

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 807**

51 Int. Cl.:

B21B 1/22 (2006.01)

B21H 8/00 (2006.01)

B23K 26/34 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.09.2020** **PCT/EP2020/076011**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.03.2021** **WO21053088**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2020** **E 20775600 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2024** **EP 4031303**

54 Título: **Sustrato metálico con una textura superficial**

30 Prioridad:

18.09.2019 EP 19198137

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

31.01.2025

73 Titular/es:

TATA STEEL NEDERLAND TECHNOLOGY B.V.
(100.00%)
Wenckebachstraat 1
1951 JZ Velsen-Noord, NL

72 Inventor/es:

BAART, PIETER y
WENTINK, DERK JAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 994 807 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

Sustrato metálico con una textura superficial

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a un sustrato metálico provisto de una textura superficial caracterizada porque la Auto Correlación Normalizada Máxima Cero (MZNAC) de la textura superficial está entre 0.2 - 0.8, así como a un método para aplicar dichas texturas superficiales sobre un sustrato metálico.

Antecedentes de la invención

- 10 En el acabado de tiras metálicas (recubiertas), una tira metálica se somete a nivelación y/o laminado por temple. Con la nivelación se controlan la forma y la planitud de la tira y con el laminado por temple se mejoran las propiedades mecánicas de la tira de metal al alargar la tira. También se mejora la calidad de la superficie de la tira en lo que respecta a la apariencia, la textura superficial y la función(alidad) de la superficie. Con el paso de laminado por temple se puede transferir una textura a la superficie de la tira desde los rodillos de trabajo para obtener una determinada función. La textura de la banda metálica se adapta a los requisitos del usuario final, por ejemplo, usuarios finales en la industria del automóvil.

- 15 La textura superficial del sustrato metálico tiene varios aspectos funcionales importantes, como propiedades tribológicas, desempeño de prensa, propiedades de la pintura y apariencia visual. D.J Wentink et al. / Wear 328-329 (2015) 167-176 describen un modelo genérico para el desarrollo de textura superficial, desgaste y transferencia de rugosidad en el laminado superficial. Recientemente, se ha desarrollado una nueva metodología para aplicar texturas superficiales por diseño, por ejemplo, mediante rodillos de trabajo texturizados con láser o texturizando con láser directamente sobre el sustrato metálico como se describe en el documento WO2017/125497A1. Estas metodologías abren la posibilidad de mejorar y personalizar la textura superficial de modo que se puedan crear superficies más avanzadas con una funcionalidad de superficie mejorada. Los sustratos metálicos con textura superficial (pseudo)determinista han mostrado excelentes propiedades superficiales para la apariencia visual y el rendimiento de prensa. Sin embargo, el problema con dicha textura superficial es la posible aparición de patrones muaré. Los patrones muaré pueden aparecer cuando se superponen dos o más texturas, por ejemplo, en bandas de laminación con múltiples pasadas en laminadores con al menos un rodillo con textura (pseudo)determinista o cuando las imágenes digitales están hechas de una superficie con textura determinista, por ejemplo, mediante cámaras o sistemas de inspección de superficie. Esto influye negativamente en el aspecto visual del producto final.

- 30 Por lo tanto, un objetivo de esta invención es proporcionar un sustrato metálico que comprenda una textura superficial que tenga una funcionalidad superficial mejorada, en particular buenas propiedades de pintura, al mismo tiempo que suprime el patrón muaré. Un objetivo adicional de esta invención es proporcionar un método para obtener dicho sustrato metálico.

- 35 En un primer aspecto según la invención, se proporciona un sustrato metálico con una textura superficial caracterizada porque la Auto Correlación Normalizada Máximo Cero (MZNAC) de la textura superficial está en un rango de 0.2 - 0.8.

- 40 Se observó que un sustrato metálico con una textura superficial con un MZNAC en un rango de 0.2 - 0.8 mostró un nivel aceptable de patrones muaré, manteniendo al mismo tiempo buenas propiedades de pintura. Se puede obtener una Auto Correlación Normalizada Cero (ZNAC) de una superficie a partir de la Correlación Cruzada Normalizada Cero (ZNCC) como describen Pan et.al, Meas. Sci. Technol. 20 (2009) 062001, doi:10.1088/0957-0233/20/6/062001, en la tabla 1, ajustando la fórmula para una sola superficie ($f = Z$ y $g = Z$). Por tanto, el ZNAC se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$ZNAC = \frac{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^M \left\{ \frac{|Z(x_i, y_j) - Z_m| \times |Z(x'_i, y'_j) - Z_m|}{\Delta ZAC} \right\}}{M^2}$$

- 45 con $x'_i = x_i + \Delta x$ y $y'_j = y_j + \Delta y$. El ZNAC debe determinarse para una muestra de al menos 2 mm x 2 mm, con una separación de como máximo 2 μm . Δx y Δy deben determinarse hasta al menos 0.3 mm, para obtener un valor representativo. El MZNAC se puede determinar a partir del ZNAC y se relaciona con el pico más alto del ZNAC, excepto el pico en $\Delta x = \Delta y = 0$, también denominado pico 0,0. Para determinar el MZNAC, se ignora el pico 0,0, ya que ese pico siempre será 1. El MZNAC de la textura superficial debe estar en un rango de 0.2 - 0.8 para tener buenas propiedades de pintura y un patrón muaré aceptable. Se debe entender que el término propiedades de la pintura comprende tanto la apariencia de la pintura como su adherencia. La característica más importante para las propiedades de la pintura es la ondulación (Wsa), además de la rugosidad (Ra) y el número de picos (RPC), como bien lo conoce una persona experta en la técnica. Ra y RPC se pueden determinar según ISO4278 o EN10094, utilizando un umbral de $\pm 0.5 \mu m$ para RPC. Wsa se puede determinar según SEP1941 con un corte de filtro $\lambda_c = 1 \text{ mm}$ y $\lambda_f = 5 \text{ mm}$, también conocido como Wsa_{1-5} .

Cabe señalar que, en el contexto de esta invención, la textura superficial se relaciona con la topografía en altura de la superficie, es decir un mapa de altura de superficie que consta de características como picos y valles.

Los inventores descubrieron que un sustrato metálico con un MZNAC inferior a 0.2 tenía una ondulación inaceptable (V_{sa}), mientras que un sustrato metálico con un MZNAC superior a 0.8 mostraba demasiado efecto muaré. Por lo tanto, el MZNAC debe ser al menos 0.2, preferiblemente al menos 0.3, más preferiblemente al menos 0.4 para tener una buena ondulación. Por otro lado, el MZNAC debería ser como máximo 0.8, preferentemente como máximo 0.7, más preferentemente como máximo 0.6 para suprimir el efecto muaré de una textura superficial sobre el sustrato metálico. En una realización preferida, el MZNAC está en un rango de 0.2 - 0.6 para permitir una textura superficial con suficiente ondulación y excelente supresión de muaré. En otra realización preferida, el MZNAC está en un rango de 0.4 - 0.8 para permitir una textura superficial con suficiente supresión de muaré y excelente ondulación. En otra realización preferida, la textura superficial tiene un MZNAC en un rango de 0.4 - 0.6, lo que permite una textura superficial bien equilibrada en términos de supresión de muaré y ondulación. La textura superficial determinista como se describe en la técnica anterior tendrá un MZNAC superior a 0.8 y sufrirá patrones muaré, mientras que una textura superficial estocástica, por ejemplo, un sustrato metálico con una textura superficial obtenida a partir de un rodillo de trabajo tratado con EDT, tendrá un MZNAC inferior 0.2 y, por tanto, propiedades de pintura mediocres.

El sustrato metálico según la invención es preferentemente una pieza bruta o una tira. En principio, el metal podría ser cualquier metal, pero en la mayoría de los casos será acero, que para fines de automoción comprende aceros (avanzados) de alta resistencia, por ejemplo, para piezas como pilares A, B, C, (D), y también aceros más blandos de mejor conformabilidad para paneles exteriores.

En una realización preferida, el sustrato metálico según la invención comprende una capa de recubrimiento metálico, preferiblemente un recubrimiento a base de zinc o un recubrimiento a base de estaño. En una realización preferida, el sustrato metálico es acero. En el caso de una tira de acero o una pieza en bruto, el material normalmente estará provisto de un recubrimiento metálico para evitar la corrosión del sustrato. En la mayoría de los casos, dicho recubrimiento metálico se proporciona sobre el sustrato metálico antes de aplicar una textura superficial. Sin embargo, cuando se aplican recubrimientos muy finos, por ejemplo, mediante Deposición Física de Vapor (PVD), los patrones de textura se pueden aplicar antes de aplicar el recubrimiento. Los recubrimientos metálicos comprenden recubrimientos de Zn y recubrimientos de aleaciones de Zn tales como recubrimientos de ZnAl, ZnMg, ZnAlMg, recubrimientos de Cr y aleaciones de Cr y recubrimientos de Sn y aleaciones de Sn.

En una realización preferida, la textura superficial del sustrato metálico comprende un mapa de altura con una pluralidad de características con una distribución espacial pseudodeterminista.

El término características comprende colinas y valles. Los valles pueden ser depresiones, rebajes u hoyuelos, que se usan indistintamente y comprenden depresiones, rebajes u hoyuelos de cualquier forma. Las colinas pueden ser salientes o protuberancias, que se usan indistintamente y comprenden salientes o protuberancias de cualquier forma. Las características pueden realizarse mediante métodos conocidos por un experto en la técnica. Un método puede ser imprimir estas características en el sustrato metálico mediante un rodillo de trabajo texturizado. Un rodillo de trabajo de este tipo se obtiene normalmente mediante texturizado por descarga eléctrica (EDT), texturizado por haz de electrones (EBT) o texturizado con láser del rodillo de trabajo. Otro método es aplicar la pluralidad de características directamente sobre el sustrato metálico, por ejemplo, mediante tratamiento con láser, por ejemplo, ablación con láser o deposición con láser, o grabado químico. Normalmente, estas características se aplican sobre el sustrato metálico que ya tiene una textura superficial heredada del proceso, por ejemplo, de un molino de temple. Variando la ubicación de las características, se pueden optimizar aún más varias propiedades tales como el efecto muaré, la ondulación, el número de picos, la rugosidad y el rendimiento de la herramienta y/o la prensa, ya sea localmente o en todo el sustrato metálico. El posicionamiento de las características se realiza preferentemente de forma pseudodeterminista. En general, un posicionamiento pseudodeterminista dará como resultado una supresión del efecto muaré en relación con el posicionamiento determinista. Las características se pueden aplicar en trama regular (determinista), por ejemplo, una cuadrícula hexagonal o cuadrada, y se puede dislocar hasta cierto punto para obtener una textura superficial pseudo determinista. Esta dislocación se puede medir desde los puntos centrales de la cuadrícula determinista. Los puntos centrales están separados a una distancia r , donde r está preferentemente en el intervalo de 0.2 μm a 100 μm . La dislocación de una característica desde los puntos centrales de la cuadrícula determinista varía preferentemente de forma estocástica en un rango de 0 - 60 % de la distancia r , en un ángulo aleatorio en el rango de 0 - 360°. La dislocación de una característica desde los puntos centrales de la cuadrícula determinista varía más preferiblemente en un rango de 0 - 45 %, más preferiblemente en un rango de 0 - 30 %. En general, una mayor variación en la dislocación con respecto a la cuadrícula determinista dará como resultado un MZNAC más bajo.

En una realización preferida, la dislocación estocástica de las características con respecto a la cuadrícula determinista sigue una distribución gaussiana donde 3 veces la desviación estándar equivale al 60 % de la distancia r , más preferiblemente al 45 % de la distancia r , lo más preferiblemente al 30 % de la distancia r .

En una realización preferida, la dislocación estocástica de las características con respecto a la cuadrícula determinista sigue una superposición de una distribución de forma gaussiana y de forma rectangular. Preferiblemente, 3 veces la desviación estándar de la distribución gaussiana es como máximo el 60 % de la distancia r , más preferiblemente el 45 % de la distancia r , lo más preferiblemente el 30 % de la distancia r . El límite de la distribución de forma rectangular es preferentemente como máximo el 60 % de la distancia r , más preferentemente el 45 % de la distancia r , lo más preferentemente el 30 % de la distancia r .

En una realización preferida, las características tienen un diámetro promedio en un rango de 25 - 120 μm , preferiblemente en un rango de 25 - 70 μm , más preferiblemente en un rango de 30 - 45 μm . Una textura de superficie con un diámetro promedio de las características en este rango será beneficiosa para optimizar la ondulación. Por debajo de 25 μm , la preparación de las características será un desafío. En el caso de crear textura superficial con un proceso de laminación, la transferencia de rugosidad se vuelve menos robusta. En el caso de realizar la superficie con láser, el proceso será menos eficiente. Por encima de 120 μm , la escala de longitud de la textura superficial se vuelve demasiado gruesa y la ondulación aumenta de tal manera que las propiedades de la pintura empeorarán.

En una realización preferida, las características tienen una amplitud en un rango de 0.2 - 12 μm . Una textura de superficie con una amplitud de las características en un rango de 0.2 - 12 μm dará lugar a un cambio de ondulación bajo debido a la textura de superficie aplicada. La amplitud se puede interpretar como la profundidad o la altura de la característica. Por lo tanto, si la característica es una colina, la característica tendrá una altura en el rango de 0.2 - 12 μm ; si la característica es un valle, la característica tendrá una profundidad en un rango de 0.2 - 12 μm . Para fines de automoción, las características tienen preferentemente una amplitud en un intervalo de 2 - 7 μm , más preferentemente 3 - 5 μm . Por debajo de 2 μm , la rugosidad de la textura superficial será insuficiente, lo que afectará negativamente al rendimiento de la prensa. En el caso de un sustrato metálico revestido, las depresiones pueden perforar completamente la capa superior a una profundidad de 12 μm . Para fines de embalaje, por ejemplo, para latas estañadas, las características del acero no recubierto tienen preferiblemente una amplitud en el rango de 0.2 μm a 5 μm . En este rango, se puede obtener una rugosidad deseada (R_a) en un rango entre 0.10 y 2.5 μm .

En una realización preferida, las características tienen una densidad en un rango entre 100 y 10000 por milímetro cuadrado, preferiblemente entre 180 y 600 por milímetro cuadrado. Un sustrato metálico con características con una densidad en un rango entre 100 y 10000 por milímetro cuadrado puede aumentar la rugosidad del sustrato metálico, lo cual es importante para la adhesión de la pintura y el rendimiento de la prensa. Para mantener un buen W_{sa} , mientras se aumenta la rugosidad, la densidad de características es de al menos 100 características por milímetro cuadrado, más preferiblemente al menos 150 características por milímetro cuadrado, lo más preferiblemente al menos 180 características por milímetro cuadrado. La mayor densidad está limitada por el método de texturizado; por ejemplo, una densidad de 10000 características por milímetro cuadrado es factible con texturizado por láser ultrafino, mientras que la impresión puede limitarse a una densidad de 600 características por milímetro cuadrado.

En una realización preferida, el sustrato metálico tiene una W_{sa} de como máximo 0.4 μm para obtener propiedades de pintura óptimas. Preferiblemente, el W_{sa} es como máximo 0.3 μm , más preferiblemente 0.20 μm . W_{sa} se puede medir según SEP1941

En un aspecto adicional según la invención, se proporciona un método para obtener un sustrato metálico con una textura superficial con un MZNAC en el intervalo de 0.2-0.8 con los pasos según la reivindicación 12. En un primer paso se proporciona el sustrato metálico. El sustrato metálico puede estar recubierto o no recubierto y puede proporcionarse como una tira o lámina, por ejemplo, una tira de acero enrollada. Opcionalmente, el sustrato metálico se puede laminar por temple en una segunda etapa para obtener las propiedades mecánicas deseadas y/o una baja rugosidad inicial de la tira. Preferiblemente, el sustrato metálico se lamina hasta una rugosidad de una altura media aritmética $R_a < 1.4 \mu\text{m}$, más preferiblemente hasta $R_a < 1.2 \mu\text{m}$, lo más preferiblemente hasta $R_a < 0.9$. Tal rugosidad hará que el sustrato metálico sea especialmente adecuado para fines de automoción. Finalmente, se proporcionará una textura superficial al sustrato metálico mediante un medio texturizador, lo que da como resultado un sustrato metálico con una textura superficial con un MZNAC en un intervalo de 0.2 - 0.8. También es posible templar con rodillo el sustrato metálico durante la misma etapa en la que se aplica la textura superficial, por ejemplo, si la textura superficial se proporciona mediante un medio texturizador tal como un rodillo de templado. La textura superficial se puede aplicar localmente sobre el sustrato metálico o en todo el ancho y largo de la tira. Los medios de texturizado pueden ser medios de impresión, tales como un rodillo de trabajo o una prensa, en donde la textura superficial se imprime mediante los medios de impresión en el sustrato metálico o puede obtenerse mediante medios de texturización, tales como un láser, un haz de electrones, grabado por plasma o grabado químico, mediante el cual la textura superficial se obtiene mediante un tratamiento directo del sustrato metálico. Por ejemplo, con un láser, la textura superficial se puede obtener mediante ablación con láser o mediante fusión y redeposición del material asistida por láser.

En una realización, el medio texturizador es un rodillo de trabajo texturizado y la textura superficial sobre el sustrato de acero se proporciona imprimiendo una textura superficial sobre el sustrato metálico mediante uno o más rodillos de trabajo texturizados.

En una realización, el medio de texturizado es un láser y la textura superficial se proporciona mediante ablación con láser o fusión y redeposición asistida por láser. En una realización, el método comprende además la etapa e. Opcionalmente, repetir el paso d. Se realizan dos pasos de texturizado adicionales en todo el ancho y largo del sustrato metálico para garantizar un MZNAC en el rango de 0.2 - 0.8, por ejemplo, superponiendo varias modificaciones de textura superficial una encima de otra para obtener un sustrato metálico con un MZNAC en el rango de 0.2 - 0.8 y, por lo tanto, una buena apariencia de pintura y patrones muaré suprimidos. En una realización preferida, el medio de texturizado puede ser ablación por láser, que da como resultado un patrón de depresiones en el sustrato metálico, o mediante un rodillo de trabajo texturizado, que imprime la textura superficial en el sustrato metálico.

Un producto tiene uno o ambos lados que deben cumplir altos estándares de apariencia, pero en la mayoría de los casos, como por ejemplo en los productos para la industria automotriz, solo hay un lado que debe cumplir con los más altos estándares de apariencia. El lado opuesto está cubierto y normalmente no será visible, en cuyo caso la apariencia es mucho menos importante. Sin embargo, las propiedades tribológicas y el rendimiento de la prensa son igualmente importantes en ambos lados. Por consiguiente, se prevé que sólo un lado del sustrato metálico esté provisto de patrones de textura o que diferentes patrones de textura y/o diferentes áreas estén provistas de patrones de textura en lados opuestos del sustrato metálico. Con un patrón de textura aplicado según el método en un solo lado, por ejemplo, usando ablación por láser, el otro lado todavía tendrá una textura resultante del laminado templado del sustrato metálico.

La invención se explicará con más detalle por medio de los ejemplos mostrados en los dibujos obtenidos a partir de estudios computacionales.

Figura 1. Muestra una descripción general de la correlación de MZNAC y la ondulación para varias texturas de superficie, del ejemplo 1 - 11.

Figura 2a. Muestra cuatro texturas de superficie del ejemplo 1 que varían de determinista a pseudodeterminista y estocástica (de izquierda a derecha), los picos ZNAC correspondientes por encima de 0.8 (segunda fila), los picos ZNAC correspondientes por encima de 0.2 (tercera fila) y los patrones muaré correspondientes (última fila). La figura 2b muestra la correlación de las texturas superficiales del ejemplo 1, con los parámetros Wsa, RPc y Ra.

Figura 3a. Muestra cuatro texturas de superficie del ejemplo 7 que varían de determinista a pseudodeterminista y estocástica (de izquierda a derecha), los picos de ZNAC correspondientes por encima de 0.8 (segunda fila), los picos de ZNAC correspondientes por encima de 0.2 (tercera fila) y los patrones de muaré correspondientes (última fila). La figura 3b muestra la correlación del valor MZNAC de las texturas superficiales del ejemplo 7, con los parámetros Wsa, RPc y Ra.

Figura 4a. Muestra cuatro texturas de superficie del ejemplo 8 que varían de determinista a pseudodeterminista y estocástica (de izquierda a derecha), los picos de ZNAC correspondientes por encima de 0.8 (segunda fila), los picos de ZNAC correspondientes por encima de 0.2 (tercera fila) y los patrones de muaré correspondientes (última fila). La figura 4b muestra la correlación del valor MZNAC de las texturas superficiales del ejemplo 8, con los parámetros Wsa, RPc y Ra.

La figura 5a muestra un primer plano de la textura superficial del ejemplo 1, 5b muestra la textura superficial del ejemplo 1 para una muestra de 2 mm x 2 mm y 5c muestra los valores ZNAC correspondientes, mostrando claramente el pico 0,0 ($\Delta x = \Delta y = 0$), y el MZNAC de 0.490, correspondiente al pico satelital más alto del espectro ZNAC.

Figura 1. Muestra un resumen de resultados computacionales para texturas superficiales según la invención y según la técnica anterior. Se modelaron y analizaron varias texturas de superficie para determinar sus propiedades de apariencia, como ondulación (Wa), recuento de picos (RPc) y rugosidad (Ra), efecto muaré y MZNAC relacionado. Para cada ejemplo, la distribución espacial de las características fue en una cuadrícula hexagonal o cuadrada con diferentes niveles de dislocación basados en una superposición de una distribución de forma gaussiana y rectangular. En consecuencia, las texturas variaron desde deterministas hasta pseudodeterministas y estocásticas. La forma de las características vistas en la superficie era circular o cuadrada. En promedio, las características tenían una amplitud de 7 μm . El ejemplo 1 (véase también la figura 2) tenía depresiones con una profundidad de 7 μm en una rejilla hexagonal. El ejemplo 6 tenía depresiones con bordes, lo que normalmente se obtiene si la textura superficial se aplica con láser. Los ejemplos 7 - 10 muestran un sustrato metálico con texturas superficiales superpuestas. El ejemplo 7 (ver también la figura 3) muestra una textura superficial (pseudo)determinista sobre una superficie rugosa, con una profundidad de depresión con respecto a la superficie rugosa, que se obtendría mediante un método con un láser como medio de texturizado. El ejemplo 8 (ver también la figura 4) muestra una textura superficial (pseudo)determinista sobre una superficie rugosa con depresiones con un mínimo constante, como se obtiene típicamente a partir de un proceso con un rodillo de trabajo como medio texturizador. Para todos los ejemplos, el ZNAC de la superficie de 2 mm x 2 mm se obtuvo a partir de la Correlación Cruzada Normalizada Cero (ZNCC) como describen Pan et.al, Meas. Ciencia. Tecnología. 20 (2009) 062001, doi:10.1088/0957-0233/20/6/062001, en la tabla 1,

ajustando la fórmula para una sola superficie ($f = Z$ y $g = Z$). Así, el ZNAC se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$ZNAC = \sum_{i=-M}^M \sum_{j=-M}^M \left\{ \frac{|Z(x_i, y_j) - Z_{0,0}| + |Z(x'_i, y'_j) - Z_{0,0}|}{\Delta x \Delta y} \right\}$$

El ZNAC se determinó para una muestra de al menos 2 mm x 2 mm, con una separación de como máximo 2 μm . Δx y Δy se determinaron hasta al menos 0.3 mm. Un ejemplo de los valores ZNAC obtenidos se da en el ejemplo 1, con un valor MZNAC de 0.49 en la figura. 5. El MZNAC se determinó a partir del ZNAC y se relaciona con el pico más alto del ZNAC, excepto el pico en $\Delta x = \Delta y = 0$, también denominado pico 0,0. También se analizó la ondulación, rugosidad y el número de picos.

Además, el efecto muaré se visualizó calculando una imagen fotográfica digital 4K (3840 x 2160 píxeles) de los ejemplos. Se analizó una textura superficial de 250 mm x 141 mm. Cada píxel cubría una parte de la superficie de 250/3840 por 141/2160 mm^2 , lo que corresponde aproximadamente a 65 por 65 μm^2 . En los cálculos se tomó la altura de la superficie como la original y la intensidad de cada píxel se calculó como la altura promedio de esa parte de la superficie que es capturada por ese píxel. Debido a la cuadrícula de la cámara, la imagen no es igual a la original. Se calculó una parte de 150 por 150 píxeles de la imagen en escala de grises 4K y se muestra como una imagen en blanco y negro donde el umbral se encuentra a medio camino entre la intensidad más alta y la más baja.

Para todos los ejemplos, se obtuvo una ondulación mayor para un MZNAC menor. Se descubrió que un MZNAC inferior a 0.2 daba como resultado un aumento demasiado grande de la ondulación. Por lo tanto, el sustrato metálico provisto de una textura superficial según la invención debe tener un MZNAC de al menos 0.2 para tener una buena ondulación y, por tanto, un buen aspecto de la pintura. Por otro lado, se observó un patrón muaré claro para todas las muestras si el MZNAC estaba por encima de 0.8. El patrón muaré fue aceptable para todos los ejemplos con un MZNAC de como máximo 0.8. Esto se puede ver claramente en las figura 2, la figura 3 y la figura 4. Además, en los experimentos se observó que un MZNAC entre 0.4 - 0.6 daba como resultado una supresión significativa del patrón muaré, manteniendo al mismo tiempo una ondulación aceptable.

REIVINDICACIONES

1. Un sustrato metálico provisto de una textura superficial que comprende un mapa de altura de superficie que consta de características tales como picos y valles, caracterizado porque la Auto Correlación Normalizada Máximo Cero (MZNAC) de la textura superficial está en un rango de 0.2 - 0.8, donde el MZNAC corresponde al pico más alto en la Auto Correlación Normalizada Cero (ZNAC), excepto por el pico en $\Delta x = \Delta y = 0$, donde el ZNAC de la superficie se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$ZNAC = \sum_{i=-M}^M \sum_{j=-M}^M \left\{ \frac{\{Z(x_i, y_j) - Z_m\} \times \{Z(x'_i, y'_j) - Z_m\}}{\Delta Z \Delta Z} \right\},$$

con $x'_i = x_i + \Delta x$ y $y'_j = y_j + \Delta y$

2. El sustrato metálico de la reivindicación 1, en el que la textura superficial tiene un MZNAC en un intervalo de 0.2 - 0.6.

3. El sustrato metálico de la reivindicación 1, en el que la textura superficial tiene un MZNAC en un intervalo de 0.4 - 0.8.

4. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la textura superficial tiene un MZNAC en un intervalo de 0.4 - 0.6.

5. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato metálico comprende un recubrimiento metálico, preferiblemente un recubrimiento a base de zinc.

6. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la textura superficial comprende una pluralidad de características con una distribución espacial pseudodeterminista.

7. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las características tienen un diámetro promedio en un rango de 25 - 120 μm .

8. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las características tienen una amplitud en un rango de 0.2 - 12 μm , preferiblemente en un rango de 2 - 7 μm .

9. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las características tienen una densidad en un rango entre 100 a 10000 por milímetro cuadrado, preferiblemente 180 a 600 por milímetro cuadrado.

10. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la ondulación (Wsa) es $\leq 0.4 \mu\text{m}$.

11. El sustrato metálico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato metálico es una pieza en bruto o una tira.

12. Un método para obtener un sustrato metálico según las reivindicaciones 1 - 11, que comprende los pasos de

a. Proporcionar un sustrato metálico

b. Opcionalmente, laminado por temple del sustrato metálico

c. Proporcionar una textura superficial mediante medios texturizantes,

d. Realizar dos o más pasos de texturizado en todo el ancho y largo del sustrato metálico superponiendo varias modificaciones de textura superficial una encima de la otra,

tal como para obtener un sustrato metálico con un MZNAC en el rango de 0.2 - 0.8 según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11.

13. Un método según la reivindicación 12, en el que el sustrato metálico comprende un recubrimiento metálico.

14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 12 - 13, en el que el medio texturizador es un rodillo de trabajo texturizado, y en el que la textura superficial se proporciona imprimiendo una textura superficial sobre el sustrato metálico mediante uno o más rodillos de trabajo texturizados.

15. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 12 - 14, en el que el medio texturizador es un láser y en el que la textura superficial se proporciona mediante ablación con láser o fusión y redeposición asistida por láser

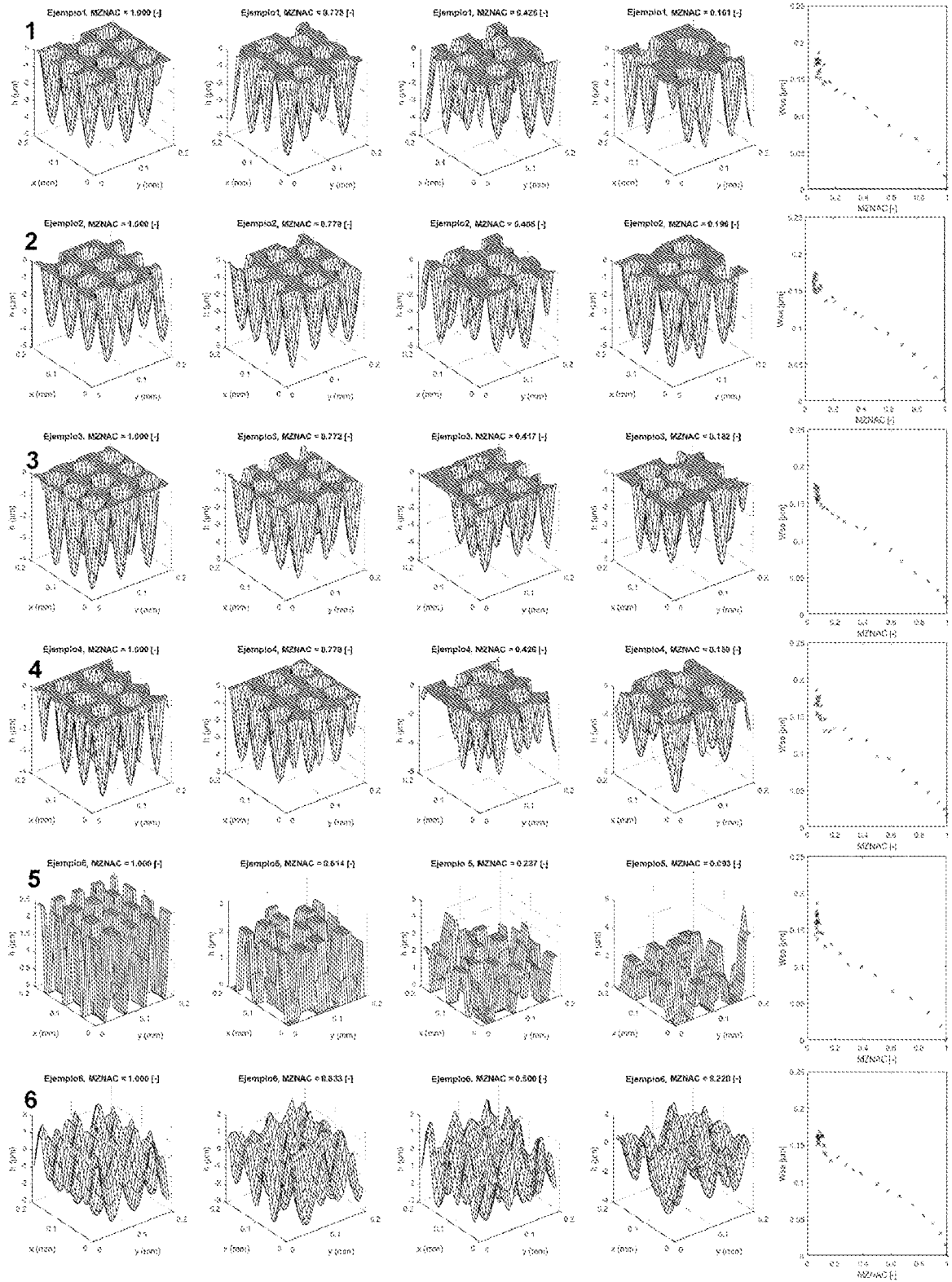


FIG. 1.

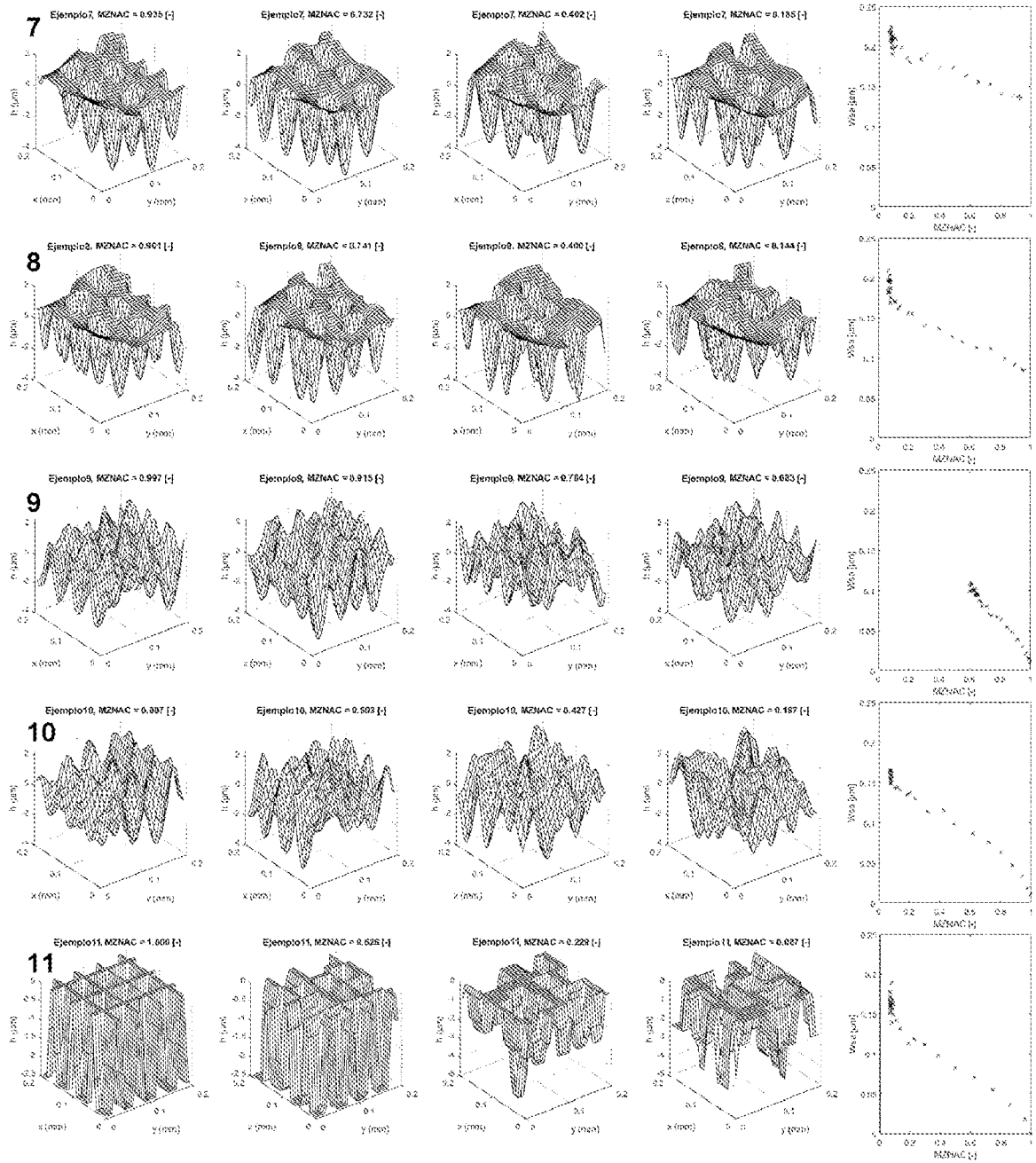


FIG. 1.

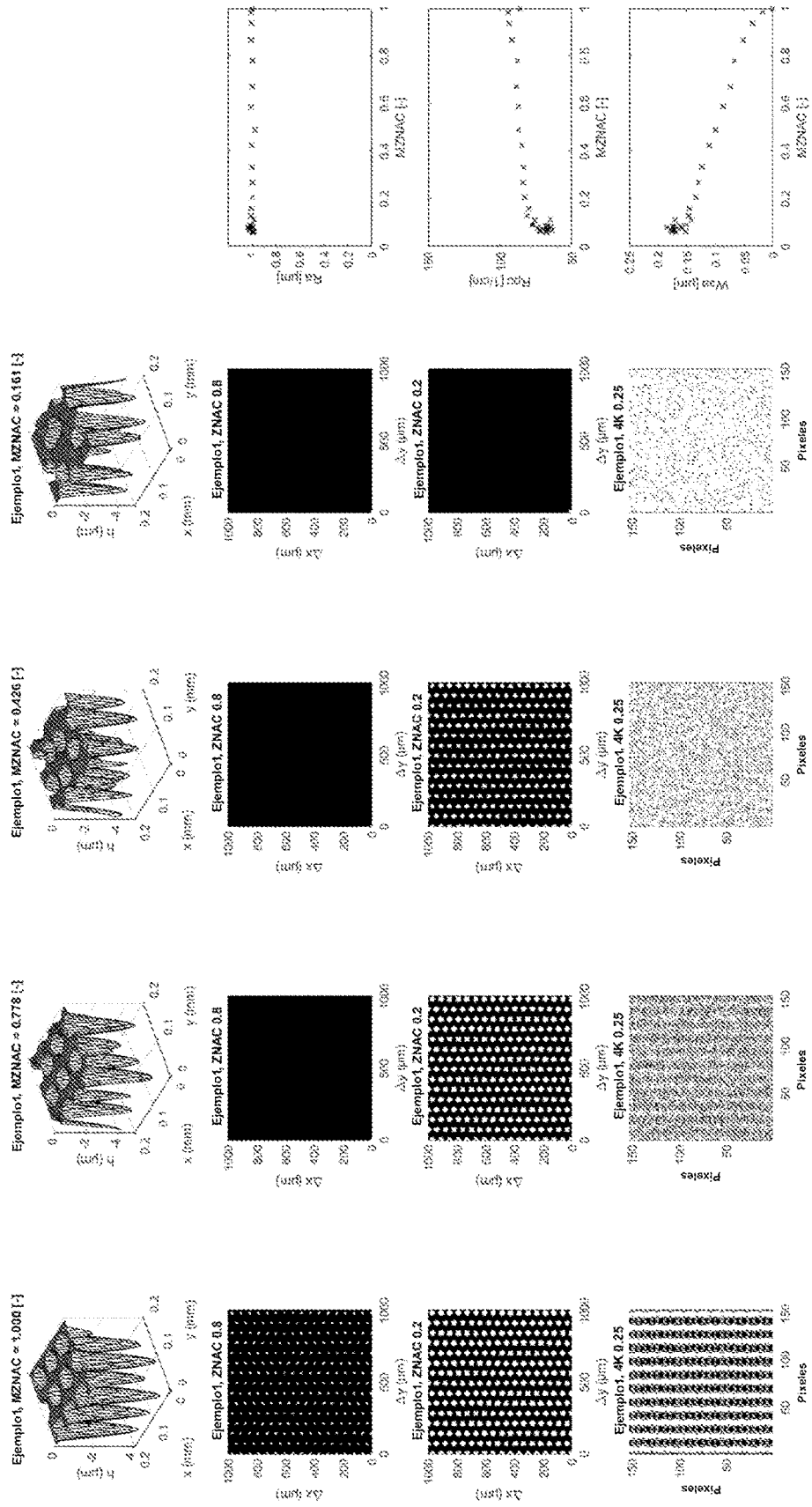


FIG. 2.

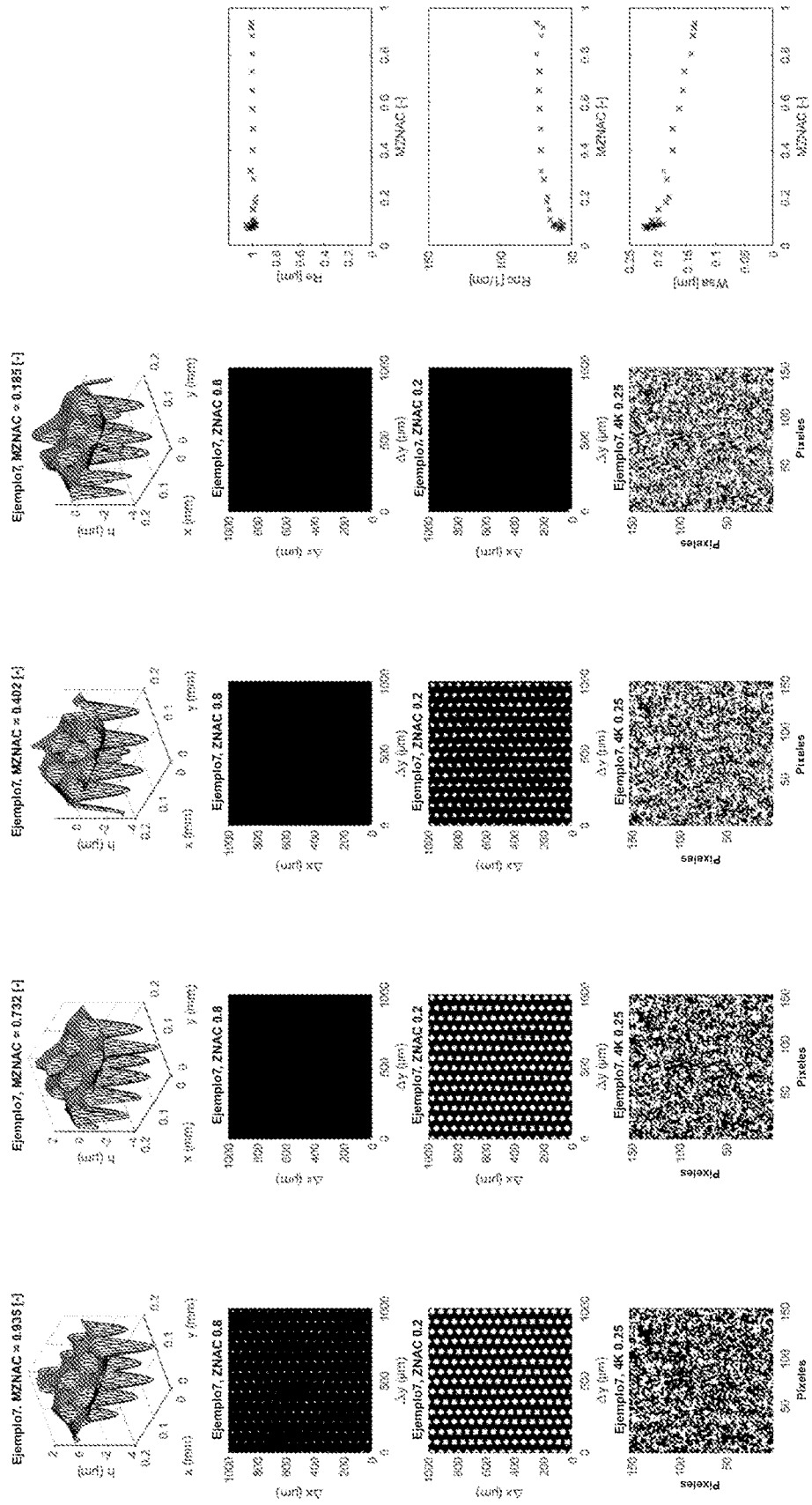
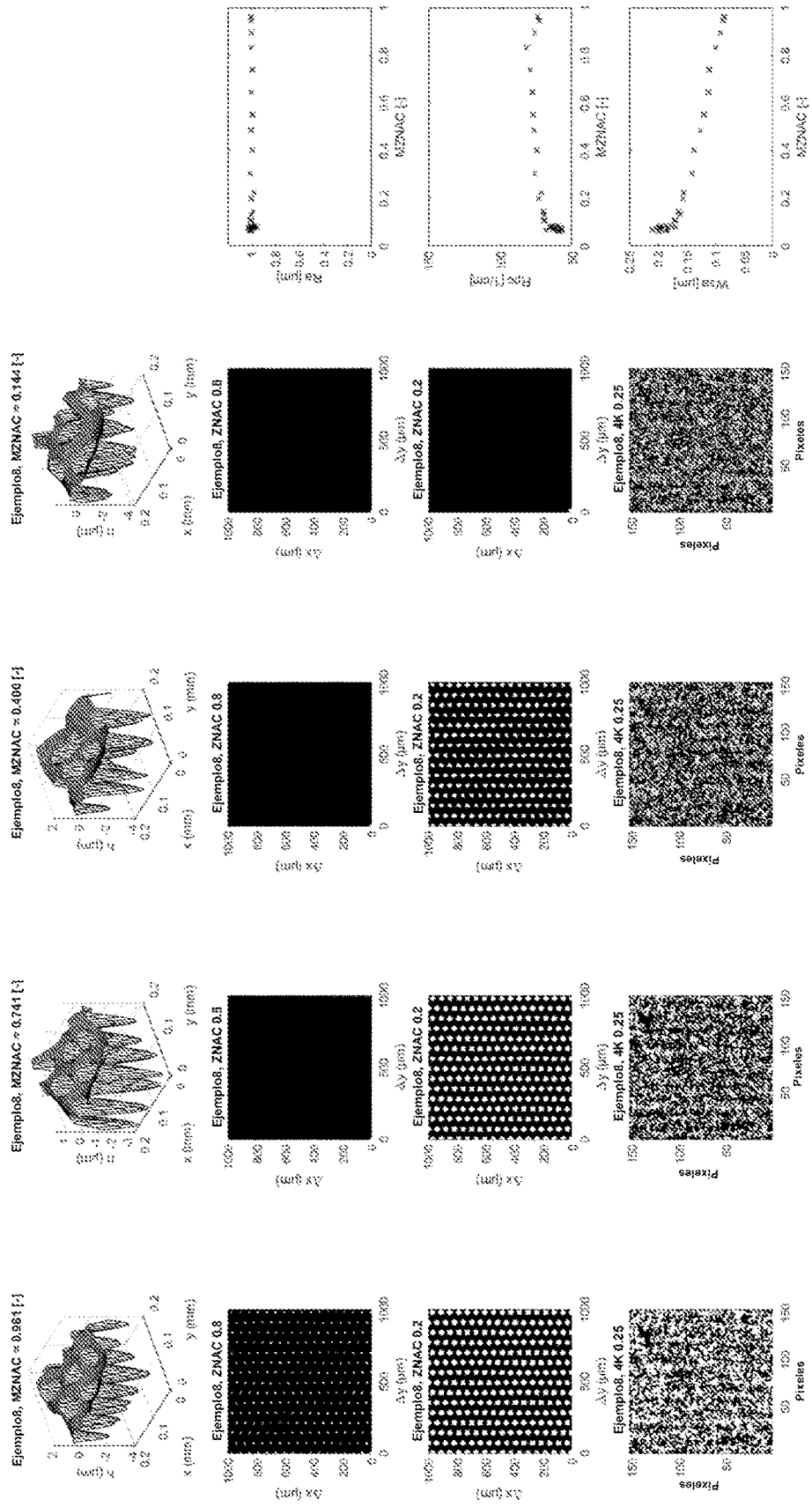


FIG. 3.



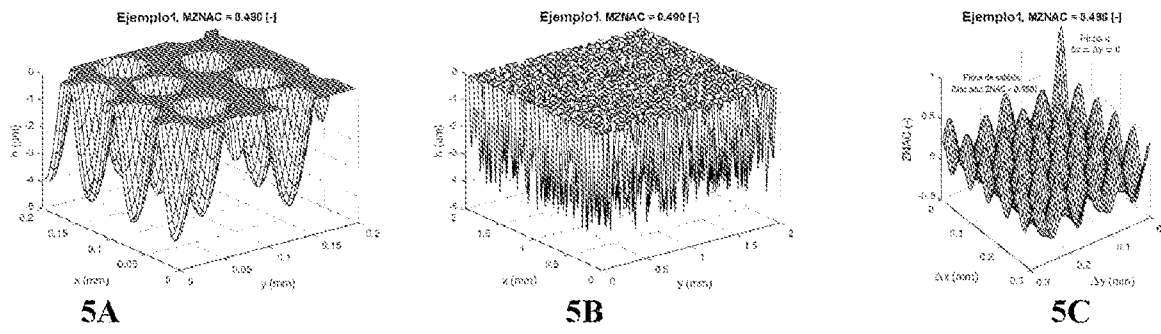


FIG. 5.