimiento a un segundo estado para fijar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas en sus posiciones y orientaciones adoptadas.

En una realización preferida, el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x20) está dispuesto sobre la placa magnética blanda (x10), la placa magnética blanda (x10) mira hacia el sustrato y la capa de revestimiento (x30) es la capa superior del conjunto y está preferiblemente expuesta al medio ambiente, es decir, no está cubierta por ninguna otra capa o material.

También se describen en el presente documento capas de efecto óptico (OEL) producidas mediante el proceso descrito en el presente documento y documentos de seguridad, así como elementos y objetos decorativos que comprenden una o más OEL ópticas descritas en el presente documento.

También se describen en el presente documento métodos para fabricar un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo, que comprenden a) proporcionar un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo, y b) proporcionar una capa de efecto óptico como las descritas en el presente documento, en particular tales como las obtenidas por el proceso descrito en el presente documento, de manera que esté comprendido por el documento de seguridad o elemento u objeto decorativo.

También se describen en el presente documento los usos de la placa magnética blanda (x10) descrita en el presente documento junto con el dispositivo de generación de campo magnético estático (x40) descrito en el presente documento para transferir magnéticamente una o más marcas a la capa de revestimiento aplicada al sustrato descrito en el presente documento y que comprende i) las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y ii) el material aglutinante descrito en el presente documento en un estado no endurecido descrito en el presente documento.

La presente invención proporciona un proceso fiable y fácil de implementar para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento formada a partir de una composición de revestimiento en un primer estado, es decir, aún no endurecida (es decir, húmeda), en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas pueden moverse y girar libremente dentro del material aglutinante para formar una capa de efecto óptico (OEL) con un relieve llamativo y/o efecto 3D después de haber endurecido la capa de revestimiento a un segundo estado en donde la orientación y la posición de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se fija/congela. La transferencia magnética de una o más marcas a la capa de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas sobre el sustrato se lleva

a cabo formando un conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda, en particular colocando el sustrato que lleva la capa de revestimiento por encima (es decir, arriba de) la placa magnética blanda que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias, y moviendo dicho conjunto a través del campo magnético no homogéneo de un campo magnético de un dispositivo generador de campo magnético estático. Por "campo magnético no homogéneo", se entiende que a lo largo de la trayectoria de movimiento seguida por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas individuales de la capa de revestimiento, las líneas del campo magnético cambian al menos en dirección dentro de un plano que está fijo en el marco de referencia del conjunto móvil. De esta manera, al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas de la capa de revestimiento tienden a alinearse dentro de dicho plano, dando como resultado una orientación biaxial de dichas partículas magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas, es decir, una orientación en donde los dos ejes principales más grandes de dichas partículas de pigmento en forma de plaquetas están restringidos. Durante esta orientación biaxial, la una o más muescas y/o protuberancias afectan la dirección y/o intensidad del campo magnético generado por el dispositivo generador de campo magnético estático, afectando así la orientación de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas colocadas justo encima o debajo de dichas una o más marcas para producir el relieve y/o efecto 3D llamativo deseado. En una realización preferida, el plano aquí descrito es paralelo o sustancialmente paralelo al plano de OEL en una o más áreas que no están directamente encima o debajo de dichas una o más marcas, lo que da como resultado una orientación de en al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas que es paralela o sustancialmente paralela al sustrato que lleva la OEL. En otra realización, el campo magnético a lo largo de la trayectoria del movimiento varía dentro de un plano o planos que forman un ángulo distinto de cero con respecto al plano de OEL, lo que da como resultado una orientación de al menos una parte de la placa magnética en forma de plaquetas o partículas de pigmento magnetizables que esencialmente no son paralelas al sustrato que lleva la OEL. Una vez que se crea el efecto deseado en la capa de revestimiento aún no endurecida (es decir, húmeda), la composición de revestimiento se endurece parcial o completamente para fijar/congelar permanentemente la posición relativa y la orientación de las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaquetas en la OEL.

Además, el proceso proporcionado por la presente invención es mecánicamente robusto, fácil de implementar con un equipo de impresión industrial de alta velocidad, sin recurrir a modificaciones engorrosas, tediosas y costosas de dicho equipo.

#### Breve descripción de los dibujos

Las capas de efecto óptico (OEL) descritas en el presente documento y su producción se describen ahora con más detalle con referencia a los dibujos y a realizaciones particulares, en las que

Fig. 1A-B ilustra esquemáticamente una vista superior (Fig. 1A) y una sección transversal (Fig. 1B) de una placa magnética blanda (110) que tiene un grosor (T) y que comprende una marca en forma de muesca (I) que tiene una profundidad (D).

Fig. 2A-B ilustra esquemáticamente una vista superior (Fig. 2A) y una sección transversal (Fig. 2B) de una placa magnética blanda (210) que tiene un grosor (T) y que comprende una marca en forma de protuberancia (P) que tiene una altura (H).

Fig. 3A ilustra esquemáticamente un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (330) para producir una capa de efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (300) que comprende un sustrato (320) que lleva una capa de revestimiento (330) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (310) que lleva una o más marcas y ii) un dispositivo de generación de campo magnético (340) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.

Fig. 3B imágenes fotográficas de cuatro OEL, obteniéndose dichas OEL utilizando el proceso que se muestra en la Fig. 3A.

Fig. 4A ilustra esquemáticamente un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (430) para producir una capa de efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (400) que comprende un sustrato (420) que lleva una capa de revestimiento (430) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (410) que lleva una o más marcas y ii) un dispositivo generador de campo magnético (440) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.

Fig. 4B imágenes fotográficas de tres OEL, obteniéndose dichas OEL utilizando el proceso que se muestra en la Fig. 4A.

Fig. 5A ilustra esquemáticamente un proceso de acuerdo con la técnica anterior para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (530) para producir una capa de

- efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (500) que comprende un sustrato (520) que lleva una capa de revestimiento (530) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnético o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (510) que lleva una o más marcas y ii) un dispositivo generador de campo magnético (540) para orientar monoaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.
- Fig. 5B imágenes fotográficas de una OEL, obteniéndose dicha OEL utilizando el proceso mostrado en la Fig. 5A.
- Fig. 6A ilustra esquemáticamente un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (630) para producir una capa de efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (600) que comprende un sustrato (620) que lleva una capa de revestimiento (630) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (610) que lleva una o más marcas y ii) un dispositivo de generación de campo magnético (640) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.
- Fig. 6B imágenes fotográficas de una OEL, dicha OEL obtenida utilizando el proceso mostrado en la Fig. 6A.
- Fig. 7A-B ilustra esquemáticamente un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (730) para producir una capa de efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (700) que comprende un sustrato (720) que lleva una capa de revestimiento (730) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (710) que lleva una o más marcas y ii) un dispositivo generador de campo magnético (740) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.
- Fig. 7C imágenes fotográficas de una OEL, dicha OEL obtenida utilizando el proceso mostrado en la Fig. 7A-B.
- Fig. 8A-B ilustra esquemáticamente un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (830) para producir una capa de efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (800) que comprende un sustrato (820) que lleva una capa de revestimiento (830) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (810) que lleva una o más indicaciones y ii) un dispositivo de generación de campo magnético (840) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.
- Fig. 8C imágenes fotográficas de una OEL, dicha OEL obtenida utilizando el proceso mostrado en la Fig. 8A-B.
- Fig. 9A-B ilustra esquemáticamente un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (930) para producir una capa de efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (900) que comprende un sustrato (920) que lleva una capa de revestimiento (930) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (910) que lleva una o más marcas y ii) un dispositivo de generación de campo magnético (940) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.
- Fig. 9C imágenes fotográficas de una OEL, dicha OEL obtenida utilizando el proceso mostrado en la Fig. 9A-B.
- Fig. 10A-B ilustra esquemáticamente un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento (1030) para producir una capa de efecto óptico (OEL), comprendiendo dicho proceso el uso de i) un conjunto (1000) que comprende un sustrato (1020) que lleva una capa de revestimiento (1030) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y una placa magnética blanda (1010) que lleva una o más marcas y ii) un dispositivo de generación de campo magnético (1040) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.
- Fig. 10C imágenes fotográficas de una OEL, dicha OEL obtenida utilizando el proceso mostrado en la Fig. 10A-B.

## Descripción detallada

## Definiciones

Las siguientes definiciones deben usarse para interpretar el significado de los términos discutidos en la descripción y enumerados en las reivindicaciones.

Como se usa en el presente documento, el artículo indefinido “un/una” indica uno así como más de uno y no necesariamente limita su sustantivo de referencia al singular.

- 5 Como se usa en el presente documento, la expresión “al menos” pretende definir uno o más de uno, por ejemplo, uno o dos o tres.

- 10 Como se usa en el presente documento, el término “aproximadamente” significa que la cantidad o valor en cuestión puede ser el valor específico designado o algún otro valor en su vecindad. En general, el término “aproximadamente” que indica cierto valor pretende indicar un intervalo dentro de  $\pm 5\%$  del valor. Como ejemplo, la frase “aproximadamente 100” denota un intervalo de  $100 \pm 5$ , es decir, el intervalo de 95 a 105. En general, cuando se usa el término “aproximadamente”, se puede esperar que resultados o efectos similares de acuerdo con la invención se puedan obtener dentro de un intervalo de  $\pm 5\%$  del valor indicado.

- 15 Como se usa en el presente documento, la expresión “y/o” significa que todos o solo uno de los elementos de dicho grupo pueden estar presentes. Por ejemplo, “A y/o B” significará “solo A, o solo B, o ambos A y B”. En el caso de “solo A”, la expresión también cubre la posibilidad de que B esté ausente, es decir, “solo A, pero no B”.

- 20 La expresión “que comprende”, como se usa en el presente documento, pretende ser no exclusivo y de duración indefinida. Así, por ejemplo, una composición de revestimiento que comprende un compuesto A puede incluir otros compuestos además de A. Sin embargo, la expresión “que comprende” también cubre, como una realización particular de la misma, los significados más restrictivos de “que consiste esencialmente en” y “que consiste en”, de modo que, por ejemplo, “una solución fuente que comprende A, B y opcionalmente C” también puede (esencialmente) consistir en A y B, o (esencialmente) consistir en A, B y C.

- 25 La expresión “capa de efecto óptico (OEL)” como se usa en el presente documento denota un revestimiento o capa que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas orientadas y un aglutinante, en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas están orientadas por un campo magnético, y en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas orientadas se fijan/congelan en su orientación y posición (es decir, después del endurecimiento/curado) para formar una imagen inducida magnéticamente.

- 30 La expresión “composición de revestimiento” se refiere a cualquier composición que sea capaz de formar una capa de efecto óptico (EOL) sobre un sustrato sólido y que se pueda aplicar preferible, pero no exclusivamente, mediante un método de impresión. La composición de revestimiento comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento y el aglutinante descrito en el presente documento.

- 35 Como se usa en el presente documento, el término “húmedo” se refiere a una capa de revestimiento que aún no se ha curado, por ejemplo, un revestimiento en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas todavía pueden cambiar sus posiciones y orientaciones bajo la influencia de fuerzas externas que actúan sobre ellas.

Como se usa en el presente documento, el término “marcas” significará capas discontinuas tales como patrones, que incluyen, sin limitación, símbolos, símbolos alfanuméricos, motivos, letras, palabras, números, logotipos y dibujos.

- 40 El término “endurecimiento” se utiliza para indicar un proceso en donde la viscosidad de una composición de revestimiento en un primer estado físico que aún no está endurecido (es decir, húmedo) se incrementa para convertirlo en un segundo estado físico, es decir, un estado endurecido o sólido, donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se fijan/congelan en sus posiciones y orientaciones actuales y ya no pueden moverse ni girar.

- 45 La expresión “documento de seguridad” se refiere a un documento que normalmente está protegido contra falsificaciones o fraudes mediante al menos una característica de seguridad. Ejemplos de documentos de seguridad incluyen, sin limitación, documentos de valor y bienes comerciales de valor.

La expresión “característica de seguridad” se usa para indicar una imagen, patrón o elemento gráfico que se puede usar con fines de autenticación.

- 50 Cuando la presente descripción se refiere a realizaciones/características “preferidas”, las combinaciones de estas realizaciones/características “preferidas” también se considerarán descritas siempre que esta combinación de realizaciones/características “preferidas” sea técnicamente significativa.

La presente invención proporciona un proceso para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento aún no endurecida (es decir, húmeda) hecha de una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaquetas sobre un sustrato a través de la

orientación magnética de dichas partículas de pigmento, moviendo el conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias a través del campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático de manera que el campo en la capa de revestimiento cambia al menos en dirección con el tiempo para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas. La orientación magnética y la posición de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se fijan/congelan endureciendo la composición de revestimiento para obtener capas de efecto óptico (OEL) brillantes y altamente resueltas que exhiben además un efecto óptico 3D sorprendente. Las una o más marcas se transfieren de la placa magnética blanda a la capa de revestimiento aún no endurecida que comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas. La presente invención proporciona dichos procesos para obtener capas de efecto óptico (OEL) brillantes y altamente resueltas específicas del cliente que exhiben una apariencia llamativa 3D en un documento o artículo impreso de una manera fácil de implementar y altamente confiable.

El proceso de acuerdo con la presente invención comprende las etapas de:

a) aplicar sobre la superficie del sustrato la composición de revestimiento que comprende i) las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento y ii) el material aglutinante descrito en el presente documento para formar una capa de revestimiento sobre dicho sustrato, estando dicha composición de revestimiento en un primer estado,

b) formar un conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y una placa magnética blanda que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias, en el que el sustrato que lleva la capa de revestimiento está dispuesto sobre la placa magnética blanda, y en el que la capa de revestimiento representa preferiblemente la capa superior del conjunto y está preferiblemente expuesto al medio ambiente,

c) mover el conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda obtenidas en la etapa b) a través del campo magnético no homogéneo del dispositivo generador de campo magnético estático descrito en este documento para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas, y

d) endurecer la composición de revestimiento a un segundo estado para fijar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas en sus posiciones y orientaciones adoptadas.

Al especificar que “el sustrato que lleva la capa de revestimiento está dispuesto sobre la placa magnética blanda”, se engloba un caso preferible, en donde la placa magnética blanda y el sustrato están dispuestos de modo que el sustrato que lleva la capa de revestimiento esté dispuesto en forma vertical directamente encima de la placa magnética blanda, es decir, la dirección de su disposición entre sí es esencialmente vertical.

El proceso descrito en el presente documento comprende una etapa a) de aplicar sobre la superficie del sustrato descrita en el presente documento la composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento para formar una capa de revestimiento, estando dicha composición de revestimiento en un primer estado físico que permite su aplicación como una capa y que está en un estado aún no endurecido (es decir, húmedo), en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas pueden moverse y girar dentro del material aglutinante. Dado que la composición de revestimiento descrita en el presente documento se proporcionará sobre una superficie de sustrato, es necesario que la composición de revestimiento que comprende al menos el material aglutinante descrito en el presente documento y las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas esté en una forma que permita su procesamiento equipo de impresión o revestimiento deseado. Preferiblemente, dicha etapa a) se lleva a cabo mediante un proceso de impresión, preferiblemente seleccionado del grupo que consiste en serigrafía, impresión en rotograbado, impresión flexográfica, impresión por inyección de tinta e impresión en huecograbado (también denominada en la técnica como impresión de placa de cobre grabada e impresión de matriz de acero grabada), más preferiblemente seleccionado del grupo que consiste en serigrafía, impresión en huecograbado e impresión flexográfica.

La impresión serigráfica (también conocida en la técnica como serigrafía) es un proceso de plantilla en donde una tinta se transfiere a una superficie a través de una plantilla soportada por una malla de tela fina de seda, mono- o multifilamentos hechos de fibras sintéticas como, por ejemplo, poliamidas o poliésteres o hilos metálicos estirados firmemente sobre un marco hecho, por ejemplo, de madera o metal (por ejemplo, aluminio o acero inoxidable). Alternativamente, la malla de serigrafía puede ser una lámina metálica porosa grabada químicamente, grabada con láser o formada galvánicamente, por ejemplo, una hoja de acero inoxidable. Los poros de la malla se bloquean en las áreas sin imagen y se dejan abiertos en el área de la imagen; el soporte de la imagen se denomina pantalla. La serigrafía puede ser de tipo plano o rotativo. La serigrafía se describe con más detalle, por ejemplo, en The Printing ink manual, R.H. Leach y R.J. Pierce, Springer Edition, 5th Edition, páginas 58-62 y en Printing Technology, J.M. Adams y P.A. Dolin, Delmar Thomson Learning, 5th Edition, páginas 293-328.

El huecograbado (también denominado en la técnica grabado) es un proceso de impresión en donde los elementos



de la imagen se graban en la superficie de un cilindro. Las áreas sin imagen están en un nivel original constante. Antes de imprimir, toda la plancha de impresión (elementos no impresos y de impresión) se entinta y se llena de tinta. La tinta se elimina de la no imagen con un limpiador o una cuchilla antes de imprimir, de modo que la tinta permanece solo en las celdas. La imagen se transfiere desde las celdas al sustrato mediante una presión típicamente en el intervalo de 2 a 4 bares y por las fuerzas adhesivas entre el sustrato y la tinta. El término huecograbado no engloba los procesos de impresión en huecograbado (también denominados en la técnica procesos de impresión con troquel de acero grabado o placa de cobre) que se basan, por ejemplo, en un tipo diferente de tinta. Se proporcionan más detalles en "Handbook of print media", Helmut Kipphan, Springer Edition, página 48 y en The Printing ink manual, R.H. Leach y R.J. Pierce, Springer Edition, 5th Edition, páginas 42-51.

La flexografía utiliza preferiblemente una unidad con una rasqueta, preferiblemente una rasqueta con cámara, un rodillo anilox y un cilindro portaplanchas. Ventajosamente, el rodillo anilox tiene pequeñas celdas cuyo volumen y/o densidad determinan la tasa de aplicación de tinta. La cuchilla dosificadora se apoya contra el rodillo anilox y al mismo tiempo elimina el exceso de tinta. El rodillo anilox transfiere la tinta al cilindro portaplanchas que, finalmente, transfiere la tinta al sustrato. Se puede lograr un diseño específico utilizando una placa de fotopolímero diseñada. Los cilindros de placa pueden estar hechos de materiales poliméricos o elastoméricos. Los polímeros se utilizan principalmente como fotopolímeros en placas y, a veces, como revestimiento sin costuras en una funda. Las placas de fotopolímero están hechas de polímeros sensibles a la luz que se endurecen con la luz ultravioleta (UV). Las placas de fotopolímero se cortan al tamaño requerido y se colocan en una unidad de exposición a la luz ultravioleta. Un lado de la placa está completamente expuesto a la luz ultravioleta para endurecer o curar la base de la placa. A continuación, se da la vuelta a la placa, se monta un negativo del trabajo sobre el lado no curado y la placa se expone más a la luz ultravioleta. Esto endurece la placa en las áreas de la imagen. Luego, la placa se procesa para eliminar el fotopolímero no endurecido de las áreas sin imagen, lo que reduce la superficie de la placa en estas áreas sin imagen. Después del procesamiento, la placa se seca y se le administra una dosis de luz ultravioleta posterior a la exposición para curar toda la placa. La preparación de cilindros de plancha para flexografía se describe en Printing Technology, J. M. Adams y P.A. Dolin, Delmar Thomson Learning, 5th Edition, páginas 359-360 y en el manual de tinta de impresión, R.H. Leach y R.J. Pierce, Springer Edition, 5th Edition, páginas 33-42.

La composición de revestimiento descrita en el presente documento, así como la capa de revestimiento descrita en el presente documento comprenden partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas. Preferiblemente, las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaquetas descritas en este documento están presentes en una cantidad de aproximadamente el 5% en peso a aproximadamente el 40% en peso, más preferiblemente, de aproximadamente el 10% en peso a aproximadamente el 30% en peso, basándose los porcentajes en peso en el peso total de la composición de revestimiento.

En contraste con las partículas de pigmento en forma de aguja que pueden considerarse como partículas cuasi unidimensionales, las partículas de pigmento en forma de plaquetas son partículas cuasi bidimensionales debido a la gran relación de aspecto de sus dimensiones. La partícula de pigmento en forma de plaquetas se puede considerar como una estructura bidimensional, en donde las dimensiones X e Y son sustancialmente mayores que la dimensión Z. Las partículas de pigmento en forma de plaquetas también se denominan en la técnica partículas achatadas o escamas. Tales partículas de pigmento pueden describirse con un eje principal X correspondiente a su dimensión más larga que cruza la partícula de pigmento y un segundo eje Y perpendicular a X y correspondiente a la segunda dimensión más larga que cruza la partícula de pigmento. En otras palabras, el plano XY define aproximadamente el plano formado por la primera y segunda dimensiones más largas de la partícula de pigmento, ignorando la dimensión Z.

Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento tienen, debido a su forma no esférica, reflectividad no isotrópica con respecto a la radiación electromagnética incidente para la cual el material aglutinante endurecido/curado es al menos parcialmente transparente. Como se usa en el presente documento, la expresión "reflectividad no isotrópica" denota que la proporción de radiación incidente desde un primer ángulo que es reflejada por una partícula en cierta dirección (de visión) (un segundo ángulo) es una función de la orientación de las partículas, es decir, que un cambio de la orientación de la partícula con respecto al primer ángulo puede conducir a una magnitud diferente de la reflexión en la dirección de visión.

En las OEL descritas en el presente documento, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento se dispersan en la composición de revestimiento que comprende un material aglutinante endurecido que fija la orientación de las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaquetas. El material aglutinante está al menos en su estado sólido o endurecido (también denominado segundo estado en el presente documento), al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 200 nm y 2500 nm, es decir, dentro del intervalo de longitud de onda que es típicamente denominado "espectro óptico" y que comprende partes infrarrojas, visibles y ultravioleta del espectro electromagnético. Por consiguiente, las partículas contenidas en el material aglutinante en su estado sólido o endurecido y su reflectividad dependiente de la orientación pueden percibirse a través del material aglutinante en algunas longitudes de onda dentro de este intervalo. Preferiblemente, el material aglutinante endurecido es al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de un intervalo de longitudes de onda comprendidas entre 200 nm y 800 nm, más preferiblemente comprendidas entre 400 nm y 700 nm. En este documento, el término "transparente" denota que la transmisión de radiación electromagnética a través de una capa

de 20 µm del material aglutinante endurecido presente en la OEL (sin incluir las partículas de pigmento magnético o magnetizables en forma de plaquetas, pero todos los demás componentes opcionales de la OEL en caso de que tales componentes estén presentes) es al menos 50%, más preferiblemente al menos 60%, incluso más preferiblemente al menos 70%, en la(s) longitud(es) de onda en cuestión. Esto se puede determinar, por ejemplo, midiendo la transmitancia de una pieza de prueba del material aglutinante endurecido (sin incluir las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas) de acuerdo con métodos de prueba bien establecidos, por ejemplo, norma DIN 5036-3 (1979-11). Si la OEL sirve como una característica de seguridad encubierta, entonces típicamente serán necesarios medios técnicos para detectar el efecto óptico (completo) generado por la OEL en las respectivas condiciones de iluminación que comprenden la longitud de onda no visible seleccionada; dicha detección requiere que la longitud de onda de la radiación incidente se seleccione fuera del intervalo visible, por ejemplo, en el intervalo de UV cercano. En este caso, es preferible que la OEL comprenda partículas de pigmento luminiscentes que muestren luminiscencia en respuesta a la longitud de onda seleccionada fuera del espectro visible contenido en la radiación incidente. Las porciones infrarroja, visible y ultravioleta del espectro electromagnético corresponden aproximadamente a los intervalos de longitud de onda entre 700-2500 nm, 400-700 nm y 200-400 nm, respectivamente.

Los ejemplos adecuados de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento incluyen, sin limitación, partículas de pigmento que comprenden un metal magnético seleccionado del grupo que consiste en cobalto (Co), hierro (Fe) y níquel (Ni); una aleación magnética de hierro, manganeso, cobalto, níquel o una mezcla de dos o más de ellos; un óxido magnético de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de ellos; o una mezcla de dos o más de ellos. El término "magnético" en referencia a los metales, aleaciones y óxidos se refiere a metales, aleaciones y óxidos ferromagnéticos o ferrimagnéticos. Los óxidos magnéticos de cromo, manganeso, cobalto, hierro, níquel o una mezcla de dos o más de ellos pueden ser óxidos puros o mixtos. Ejemplos de óxidos magnéticos incluyen, sin limitación, óxidos de hierro como hematitas ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), dióxido de cromo ( $\text{CrO}_2$ ), ferritas magnéticas ( $\text{MFe}_2\text{O}_4$ ), espinelas magnéticas ( $\text{MR}_2\text{O}_4$ ), hexaferritas magnéticas ( $\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), ortoferritas magnéticas ( $\text{RFeO}_3$ ), granates magnéticos  $\text{M}_3\text{R}_2(\text{AO}_4)_3$ , donde M significa metal bivalente, R significa metal trivalente y A significa metal cuatrivalente.

Los ejemplos de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento incluyen, sin limitación, partículas de pigmento que comprenden una capa magnética M hecha de uno o más de un metal magnético como cobalto (Co), hierro (Fe) o níquel (Ni); y una aleación magnética de hierro, cobalto o níquel, en donde dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables pueden ser estructuras multicapa que comprenden una o más capas adicionales. Preferiblemente, la una o más capas adicionales son capas A hechas de modo independiente de una o más seleccionadas del grupo que consiste en fluoruros metálicos tales como fluoruro de magnesio ( $\text{MgF}_2$ ), óxido de silicio ( $\text{SiO}$ ), dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), más preferiblemente, dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ); o capas B hechas, de modo independiente, de una o más seleccionadas del grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, preferiblemente seleccionadas del grupo que consiste en metales reflectantes y aleaciones metálicas reflectantes, y más preferiblemente seleccionadas del grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr) y níquel (Ni), y aún más preferiblemente, aluminio (Al); o una combinación de una o más capas A como las descritas con anterioridad y una o más capas B como las descritas con anterioridad. Los ejemplos típicos de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas que son estructuras multicapa descritas con anterioridad incluyen, sin limitación, estructuras multicapa A/M, estructuras multicapa A/M/A, estructuras multicapa A/M/B, estructuras multicapa A/B/M/A, estructuras multicapa A/B/M/B, estructuras multicapa A/B/M/B/A, estructuras multicapa B/M, estructuras multicapa B/M/B, estructuras multicapa B/A/M/A, estructuras multicapa B/A/M/B, estructuras multicapa B/A/M/B/A, en las que las capas A, las capas magnéticas M y las capas B se eligen entre las descritas con anterioridad.

La composición de revestimiento descrita en el presente documento puede comprender partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaquetas y/o partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaquetas que no tienen propiedades ópticamente variables. Preferiblemente, al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas descritas en el presente documento está constituida por partículas de pigmento magnetizables o magnéticas ópticamente variables en forma de plaquetas. Además de la seguridad manifiesta proporcionada por la propiedad de cambio de color de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables, que permite detectar, reconocer y/o discriminar fácilmente un artículo o documento de seguridad que lleva una tinta, composición de revestimiento o capa de revestimiento que comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables descritas en el presente documento a partir de sus posibles falsificaciones utilizando los sentidos humanos sin ayuda, las propiedades ópticas de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables también se pueden utilizar como una herramienta legible por máquina para el reconocimiento de la OEL. Por lo tanto, las propiedades ópticas de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables pueden usarse simultáneamente como una característica de seguridad encubierta o semicubierta en un proceso de autenticación en donde se analizan las propiedades ópticas (por ejemplo, espectrales) de las partículas de pigmento.

El uso de partículas de pigmento magnéticas o magnetizables ópticamente variables en forma de plaquetas en capas de revestimiento para producir una OEL aumenta la importancia de la OEL como característica de seguridad en las aplicaciones de documentos de seguridad, porque dichos materiales están reservados para la industria de

impresión de documentos de seguridad y no están disponibles comercialmente para el público.

Como se mencionó con anterioridad, preferiblemente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas está constituida por partículas de pigmento magnetizables o magnéticas ópticamente variables en forma de plaquetas. Estos se seleccionan más preferiblemente del grupo que consiste en partículas de pigmento de interferencia de película fina magnética, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnético, partículas de pigmento recubiertas de interferencia que comprenden un material magnético y mezclas de dos o más de los mismos.

Las partículas de pigmento de interferencia de película fina magnética son conocidas por los expertos en la técnica y se describen, por ejemplo, en los documentos US 4.838.648; WO 2002/073250 A2; EP 0 686 675 B1; WO 2003/000801 A2; US 6.838.166; WO 2007/131833 A1; EP 2 402 401 A1 y en los documentos allí citados. Preferiblemente, las partículas de pigmento de interferencia de película fina magnética comprenden partículas de pigmento que tienen una estructura multicapa de Fabry-Perot de cinco capas y/o partículas de pigmento que tienen una estructura multicapa de Fabry-Perot de seis capas y/o partículas de pigmento que tienen una estructura multicapa de Fabry-Perot de siete capas.

Las estructuras multicapa de Fabry-Perot de cinco capas preferidas consisten en estructuras multicapa absorbente/dieléctrica/reflectora/dieléctrica/absorbente en las que el reflector y/o el absorbente también es una capa magnética, preferiblemente el reflector y/o el absorbente es una capa magnética que comprende níquel, hierro y/o cobalto, y/o una aleación magnética que comprende níquel, hierro y/o cobalto y/o un óxido magnético que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co).

Las estructuras multicapa de Fabry-Perot de seis capas preferidas consisten en estructuras multicapa absorbente/dieléctrica/reflectora/magnética/dieléctrica/absorbente.

Las estructuras multicapa de Fabry-Perot de siete capas preferidas consisten en estructuras multicapa absorbente/dieléctrica/reflectora/magnética/reflectora/dieléctrica/absorbente tales como las descritas en el documento US 4.838.648.

Preferiblemente, las capas reflectoras descritas en el presente documento se fabrican independientemente a partir de una o más seleccionadas del grupo que consiste en metales y aleaciones metálicas, preferiblemente seleccionadas del grupo que consiste en metales reflectantes y aleaciones metálicas reflectantes, más preferiblemente seleccionadas del grupo que consiste en aluminio (Al), plata (Ag), cobre (Cu), oro (Au), platino (Pt), estaño (Sn), titanio (Ti), paladio (Pd), rodio (Rh), niobio (Nb), cromo (Cr), níquel (Ni) y aleaciones de ellos, incluso más preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), níquel (Ni) y sus aleaciones, y aún más preferiblemente aluminio (Al). Preferiblemente, las capas dieléctricas están hechas independientemente de una o más seleccionadas del grupo que consiste en fluoruros metálicos tales como fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ ), fluoruro de aluminio ( $AlF_3$ ), fluoruro de cerio ( $CeF_3$ ), fluoruro de lantano ( $LaF_3$ ), fluoruros de sodio y aluminio (por ejemplo,  $Na_3AlF_6$ ), fluoruro de neodimio ( $NdF_3$ ), fluoruro de samario ( $SmF_3$ ), fluoruro de bario ( $BaF_2$ ), fluoruro de calcio ( $CaF_2$ ), fluoruro de litio (LiF) y óxidos metálicos tales como óxido de silicio ( $SiO$ ), dióxido de silicio ( $SiO_2$ ), óxido de titanio ( $TiO_2$ ), óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), más preferiblemente seleccionado del grupo que consiste en fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ ) y dióxido de silicio ( $SiO_2$ ) y aún más preferiblemente, fluoruro de magnesio ( $MgF_2$ ). Preferiblemente, las capas absorbentes están hechas independientemente de una o más seleccionadas del grupo que consiste en aluminio (Al), plata (Ag), cobre (Cu), paladio (Pd), platino (Pt), titanio (Ti), vanadio (V), hierro (Fe), estaño (Sn), tungsteno (W), molibdeno (Mo), rodio (Rh), niobio (Nb), cromo (Cr), níquel (Ni), sus óxidos metálicos, sus sulfuros metálicos, sus carburos metálicos, y sus aleaciones metálicas, más preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni), sus óxidos metálicos y sus aleaciones metálicas, y aún más preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en cromo (Cr), níquel (Ni) y sus aleaciones metálicas. Preferiblemente, la capa magnética comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o una aleación magnética que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co); y/o un óxido magnético que comprende níquel (Ni), hierro (Fe) y/o cobalto (Co). Cuando se prefieren partículas de pigmento de interferencia de película fina magnética que comprenden una estructura de Fabry-Perot de siete capas, se prefiere particularmente que las partículas de pigmento de interferencia de película fina magnética comprendan una estructura multicapa absorbente/dieléctrica/reflectora/magnética/reflectora/dieléctrica/absorbente de Fabry-Perot de siete capas que consiste en una estructura multicapa Cr/ $MgF_2$ /Al/Ni/Al/ $MgF_2$ /Cr.

Las partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnética descritas en el presente documento pueden ser partículas de pigmento multicapa que se consideran seguras para la salud humana y el medio ambiente y se basan, por ejemplo, en estructuras multicapa de Fabry-Perot de cinco capas, estructuras multicapa de Fabry-Perot de seis capas y estructuras multicapa de Fabry-Perot de siete capas, en las que dichas partículas de pigmento incluyen una o más capas magnéticas que comprenden una aleación magnética que tiene una composición sustancialmente libre de níquel que incluye aproximadamente el 40% en peso a aproximadamente el 90% en peso de hierro, aproximadamente el 10% en peso a aproximadamente el 50% en peso de cromo y aproximadamente el 0% en peso a aproximadamente el 30% en peso de aluminio. Se pueden encontrar ejemplos típicos de partículas de pigmento multicapa que se consideran seguras para la salud humana y el medio ambiente en el documento EP 2 402 401 A1 cuyo contenido se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

Las partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnética descritas en el presente documento se fabrican típicamente mediante una técnica de deposición convencional de las diferentes capas requeridas sobre una banda. Después de la deposición del número deseado de capas, por ejemplo, mediante deposición física de vapor (PVD), deposición química de vapor (CVD) o deposición electrolítica, la pila de capas se elimina de la red, ya sea disolviendo una capa de liberación en un disolvente adecuado o separando el material de la red. El material así obtenido se descompone luego en escamas que deben procesarse adicionalmente mediante trituración, molienda (como, por ejemplo, procesos de molienda por chorro) o cualquier método adecuado para obtener partículas de pigmento del tamaño requerido. El producto resultante consiste en escamas planas con bordes rotos, formas irregulares y diferentes relaciones de aspecto. Se puede encontrar más información sobre la preparación de partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnética adecuadas, por ejemplo, en los documentos EP 1 710 756 A1 y EP 1 666 546 A1 cuyos contenidos se incorporan aquí como referencia en su totalidad..

Las partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnético adecuadas que presentan características ópticamente variables incluyen, sin limitación, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico monocapa magnético y partículas de pigmento de cristal líquido colestérico multicapa magnético. Tales partículas de pigmento se describen, por ejemplo, en los documentos WO 2006/063926 A1, US 6.582.781 y US 6.531.221. El documento WO 2006/063926 A1 describe monocapas y partículas de pigmento obtenidas a partir de las mismas con propiedades de alto brillo y cambio de color con propiedades particulares adicionales tales como magnetizabilidad. Las monocapas y partículas de pigmento descritas, que se obtienen de las mismas triturando dichas monocapas, incluyen una mezcla de cristal líquido colestérico reticulado tridimensionalmente y nanopartículas magnéticas. Los documentos US 6.582.781 y US 6.410.130 describen partículas de pigmento multicapa colestérico en forma de plaquetas que comprenden la secuencia  $A^1/B/A^2$ , en donde  $A^1$  y  $A^2$  pueden ser idénticos o diferentes y cada uno comprende al menos una capa colestérica, y B es una capa intermedia que absorbe todos o algunos de la luz transmitida por las capas  $A^1$  y  $A^2$  e impartiendo propiedades magnéticas a dicha capa intermedia. El documento US 6.531.221 describe partículas de pigmento multicapa colestérico en forma de plaquetas que comprenden la secuencia A/B y opcionalmente C, en las que A y C son capas absorbentes que comprenden partículas de pigmento que imparten propiedades magnéticas, y B es una capa colestérica.

Los pigmentos revestidos por interferencia adecuados que comprenden uno o más materiales magnéticos incluyen, sin limitación, estructuras que consisten en un sustrato seleccionado del grupo que consiste en un núcleo revestido con una o más capas, en donde al menos uno del núcleo o una o más capas tienen propiedades magnéticas. Por ejemplo, los pigmentos revestidos por interferencia adecuados comprenden un núcleo hecho de un material magnético como los descritos con anterioridad, en donde dicho núcleo está revestido con una o más capas hechas de uno o más óxidos metálicos, o tienen una estructura que consiste en un núcleo hecho de micas sintéticas o naturales, silicatos estratificados (por ejemplo, talco, caolín y sericita), vidrios (por ejemplo, borosilicatos), dióxidos de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxidos de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxidos de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), grafitos y mezclas de dos o más de los mismos. Además, pueden estar presentes una o más capas adicionales tales como capas colorantes. Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables descritas en el presente documento pueden tratarse en la superficie para protegerlas contra cualquier deterioro que pueda ocurrir en la composición de revestimiento y la capa de revestimiento y/o para facilitar su incorporación en dicha composición de revestimiento y capa de revestimiento; típicamente se pueden usar materiales inhibidores de corrosión y/o agentes humectantes.

Además, posteriormente a la aplicación de la composición de revestimiento descrita en el presente documento sobre la superficie del sustrato descrita en el presente documento para formar una capa de revestimiento (etapa a)), se forma un conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda descritas en el presente documento, en donde el sustrato que lleva la capa de revestimiento está dispuesto encima de la placa magnética blanda, preferiblemente en donde la placa magnética blanda mira hacia el sustrato, la una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias miran hacia el sustrato y en donde la capa de revestimiento representa la capa superior del conjunto y está expuesta al ambiente.

Posteriormente a la formación del conjunto que comprende el sustrato que lleva la composición de revestimiento y la placa magnética blanda, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se orientan (etapa c)) moviendo dicho conjunto a través del campo magnético no homogéneo del dispositivo generador de campo magnético estático descrito aquí para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.

Luego o parcialmente en forma simultánea, de preferencia, parcialmente en forma simultánea, con las etapas de orientar las partículas de pigmento magnético o magnetizables en forma de plaquetas moviendo el conjunto a través del campo magnético no homogéneo del dispositivo generador de campo magnético estático descrito en el presente documento (etapa c)), la orientación de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se fija o congela (etapa d)). Por lo tanto, la composición de revestimiento debe tener un primer estado, es decir, un estado líquido o pastoso, en donde la composición de revestimiento aún no esté endurecida y no esté suficientemente húmeda o blanda, de modo que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas dispersas en la composición de revestimiento sean movibles, giratorias y orientables al exponerse a un campo magnético, y un segundo estado endurecido (por ejemplo, sólido o similar a un sólido), en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas están fijas o congeladas en sus respectivas posiciones y orientaciones.

Tal primer y segundo estado se proporciona preferiblemente usando cierto tipo de composición de revestimiento. Por ejemplo, los componentes de la composición de revestimiento distintos de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas pueden tomar la forma de una tinta o composición de revestimiento como las que se utilizan en aplicaciones de seguridad, por ejemplo, para la impresión de billetes. Los estados primero y segundo mencionados con anterioridad se pueden proporcionar utilizando un material que muestre un aumento de viscosidad en reacción a un estímulo como, por ejemplo, un cambio de temperatura o una exposición a una radiación electromagnética. Es decir, cuando el material aglutinante fluido se endurece o solidifica, dicho material aglutinante se convierte en el segundo estado, es decir, un estado sólido o endurecido, donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se fijan en sus posiciones y orientaciones actuales y ya no se pueden mover ni girar dentro del material aglutinante. Como saben los expertos en la técnica, los ingredientes comprendidos en una tinta o composición de revestimiento que se aplicarán sobre una superficie tal como un sustrato y las propiedades físicas de dicha tinta o composición de revestimiento deben cumplir los requisitos del proceso utilizado para transferir la tinta o composición de revestimiento a la superficie del sustrato. En consecuencia, el material aglutinante comprendido en la composición de revestimiento descrita en el presente documento se elige típicamente entre los conocidos en la técnica y depende del proceso de revestimiento o de impresión utilizado para aplicar la tinta o composición de revestimiento y el proceso de endurecimiento elegido.

La OEL descrita en este documento comprende partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas que, debido a su forma, tienen reflectividad no isotrópica. Las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se dispersan en el material aglutinante que es al menos parcialmente transparente a la radiación electromagnética de uno o más intervalos de longitud de onda en el intervalo de 200 nm a 2500 nm.

La etapa de endurecimiento descrita en el presente documento (etapa d)) puede ser de naturaleza puramente física, por ejemplo, en los casos en los que la composición de revestimiento comprende un material aglutinante polimérico y un disolvente y se aplica a altas temperaturas. Luego, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se orientan a alta temperatura mediante la aplicación de un campo magnético, y el disolvente se evapora, seguido de enfriamiento de la composición de revestimiento. De ese modo, la composición de revestimiento se endurece y se fija la orientación de las partículas de pigmento.

Alternativa y preferiblemente, el endurecimiento de la composición de revestimiento implica una reacción química, por ejemplo, curado, que no se revierte por un simple aumento de temperatura (por ejemplo, hasta 80°C) que puede ocurrir durante un uso típico de un documento de seguridad. El término "curado" o "curable" se refiere a procesos que incluyen la reacción química, reticulación o polimerización de al menos un componente en la composición de revestimiento aplicada de tal manera que se convierte en un material polimérico que tiene un peso molecular mayor que las sustancias de partida. Preferiblemente, el curado provoca la formación de una red polimérica tridimensional estable. Dicho curado se induce generalmente aplicando un estímulo externo a la composición de revestimiento (i) después de su aplicación sobre un sustrato (etapa a)) y (ii) luego o parcialmente en forma simultánea con la orientación biaxial de al menos parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas (etapa c)). Ventajosamente, el endurecimiento (etapa d)) de la composición de revestimiento descrita en el presente documento se lleva a cabo parcialmente en forma simultánea con la orientación de al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas (etapa c)). Por lo tanto, preferiblemente la composición de revestimiento se selecciona del grupo que consiste en composiciones curables por radiación, composiciones de secado térmico, composiciones de secado oxidativo y combinaciones de las mismas. Son particularmente preferidas las composiciones de revestimiento seleccionadas del grupo que consiste en composiciones curables por radiación. El curado por radiación, en particular el curado por UV-Vis, conduce ventajosamente a un aumento instantáneo de la viscosidad de la composición de revestimiento después de la exposición a la irradiación, evitando así cualquier movimiento adicional de las partículas de pigmento y, en consecuencia, cualquier pérdida de información después de la etapa de orientación magnética. Preferiblemente, la etapa de endurecimiento (etapa d)) se lleva a cabo mediante irradiación con luz UV-visible (es decir, curado con radiación de luz UV-Vis) o con haz E (es decir, curado con radiación con haz E), más preferiblemente mediante irradiación con luz UV-Vis.

Por lo tanto, las composiciones de revestimiento adecuadas para la presente invención incluyen composiciones curables por radiación que pueden curarse mediante radiación de luz UV-visible (en lo sucesivo, curable con UV-Vis) o mediante radiación de haz E (en lo sucesivo, EB). De acuerdo con una realización particularmente preferida de la presente invención, la composición de revestimiento descrita en el presente documento es una composición de revestimiento curable por UV-Vis. El curado UV-Vis permite de manera ventajosa procesos de curado muy rápidos y, por lo tanto, disminuye drásticamente el tiempo de preparación de la OEL descrita en el presente documento, documentos y artículos y documentos que comprenden dicha OEL.

Preferiblemente, la composición de revestimiento curable por UV-Vis comprende uno o más compuestos seleccionados del grupo que consiste en compuestos curables por radicales y compuestos curables catiónicamente. La composición de revestimiento curable por UV-Vis descrita en el presente documento puede ser un sistema híbrido y comprender una mezcla de uno o más compuestos curables catiónicamente y uno o más compuestos curables por radicales. Los compuestos curables catiónicamente se curan mediante mecanismos catiónicos que incluyen típicamente la activación por radiación de uno o más fotoiniciadores que liberan especies catiónicas, tales

como ácidos, que, a su vez, inician el curado para reaccionar y/o reticular los monómeros y/u oligómeros para endurecer así la composición de revestimiento. Los compuestos curables por radicales se curan mediante mecanismos de radicales libres que incluyen típicamente la activación por radiación de uno o más fotoiniciadores, generando así radicales que, a su vez, inician la polimerización para endurecer la composición de revestimiento.

Dependiendo de los monómeros, oligómeros o prepolímeros usados para preparar el aglutinante comprendido en las composiciones de revestimiento curables por UV-Vis descritas en el presente documento, podrían usarse diferentes fotoiniciadores. Los expertos en la técnica conocen ejemplos adecuados de fotoiniciadores de radicales libres e incluyen, sin limitación, acetofenonas, benzofenonas, bencildimetilcetales, alfa-aminocetonas, alfa-hidroxicetonas, óxidos de fosfina y derivados de óxidos de fosfina, así como mezclas de dos o más de los mismos. Los expertos en la técnica conocen ejemplos adecuados de fotoiniciadores catiónicos e incluyen, sin limitación, sales de onio tales como sales orgánicas de yodonio (por ejemplo, sales de diaril yodonio), oxonio (por ejemplo, sales de triariloxonio) y sales de sulfonio (por ejemplo, sales de triarilsulfonio), así como mezclas de dos o más de los mismos. En los libros de texto estándar se pueden encontrar otros ejemplos de fotoiniciadores útiles. También puede ser ventajoso incluir un sensibilizador junto con uno o más fotoiniciadores para lograr un curado eficaz. Los ejemplos típicos de fotosensibilizadores adecuados incluyen, sin limitación, isopropil-tioxantona (ITX), 1-cloro-2-propoxitioxantona (CPTX), 2-cloro-tioxantona (CTX) y 2,4-dietil-tioxantona (DETX) y mezclas de dos o más de las mismas. El uno o más fotoiniciadores comprendidos en las composiciones de revestimiento curables por UV-Vis están presentes preferiblemente en una cantidad total de aproximadamente el 0,1% en peso a aproximadamente el 20% en peso, más preferiblemente, de aproximadamente el 1% en peso a aproximadamente el 15% en peso, en donde los porcentajes en peso se basan en el peso total de las composiciones de revestimiento curables por UV-Vis.

Alternativamente, se puede emplear un material aglutinante termoplástico polimérico o un termoestable. A diferencia de los termoestables, las resinas termoplásticas se pueden fundir y solidificar repetidamente mediante calentamiento y enfriamiento sin incurrir en cambios importantes en las propiedades. Los ejemplos típicos de resina o polímero termoplástico incluyen, sin limitación, poliamidas, poliésteres, poliacetales, poliolefinas, polímeros estirénicos, policarbonatos, poliarilatos, poliimidas, poliéter éter cetonas (PEEK), poliéter cetona cetonas (PEKK), resinas a base de polifenileno (por ejemplo, polifenilén éteres, óxidos de polifenileno, sulfuros de polifenileno), polisulfonas y mezclas de dos o más de los mismos.

La composición de revestimiento descrita en el presente documento puede comprender además uno o más componentes colorantes seleccionados del grupo que consiste en partículas de pigmentos orgánicos, partículas de pigmentos inorgánicos y tintes orgánicos y/o uno o más aditivos. Estos últimos incluyen, sin limitación, compuestos y materiales que se utilizan para ajustar los parámetros físicos, reológicos y químicos de la composición del revestimiento, como la viscosidad (por ejemplo, disolventes, espesantes y tensioactivos), la consistencia (por ejemplo, agentes antisedimentantes, rellenos y plastificantes), las propiedades espumantes (por ejemplo, agentes antiespumantes), las propiedades lubricantes (ceras, aceites), la estabilidad UV (fotoestabilizadores), las propiedades de adhesión, las propiedades antiestáticas, la estabilidad al almacenamiento (inhibidores de la polimerización), etc. Los aditivos descritos en el presente documento pueden estar presentes en la composición de revestimiento en cantidades y formas conocidas en la técnica, incluidos los denominados nanomateriales en los que al menos una de las dimensiones del aditivo está en el intervalo de 1 a 1000 nm.

La composición de revestimiento descrita en el presente documento puede comprender, además, uno o más aditivos que incluyen, sin limitación, compuestos y materiales que se utilizan para ajustar los parámetros físicos, reológicos y químicos de la composición, tales como la viscosidad (por ejemplo, disolventes y tensioactivos), la consistencia (por ejemplo, agentes antisedimentantes, rellenos y plastificantes), las propiedades espumantes (por ejemplo, agentes antiespumantes), las propiedades lubricantes (ceras), la reactividad y estabilidad UV (fotosensibilizadores y fotoestabilizadores) y las propiedades de adhesión, etc. Los aditivos descritos en el presente documento pueden estar presentes en las composiciones de revestimiento descritas en el presente documento en cantidades y formas conocidas en la técnica, incluso en forma de los denominados nanomateriales, en los que al menos una de las dimensiones de las partículas está en el intervalo de 1 a 1000 nm.

La composición de revestimiento descrita en el presente documento puede comprender además una o más sustancias marcadoras o marcadores y/o uno o más materiales legibles por máquina seleccionados del grupo que consiste en materiales magnéticos (diferentes de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables descritas en el presente documento), materiales luminiscentes, materiales conductores de electricidad y materiales absorbentes de infrarrojos. Como se usa en el presente documento, la expresión "material legible por máquina" se refiere a un material que exhibe al menos una propiedad distintiva que es detectable por un dispositivo o una máquina, y que puede estar comprendido en un revestimiento para conferir una forma de autenticar dicho revestimiento o artículo que comprende dicho revestimiento mediante el uso de un equipo particular para su detección y/o autenticación.

Las composiciones de revestimiento descritas en el presente documento se pueden preparar dispersando o mezclando las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables descritas en el presente documento y el uno o más aditivos cuando están presentes en presencia del material aglutinante descrito en el presente documento, formando así composiciones líquidas. Cuando están presentes, el uno o más fotoiniciadores se pueden añadir a la composición durante la etapa de dispersión o mezcla de todos los demás ingredientes o se pueden añadir en una etapa posterior, es decir, después de la formación de la composición de revestimiento líquida.

Como se describe en este documento, el conjunto comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias, en el que el sustrato que lleva la capa de revestimiento está dispuesto sobre la placa magnética blanda y en el que la capa de revestimiento representa preferiblemente la capa superior del conjunto y está expuesta al medio ambiente.

- 5 La distancia entre la placa magnética blanda y el sustrato que lleva la capa de revestimiento se ajusta y selecciona para obtener las capas de efecto óptico brillantes y altamente resueltas deseadas que exhiben una apariencia llamativa en 3D. Se prefiere particularmente usar una distancia entre la placa magnética blanda y el sustrato cercana a cero o que sea cero.

- 10 De acuerdo con una realización, el conjunto comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias, en el que el sustrato que lleva la capa de revestimiento está dispuesto sobre la placa magnética blanda, (en donde la capa de revestimiento representa preferiblemente la capa superior del conjunto y está preferiblemente expuesta al medio ambiente) y la una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias miran hacia el medio ambiente, es decir, el lado está opuesto al sustrato. Preferiblemente, el conjunto comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias, en el que el sustrato que lleva la capa de revestimiento está dispuesto encima de la placa magnética blanda y la una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias miran al sustrato. Si una o más placas magnéticas blandas tienen muescas o protuberancias en un lado, este lado se dispone preferiblemente de cara al sustrato.

- 20 La placa magnética blanda aquí descrita lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias. La expresión "muesca" se refiere a un rebajo negativo en una superficie y la expresión "protuberancia" se refiere a un relieve positivo que se extiende afuera de la superficie. Pueden producirse muescas y protuberancias añadiendo material a la superficie o quitando material de la superficie de la placa magnética blanda. Las Figuras 1A-B representan esquemáticamente una vista superior (1A) y una sección transversal (1B) de una placa magnética blanda (110) que comprende una marca en forma de muesca (I), en donde dicha placa magnética blanda tiene un grosor (T) y dicha muesca (I) tiene una profundidad (D). Como se muestra en la Fig. 1B, el grosor (T) de la placa magnética blanda (110) que comprende una o más muescas (I) se refiere al grosor de las regiones de la placa magnética blanda que carecen de una o más muescas (S) (es decir, el grosor de las regiones sin muescas de la placa magnética blanda). Las Fig. 2A-B representan esquemáticamente una vista superior (2A) y una sección transversal (2B) de la placa magnética blanda (210) que comprende una marca en forma de protuberancia (P), en la que dicha placa magnética blanda tiene un grosor (T) y dicha protuberancia tiene una altura (H). Como se muestra en la Fig. 2B, el grosor (T) de la placa magnética blanda (210) que comprende una o más protuberancias (P) se refiere al grosor de la placa magnética blanda desde la que sobresalen una o más protuberancias (S). Esto es, en este caso, el grosor (T) no es el grosor total de la placa magnética blanda, sino que se refiere al nivel desde el cual sobresalen una o más protuberancias (P).

- 35 De acuerdo con una realización, la placa magnética blanda aquí descrita lleva una o más marcas en forma de muescas. De acuerdo con otra realización, la placa magnética blanda aquí descrita lleva una o más marcas en forma de protuberancias. De acuerdo con otra realización, la placa magnética blanda aquí descrita lleva una o más marcas en forma de muescas y una o más marcas en forma de protuberancias.

- 40 La placa magnética blanda descrita en este documento puede ser tratada adicionalmente en la superficie para facilitar el contacto con el conjunto que comprende el sustrato que lleva la composición de revestimiento y la placa magnética blanda descrita en este documento, reduciendo la fricción y/o el desgaste y/o la carga electrostática en aplicaciones de impresión de alta velocidad.

- 45 De acuerdo con una realización, la placa magnética blanda descrita en este documento lleva una o más marcas en forma de muescas, en las que dichas muescas pueden rellenarse con un material no magnético que incluye un aglutinante polimérico como los descritos anteriormente y opcionalmente rellenos.

De acuerdo con una realización, la placa magnética blanda descrita en este documento lleva una o más marcas en forma de protuberancias, en la que una o más regiones que carecen de una o más protuberancias pueden rellenarse con un material no magnético que incluye un aglutinante polimérico tal como los descritos aquí anteriormente y opcionalmente rellenos.

- 50 De acuerdo con una realización, la placa magnética blanda aquí descrita es plana o planar. De acuerdo con otra realización, la placa magnética blanda descrita en este documento está curvada para poder adaptarse en o sobre un cilindro giratorio de conjuntos de impresión. El cilindro giratorio está destinado a ser utilizado en, junto con, o ser parte de un equipo de impresión o revestimiento, y que lleva una o más placas magnéticas blandas descritas en el presente documento. En una realización, el cilindro rotatorio es parte de una prensa de impresión industrial rotativa, alimentada por hojas o alimentada por bobina que opera a alta velocidad de impresión de manera continua.

La placa magnética blanda descrita en el presente documento comprende uno o más materiales magnéticos blandos, es decir, materiales que tienen baja coercitividad y alta permeabilidad  $\mu$ . Su coercitividad es inferior a 1000 Am-1 medida según IEC 60404-1: 2000, para permitir una magnetización y desmagnetización rápidas. Los

materiales magnéticos blandos adecuados tienen una permeabilidad relativa máxima  $\mu_{Rmax}$  de al menos 5, donde la permeabilidad relativa  $\mu_R$  es la permeabilidad del material  $\mu$  en relación con la permeabilidad del espacio libre  $\mu_0$  ( $\mu_R = \mu/\mu_0$ ) (Magnetic Materials, Fundamentals and Applications, 2nd Ed., Nicola A. Spaldin, p. 16-17, Cambridge University Press, 2011). Los materiales magnéticos blandos se describen, por ejemplo, en los siguientes manuales:

(1) Handbook of Condensed Matter and Materials Data, Chap. 4.3.2, Soft Magnetic Materials, p. 758-793, y Chap. 4.3.4, Magnetic Oxides, p. 811-813, Springer 2005; (2) Ferromagnetic Materials, Vol. 1, Iron, Cobalt and Nickel, p. 1-70, Elsevier 1999; (3) Ferromagnetic Materials, Vol. 2, Chap. 2, Soft Magnetic Metallic Materials, p. 55-188, y Chap. 3, Ferrites for non-microwave Applications, p. 189-241, Elsevier 1999; (4) Electric and Magnetic Properties of Metals, C. Moosbrugger, Chap. 8, Magnetically Soft Materials, p. 196-209, ASM International, 2000; (5) Handbook of modern Ferromagnetic Materials, Chap. 9, High-permeability High-frequency Metal Strip, p. 155-182, Kluwer Academic Publishers, 2002; y (6) Smithells Metals Reference Book, Chap. 20.3, Magnetically Soft Materials, p. 20-9 - 20-16, Butterworth-Heinemann Ltd., 1992.

La placa magnética blanda descrita en el presente documento puede ser una placa hecha de uno o más metales, aleaciones o compuestos de alta permeabilidad magnética (en lo sucesivo denominada "placa metálica magnética blanda") o una placa hecha de un compuesto que comprende partículas magnéticas blandas dispersas en un material no magnético (en lo sucesivo denominado "placa compuesta magnética blanda").

De acuerdo con una realización, la placa de metal magnética blanda descrita en el presente documento está hecha de uno o más metales o aleaciones magnéticos blandos fácilmente trabajables como láminas o hilos. Preferiblemente, la placa de metal magnética blanda descrita en el presente documento está hecha de uno o más materiales seleccionados del grupo que consiste en aleaciones de hierro, cobalto, níquel, níquel-molibdeno, aleaciones de níquel-hierro (materiales del tipo permalloy o supermalloy), aleaciones de cobalto-hierro, aleaciones de cobalto-níquel, aleaciones de hierro-níquel-cobalto (materiales de tipo Fernico), aleaciones de tipo Heusler (como  $Cu_2MnSn$  o  $Ni_2MnAl$ ), aceros de bajo contenido de silicio, aceros de bajo contenido de carbono, hierros de silicio (aceros eléctricos), aleaciones de hierro y aluminio, aleaciones de hierro-aluminio-silicio, aleaciones de metales amorfos (por ejemplo, aleaciones como Metglas®, aleaciones de hierro-boro), materiales magnéticos blandos nanocristalinos (por ejemplo, Vitroperm®) y combinaciones de los mismos, más preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en hierro, cobalto, níquel, aceros de bajo contenido de carbono, hierro al silicio, aleaciones de níquel-hierro y aleaciones de cobalto-hierro y combinaciones de los mismos.

De acuerdo con una realización, la placa de metal magnética blanda descrita en este documento comprende una o más muescas (I, véase Fig.1B) que tienen una profundidad (D, véase Fig.1B) preferiblemente entre aproximadamente el 20% y aproximadamente el 99% en comparación con el espesor de la placa de metal magnética blanda, más preferiblemente entre aproximadamente el 30% y aproximadamente el 95% en comparación con el espesor (T, véase Fig.1B) de la placa de metal magnética blanda, y todavía más preferiblemente entre aproximadamente el 50% y aproximadamente el 90% en comparación con el espesor de la placa de metal magnética blanda. La placa de metal magnética blanda que comprende una o más muescas descritas en este documento tiene preferiblemente un grosor (T, véase Fig. 1B) entre aproximadamente 10  $\mu m$  y aproximadamente 1000  $\mu m$ , más preferiblemente, de entre aproximadamente 50  $\mu m$  y aproximadamente 500  $\mu m$ , aún más preferiblemente, de entre aproximadamente 50  $\mu m$  y aproximadamente 250  $\mu m$ , e incluso más preferiblemente, de entre aproximadamente 50  $\mu m$  y aproximadamente 150  $\mu m$ .

De acuerdo con otra realización, la placa de metal magnética blanda descrita en este documento comprende una o más protuberancias (P, véase Fig. 2B) que tienen una altura (H, véase Fig.2B) preferiblemente entre aproximadamente el 20% y aproximadamente el 10000% en comparación con el espesor (T, véase Fig.2B) de la placa de metal magnética blanda, más preferiblemente entre aproximadamente 30% y aproximadamente 2000% en comparación con el grosor de la placa de metal magnética blanda, y todavía más preferiblemente entre aproximadamente 50% y aproximadamente 1000% en comparación con el grosor de la placa de metal magnética blanda, siempre que la suma de la altura (H, véase Fig. 2B) de la una o más protuberancias y el grosor (T, véase Fig.2B) de la placa de metal magnética blanda sea preferiblemente entre aproximadamente 10  $\mu m$  y aproximadamente 1000  $\mu m$ , más preferiblemente entre aproximadamente 50  $\mu m$  y aproximadamente 500  $\mu m$ , todavía más preferiblemente entre aproximadamente 50  $\mu m$  y aproximadamente 250  $\mu m$ , e incluso más preferiblemente entre aproximadamente 50  $\mu m$  y aproximadamente 150  $\mu m$ . Una altura de la protuberancia de más del 100% del grosor de la placa de metal magnética blanda significa que la altura real de la protuberancia es mayor que el grosor de la placa magnética blanda desde la que se proyecta la protuberancia. Por ejemplo, una altura del 10000% significa que la protuberancia tiene una altura de 100 veces el grosor de la placa de metal magnética blanda desde la que se proyecta. De acuerdo con otra realización, la placa de metal magnética blanda descrita en el presente documento comprende una o más muescas que tienen una profundidad como se describe aquí anteriormente y una o más protuberancias que tienen una altura como se describe aquí.

La una o más marcas de las placas de metal magnética blanda se pueden producir mediante cualquier método de corte o grabado conocido en la técnica, incluyendo, sin limitación, herramientas de fundición, moldeo, grabado manual o ablación seleccionadas del grupo que consiste en herramientas de ablación mecánica, herramientas de ablación por chorro de líquido o gaseoso, mediante grabado químico, grabado electroquímico y herramientas de ablación láser (por ejemplo, láseres de  $CO_2$ , Nd-YAG o excimer).



De acuerdo con otra realización, la una o más placas magnéticas blandas descrita en el presente documento están hechas de un material compuesto que comprende de aproximadamente el 25% en peso a aproximadamente el 95% en peso de partículas magnéticas blandas dispersas en un material no magnético, en donde los porcentajes en peso se basan en el peso total de la una o más placas magnéticas blandas. Preferiblemente, el material compuesto de la una o más placas compuestas magnéticas blandas comprende de aproximadamente el 50% en peso a aproximadamente el 90% en peso de partículas magnéticas blandas, en donde los porcentajes en peso se basan en el peso total de la una o más placas de material compuesto blandas. Las partículas magnéticas blandas descritas en el presente documento están hechas de uno o más materiales magnéticos blandos preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en hierro (especialmente hierro pentacarbonilo, también llamado carbonil hierro), níquel (especialmente níquel tetracarbonilo, también llamado carbonil níquel), cobalto, ferritas magnéticas blandas (por ejemplo, ferritas de manganeso-zinc y ferritas de níquel-zinc), óxidos magnéticos blandos (por ejemplo, óxidos de manganeso, hierro, cobalto y níquel) y combinaciones de los mismos, más preferiblemente seleccionados del grupo que consiste en carbonil hierro, carbonil níquel, cobalto y combinaciones de los mismos.

Las partículas magnéticas blandas pueden tener una forma de aguja, una forma de plaqueta o una forma esférica. Preferiblemente, las partículas magnéticas blandas tienen una forma esférica para maximizar la saturación de la placa compuesta magnética blanda y tienen la concentración más alta posible sin perder la cohesión de la placa compuesta magnética blanda. Preferiblemente, las partículas magnéticas blandas tienen una forma esférica y tienen un tamaño de partícula promedio ( $d_{50}$ ) de entre aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 1000  $\mu\text{m}$ , más preferiblemente, de entre aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ , aún más preferiblemente, de entre aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 20  $\mu\text{m}$ , e incluso más preferiblemente, de entre aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ , midiéndose  $d_{50}$  por difracción láser usando, por ejemplo, un analizador de tamaño de partícula láser microtrac X100.

La placa compuesta magnética blanda descrita en el presente documento está hecha de un material compuesto, en donde dicho material compuesto comprende las partículas magnéticas blandas descritas en el presente documento dispersas en un material no magnético. Los materiales no magnéticos adecuados incluyen, sin limitación, materiales poliméricos que forman una matriz para las partículas magnéticas blandas dispersas. Los materiales poliméricos formadores de matriz pueden ser uno o más materiales termoplásticos o uno o más materiales termoendurecibles o comprender uno o más materiales termoplásticos o uno o más materiales termoendurecibles. Los materiales termoplásticos adecuados incluyen, sin limitación, poliamidas, copoliamidas, polilftalimidas, poliolefinas, poliésteres, politetrafluoroetilenos, poliácridatos, polimetacrilatos (por ejemplo, PMMA), poliimidas, polieterimidas, polieteretercetonas, poliariletercetonas, sulfuros de polifenileno, polímeros de cristal líquido, policarbonatos y mezclas de los mismos. Los materiales termoendurecibles adecuados incluyen, sin limitación, resinas epoxi, resinas fenólicas, resinas de poliimida, resinas de poliéster, resinas de silicio y mezclas de las mismas. La placa compuesta magnética blanda descrita en el presente documento está hecha de un material compuesto que comprende de aproximadamente el 5% en peso a aproximadamente el 75% en peso del material no magnético descrito en el presente documento, en donde los porcentajes en peso se basan en el peso de la placa magnética blanda.

El material compuesto descrito en el presente documento puede comprender, además, uno o más aditivos tales como, por ejemplo, endurecedores, dispersantes, plastificantes, rellenos/extensores y antiespumantes.

De acuerdo con una realización, la placa compuesta magnética blanda descrita en este documento comprende una o más muescas (I, véase Fig.1B) que tienen una profundidad (D, véase Fig.1B) preferiblemente entre aproximadamente el 5% y aproximadamente el 99% en comparación con el espesor. (T, véase Fig.1B) de la placa compuesta magnética blanda, más preferiblemente entre aproximadamente el 10% y aproximadamente el 95% en comparación con el espesor de la placa compuesta magnética blanda, y todavía preferiblemente entre aproximadamente el 50% y aproximadamente el 90% en comparación con el espesor de la placa compuesta magnética blanda. La placa compuesta magnética blanda que comprende una o más muescas descritas en este documento tiene preferiblemente un grosor (T, véase Fig. 1B) de al menos aproximadamente 1 mm y aún más preferiblemente, de entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm.

De acuerdo con otra realización, la placa compuesta magnética blanda descrita en este documento comprende una o más protuberancias (P, ver Fig.2B) que tienen una altura (H, ver Fig.2B) preferiblemente entre aproximadamente 5% y aproximadamente 10000% en comparación con el espesor. (T, ver Fig.2B) de la placa compuesta magnética blanda, más preferiblemente entre aproximadamente 10% y aproximadamente 2000% en comparación con el espesor de la placa compuesta magnética blanda, y todavía más preferiblemente entre aproximadamente 50% y aproximadamente 1000% en comparación con el espesor de la placa compuesta magnética blanda, siempre que la suma de la altura (H, véase Fig. 2B) de una o más protuberancias y el grosor (T, véase Fig. 2B) de la placa compuesta magnética blanda sea preferiblemente de al menos aproximadamente 0,5 mm, más preferiblemente al menos aproximadamente 1 mm y todavía más preferiblemente entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 5 mm. Una altura de la protuberancia de más del 100% del grosor de la placa compuesta magnética blanda significa que la altura real de la protuberancia es mayor que el grosor de la placa compuesta magnética blanda desde la que se proyecta la protuberancia. Por ejemplo, una altura del 10000% significa que la protuberancia tiene una altura de 100 veces el grosor de la placa magnética blanda desde la que se proyecta.

De acuerdo con otra realización, la placa compuesta magnética blanda descrita en el presente documento

comprende una o más muescas que tienen una profundidad como la descrita anteriormente y una o más protuberancias que tienen una altura como la descrita anteriormente.

La presente invención usa ventajosamente las placas compuestas magnéticas blandas descritas en el presente documento, ya que dichas placas se pueden producir y tratar fácilmente como cualquier otro material polimérico. Pueden usarse técnicas bien conocidas en la técnica que incluyen impresión 3D, moldeo por laminación, moldeo por compresión, moldeo por transferencia de resina o moldeo por inyección. Después del moldeo, se pueden aplicar procedimientos de curado estándar, como enfriamiento (cuando se usan polímeros termoplásticos) o curado a alta o baja temperatura (cuando se usan polímeros termoendurecibles). Otra forma de obtener las placas compuestas magnéticas blandas descritas en el presente documento es quitar partes de ellas para obtener las muescas y protuberancias requeridos utilizando herramientas estándar para trabajar las piezas de plástico. Especialmente, se pueden utilizar ventajosamente herramientas de ablación mecánica.

El conjunto que comprende el sustrato que lleva la composición de revestimiento, la placa magnética blanda descritas en el presente documento se mueve a través del campo magnético no homogéneo del dispositivo generador de campo magnético estático como se describe en el presente documento, de modo que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se exponen a un campo magnético que varía al menos con el tiempo en la dirección, orientando así biaxialmente al menos parte de dichas partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas mientras la composición de revestimiento está todavía en estado húmedo (es decir, aún no endurecido). El movimiento de dicho conjunto dentro del campo magnético del dispositivo generador de campo magnético estático debe permitir que el vector de campo magnético, como se describe en el marco de referencia del sustrato, varíe esencialmente dentro de un solo plano en ubicaciones individuales del sustrato. Esto se puede lograr mediante oscilaciones de rotación, mediante la rotación completa (360° o más) del conjunto, preferiblemente mediante un movimiento de traslación hacia adelante y hacia atrás a lo largo de una trayectoria, más preferiblemente mediante un movimiento de traslación en una sola dirección a lo largo de una trayectoria. Particularmente preferibles son los movimientos de traslación únicos que siguen una trayectoria lineal o cilíndrica. La placa magnética blanda descrita en el presente documento actúa como una guía de campo magnético, muy cerca de la composición de revestimiento, cuando se coloca en el campo magnético del dispositivo generador de campo magnético estático externo, desviando así el campo magnético desde su dirección original. En el lugar de las muescas o protuberancias, la dirección e intensidad de las líneas del campo magnético se modifican localmente para provocar la orientación de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas para cambiar localmente en comparación con la orientación de las partículas de pigmento que están más lejos de dichas muescas y protuberancias. Esto, a su vez, genera el relieve llamativo y el efecto 3D deseados.

Contrariamente a una orientación monoaxial, en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas están orientadas de tal manera que solo uno de sus ejes principales (el más largo) está restringido por el vector de campo magnético, llevando a cabo una biorientación axial, significa que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se orientan de tal manera que sus dos ejes principales están restringidos. Dicha orientación biaxial se logra, según la invención, exponiendo y moviendo el conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda hacia y a través del campo magnético no homogéneo del dispositivo generador de campo magnético estático. En consecuencia, dicho dispositivo generador de campo magnético estático debe configurarse de tal manera que, a lo largo de la trayectoria de movimiento seguida por partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas individuales de la capa de revestimiento, las líneas del campo magnético cambien al menos en dirección dentro de un plano que se fija en el marco de referencia del conjunto móvil. La orientación biaxial alinea los planos de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas de modo que dichos planos estén orientados para ser sustancialmente paralelos entre sí en forma local.

De acuerdo con una realización, la etapa de realizar una orientación biaxial de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas conduce a una orientación magnética en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas tienen sus dos ejes principales sustancialmente paralelos a la superficie del sustrato excepto en las regiones que llevan muescas o protuberancias. Para tal alineación, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se planarizan dentro de la capa de revestimiento sobre el sustrato y se orientan con ambos ejes paralelos a la superficie del sustrato, excepto en las regiones que llevan la una o más muescas o preotusiones donde se cubre una gama más amplia de ángulos. Esto se logra cuando, visto a lo largo de la trayectoria del movimiento, el campo magnético del dispositivo generador de campo magnético permanece paralelo a un plano que es tangencial a la superficie del conjunto que comprende la capa de revestimiento, el sustrato y la placa magnética blanda.

De acuerdo con otra realización, la etapa de llevar una orientación biaxial de al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas conduce a una orientación magnética en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas tienen un primer eje principal sustancialmente paralelo a la superficie del sustrato y un segundo eje principal es perpendicular a dicho primer eje en un ángulo de elevación sustancialmente distinto de cero a la superficie del sustrato, excepto en las regiones que llevan las muescas o protuberancias donde se cubre una gama más amplia de ángulos. Alternativamente, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas tienen sus dos ejes principales X e Y en un ángulo de elevación sustancialmente distinto de cero con respecto a la superficie del sustrato, excepto en las

regiones que llevan las muescas o protuberancias donde se cubre una gama más amplia de ángulos. Esto se logra cuando, visto a lo largo de la trayectoria del movimiento, el ángulo entre las líneas de campo magnético del dispositivo generador de campo magnético varía dentro de un plano que forma un ángulo distinto de cero con respecto a un plano tangencial a la superficie del conjunto que comprende la capa de revestimiento, el sustrato y la placa magnética blanda.

La orientación biaxial de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se puede llevar a cabo moviendo el conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda a una velocidad apropiada a través de un dispositivo generador de campo magnético como los descritos en el documento EP 2 157 141 A1. Dichos dispositivos proporcionan un campo magnético que cambia su dirección mientras las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se mueven a través de dichos dispositivos, lo que obliga a las partículas de pigmentos magnéticos o magnetizables en forma de plaquetas a oscilar rápidamente hasta que ambos ejes principales, el eje X y el eje Y, se vuelven paralelos a la superficie del sustrato, es decir, las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas oscilan hasta que llegan a la formación estable en forma de lámina con sus ejes X e Y paralelos a la superficie del sustrato y se planifican en dichas dos dimensiones. Como se muestra en la Figura 5 del documento EP 2 157 141, el dispositivo generador de campo magnético descrito en el presente documento comprende una disposición lineal de al menos tres imanes que están colocados de manera escalonada o en forma de zigzag, en donde dichos al menos tres imanes están en lados opuestos de una ruta de alimentación donde los imanes en el mismo lado de la ruta de alimentación tienen la misma polaridad, que se opone a la polaridad del imán (los imanes) en el lado opuesto de la ruta de alimentación en forma escalonada. La disposición de los al menos tres imanes proporciona un cambio predeterminado de la dirección del campo a medida que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas en una composición de revestimiento se mueven más allá de los imanes (dirección de movimiento: flecha). De acuerdo con una realización, el dispositivo generador de campo magnético comprende a) un primer imán y un tercer imán en un primer lado de una ruta de alimentación y b) un segundo imán entre el primer y tercer imán en un segundo lado opuesto de la ruta de alimentación, donde el primer y tercer imán tienen la misma polaridad y donde el segundo imán tiene una polaridad complementaria al primer y tercer imán. De acuerdo con otra realización, el dispositivo generador de campo magnético comprende además un cuarto imán en el mismo lado del camino de alimentación que el segundo imán, que tiene la polaridad del segundo imán y es complementario a la polaridad del tercer imán. Como se describe en el documento EP 2 157 141 A1, el dispositivo generador de campo magnético puede estar debajo de la capa que comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas, o arriba y debajo.

La orientación biaxial de las partículas de pigmento magnético o magnetizables en forma de plaquetas se puede llevar a cabo moviendo el conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda a una velocidad adecuada a lo largo de una matriz Halbach de imanes permanentes lineales o mediante una disposición de dos o más matrices Halbach dispuestas en una disposición apropiada. Las matrices Halbach permanentes lineales consisten en conjuntos que comprenden una pluralidad de imanes con diferentes direcciones de magnetización. Z.Q. Zhu et D. Howe (Halbach permanent magnet machines and applications: a review, IEE. Proc. Electric Power Appl., 2001, 148, p. 299-308). El campo magnético producido por una matriz Halbach de imanes permanentes lineales tiene las propiedades de que se concentra en un lado y se debilita casi a cero en el otro lado. Por lo general, las matrices Halbach de imanes permanentes lineales comprenden uno o más bloques no magnéticos hechos, por ejemplo, de madera o plástico, en particular plásticos conocidos por exhibir buenas propiedades autolubricantes y resistencia al desgaste, como resinas de poliacetal (también llamadas polioximetileno, POM), e imanes hechos de materiales magnéticos de alta coercitividad como neodimio-hierro-boro (NdFeB).

La orientación biaxial de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se puede llevar a cabo moviendo el conjunto que comprende el sustrato que lleva la capa de revestimiento y la placa magnética blanda a una velocidad adecuada a través de un dispositivo generador de campo magnético descrito en el documento EP 1 519 794 B1. Los dispositivos adecuados incluyen imanes permanentes dispuestos en cada lado de la superficie de montaje, por encima o por debajo de ella, de modo que las líneas del campo magnético sean sustancialmente paralelas a la superficie de montaje.

El proceso para producir la OEL descrito en el presente documento comprende parcialmente en forma simultánea con la etapa c) o posteriormente a la etapa c), preferiblemente parcialmente en forma simultánea, una etapa de endurecimiento (etapa d)) de la composición de revestimiento. La etapa de endurecimiento de la composición de revestimiento permite que las partículas de pigmento magnetizables o magnéticas en forma de plaquetas se fijen en sus posiciones y orientaciones adoptadas en un patrón deseado para formar la OEL, transformando así la composición de revestimiento a un segundo estado. Sin embargo, el tiempo desde el final de la etapa c) hasta el comienzo de la etapa d) es preferiblemente relativamente corto para evitar cualquier desorientación y pérdida de información. Normalmente, el tiempo entre el final de la etapa c) y el comienzo de la etapa d) es menos de 1 minuto, preferiblemente menos de 20 segundos, más preferiblemente, menos de 5 segundos. Es particularmente preferible que esencialmente no haya un intervalo de tiempo entre el final de la etapa de orientación c) y el comienzo de la etapa de curado d), es decir, la etapa d) sigue inmediatamente después de la etapa c) o ya comienza mientras la etapa c) todavía está en curso (parcialmente en forma simultánea). Por "parcialmente en forma simultánea", se entiende que ambas etapas se realizan parcialmente en forma simultánea, es decir, los tiempos de realización de

5 cada una de las etapas se superponen parcialmente. En el contexto descrito en el presente documento, cuando el endurecimiento se realiza parcialmente en forma simultánea con la etapa c), debe entenderse que el endurecimiento se vuelve efectivo después de la orientación de modo que las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas se orienten antes del endurecimiento total o parcial de la OEL. Como se menciona en el presente documento, la etapa de endurecimiento (etapa d)) se puede realizar usando diferentes medios o procesos dependiendo del material aglutinante comprendido en la composición de revestimiento que también comprende las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas.

10 La etapa de endurecimiento generalmente puede ser cualquier etapa que aumente la viscosidad de la composición de revestimiento de manera que se forme un material sustancialmente sólido que se adhiera al sustrato. La etapa de endurecimiento puede implicar un proceso físico basado en la evaporación de un componente volátil, como un disolvente, y/o la evaporación del agua (es decir, secado físico). En este documento, se puede utilizar aire caliente, infrarrojos o una combinación de aire caliente e infrarrojos. Alternativamente, el proceso de endurecimiento puede incluir una reacción química, tal como un endurecimiento, polimerización o reticulación del aglutinante y compuestos iniciadores opcionales y/o compuestos de reticulación opcionales comprendidos en la composición de revestimiento.

15 Dicha reacción química puede iniciarse mediante calor o irradiación IR como se describió con anterioridad para los procesos de endurecimiento físico, pero puede incluir preferiblemente el inicio de una reacción química mediante un mecanismo de radiación que incluye, sin limitación, el curado por radiación de luz ultravioleta-visible (en lo sucesivo denominado curado UV-Vis) y curado por radiación de haz electrónico (curado por haz E); oxipolimerización (reticulación oxidativa, típicamente inducida por una acción conjunta de oxígeno y uno o más catalizadores seleccionados preferiblemente del grupo que consiste en catalizadores que contienen cobalto, catalizadores que contienen vanadio, catalizadores que contienen circonio, catalizadores que contienen bismuto y catalizadores que contienen manganeso); reacciones de reticulación o cualquier combinación de las mismas.

25 Se prefiere particularmente el curado por radiación, y el curado por radiación de luz UV-Vis es incluso más preferido, ya que estas tecnologías conducen ventajosamente a procesos de curado muy rápidos y, por lo tanto, disminuyen drásticamente el tiempo de preparación de cualquier artículo que comprenda la OEL descrita en el presente documento. Además, el curado por radiación tiene la ventaja de producir un aumento casi instantáneo de la viscosidad de la composición de revestimiento después de la exposición a la radiación de curado, minimizando así cualquier movimiento adicional de las partículas. En consecuencia, se puede evitar esencialmente cualquier pérdida de orientación después de la etapa de orientación magnética. Particularmente preferido es el curado por radiación mediante fotopolimerización, bajo la influencia de luz actínica que tiene un componente de longitud de onda en la parte azul o UV del espectro electromagnético (típicamente de 200 nm a 650 nm; más preferiblemente de 200 nm a 420 nm). El equipo para el curado UV-visible puede comprender una lámpara de diodo emisor de luz (LED) de alta potencia o una lámpara de descarga de arco, como una lámpara de arco de mercurio de presión media (MPMA) o una lámpara de arco de vapor metálico, como la fuente de radiación actínica.

35 El proceso para producir la OEL descrito en el presente documento puede comprender, además, una etapa e) de liberar o separar el sustrato que lleva la OEL así obtenida de la placa magnética blanda.

La presente invención proporciona un proceso para producir una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato. El sustrato descrito en el presente documento se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en papeles u otros materiales fibrosos (incluidos materiales fibrosos tejidos y no tejidos), tales como celulosa, materiales que contienen papel, vidrios, metales, cerámica, plásticos y polímeros, plásticos metalizados o polímeros, materiales compuestos y mezclas o combinaciones de dos o más de los mismos. Los materiales típicos de papel, similares al papel u otros materiales fibrosos se fabrican a partir de una variedad de fibras que incluyen, sin limitación, abacá, algodón, lino, pulpa de madera y mezclas de los mismos. Como es bien sabido por los expertos en la técnica, el algodón y las mezclas de algodón/lino se prefieren para los billetes de banco, mientras que la pulpa de madera se usa comúnmente en documentos de seguridad que no son billetes de banco. Los ejemplos típicos de plásticos y polímeros incluyen poliolefinas tales como polietileno (PE) y polipropileno (PP), incluido polipropileno biaxialmente orientado (BOPP), poliamidas, poliésteres tales como poli(tereftalato de etileno) (PET), poli(tereftalato de 1,4-butileno) (PBT), poli(2,6-naftoato de etileno) (PEN) y cloruros de polivinilo (PVC). También se pueden usar como sustrato fibras de olefina hiladas, como las que se venden bajo la marca comercial Tyvek®. Los ejemplos típicos de plásticos o polímeros metalizados incluyen los materiales plásticos o polímeros descritos con anterioridad que tienen un metal dispuesto en forma continua o discontinua sobre su superficie. Los ejemplos típicos de metales incluyen, sin limitación, aluminio (Al), cromo (Cr), cobre (Cu), oro (Au), plata (Ag), aleaciones de los mismos y combinaciones de dos o más de los metales antes mencionados. La metalización de los materiales plásticos o poliméricos descritos con anterioridad puede realizarse mediante un proceso de electrodeposición, un proceso de revestimiento a alto vacío o un proceso de pulverización catódica. Los ejemplos típicos de materiales compuestos incluyen, sin limitación, estructuras multicapa o laminados de papel y al menos un material plástico o polimérico como los descritos con anterioridad, así como fibras plásticas y/o poliméricas incorporadas en un material fibroso o similar al papel como los descritos con anterioridad. Por supuesto, el sustrato puede comprender aditivos adicionales que son conocidos por el experto, tales como rellenos, agentes de apresto, blanqueadores, coadyuvantes de procesamiento, reforzantes o agentes de refuerzo en húmedo, etc. Cuando las OEL producidas de acuerdo con la presente invención se usan para fines decorativos o cosméticos que incluyen, por ejemplo, lacas de uñas, dicha OEL puede producirse sobre otro tipo de sustratos, incluidas uñas, uñas artificiales u otras partes de un animal o ser humano.

En caso de que la OEL producida según la presente invención esté en un documento de seguridad, y con el objetivo de incrementar aún más el nivel de seguridad y la resistencia contra la falsificación y reproducción ilegal de dicho documento de seguridad, el sustrato puede comprender marcas impresas, revestidas o marcadas con láser o perforadas con láser, marcas de agua, hilos de seguridad, fibras, planchas, compuestos luminiscentes, ventanas, láminas, calcomanías y combinaciones de dos o más de los mismos. Con el mismo objetivo de aumentar aún más el nivel de seguridad y la resistencia contra la falsificación y la reproducción ilegal de documentos de seguridad, el sustrato puede comprender una o más sustancias marcadoras o marcadores y/o sustancias legibles por máquina (por ejemplo, sustancias luminiscentes, sustancias UV/visibles/absorbentes de IR, sustancias magnéticas y sus combinaciones).

Si se desea, se puede aplicar una capa de imprimación al sustrato antes de la etapa a). Esto puede mejorar la calidad de la capa de efecto óptico (OEL) descrita en el presente documento o promover la adhesión. Se pueden encontrar ejemplos de tales capas de imprimación en el documento WO 2010/058026 A2.

Con el objetivo de incrementar la durabilidad por suciedad o resistencia química y limpieza y, por lo tanto, la vida útil en circulación de un artículo, un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo que comprende la capa de efecto óptico (OEL) obtenida por el proceso descrito en el presente documento, o con el objetivo de modificar su apariencia estética (por ejemplo, brillo óptico), se pueden aplicar una o más capas protectoras sobre la capa de efecto óptico (OEL). Cuando están presentes, las una o más capas protectoras suelen estar hechas de barnices protectores. Estos pueden ser transparentes o ligeramente coloreados o teñidos y pueden ser más o menos brillantes. Los barnices protectores pueden ser composiciones curables por radiación, composiciones de secado térmico o cualquier combinación de las mismas. Preferiblemente, la una o más capas protectoras son composiciones curables por radiación, más preferibles composiciones curables por UV-Vis. Las capas protectoras se aplican típicamente después de la formación de la capa de efecto óptico (OEL).

La presente invención proporciona, además, capas de efecto óptico (OEL) producidas mediante el proceso de acuerdo con la presente invención.

La capa de efecto óptico (OEL) descrita en el presente documento puede proporcionarse directamente sobre un sustrato sobre el que permanecerá en forma permanente (por ejemplo, para aplicaciones de billetes de banco). Alternativamente, también se puede proporcionar una capa de efecto óptico (OEL) sobre un sustrato temporal para fines de producción, del cual posteriormente se elimina la OEL. Esto puede facilitar, por ejemplo, la producción de la capa de efecto óptico (OEL), en particular mientras el material aglutinante está todavía en su estado fluido. Posteriormente, después de endurecer la composición de revestimiento para la producción de la capa de efecto óptico (OEL), el sustrato temporal puede retirarse de la OEL.

Alternativamente, en otra realización, una capa adhesiva puede estar presente en la capa de efecto óptico (OEL) o puede estar presente en el sustrato que comprende OEL, estando dicha capa adhesiva en el lado del sustrato opuesto al lado donde se proporciona la OEL o en el mismo lado que la OEL y encima de la OEL. Por lo tanto, se puede aplicar una capa adhesiva a la capa de efecto óptico (OEL) o al sustrato, aplicándose dicha capa adhesiva después de que se haya completado la etapa de curado. Dicho artículo puede adjuntarse a todo tipo de documentos u otros artículos o artículos sin impresión u otros procesos que impliquen maquinaria y un esfuerzo bastante elevado. Alternativamente, el sustrato descrito en el presente documento que comprende la capa de efecto óptico (OEL) descrita en el presente documento puede tener la forma de una lámina de transferencia, que se puede aplicar a un documento o artículo en una etapa de transferencia separada. Para este propósito, el sustrato está provisto de un revestimiento de liberación, sobre el cual se produce la capa de efecto óptico (OEL) como se describe en el presente documento. Se pueden aplicar una o más capas adhesivas sobre la capa de efecto óptico (OEL) así producida.

También se describen en el presente documento sustratos que comprenden más de una, es decir, dos, tres, cuatro, etc. capas de efecto óptico (OEL) obtenidas mediante el proceso descrito en el presente documento.

También se describen aquí artículos, en particular documentos de seguridad, elementos u objetos decorativos, que comprenden la capa de efecto óptico (OEL) producida según la presente invención. Los artículos, en particular documentos de seguridad, elementos decorativos u objetos, pueden comprender más de una (por ejemplo dos, tres, etc.) OEL producidas según la presente invención.

Como se mencionó con anterioridad, la capa de efecto óptico (OEL) producida según la presente invención puede usarse con fines decorativos, así como para proteger y autenticar un documento de seguridad.

Los ejemplos típicos de elementos u objetos decorativos incluyen, sin limitación, artículos de lujo, envases de cosméticos, piezas de automóviles, aparatos electrónicos/eléctricos, muebles y artículos para las uñas.

Los documentos de seguridad incluyen, sin limitación, documentos de valor y bienes comerciales de valor. Los ejemplos típicos de documentos de valor incluyen, sin limitación, billetes de banco, escrituras, boletos, cheques, comprobantes, sellos fiscales y etiquetas de impuestos, acuerdos y similares, documentos de identidad como pasaportes, tarjetas de identidad, visas, licencias de conducir, tarjetas bancarias, tarjetas de crédito, tarjetas de transacciones, documentos o tarjetas de acceso, boletos de entrada, boletos de transporte público o títulos, y

similares, preferiblemente billetes de banco, documentos de identidad, documentos que confieren derechos, licencias de conducir y tarjetas de crédito. La expresión “bien comercial de valor” se refiere a materiales de embalaje, en particular para artículos cosméticos, artículos nutracéuticos, artículos farmacéuticos, alcoholes, artículos de tabaco, bebidas o alimentos, artículos eléctricos/electrónicos, telas o joyas, es decir, artículos que deben estar protegidos contra la falsificación y/o reproducción ilegal para garantizar el contenido del embalaje como, por ejemplo, medicamentos genuinos. Entre los ejemplos de estos materiales de embalaje se incluyen, sin limitación, etiquetas tales como etiquetas de marca de autenticación, etiquetas y precintos de prueba de manipulación. Se señala que los sustratos, documentos de valor y bienes comerciales de valor divulgados se dan exclusivamente con fines ilustrativos, sin restringir el alcance de la invención.

- 10 Alternativamente, la capa de efecto óptico (OEL) puede producirse sobre un sustrato auxiliar como, por ejemplo, un hilo de seguridad, una franja de seguridad, una lámina, una calcomanía, una ventana o una etiqueta y, en consecuencia, transferirse a un documento de seguridad en una etapa separada.

La invención se define según las reivindicaciones.

### Ejemplos

- 15 Se utilizó un papel comercial negro (Gascogne Laminates M-cote 120) como sustrato (x20) para los ejemplos descritos a continuación.

La tinta de serigrafía curable por UV descrita en la Tabla 1 se usó como una composición de revestimiento que comprende partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaquetas para formar una capa de revestimiento (x30). La composición de revestimiento se aplicó sobre el sustrato (x20), realizándose dicha aplicación mediante serigrafía manual utilizando una pantalla T90 para formar una capa de revestimiento (x30) con un espesor de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$ .

Tabla 1

Oligómero de epoxiacrilato	36%
Monómero de triacrilato de trimetilolpropano	13,5%
Monómero de diacrilato de tripropilenglicol	20%
Genorad™ 16 (Rahn)	1%
Aerosil® 200 (Evonik)	1%
Speedcure TPO-L (Lambson)	2%
IRGACURE® 500 (BASF)	6%
Genocure EPD (Rahn)	2%
Tego® Foamex N (Evonik)	2%
Partículas de pigmento ópticamente variable en forma de plaquetas (7 capas)(*)	16,5%
(*) partículas de pigmento magnético ópticamente variables de color dorado a verde que tienen una forma de escamas de un diámetro $d_{50}$ de aproximadamente 9 $\mu\text{m}$ y un espesor de aproximadamente 1 $\mu\text{m}$ , obtenidas de Viavi Solutions, Santa Rosa, CA.	

- 25 Los aparatos representados en la Fig. 3A-6A se utilizaron para orientar las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaquetas en la capa de revestimiento (x30) hecha de la tinta de serigrafía curable por UV descrita en la Tabla 1 para producir la óptica capas de efecto (OEL) de la Fig. 4B-6B.

- 30 Después de haber transferido magnéticamente señales moviendo un conjunto (x00) que comprende el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x30) y la placa magnética blanda (x10) hasta un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático (x60), las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaquetas orientadas magnéticamente se fijaron/congelaron, parcialmente en forma simultánea con la etapa de orientación magnética, curando con UV la capa de revestimiento (x30) con una lámpara LED UV de Phoseon (tipo FireFlex 50 x 75 mm, 395 nm, 8 W/cm<sup>2</sup>).

Se tomaron fotografías de las OEL así obtenidas utilizando la siguiente configuración:

- Fuente de luz: dos fuentes de luz de matriz de LED blancos (THORLAB LIU004) colocadas a 45° de cada lado de

## OEL

- Cámara: cámara a color de Basler (acA2500-14uc) con interfaz USB, resolución 2590 píxeles x 1942 píxeles
- Objetivo: lente telecéntrica
- Las imágenes en color se convirtieron en imágenes en blanco y negro utilizando un software gratuito (Fiji)

## 5 Ejemplos E1-E2 y Ejemplos comparativos C1-C2 (Fig. 3A-B)

Una marca que tiene la forma de un círculo se transfirió magnéticamente utilizando una placa magnética blanda (310) hecha de una composición que comprende carbonil hierro como partículas magnéticas blandas. Se utilizaron cuatro concentraciones diferentes de partículas magnéticas blandas en la placa magnética blanda (310). La Tabla 2 a continuación indica la composición de la placa magnética blanda (310) utilizada para producir la OEL de E1-E2 y C1-C2.

Tabla 2

Ingredientes	C1	C2	E1	E2
Resina epoxica (1170 de PHD-24)	65,7 % en peso	58,4 % en peso	51,1% en peso	13,6 % en peso
Endurecedor (130 from PHD-24)	21,7 % en peso	19,3 % en peso	16,9 % en peso	4,4 % en peso
Aerosil® 200	2,9 % en peso	2,9 % en peso	2,9 % en peso	-
Evonik Industries AG, área de superficie específica 200 m <sup>2</sup> /g. contenido de SiO <sub>2</sub> >99,8 % en peso, d <sub>50</sub> = 1-10 µm				
Polvo de carbonil hierro	9,7 % en peso	19,4 % en peso	29,1 % en peso	82 % en peso
BASF, forma esférica, d <sub>50</sub> = 4-6 µm, densidad 7,7 kg/dm <sup>3</sup>				

Las placas magnéticas blandas (310) se prepararon independientemente mezclando minuciosamente los ingredientes de la Tabla 2 durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. Las placas magnéticas blandas así obtenidas (310) tenían las dimensiones A1 = A2 = 40 mm y A3 = 1 mm, como se indica en la Fig. 3A.

Se grabó mecánicamente un círculo que tenía un diámetro de 20 mm en las placas magnéticas blandas (310) así obtenidas utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir una muesca. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 80% del espesor total de la placa magnética blanda (310) (es decir, profundidad absoluta de 0,8 mm).

Los sustratos (320) que llevan la capa de revestimiento (330) (A4 = 35 mm y A5 = 35 mm) se colocaron independientemente en la parte superior de cada una de las placas magnéticas blandas (310), la capa de revestimiento (330) mirando hacia el entorno y la marca grabada mirando al sustrato (320) para formar conjuntos (300). Los conjuntos así obtenidos (300) se muestran en una vista despiezada en la Fig. 3A sólo con fines ilustrativos, ya que no había ningún espacio entre la placa magnética blanda (310) y el sustrato (320).

Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaqueta se orientaron magnéticamente transfiriendo independientemente los conjuntos (300) descritos aquí anteriormente a un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático que es una matriz Halbach de imán permanente lineal (340) para orientar biaxialmente al menos una parte de dichas partículas de pigmento.

Como se muestra en la Fig. 3A, la matriz (340) Halbach comprendía cinco imanes permanentes NdFeB N42 (Webcraft AG). Los cinco imanes permanentes (L1 = 15 mm, L2 = 15 mm y L3 = 10 mm) se magnetizaron alternativamente a lo largo de su longitud o su ancho. Los cinco imanes permanentes se fijaron en los huecos de un soporte hecho de POM (polioximetileno) (no se muestra en la Fig. para mayor claridad). La distancia (L4) entre dos imanes permanentes era de 2 mm.

Como se muestra en la Fig. 3A, los conjuntos (300) se colocaron independientemente a una distancia L5 = 11 mm de la matriz (340) Halbach, en el centro de la altura de dicha matriz Halbach (es decir, a una distancia L6 = ½ L3 = 5 mm desde la parte inferior de dicha matriz Halbach).

Los conjuntos (300) se movieron independientemente hacia adelante y hacia atrás dos veces a una velocidad lineal de 10 cm/s en el campo magnético generado por la matriz (340) Halbach y en una dirección paralela a dicha matriz (340). El movimiento de los conjuntos (300) se confinó dentro de la matriz (340) Halbach, para transferir magnéticamente la marca a la composición de revestimiento aún no endurecida.

Los patrones de orientación magnética así obtenidos de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaquetas condujeron a una OEL que exhibía una marca que tenían la forma de un círculo. Los patrones de orientación magnética así obtenidos, se fijaron parcialmente simultáneamente con la orientación magnética, independientemente mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró encendiendo la lámpara UV-LED durante 2 segundos al final de la segunda pasada, mientras que el conjunto (300) todavía experimentaba el campo magnético generado por la matriz (460) Halbach.

La Fig. 3B muestra imágenes de C1 (Fig. 3B-1), C2 (Fig. 3B-2), E1 (Fig. 3B-3) y E2 (Fig. 3B-4) obtenidas como se describe aquí anteriormente. Como se muestra en la Fig. 3B-1, casi no se produjo transferencia magnética del indicador cuando se usó una placa magnética blanda hecha de una composición que comprende 9,7% en peso de polvo de carbonil hierro (C1). Como se muestra en la Fig. 3B-2, la marca no solo se transfirió magnéticamente de manera deficiente, sino que casi no se observó ningún efecto 3-D cuando se usó una placa magnética blanda hecha de una composición que comprende 19,4% en peso de polvo de carbonil hierro (C2). Cuando se utilizó una placa magnética blanda hecha de una composición que comprende 29,1% en peso de polvo de carbonil hierro (E1), el efecto 3D se hizo más evidente, en donde dicho efecto 3D aumentó considerablemente cuando se usó una placa magnética blanda hecha de una composición que comprendía 82% en peso de polvo de carbonil hierro (E2).

#### Ejemplos E3-E5 y (Fig. 4A-B)

Un marcador que tiene la forma de un círculo se transfirió magnéticamente utilizando una placa magnética blanda (410) hecha de la composición de E2. Se utilizaron muescas que tenían tres profundidades diferentes en la placa magnética blanda (410).

Las placas magnéticas blandas (410) se prepararon independientemente mezclando minuciosamente los ingredientes de E2 (véase Tabla 2) durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. Las placas magnéticas blandas así obtenidas (410) tenían las dimensiones  $A1 = A2 = 40$  mm y  $A3 = 1,4$  mm, como se indica en la Fig. 4A.

Se grabó mecánicamente de forma independiente un círculo que tenía un diámetro de 20 mm en la placa magnética blanda así obtenida (410) utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir una muesca. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 5% del espesor total para E3 (profundidad de grabado absoluta de 70  $\mu$ m), 10% para E4 (profundidad de grabado absoluta de 140  $\mu$ m) y 50% para E5 (profundidad de grabado absoluta de 700  $\mu$ m).

Los sustratos (420) que llevan la capa de revestimiento (430) ( $A4 = 35$  mm y  $A5 = 35$  mm) se colocaron independientemente en la parte superior de cada una de las placas magnéticas blandas (410), la capa de revestimiento (430) mirando hacia el medio ambiente. y la marca grabada mirando al sustrato (420) para formar conjuntos (400).

Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaqueta se orientaron magnéticamente transfiriendo de forma independiente los conjuntos (400) descritos aquí anteriormente a un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático que es una matriz Halbach de imán permanente lineal (440) para orientar biaxialmente al menos una parte de dichas partículas de pigmento. La matriz Halbach (440) fue la misma que la descrita anteriormente para C1-2 y E1-2.

Como se muestra en la Fig. 4A, los conjuntos (400) se colocaron independientemente a una distancia  $L5 = 11$  mm de la matriz Halbach (440), en el medio de la altura de dicha matriz Halbach (es decir, a una distancia  $L6 = \frac{1}{2} L3 = 5$  mm desde la parte inferior de dicha matriz Halbach).

Los conjuntos (400) se movieron independientemente hacia adelante y hacia atrás dos veces a una velocidad lineal de 10 cm/s en el campo magnético generado por la matriz Halbach (440) y en una dirección paralela a dicha matriz (440). El movimiento de los conjuntos (400) se limitó dentro de la matriz Halbach de imanes permanentes lineales (440) para transferir magnéticamente el indicador a la composición de revestimiento aún no endurecida.

Los patrones de orientación magnética así obtenidos de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaquetas condujeron a que las OEL exhibieran una marca que tiene la forma de un círculo. Dichos patrones de orientación magnética así obtenidos, se fijaron parcialmente simultáneamente con la orientación magnética, independientemente mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró encendiendo la lámpara UV-LED durante 2 segundos al final de la segunda pasada, mientras que el conjunto (400) todavía experimentaba el campo magnético generado por la matriz Halbach (440).

La Fig. 4B muestra imágenes de E3 (Fig. 4B-1), E4 (Fig. 4B-2) y E5 (Fig. 4B-3) obtenidas como se describe aquí



anteriormente.

### Ejemplo comparativo C3 (Fig.5A-B)

La marca que tiene la forma de letras "ABC" se transfirió magnéticamente utilizando una placa magnética blanda (510) hecha de la composición de E2. La placa magnética blanda (510) se preparó mezclando a fondo los ingredientes de E2 (véase Tabla 2) durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. La placa magnética blanda así obtenida (510) tenía las dimensiones  $A1 = A2 = 40$  mm y  $A3 = 1,6$  mm, como se indica en la Fig. 5A.

Se grabaron mecánicamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" en las placas magnéticas blandas así obtenidas (510) utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir una muesca. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 80% del grosor de la placa magnética blanda (510) (es decir, profundidad absoluta de 1,28 mm).

Un sustrato (520) que lleva la capa de revestimiento (530) ( $A4 = 35$  mm y  $A5 = 35$  mm) se colocó de forma independiente sobre las placas magnéticas blandas (510), la capa de revestimiento (530) mirando hacia el medio ambiente y las marcas grabadas mirando al sustrato (520) para formar un conjunto (500).

Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaqueta se orientaron magnéticamente exponiendo independientemente el conjunto (500) descrito aquí anteriormente a un dispositivo generador de campo magnético (540) similar al descrito en el documento EP 2155498 B1 Figura 5 para orientar monoaxialmente al menos una parte de dichas partículas de pigmento.

Como se muestra en la Fig.5A, el dispositivo generador de campo magnético (540) consistía en dos imanes permanentes NdFeB N42 (Webcraft AG,  $A6 = 40$  mm,  $A7 = 10$  mm y  $A8 = 10$  mm) magnetizados a lo largo de su altura ( $A8$ ) y pegados a una distancia de 44 mm entre sí en una placa Hecha de POM ( $A9 = 64$  mm,  $A6 = 40$  mm y  $A10 = 1$  mm), de modo que el polo Sur de un imán y el polo norte del otro imán queden apuntando hacia la placa de POM. El conjunto (500) se colocó a una distancia  $A11 = 5$  mm de la superficie superior de dicho dispositivo generador de campo magnético (540), de manera que el centro del conjunto (500) coincidiera con el centro del dispositivo generador de campo magnético (540), los lados izquierdo y derecho de las marcas mirando hacia la longitud ( $A6$ ) de los imanes permanentes de NdFeB, como se muestra en la Fig. 5A. El conjunto (500) se mantuvo estático.

El patrón de orientación magnética así obtenido de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaqueta condujo a una OEL que exhibía marcas que tenían la forma de letras "ABC". Dicho patrón de orientación magnética así obtenido se fijó, parcialmente simultáneamente con la exposición al dispositivo magnético (540), mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró encendiendo la lámpara UV-LED durante 2 segundos mientras el conjunto (500) todavía experimentaba el campo magnético generado por el dispositivo generador de campo magnético (540).

La Fig. 5B muestra imágenes en dos direcciones de visión (ángulo de  $90^\circ$ ) y obtenidas como se describe aquí anteriormente. Las marcas que tenían la forma de letras "ABC" de C3 aparecían como un objeto tridimensional. Sin embargo, la OEL así obtenida adolecía de una mala calidad, ya que faltaban algunas partes de las marcas, particularmente en las posiciones en las que las muescas seguían una dirección sustancialmente paralela a las líneas del campo magnético.

### Ejemplo E6 (Fig. 6A-B)

La marca que tiene la forma de letras "ABC" se transfirió magnéticamente utilizando una placa magnética blanda (610) hecha de la composición de E2. La placa magnética blanda (610) se preparó mezclando a fondo los ingredientes de E2 (véase Tabla 2) durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. La placa magnética blanda así obtenida (610) tenía las dimensiones  $A1 = A2 = 40$  mm y  $A3 = 1,6$  mm, como se indica en la Fig. 6A.

Se grabaron mecánicamente marcas con la forma de letras "ABC" en la placa magnética blanda así obtenida (610) utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir muescas. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 80% del grosor de la placa magnética blanda (610) (es decir, profundidad absoluta de 1,28 mm).

Un sustrato (620) que lleva la capa de revestimiento (630) ( $A4 = 35$  mm y  $A5 = 35$  mm) se colocó independientemente en la parte superior de la placa magnética blanda (610), la capa de revestimiento (630) mirando hacia el medio ambiente y las marcas grabadas mirando al sustrato (620) para formar un conjunto (600).

Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables con forma de plaqueta se orientaron magnéticamente transfiriendo el conjunto (600) descrito anteriormente a un campo magnético no homogéneo de un dispositivo

generador de campo magnético estático que es una matriz Halbach de imanes permanentes lineales (640) de manera que orienta biaxialmente al menos una parte de dichas partículas de pigmento. La matriz Halbach (640) fue la misma que la descrita anteriormente para C1-3 y E1-5.

5 Como se muestra en la Fig.6A, el conjunto (600) se colocó a una distancia  $L5 = 13$  mm de la matriz Halbach (640), en el medio de la altura de dicha matriz Halbach (es decir, a una distancia  $L6 = \frac{1}{2} L3 = 5$  mm desde la parte inferior de dicha matriz Halbach).

10 El conjunto (600) se movió hacia adelante y hacia atrás dos veces a una velocidad lineal de 10 cm/s en el campo magnético generado por la matriz Halbach (640) y en una dirección paralela a dicha matriz (640). El movimiento del conjunto (600) se limitó dentro de la matriz Halbach (640) para transferir magnéticamente las marcas a la composición de revestimiento aún no endurecida.

15 El patrón de orientación magnética así obtenido de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaqueta condujo a una OEL que exhibía una marca con la forma de letras "ABC". Dicho patrón de orientación magnética así obtenido se fijó, parcialmente simultáneamente con la orientación magnética, mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró encendiendo la lámpara UV-LED durante 2 segundos mientras el conjunto (600) todavía experimentaba el campo magnético generado por el dispositivo generador de campo magnético (640).

20 La Fig. 6B muestra imágenes en dos direcciones de visión (ángulo de  $90^\circ$ ) y obtenidas como se describe aquí anteriormente. Las marcas que tenían la forma de letras "ABC" aparecían como un objeto tridimensional completo y bien resuelto. El efecto 3D percibido no solo es sorprendente, sino también idéntico desde las dos direcciones de visualización.

#### Ejemplo E7 (Fig. 7A-C)

25 Se transfirieron magnéticamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" usando una placa magnética blanda (710) hecha de la composición de E2. La placa magnética blanda (710) se preparó mezclando a fondo los ingredientes de E2 (véase Tabla 2) durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. La placa magnética blanda así obtenida (710) tenía las dimensiones  $A1 = 34$  mm,  $A2 = 20$  mm y  $A3 = 2$  mm, como se indica en la Fig. 7A.

30 Se grabaron mecánicamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" en la placa magnética blanda así obtenida (710) utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir muescas. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 80% del grosor de la placa magnética blanda (710) (es decir, profundidad absoluta de 1,6 mm).

Un sustrato (720) que lleva la capa de revestimiento (730) ( $A4 = 34$  mm y  $A5 = 20$  mm) se colocó independientemente en la parte superior de la placa magnética blanda (710), la capa de revestimiento (730) mirando hacia el medio ambiente y las marcas grabadas mirando al sustrato (720) para formar un conjunto (700).

35 Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaqueta se orientaron magnéticamente transfiriendo el conjunto (700) descrito anteriormente a un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático (740) que comprende dos imanes permanentes (741a y 741b) fabricados de NdFeB N45 (Webcraft AG) y con las dimensiones de 20 mm ( $L1$ ) x 50 mm ( $L2$ ) x 10 mm ( $L3$ ), en donde cada uno de dichos dos imanes permanentes (741a y 741b) tenía su eje magnético paralelo a y en el plano de la superficie del sustrato (720) y en donde dichos dos imanes permanentes (741a y 741b) tenían la misma dirección magnética. La distancia ( $L4$ ) entre los dos imanes permanentes (741a y 741b) fue de 45 mm.

40 Como se muestra en la Fig.7A-B, el conjunto (700) se colocó en el espacio entre los dos imanes permanentes (741a y 741b) a una distancia vertical  $L6 = 5$  mm de la superficie inferior de dichos dos imanes permanentes (741a y 741b). 741b) y a una distancia horizontal  $L5 = 18$  mm desde el primer imán permanente (741a), los lados superior e inferior de las marcas mirando hacia la distancia  $L1$  de los dos imanes permanentes (741a y 741b).

45 El conjunto (700) se movió (véanse flechas) hacia adelante y hacia atrás ocho veces a una velocidad lineal de 10 cm/s en el campo magnético generado por dichos dos imanes permanentes del dispositivo generador de campo magnético (740) y en una dirección paralela a la dimensión  $L1$  de dichos dos imanes permanentes (741a y 741b). La extensión total del movimiento ( $L9$ ) fue de unos 100 mm.

50 El patrón de orientación magnética así obtenido de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaqueta condujo a una OEL que exhibía una marca que tenía la forma de letras "ABC". Dicho patrón de orientación inducido magnéticamente así obtenido se fijó, parcialmente simultáneamente con la orientación magnética, mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró exponiendo el conjunto (700) a la lámpara UV-LED durante 2 segundos al final de la última pasada, siendo posteriormente retirado dicho conjunto (700) del campo generado por el dispositivo generador de campo magnético (740).

La Fig. 7C muestra imágenes en dos direcciones de visión (ángulo de 90°) y obtenidas como se describe aquí anteriormente. Las marcas que tenían la forma de letras "ABC" aparecían como un objeto tridimensional completo y bien resuelto. El efecto 3D percibido no solo es sorprendente, sino también idéntico desde las dos direcciones de visualización.

## 5 Ejemplo E8 (Fig. 8A-C)

Se transfirieron magnéticamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" usando una placa magnética blanda (810) hecha de la composición de E2. La placa magnética blanda (810) se preparó mezclando a fondo los ingredientes de E2 (véase Tabla 2) durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. La placa magnética blanda así obtenida (810) tenía las dimensiones A1 = 34 mm, A2 = 20 mm y A3 = 2 mm, como se indica en la Fig. 8A.

Se grabaron mecánicamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" en la placa magnética blanda así obtenida (810) utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir muescas. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 80% del grosor de la placa magnética blanda (810) (es decir, profundidad absoluta de 1,6 mm).

Un sustrato (820) que lleva la capa de revestimiento (830) (A4 = 34 mm y A5 = 20 mm) se colocó de forma independiente en la parte superior de la placa magnética blanda (810), la capa de revestimiento (830) mirando hacia el medio ambiente y las marcas grabadas mirando al sustrato (820) para formar un conjunto (800).

Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaqueta se orientaron magnéticamente transfiriendo el conjunto (800) descrito anteriormente a un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático (840) que comprende dos imanes permanentes (841a y 841b) fabricados de NdFeB N45 (Webcraft AG) y que tienen las dimensiones de 20 mm (L1) x 10 mm (L2) x 50 mm (L3), en donde cada uno de dichos dos imanes permanentes tenía su eje magnético perpendicular a la superficie del sustrato (820) y en donde dichos dos imanes permanentes (841a y 841b) tenían una dirección magnética opuesta (uno de dichos imanes con su polo norte apuntando hacia la superficie del sustrato (820) y el otro con su polo sur apuntando hacia la superficie del sustrato (820)). La distancia (L4) entre los dos imanes permanentes (841a y 841b) fue de 47 mm.

Como se muestra en la Fig. 8A-B, el conjunto (800) se colocó en el espacio entre los dos imanes permanentes (841a y 841b) a una distancia vertical L6 = 3 mm de la superficie inferior de dichos dos imanes permanentes (841a y 841b). 841b) y a una distancia horizontal L5 = 5 mm del primer imán permanente (841a), los lados superior e inferior de las marcas mirando hacia la distancia L1 de los dos imanes permanentes (841a y 841b).

El conjunto (800) se movió (véanse flechas) hacia adelante y hacia atrás ocho veces a una velocidad lineal de 10 cm/s en el campo magnético generado por dichos dos imanes permanentes (841a y 841b) del dispositivo generador de campo magnético (840) y en una dirección paralela a la dimensión L1 de dichos dos imanes permanentes (841a y 841b). La extensión total del movimiento (L9) fue de unos 100 mm.

El patrón de orientación magnética así obtenido de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaqueta condujo a una OEL que exhibía marcas que tenían la forma de letras "ABC". Dicho patrón de orientación inducido magnéticamente así obtenido se fijó, parcialmente simultáneamente con la orientación magnética, mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró exponiendo el conjunto (800) a la lámpara UV-LED durante 2 segundos al final de la última pasada, siendo posteriormente retirado dicho conjunto (800) del campo generado por el dispositivo generador de campo magnético (840).

La Figura 8C muestra imágenes en dos direcciones de visión (ángulo de 90°) y obtenidas como se describe aquí anteriormente. Las marcas que tenían la forma de letras "ABC" aparecían como un objeto tridimensional completo y bien resuelto. El efecto 3D percibido no solo es sorprendente, sino también idéntico desde las dos direcciones de visualización.

## 45 Ejemplo E9 (Fig. 9A-C)

Se transfirieron magnéticamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" usando una placa magnética blanda (910) hecha de la composición de E2. La placa magnética blanda (910) se preparó mezclando a fondo los ingredientes de E2 (véase Tabla 2) durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. La placa magnética blanda así obtenida (910) tenía las dimensiones A1 = 34 mm, A2 = 20 mm y A3 = 2 mm, como se indica en la Fig. 9A.

Se grabaron mecánicamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" en la placa magnética blanda así obtenida (910) utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir muescas. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 80% del grosor de la placa magnética blanda (910) (es decir, profundidad absoluta de 1,6 mm).

Un sustrato (920) que lleva la capa de revestimiento (930) ( $A4 = 34$  mm y  $A5 = 20$  mm) se colocó independientemente en la parte superior de la placa magnética blanda (910), la capa de revestimiento (930) mirando hacia el medio ambiente y las marcas grabadas mirando al sustrato (920) para formar un conjunto (900).

Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaqueta se orientaron magnéticamente transfiriendo el conjunto (900) descrito anteriormente a un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático (940) que comprende dos imanes permanentes (941a y 941b) fabricados de NdFeB N45 (Webcraft AG) y que tiene las dimensiones de 50 mm ( $L1$ ) x 20 mm ( $L2$ ) x 10 mm ( $L3$ ), en donde cada uno de dichos dos imanes permanentes (941a y 941b) tenía su eje magnético paralelo a la superficie del sustrato (920) y dichos dos imanes permanentes (941a y 941b) tenían una dirección magnética opuesta. La distancia ( $L4$ ) entre los dos imanes permanentes (941a y 941b) fue de 50 mm.

Como se muestra en la Fig.9A-B, el conjunto (900) se colocó en el espacio entre los dos imanes permanentes (941a y 941b) a una distancia vertical  $L6 = 2$  mm de la superficie inferior de dichos dos imanes permanentes (941a y 941b). 941b) y a una distancia horizontal  $L5 = 10$  mm del primer imán permanente (941a), los lados superior e inferior de las marcas mirando hacia la distancia  $L1$  de los dos imanes permanentes (941a y 941b).

El conjunto (900) se movió (véanse flechas) hacia adelante y hacia atrás ocho veces a una velocidad lineal de 10 cm/s en el campo magnético generado por dichos dos imanes permanentes (941a y 941b) del dispositivo generador de campo magnético (940) y en una dirección paralela a la dimensión  $L1$  de dichos dos imanes permanentes (941a y 941b). La extensión total del movimiento ( $L9$ ) fue de aproximadamente 130 mm para transferir magnéticamente las marcas a la composición de revestimiento aún no endurecida.

El patrón de orientación magnética así obtenido de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaqueta condujo a una OEL que exhibía marcas que tenían la forma de letras "ABC". Dicho patrón de orientación inducido magnéticamente así obtenido se fijó, parcialmente simultáneamente con la orientación magnética, mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró exponiendo el conjunto (900) a la lámpara UV-LED durante 2 segundos al final de la última pasada, siendo posteriormente retirado dicho conjunto (900) del campo generado por el dispositivo generador de campo magnético (940).

La Fig. 9C muestra imágenes en dos direcciones de visión (ángulo de  $90^\circ$ ) y obtenidas como se describe aquí anteriormente. Las marcas que tenían la forma de letras "ABC" aparecían como un objeto tridimensional completo y bien resuelto. El efecto 3D percibido no solo es sorprendente, sino también idéntico desde las dos direcciones de visualización.

### Ejemplo E10 (Fig. 10A-C)

Se transfirieron magnéticamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" usando una placa magnética blanda (1010) hecha de la composición de E2. La placa magnética blanda (1010) se preparó mezclando a fondo los ingredientes de E2 (véase Tabla 2) durante tres minutos en un mezclador de velocidad (Flack Tek Inc DAC 150 SP) a 2500 rpm. A continuación, se vertió la mezcla en un molde de silicona y se dejó endurecer por completo durante tres días. La placa magnética blanda así obtenida (1010) tenía las dimensiones  $A1 = 34$  mm,  $A2 = 20$  mm y  $A3 = 2$  mm, como se indica en la Fig. 10A.

Se grabaron mecánicamente marcas que tenían la forma de letras "ABC" en la placa magnética blanda así obtenida (1010) utilizando una malla de 0,5 mm de diámetro (máquina de grabado mecánica controlada por ordenador, IS500 de Gravograph) para producir muescas. La profundidad de la muesca (profundidad de grabado) fue del 80% del grosor de la placa magnética blanda (1010) (es decir, profundidad absoluta de 1,6 mm).

Un sustrato (1020) que lleva la capa de revestimiento (1030) ( $A4 = 34$  mm y  $A5 = 20$  mm) se colocó independientemente en la parte superior de la placa magnética blanda (1010), la capa de revestimiento (1030) mirando hacia el medio ambiente y las marcas grabadas mirando al sustrato (1020) para formar un conjunto (1000).

Las partículas de pigmento magnético ópticamente variables en forma de plaqueta se orientaron magnéticamente transfiriendo el conjunto (1000) descrito anteriormente a un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático (1040) que comprende cuatro imanes permanentes (1041a, 1041b, 1041c y 1041d) fabricados de NdFeB N45 (Webcraft AG) y que tienen las dimensiones de 20 mm ( $L1$ ) x 20 mm ( $L2$ ) x 10 mm ( $L3$ ), en donde cada uno de dichos cuatro imanes permanentes (1041a, 1041b, 1041c y 1041d) tenía su eje magnético perpendicular al sustrato (1020). Los cuatro imanes permanentes (1041a, 1041b, 1041c y 1041d) se dispusieron en una configuración escalonada, la columna formada por el tercer (1041c) y cuarto (1041d) imanes permanentes se desplazó por una distancia  $L8 = 20$  mm a lo largo de la dimensión  $L1$  en comparación a la columna formada por el primer (1041a) y segundo (1041b) imanes permanentes, siendo la distancia ( $L4$ ) entre dichas dos columnas de imanes permanentes de 48 mm y la distancia ( $L7$ ) entre los imanes permanentes en cada columna de 20 mm. La dirección magnética del primer (1041a) y segundo (1041b) imanes permanentes apuntados era opuesta a la dirección magnética del tercer (1041c) y cuarto (1041d) imanes permanentes, como se indica en la Fig. 10A.

Como se muestra en la Fig.10A-B, el conjunto (1000) se colocó en el espacio entre los cuatro imanes permanentes (1041a, 1041b, 1041c y 1041d) a una distancia vertical  $L6 = 10$  mm de la superficie inferior de dichos cuatro imanes

permanentes (1041a, 1041b, 1041c y 1041d) y a una distancia horizontal  $L5 = 23$  mm de la columna formada por el primer (1041a) y segundo (1041b) imanes permanentes, mirando los lados superior e inferior de las marcas hacia la distancia  $L1$  de cuatro imanes permanentes (1041a, 1041b, 1041c y 1041d).

- 5 El conjunto (1000) se movió (véanse flechas) hacia adelante y hacia atrás ocho veces a una velocidad lineal de 10 cm/s en el campo magnético generado por el dispositivo generador de campo magnético (1040) y en una dirección paralela a la dimensión  $L1$  de dichos cuatro imanes permanentes (1041a, 1041b, 1041c y 1041d). La extensión total del movimiento ( $L9$ ) fue de aproximadamente 160 mm para transferir magnéticamente las marcas a la composición de revestimiento aún no endurecida.

- 10 El patrón de orientación magnética así obtenido de las partículas de pigmento ópticamente variables en forma de plaqueta condujo a una OEL que exhibía marcas que tenían la forma de letras "ABC". Dicho patrón de orientación inducido magnéticamente así obtenido se fijó, parcialmente simultáneamente con la orientación magnética, mediante curado con UV como se describe aquí anteriormente. Esto se logró exponiendo el conjunto (1000) a la lámpara UV-LED durante 2 segundos al final de la última pasada, siendo posteriormente retirado dicho conjunto (1000) del campo generado por el dispositivo generador de campo magnético (1040 ).

- 15 La Fig. 10C muestra imágenes en dos direcciones de visión (ángulo de  $90^\circ$ ) y obtenidas como se describe aquí anteriormente. Las marcas que tenían la forma de letras "ABC" aparecían como un objeto tridimensional completo y bien resuelto. El efecto 3D percibido no solo es sorprendente, sino también idéntico desde las dos direcciones de visualización.

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir una capa de efecto óptico (OEL) que exhibe una o más marcas sobre un sustrato (x20), comprendiendo dicho proceso las etapas de:
  - a) aplicar sobre la superficie de un sustrato (x20) una composición de revestimiento que comprende i) partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y ii) un material aglutinante para formar una capa de revestimiento (x30) sobre dicho sustrato (x20), estando dicha composición de revestimiento en un primer estado,
  - b) formar un conjunto (x00) que comprende el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x30) y una placa magnética blanda (x10) que lleva una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias, en donde el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x30) está dispuesta sobre la placa magnética blanda (x10), y en donde la placa magnética blanda (x10) está hecha bien sea de uno o más metales, aleaciones o compuestos de alta permeabilidad magnética o está hecha de un material compuesto que comprende desde aproximadamente el 25% en peso hasta aproximadamente el 95% en peso de partículas magnéticas blandas dispersas en un material no magnético, estando basados los porcentajes en peso en el peso total de la placa magnética blanda (x10),
  - c) mover el conjunto (x00) que comprende el sustrato (x20) que lleva la capa de revestimiento (x30) y la placa magnética blanda (x10) obtenidas en la etapa b) a través de un campo magnético no homogéneo de un dispositivo generador de campo magnético estático (x40) para orientar biaxialmente al menos una parte de las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas, y
  - d) endurecer la composición de revestimiento a un segundo estado para fijar las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas en sus posiciones y orientaciones adoptadas.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la placa magnética blanda (x10) mira al sustrato, en donde la una o más marcas en forma de muescas y/o protuberancias miran al sustrato (x20) y en donde la capa de revestimiento (x30) representa la capa superior del conjunto (x00).
3. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material no magnético del compuesto es una matriz polimérica que comprende o consiste en materiales termoplásticos seleccionados del grupo que consiste en poliamidas, copoliamidas, polifitalimidas, poliolefinas, poliésteres, politetrafluoroetilenos, poliácridatos, polimetacrilatos, poliimidas, polieterimidas, polieteretercetonas, poliariletercetonas, sulfuros de polifenileno, polímeros de cristal líquido, policarbonatos y mezclas de los mismos o un material termoendurecible seleccionado del grupo que consiste en resinas epoxi, resinas fenólicas, resinas de poliimida, resinas de silicio y mezclas de los mismos.
4. El proceso de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde las partículas magnéticas blandas se seleccionan del grupo que consiste en carbonil hierro, carbonil níquel, cobalto y combinaciones de los mismos.
5. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las partículas magnéticas blandas tienen un  $d_{50}$  de entre aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ .
6. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la placa magnética blanda (x10) lleva una o más marcas en forma de muescas y está hecha de material compuesto y en donde dichas muescas tienen una profundidad entre aproximadamente el 5% y aproximadamente el 99% en comparación con el espesor de la placa magnética blanda (x10).
7. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la placa magnética blanda (x10) lleva una o más marcas en forma de muescas y está hecha de uno o más metales, aleaciones o compuestos de alta permeabilidad magnética y donde dichas muescas tienen una profundidad entre aproximadamente el 20% y aproximadamente el 99% en comparación con el grosor de la placa magnética blanda (x10).
8. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa d) de endurecimiento de la composición de revestimiento se lleva a cabo parcialmente en forma simultánea con la etapa c).
9. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo generador de campo magnético es una matriz Halbach de imanes permanentes lineales.
10. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas son partículas de pigmentos magnéticos o magnetizables ópticamente variables en forma de plaquetas seleccionadas del grupo que consiste en partículas de pigmento de interferencia de película delgada magnética en forma de plaquetas, partículas de pigmento de cristal líquido colestérico magnético en forma de plaquetas, partículas de pigmento revestidas de interferencia en forma de plaquetas que comprenden un material magnético y mezclas de dos o más de los mismos.
11. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sustrato se selecciona del grupo que consiste en papeles u otros materiales fibrosos, materiales que contienen papel, vidrios, metales, cerámica, plásticos y polímeros, plásticos o polímeros metalizados, materiales compuestos y mezclas, o

combinaciones de los mismos.

12. Una capa de efecto óptico (OEL) producida por el proceso mencionado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

5 13. Un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo que comprende una o más capas de efecto óptico (OEL) mencionada con la reivindicación 12.

14. Método de fabricación de un documento de seguridad o de un elemento u objeto decorativo, que comprende:

a) proporcionar un documento de seguridad o un elemento u objeto decorativo, y

b) proporcionar una capa de efecto óptico de acuerdo con el proceso de una de las reivindicaciones 1 a 10 de manera que esté comprendida por el documento de seguridad o elemento u objeto decorativo.

10 15. Un uso de la placa magnética blanda (x10) mencionada en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 junto con el dispositivo generador de campo magnético (x40) mencionado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 para transferir magnéticamente una o más marcas a una capa de revestimiento aplicada a un sustrato y que comprende i) partículas de pigmento magnéticas o magnetizables en forma de plaquetas y ii) un material aglutinante en un estado no endurecido.

Fig. 1A

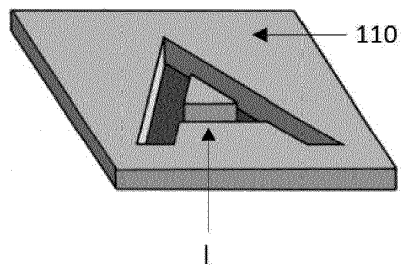


Fig. 2A

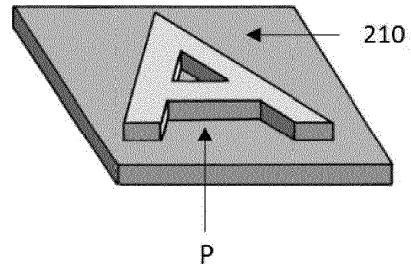


Fig. 1B

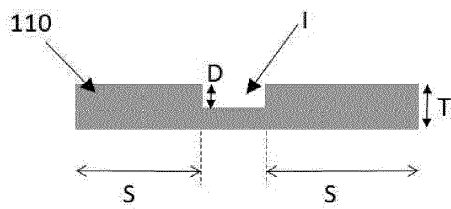


Fig. 2B

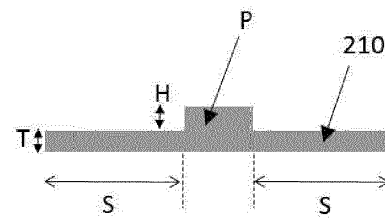




Fig. 3A

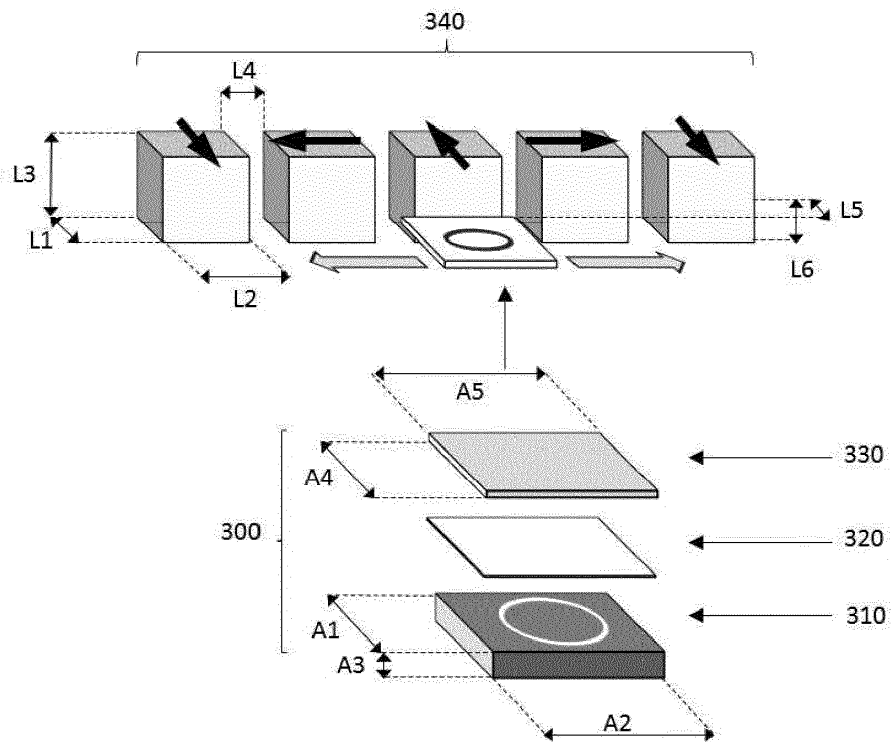


Fig. 3B

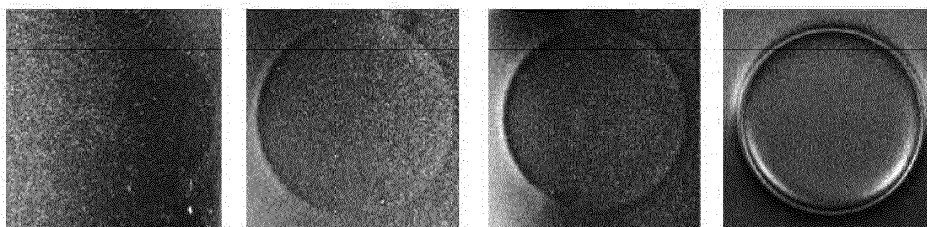


Fig. 3B-1

Fig. 3B-2

Fig. 3B-3

Fig. 3B-4

Fig. 4A

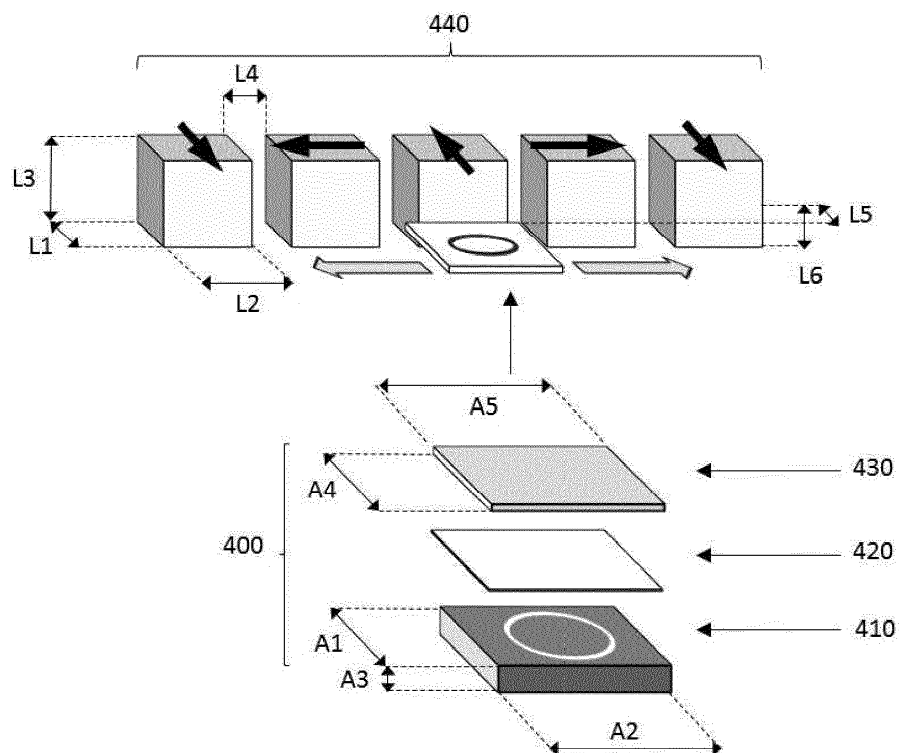


Fig. 4B

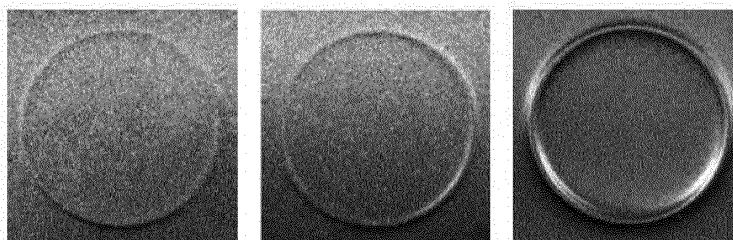


Fig. 4B-1

Fig. 4B-2

Fig. 4B-3

Fig. 5A

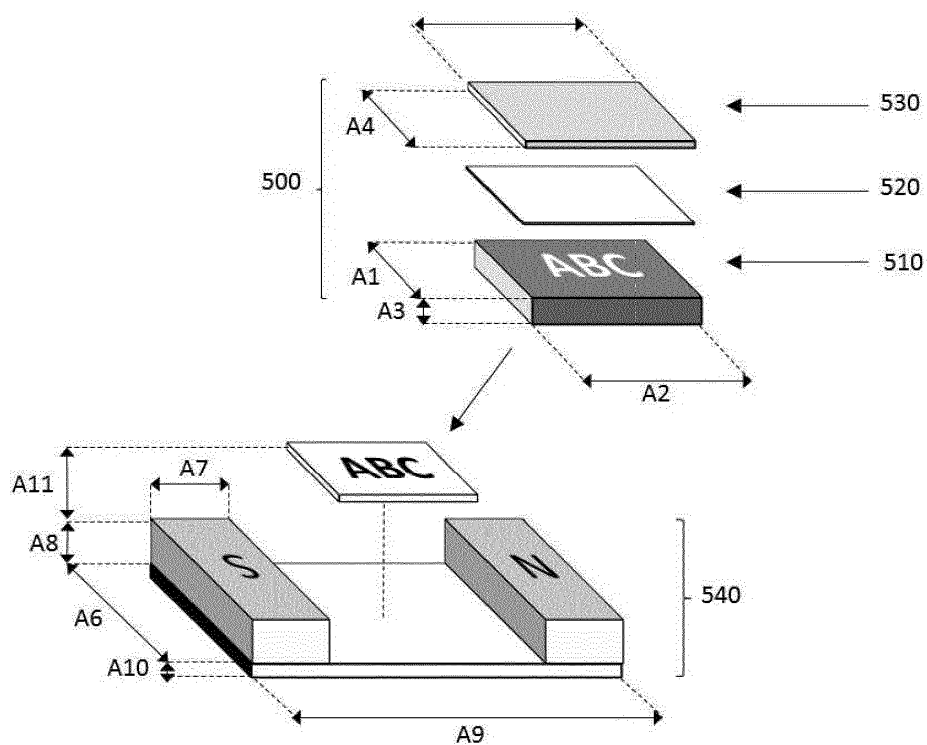


Fig. 5B

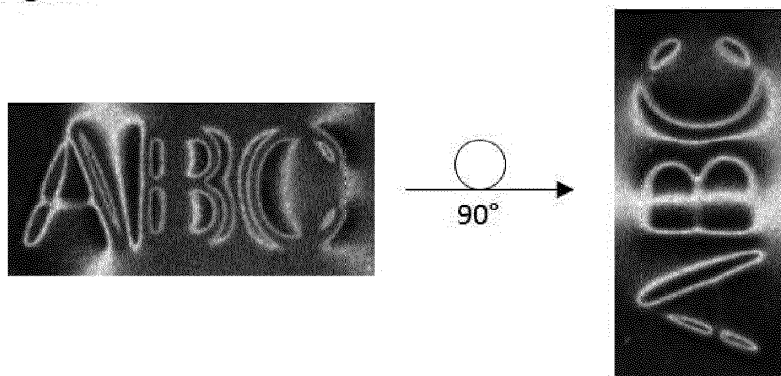


Fig. 6A

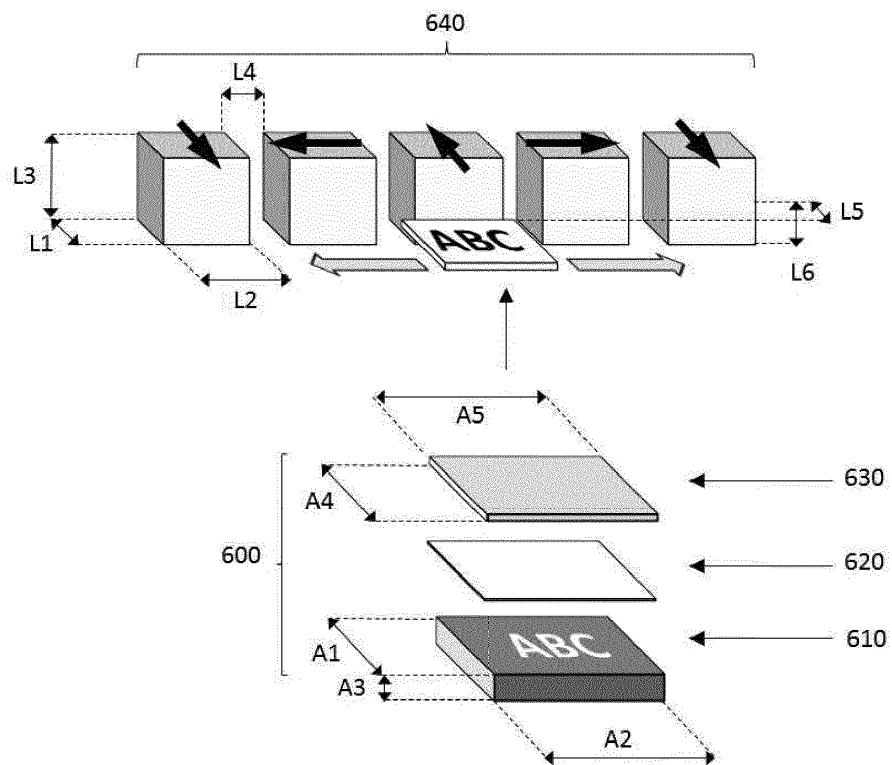


Fig. 6B

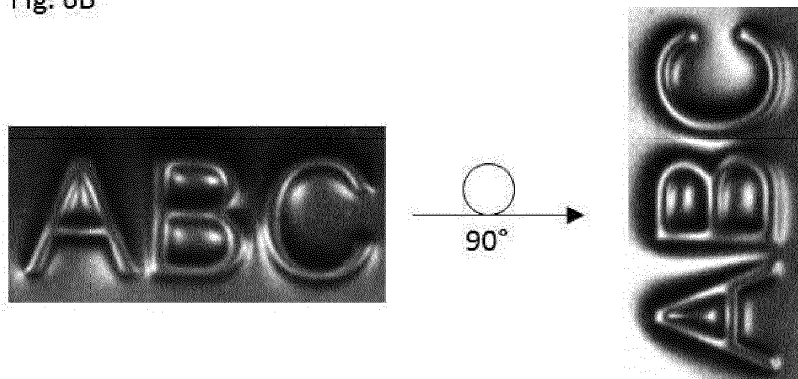


Fig. 7A

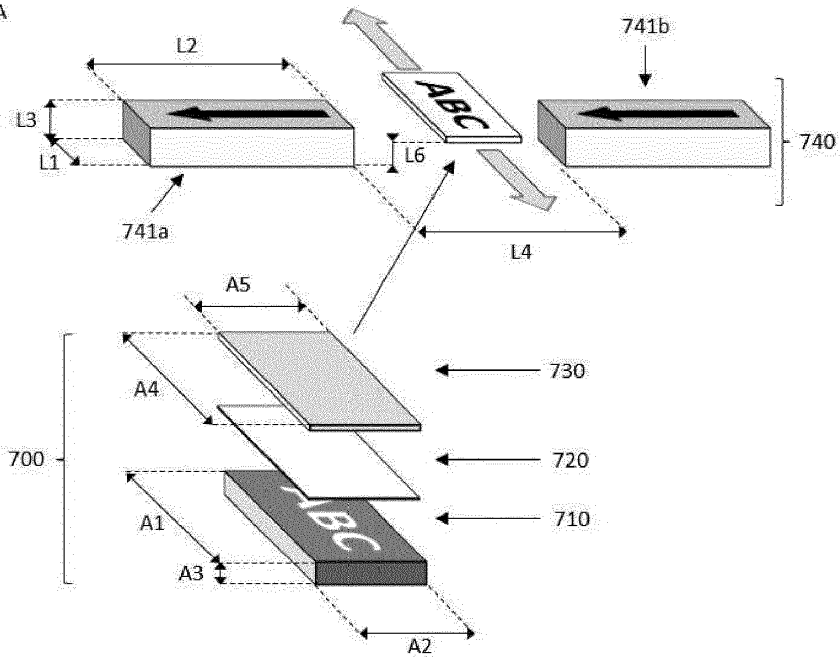


Fig. 7B

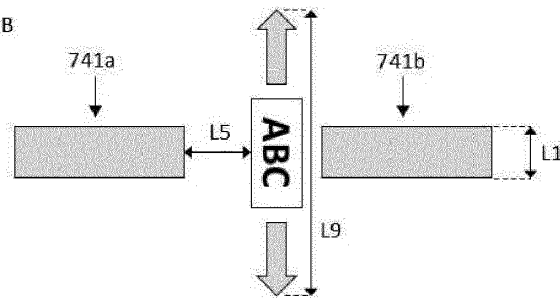


Fig. 7C

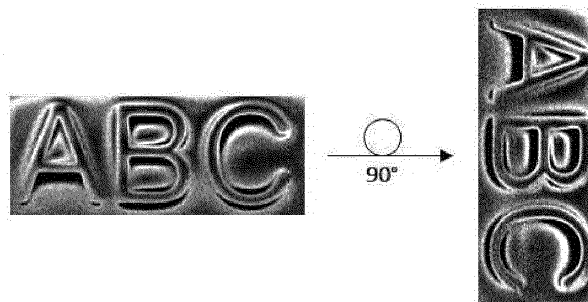


Fig. 8A

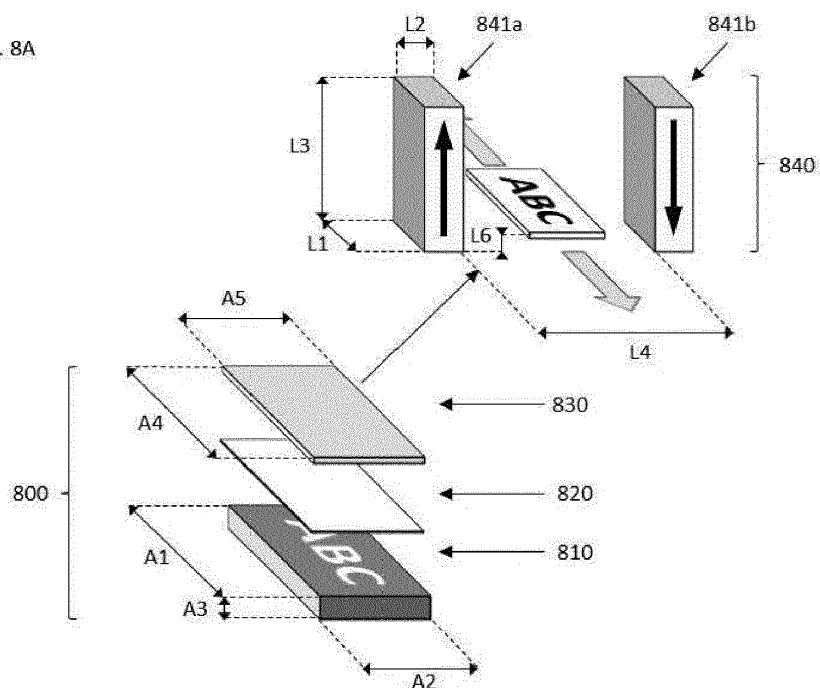


Fig. 8B

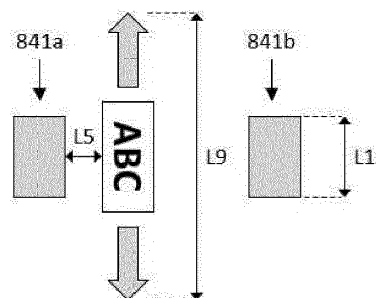


Fig. 8C

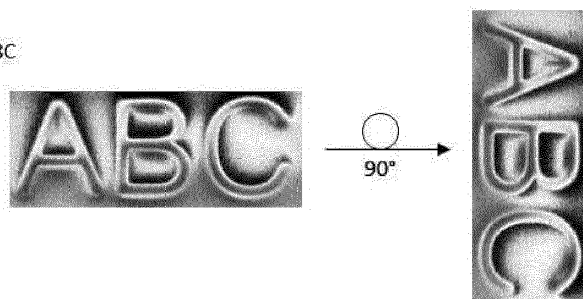


Fig. 9A

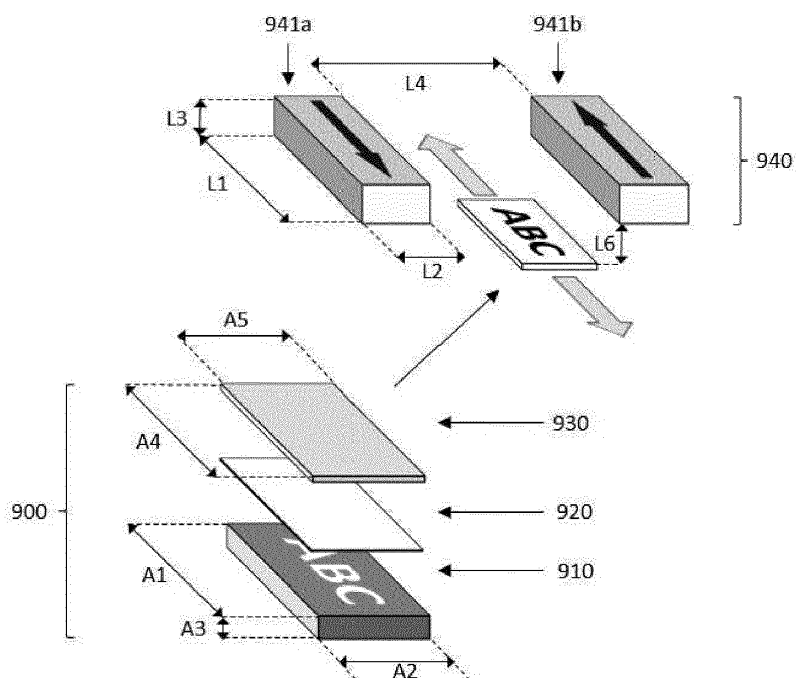


Fig. 9B

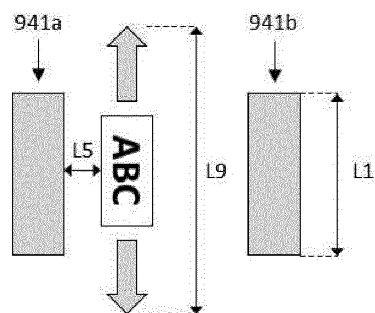


Fig. 9C

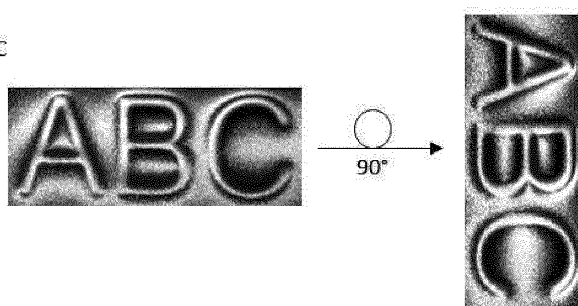


Fig. 10A

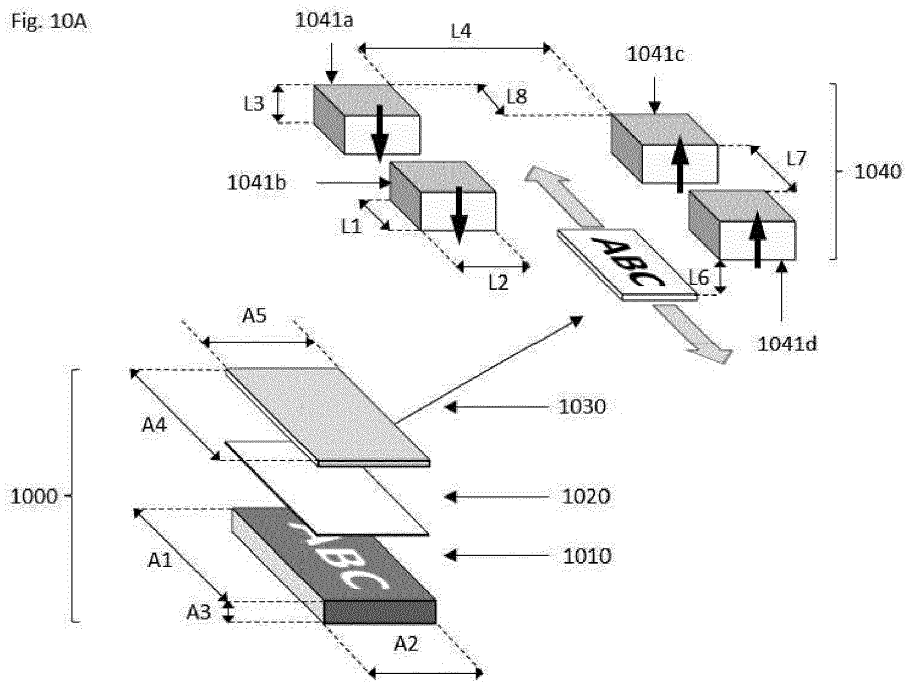


Fig. 10B

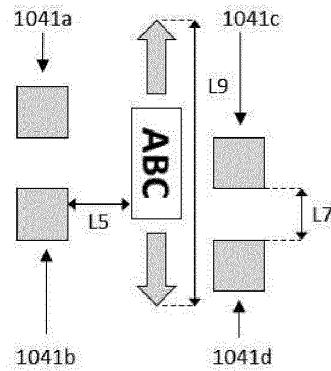


Fig. 10C

