

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 196**

51 Int. Cl.:

**G01J 3/46** (2006.01)

**G06N 3/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2016 PCT/EP2016/025131**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.05.2017 WO17071824**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2016 E 16794944 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024 EP 3368872**

54 Título: **Procedimiento para determinar parámetros de textura de un barniz**

30 Prioridad:

**29.10.2015 DE 102015118551**  
**29.10.2015 US 201562247837 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.10.2024**

73 Titular/es:

**BASF COATINGS GMBH (100.0%)**  
**Glasuritstrasse 1**  
**48165 Münster, DE**

72 Inventor/es:

**BISCHOFF, GUIDO;**  
**SCHMITZ, MARTIN y**  
**BAUGHMAN, DONALD R.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 981 196 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

Procedimiento para determinar parámetros de textura de un barniz

La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar o para predecir de parámetros de textura de un barniz así como un correspondiente programa de ordenador para ejecutar el procedimiento presentado,

5

En la industria de los automóviles están ampliamente difundidos los barnizados que contienen los denominados pigmentos de efecto. Los pigmentos de efecto son por ejemplo pigmentos de efecto metálico o pigmentos de interferencia. Ellos imparten a un barniz propiedades adicionales como por ejemplo cambios, que dependen del ángulo, del matiz de color y cambios de brillo. Esto significa que el matiz de color o el brillo del respectivo barniz cambian en función de un ángulo de observación. Los pigmentos de efecto conducen a una granularidad o carácter granuloso visualmente perceptible (en inglés *coarseness*) y a efectos de destello (en inglés *sparkle effect*) ["Coloristik für Lackanwendungen (Farbe und Lack Edition)", Tasso Bäurle et al., edición asociada - 14 de marzo de 2012]. Estos efectos son denominados también como textura visual.

10

Para la caracterización de los barnices de efecto actualmente se usan dos técnicas.

15

En la primera técnica se ilumina con una fuente de luz una respectiva superficie de barniz y se mide la reflexión espectral bajo diferentes ángulos. A partir de los valores de medición obtenidos y de la función de radiación de la fuente de luz pueden calcularse valores de color, por ejemplo CIEL\*a\*b\* [ASTM E2194 "Standard Test Method for Multiangle Color Measurement of Metal Flake Pigmented Materials", ASTM E2539 "Standard Test Method for Multiangle Color Measurement of Interference Pigments"].

20

En la segunda técnica, se toma fotografía de la superficie del barniz, bajo condiciones definidas de luz y ángulo. A partir de las imágenes pueden a continuación calcularse los parámetros de textura que describen la textura visual. Son ejemplos de parámetros de textura los valores G de textura difusa o Gdiff (*Graininess* o granularidad), Si (*Sparkle intensity* o intensidad de destello) y Sa (*Sparkle area* o zona de destello), como los presenta la compañía Byk-Gardner ["Beurteilung von Effektlackierungen, Den Gesamtfarbeindruck objektiv messen", Byk-Gardner GmbH, JOT 1.2009, Vol. 49, entrega 1, pp. 50-52]. Los valores de textura de Byk-Gardner son determinados a partir de imágenes en escala de grises. También es posible determinar valores de textura individualmente para diferentes canales de color de una imagen a color, por ejemplo para un canal rojo, uno verde y uno azul.

25

En un cálculo de formulación de color se intenta simular un patrón de color mediante una mezcla de colores disponibles, calculando las concentraciones necesarias de colorantes. Un requerimiento necesario en el cálculo de formulación de color es la predicción de la reflexión espectral de una respectiva formulación de color. En el marco de la presente divulgación, se entiende por una formulación de color o de barniz, una composición específica de diferentes colorantes o componentes de color con determinadas concentraciones de los respectivos colorantes. Es decir, que una formulación de color o de barniz define un tipo de lista de piezas, es decir, una composición cuantitativa de un barniz a partir de sus componentes individuales, es decir, de sus componentes de color individuales.

30

35

Un método corriente es el cálculo de los espectros de reflexión a base de modelos físicos (por ejemplo ecuación de Kubelka-Munk). En este procedimiento, sobre la base de coloraciones de composiciones conocidas de colorante, mediante el modelo físico para cada colorante se determinan constantes ópticas. Estas constantes ópticas dependen del modelo y caracterizan el colorante correspondiente. Son ejemplos de las constantes ópticas los parámetros K y S de la ecuación de Kubelka-Munk, que describen la absorción (parámetro K) y la dispersión (parámetro S). Si para todos los colorantes que van a ser usados se determinan las constantes ópticas, entonces con el modelo físico puede calcularse la reflexión espectral de cualquier formulación de color.

40

Para la mezcla de un barniz, como por ejemplo un barniz de color para un automóvil, se usan por regla general formulaciones de color que indican una relación mutua de mezcla de los respectivos componentes de color, para generar un barniz con un efecto de color deseado. Para replicar un barniz de efecto, como por ejemplo un barniz metálico, como descripción de las propiedades ópticas de un patrón correspondiente de matiz de color, aparte de las propiedades espectrales de reflexión, se requieren adicionalmente parámetros de textura objetivos, como por ejemplo carácter granuloso o aspereza.

45

Para la predicción de parámetros visuales de textura de tales barnices de efecto sobre la base de datos de formulación, como se mencionó anteriormente, tradicionalmente se usan procedimientos a base de regresión. Al respecto, para una formulación de barniz se calculan parámetros característicos, como por ejemplo una concentración de tipos de pigmento contenidos en un barniz, como por ejemplo de pigmentos de efecto metálico y pigmentos de interferencia, una reflexión espectral predicha mediante un modelo físico, o magnitudes derivadas a partir de constantes ópticas del modelo físico. Una combinación lineal de estos parámetros forma entonces un modelo estadístico para la predicción de los parámetros visuales de textura. Los coeficientes de la combinación lineal son determinados mediante un análisis de regresión, como se describe en Kirchner, Ravi

50

55

"Predicting and measuring the perceived texture of car paints", Proceedings of the 3rd international conference on Appearance "Predicting Perceptions", Edimburgo 17-19 de abril de 2012.

Una predicción de los parámetros visuales de textura de un barnizado de efecto puede ocurrir también mediante el uso de redes neuronales artificiales.

5 Una red neuronal que va a ser usada al respecto se basa en un procedimiento de aprendizaje denominado retropropagación. Las neuronas de la red neuronal están dispuestas en capas. Al respecto, se incluyen una capa con neuronas de entrada (capa de entrada), una capa con neuronas de entrega (capa de salida) y una o varias capas interiores. Las neuronas de entrega son los parámetros visuales que van a ser predichos de  
10 textura de la formulación de barniz, por consiguiente los parámetros Si, Sa y Gdiff ya mencionados anteriormente.

Para la predicción de la reflexión espectral de una formulación de barniz de efecto se usa, como ya se mencionó, un modelo físico.

15 En una primera aproximación de solución conocida, como parámetros de entrada o neuronas de entrada de la red neuronal se usan las concentraciones de los colorantes o componentes de color usados en la respectiva formulación de barniz que va a ser usada y el espectro de reflexión predicho mediante un modelo físico.

Sin embargo, un uso de concentraciones de los colorantes que van a ser usados como parámetros de entrada, tiene varias desventajas:

- El número de colorantes de una serie de barniz es demasiado elevado, de modo que es muy grande el número de neuronas en la capa de entrada de la red neuronal. Para una predicción exacta de los parámetros  
20 de textura se requieren muchos datos de entrenamiento.
- Para cada cambio de la serie de barniz tiene que definirse, entrenarse y probarse nuevamente la red neuronal. Esto significa un notable esfuerzo de manejo.
- El esfuerzo para añadir otro colorante en una serie de barniz es grande: para nuevos colorantes tienen que crearse numerosas mezclas como base para el entrenamiento de la red neuronal.

25 A partir del documento de patente de EE.UU. US 6,714,924 B1 se conoce un procedimiento y un dispositivo para el ajuste del color, en el cual se usan redes neuronales. Al respecto, el color de un color estándar es expresado mediante valores de color, en donde las señales de entrada de la red neuronal usada se refieren a precursores de color. Además, se suministran conexiones ponderadas entre las notas de entrada de la capa de entrada de la red neuronal y las notas de salida de la capa de salida de la red neuronal. Al respecto, las  
30 primeras conexiones ponderadas determinan la respectiva contribución del precursor de la capa de entrada, a cada uno de los componentes de color de salida.

A partir del documento US 2009/0157212 A1 se conoce un procedimiento y un sistema para determinar una formulación de color con un efecto de pigmento. El sistema comprende un instrumento de medición de la rugosidad o la aspereza, que tiene que ser colocado en la vecindad de la superficie que va a ser barnizada,  
35 como por ejemplo la de un automotor, en donde un técnico compara la lectura con la superficie barnizada, para determinar una rugosidad o aspereza del pigmento de efecto.

El documento EP 2 161 555 A1 describe un procedimiento para crear un banco de datos para buscar un color de barniz con una textura deseada, un procedimiento de búsqueda mediante el uso de bancos de datos, así como sistemas, programas y medios de registro para realizar el procedimiento y la búsqueda. El procedimiento  
40 para crear un banco de datos comprende un paso para el almacenamiento de datos espectrales de reflexión y datos de microluminosidad de varios colores de barniz, después de la asignación de todos los datos de reflexión espectral y de todos los datos de microluminosidad a un código de color de barniz; un paso para el almacenamiento de valores de evaluación de textura de colores ejemplares para barniz después de la asignación de cada valor de evaluación de textura al código de color de barniz; en donde los valores de  
45 evaluación de textura son especificados por diseñadores experimentados, un paso para el cálculo de magnitudes características de los colores de barniz, que expresan texturas, mediante el uso de los datos de reflexión espectral y datos de micro luminosidad y para almacenar las magnitudes características después de la asignación de cada magnitud característica al código de color de barniz; un paso para la realización de un proceso para el entrenamiento una red neuronal mediante el uso de las magnitudes características y de los  
50 valores de evaluación de textura de las muestras de color como datos de entrenamiento; y un paso para la introducción de magnitudes características de colores de barniz, aparte de los colores de barniz ejemplares, en la red neuronal después del proceso de entrenamiento y para almacenar datos de entrega después de la asignación de todos los datos de entrega al código de color de barniz.

El documento WO 2012/177508 A2 describe un procedimiento para la generación de uno o varios valores objetivos de brillo predichos, de una composición objetivo de recubrimiento. Al respecto, puede usarse una red neuronal artificial. El procedimiento descrito puede ser usado para el ajuste de color y apariencia en la industria  
55

del recubrimiento, incluyendo recubrimientos para el equipamiento original de automóviles (OEM) y barnizados de refacción.

5 Spehl J et al. "Application of retropropagación nets for color recipe prediction as a nonlinear approximation problem", international conference on neural networks / world congress on computational intelligence, Orlando, junio 27-29 de 1994 [proceedings of the international conference on neural networks (ICNN)], Nueva York, IEEE, EE.UU., vol. 5, 27 de junio de 1994, páginas 3336-3341, describe una predicción de formulación y cómo se usa al respecto una red de retropropagación, para superar las faltas de linealidad que ocurren.

Con estos antecedentes, se presenta un procedimiento para determinar o predecir parámetros visuales de textura de un barniz, con una formulación conocida de barniz de acuerdo con la reivindicación 1.

10 La expresión "un valor de por lo menos una [...] variable característica" es transmitido a red neuronal "como por lo menos una señal de entrada" debería significar en el marco de la presente descripción que tanto el valor de la variable característica en sí mismo, como también una magnitud determinada sobre la base de este valor de la variable característica, puede servir como señal de entrada y es suministrado a la red neuronal.

15 Se entiende por una formulación conocida de barniz, una receta de color con concentraciones conocidas de componentes de color allí comprendidos o usados.

En lo sucesivo, los términos "valor de una variable característica" y "variable característica" son usados como sinónimos. Esto significa, que en lo sucesivo debe entenderse que "valor de la por lo menos una variable característica" y "la por lo menos una variable característica" tienen el mismo significado. Lo mismo es válido para "valores de los parámetros visuales de textura" y "parámetro visual de textura".

20 A partir de la descripción y de las reivindicaciones subordinadas resultan configuraciones de la invención.

El procedimiento presentado sirve en particular para la determinación de parámetros visuales de textura de un barniz con una formulación de barniz conocida, mediante una red neuronal, que se basa en un procedimiento de aprendizaje denominado como retropropagación. Se entiende retropropagación en este caso como un término superior para un procedimiento de aprendizaje supervisado con retroalimentación de errores. Existen diferentes algoritmos de retropropagación: por ejemplo, Quickprop, Resilient Propagation (RPROP). Al respecto, se usa una red neuronal que comprende por lo menos tres capas: una primera capa con neuronas de entrada, una capa n-ésima con neuronas de entrega y n-2 capas interiores, en donde n es un número natural mayor que 2. Al respecto, las neuronas de entrega sirven para predecir los parámetros visuales de textura del respectivo barniz o de la correspondiente formulación de barniz.

30 En el marco de la presente descripción se usan los términos "señal de entrada", "componente de entrada", "magnitud de entrada" y "neurona de entrada" como sinónimos.

35 En particular se prevé que mediante la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención se determinen respectivos parámetros de textura del barniz sobre la base de por lo menos una variable característica, en donde un valor de la por lo menos una variable característica, o la por lo menos una variable característica, es determinada o se deriva de por lo menos una constante óptica de por lo menos una parte de la cantidad de componentes de color de la formulación de barniz o del barniz.

40 De acuerdo con la invención, se calcula el valor de la por lo menos una variable característica a partir de por lo menos una respectiva constante óptica de todos los componentes de color de la formulación de barniz. Esto significa que mediante un modelo físico, para todos los componentes de color de la formulación de barniz en cada caso se calcula la por lo menos una constante óptica, y sobre la base de las respectivas constantes ópticas de todos los componentes de color de la formulación de barniz, se determina o calcula el valor de la por lo menos una variable característica de la formulación de barniz.

45 En el contexto de la presente invención se entiende por parámetros visuales de textura los parámetros, en particular datos del efecto de destello, carácter granuloso o aspereza de un barniz, como por ejemplo Si, Sa o Gdiff. Como ya se describió al principio, Si ("*Sparkling Intensity*") y Sa ("*Sparkling Area*") son parámetros introducidos por la compañía Byk-Gardner para la detección de un efecto de destello de un barniz. Los parámetros son determinados a partir de series de imágenes, que fueron tomadas bajo iluminación directa dirigida. Gdiff ("*granularidad difusa*") es un parámetro introducido por la compañía Byk-Gardner para describir el carácter granuloso. El parámetro es determinado a partir de una imagen que fue tomada bajo iluminación difusa. Las respectivas imágenes de una respectiva superficie de barniz son tomadas con cámaras adecuadas, que son colocadas para tomar imágenes bajo iluminación definida. Las cámaras son por regla general en cada caso parte de un espectrómetro.

55 En el marco de la presente divulgación se entiende por una propiedad óptica, una propiedad de un barniz o un valor para la descripción de una propiedad del barniz, que tiene impacto sobre una luz que incide sobre el barniz o una correspondiente superficie de barniz, es decir, por ejemplo ésta qué tanto es absorbida o reflejada y, cuando es reflejada, como es reflejada.

En el contexto de la invención presentada, se entiende por una red neuronal, una red neuronal artificial para determinar o predecir parámetros visuales de textura de una formulación de barniz de un barniz, en particular de un barniz de efecto, en donde la red neuronal se basa en una retropropagación. Al respecto, como magnitudes o señales de entrada de la red neuronal se evalúan magnitudes intermedias, que son determinadas mediante un modelo físico o matemático de una respectiva formulación de barniz. Entre ellas se cuentan en particular las constantes ópticas asignadas a la respectiva formulación de barniz así como en otra configuración, los parámetros de reflexión calculados a partir de ellas. Puesto que la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención no tiene ninguna conexión directa con los componentes individuales de color del barniz, mediante ello la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención es definida de modo menos complejo, en comparación con las redes neuronales usadas para ello hasta ahora en el estado de la técnica. Mientras los datos de entrenamiento usados en el estado de la técnica para una red neuronal se basan en datos de la formulación, es decir, en cada uno de los aproximadamente 80 a 250 componentes de color de diferentes concentraciones, los datos de entrenamiento que van a ser usados de acuerdo con la invención se basan en propiedades ópticas o datos de diferentes formulaciones de barniz conocidas. De acuerdo con ello, ya no se diferencia entre los componentes concretos de color y sus respectivas concentraciones, sino más bien entre los diferentes comportamientos ópticos causados por ellos. Puesto que este comportamiento óptico es descrito mediante menos variables características en comparación con el número de diferentes componentes de color, la red neuronal es menos compleja y por ello requiere menos datos de entrenamiento. Además, el sistema es esencialmente más tolerante o menos sensible frente a los cambios en los componentes de color, es decir, en el caso de omisión, cambio o adición de uno o más de los componentes de color que están a disposición, la red neuronal no tiene que ser configurada nuevamente (cambio de la capa para las señales de entrada) ni ser entrenada.

En el contexto de la invención presentada, se entiende por un componente de color, un componente base de un barniz o de una correspondiente formulación de barniz, como por ejemplo un pigmento de color o una cantidad de hojuelas, para generar un efecto de destello. Los conceptos "componente de color" y "colorante" son usados como sinónimos.

En el contexto de la invención presentada, se entiende por una señal de entrada por lo menos un valor, que sirve como base para determinar respectivos parámetros de textura de una formulación de barniz mediante la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención.

Para entrenar la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención, se requieren solamente informaciones sobre propiedades ópticas, que son base de una respectiva variable característica, de respectivos componentes de color de patrones de color con en cada caso formulaciones conocidas de barniz, en donde para cada uno de estos patrones de color se miden sus respectivos parámetros de textura y se asignan a la respectiva variable característica o al respectivo valor de la variable característica, que fue determinado para el respectivo patrón de color. Entonces, por conocimiento de la por lo menos una variable característica o del valor de la por lo menos una variable característica de una formulación de barniz que va a ser considerada, mediante la red neuronal pueden predecirse o determinarse los parámetros visuales de textura de la formulación de barniz. Si ya se conocen los parámetros visuales de textura de otras formulaciones de barniz, puede también verificarse y dado el caso ajustarse una y otra vez el modo de funcionamiento de la red neuronal, para alcanzar una predicción tan exacta como sea posible de los parámetros visuales de textura.

El procedimiento presentado es adecuado en particular para un cálculo de parámetros de textura de una formulación dada de barniz, que a su vez pueden ser usados a continuación como información de calidad dentro de algoritmos existentes de formulación para la formulación de barniz, en particular para un barniz de efecto.

En una configuración posible del procedimiento presentado se prevé que como señal de entrada se integre una reflexión espectral del barniz, calculada mediante un modelo físico. Puede considerarse una absorción y/o una dispersión, dado el caso dividida en una dispersión hacia adelante y una dispersión hacia atrás del barniz, para determinar la señal de entrada. También es imaginable considerar un tamaño medio de hojuelas usadas en la formulación conocida de barniz, así como una propiedad de una estructura superficial, la cual diferencia entre pigmentos planos de efecto (por ejemplo "dólares de plata") y pigmentos gruesos de efecto (por ejemplo "hojuelas de maíz") y una magnitud que describe una alineación media de los pigmentos de efecto, en relación con una respectiva superficie del barniz. Así mismo, puede considerarse un coeficiente de transmisión del barniz, que por regla general está entre 0 y 1, cuando se determina la señal de entrada.

Mediante el uso de magnitudes intermedias o variables características determinadas a partir de las formulaciones de barniz y las propiedades ópticas, es decir, por ejemplo de las constantes ópticas, de respectivos componentes de color de las formulaciones de barniz como señales de entrada para la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención para la determinación de parámetros visuales de textura de las respectivas formulaciones de barniz, puede muy en general definirse o entrenarse la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención. Esto significa que, contrario a un entrenamiento específico de una red neuronal sobre un número fijo preestablecido de componentes de color, que causa una configuración muy rígida y específica de una respectiva red neuronal, puede tener lugar un entrenamiento generalizado sobre la base de

las propiedades ópticas de las respectivas formulaciones de barniz. Un entrenamiento generalizado sobre la base de las propiedades ópticas causa que surja una red neuronal muy universal, que no está ajustada específicamente a un número fijo preestablecido y selección de componentes de color, sino también para un cambio, cancelación o sustitución de respectivos componentes de color sin entrenamiento adicional para la predicción de respectivos parámetros de textura de una formulación dada de barniz.

Mediante el uso de señales de entrada determinadas a base de propiedades ópticas para la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención, se reduce notablemente un esfuerzo para un entrenamiento de la red neuronal, respecto a un esfuerzo de entrenamiento para una red neuronal que se basa en concentraciones de respectivos componentes de color de correspondientes formulaciones conocidas de barniz. Mientras, dependiendo del número y tipo de respectivos componentes de color, se considera una multiplicidad de parámetros durante el entrenamiento sobre la base de concentraciones de respectivos componentes de color, mediante el uso de señales de entrada determinadas sobre la base de propiedades ópticas, se requiere sólo un número relativamente pequeño de parámetros, que causa un correspondiente número pequeño de neuronas en la capa de entrada, es decir, la primera capa de la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención.

En otra configuración posible del procedimiento presentado, se prevé que, para el caso en que cambien, se reemplacen o eliminen respectivos componentes de color del barniz, los parámetros visuales de textura son determinados con la ayuda de la por lo menos una variable característica o del valor correspondiente de la por lo menos una variable característica, también sin nuevo entrenamiento.

En particular se prevé que la variable característica suministrada de acuerdo con la invención es elegida de modo que la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención es tan tolerante como es posible frente a los cambios en el número o la configuración de respectivos componentes de color de un barniz o de una formulación de barniz. Al respecto, se prevé que la variable característica o la propiedad óptica subyacente a la por lo menos una variable característica es elegida de modo que ésta es tan abstracta como es posible, es decir, no está conectada de manera directa con las concentraciones de los respectivos componentes de color de la respectiva formulación de barniz y no obstante es adecuada para describir los efectos de los componentes de color en los parámetros visuales de textura. Una posibilidad para una variable característica tal es la elección de una magnitud característica sobre la base de constantes ópticas de una respectiva formulación de barniz, como por ejemplo un valor medio ponderado con la concentración de los respectivos componentes de color de la formulación de barniz, de la componente K de absorción y de la componente S de dispersión de acuerdo con la teoría de Kubelka-Munk, de los componentes individuales de color. Otras magnitudes características se derivan del espectro de reflexión de la formulación de barniz predicho con el modelo físico mencionado anteriormente, por ejemplo las coordenadas en el espacio de color  $L^*a^*b^*$ .

La variable característica suministrada de acuerdo con la invención sirve como elemento de control para el ajuste de una tolerancia de la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención, frente a cambios en la señal de entrada de la red neuronal. Si se elige la variable característica muy estrecha, es decir, si es ajustada específicamente a los respectivos componentes de color, ante cambios en los componentes de color de un respectivo barniz, una red neuronal correspondiente calculará parámetros de textura falsos o inválidos, si los componentes de color cambiados ya no fueran parte de una carga de datos de entrenamiento de la red neuronal. Si por el contrario se elige la variable característica muy abstracta, es decir tan universal como sea posible, una correspondiente red neuronal determinará también entonces parámetros de textura confiables, si ocurren cambios en los componentes de color, que no fueran parte de la carga de datos de entrenamiento de la red neuronal.

En otra configuración posible del procedimiento presentado se prevé que la por lo menos una variable característica sea determinada mediante un modelo matemático o físico, sobre la base de parámetros de la pluralidad de componentes de color de la formulación de barniz, medidos mediante por lo menos un sensor.

Obviamente la variable característica suministrada de acuerdo con la invención también puede ser determinada, por ejemplo calculada partiendo de una medición, por ejemplo una medición con un espectrofotómetro, mediante un paso intermedio antes de que la variable característica sea usada como señal de entrada para la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención. Al respecto, la variable característica puede ser usada en sí misma como señal de entrada o usada para determinar la señal de entrada, por ejemplo mediante cálculos con un modelo matemático o físico.

Es imaginable que la variable característica suministrada de acuerdo con la invención comprenda una multiplicidad de parámetros, es decir, un conjunto de parámetros. De este modo, pueden usarse por ejemplo una constante óptica y un espectro de reflexión de un respectivo componentes de color, juntos para formar la variable característica suministrada de acuerdo con la invención.

En otra configuración posible del procedimiento presentado, se prevé que la por lo menos una propiedad óptica que es descrita por la por lo menos una variable característica sea elegida de entre la siguiente lista de propiedades ópticas: reflexión espectral de un barniz o de una formulación de barniz, constante óptica de por lo menos un componente de color de un número de componentes de color del barniz, espectro de reflexión

predicho mediante un modelo físico de por lo menos un componente de color del barniz, componente K de absorción de acuerdo con la teoría de Kubelka-Munk, componente S de dispersión de acuerdo con la teoría de Kubelka-Munk y por lo menos una variable característica óptica calculada a partir de las respectivas constantes ópticas del número de componentes de color del barniz. Se entiende por una constante óptica por ejemplo un coeficiente de absorción, un coeficiente de transmisión y/o un coeficiente de dispersión.

En general, para determinar el valor de la variable característica suministrada acuerdo con la invención son adecuados todos los datos industriales adecuados para la descripción de propiedades ópticas de por lo menos un componente de color del número de componentes de color del barniz. En particular se prevé que para la determinación de una variable característica óptica calculada a partir de las respectivas constantes ópticas de los componentes de color del número de componentes de color, se use un valor medio ponderado de los respectivos coeficientes de absorción y dispersión de los componentes de color del barniz o se elija como variable característica en sí misma el valor medio ponderado de los respectivos coeficientes de absorción y dispersión de los componentes de color del barniz.

En otra configuración posible del procedimiento presentado, se prevé que como propiedad óptica se elijan coordenadas del espacio de color, derivadas de los espectros de reflexión de la pluralidad de componentes de color del barniz predichos mediante el modelo físico.

Las coordenadas del espacio de color son adecuadas para la predicción de los efectos de respectivos componentes de color sobre un espectro de reflexión de un respectivo barniz. De modo correspondiente, pueden usarse datos de las coordenadas del espacio de color también durante la determinación de parámetros de textura de un barniz respectivo. Como coordenadas del espacio de color derivadas y de modo correspondiente como magnitudes de entrada para la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención, pueden elegirse valores que van a ser calculados a partir de valores de reflexión de un componente de color, por regla general a partir de respectivos valores de reflexión de todos los componentes de color de una formulación de barniz, de la siguiente lista de valores o de una combinación de ellos: coordenadas del espacio de color en un espacio de color  $L^*a^*b^*$ , coordenadas del espacio de color en un espacio de color rojo-verde-azul (RGB), en particular coordenadas del espacio de color en un espacio de color estándar de rojo-verde-azul (sRGB). Además, adicional o alternativamente, como magnitud de entrada para la red neuronal puede usarse un valor medio de reflexión (promedio R) de los componentes de color de la formulación de barniz y/o un índice Flop de la formulación de barniz, el cual indica un curso del brillo y/o del color o respectivos cambios de ellos.

Además, como valores calculados mediante un modelo físico, de por lo menos una variable característica que describe por lo menos una propiedad óptica de una formulación de barniz, es decir de por lo menos de un componente de color, por regla general de todos los componentes de color de la formulación de barniz y de modo correspondiente como magnitudes de entrada de la red neuronal suministrada de acuerdo con la invención, pueden elegirse valores que se basan en propiedades ópticas, de la siguiente lista de valores o de una combinación de ellos: Coeficiente de transmisión, dispersión hacia adelante, dispersión hacia atrás, absorción media y/o dispersión media de acuerdo con Kubelka y Munk, y orientación o alineación de hojuelas o pigmentos de brillo dado el caso presentes, respecto a una superficie virtual de barniz.

Es imaginable suministrar una multiplicidad de diferentes magnitudes de entrada para la red neuronal.

En otra configuración posible del procedimiento presentado se prevé que mediante parámetros de textura predichos mediante el uso de la red neuronal para una multiplicidad de formulaciones de barniz preestablecidas, se elige una formulación de barniz para un barniz, cuyos parámetros de textura muestran una desviación tan baja como sea posible respecto a los parámetros de textura de un barniz objetivo preestablecido.

Mediante el procedimiento suministrado de acuerdo con la invención es posible predecir parámetros de textura para una multiplicidad de formulaciones de barniz preestablecidas, sin tener que fabricar un respectivo barniz de acuerdo con las respectivas formulaciones de barniz. En virtud de parámetros de textura de la multiplicidad de formulaciones de barniz puede elegirse una formulación de barniz de entre la multiplicidad de formulaciones de barniz, cuyos parámetros de textura muestran una desviación tan pequeña como sea posible respecto a parámetros de textura de un barniz objetivo preestablecido. Esto significa que mediante el uso del procedimiento de acuerdo con la invención pueden predecirse parámetros de textura para una multiplicidad de formulaciones de barniz, sin que en costosas series de prueba tengan que mezclarse respectivos barnices de acuerdo con las respectivas formulaciones de barniz de la multiplicidad de formulaciones de barniz, tengan que aplicarse sobre chapas de prueba y tengan que medirse o investigarse ópticamente. Más bien, mediante el uso de parámetros de textura determinados mediante el procedimiento de acuerdo con la invención, en un procedimiento completamente virtual, por ejemplo con propósitos de simulación, es decir para la simulación de barnices correspondientes, partiendo de una multiplicidad de formulaciones de barniz preestablecida, puede determinarse la formulación de barniz cuyos parámetros de textura muestran una desviación tan pequeña como es posible respecto a parámetros de textura de un barniz objetivo.

Para la predicción de parámetros de textura de un barniz a base de una formulación de barniz preestablecida y sin tener que fabricar en la realidad el barniz de acuerdo con la formulación de barniz, en primera instancia

- se determinan o calculan respectivas constantes ópticas mediante el uso de un modelo físico para los respectivos componentes de color comprendidos por la formulación de barniz y/o magnitudes calculadas a partir de datos de color y de ellos por lo menos una variable característica para la formulación de barniz. En el cálculo de la por lo menos una variable característica para la formulación de barniz se incluyen, aparte de las
- 5 respectivas constantes ópticas de los componentes de color, por regla general las respectivas concentraciones de los respectivos componentes de color preestablecidos mediante la formulación de barniz, como es el caso por ejemplo para el valor medio ya mencionado de los componentes de absorción y de los componentes de dispersión de los componentes de color individuales, ponderado con la respectiva concentración de los respectivos componentes de color de la formulación de barniz, de acuerdo con el modelo de Kubelka-Munk.
- 10 El procedimiento presentado puede ser usado en particular para la simulación de barnices, en la cual se comparan mutuamente diferentes barnices a base de las formulaciones de barniz virtualmente puro que son subyacentes en cada caso a aquellos, sin mezclar los correspondientes barnices de acuerdo con las respectivas formulaciones de barniz y sin aplicarlo sobre una chapa de muestra.
- 15 Además, la presente invención se refiere a un producto de programa de ordenador con un medio que puede ser leído por ordenador, y un programa de ordenador con medios de código de programa almacenado en el medio que puede ser leído por ordenador, que está configurado para realizar todas las etapas del procedimiento implementadas por ordenador del procedimiento de acuerdo con la invención descrito anteriormente, en el curso del programa de ordenador en una unidad de cálculo.
- 20 El producto de programa de ordenador presentado sirve en particular para realizar el procedimiento presentado y el programa de ordenador puede ser almacenado por ejemplo en un soporte de datos que puede ser leído por ordenador.
- A partir de la descripción y del dibujo acompañante resultan otras ventajas y configuraciones de la invención.
- La invención es representada esquemáticamente en virtud de ejemplos de realización en los dibujos y es descrita detalladamente a continuación haciendo referencia a los dibujos.
- 25 La figura 1 muestra una vista esquemática superior de una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.
- La figura 2 muestra una representación esquemática de un curso de otra forma posible de realización del procedimiento de acuerdo con la invención.
- 30 Partiendo de una formulación 1 de color o de barniz para un barniz, mediante un modelo 3 físico se determinan valores de variables 5 características, que describen propiedades ópticas características del barniz o del número de componentes de color del barniz o de al menos una parte del número de componentes de color del barniz, como por ejemplo un componente S 5\_1 de dispersión y/o un componente K 5\_2 de absorción de acuerdo con Kubelka-Munk.
- 35 Sobre la base de los valores de las variables 5 características se generan una o varias señales de entrada para una red 7 neuronal suministrada de acuerdo con la invención. La red neuronal asigna a la señal de entrada o a las señales de entrada y, causado por ello, a la formulación 1 de barniz, parámetros 9 visuales de textura, como por ejemplo carácter 9\_1 granuloso, indicado por ejemplo por el parámetro Gdiff de textura, y/o el efecto 9\_2 de destello, indicado por ejemplo por el parámetro Si de textura. Esta asignación que se va a realizar por la red 7 neuronal es indicada en la figura 1 por las líneas onduladas. De modo correspondiente, mediante la
- 40 red 7 neuronal pueden elegirse los correspondientes parámetros 9 de textura o sus respectivos valores de la formulación 1 de barniz.
- Puesto que los parámetros 9 de textura son determinados o predichos sobre la base de propiedades físicas características, en particular ópticas, no es necesario un entrenamiento exacto de la red 7 neuronal con respectivas concentraciones de componentes de color de la formulación 1 de barniz. Más bien, para determinar
- 45 el parámetro de textura es suficiente un conocimiento sobre las propiedades características del número de componentes de color formulación 1 de color o de barniz conocida. Esto significa que la red 7 neuronal es robusta frente a cambios de componentes de color de la formulación 1 de barniz, y solamente requiere informaciones sobre las propiedades físicas características de respectivos componentes de color nuevos que dado el caso aparecen, para determinar correspondientes parámetros 9 de textura.
- 50 En la figura 2 se representa un diagrama de flujo para la ejecución de una forma de realización del procedimiento presentado. Partiendo de una formulación 11 de barniz, en un paso 13 operativo mediante un modelo físico de propiedades físicas u ópticas de respectivos componentes de color, como por ejemplo pigmentos o las denominadas "hojuelas", es decir, componentes metálicos de destello de la formulación 11 de barniz, se determinan variables características o valores de variables características de propiedades ópticas
- 55 de los respectivos componentes de color y, sobre la base de ellos, por lo menos una variable característica o su valor que describe por lo menos una propiedad óptica de la totalidad de la formulación 11 de barniz. Al respecto, el modelo físico puede formarse por ejemplo sobre la base del modelo de acuerdo con Kubelka y

Munk, como se indica a modo de ejemplo mediante la ecuación (1). Para calcular la por lo menos una variable característica, que describe las propiedades ópticas de la formulación 11 de barniz, se determinan propiedades ópticas de respectivos componentes de color de la formulación de barniz y, por ejemplo, en función de las concentraciones de los respectivos componentes de color preestablecidas por la formulación de barniz, en la predicción de propiedades ópticas se considera la totalidad de la formulación de barniz.

$$\frac{K}{S} = \frac{c_1 k_1 + c_2 k_2 + \dots + c_s k_s}{c_1 s_1 + c_2 s_2 + \dots + c_s s_s} \quad (1)$$

En la ecuación (1), "K" representa un componente de absorción o un coeficiente de absorción y "S" representa un componente de dispersión o un coeficiente de dispersión de una formulación de barniz, "c<sub>1</sub>", "c<sub>2</sub>"..., "c<sub>s</sub>" son concentraciones de respectivos pigmentos de la formulación de barniz, "k<sub>1</sub>", "k<sub>2</sub>" ..., "k<sub>s</sub>" son coeficientes de absorción de los respectivos pigmentos y "s<sub>1</sub>", "s<sub>2</sub>" ..., "s<sub>s</sub>" son coeficientes de dispersión de los respectivos pigmentos.

Mediante el modelo físico, que se basa en propiedades físicas de respectivos componentes de color de una formulación de barniz, pueden determinarse una o varias variables características, que describen propiedades ópticas, como por ejemplo una reflexión espectral de un barniz formado a base de una respectiva formulación de barniz, una o varias respectivas constantes ópticas de componentes de color de una respectiva formulación de barniz, un espectro de reflexión de por lo menos uno o todos los componentes de color de una respectiva formulación de barniz, un componente de absorción K del barniz de acuerdo con Kubelka-Munk o un componente de dispersión S del barniz de acuerdo con Kubelka-Munk.

Las variables características de la formulación de barniz o sus valores, determinadas en el paso 13 operativo, son alimentadas como señales de entrada o magnitudes de entrada a un aprendizaje automático en forma de una red neuronal, es decir, a una red neuronal.

Mediante la red neuronal, que en virtud de una multiplicidad de asignaciones conocidas de valores de respectivas variables características fue entrenada hasta dar parámetros de textura, en un paso 15 de cálculo se asignan parámetros de textura a las variables características recibidas o a los valores recibidos de las respectivas variables características, de acuerdo con un esquema determinado durante el entrenamiento. Los parámetros de textura asignados mediante la red neuronal a las variables características o a los valores recibidos de las variables características son entregados en un paso 17 de entrega o depositados en una memoria. Esto significa que mediante el procedimiento de acuerdo con la invención pueden determinarse o predecirse parámetros de textura para una formulación de barniz, sin que mediante un aparato de medición tengan que determinarse parámetros ópticos de un barniz correspondiente a la formulación de barniz.

Puesto que los parámetros de textura son determinados sobre la base de variables características que describen propiedades ópticas de la formulación de barniz, la determinación de los parámetros de textura, es decir, la asignación de los parámetros de textura a las variables características o a respectivos valores de las variables características, ocurre independientemente de componentes individuales concretos de la formulación 11 de barniz, como por ejemplo datos de concentración de componentes de color requeridos para la mezcla de un barniz de acuerdo con la formulación de barniz, como por ejemplo pigmentos. Debido a esta desconexión de la determinación de los parámetros de textura de componentes individuales de color de la formulación 11 de barniz y de sus concentraciones, el procedimiento de acuerdo con la invención puede también ser realizada entonces mediante la misma red neuronal, es decir, sin que sea necesario un nuevo entrenamiento de la red neuronal, cuando cambian componentes de color de la formulación de barniz y/o sus concentraciones.

Las variables características entregadas a la red neuronal como magnitudes de entrada, o sus valores, describen propiedades ópticas de un barniz y son determinadas como magnitudes intermedias mediante un modelo físico de una respectiva formulación de barniz, como por ejemplo las constantes ópticas asignadas a la respectiva formulación de barniz o parámetros de reflexión o componentes de absorción y/o de dispersión calculados a partir de ellos. Debido a las variables características que se basan en las propiedades ópticas, puede reducirse claramente el número de los valores de entrada entregados a la red neuronal, es decir los respectivos valores de las variables características, respecto a una red neuronal, que asigna respectivos parámetros de textura a una formulación de barniz sobre la base de todos los componentes de color usados, como magnitudes de entrada, de modo que una correspondiente red neuronal es menos compleja y de modo correspondiente más eficiente, es decir más rápida y robusta, es decir tolerante respecto a los cambios en por ejemplo una formulación de barniz, en comparación con una red neuronal formada con componentes de color o concentraciones de los componentes de color como valores de entrada.

A través del paso 13 operativo que antecede al paso 15 de cálculo, ocurre un desacoplamiento del paso 15 de cálculo frente a componentes individuales de la formulación 11 de barniz. Debido a este desacoplamiento, los cambios de la formulación 11 de barniz, por ejemplo debidos a una falta de un pigmento, no conducen a un cambio de la red neuronal. Si, por ejemplo, falta un componente de color de la formulación de color entregada originalmente o éste es reemplazado por otros componentes de color, entonces ya en el paso 13 operativo éste

es considerado para el cálculo o determinación de las propiedades ópticas de los respectivos componentes de color y, basado en ellas, del valor de la por lo menos una variable característica de la formulación cambiada de barniz. Al respecto, aunque cambie el valor de la variable característica, no se cambia la naturaleza o tipo de la variable característica, es decir, si es por ejemplo un componente de absorción o de dispersión que sirve como magnitud de entrada para la red neuronal. De acuerdo con ello, no tiene que configurarse de nuevo la red neuronal, dado el caso cambia solamente el valor de la correspondiente magnitud de entrada. En el paso 5 15 de cálculo, a pesar de un cambio en la formulación 11 de barniz, esto conduce a una asignación correspondiente correcta de parámetros de textura, como por ejemplo una intensidad de destello, es decir a una "intensidad de destello", una superficie de destello, es decir un "área de destello" o una distribución de un grano, es decir una "granularidad difusa". 10

**REIVINDICACIONES**

1. El procedimiento para predecir parámetros (9) visuales de textura de un barniz, con una formulación (1) conocida de barniz en el cual, sobre la base de una pluralidad de diferentes componentes de color usados en la formulación (1) de barniz, mediante una red (7) neuronal artificial se determinan parámetros (9) visuales de textura del barniz, en donde para la formulación (1) de barniz conocida mediante un modelo (3) físico, que se basa en propiedades físicas de los respectivos componentes de color de una formulación de barniz, se determina un valor de por lo menos una variable (5) característica que describe por lo menos una propiedad óptica, es asignado a la formulación (1) de barniz conocida y es transmitido a la red (7) neuronal artificial como señal de entrada para determinar los parámetros (9) visuales de textura, en donde el valor determinado y asignado a la formulación conocida de barniz describe la por lo menos una propiedad óptica para la formulación (1) de barniz, en donde para un entrenamiento de la red (7) neuronal se usan patrones de color con en cada caso una formulación de barniz conocida, con una pluralidad de componentes de color, en donde para cada uno de los patrones de color se miden sus respectivos parámetros visuales de textura y se asignan a un valor de la por lo menos una variable característica determinado para la correspondiente respectiva formulación de barniz, que describe la por lo menos una propiedad óptica para la respectiva formulación de barniz

en donde los parámetros visuales de textura son elegidos de entre la siguiente lista de parámetros de textura o una combinación de ellos: intensidad de destello, superficie de destello o distribución de un grano

caracterizado porque se calcula el valor de la por lo menos una variable característica para una respectiva formulación de barniz, calculando mediante el modelo físico para todos los componentes de color de la respectiva formulación de barniz, en cada caso por lo menos una constante óptica, y sobre la base de las respectivas constantes ópticas de todos los componentes de color de la formulación de barniz, se calcula el valor de la por lo menos una variable característica de la formulación de barniz, y

la red (7) neuronal artificial no tiene ninguna conexión directa con componentes individuales de color de un respectivo barniz y los datos de entrenamiento que van a ser usados se basan solamente en la por lo menos una propiedad óptica de diferentes formulaciones de barniz conocidas.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en donde como señal de entrada se usa una reflexión espectral y/o un componente de absorción y/o un componente de dispersión del barniz calculadas mediante el modelo (3) físico.

3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde, para el caso en que se alteren, cambien o eliminen uno o varios componentes de color de la formulación de barniz del barniz, los parámetros (9) visuales de textura del barniz son determinados sin nuevo entrenamiento de la red (7) neuronal, en donde para la nueva formulación de barniz conocida del barniz se determina un nuevo valor de la por lo menos una variable (5) característica que describe la por lo menos una propiedad óptica, que es asignado a la nueva formulación de barniz conocida y es transmitido a la red (7) neuronal como señal de entrada para determinar los parámetros (9) visuales de textura, en donde el nuevo valor de la por lo menos una variable (5) característica que describe la por lo menos una propiedad óptica, describe la por lo menos una propiedad óptica para la nueva formulación de barniz conocida.

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes en el cual, mediante el modelo (3) físico, para las respectivas formulaciones de barniz conocidas se determina el respectivo valor de la por lo menos una variable característica, sobre la base de parámetros medidos mediante por lo menos un sensor, de la pluralidad de componentes de color usados para la respectiva formulación de barniz conocida.

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual como por lo menos una variable (5) óptica característica, calculada a partir de las constantes ópticas de la pluralidad de componentes de color de una respectiva formulación de barniz, se elige un valor medio ponderado de los respectivos coeficientes de absorción y dispersión de la pluralidad de componentes de color de la respectiva formulación de barniz.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual como propiedad óptica se eligen coordenadas del espacio de color derivadas de los espectros de reflexión de la pluralidad de componentes de color de la respectiva formulación de barniz, predichas mediante el modelo (3) físico.

7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual mediante parámetros de textura predichos para una multiplicidad de formulaciones conocidas de barniz, se elige una formulación de barniz para un barniz, cuyos parámetros de textura muestran una desviación tan baja como sea posible frente a los respectivos parámetros de textura de un barniz objetivo preestablecido.

8. Producto de programa de ordenador con un medio que puede ser leído por ordenador y un programa de ordenador con medios de código de programa, almacenado en el medio que puede ser leído por ordenador, que están configurados para realizar un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el curso del programa de ordenador sobre una unidad de cálculo.

9. Producto de programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 8, en el cual el programa de ordenador es almacenado en un soporte de datos que puede ser leído por ordenador.

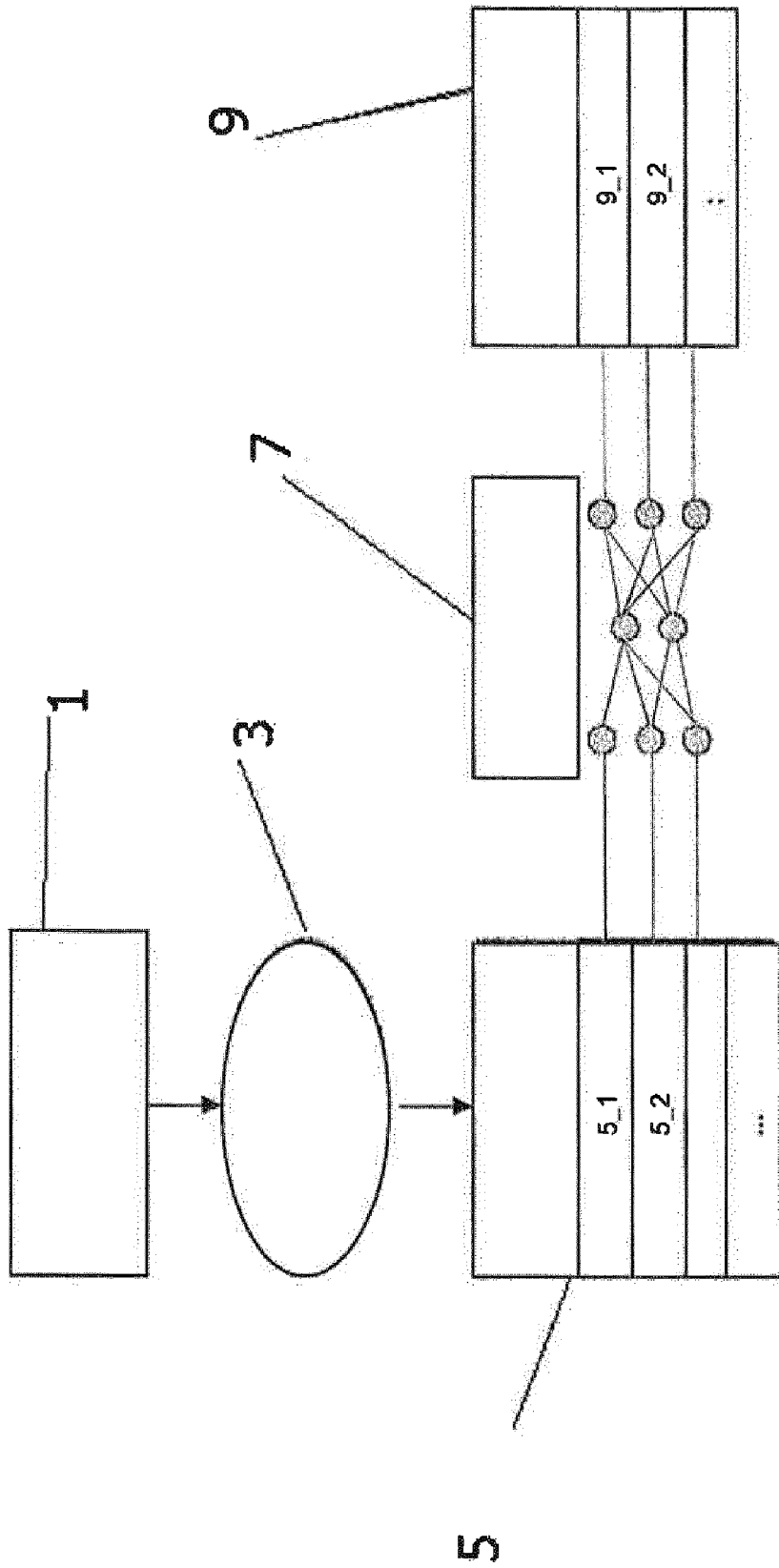


Fig. 1

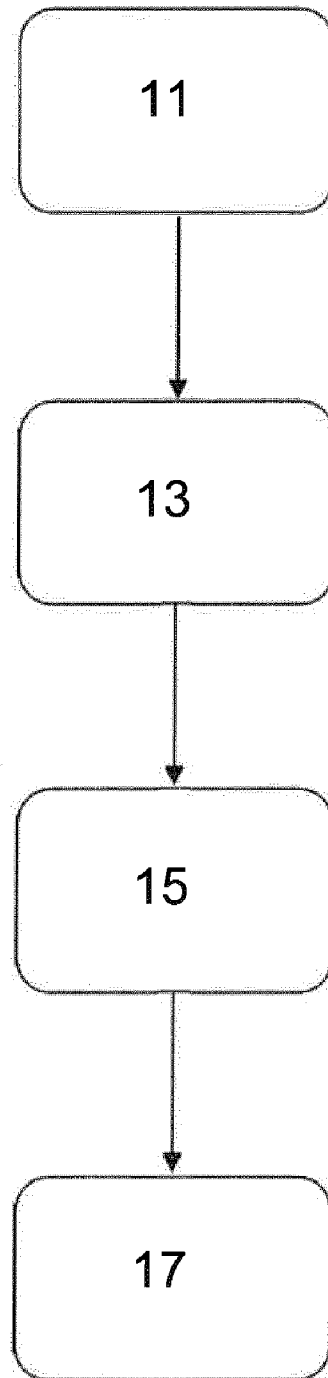


Fig. 2