

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 488**

51 Int. Cl.:

B29D 11/00 (2006.01)

B29L 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2016** E 16195137 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020** EP 3311994

54 Título: **Procedimiento de impresión 3D para la producción de un cristal de gafas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2020

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH
(100.0%)
Turnstrasse 27
73430 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

**VON BLANCKENHAGEN, BERNHARD;
TOTZECK, MICHAEL y
GLÖGE, THOMAS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 773 488 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 de impresión 3D para la producción de un cristal de gafas

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de impresión 3D, para la producción de un cristal de gafas.

En los cristales de gafas se diferencia entre cristales de gafas sin efecto dióptrico nominal y cristales de gafas correctores, es decir cristales de gafas con efecto dióptrico. El efecto dióptrico es según la norma DIN EN ISO 13666 el término genérico para el efecto de enfoque y el prismático de un cristal de gafas.

10 En los cristales de gafas correctores se diferencia además entre cristales de gafas monofocales y cristales de gafas multifocales. Un cristal de gafas monofocal es un cristal de gafas, en el que solo existe un efecto dióptrico. Un cristal de gafas multifocal es un cristal de gafas, en el que existen dos o más zonas diferentes con diferentes efectos dióptricos en el cristal de gafas.

15 Qué forma tiene que obtener el cristal de gafas en su superficie delantera y/o superficie trasera, para obtener la corrección óptica deseada, se determina de manera decisiva por el material de trabajo, a partir del cual se fabrique el cristal de gafas. A este respecto, el parámetro más importante es el índice de refracción del material de trabajo utilizado. Mientras que en el pasado los cristales de gafas se han producido principalmente a partir de cristales
20 minerales, en particular vidrios *crow*n (número de Abbe > 55) y vidrios *flint* (número de Abbe < 50), entretanto pueden obtenerse cristales de gafas a partir de un gran número de materiales orgánicos. El índice de refracción de los cristales minerales adecuados para cristales de gafas puede ser mayor que el índice de refracción de los materiales orgánicos que pueden usarse para cristales de gafas. Los cristales de gafas a base de cristales minerales se caracterizan en particular por su alta resistencia al rayado y buena resistencia a los productos químicos. En
25 comparación con esto, los cristales de gafas a base de materiales orgánicos se caracterizan en particular por su menor peso específico y su alta resistencia a la rotura.

Los cristales de gafas a base de cristales minerales se generan regularmente mediante un mecanizado
30 mecánicamente abrasivo a máquina de una pieza bruta de cristal de gafas. En una pieza bruta de cristal de gafas ni la superficie delantera ni la superficie trasera corresponde ya a las superficies objetivo ópticamente eficaces, definitivas. La superficie óptica de un cristal de gafas prevista para la disposición en el lado de objeto se denomina superficie delantera, la superficie óptica de un cristal de gafas prevista para la disposición en el lado de ojo se denomina superficie trasera. La superficie que se encuentra entremedias que o bien forma directamente un canto o bien limita indirectamente a través de una superficie de canto en un lado de extremo con la superficie delantera y en
35 el otro lado de extremo con la superficie trasera se denomina superficie de borde cilíndrica. Los términos definidos anteriormente superficie delantera, superficie trasera y superficie de borde cilíndrica se usan a continuación de manera análoga para productos semielaborados de cristal de gafas y productos elaborados de cristal de gafas.

Los cristales de gafas a base de materiales orgánicos se moldean, por ejemplo, como productos semielaborados de
40 cristal de gafas con superficies delanteras esféricas, esféricas con simetría de rotación o progresivas en producción en masa en formas primitivas con cubetas de molde de superficie delantera y trasera, que están separadas entre sí por medio de una junta anular formando un espacio hueco, tal como se describe, por ejemplo, en el documento JP 2008191186 A. La superficie trasera de un producto semielaborado de cristal de gafas así producido puede mecanizarse, por ejemplo, mecánicamente de manera abrasiva a máquina obteniendo un producto elaborado de
45 cristal de gafas.

Los productos semielaborados de cristal de gafas, también denominados productos semielaborados, son piezas
50 brutas de cristal de gafas, cuya superficie delantera o superficie trasera ya corresponde a la superficie objetivo ópticamente eficaz, definitiva. Los productos elaborados de cristal de gafas, también denominados productos elaborados o cristales de gafas terminados, son cristales de gafas, cuya superficie delantera y trasera ya es la superficie objetivo ópticamente eficaz, definitiva. Los productos elaborados de cristal de gafas pueden moldearse o bien, por ejemplo, como productos elaborados de cristal de gafas, por ejemplo, en formas primitivas con cubetas de molde de superficie delantera y trasera, que están separadas entre sí por medio de una junta anular formando un espacio hueco, o bien fabricarse por medio de un proceso Rx. Los productos elaborados de cristal de gafas además
55 por regla general se conforman en el borde, es decir se llevan mediante mecanizado de borde al tamaño y a la forma adaptados a la montura de gafas, definitivos.

El documento WO 2016/003275 A1 da a conocer un procedimiento para imprimir una estructura de lente
60 tridimensional con ayuda de un sustrato, presentando el sustrato una superficie definida. La superficie del sustrato puede estar ocupada con una capa intermedia de un polímero termoendurecible o endurecible mediante UV líquido, que posibilita una adaptación perfecta de los fragmentos aplicados del proceso de impresión. Dos de los elementos de lente pueden ensamblarse a través de su superficie plana opuesta al sustrato. Entre los dos elementos de lente puede estar dispuesta entonces al menos una capa funcional, tal como, por ejemplo, un filtro o un polímero eléctricamente conductor. El documento WO 2016/003275 A1 no habla de cristales de gafas.

65

5 El documento US 2006/0065989 A1 da a conocer un procedimiento para la producción de una lente, en el que en primer lugar se aplica una capa de barniz duro, una capa antirreflectante o una capa antirreflectante y una capa de barniz duro sobre una superficie del molde de fundición antes de que este se llene de una mezcla monomérica líquida. Tras el endurecimiento de la mezcla monomérica se extrae la lente recubierta por un lado del molde de fundición.

10 El documento US 2011/0228214 A1 da a conocer un cristal de gafas con una capa antirreflectante, que tanto bajo iluminación con un espectro de luz del día natural como bajo iluminación con un espectro de iluminación que difiere del espectro de luz del día natural genera un reflejo residual que tiene aspecto neutro para el color.

15 El documento WO 2016/094706 A1 da a conocer un nanocompuesto líquido endurecible para la producción aditiva de lentes, comprendiendo el nanocompuesto uno o varios monómeros u oligómeros reticulables, un fotoiniciador y nanopartículas. El nanocompuesto comprende aproximadamente del 70 al 98% en peso, del 75 al 95% en peso, del 80 al 95% en peso, del 80 al 90% en peso o del 82 al 97% en peso, con respecto al peso total del nanocompuesto endurecible, de monómeros reticulables. El nanocompuesto contiene aproximadamente del 70 al 98% en peso, del 75 al 95% en peso, del 80 al 95% en peso, del 80 al 90% en peso o del 82 al 97% en peso, con respecto al peso total del nanocompuesto endurecible, de monoacrilatos. El nanocompuesto contiene aproximadamente del 30 al 60% en peso, aproximadamente del 35 al 50% en peso o aproximadamente del 35 al 45% en peso de monoacrilatos. El nanocompuesto contiene diacrilatos y triacrilatos en una cantidad total de desde aproximadamente el 10 hasta el 50% en peso, aproximadamente del 15 al 45% en peso o aproximadamente del 20 al 40% en peso. El nanocompuesto contiene tanto monómeros como oligómeros reticulables en un porcentaje de más de aproximadamente el 70% en peso, preferiblemente más de aproximadamente el 75% en peso, por ejemplo, aproximadamente del 75 al 99% en peso, aproximadamente del 75 al 95% en peso o aproximadamente del 80 al 90% en peso.

25 El documento US 2016/01114542 da a conocer un procedimiento de impresión 3D para la producción de un cristal de gafas.

30 El objetivo de la presente invención era proporcionar un procedimiento, que posibilite una elaboración *in situ* de un cristal de gafas.

Este objetivo se alcanzó proporcionando un procedimiento para la producción de un cristal de gafas, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- 35 i. proporcionar un sustrato recubierto imprimible, estando ocupado el sustrato opcionalmente con una capa adhesiva desprendible y seleccionándose el recubrimiento del sustrato del grupo compuesto por al menos una capa de barniz duro, al menos una capa antirreflectante, al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor, al menos una capa antiempañamiento y/o al menos una capa Clean Coat,
- 40 ii. proporcionar un modelo tridimensional del cristal de gafas,
- iii. cortar digitalmente el modelo tridimensional de la etapa ii. en estratos bidimensionales individuales,
- 45 iv. proporcionar al menos una tinta de impresión 3D,
- 50 v. endurecer el cristal de gafas, pudiendo tener lugar el endurecimiento tras la aplicación de elementos de volumen individuales o tras la aplicación de un estrato de elementos de volumen en cada caso completa o parcialmente, y pudiendo completarse el endurecimiento parcial tras la finalización del proceso de impresión,
- 55 vi. opcionalmente fresar y/o rectificar y/o torneer y/o pulir la superficie del cristal de gafas obtenida en la etapa vi., que no limita con el sustrato,
- vii. desprender el cristal de gafas obtenido en la etapa vii. junto con el recubrimiento del sustrato,
- viii. opcionalmente recubrir la superficie del cristal de gafas dirigida en sentido opuesto al sustrato, opcionalmente conformar el borde del cristal de gafas obtenido en la etapa ix.

60 Perfeccionamientos preferidos se indican en las reivindicaciones dependientes.

La presente invención se refiere exclusivamente a cristales de gafas, no a lentes de contacto.

65 La construcción de un cristal de gafas según la invención tiene lugar por medio de un procedimiento de impresión 3D mediante la impresión de un sustrato recubierto previamente. A este respecto, el sustrato recubierto previamente

define la topografía superficial de aquella superficie del cristal de gafas, que limita con el sustrato recubierto previamente. La superficie del cristal de gafas opuesta a esta superficie puede construirse de manera dirigida por medio de un procedimiento de impresión 3D. En el caso del procedimiento de impresión 3D se trata de un procedimiento de producción aditivo, en el que la topografía superficial deseada de una de las superficies del cristal de gafas se produce exclusivamente mediante aplicación de material. La forma tridimensional del cristal de gafas que debe imprimirse, que también puede tener en cuenta aspectos adaptados individualmente, tal como, por ejemplo, el diámetro, el radio de curvatura o valores recetados individuales, tal como, por ejemplo, una superficie progresiva con valor de progresión predeterminado y la evolución del canal de progresión, se corta en primer lugar digitalmente en estratos horizontales, bidimensionales. La información sobre los estratos bidimensionales individuales, que deben imprimirse unos encima de otros, se pone a disposición de la impresora 3D y con ello se construye el cristal de gafas a partir de la suma de los estratos bidimensionales individuales. Un estrato que debe imprimirse comprende la disposición yuxtapuesta de elementos de volumen - es decir la disposición yuxtapuesta de tinta de impresión 3D tras su emisión desde un cabezal de impresión adecuado para la impresión 3D en una superficie, dependiendo las dimensiones de los elementos de volumen entre otros del diámetro de las boquillas de cabeza de impresión. El elemento de volumen más pequeño posible corresponde al volumen de una gota de tinta de impresión 3D. Pueden disponerse unos encima de otros, es decir imprimirse unos encima de otros, varios estratos de elementos de volumen dispuestos unos al lado de otros. La extensión en cuanto a superficie y el número de los estratos que deben imprimirse unos encima de otros depende de las dimensiones deseadas del cristal de gafas que debe imprimirse. El endurecimiento de los estratos individuales puede tener lugar por estratos, preferiblemente por medio de luz UV, hasta la reacción completa del componente endurecible por radiación. Alternativamente, tras la impresión de cada estrato puede tener lugar un endurecimiento no completo, y tras la impresión de todos los estratos un endurecimiento definitivo, en cada caso preferiblemente por medio de luz UV.

La impresora 3D comprende al menos un cabezal de impresión, que según el procedimiento de goteo a demanda conocido de la impresión por chorro de tinta genera elementos de volumen a través de un elemento piezoeléctrico y coloca un elemento de volumen siempre solo exactamente en el punto en el que este también se necesita. El al menos un cabezal de impresión puede moverse por el sustrato recubierto previamente y/o el sustrato recubierto previamente puede moverse por debajo del al menos un cabezal de impresión. Preferiblemente, como procedimiento de impresión 3D se utiliza el procedimiento de modelado de chorro múltiple o Polyjet. Como cabezal de impresión puede utilizarse, por ejemplo, el cabezal de impresión Xaar 1001 (empresa Xaar), uno de los cabezales de impresión Spectra S-Class, Spectra SE3, Spectra SX3, Spectra Q-class (empresa Spectra), el cabezal de impresión KM512 (empresa Konica Minolta) y/o el cabezal de impresión 256Jet S4 (empresa Trident). La resolución del cabezal de impresión asciende preferiblemente a al menos 300 x 300 dpi, más preferiblemente a al menos 600 x 600 dpi y de manera especialmente preferible a al menos 1200 x 1200 dpi. Preferiblemente, en al menos un lado del cabezal de impresión utilizado está colocada al menos una fuente de luz UV, de manera especialmente preferible en al menos dos lados del cabezal de impresión utilizado está colocada al menos una fuente de luz UV. Alternativamente, pueden instalarse y controlarse de manera selectiva varios cabezales de impresión en paralelo en una impresora 3D. La fuente de luz UV puede estar compuesta entonces por varias fuentes de luz UV conectadas igualmente en paralelo o por pocas fuentes de luz UV grandes.

El cristal de gafas producido por medio de un procedimiento de impresión 3D puede requerir al menos una etapa de mecanizado mecánico adicional, tal como, por ejemplo, pulido. Preferiblemente, el cristal de gafas producido por medio de un procedimiento de impresión 3D no requiere ninguna etapa de mecanizado mecánico adicional tal como, por ejemplo, fresado y/o rectificado y/o torneado y/o pulido.

Para la construcción por estratos del cristal de gafas se utiliza preferiblemente una tinta de impresión que puede utilizarse en el procedimiento de impresión 3D. La "construcción por estratos" comprende una deposición sucesiva de la tinta de impresión 3D. A este respecto, la deposición sucesiva puede tener lugar tanto de manera yuxtapuesta en una superficie como de manera superpuesta en altura. Si, por ejemplo, una primera deposición de la tinta de impresión 3D en una superficie tiene lugar sobre el sustrato recubierto previamente, puede imprimirse un estrato adicional por la superficie completa de la primera deposición o una parte de la superficie de la primera deposición. Preferiblemente, la deposición sucesiva de la tinta de impresión 3D tiene lugar en primer lugar de manera yuxtapuesta en una superficie, antes de que entonces tenga lugar una deposición sucesiva adicional de la tinta de impresión 3D en el estrato que se encuentra por encima.

Como sustrato recubierto previamente que debe imprimirse se usa un sustrato, que partiendo del sustrato está ocupado a) opcionalmente con una capa adhesiva desprendible y b) con el recubrimiento deseado sobre el cristal de gafas. En el caso de la capa adhesiva opcionalmente existente se trata de una capa aplicada directamente sobre el sustrato, cuya adhesión puede modificarse mediante influencias externas, tal como, por ejemplo, una variación de temperatura o mediante irradiación, y por consiguiente el cristal de gafas producido por medio de un procedimiento de impresión 3D junto con el recubrimiento presente sobre la capa adhesiva desprendible opcionalmente existente puede desprenderse de la misma. Alternativamente, en el caso de la capa que limita directamente con el sustrato puede tratarse de una capa que puede separarse fácilmente del sustrato. Preferiblemente, a este respecto se trata de una capa Clean Coat, que tras la separación del cristal de gafas impreso representa la capa externa de una de las superficies del cristal de gafas. Así, de la manera más sencilla puede representarse un cristal de gafas, que está ocupado en una superficie ya con un recubrimiento deseado. A este respecto, se sobreentiende que el sustrato tiene

que imprimirse con una secuencia de capas, que corresponde a la sucesión inversa del recubrimiento, tal como se desea a continuación sobre el cristal de gafas. Los restos que eventualmente quedan en el cristal de gafas recubierto resultante de la capa adhesiva desprendible opcionalmente existente pueden eliminarse por medio de un procedimiento de limpieza.

5 El sustrato recubierto previamente puede estar conformado de manera convexa o cóncava. La topografía superficial del sustrato recubierto previamente puede seleccionarse del grupo compuesto por esférica, asférica, tórica, atórica, progresiva y plana.

10 Los términos "capa" y "recubrimiento" se usan de manera intercambiable en el marco de esta invención.

El sustrato puede estar fabricado, por ejemplo, de politetrafluoroetileno, vidrio o metal. En una forma de realización, el sustrato puede presentar una capa de separación que comprende alquiltrihalogenosilanos, preferiblemente alquiltriclorosilanos C₁₂ a C₂₂ y muy preferiblemente octadeciltriclorosilano.

15 El sustrato recubierto previamente está recubierto con al menos una capa seleccionada del grupo compuesto por al menos una capa de barniz duro, al menos una capa antirreflectante, al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductora, al menos una capa antiempañamiento y/o al menos una capa Clean Coat. Preferiblemente, el sustrato recubierto previamente está ocupado con al menos una capa antirreflectante, al menos una capa de barniz duro y al menos una capa Clean Coat.

Si el sustrato comprende una capa de barniz duro, esta comprende preferiblemente una composición para la producción de un recubrimiento con alta adhesividad y alta resistencia al rayado, tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP 2 578 649 A1, en particular en el documento EP 2 578 649 A1, reivindicación 1.

25 Si el sustrato comprende al menos una capa antirreflectante, entonces esta comprende preferiblemente capas de óxido de metal, de hidróxido de metal y/o de óxido de metal hidratado discretas alternantes de o con aluminio, silicio, circonio, titanio, itrio, tántalo, neodimio, lantano, niobio y/o praseodimio.

30 En una forma de realización, la al menos una capa antirreflectante del cristal de gafas presenta un grosor de capa total de un intervalo de desde 97 nm hasta 2000 nm, preferiblemente de un intervalo de desde 112 nm hasta 1600 nm, más preferiblemente de un intervalo de desde 121 nm hasta 1110 nm, de manera especialmente preferible de un intervalo de desde 132 nm hasta 760 nm y de manera muy especialmente preferible de un intervalo de desde 139 nm hasta 496 nm. A este respecto, la capa antirreflectante comprende preferiblemente una capa de óxido de metal, de hidróxido de metal y/o de óxido de metal hidratado de o con silicio, que configura preferiblemente la capa más externa de la capa antirreflectante y por consiguiente debe aplicarse lo más próxima del sustrato.

35 Si el sustrato comprende al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductora, esta puede comprender, por ejemplo, una capa de o con óxido de indio-estaño ($(\text{In}_2\text{O}_3)_{0,9} (\text{SnO}_2)_{0,1}$; ITO), óxido de flúor-estaño ($\text{SnO}_2:\text{F}$; FTO), óxido de aluminio-cinc ($\text{ZnO}:\text{Al}$; AZO) y/u óxido de antimonio-estaño ($\text{SnO}_2:\text{Sb}$; ATO). Preferiblemente, la capa eléctricamente conductora o semiconductora comprende una capa de o con ITO o de o con FTO. La capa eléctricamente conductora o semiconductora puede estar presente como parte de la capa antirreflectante.

45 Si el sustrato comprende al menos una capa antiempañamiento, esta comprende preferiblemente un derivado de silano según el documento EP 2 664 659 A1, de manera especialmente preferible según la reivindicación 4 del documento EP 2 664 659 A1. Alternativamente, la capa antiempañamiento también puede producirse según el procedimiento descrito en el documento DE 10 2015 209 794, en particular según el procedimiento descrito en la reivindicación 1 del documento DE 10 2015 209 794.

50 Si el sustrato comprende al menos una capa Clean Coat, esta comprende preferiblemente un material con propiedades oleóforas e hidróforas, tal como se da a conocer, por ejemplo, en el documento EP 1 392 613 A1, sobre el que el agua adopta un ángulo de contacto de más de 90°, preferiblemente de más de 100° y de manera especialmente preferible más de 110°. La capa Clean Coat comprende preferiblemente una capa fluoroorgánica con unión covalente al sustrato según el documento DE 198 48 591 A1, reivindicación 1, o una capa a base de perfluoropoliéteres.

El recubrimiento del sustrato puede tener lugar por medio de un procedimiento PVD y/o de un procedimiento de recubrimiento por centrifugación, el recubrimiento con la al menos una capa antirreflectante tiene lugar preferiblemente por medio de un procedimiento PVD.

60 Preferiblemente, la secuencia de capas de las capas presentes sobre el sustrato, partiendo del sustrato, es tal como sigue:

- 65 a) opcionalmente una capa adhesiva desprendible,
b) al menos una capa Clean Coat y/o al menos una capa antiempañamiento

- c) al menos una capa antirreflectante,
- d) opcionalmente al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor,
- e) al menos una capa de barniz duro.

La superficie del cristal de gafas no dirigida hacia el sustrato puede estar ocupada igualmente con las capas expuestas anteriormente. En este caso, partiendo de la superficie del cristal de gafas, que está opuesta al sustrato, la siguiente secuencia de capas es preferiblemente:

- a) al menos una capa de barniz duro,
- b) opcionalmente al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor,
- c) al menos una capa antirreflectante,
- d) opcionalmente al menos una capa Clean Coat y/o al menos una capa antiempañamiento.

La tinta de impresión 3D que puede utilizarse para la impresión del cristal de gafas comprende al menos un componente endurecible por radiación, opcionalmente al menos un agente colorante, opcionalmente al menos un iniciador de UV, opcionalmente al menos un disolvente y opcionalmente al menos un aditivo.

El componente endurecible por radiación, preferiblemente componente endurecible por UV, comprende preferiblemente monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y de alilo, de manera especialmente preferible monómeros de (met)acrilato. En el caso de los monómeros de (met)acrilato puede tratarse preferiblemente de monómeros de (met)acrilato monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y/o tetrafuncionales. En el caso de los monómeros de epoxi puede tratarse preferiblemente de monómeros de epoxi monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y/o tetrafuncionales. En el caso de los monómeros de vinilo y de alilo puede tratarse preferiblemente de monómeros de vinilo y de alilo monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y/o tetrafuncionales.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y de alilo monofuncionales que pueden utilizarse como componente endurecible por radiación, preferiblemente componente endurecible por UV, presentan preferiblemente una viscosidad de un intervalo de desde 0,5 mPa·s hasta 30,0 mPa·s, de manera especialmente preferible de un intervalo de desde 1,0 mPa·s hasta 25,0 mPa·s y de manera muy especialmente preferible de un intervalo de desde 1,5 mPa·s hasta 20,0 mPa·s.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y de alilo difuncionales que pueden utilizarse como componente endurecible por radiación, preferiblemente componente endurecible por UV, presentan preferiblemente una viscosidad de un intervalo de desde 1,5 mPa·s hasta 17,0 mPa·s de manera especialmente preferible de un intervalo de desde 2,5 mPa·s hasta 14,0 mPa·s y de manera muy especialmente preferible de un intervalo de desde 3,0 mPa·s hasta 11,0 mPa·s.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y de alilo trifuncionales que pueden utilizarse como componente endurecible por radiación, preferiblemente componente endurecible por UV, presentan preferiblemente una viscosidad de un intervalo de desde 20,0 mPa·s hasta 110,0 mPa·s, de manera especialmente preferible de un intervalo de desde 22,0 mPa·s hasta 90,0 mPa·s y de manera muy especialmente preferible de un intervalo de desde 24,0 mPa·s hasta 83,0 mPa·s.

En una forma de realización, los monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y de alilo tetrafuncionales que pueden utilizarse como componente endurecible por radiación, preferiblemente componente endurecible por UV, presentan preferiblemente una viscosidad de un intervalo de desde 60,0 mPa·s hasta 600,0 mPa·s, de manera especialmente preferible de un intervalo de desde 70,0 mPa·s hasta 460,0 mPa·s y de manera muy especialmente preferible de un intervalo de desde 80,0 mPa·s hasta 270,0 mPa·s.

La viscosidad de los monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y de alilo se mide en cada caso preferiblemente con un reómetro C-VOR 150 de la empresa Malvern con la especificación de una velocidad angular de 5,2 rad/s a 25°C.

Los respectivos monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y de alilo pueden ajustarse en cada caso, por ejemplo, mediante la adición de al menos un disolvente hasta la viscosidad deseada.

La viscosidad de la tinta de impresión 3D puede ajustarse, por ejemplo, mediante el mezclado de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo, por ejemplo, mediante el mezclado de monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo monofuncionales y

monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo difuncionales y/o monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo trifuncionales. Alternativa o adicionalmente al mezclado de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y/o de alilo, la viscosidad puede ajustarse mediante la adición de al menos un disolvente.

5 Como monómeros de (met)acrilato monofuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, ácido acrílico (n.º CAS 79-10-7), ácido metacrílico (n.º CAS 79-41-4), acrilato de metilo (n.º CAS 96-33-3), metacrilato de metilo (n.º CAS 80-62-6), acrilato de etilo (n.º CAS 140-88-5), metacrilato de etilo (n.º CAS 97-63-2), 2-etilacrilato de etilo (n.º CAS 3070-65-3), metacrilato de (2,2-dimetil-1,3-dioxolan-4-il)metilo (n.º CAS 7098-80-8), acrilato de 2-fenoxietilo (n.º CAS 48145-04-6), acrilato de isobornilo (n.º CAS 5888-33-5), metacrilato de 2-(2-metoxietoxi)etilo (n.º CAS 45103-58-0), 4-acriloilmorfolina (n.º CAS 5117-12-4), acrilato de dodecilo (n.º CAS 2156-97-0), acrilato de isodecilo (n.º CAS 1330-61-6), acrilato de decilo (n.º CAS 2156-96-9), acrilato de n-octilo (n.º CAS 2499-59-4), acrilato de isooctilo (n.º CAS 29590-42-9), acrilato de octadecilo (n.º CAS 4813-57-4), acrilato de tetrahidrofurfurilo (n.º CAS 2399-48-6), acrilato de 2-(2-etoxietoxi)etilo (n.º CAS 7328-17-8), acrilato de 4-terc-butilciclohexilo (n.º CAS 84100-23-2), monoacrilato de metoxipoli(etilenglicol) (n.º CAS 32171-39-4), acrilato de fenoxipoli(etilenglicol) (n.º CAS 56641-05-5), succinato de mono-2-(acriloiloxi)etilo (n.º CAS 50940-49-3), metacrilato de alilo (n.º CAS 96-05-9) o mezclas de los mismos.

20 Preferiblemente, como monómeros de (met)acrilato se utilizan ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilato de metilo, metacrilato de metilo, acrilato de etilo, metacrilato de etilo, acrilato de 2-fenoxietilo, acrilato de dodecilo monofuncionales o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible se utilizan ácido metacrílico, metacrilato de metilo, metacrilato de etilo o mezclas de los mismos.

25 Como monómeros de (met)acrilato difuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, diacrilato de etilenglicol (n.º CAS 2274-11-5), diacrilato de dietilenglicol (n.º CAS 2274-11-5), diacrilato de trietilenglicol (n.º CAS 1680-21-3), diacrilato de tetraetilenglicol (n.º CAS 17831-71-9), dimetacrilato de etilenglicol (n.º CAS 97-90-5), dimetacrilato de dietilenglicol (n.º CAS 2358-84-1), dimetacrilato de trietilenglicol (n.º CAS 109-16-0), dimetacrilato de tetraetilenglicol (n.º CAS 109-17-1), dimetacrilato de polietilenglicol 200 (n.º CAS 25852-47-2), diacrilato de dipropilenglicol (n.º CAS 57472-68-1), diacrilato de tripropilenglicol (n.º CAS 42978-66-5), diacrilato de 1,3-butanodiol (n.º CAS 19485-03-1), diacrilato de 1,4-butano (n.º CAS 1070-70-8), diacrilato de 1,6-hexanodiol (n.º CAS 13048-33-4), diacrilato de neopentilglicol (n.º CAS 2223-82-7), dimetacrilato de 1,3-butanodiol (n.º CAS 1189-08-8), dimetacrilato de 1,4-butanodiol (n.º CAS 2082-81-7), dimetacrilato de 1,6-hexanodiol (n.º CAS 6606-59-3) o mezclas de los mismos.

35 Preferiblemente, como monómeros de (met)acrilato difuncionales se utilizan dimetacrilato de polietilenglicol 200, dimetacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de dietilenglicol, dimetacrilato de 1,4-butanodiol o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible se utilizan dimetacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de dietilenglicol o mezclas de los mismos.

40 Como monómeros de (met)acrilato trifuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, trimetacrilato de trimetilolpropano (n.º CAS 3290-92-4), triacrilato de trimetilolpropano (n.º CAS 15625-89-5), triacrilato de pentaeritritol (n.º CAS 3524-68-3), triacrilato de pentaeritritolpropoxilato (n.º CAS 145611-81-0), triacrilato de trimetilolpropanopropoxilato (n.º CAS 53879-54-2), triacrilato de trimetilolpropanoetoxilato (n.º CAS 28961-43-5) o mezclas de los mismos.

45 Preferiblemente, como monómeros de (met)acrilato trifuncionales se utilizan trimetacrilato de trimetilolpropano, triacrilato de pentaeritritol o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible se utiliza trimetacrilato de trimetilolpropano.

50 Como monómeros de (met)acrilato tetrafuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, tetraacrilato de di(trimetilolpropano) (n.º CAS 94108-97-1), tetraacrilato de pentaeritritol (n.º CAS 4986-89-4), tetrametacrilato de pentaeritritol (n.º CAS 3253-41-6) o mezclas de los mismos.

Preferiblemente, como monómeros de (met)acrilato tetrafuncionales se utilizan tetraacrilato de di(trimetilolpropano), tetrametacrilato de pentaeritritol o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible tetraacrilato de di(trimetilolpropano).

55 Como monómeros de epoxi monofuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, etilglicidil éter (n.º CAS 4016-11-9), n-butilglicidil éter (n.º CAS 2426-08-6), 2-etilhexilglicidil éter (n.º CAS 2461-15-6), C8-C10-glicidil éter (n.º CAS 68609-96-1), C12-C14-glicidil éter (n.º CAS 68609-97-2), cresilglicidil éter (n.º CAS 2210-79-9), p-terc-butilfenilglicidil éter (n.º CAS 3101-60-8), nonilfenilglicidil éter (n.º CAS 147094-54-0), bencilglicidil éter (n.º CAS 2930-05-4), fenilglicidil éter (n.º CAS 122-60-1), (2,3-dihidroxipropil)glicidil éter de bisfenol A (n.º CAS 76002-91-0) o mezclas de los mismos.

60 Preferiblemente, como monómeros de epoxi monofuncionales se utilizan etilglicidil éter, n-butilglicidil éter, 2-etilhexilglicidil éter o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible etilglicidil éter, n-butilglicidil éter o mezclas de los mismos.

65

5 Como monómeros de epoxi difuncionales pueden usarse, por ejemplo, diglicidil éter (n.º CAS 2238-07-5), diglicidil éter de etilenglicol (n.º CAS 2224-15-9), diglicidil éter de dietilenglicol (n.º CAS 4206-61-5), diglicidil éter de propilenglicol (n.º CAS 16096-30-3), diglicidil éter de dipropilenglicol (n.º CAS 41638-13-5), diglicidil éter de 1,4-butanodiol (n.º CAS 2425-79-8), diglicidil éter de 1,4-ciclohexanodimetanol (n.º CAS 14228-73-0), diglicidil éter de neopentilglicol (n.º CAS 17557-23-2), diglicidil éter de polipropilenglicol(400) (n.º CAS 26142-30-3), diglicidil éter de 1,6-hexanodiol (n.º CAS 16096-31-4), diglicidil éter de bisfenol A (n.º CAS 1675-54-3), diglicidil éter de propoxilato de bisfenol A (n.º CAS 106100-55-4), diglicidil éter de polietilenglicol (n.º CAS 72207-80-8), diglicidil éter de glicerol (n.º CAS 27043-36-3), diglicidil éter de resorcinol (n.º CAS 101-90-6) o mezclas de los mismos en la tinta de impresión 3D según la invención.

10 Preferiblemente, como monómeros de epoxi difuncionales se utilizan diglicidil éter, diglicidil éter de etilenglicol, diglicidil éter de dietilenglicol, diglicidil éter de 1,4-butanodiol, diglicidil éter de polietilenglicol, diglicidil éter de polipropilenglicol(400) o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible diglicidil éter de etilenglicol, diglicidil éter de dietilenglicol, diglicidil éter de 1,4-butanodiol, diglicidil éter de polietilenglicol o mezclas de los mismos.

20 Como monómeros de epoxi trifuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, triglicidil éter de trimetiloletano (n.º CAS 68460-21-9), triglicidil éter de trimetilopropano (n.º CAS 30499-70-8), triglicidil éter de trifenilometano (n.º CAS 66072-38-6), isocianurato de tris(2,3-epoxipropilo) (n.º CAS 2451-62-9), triglicidil éter de tris(4-hidroxifenil)metano (n.º CAS 66072-38-6), triglicidil éter de 1,1,1-tris(4-hidroxifenil)etano (n.º CAS 87093-13-8), triglicidil éter de glicerol (n.º CAS 13236-02-7), triglicidil éter de propoxilato de glicerol (n.º CAS 37237-76-6), N,N-diglicidil-4-glicidiloxianilina (n.º CAS 5026-74-4) o mezclas de los mismos.

25 Preferiblemente, como monómeros de epoxi trifuncionales se utilizan triglicidil éter de trimetilopropano, isocianurato de tris(2,3-epoxipropilo), triglicidil éter de glicerol, triglicidil éter de propoxilato de glicerol o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible isocianurato de tris(2,3-epoxipropilo), triglicidil éter de glicerol o mezclas de los mismos.

30 Como monómeros de epoxi tetrafuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, tetraglicidil éter de pentaeritritol (n.º CAS 3126-63-4), tetraglicidil éter de dipentaeritritol, tetraglicidilbenciletano, tetraglicidil éter de sorbitol, tetraglicidildiaminofenilmetano, tetraglicidilbisaminometilciclohexano o mezclas de los mismos.

35 Preferiblemente, como monómeros de epoxi tetrafuncionales se utilizan tetraglicidil éter de pentaeritritol, (n.º CAS 3126-63-4), tetraglicidil éter de dipentaeritritol, tetraglicidil éter de sorbitol o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible tetraglicidil éter de pentaeritritol, (n.º CAS 3126-63-4), tetraglicidil éter de dipentaeritritol o mezclas de los mismos.

40 Si el componente endurecible por radiación de la tinta de impresión 3D comprende monómeros de vinilo monofuncionales, entonces estos pueden comprender, por ejemplo, vinil éter de etilenglicol (n.º CAS 764-48-7), vinil éter de di(etilenglicol) (n.º CAS 929-37-3), 1-vinilciclohexanol (n.º CAS 1940-19-8), acetato de vinilo (n.º CAS 108-05-4), cloruro de vinilo (n.º CAS 75-01-4), etilvinilcetona (n.º CAS 1629-58-9), butilvinil éter (n.º CAS 111-34-2), vinil éter de 1,4-butanodiol (n.º CAS 17832-28-9), acrilato de vinilo (n.º CAS 2177-18-6), metacrilato de vinilo (n.º CAS 4245-37-8), isobutilvinil éter (n.º CAS 109-53-5), pivalato de vinilo (n.º CAS 3377-92-2), benzoato de vinilo (n.º CAS 769-78-8), valerato de vinilo (n.º CAS 5873-43-8), 2-etilhexilvinil éter (n.º CAS 103-44-6), fenilvinil éter (n.º CAS 766-94-9), terc-butilvinil éter (n.º CAS 926-02-3), ciclohexilvinil éter (n.º CAS 2182-55-0), dodecilvinil éter (n.º CAS 765-14-0), etilvinil éter (n.º CAS 109-92-2), propilvinil éter (n.º CAS 764-47-6), vinil éter de 1,4-ciclohexanodimetanol (n.º CAS 114651-37-5) o mezclas de los mismos.

50 Preferiblemente, como monómeros de vinilo monofuncionales se utilizan vinil éter de etilenglicol, vinil éter de di(etilenglicol), etilvinilcetona, acetato de vinilo, fenilvinil éter, ciclohexilvinil éter o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible etilvinilcetona, acetato de vinilo, vinil éter de etilenglicol o mezclas de los mismos.

55 Como monómeros de vinilo difuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, divinil éter de di(etilenglicol) (n.º CAS 764-99-8), divinil éter de tri(etilenglicol) (n.º CAS 765-12-8), divinil éter de tetra(etilenglicol) (n.º CAS 83416-06-2), divinil éter de poli(etilenglicol) (n.º CAS 50856-26-3), divinil éter de tri(etilenglicol) (n.º CAS 765-12-8), divinilbenceno (n.º CAS 1321-74-0), divinil éter de 1,4-butanodiol (n.º CAS 3891-33-6), divinil éter de 1,6-hexanodiol (n.º CAS 19763-13-4), divinil éter de 1,4-ciclohexanodimetanol (n.º CAS 17351-75-6), 1,4-pentadien-3-ol (n.º CAS 922-65-6) o mezclas de los mismos.

60 Preferiblemente, como monómeros de vinilo difuncionales se utilizan divinil éter de di(etilenglicol), divinil éter de 1,4-ciclohexanodimetanol, divinil éter de poli(etilenglicol), divinilbenceno o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible divinil éter de 1,4-ciclohexanodimetanol, divinilbenceno, divinil éter de di(etilenglicol) o mezclas de los mismos como componente endurecible por radiación en la tinta de impresión 3D.

65 Como monómeros de vinilo trifuncionales o tetrafuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, 1,3,5-trivinilbenceno, 1,2,4-trivinilciclohexano (n.º CAS 2855-27-8), 1,3,5-trivinil-1,3,5-triazinan-2,4,6-triona, 1,3,5-trivinil-1,3,5-

trimetilciclotrisiloxano (n.º CAS 3901-77-7), 2,4,6-trimetil-2,4,6-trivinilciclotrisilazano (n.º CAS 5505-72-6), complejo de 2,4,6-trivinilciclotriboroxanopiridina (n.º CAS 442850-89-7), tetravinilsilano (n.º CAS 1112-55-6), 2,4,6,8-tetrametil-2,4,6,8-tetravinilciclotetrasiloxano (n.º CAS 2554-06-5) o mezclas de los mismos.

- 5 Preferiblemente, como monómeros de vinilo trifuncionales o tetrafuncionales se utilizan 1,3,5-trivinilbenceno, 1,2,4-trivinilciclohexano, tetravinilsilano o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible 1,3,5-trivinilbenceno, 1,2,4-trivinilciclohexano o mezclas de los mismos.

10 Además, la tinta de impresión 3D puede comprender monómeros de alilo monofuncionales, tales como, por ejemplo, acetato de alilo (n.º CAS 591-87-7), acetoacetato de alilo (n.º CAS 1118-84-9), alcohol alílico (n.º CAS 107-18-6), alilbencil éter (n.º CAS 14593-43-2), alilbutil éter (n.º CAS 3739-64-8), butirato de alilo (n.º CAS 2051-78-7), aliletil éter (n.º CAS 557-31-3), alil éter de etilenglicol (n.º CAS 111-45-5), alilfenil éter (n.º CAS 1746-13-0), alil éter de trimetilolpropano (n.º CAS 682-11-1), 2-aliloxietanol (n.º CAS 111-45-5), 3-aliloxi-1,2-propanodiol (n.º CAS 123-34-2) o mezclas de los mismos.

15 Preferiblemente, como monómeros de alilo monofuncionales se utilizan acetato de alilo, alcohol alílico, alil éter de etilenglicol, aliloxietanol o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible acetato de alilo, alcohol alílico, alil éter de etilenglicol o mezclas de los mismos.

20 Como monómeros de alilo difuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, alil éter (n.º CAS 557-40-4), 2,2'-dialilbisfenol A (n.º CAS 1745-89-7), éter de diacetato de 2,2'-dialilbisfenol A (n.º CAS 1071466-61-9), dialil éter de trimetilolpropano (n.º CAS 682-09-7), carbonato de dialilo (n.º CAS 15022-08-9), maleato de dialilo (n.º CAS 999-21-3), succinato de dialilo (n.º CAS 925-16-6), ftalato de dialilo (n.º CAS 131-17-9), bis(alilcarbonato) de di(etilenglicol) (n.º CAS 142-22-3) o mezclas de los mismos.

25 Preferiblemente, como monómeros de alilo difuncionales se utilizan alil éter, 2,2'-dialilbisfenol A, carbonato de dialilo, succinato de dialilo, bis(alilcarbonato) de di(etilenglicol), maleato de dialilo o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible alil éter, 2,2'-dialilbisfenol A, carbonato de dialilo, dialilcarbonato de dietilenglicol o mezclas de los mismos.

30 Como monómeros de alilo trifuncionales o tetrafuncionales pueden utilizarse, por ejemplo, 2,4,6-trialiloxi-1,3,5-triazina (n.º CAS 101-37-1), 1,3,5-trialil-1,3,5-triazin-2,4,6(1H,3H,5H)-triona (n.º CAS 1025-15-6), ácido 3-(N,N',N'-trialilhidrazin)propiónico, alil éter de pentaeritritol (n.º CAS 91648-24-7), 1,1,2,2-tetraaliloxietano (n.º CAS 16646-44-9), piromelitato de tetraalilo (n.º CAS 13360-98-0) o mezclas de los mismos.

35 Preferiblemente, como monómeros de alilo trifuncionales o tetrafuncionales se utilizan 2,4,6-trialiloxi-1,3,5-triazina, alil éter de pentaeritritol, 1,3,5-trialil-1,3,5-triazin-2,4,6(1H,3H,5H)-triona o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible 2,4,6-trialiloxi-1,3,5-triazina, alil éter de pentaeritritol o mezclas de los mismos.

40 Según la invención, la selección de componentes endurecibles por radiación que deben usarse tiene lugar de tal manera que puedan obtenerse mezclas monoméricas suficientemente reticulables, pero aun así que endurecen rápidamente.

45 El porcentaje total de al menos un componente endurecible por radiación en la tinta de impresión 3D se encuentra preferiblemente en un intervalo de desde el 11,0% en peso hasta el 99,5% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 17% en peso hasta el 99% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 31% en peso hasta el 98,5% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 40% en peso hasta el 98% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. Los intervalos expuestos anteriormente son válidos tanto para el uso de componentes endurecibles por radiación exclusivamente monofuncionales, exclusivamente difuncionales, exclusivamente trifuncionales, exclusivamente tetrafuncionales, como para el uso de mezclas de componentes endurecibles por radiación seleccionados del grupo compuesto por componentes endurecibles por radiación monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y tetrafuncionales. Los intervalos expuestos anteriormente son además válidos tanto para el uso de exclusivamente monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo, como para el uso de mezclas de los mismos. Por ejemplo, al menos un monómero de (met)acrilato monofuncional puede encontrarse en mezcla con al menos un monómero de epoxi trifuncional.

60 El porcentaje total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo monofuncional se encuentra en la tinta de impresión 3D preferiblemente en un intervalo de desde el 0,0% en peso hasta el 60,0% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 0,3% en peso hasta el 51,0% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 1,2% en peso hasta el 44,0% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 1,8% en peso hasta el 35,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. Los intervalos mencionados anteriormente son válidos tanto para el uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo monofuncional, como para el uso de una mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo monofuncionales. Por ejemplo, al menos un tipo de monómero de (met)acrilato

monofuncional puede encontrarse en mezcla con al menos un tipo de monómero de alilo monofuncional o al menos un tipo de monómero de (met)acrilato monofuncional con al menos un tipo de monómero de (met)acrilato monofuncional distinto del mismo en cada caso.

- 5 En una forma de realización preferida, la tinta de impresión 3D no comprende ningún monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo monofuncional.

10 El porcentaje total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo difuncional se encuentra en la tinta de impresión 3D preferiblemente en un intervalo de desde el 32,0% en peso hasta el 99,0% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 39,0% en peso hasta el 97,0% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 47,0% en peso hasta el 95,0% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 56,0% en peso hasta el 93,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. Los intervalos mencionados anteriormente son válidos tanto para el uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo difuncional como para el uso de una mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo difuncionales. Por ejemplo, al menos un tipo de monómero de (met)acrilato difuncional puede encontrarse en mezcla con al menos un tipo de monómero de epoxi difuncional o puede tratarse de una mezcla de dos tipos diferentes entre sí de monómeros de (met)acrilato monofuncionales.

20 El porcentaje total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo trifuncional se encuentra en la tinta de impresión 3D preferiblemente en un intervalo de desde el 1,0% en peso hasta el 51,0% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 2,0% en peso hasta el 43,0% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 3,0% en peso hasta el 36,0% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 4,0% en peso hasta el 31,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. Los intervalos mencionados anteriormente son válidos tanto para el uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo trifuncional como para el uso de una mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo trifuncionales. Por ejemplo, al menos un tipo de monómero de (met)acrilato trifuncional puede encontrarse en mezcla con al menos un tipo de monómero de vinilo trifuncional o al menos un tipo de monómero de (met)acrilato trifuncional con al menos un tipo diferente del mismo de monómero de (met)acrilato trifuncional en cada caso.

35 El porcentaje total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo tetrafuncional se encuentra en la tinta de impresión 3D preferiblemente en un intervalo de desde el 0% en peso hasta el 16% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 0 hasta el 13% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,1% en peso hasta el 9% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,4% en peso hasta el 4% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. Los intervalos mencionados anteriormente son válidos tanto para el uso de un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo tetrafuncional como para el uso de una mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo tetrafuncional. Por ejemplo, al menos un tipo de monómero de (met)acrilato tetrafuncional puede encontrarse en mezcla con al menos un tipo adicional, diferente del mismo, de monómero de (met)acrilato tetrafuncional o puede tratarse de una mezcla de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato tetrafuncional con al menos un tipo de monómero de alilo tetrafuncional.

45 En una forma de realización preferida, la tinta de impresión 3D comprende al menos un componente endurecible por radiación monofuncional y al menos un componente endurecible por radiación difuncional preferiblemente en la razón en peso de 1:1, de manera especialmente preferible en la razón en peso de 1:5 y de manera muy especialmente preferible en la razón en peso de 1:10.

50 En una forma de realización adicional, la tinta de impresión 3D comprende al menos un componente endurecible por radiación monofuncional y al menos un componente endurecible por radiación trifuncional preferiblemente en la razón en peso de 1:5, de manera especialmente preferible en la razón en peso de 1:3 y de manera muy especialmente preferible en la razón en peso de 1:1.

55 En una forma de realización adicional, la tinta de impresión 3D comprende al menos un componente endurecible por radiación difuncional y al menos un componente endurecible por radiación trifuncional en la razón en peso de 1:1, de manera especialmente preferible en la razón en peso de 5:1 y de manera muy especialmente preferible en la razón en peso de 8:1.

60 En una forma de realización adicional, la tinta de impresión 3D comprende al menos un componente endurecible por radiación difuncional y al menos un componente endurecible por radiación tetrafuncional en la razón en peso de 5:1, de manera especialmente preferible en la razón en peso de 10:1 y de manera muy especialmente preferible en la razón en peso de 20:1.

65

En una forma de realización adicional, la tinta de impresión 3D comprende al menos un componente endurecible por radiación monofuncional y al menos un componente endurecible por radiación difuncional y al menos un componente endurecible por radiación trifuncional en la razón en peso de 1:5:1, de manera especialmente preferible en la razón en peso de 2:13:0,5 y de manera muy especialmente preferible en la razón en peso de 2:18:0,3.

En una formación de realización especialmente preferida, la tinta de impresión 3D comprende como componente endurecible por radiación al menos un tipo de monómero de (met)acrilato difuncional y al menos un tipo de monómero de (met)acrilato trifuncional, encontrándose la viscosidad de la tinta de impresión 3D según la invención a ≤ 50 mPa·s, preferiblemente en un intervalo de desde 5 mPa·s hasta 33 mPa·s, más preferiblemente en un intervalo de desde 7 mPa·s hasta 27 mPa·s, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde 9 mPa·s hasta 23 mPa·s y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde 11 mPa·s hasta 21 mPa·s.

En una forma de realización preferida adicional, la tinta de impresión 3D comprende como componente endurecible por radiación al menos un tipo de monómero de epoxi difuncional y al menos un tipo de monómero de epoxi trifuncional, encontrándose la viscosidad de la tinta de impresión 3D según la invención a ≤ 53 mPa·s, preferiblemente en un intervalo de desde 4 mPa·s hasta 31 mPa·s, más preferiblemente en un intervalo de desde 6 mPa·s hasta 28 mPa·s, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde 9 mPa·s hasta 22 mPa·s y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde 10 mPa·s hasta 20 mPa·s.

En una forma de realización, la tinta de impresión 3D comprende al menos un iniciador de UV. La tinta de impresión 3D según la impresión puede comprender, por ejemplo, benzofenona (n.º CAS 119-61-9), 2-metilbenzofenona (n.º CAS 131-58-8), 4-metilbenzofenona (n.º CAS 134-84-9), 4,4'-bis(dimetilamino)benzofenona (n.º CAS 90-94-8), benzoína (n.º CAS 119-53-9), metil éter de benzoína (n.º CAS 3524-62-7), isopropil éter de benzoína (n.º CAS 6652-28-4), 2,2-dimetoxi-1,2-difeniletan-1-ona (n.º CAS 24650-42-8), óxido de fenilbis(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina (n.º CAS 162881-26-7), éster etílico del ácido 2,4,6-trimetilbenzoilfenilfosfínico (n.º CAS 84434-11-7), 2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-(4-morfolinil)-1-propanona (n.º CAS 71868-10-5), 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona (n.º CAS 7473-98-5), 2-(dimetilamino)-1-(4-(4-morfolinil)fenil)-2-(fenilmetil)-1-butanona (n.º CAS 119313-12-1), óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina (n.º CAS 75980-60-8), sales de hexafluorofosfato de triarilsulfonio (n.º CAS 109037-77-6), sales de hexafluoroantimoniato de triarilsulfonio (n.º CAS 109037-75-4) o mezclas de los mismos como iniciador de UV. Preferiblemente, la tinta de impresión 3D según la invención comprende benzofenona, 2,2-dimetoxi-1,2-difeniletan-1-ona, óxido de fenilbis(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina, óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina, sales de hexafluorofosfato de triarilsulfonio o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible 2,2-dimetoxi-1,2-difeniletan-1-ona, óxido de fenilbis(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina, óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)fosfina o mezclas de los mismos como iniciador de UV.

La tinta de impresión 3D comprende el al menos un iniciador de UV en un porcentaje total de un intervalo de desde preferiblemente el 0,01% en peso hasta el 3,7% en peso, de manera especialmente preferible de un intervalo de desde el 0,1% en peso hasta el 2,1% en peso y de manera muy especialmente preferible de un intervalo de desde el 0,3% en peso hasta el 1,7% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D.

En una forma de realización, el al menos un iniciador de UV puede utilizarse junto con un coiniciador. Los coiniciadores se añaden preferiblemente siempre cuando el iniciador de UV requiera una segunda molécula para la formación de un radical activo en la región UV. Por ejemplo, la benzofenona requiere una segunda molécula, tal como, por ejemplo, una amina, por ejemplo, trietilamina, metildietanolamina o trietanolamina, para generar un radical tras la absorción de luz UV.

El opcionalmente al menos un disolvente de la tinta de impresión 3D puede seleccionarse del grupo compuesto por alcoholes, cetonas, ésteres, éteres, tioéteres, amidas, hidrocarburos, aminas y mezclas de los mismos. Preferiblemente, el opcionalmente al menos un disolvente se selecciona del grupo compuesto por alcoholes, cetonas, ésteres y mezclas de los mismos. Un disolvente puede ser en el sentido de esta invención por un lado un tipo de disolvente, por otro lado, una mezcla de disolventes.

Ejemplos de alcoholes que pueden utilizarse como disolventes son metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, pentanol, hexanol o mezclas de los mismos.

Ejemplos de disolventes que pueden utilizarse como cetonas son acetona, metiletilcetona, ciclohexanona, diisobutilcetona, metilpropilcetona, alcohol de diacetona o mezclas de los mismos.

Ejemplos de ésteres como disolventes que pueden utilizarse son acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de 1-metoxi-2-propilo, acetato de n-propilo, acetato de i-propilo, acetato de etoxipropilo, acetato de butilo, propionato de metilo, propionato de etilo, acetatos de éter de glicol, acetato de butilglicol, diacetato de propilenglicol, lactato de etilo o mezclas de los mismos.

Ejemplos de éteres como disolventes que pueden utilizarse son dietil éter, dipropil éter, tetrahidrofurano, etil éter de etilenglicol, metil éter de etilenglicol, butil éter de trietilenglicol, metil éter de tetraetilenglicol, butil éter de

tetraetilenglicol, dimetil éter de dipropilenglicol, butil éter de propilenglicol, 1-metoxi-2-propanol, 3-metoxi-3-metil-1-butanol o mezclas de los mismos.

5 Ejemplos de amidas como disolventes que pueden utilizarse son dimetilacetamida, dimetilformamida, formamida, N-metilformamida, N-metilpirrolidona y 2-pirrolidona.

Ejemplos de hidrocarburos como disolventes que pueden utilizarse son terpenos, tales como pineno, limoneno o terpinoleno, hidrocarburos alifáticos, tales como hexano, heptano, octano o carburante de ensayo, hidrocarburos aromáticos, tales como tolueno o xileno.

10 En una forma de realización, el opcionalmente al menos un disolvente de la tinta de impresión 3D se selecciona del grupo compuesto por isopropanol, etanol, butanol, diisobutilcetona, butilglicol, acetato de butilglicol, diacetato de propilenglicol, dimetil éter de dipropilenglicol, lactato de etilo, acetato de etoxipropilo y mezclas de los mismos.

15 En una forma de realización, el opcionalmente al menos un disolvente presenta un punto de inflamación de al menos 61°C.

20 En una forma de realización preferida, el porcentaje del al menos un disolvente, opcionalmente existente, en la tinta de impresión 3D se encuentra en un intervalo de desde el 0% en peso hasta el 10% en peso, preferiblemente en un intervalo de desde el 0% en peso hasta el 7,7% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,1% en peso hasta el 6,3% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,1% en peso hasta el 5,2% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. En una formación de realización especialmente preferida, la tinta de impresión 3D no comprende ningún disolvente.

25 La tinta de impresión 3D presenta preferiblemente una tensión superficial de un intervalo de desde 10 mN/m hasta 80 mN/m, de manera especialmente preferible de un intervalo de desde 15 mN/m hasta 40 mN/m y muy preferiblemente de un intervalo de desde 18 mN/m hasta 35 mN/m. Si la tensión superficial se encuentra por debajo de 10 mN/m, las gotas en el cabezal de impresión se vuelven demasiado grandes para el uso deseado. Si la tensión superficial se encuentra por encima de 80 mN/m, no se forman gotas definidas de la tinta de impresión en el cabezal de impresión. La tensión superficial se determina preferiblemente a una temperatura de 25°C con el aparato DSA 100 de la empresa Krüss y el método de la gota suspendida.

35 La viscosidad de la tinta de impresión 3D se encuentra preferiblemente en un intervalo de desde 4 mPa·s hasta 56 mPa·s, más preferiblemente en un intervalo de desde 7 mPa·s hasta 45 mPa·s, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde 9 mPa·s hasta 34 mPa·s y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde 10 mPa·s hasta 22 mPa·s. La viscosidad se mide preferiblemente con un reómetro C-VOR 150 de la empresa Malvern con la especificación de una velocidad angular de 5,2 rad/s a 25°C.

40 La tinta de impresión 3D puede comprender al menos un agente colorante. Como agente colorante pueden utilizarse colorantes cromáticos o acromáticos, solubles o dispersables en el medio circundante. En función del efecto que deba conseguirse y/o de la impresión óptica que deba conseguirse, como agente colorante pueden utilizarse alternativa o adicionalmente a los colorantes también pigmentos insolubles en el medio circundante. Como pigmentos se usan preferiblemente pigmentos de efecto, tales como pigmentos de efecto metálico o pigmentos nacarados, pigmentos orgánicos y/o inorgánicos.

45 Preferiblemente, como colorantes, pigmentos orgánicos o inorgánicos, se utilizan aquellos en la tinta de impresión 3D, que también están autorizados en materiales textiles y/o productos alimenticios.

50 Los pigmentos orgánicos adecuados para la utilización en la tinta de impresión comprenden, por ejemplo, compuestos nitrosos, nitro, azoicos, de xanteno, de quinolina, de antraquinona, de ftalocianina, de complejo metálico, de isoindolinona, de isoindolina, de quinacridona, de perinona, de perileno, de dicetopirrolpirrol, de tioíndigo, de dioxazina, de trifenilmetano y de quinoftalona.

55 Los colorantes o pigmentos orgánicos que pueden utilizarse en la tinta de impresión 3D pueden comprender, por ejemplo, C.I. amarillo disperso 5, C.I. amarillo disperso 13, C.I. amarillo disperso 33, C.I. amarillo disperso 42, C.I. amarillo disperso 51, C.I. amarillo disperso 54, C.I. amarillo disperso 64, C.I. amarillo disperso 71, C.I. amarillo disperso 86, C.I. amarillo disperso 114, C.I. amarillo disperso 201, C.I. amarillo disperso 211, C.I. naranja disperso 30, C.I. naranja disperso 73, C.I. rojo disperso 4, C.I. rojo disperso 11, C.I. rojo disperso 15, C.I. rojo disperso 55, C.I. rojo disperso 58, C.I. rojo disperso 60, C.I. rojo disperso 73, C.I. rojo disperso 86, C.I. rojo disperso 91, C.I. rojo disperso 92, C.I. rojo disperso 127, C.I. rojo disperso 152, C.I. rojo disperso 189, C.I. rojo disperso 229, C.I. rojo disperso 279, C.I. rojo disperso 302, C.I. rojo disperso 302:1, C.I. rojo disperso 323, C.I. azul disperso 27, C.I. azul disperso 54, C.I. azul disperso 56, C.I. azul disperso 73, C.I. azul disperso 280, C.I. violeta disperso 26, C.I. violeta disperso 33, C.I. amarillo solvente 179, C.I. violeta solvente 36, C.I. azul pigmento 15, C.I. azul pigmento 80, C.I. verde pigmento 7, C.I. naranja pigmento 36, C.I. naranja pigmento 36, C.I. amarillo pigmento 13, C.I. violeta pigmento 23, C.I. violeta pigmento 37, C.I. negro pigmento 1, C.I. negro pigmento 6, C.I. negro pigmento 7 o mezclas de los mismos.

Preferiblemente, C.I. amarillo disperso 42, C.I. amarillo disperso 201, C.I. amarillo solvente 179, C.I. naranja disperso 73, C.I. rojo disperso 279, C.I. rojo disperso 302:1, C.I. azul disperso 56, C.I. violeta solvente 36 o mezclas de los mismos se utilizan en la tinta de impresión 3D como colorantes o pigmentos orgánicos.

5 El porcentaje total de agente colorante se encuentra en la tinta de impresión 3D preferiblemente en un intervalo de desde el 0,0% en peso hasta el 66,0% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 0,01% en peso hasta el 53,1% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,1% en peso hasta el 42,3% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,11% en peso hasta el 27,7% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. El porcentaje total de agente colorante comprende el porcentaje de todos los agentes colorantes presentes en la tinta de impresión 3D, independientemente de si se trata de colorantes, pigmentos, mezclas de los mismos, mezclas de diferentes colorantes, mezclas de diferentes pigmentos, etc.

15 El porcentaje total de agente colorante se encuentra en el cristal de gafas según la invención preferiblemente en un intervalo de desde el 0,0% en peso hasta el 8,0% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 0,01% en peso hasta el 8,0% en peso, más preferiblemente en un intervalo de desde el 0,0% en peso hasta el 6,0% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,01% en peso hasta el 4,0% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,05% en peso hasta el 2,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total del cristal de gafas. El porcentaje total de agente colorante comprende el porcentaje de todos los agentes colorantes en el cristal de gafas, independientemente de si se trata de colorantes o pigmentos, mezclas de diferentes colorantes o mezclas de diferentes pigmentos, mezclas de colorantes y pigmentos etc.

25 La tinta de impresión 3D se produce preferiblemente mediante el mezclado de todos los componentes con agitación, colocándose previamente el al menos un agente colorante, siempre que exista, y disolviéndose o dispersándose en primer lugar con una cantidad reducida de disolvente y/o componente endurecible por radiación y añadiéndose a continuación los componentes restantes.

30 En una forma de realización, el cristal de gafas según la invención se construye por unidades por medio de una tinta de impresión que comprende al menos un agente colorante y una tinta de impresión 3D sin agente colorante. Con "por unidades" quiere decirse la disposición de al menos un elemento de volumen, preferiblemente un gran número de elementos de volumen de la tinta de impresión 3D, teniendo lugar la primera disposición por unidades de al menos un elemento de volumen sobre el sustrato recubierto. Preferiblemente, la disposición por unidades de al menos un elemento de volumen tiene lugar por estratos. La unión de los elementos de volumen tiene lugar preferiblemente por medio de luz UV. A este respecto, la tinta de impresión 3D, que comprende el agente colorante, puede comprender al menos un componente endurecible por radiación, que sea distinto del componente endurecible por radiación de la tinta de impresión 3D sin agente colorante. Preferiblemente, el al menos un componente endurecible por radiación de la tinta de impresión 3D que comprende al menos un agente colorante se selecciona de tal manera que el al menos un componente endurecible por radiación sea compatible tanto con el al menos un agente colorante como con el al menos un componente endurecible por radiación de la tinta de impresión 3D sin agente colorante. Además, preferiblemente el al menos un componente endurecible por radiación de la tinta de impresión 3D que comprende al menos un agente colorante impide una difusión del agente colorante a la tinta de impresión 3D sin agente colorante. De esta manera pueden disponerse elementos de volumen que proporcionan color y/o efecto muy definidos dentro del cristal de gafas.

45 En una forma de realización adicional de la invención, el cristal de gafas se imprime de manera correspondiente a la forma de una montura de gafas, de modo que se prescinde del conformado del borde en la montura de gafas. Además, en esta forma de realización puede tenerse ya en cuenta la ranura o acanaladura prevista para la sujeción en una montura de gafas, por ejemplo, para monturas de medio aro, o formas de faceta especiales, tal como, por ejemplo, facetas planas o de joya, durante la impresión del cristal de gafas. Los rebajes o perforaciones, tal como se necesitan, por ejemplo, para gafas sin borde, pueden quedar en esta forma de realización libres de material, de modo que también en este caso puedan suprimirse las etapas de mecanizado posteriores. En esta forma de realización, en el caso de existir los datos de forma de la montura de gafas, se imprime el al menos un estrato que proporciona color y/o efecto solo en aquellos puntos del cristal de gafas, en el que se desea una coloración y/u otro efecto en el cristal de gafas dentro de una montura de gafas.

60 La tinta de impresión 3D puede comprender opcionalmente al menos un aditivo. A la tinta de impresión 3D se le pueden añadir, por ejemplo, agentes dispersantes, agentes antisedimentantes, agentes humectantes, incluyendo aditivos anticráter o de extensión, biocidas, absorbedores de UV o mezclas de los mismos.

65 Los agentes dispersantes ayudan a conseguir una distribución homogénea de todos los componentes sólidos en la tinta de impresión tinta de impresión 3D. En particular se evita una posible aglomeración de los pigmentos. Como agentes dispersantes pueden usarse, por ejemplo, Solsperse 20000, Solsperse 32500, en cada caso de la empresa Avecia K.K., Disperbyk-102, Disperbyk-106, Disperbyk-111, Disperbyk-161, Disperbyk-162, Disperbyk-163, Disperbyk-164, Disperbyk-166, Disperbyk-180, Disperbyk-190, Disperbyk-191 o Disperbyk-192, en cada caso de la empresa Byk-Chemie GmbH.

Los agentes antisedimentantes deben impedir la sedimentación, en particular de pigmentos en la tinta de impresión 3D. Ejemplos de agentes antisedimentantes que pueden utilizarse son Byk-405 (empresa Byk-Chemie GmbH) junto con dióxido de silicio pirógeno, ureas modificadas tales como Byk-410, Byk-411 o ceras tales como Ceramat 250, Cerafak103, Cerafak 106 o Ceratix 8461, en cada caso de la empresa Byk-Chemie GmbH.

Los agentes humectantes son importantes para la función del cabezal de impresión, dado que también se humectan estructuras internas, tales como, por ejemplo, canales, filtros, precámaras de boquilla, etc. Los ejemplos de agentes humectantes adecuados comprenden ésteres alquílicos de ácidos grasos, derivados de acetileno, ésteres fluorados o polímeros fluorados.

Pueden añadirse biocidas a la tinta de impresión 3D, para impedir un crecimiento de microorganismos. Como biocida pueden usarse, por ejemplo, polihexametilbiguanidas, isotiazolonas, isotiazolinonas, tales como, por ejemplo, 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona, 2-metil-4-isotiazolin-3-ona o mezclas de los mismos.

La selección del absorbedor de UV adecuado, que tiene que ser compatible con los componentes adicionales de la tinta de impresión 3D y el procedimiento de impresión 3D, así como la optimización de la concentración para conseguir una propiedad de absorción de UV deseada puede determinarse, por ejemplo, con ayuda de programas de simulación teniendo en cuenta bases de datos de materiales de trabajo adecuadas.

Del documento DE 69534779 T2 se extrae una selección de absorbedores de UV adecuados para cristales de gafas, que también pueden utilizarse en la tinta de impresión 3D. Por consiguiente, el absorbedor de UV puede comprender, por ejemplo, 2(2'-hidroxi-5'-metil-fenil)benzotriazol, 2-hidroxi-4-n-acetoxibenzofenona, 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-3',6'(1,1-dimetilbencilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-3',5'-di-t-amilfenil)benzotriazol, bis[2-hidroxi-5-metil-3-(benzotriazol-2-il)fenil]-metano, bis[2-hidroxi-5-t-octil-3(benzotriazol-2-il)fenil]-metano, 2-hidroxi-4-(2-acriloxi)etoxibenzofenona, 2-hidroxi-4-(2-hidroxi-3-metacriloxi)propoxibenzofenona, 2,2'-dihidroxi-4-metoxibenzofenona, 2,4-dihidroxi-4,4-dimetoxibenzofenona, 2,2',4,4'-tetrahidroxibenzofenona, acrilato de etil-2-ciano-3,3-difenilo, acrilato de 2-etexil-2-ciano-3,3-difenilo, 2',2',4'-trihidroxibenzofenona, 2-hidroxi-4-acrililoxietoxibenzofenona (polímero), 2-hidroxi-4-acrililoxietoxibenzofenona, 4-hidroxi-4-metoxibenzofenona, 2-hidroxi-4-n-octoxibenzofenona o mezclas de los mismos.

Preferiblemente, la tinta de impresión 3D comprende 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-5'-metil-fenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2-hidroxi-4-(2-hidroxi-3-metacriloxi)propoxibenzofenona o mezclas de los mismos, de manera especialmente preferible 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol, 2(2'-hidroxi-5-5-octilfenil)benzotriazol o mezclas de los mismos como absorbedor de UV.

El porcentaje total de al menos un absorbedor de UV se encuentra en la tinta de impresión, preferiblemente tinta de impresión UV, preferiblemente en un intervalo de desde el 0,01% en peso hasta el 5,1% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,07% en peso hasta el 3,9% en peso y de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,09% en peso hasta el 3,1% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. Los intervalos mencionados anteriormente se refieren tanto al uso de un absorbedor de UV como al uso de una mezcla de absorbedores de UV.

El porcentaje total de al menos un aditivo se encuentra en la tinta de impresión 3D preferiblemente en un intervalo de desde el 0,0% en peso hasta el 10,0% en peso, de manera especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,01% en peso hasta el 5,0% en peso y de manera muy especialmente preferible en un intervalo de desde el 0,02% en peso hasta el 3,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión 3D. Dichos intervalos son válidos para el uso de un tipo de aditivo, de una mezcla de tipos de aditivos diferentes entre sí así como de una mezcla de aditivos diferentes entre sí de un tipo de aditivo.

Se sobreentiende que los componentes individuales de la tinta de impresión 3D deben seleccionarse de tal manera que sus porcentajes no sumen más del 100% en peso.

El procedimiento para la producción de un cristal de gafas sobre un sustrato recubierto previamente comprende las siguientes etapas:

- i. proporcionar un sustrato recubierto,
- ii. proporcionar un modelo tridimensional del cristal de gafas,
- iii. cortar digitalmente el modelo tridimensional de la etapa ii. en estratos bidimensionales individuales,
- iv. proporcionar al menos una tinta de impresión 3D,
- v. construir el cristal de gafas a partir de la suma de los estratos bidimensionales individuales de la etapa iii. por medio de una operación de impresión sobre el sustrato,

- 5 vi. endurecer el cristal de gafas, pudiendo tener lugar el endurecimiento tras la aplicación de elementos de volumen individuales o tras la aplicación de un estrato de elementos de volumen en cada caso completa o parcialmente, y pudiendo completarse el endurecimiento parcial tras la finalización del proceso de impresión,
- 7 vii. opcionalmente fresar y/o rectificar y/o torneear y/o pulir la superficie del cristal de gafas obtenida en la etapa vi., que no limita con el sustrato,
- 10 viii. desprender el cristal de gafas obtenido en la etapa vii. del sustrato,
- 12 ix. opcionalmente recubrir la superficie del cristal de gafas dirigida en sentido opuesto al sustrato,
- 14 x. opcionalmente conformar el borde del cristal de gafas obtenido en la etapa ix.
- 15 El desprendimiento del cristal de gafas del sustrato puede tener lugar alternativamente también antes del mecanizado posterior mecánico opcional en la etapa vii.

20 La impresión 3D de un cristal de gafas empieza proporcionando un modelo tridimensional, preferiblemente un modelo de CAD. Este modelo tridimensional define la geometría tridimensional del cristal de gafas, es decir la superficie opuesta al sustrato, así como la superficie de borde cilíndrica.

25 En una forma de realización, la coloración deseada del cristal de gafas se calcula previamente por medio de diferentes agentes colorantes. La absorción del cristal de gafas se obtiene del número de los elementos de volumen impresos unos sobre otros en color. A este respecto, el color del cristal de gafas aparece para el usuario como la suma de todas las absorciones en el cristal de gafas. Correspondientemente, en el modelo tridimensional pueden apilarse unos encima de otros varios estratos con en cada caso al menos un componente de coloración. El efecto aditivo de al menos dos estratos que contienen colorante puede calcularse.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la producción de un cristal de gafas, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- 5 i. proporcionar un sustrato recubierto, estando ocupado el sustrato opcionalmente con una capa adhesiva desprendible y seleccionándose el recubrimiento del sustrato del grupo compuesto por al menos una capa de barniz duro, al menos una capa antirreflectante, al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor, al menos una capa antiempañamiento y/o al menos una capa Clean Coat,
- 10 ii. proporcionar un modelo tridimensional del cristal de gafas,
- iii. cortar digitalmente el modelo tridimensional de la etapa ii. en estratos bidimensionales individuales,
- 15 iv. proporcionar al menos una tinta de impresión 3D,
- v. construir el cristal de gafas a partir de la suma de los estratos bidimensionales individuales de la etapa iii. por medio de una operación de impresión sobre el sustrato,
- 20 vi. endurecer el cristal de gafas, pudiendo tener lugar el endurecimiento tras la aplicación de elementos de volumen individuales o tras la aplicación de un estrato de elementos de volumen en cada caso completa o parcialmente, y pudiendo completarse el endurecimiento parcial tras la finalización del proceso de impresión,
- 25 vii. opcionalmente fresar y/o rectificar y/o torneear y/o pulir la superficie del cristal de gafas obtenida en la etapa vi., que no limita con el sustrato,
- viii. desprender el cristal de gafas obtenido en la etapa vii. junto con el recubrimiento del sustrato,
- 30 ix. opcionalmente recubrir la superficie del cristal de gafas dirigida en sentido opuesto al sustrato,
- x. opcionalmente conformar el borde del cristal de gafas obtenido en la etapa ix.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el sustrato, partiendo del sustrato, está ocupado con las siguientes capas:

- 35 a) opcionalmente una capa adhesiva desprendible,
- b) al menos una capa Clean Coat y/o al menos una capa antiempañamiento
- 40 c) al menos una capa antirreflectante,
- d) opcionalmente al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor,
- 45 e) al menos una capa de barniz duro.

3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor forma parte de la capa antirreflectante.

4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la capa adhesiva desprendible es una capa Clean Coat, que tras la separación del cristal de gafas impreso representa la capa externa de una de las superficies del cristal de gafas.

5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la capa adhesiva desprendible comprende alquiltrihalogenosilanos.

55 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sustrato recubierto previamente está conformado de manera convexa o cóncava y la topografía superficial del sustrato recubierto previamente se selecciona del grupo compuesto por esférica, esférica, tórica, atórica, progresiva y plana.

60 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el cristal de gafas en el lado opuesto al sustrato está recubierto con al menos una capa, seleccionada del grupo compuesto por al menos una capa de barniz duro, al menos una capa antirreflectante, al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor, al menos una capa antiempañamiento y al menos una capa Clean Coat.

8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la superficie del cristal de gafas, que está dirigida en sentido opuesto al sustrato, partiendo de esta superficie, comprende la siguiente secuencia de capas:

- 5 a) al menos una capa de barniz duro,
- b) opcionalmente al menos una capa eléctricamente conductora o semiconductor,
- 10 c) al menos una capa antirreflectante,
- d) opcionalmente al menos una capa Clean Coat y/o al menos una capa antiempañamiento.

9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la tinta de impresión 3D comprende al menos un componente endurecible por radiación y opcionalmente al menos un agente colorante y el componente endurecible por radiación comprende al menos un monómero del grupo compuesto por monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo y monómeros de alilo, y

- 20 a) i) el porcentaje total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato monofuncional se encuentra en un intervalo de desde el 0,0% en peso hasta el 35,0% en peso, con respecto al peso total de la tinta de impresión o el porcentaje total de al menos un tipo de monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo monofuncional o de una mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo monofuncionales se encuentra en cada caso en un intervalo de desde el 0,0% en peso hasta el 60% en peso, en cada caso con respecto al
- 25 b) peso total de la tinta de impresión y/o ii) el porcentaje total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo difuncional o de una mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo difuncionales se encuentra en cada caso en un intervalo del 32,0% en peso al 99% en peso, en cada caso con respecto
- 30 (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo trifuncional o de una mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo trifuncionales en cada caso se encuentra en un intervalo de desde el 1,0% en peso hasta el 51,0% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión y/o iii) el porcentaje total de al menos un tipo de monómero de (met)acrilato, monómero de epoxi, monómero de vinilo o de alilo tetrafuncional o de una
- 35 mezcla entre sí de diferentes monómeros de (met)acrilato, monómeros de epoxi, monómeros de vinilo o de alilo tetrafuncionales se encuentra en cada caso en un intervalo de desde el 0% en peso hasta el 16% en peso, en cada caso con respecto al peso total de la tinta de impresión,
- 40 o
- 45 c) la tinta de impresión comprende al menos un componente endurecible por radiación monofuncional y al menos un componente endurecible por radiación difuncional en la razón en peso de 1:1 o al menos un componente endurecible por radiación monofuncional y al menos un componente endurecible por radiación trifuncional en la razón en peso de 1:5 o al menos un componente endurecible por radiación difuncional y al menos un componente endurecible por radiación trifuncional en la razón en peso de 1:1 o al menos un componente endurecible por radiación difuncional y al menos un componente endurecible por radiación tetrafuncional en la razón en peso de 5:1 o al menos un componente endurecible por radiación monofuncional y al menos un componente endurecible por radiación difuncional y al menos un componente endurecible por radiación trifuncional en la razón en peso de 1:5:1.
- 50

10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la tinta de impresión 3D presenta una viscosidad de un intervalo de desde 4 mPa·s hasta 56 mPa·s.