

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 841**

51 Int. Cl.:

**B29C 45/16** (2006.01)

**B29D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2011 PCT/EP2011/070947**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2012 WO12069590**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2011 E 11787883 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2643135**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de cuerpos moldeados ópticos**

30 Prioridad:

**24.11.2010 EP 10192422**

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

**17.04.2018**

73 Titular/es:

**COVESTRO DEUTSCHLAND AG (100.0%)**

**Alfred-Nobel-Str., 10**

**40789 Monheim am Rhein, DE**

72 Inventor/es:

**ZÖLLNER, OLAF;**

**KLINKENBERG, CHRISTOPH;**

**HERMANSEN, CHRISTOPH y**

**BOTZEN, MANFRED**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 663 841 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 la fabricación de cuerpos moldeados ópticos

5 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de cuerpos moldeados ópticos, en particular de lentes ópticas, en el que se genera una preforma en una herramienta de moldeo mediante fundición inyectada de un primer plástico termoplástico y se genera al menos una capa de cubrición sobre la preforma mediante fundición inyectada de un segundo plástico termoplástico.

10 Los cuerpos moldeados de calidad óptica son relevantes para una multitud de aplicaciones. Así, las lentes ópticas se emplean, entre otras cosas, para el control de luces en sistemas de iluminación. Entre estos figuran, además de los faros de automóvil también dispositivos de iluminación en el sector doméstico así como en el espacio público, tal como por ejemplo iluminaciones de calles. Como fuentes de luz se emplean cada vez con más frecuencia diodos emisores de luz (LED), que son pobres en UV e IR.

Además, también para ayudas visuales, tales como gafase o lentes de contacto, así como para aparatos ópticos, tales como microscopios, prismáticos o telescopios, existe la necesidad de lentes de buena calidad óptica.

15 Por el estado de la técnica son ya conocidos cuerpos moldeados ópticos a modo de ejemplo. De este modo, el documento DE 102008034153 A1 divulga un procedimiento para la producción de un cuerpo moldeado óptico a partir de un material de plástico, comprendiendo la producción del cuerpo moldeado óptico al menos tres procesos de inyección sucesivos.

20 El documento DE 69725535 T2 divulga un procedimiento para la producción de productos de plástico para fines ópticos, generándose en primer lugar una pieza moldeada primaria a partir de una resina sobre la que, a su vez, se aplica una capa de la misma resina con la formación de una pieza moldeada secundaria. En este caso, la resina que está pensada para cubrir la pieza moldeada primaria, se calienta hasta una temperatura entre la temperatura más baja recomendada de la inyección más 5 °C y la temperatura más alta recomendada menos 5 °C y se inyecta sobre la pieza moldeada primaria, de modo que dentro del intervalo de temperatura se sueldan la pieza moldeada primaria y la pieza moldeada secundaria mediante fusión entre sí sin contracción posterior.

25 En el documento DD 298620 A5 se describe un procedimiento de fundición inyectada de dos etapas para piezas moldeadas de plástico con ayuda de una herramienta de fundición inyectada, cuyas superficies que delimitan la pieza moldeada pueden desplazarse en paralelo.

30 El documento JP 2001-191365 A describe un procedimiento para la fundición inyectada de lentes de pared gruesa con una formación sucesiva de la lente en varias capas. Las lentes así producidas pueden producirse con un tiempo de ciclo reducido y muestran una contracción reducida.

Así mismo, se ha descrito ya en la bibliografía que durante la fundición inyectada se ajustará en la herramienta de moldeo una alta temperatura en la fase de inyección así como una baja temperatura en la fase de enfriamiento. El procedimiento de templado correspondiente se denomina también temple variotérmico y se ha divulgado, entre otros, en el documento US 2004/0188886 A1.

35 El documento DE 69411728 T2 describe un procedimiento para la producción de lentes para gafas fotocromáticas estratificadas, en el que los moldes de herramienta usados se calientan antes de la inyección del plástico termoplástico hasta una temperatura que se encuentra por encima de la temperatura de transición vítrea del material termoplástico.

40 En el documento DE 20022726 U1 se divulga una herramienta de una acuñadora de inyección para la producción de lentes implantables de plástico, con la que pueden producirse piezas moldeadas que presentan también sin un mecanizado posterior mecánico muy bajos errores de forma y una muy alta calidad superficial con ausencia de tensión simultánea. Se indica que la cavidad del molde debe mantenerse durante la inyección del plástico a una temperatura suficientemente alta para poder alcanzar buenas calidades ópticas.

45 El documento US 20090283926 A1 describe un procedimiento para la laminación de una película funcional sobre una lente termoplástica sometida a fundición inyectada en una máquina de fundición inyectada. En el caso del uso de policarbonato como material termoplástico para los cuerpos de lente, el material termoplástico se inyecta a una temperatura de fusión entre 260 °C y 315,6 °C así como una temperatura de herramienta entre 93,3 °C y 146,1 °C.

50 El documento US 7615176 reivindica un procedimiento para la mejora de la adherencia dentro de materiales compuestos multicapa con el uso de dos cavidades de molde, manteniéndose la primera cavidad de molde a una temperatura mayor que la segunda cavidad de molde.

En el estado de la técnica se ajusta por regla general una temperatura de herramienta óptima para generar las distintas capas de un material termoplástico. En este caso, en el estado de la técnica domina la opinión de que solo a una temperatura de herramienta esencialmente óptima para cada capa puede generarse un cuerpo moldeado óptico con una buena calidad. La temperatura óptima de la herramienta de moldeo depende del material de plástico

empleado y, en particular, de la temperatura de transición vítrea del material de plástico. En el caso del policarbonato, la temperatura óptima para elementos constructivos ópticos de pared gruesa es por ejemplo de aproximadamente 120 °C (de aproximadamente 20 °C a 30 °C por debajo de la temperatura de transición vítrea del policarbonato).

- 5 La temperatura óptima de herramienta de 120° conlleva sin embargo desventajas. De este modo, debido a las altas temperaturas de herramienta también en un procedimiento variotérmico resultan largos tiempos de enfriamiento de hasta 20 min por cuerpo moldeado.

Por lo tanto, la presente invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento para la producción de un cuerpo moldeado óptico, que lleve a cuerpos moldeados ópticos con excelente calidad óptica con, en particular, propiedades de imagen ópticas mejoradas y bajas tensiones internas.

10 El objetivo deducido y señalado anteriormente se consigue de acuerdo con un primer aspecto de la invención con un procedimiento para la producción de un cuerpo moldeado óptico de acuerdo con la reivindicación de patente 1. El procedimiento para la producción de un cuerpo moldeado óptico comprende:

- 15 - generar una preforma en una herramienta de moldeo mediante fundición inyectada de un primer plástico termoplástico transparente, en concreto de un policarbonato,
- generar al menos una capa de cubrición sobre la preforma mediante fundición inyectada de un segundo plástico termoplástico transparente, en concreto de un policarbonato,
- 20 - en el que la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la preforma es de un 30% a un 60%, con respecto a la temperatura en °C, menor que la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la al menos una capa de cubrición, en el que la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la preforma se encuentra entre 60 °C y 80 °C y la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la al menos una capa de cubrición se encuentra entre 90 °C y 130 °C y en el que en la herramienta de moldeo durante la generación de la preforma se genera una presión entre 250 y 500 bar.

25 En contraposición al estado de la técnica, de acuerdo con la enseñanza de la invención, la tensión interna de un cuerpo moldeado óptico de un material termoplástico transparente se reduce porque la preforma no se genera con una temperatura de herramienta casi óptima, sino con una temperatura de herramienta claramente inferior. Además, mediante la temperatura de herramienta significativamente inferior, puede reducirse significativamente el tiempo de producción de cuerpos moldeados ópticos debido al menor tiempo de enfriamiento.

30 En una primera etapa, se genera una preforma o una primera capa de un material termoplástico transparente, en concreto de policarbonato. En contraposición al estado de la técnica, esta no se genera sin embargo a la temperatura de herramienta óptima, sino a una temperatura claramente menor. La temperatura de herramienta, es decir, la temperatura de pared de herramienta, se ajusta entre un 30 % y un 60 % menor que una temperatura (casi) óptima de herramienta, a la que se genera la al menos una capa de cubrición.

35 De acuerdo con la invención se ha reconocido que para un elemento constructivo óptico de alto valor cualitativo es sorprendentemente suficiente generar la al menos una capa de cubrición con una temperatura de herramienta (casi) óptima, mientras que puede generarse una preforma con una temperatura de herramienta claramente menor.

40 Por ejemplo, pueden inyectarse dos capas de cubrición por ejemplo una tras otra en el tiempo sobre superficies opuestas de la preforma. También es posible inyectar sobre la primera capa de cubrición a continuación una segunda o una tercera capa de cubrición. De acuerdo con una primera forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención, sobre la preforma puede aplicarse una capa de cubrición superior y una capa de cubrición inferior mediante fundición inyectada simultánea de las capas de cubrición. Fundición inyectada simultánea significa en particular que las dos capas de cubrición pueden generarse simultáneamente y de igual manera. Se ha mostrado que mediante fundición inyectada simultánea de una capa de cubrición superior y una capa de cubrición inferior pueden reducirse las tensiones internas. Al mismo tiempo, pueden dotarse ambas superficies de la preforma de la masa de fundición inyectada. Pueden conseguirse mejores propiedades ópticas y en particular un buen moldeo de superficie.

45 De acuerdo con una otra forma de realización, el primer plástico puede estar formado por el mismo material que el segundo plástico. De este modo, puede producirse de manera sencilla un elemento constructivo óptico. Puede prescindirse de una herramienta compleja que permite la fundición inyectada con al menos dos plásticos diferentes. De manera sencilla y con un tiempo de enfriamiento especialmente corto, pueden formarse cuerpos moldeados ópticos.

50 Como alternativa, el primer plástico puede estar formado por otro material, un policarbonato distinto del segundo plástico. Mediante el uso de diferentes tipos de plástico, las ventajas de dos materiales de plástico distintos pueden usarse conjuntamente. Por ejemplo, en el caso de elementos constructivos ópticos, que se emplearán en la iluminación exterior, puede emplearse para la al menos una capa de cubrición un material de plástico que es más resistente frente a las influencias medioambientales que el material de plástico para la preforma y/o una capa de cubrición adicional. También puede concebirse utilizar los diferentes índices de refracción de distintos tipos de plástico. Por ejemplo, un cuerpo moldeado óptico puede seleccionarse con una capa de cubrición de un plástico que

presenta un primer índice de refracción que se diferencia del índice de refracción del plástico de la preforma, de tal manera que se consigue un determinado control de luces. Puede crearse un cuerpo moldeado óptico con funciones y/o propiedades especiales.

5 El plástico de la preforma o la una capa de cubrición es un plástico termoplástico transparente, en concreto policarbonato.

Plásticos termoplásticos a modo de ejemplo, que pueden usarse además para la producción de los cuerpos moldeados ópticos, son además de policarbonato (tal como Makrolon®) copolicarbonato, poliéstercarbonato, poliestireno, copolímeros de estireno, poliésteres aromáticos tales como poli(tereftalato de etileno) (PET), copolímero de PET-ciclohexanodimetanol (PETG), poli(naftalato de etileno) (PEN), poli(tereftalato de butileno) (PBT), poliamida, poliolefina cíclica, poli- o poli- o copoliacrilatos y poli- o copolimmetacrilato tal como por ejemplo poli- o copolimmetilmetacrilatos (tales como PMMA) así como copolímeros con estireno tales como por ejemplo poliestirenoacrilnitrilo transparente (PSAN), poliuretanos termoplásticos, polímeros a base de olefinas cíclicas (por ejemplo TOPAS®, un producto comercial de la empresa Ticona), poli(metacrilato de metilo) o mezclas de los componentes mencionados. Otros materiales que pueden emplearse son el denominado Liquid Silicone Rubber (LSR) (caucho de silicona líquida) por ejemplo de la empresa Momentive.

También son posibles mezclas de varios polímeros termoplásticos, en particular cuando son miscibles entre sí de manera transparente, prefiriéndose en una forma de realización especial una mezcla de policarbonato con PMMA (más preferentemente con PMMA < 2 % en peso) o poliéster.

Una forma de realización especial adicional puede contener en este contexto una mezcla de policarbonato y PMMA con menos del 2,0 % en peso, preferentemente menos del 1,0 % en peso, más preferentemente menos del 0,5 % en peso, estando contenido al menos el 0,01 % en peso de PMMA con respecto a la cantidad de policarbonato, presentando el PMMA preferentemente un peso molecular <40.000 g/mol. En una forma de realización especialmente preferida, el porcentaje de PMMA asciende al 0,2 % en peso, y de manera especialmente preferente al 0,1 % en peso, con respecto a la cantidad de policarbonato, presentando el PMMA preferentemente un peso molecular <40.000 g/mol.

Una forma de realización especial alternativa adicional, puede contener una mezcla de PMMA y policarbonato con menos del 2 % en peso, preferentemente menos del 1 % en peso, más preferentemente menos del 0,5 % en peso, pudiendo estar contenido al menos el 0,01 % en peso de policarbonato con respecto a la cantidad de PMMA.

En una forma de realización especialmente preferida, el porcentaje de policarbonato puede ascender al 0,2 % en peso, y de manera especialmente preferente al 0,1 % en peso, con respecto a la cantidad de PMMA.

Policarbonatos adecuados para la producción de la composición de plástico de acuerdo con la invención son todos los policarbonatos conocidos. Estos son homopolicarbonatos, copolicarbonatos y poliéstercarbonatos termoplásticos.

La producción de los policarbonatos tiene lugar preferentemente de acuerdo con el procedimiento de interfase o el procedimiento de transesterificación en masa fundida.

Para el procedimiento de interfase se remite a modo de ejemplo a H. Schnell, "Chemistry and Physics of Polycarbonates", Polymer Reviews, Vol. 9, Interscience Publishers, Nueva York 1964 página 33 y siguientes, en Polymer Reviews, Vol. 10, "Condensation Polymers by Interfacial and Solution Methods", Paul W. Morgan, Interscience Publishers, Nueva York 1965, capítulo VIII, página 325, en Dres. U. Grigo, K. Kircher y P. R- Müller "Polycarbonate" en Becker/Braun, Kunststoff-Handbuch, volumen 3/1, Polycarbonate, Polyacetale, Polyester, Celluloseester, Carl Hanser Verlag Múnich, Viena 1992, páginas 118-145 así como en el documento EP 0 517 044 A1.

El procedimiento de transesterificación en masa fundida se describe por ejemplo en la Enciclopedia of Polymer Science, volumen 10 (1969), Chemistry and Physics of Polycarbonates, Polymer Reviews, H. Schnell, volumen 9, John Wiley and Sons, Inc. (1964) así como en los documentos de patente DE-B 10 31 512 y US-B 6 228 973.

Los policarbonatos se preparan preferentemente mediante reacciones de compuestos de bisfenol con compuestos de ácido carbónico, en particular fosfeno o en el proceso de transesterificación en fundido difenilcarbonato o dimetilcarbonato.

En este sentido se prefieren especialmente homopolicarbonatos a base de bisfenol A y copolicarbonatos a base de los monómeros bisfenol A y 1,1-bis-(4-hidroxifenil)-3,3,5-trimetilciclohexano.

Estos y otros compuestos de bisfenol o de diol, que pueden emplearse para la síntesis de policarbonato, se divulgan, entre otros, en los documentos WO 2008037364 A1 (página 7, línea 21 a página 10, línea 5), EP 1 582 549 A1 ([0018] a [0034]), WO 2002026862 A1 (página 2, línea 20 a página 5, línea 14), WO 2005113639 A1 (página 2, línea1 a página 7, línea 20).

Los policarbonatos pueden ser lineales o ramificados. Pueden emplearse también mezclas de policarbonatos ramificados y no ramificados.

Agentes de ramificación adecuados para policarbonatos son conocidos por la bibliografía y se describen por ejemplo en los documentos de patente US-B 4 185 009 y DE 25 00 092 A1 (3,3-bis-(4-hidroxiaril-oxindoles de acuerdo con la invención, véase en cada caso todo el documento), DE 42 40 313 A1 (véase página 3, línea 33 a 55), DE 19 943 642 A1 (véase página 5, líneas 25 a 34) y US-B 5 367 044 así como en la bibliografía citada en esos documentos.

Además, los policarbonatos usados pueden estar también intrínsecamente ramificados, no añadiéndose en este caso ningún agente de ramificación en el contexto de la producción de policarbonato. Un ejemplo de ramificaciones intrínsecas son las denominadas estructuras de Fries, tal como se divulgan para policarbonatos fundidos en el documento EP 1 506 249 A1.

Además, en la producción de policarbonato pueden emplearse interruptores de cadena. Como interruptores de cadena se usan preferentemente fenoles tales como fenol, alquilfenoles tales como cresol y 4-terc-butilfenol, clorofenol, bromofenol, cumilfenol o mezclas de los mismos.

Los policarbonatos pueden contener además aditivos de polímeros, tales como por ejemplo mejoradores de la fluidez, termoestabilizadores, agentes de desmoldeo o agentes auxiliares de procesamiento.

Así mismo, pueden estar contenidos absorbedores UV o absorbedores IR. Absorbedores UV adecuados se describen por ejemplo en el documento EP 1 308 084 A1, en el documento DE 102007011069 A1 así como en el documento DE 10311063 A1. Absorbedores IR adecuados se divulgan por ejemplo en los documentos EP 1 559 743 A1, EP 1 865 027 A1, DE 10022037 A1, DE 10006208 A1 así como en las solicitudes de patente italianas RM2010A000225, RM2010A000227 así como RM2010A000228.

De los absorbedores IR se prefieren aquellos a base de boruro y wolframato así como absorbedores a base de ITO y ATO así como combinaciones de los mismos.

En una forma de realización especialmente preferida de la presente invención, el plástico termoplástico puede ser un policarbonato con un peso molecular Mw de 20.000 a 32.000, más preferentemente de 22.000 a 27.000, determinado mediante cromatografía de permeación en gel con calibración de policarbonato.

En los cuerpos moldeados ópticos de acuerdo con la invención, todas las capas respectivas pueden componerse de un plástico termoplástico. Como alternativa, las capas pueden estar formadas también por distintos plásticos termoplásticos. El uso de un plástico termoplástico para todas las capas del cuerpo moldeado óptico es sin embargo preferente en el contexto de la presente invención.

De acuerdo con una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención, la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la preforma se encuentra entre 60 °C y 80 °C, de manera especialmente preferente es de aproximadamente 70°. En particular en el caso de policarbonato, en el caso de procedimientos de fundición inyectada convencionales se ajustan temperaturas de herramienta más altas en el intervalo (óptimo) de aproximadamente 120 °C (aproximadamente 20 °C a 30 °C por debajo de la temperatura de transición vítrea de policarbonato). Las temperaturas de herramienta de moldeo más bajas tienen, con respecto a la temperatura de herramienta de moldeo convencional, la ventaja de que puede reducirse el tiempo de enfriamiento del cuerpo moldeado óptico. El tiempo de producción puede reducirse y por lo tanto mejorarse el rendimiento de producción. Al mismo tiempo pueden producirse lentes ópticas de alta calidad. El motivo de ello es que la temperatura de herramienta durante la generación de la pieza moldeada por inyección posterior es más alta y en particular en el intervalo de la temperatura de herramienta óptima. La temperatura de la herramienta de moldeo para generar la al menos una capa de cubrición se encuentra entre 90 °C y 130 °C, preferentemente en aproximadamente 120 °C. En particular, en el caso de una temperatura de herramienta de moldeo de 120 °C puede garantizarse una alta calidad de elemento constructivo debido a esta temperatura de pared de herramienta.

Pueden conseguirse resultados especialmente buenos cuando la temperatura de herramienta durante la generación de la preforma de policarbonato es esencialmente de 70 °C y la temperatura de herramienta durante la generación (simultánea) de una capa de cubrición superior y de una capa de cubrición inferior de policarbonato es esencialmente de 120 °C.

En particular, pueden compensarse y en particular eliminarse irregularidades o alteraciones de la superficie de las preformas debido a la inyección de la al menos una capa de cubrición con una temperatura de herramienta elevada y en particular óptima.

Además, se ha reconocido que, en contraposición al estado de la técnica, la presión generada en la herramienta de moldeo, es decir, la compresión, puede reducirse claramente durante la generación de la preforma, sin que aparezcan desventajas cualitativas en el producto final. Para evitar rechupe y errores similares, en el procedimiento de fundición inyectada convencional para generar una capa de policarbonato se genera una presión de al menos 800 bar. En el procedimiento de acuerdo con la invención se genera en la herramienta de moldeo durante la generación de la preforma una presión entre 250 bar y 500 bar. Mediante una menor presión pueden reducirse aún adicionalmente las tensiones internas. Pueden conseguirse mejores propiedades ópticas. Además, una menor presión puede llevar a una menor carga de la herramienta de moldeo.

- Además, la relación de espesor de capa de acuerdo con otra forma de realización entre la preforma y las capas de cubrición puede encontrarse entre 60:40 y 70:30. En contraposición al estado de la técnica, que parte de una relación de la preforma con respecto a las capas de cubrición de siempre 50:50 (en el caso de tres capas 25% - 50% - 25%), de acuerdo con la invención se ha reconocido que puede generarse una preforma con un grosor de capa, que es claramente mayor que el grosor de capa de las capas de cubrición. La relación de espesor de capa puede depender en particular de parámetros de proceso que pueden optimizarse con respecto a determinadas propiedades. Por ejemplo, la relación de espesor de capa en función de la evolución de la temperatura seleccionada (dirigida) en la sección transversal de la pieza acabada completa en el momento del desmoldeo, de la evolución de la temperatura seleccionada (dirigida) en la sección transversal del elemento constructivo completo en el momento de la proyección de la preforma o pieza moldeada por inyección previa, de la evolución de la temperatura seleccionada (dirigida) en la sección transversal de la pieza moldeada por inyección previa en el momento del desmoldeo de la pieza moldeada por inyección previa, de la evolución de la temperatura seleccionada (dirigida) en la sección transversal de la pieza moldeada por inyección previa tras finalizar la inyección de la masa de la pieza moldeada por inyección previa, de los distintos plásticos que se emplean tanto para la pieza moldeada por inyección previa como para las capas de cubrición y/o las calidades de elemento constructivo requeridas en cuanto a fidelidad geométrica y propiedades internas de la pieza acabada. Las evoluciones de temperatura mencionadas anteriormente en el elemento constructivo pueden verse afectadas por la temperatura de masa del plástico inyectado, las temperaturas de pared de herramienta y/o las duraciones de permanencia (tiempos de enfriamiento) en la herramienta cerrada en cada caso de pieza moldeada por inyección previa y capas de cubrición.
- En particular, la preforma puede presentar, debido a la mejor temperatura de herramienta, un mayor grosor de capa, sin que se aumente el tiempo de enfriamiento para el elemento constructivo óptico. Esto conlleva la ventaja de que puede reducirse el grosor de capa de la al menos una capa de cubrición. Grosos de capa reducidos pueden llevar a mejores propiedades de superficie. Con un tiempo de enfriamiento constante, puede producirse un cuerpo moldeado óptico con mejores propiedades de superficie.
- En principio, en el caso de dos capas de cubrición, los grosores de capa de las dos capas de cubrición pueden ser diferentes. De acuerdo con una forma de realización preferida, el grosor de capa de la capa de cubrición superior puede corresponder esencialmente al grosor de capa de la capa de cubrición inferior. Es posible un enfriamiento más uniforme del elemento constructivo óptico. Aparecen menores tensiones internas.
- Además, de acuerdo con otra forma de realización, puede producirse un cuerpo moldeado óptico con un grosor de al menos 10 mm. Pueden producirse en particular cuerpos moldeados ópticos (de pared gruesa) entre 10 mm y 40 mm, por ejemplo 20 mm o 30 mm.
- De acuerdo con otra forma de realización, durante la generación de la al menos una capa de cubrición durante el proceso de inyección, puede ajustarse una temperatura óptima de herramienta de moldeo (aproximadamente 120 °C) y a continuación enfriarse la temperatura de herramienta de moldeo por ejemplo mediante enfriamiento con agua. El tiempo de enfriamiento y por lo tanto el tiempo de producción puede reducirse.
- Otro aspecto de la invención es un cuerpo moldeado óptico, en particular un elemento de lente, producido de acuerdo con un procedimiento que se describe en lo anterior.
- De acuerdo con una forma de realización preferida del cuerpo moldeado óptico, la relación de espesor de capa entre la preforma y las capas de cubrición puede encontrarse entre 60:40 y 70:30. Así mismo, el grosor de capa de la capa de cubrición superior puede corresponder esencialmente al grosor de capa de la capa de cubrición inferior.
- Un aspecto aún adicional de la invención es un uso de un cuerpo moldeado óptico descrito previamente en un sistema de iluminación a como lente con diodos emisores de luz como fuente de luz. A modo de ejemplo, son sistemas de iluminación faros, en particular faros de automóviles.
- faroles, iluminaciones de fachadas, iluminaciones de espacios exteriores, iluminaciones de espacios interiores, iluminación técnica, etc.
- En el dibujo muestra:
- la Figura 1 un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de un procedimiento de acuerdo con la invención para la producción de elementos constructivos ópticos a partir de materiales termoplásticos transparentes mediante fundición inyectada multicapa,
- la Figura 2 una vista esquemática de un ejemplo de realización de un elemento constructivo óptico producido mediante el procedimiento de acuerdo con la invención,
- la Figura 3 una vista esquemática de una transmisión de luz a través de una lente de iluminación,
- la Figura 4 una vista esquemática de un elemento constructivo de fundición inyectada producido mediante fundición inyectada multicapa,

- la Figura 5 una vista esquemática de elementos constructivos ópticos y sus evoluciones de temperatura durante el enfriamiento,
- la Figura 6 diagramas a modo de ejemplo con respecto al tiempo de enfriamiento de un elemento constructivo de fundición inyectada,
- 5 la Figura 7 un diagrama con un valor óptimo de tiempo de enfriamiento cualitativo a modo de ejemplo en el caso de lentes de dos capas de policarbonato,
- la Figura 8 un diagrama con un valor óptimo de tiempo de enfriamiento cualitativo a modo de ejemplo en el caso de lentes de tres capas de policarbonato,
- 10 la Figura 9a una vista esquemática de la producción en la máquina de fundición inyectada de dos componentes de una lente de una capa, de dos capas y de tres capas,
- la Figura 9b una vista esquemática adicional de la producción en la máquina de fundición inyectada de dos componentes de una lente de una capa, de dos capas y de tres capas,
- la Figura 10 un diagrama con reducciones de tiempo de enfriamiento a modo de ejemplo de lentes de dos capas y de tres capas en comparación con una lente de una capa,
- 15 la Figura 11 una vista esquemática de cuerpos de lente (de Makrolon LED 2245) en realización de una capa, de dos capas y de tres capas,
- la Figura 12 un diagrama con una evolución a modo de ejemplo de la desviación máxima de la planicidad en función de la compresión en una herramienta de moldeo,
- 20 la Figura 13 un diagrama con una evolución a modo de ejemplo adicional de la desviación máxima de la planicidad en función de la compresión en una herramienta de moldeo,
- la Figura 14 un diagrama con una evolución a modo de ejemplo de la desviación máxima de la planicidad en función del tiempo de enfriamiento,
- la Figura 15 un diagrama con valores medios de valores de transmisión y amarilleo medidos de lentes de una capa, de dos capas y de tres capas,
- 25 la Figura 16 una vista esquemática de un equipo de medición a modo de ejemplo y principio de medición del desplazamiento de píxeles,
- la Figura 17 un diagrama con una evolución a modo de ejemplo de la pieza de ensayo, del aceite y de la lámina a partir de la estructura de acuerdo con la Figura 16,
- 30 la Figura 18 una vista esquemática de una transmisión de luz a modo de ejemplo a través de un elemento constructivo de fundición inyectada,
- la Figura 19 una vista esquemática de un principio de medición a modo de ejemplo del desplazamiento de píxeles,
- la Figura 20 un diagrama a modo de ejemplo, en el que está representada la influencia del procesamiento sobre el “desplazamiento de píxeles” de una lente de tres capas, siendo esencialmente iguales la temperatura de herramienta para la generación de la preforma y la temperatura de herramienta para la generación de las capas de cubrición,
- 35 la Figura 21 un diagrama a modo de ejemplo, en el que está representada la influencia del procesamiento sobre el “desplazamiento de píxeles” de una lente de una capa, siendo la temperatura de herramienta para la generación de la preforma menor que la temperatura de herramienta para la generación de las capas de cubrición,
- 40 la Figura 22 un diagrama a modo de ejemplo, en el que está representada la influencia del procesamiento sobre el “desplazamiento de píxeles” de una lente de una capa,
- la Figura 23 un diagrama a modo de ejemplo, en el que está representada la influencia del procesamiento sobre el “desplazamiento de píxeles” de una lente de una capa,
- 45 la Figura 24 un diagrama a modo de ejemplo, en el que está representada la influencia del temple en el caso de lentes de tres capas sobre el “desplazamiento de píxeles”,
- la Figura 25 una vista esquemática de valores medios de píxeles a modo de ejemplo,
- la Figura 26 una vista esquemática de una medición a modo de ejemplo de la calidad de elementos constructivos ópticos,

la Figura 27 una vista esquemática para la representación del ángulo de desviación, y

la Figura 28 una vista esquemática de un equipo de medición a modo de ejemplo para la medición de la calidad de los elementos constructivos ópticos.

5 la Figura 1 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de un procedimiento de acuerdo con la presente invención. En una primera etapa 101, se forma la preforma en una herramienta de moldeo mediante fundición inyectada. Como material puede usarse en particular un plástico transparente. Preferentemente, la preforma se produce de policarbonato.

10 La temperatura de la herramienta de moldeo, en particular la temperatura de las cavidades de la herramienta de moldeo, se ajusta a un valor que se encuentra de un 30 % a un 60 % por debajo de la temperatura de la herramienta de moldeo, que se ajusta durante la generación de la al menos una capa de cubrición. Preferentemente, la temperatura puede reducirse entre un 30 % y un 50%. En particular, en el caso de policarbonato, puede ajustarse una temperatura de herramienta de 60 °C a 80 °C, preferentemente de aproximadamente 70 °C. Se ha establecido sorprendentemente que en particular en un intervalo de temperatura alrededor de 70 °C, es decir aproximadamente de 65 °C a 75 °C, pueden reducirse las tensiones internas en la pieza moldeada. Al mismo tiempo, puede reducirse el tiempo de producción.

Durante la generación de la preforma está reducida la presión con respecto a una presión óptima. Durante la generación de una preforma de policarbonato se genera una presión de aproximadamente 250 bar a 500 bar. También de este modo pueden reducirse las tensiones internas en la pieza moldeada óptica.

20 La al menos una capa de cubrición, preferentemente ambas capas de cubrición, se aplican en una etapa 102 siguiente mediante fundición inyectada. Preferentemente puede emplearse el mismo policarbonato que en la generación de la preforma. Preferentemente puede generarse una lente de tres capas. Sobre la preforma puede aplicarse una capa de cubrición superior y una capa de cubrición inferior. Cuando la inyección tiene lugar simultáneamente, pueden reducirse adicionalmente las tensiones internas en la pieza moldeada.

25 En particular, puede llevarse a cabo una fundición inyectada simultánea de la capa de cubrición superior y la capa de cubrición inferior a una temperatura de herramienta óptima. Por una temperatura de herramienta óptima se entiende en particular la temperatura a la que puede producirse una capa o un cuerpo moldeado con propiedades ópticas (casi) óptimas. Por una presión óptima se entiende en particular la presión a la que puede producirse una capa o un cuerpo moldeado con propiedades ópticas (casi) óptimas. En el caso del policarbonato, la temperatura óptima de herramienta es de aproximadamente 120 °C.

30 Después de una fase de enfriamiento, la pieza moldeada óptica en una etapa 103 puede sacarse de la cavidad. Además, en una etapa 104 siguiente pueden seguir etapas de procesamiento adicionales.

35 La Figura 2 muestra un ejemplo de realización de un cuerpo moldeado óptico 2 producido de acuerdo con el procedimiento que se describe anteriormente. En particular, el cuerpo moldeado 2 puede estar formado de manera transparente. Preferentemente, el cuerpo moldeado 2 puede ser un elemento de lente 2. El cuerpo moldeado óptico 2 puede usarse preferentemente en sistemas de iluminación, por ejemplo como elemento de lente 2 para un faro de automóvil de LED.

El cuerpo moldeado óptico 2 representado comprende una preforma 4 o una capa de plástico central 4. Sobre las dos superficies de la preforma anchas 4 está dispuesta una capa de cubrición superior 6.1 y una capa de cubrición inferior 6.2.

40 El cuerpo moldeado óptico 2 presenta un grosor 12 de 10 mm a 30 mm. El grosor 8 de la preforma 4 es, de acuerdo con el presente ejemplo de realización, mayor que el grosor 10 de una capa de cubrición 6.1, 6.2. Tal como puede reconocerse, en el presente ejemplo de realización, el grosor de capa 10 de la capa de cubrición superior 6.1 corresponde esencialmente al grosor de capa 10 de la capa de cubrición inferior 6.2. La relación del grosor de capa 8 de la preforma 4 con respecto a los grosores de capa 10 de las capas de cubrición 6.1, 6.2 puede encontrarse preferentemente entre 70:30 y 60:40.

Por ejemplo, el grosor de capa 12 del cuerpo moldeado óptico puede ascender a 20 mm. El grosor de capa 8 de la preforma 4 puede ascender aproximadamente a 12 mm y el grosor de capa 10 de las capas de cubrición 6.1, 6.2 puede ascender aproximadamente a 4 mm.

50 Se entiende que pueden generarse formas en principio más complejas y en particular puede variar la evolución de los grosores de capa de un elemento.

55 Cabe señalar así mismo que en los próximos años, el sector de la tecnología de LED se centrará principalmente en iluminaciones sin imágenes, mientras que el centro de los desarrollos en los últimos años se encontraba principalmente en el sector de los sistemas ópticos de imágenes. En contraposición a la óptica de imágenes, no se trata de la generación de una imagen de la fuente de luz. El tipo de iluminación del objetivo es el principal interés de esta especialidad de la óptica. En este caso se genera una cierta distribución de luz con una fuente de luz dada. La

distribución de luz se produce mediante materiales de reflexión y de transmisión, cuya superficie refleja la luz incidente, refracta y también refleja. Estos materiales se denominan ópticamente pasivos. En combinación con la fuente de luz se genera el sistema óptico. El diseño óptico es necesario para aumentar la eficiencia y para la redistribución óptima de la luz.

- 5 En el sector de la óptica no de imágenes y muy especialmente en la óptica de iluminación resultan nuevas posibilidades para los plásticos. Mediante el desarrollo de los agentes de iluminación de LED pueden abrirse nuevos sectores para los que aún no hay ningún sistema óptico. Mediante la larga vida y la eficiencia energética de los LED con respecto a los medios de iluminación convencionales, muchas ramas industriales tienen un gran interés en la iluminación con LED. En la construcción de automóviles se añaden como argumentos para el uso de materiales termoplásticos en la óptica de iluminación también el ahorro de peso en comparación con el vidrio y la posibilidad de la integración funcional.

10 Las nuevas ópticas de iluminación requieren hoy en día ópticas de alta complejidad, de forma libre, de semirrefracción y semirreflexión, que solo pueden producirse con dificultad en vidrio. Además, han de encontrarse con frecuencia aplicaciones masivas que justifiquen el uso de la técnica de fundición inyectada, en el sector de la óptica de iluminación. Los requisitos ópticos son igualmente altos para muchas aplicaciones de iluminación, pero más fácilmente realizables en comparación directa con las ópticas de imágenes en ópticas de plástico. De este modo, son de menor importancia errores de imagen y el diseñador de óptica tiene más grados de libertad geométricos en el diseño de su óptica. De este modo pueden compensarse y/o tolerarse las desventajas en las propiedades ópticas de los plásticos (por ejemplo dependencia de la temperatura del índice de refracción y la geometría).

15 Tal como se describe en lo anterior, para los plásticos ópticos en la óptica de iluminación resultan grandes potenciales de aplicación. Existen sin embargo requisitos técnicos de proceso que se explican brevemente a continuación:

- 20 condición previa para el desempeño funcional de muchas ópticas de iluminación es que se mantengan bajas las pérdidas de dispersión y de intensidad, así como desviaciones de rayos de luz. El desempeño funcional se consigue íntegramente a su vez a partir de la geometría de las superficies funcionales (forma, ondulación y rugosidad) y de las propiedades internas (transmisión, absorción, dispersión, tensiones, distribuciones de densidad).

25 Esto significa que la precisión de moldeado de las superficies funcionales ópticas en las que se acopla y desacopla la luz, debe ser muy alta. En relación con depresiones superficiales y desviación de forma son necesarias precisiones en el intervalo inferior de dos cifras de mm y en el caso de rugosidades superficiales incluso en el intervalo de nm de una cifra. Por otro lado, esto significa también que el volumen de pieza moldeada debe presentar las menores tensiones, impurezas y propiedades de materiales anisotrópicas internas posibles para no influir negativamente en las propiedades ópticas.

30 Los requisitos descritos dejan claro qué requisitos se plantean al proceso de fundición inyectada. Por un lado, mediante el proceso de fundición inyectada se genera una distribución de presión, temperatura y orientación diferente espacial y temporalmente en la pieza moldeada. De este modo se produce una anisotropía óptica más o menos marcada mediante, por ejemplo, orientaciones moleculares, distribuciones de densidad y polarización que, tal como se describe anteriormente, pueden influir en el comportamiento óptico. Por otro lado, debe prestarse atención a lo largo de toda la cadena de procesos a una producción muy limpia y cuidadosa, dado que deben evitarse todos los tipos de impurezas e imperfecciones tales como rechupes, inclusiones, líneas de flujo, que influyen negativamente en las propiedades ópticas.

35 Además, estos requisitos debidos al proceso se superponen con la forma geométrica resultante del diseño de la óptica. Con frecuencia se necesitan cuerpos de lente muy compactos con grandes grosores de pared. Las lentes, que forman en este caso el centro, pueden designarse en el sentido de la tecnología de los plásticos como de pared gruesa. Grososres de pared de 10 mm, 20 mm y 30 mm son habituales que pueden variar aún fuertemente en función del diseño de la óptica y las integraciones funcionales. Las zonas de pieza moldeada gruesas solidifican más lentamente que las zonas delgadas, de modo que puede producirse un estancamiento de la masa fundida indeseado en las zonas delgadas y a una peor transferencia de presión en la fase de compresión a las zonas de pared gruesa. De este modo se dificultan un llenado uniforme de la pieza moldeada y la precisión de moldeado requerida de las superficies ópticas. Los grandes grosores de pared llevan además a tiempos de enfriamiento muy largos. En función de los grosores de pared, estos pueden encontrarse entre 5 y 20 minutos y en parte también por encima. Mediante los largos tiempos de permanencia relacionados con esto en la unidad de plastificación de la máquina de fundición inyección, la carga térmica de los plásticos y por lo tanto el riesgo de daños de materiales es mayor que en otras aplicaciones. Además, mediante los largos tiempos de enfriamiento pueden dificultarse una realización y control de proceso continuo y planificación de ensayo. No menos importante, los costes para estos elementos constructivos no se ven afectados negativamente por los largos tiempos de enfriamiento de ciclo.

55 En resumen, para las ópticas consideradas en este caso, puede establecerse que resultan altos requisitos técnicos de proceso de la muy alta precisión y limpieza requerida por el diseño de óptica, con la tecnología de procesamiento

de plásticos, y resultan geometrías de pared gruesa muy desfavorables. Bloques de construcción importantes de la cadena de procesos para la producción de estas piezas se encuentran hoy en día aún en la fase de desarrollo y pruebas, en particular aquellas que alcanzan la calidad de iluminación requerida en el tiempo de ciclo más corto posible.

- 5 Con la fundición inyectada multicapa se desvía de la vía clásica de la fundición inyectada o acuñación por inyección y se intenta fabricar, mediante una producción por capas, un elemento constructivo óptico. En el caso de la producción por capas, las capas individuales son más delgadas que el grosor de pared global, de modo que es posible una reducción del tiempo de enfriamiento, dado que la suma de los tiempos de enfriamiento de las capas individuales es menor que el tiempo de enfriamiento en el procedimiento de una capa. Los primeros cálculos teóricos predicen para la fundición inyectada multicapa un gran potencial para la reducción del tiempo de ciclo. El proyecto requerido por el BMBF "Autolight" (bajo el conjunto de organismos responsables del VDI) tiene en un proyecto parcial el objetivo de mejorar esencialmente las técnicas de simulación para la predicción de la división de capas favorable, en ópticas de forma libre complejas. En particular, también mediante la predicción cuantitativa del tiempo de enfriamiento combinado con la inclusión de predicción de calidad en la simulación.
- 10
- 15 Se plantea además la cuestión de si hay diferencias en la consecución de determinadas características de calidad ópticas y geométricas entre elementos constructivos ópticos que se producen en la fundición inyectada de una capa, de dos capas o de tres capas.

Ensayos prácticos detallados para ello se llevan a cabo en la actualidad en un estudio de Bayer Material Science. El núcleo de este ensayo es mostrar diferencias esenciales de la fundición inyectada multicapa en un elemento constructivo óptico en comparación con la fundición inyectada convencional. Para ello se llevan a cabo ensayos comparativos en una geometría óptica que se produjo en la fundición inyectada de una capa, de dos capas y de tres capas.

20

El espectro de requisitos para los elementos constructivos ópticos es variado. Los requisitos pueden valorarse de diferente manera a su vez en función del campo de aplicación respectivo de la óptica de iluminación. Los requisitos se cumplen, tal como se menciona en lo anterior, mediante la combinación de propiedades de materiales y geometría. En este caso es muy importante el conocimiento de la influencia y de los límites del proceso de producción, dado que mediante estos puede influirse enormemente en las propiedades posteriores.

25

Requisitos geométricos pueden ser contorno, superficie, rugosidad, radio de curvatura, dimensiones, ángulo y tolerancias. Requisitos ópticos pueden ser índice de refracción / dispersión, grado de reflexión, transmisión, absorción, dispersión, color propio, refracción doble. Requisitos visuales pueden ser brillo, rechupe, inclusiones, defectos superficiales (impurezas, inclusiones), suciedad y líneas de flujo. Requisitos técnicos de luz pueden ser medio de iluminación, alumbrado, distribución de luz, fenómeno cromático, requisitos legales. Requisitos medioambientales pueden ser estabilidad frente a la temperatura, humedad, resistencia química, amarilleo, módulo E, integración constructiva, mecánica y tolerancias. Requisitos económicos pueden ser tiempo de ciclo, número de piezas, costes fijos, gasto en herramientas y máquinas, desechos y tolerancias.

30

35

La luz de LED no presenta nada de o solo una baja fracción de UV e IR y permite nuevas ópticas. Las ventajas del proceso de fundición inyectada en el moldeado de superficie y la variedad de formas pueden aprovecharse por completo en la óptica de iluminación y de sensores. Aplicaciones masivas, en las que comienza a merecer la pena el moldeado en el proceso de fundición inyectada, se encuentran la óptica de iluminación y de sensores. Las calidades alcanzables con plásticos transparentes coinciden con los requisitos de ópticas de iluminación precisas y sensores.

40

En cuanto al potencial y a los requisitos de los plásticos transparentes para ópticas de iluminación:

existe potencial, ya que ópticas complejas, de forma libre, de semirrefracción y semirreflexión, solo pueden producirse con dificultad en vidrio.

Un requisito son las propiedades de iluminación, tales como la geometría de la superficie funcional (forma, ondulación y rugosidad) y las propiedades internas (transmisión, absorción, dispersión, tensiones), bajas pérdidas de dispersión y de intensidad, así como desviaciones de rayos de luz, por lo tanto alta precisión de moldeado de las superficies funcionales ópticas, el proceso de fundición inyectada genera estructuras de material ópticamente anisótropas (densidad, tensiones, orientaciones, polarización), altos requisitos de limpieza es decir, ninguna suciedad e impurezas tales como rechupe, inclusiones, líneas de flujo, cuerpos de lente compactos con grandes grosores de pared (10 mm, 20 mm y 30 mm). Con ello se dificulta un llenado de la pieza moldeada uniforme y una transmisión de presión. Los grandes grosores de pared llevan además a muy largos tiempos de enfriamiento.

45

50

Consideraciones fundamentales con respecto al tiempo de enfriamiento (véase la Figura 6):

$$t_k = \frac{s^2}{\pi^2 a_{2ff}} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \Theta \right),$$

$$\Theta = \left( \frac{\vartheta_M - \bar{\vartheta}_W}{\vartheta_E - \bar{\vartheta}_W} \right).$$

5 Primeras consideraciones teóricas muestran para la fundición inyectada multicapa un gran potencial para la reducción del tiempo de ciclo. Validación que comprende la simulación del tiempo de enfriamiento para sistemas de múltiples capas y ópticas de forma libre complicadas en el proyecto BMBF "Autolight" en particular incluyendo la predicción de las calidades alcanzables.

Ejemplo: Producción en la máquina de fundición inyectada de dos componentes de una lente de una capa, de dos capas y de tres capas (véase la Figura 9a, 9b). Tal como puede reconocerse en particular, el tiempo de ciclo, en una lente de tres capas en comparación con una lente de una capa, puede reducirse en más de un 50 %.

10 Grosor total de lente S = 20 mm  
 Temperatura de masa JM = 280 °C  
 Temperatura de herramienta pieza moldeada por inyección previa VS = 120 °C  
 Temperatura de herramienta pieza moldeada por inyección posterior NS = 120 °C  
 Coeficiente de transmisión térmica a = 2000 W/m<sup>2</sup>K  
 15 Temperatura de desmoldeo en el centro de la pieza moldeada JE = 150 °C  
 Cada 600 s dos lentes de una capa  
 Cada 290 s una lente de dos capas  
 Cada 580 s dos lentes de dos capas  
 Cada 240 s una lente de tres capas  
 Cada 480 s dos lentes de tres capas

20 Resultados teóricos, no validados: se observó en este caso solo la verdadera reducción del tiempo de enfriamiento. Fracciones de tiempo, que se generan en la fundición inyectada multicapa por la apertura intermedia de la herramienta adicional y la inyección, no se tienen en cuenta en este caso.

25 En un medio inhomogéneo, el índice de refracción no es constante (véase la Figura 18). Gradientes del cambio del índice de refracción (dirección del cambio más fuerte). En esta interfase rige para el rayo de luz que pasa la ley de refracción habitual. El rayo de luz se refracta en dirección del gradiente. Si se suman estos cambios, resulta en general una trayectoria de luz no recta y una desviación puntual no uniforme. Si el índice de refracción y también su campo de gradiente en un medio anisótropo está desplazado para dos direcciones de polarización, resulta una división puntual. Cuando el medio es anisótropo e inhomogéneo, se suman ambos efectos. El caso se da en la pieza de fundición inyectada.

30 La temperatura de herramienta de la pieza moldeada por inyección previa o preforma (TWZ VS) tienen una gran influencia en el material compuesto global sobre el desplazamiento de píxeles (véase la Figura 20 y 21).

35 Menores presiones con un moldeado de superficie mejor, pueden conseguirse en el caso de los elementos constructivos de múltiples capas. Influencia muy positiva sobre la transmisión y el índice de amarilleo en el caso de policarbonato en el sistema de tres capas. Influencia del procedimiento de producción y el procesamiento representable.

Otras formas de realización se refieren a un aparato de medición y a un procedimiento para la medición de la calidad de elementos constructivos ópticos en la transmisión.

40 Para determinar la deformación del elemento constructivo, se examina la desviación del rayo en función de la posición en el elemento constructivo. Se determina el desplazamiento de los puntos desde su posición teórica, cuando estos se registran a través del elemento constructivo. Para este fin, se ha realizado la siguiente construcción. Con una unidad de observación, en particular una cámara IDS µEye CMOS, se registran a través de un objetivo de 200 mm, una unidad de objeto, en particular una matriz de puntos, a través del elemento constructivo. La matriz de puntos consiste en una lámina transparente con puntos negros de 1 mm de tamaño a una distancia de 3,5 mm, monada en una caja de luz.

45 Para descartar efectos de superficie, tales como curvaturas, arañazos y cantos de mazarota, del elemento constructivo se mide el elemento constructivo de acuerdo con una configuración ventajosa de la invención en una cubeta rodeada por aceite de inmersión de igual poder de refracción que la pieza de fundición inyectada. La cubeta se compone de un bastidor de metal con guías para la colocación óptima del elemento constructivo y dos ventanas de borosilicato, que están dispuestas en paralelo entre sí. Para el ajuste fino del índice de refracción del aceite de inmersión con el elemento constructivo de PC se mide en un intervalo de longitud de onda de 650 - 700 nm.

Para compensar los defectos de la cubeta, se prepara en primer lugar una imagen cero con cubeta y aceite de inmersión. Se crean preferentemente tres tomas de imagen cero, en las que se agita el aceite para minimizar inhomogeneidades del aceite. Esto es necesario dado que el aceite de inmersión no es homogéneo.

De acuerdo con una configuración ventajosa de la invención, está prevista una unidad de evaluación que está relacionada desde el punto de vista de la técnica de datos con la unidad de observación, estando configurada la unidad de evaluación para cuantificar las deformaciones con resolución espacial. Estas y su modo de proceder se describen meramente a modo de ejemplo a continuación:

5 **Evaluación del software:**

En el reconocimiento de círculos en la imagen se seleccionan todos los píxeles que presentan un valor de gris inferior a 65 (imagen de la pieza de fundición inyectada, valor de gris inferior a 75) como región. Esta región se divide en regiones contiguas individuales. Las regiones que tienen una superficie menor de 900 píxeles (elemento constructivo 150 píxeles), no se tienen en cuenta.

10 Para la posición de los puntos de imagen cero, se representan los valores medios de tres imágenes cero, que se prepararon antes de cada serie de piezas de medición para recoger un desplazamiento de la disposición de medición.

15 Después se extraen en las imágenes de elementos constructivos los círculos deformados como regiones y se determinan sus posiciones. En un procedimiento iterativo se asocian los círculos cero más próximos a las imágenes de círculos deformados. Esto se produce en etapas de 10-20 píxeles, para no tenga lugar una asociación errónea. En el caso de imágenes de algunos ensayos, deben cumplirse condiciones adicionales para la asociación cero para evitar evaluaciones erróneas. Por ejemplo, en algunas series en la zona izquierda de la imagen, las imágenes puntuales se encontrarán siempre a la derecha de las imágenes cero.

La distancia de los puntos hasta el punto cero es siempre la diagonal más corta.

20 Las regiones asociadas se colorean con distintos colores en función de la distancia horizontal o vertical a los círculos cero.

- 10 píxeles verde bosque
- 20 píxeles verde
- 30 píxeles caqui
- 25 40 píxeles rojo dorado
- 50 píxeles rojo indio
- 70 píxeles rojo
- 90 píxeles rojo
- 100 píxeles rojo

30 La desviación de la posición de los círculos con respecto a la posición cero es una medida de la deformación del elemento constructivo que se provoca mediante una estructura desordenada de los cristales poliméricos (refracción doble, gradiente de índice de refracción).

35 Los desplazamientos de todos los puntos representados se emiten como imagen de regiones codificada por colores con regiones cero superpuestas. El número negro superior por encima de la región indica el desplazamiento de píxeles. El número blanco es el número de la región.

El desplazamiento angular de la posición en el elemento constructivo resulta de la distancia del elemento constructivo a la óptica de cámara, la escala y el desplazamiento de píxeles.

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\text{desplazamiento de píxeles} * \text{escala}}{\text{óptica de cámara} - \text{matriz de puntos}}\right)$$

Una desviación de 10 píxeles da como resultado una desviación angular de 0,005 ° o 0,000087 RAD.

40 **Ajustes de la cámara:**

La iluminación es un tubo fluorescente que se hace funcionar con 500 Hz, para evitar oscilaciones de luminosidad. Las tomas se efectúan con un tiempo de integración de 109 ms y una tasa de imagen de 5,8 fps. Las imágenes tienen un tamaño de 2560 x 1920 píxeles con una resolución en píxeles de 24,4 µm/píxel (campo de imagen: 46,83 x 62,44 mm).

Distancia cámara - cubeta:	2000 mm
Distancia cubeta – matriz de puntos:	800 mm

45

Los datos se importan a Excel y se crea un histograma con un intervalo de clase de 5 píxeles.

El error de repetición del método de medición asciende a ± 2 píxeles.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la fabricación de un cuerpo moldeado óptico (2), en particular de un elemento de lente (2), que comprende:

- 5           - generar una preforma (4) en una herramienta de moldeo mediante fundición inyectada de un primer plástico termoplástico transparente, en concreto de un policarbonato, y  
          - generar al menos una capa de cubrición (6.1, 6.2) sobre la preforma (4) mediante fundición inyectada de un segundo plástico termoplástico transparente, en concreto de un policarbonato,  
**caracterizado porque**  
10          - la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la preforma (4) es de un 30 % a un 60 %, con respecto a la temperatura en °C, menor que la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la al menos una capa de cubrición (6.1, 6.2),

en el que la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la preforma (4) se encuentra a entre 60 °C y 80 °C y la temperatura de la herramienta de moldeo para generar la al menos una capa de cubrición (6.1, 6.2) se encuentra a entre 90 °C y 130 °C y

15          en el que en la herramienta de moldeo durante la generación de la preforma (4) se genera una presión de entre 250 y 500 bares.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** sobre la preforma (4) se aplican una capa de cubrición superior (6.1) y una capa de cubrición inferior (6.2) mediante fundición inyectada simultánea de las capas de cubrición (6.1, 6.2).

20

3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque**

- el primer plástico está formado por el mismo material de plástico que el segundo plástico o
- el primer plástico está formado por un material de plástico distinto del segundo plástico.

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la relación de espesor de capa entre la preforma (4) y las capas de cubrición (6.1, 6.2) se encuentra entre 60:40 y 70:30.

25

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado porque** el grosor de capa de la capa de cubrición superior (6.1) corresponde esencialmente al grosor de capa de la capa de cubrición inferior (6.2).

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se fabrica un cuerpo moldeado óptico (2) con un grosor de al menos 10 mm.

30          7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** después del proceso de inyección para generar la al menos una capa de cubrición (6.1, 6.2) se reduce la temperatura de la herramienta de moldeo.

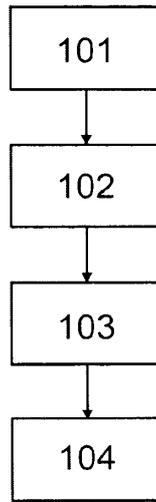


Fig. 1

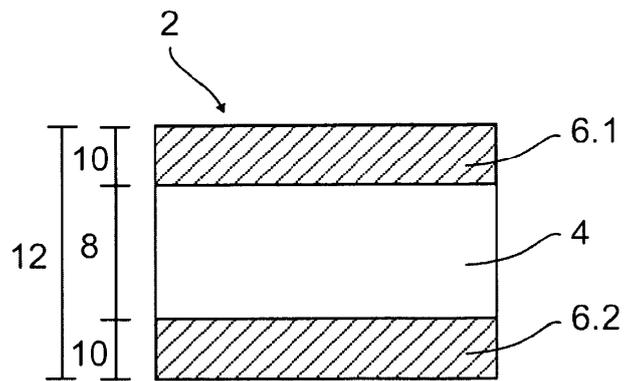


Fig. 2

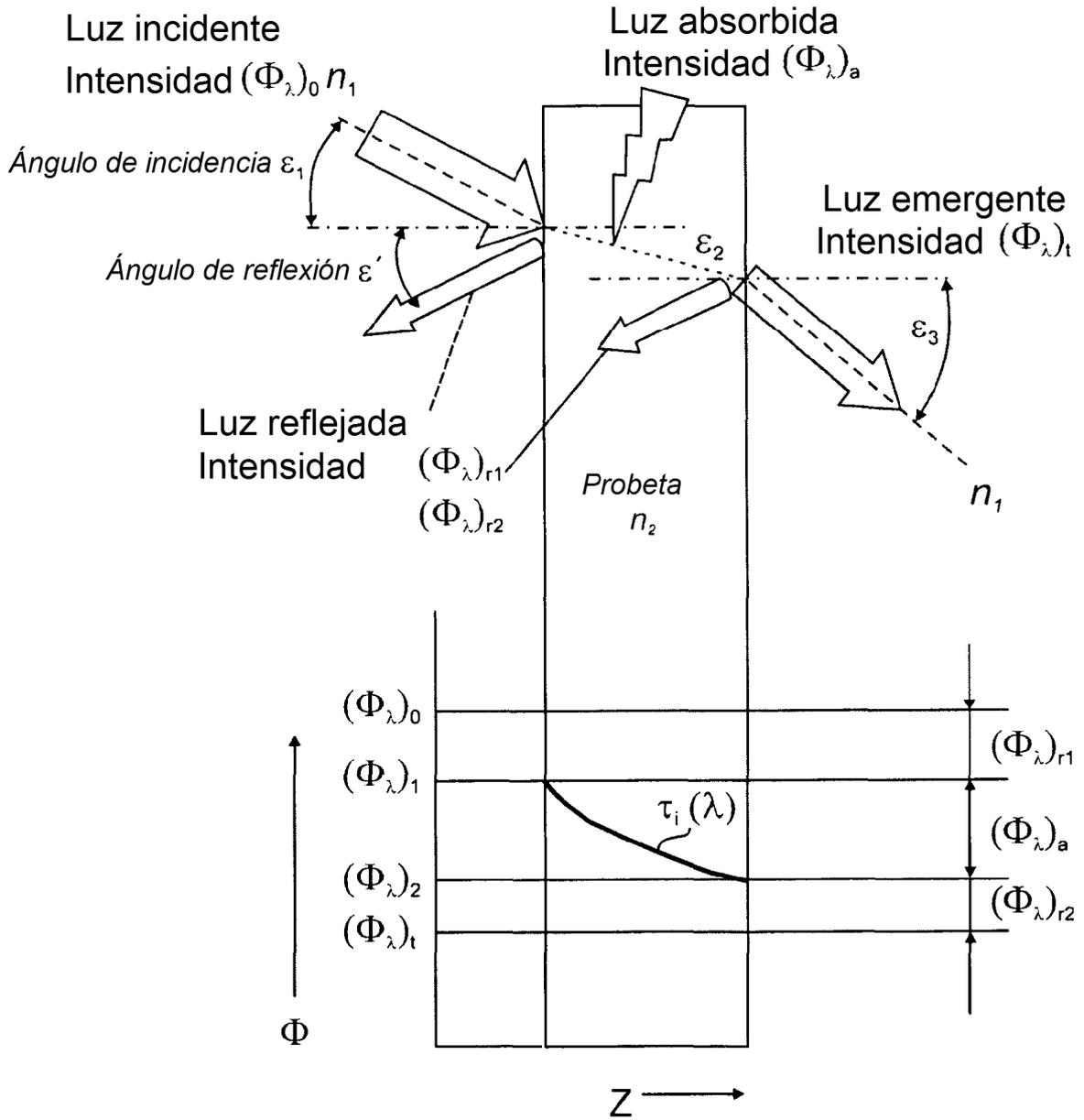
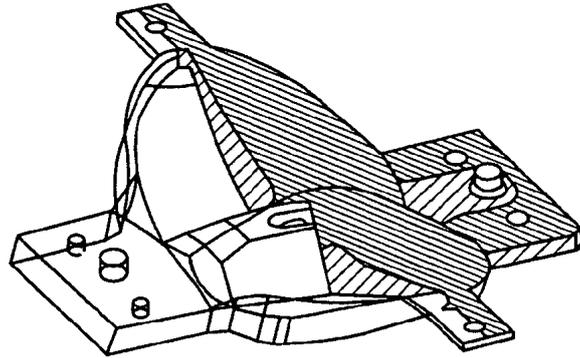


Fig. 3



Fundición inyectada multicapa

Fig. 4

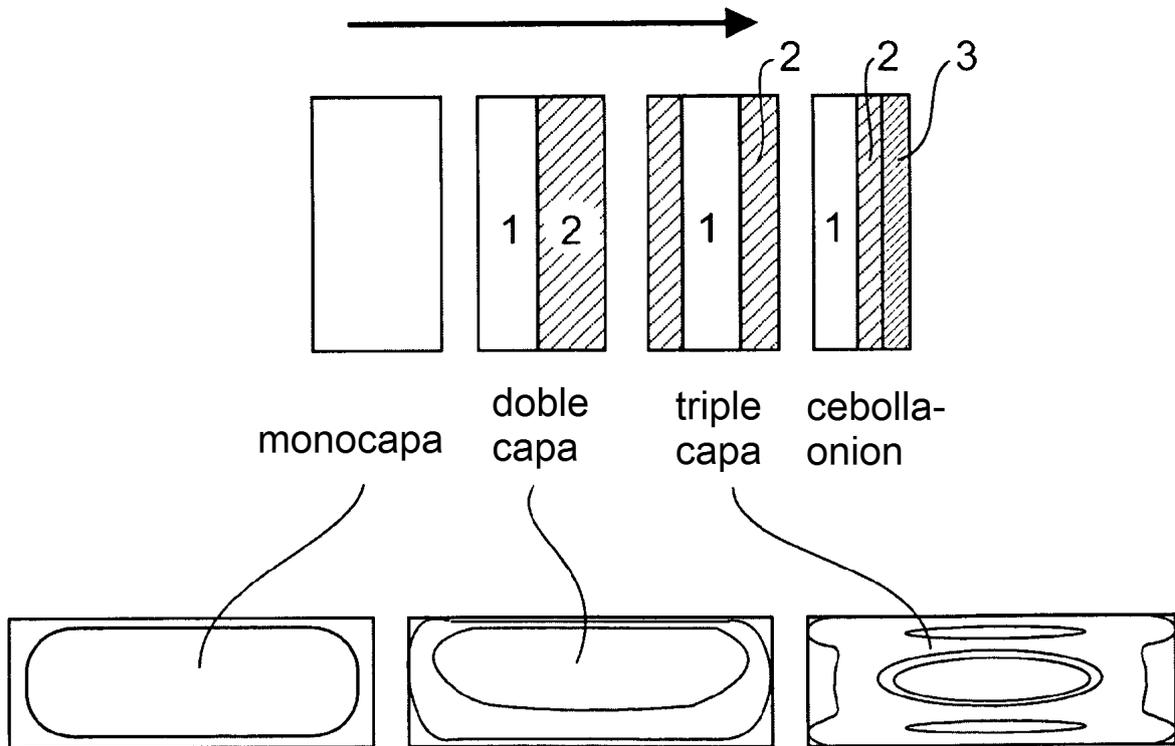


Fig. 5

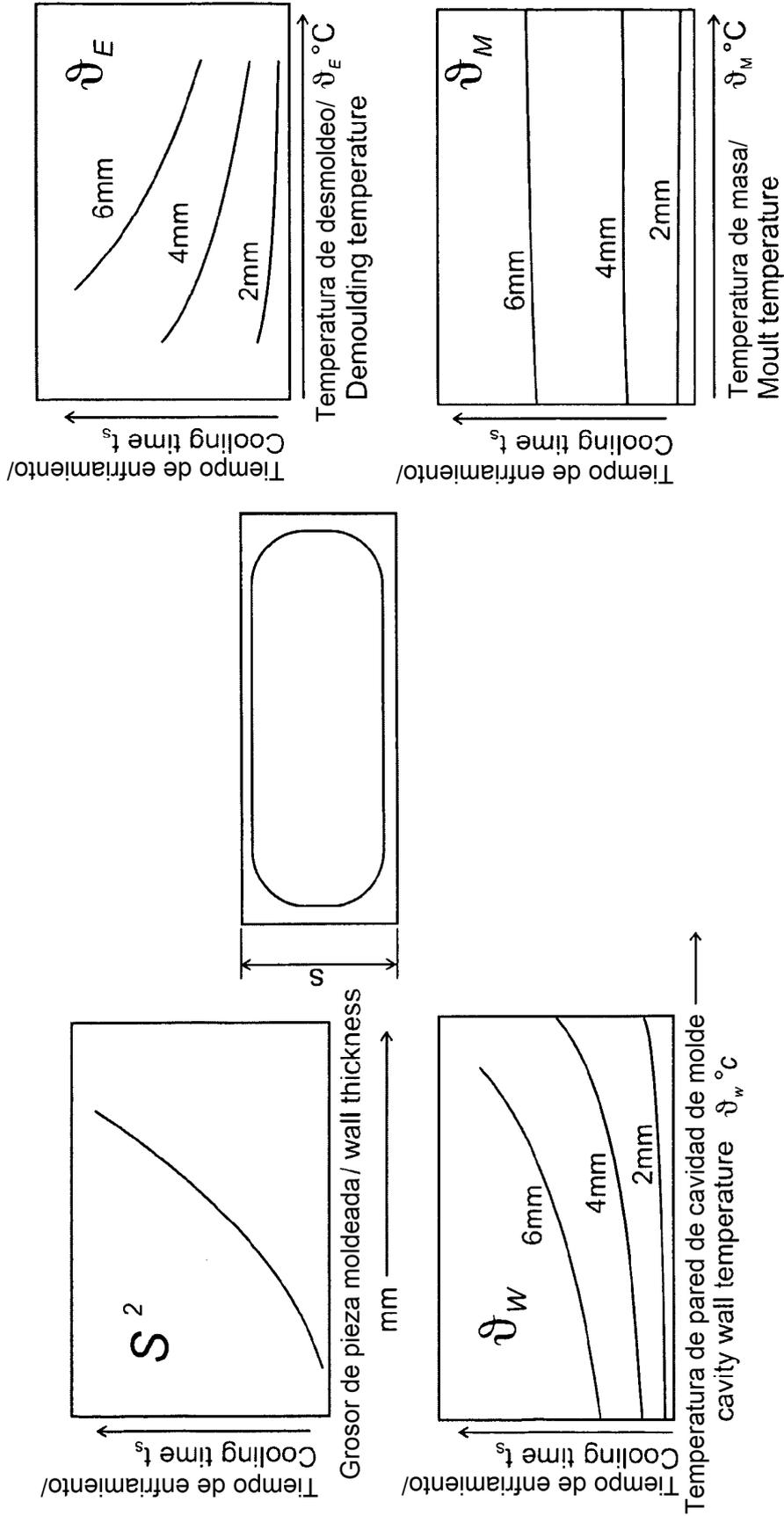


Fig. 6

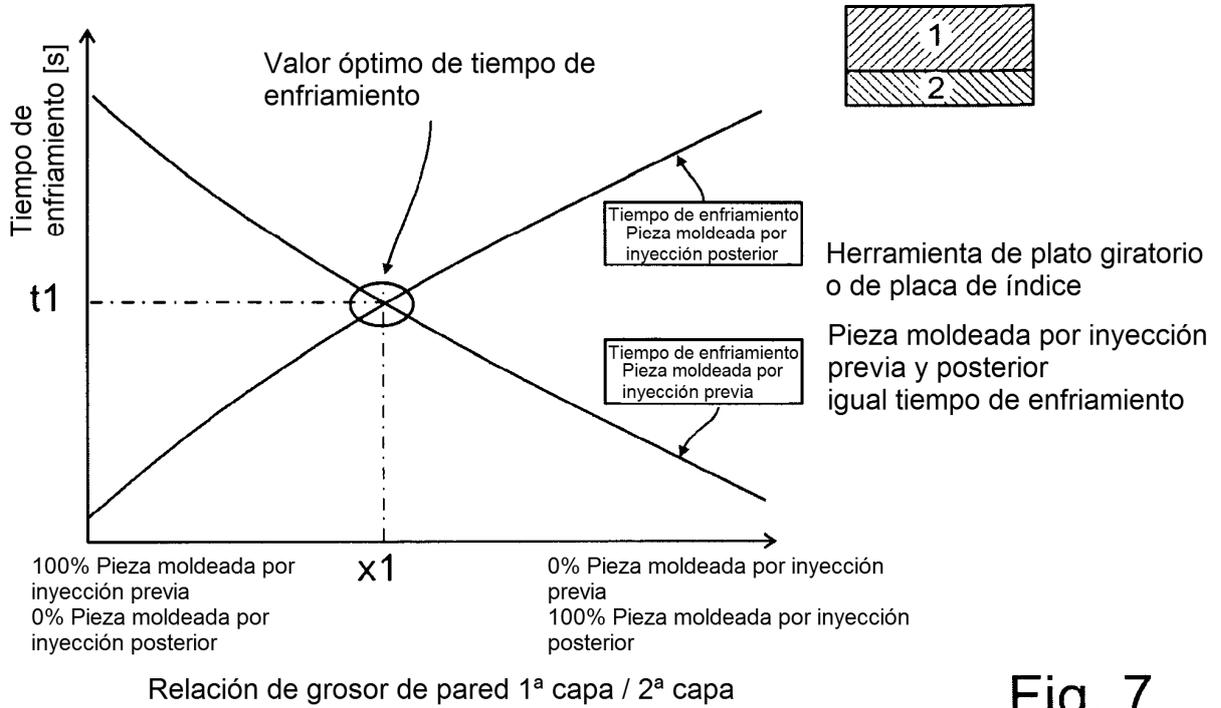


Fig. 7

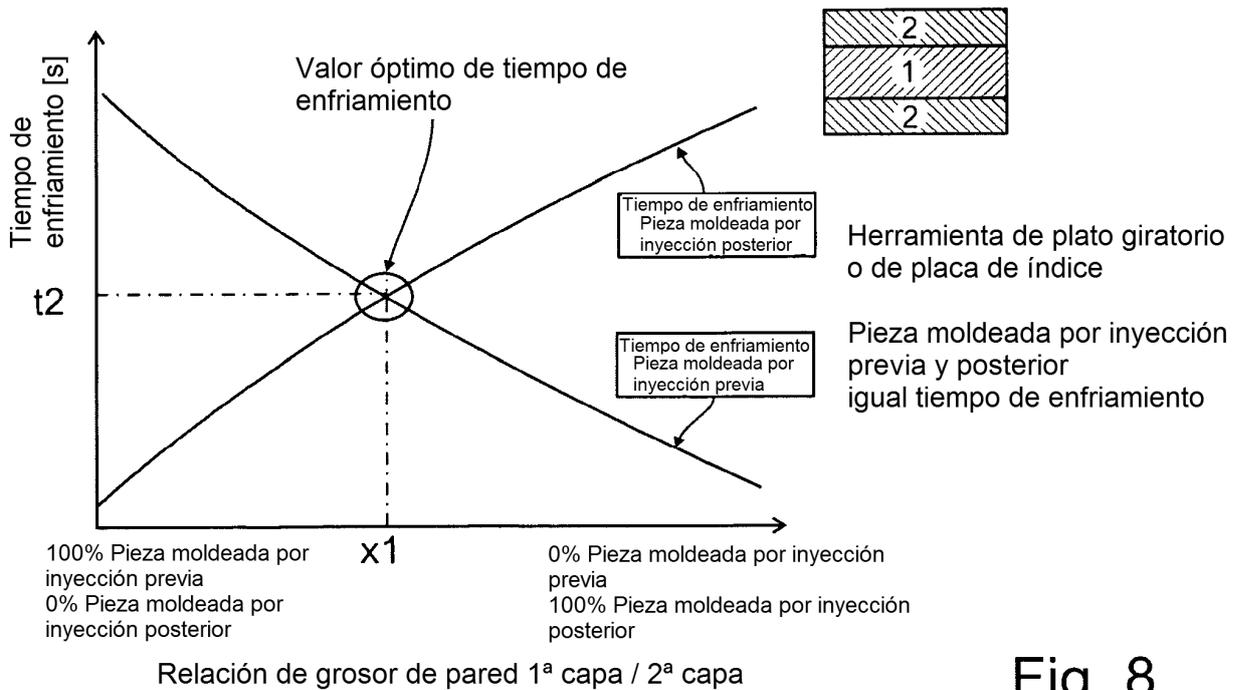


Fig. 8

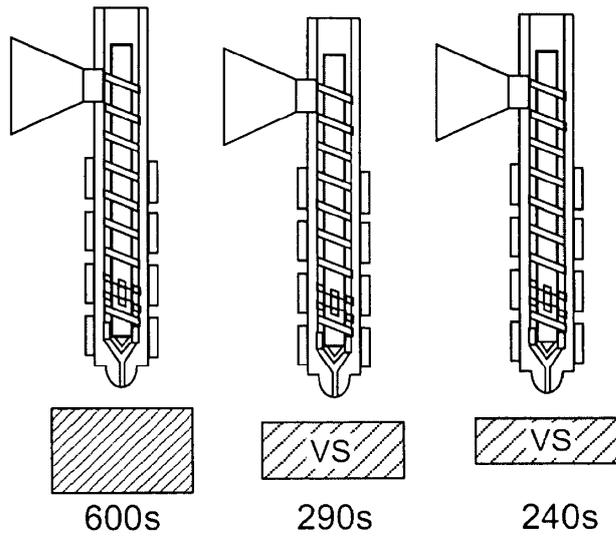


Fig. 9a

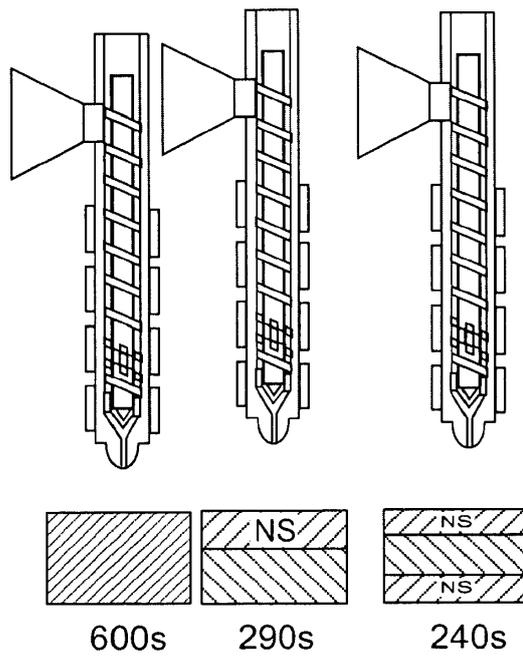


Fig. 9b

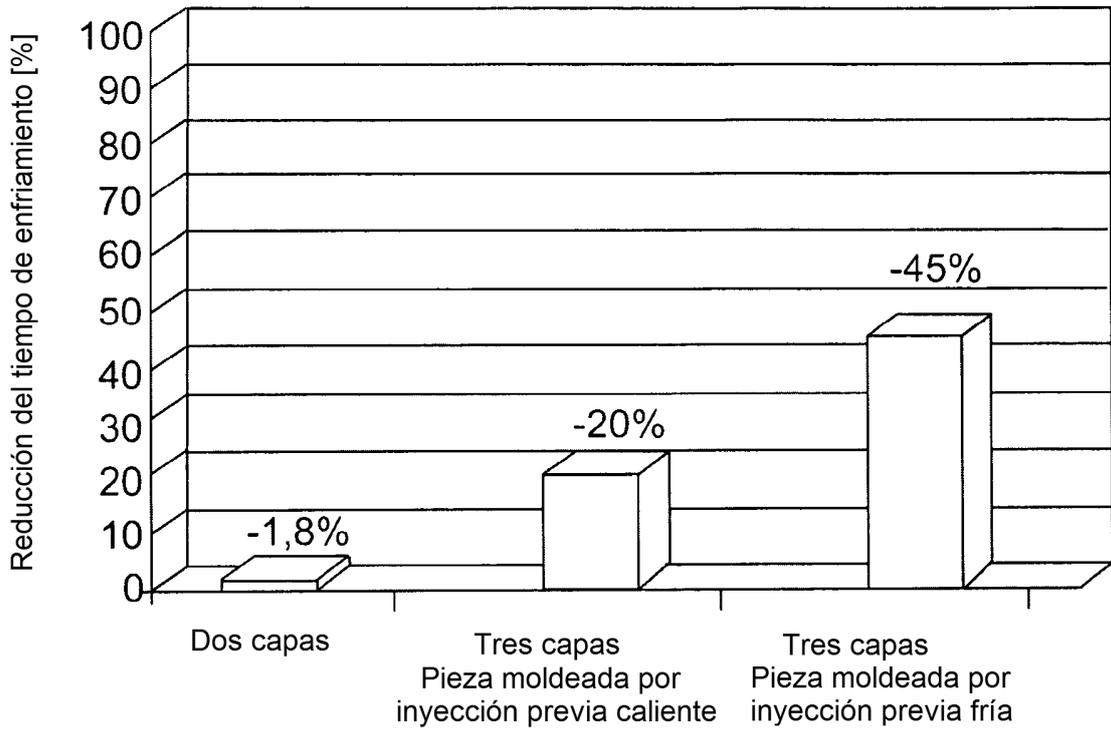


Fig. 10

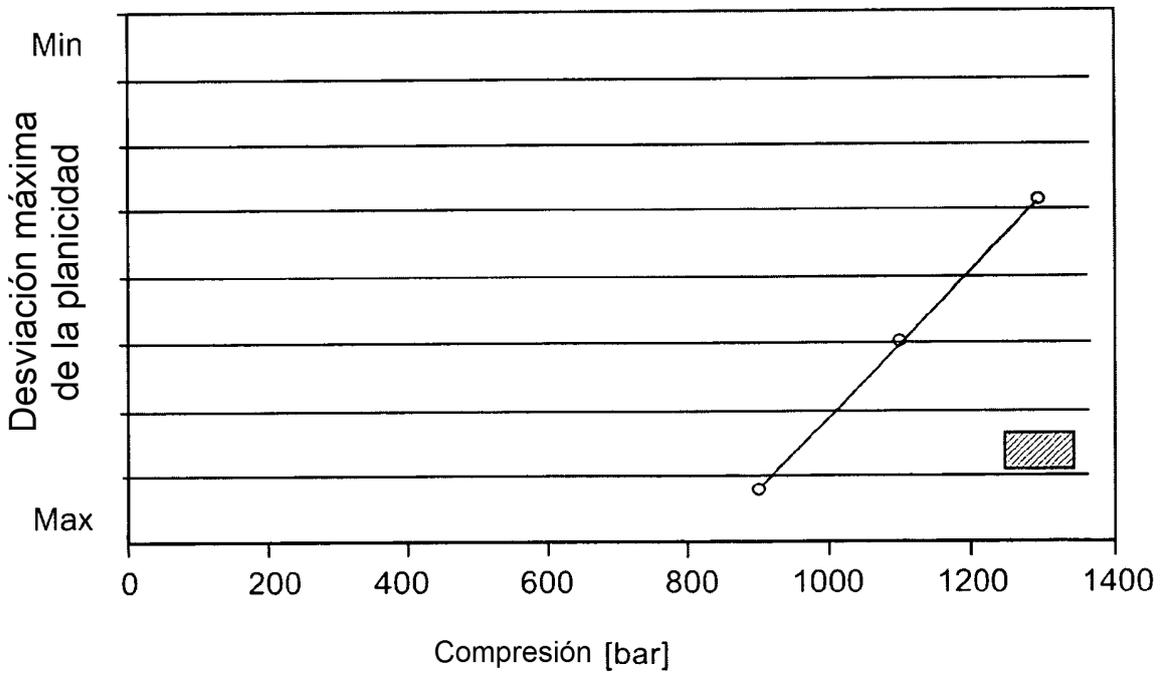


Fig. 12

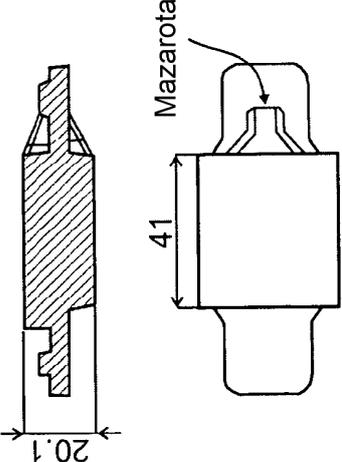
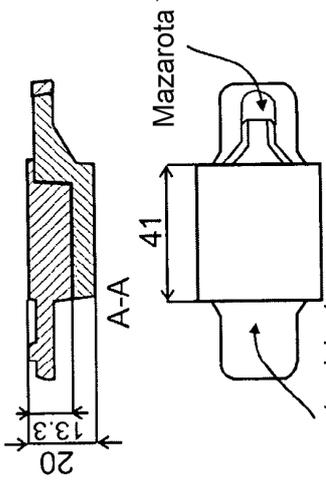
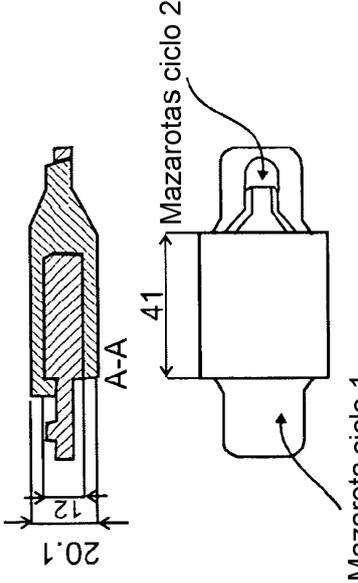
<p>Lente de una capa</p> 	<p>Lente de dos capas</p> 	<p>Lente de tres capas</p> 
<p>Compresión Temperatura de herramienta Tiempo de enfriamiento restante</p>	<p>Compresión pieza moldeada por inyección previa Compresión pieza moldeada por inyección posterior Temperatura de herramienta Tiempo de enfriamiento restante</p>	<p>Compresión pieza moldeada por inyección previa Compresión pieza moldeada por inyección posterior Temperatura de herramienta pieza moldeada por inyección previa Temperatura de herramienta pieza moldeada por inyección posterior Tiempo de enfriamiento restante pieza moldeada por inyección posterior</p>

Fig. 11

VS: Pieza moldeada por inyección previa  
 NS: Pieza moldeada por inyección posterior

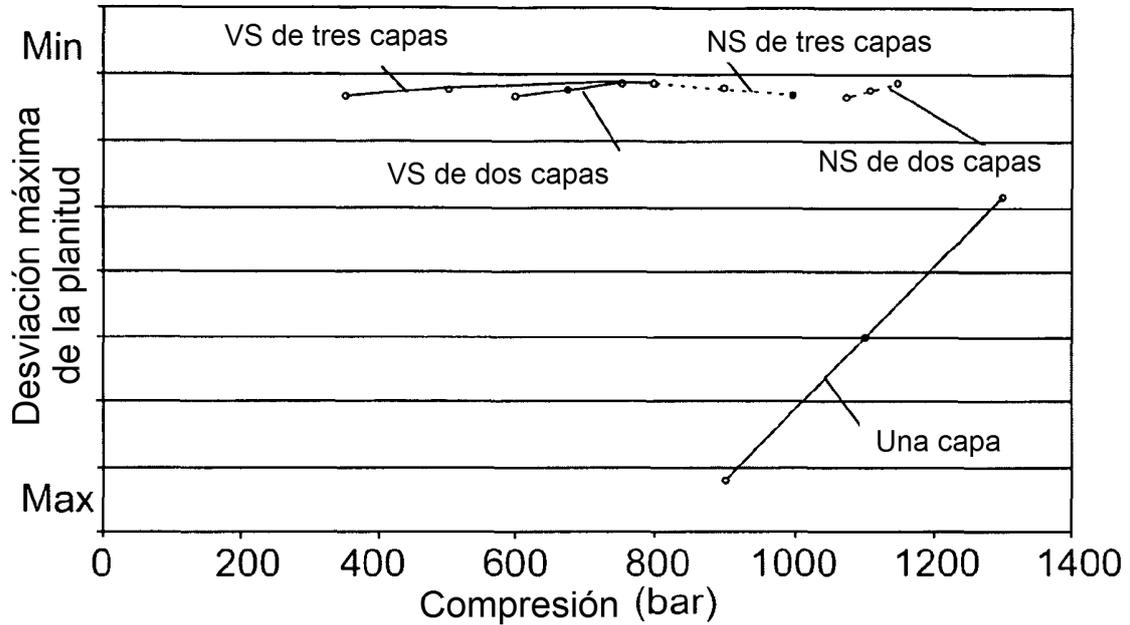
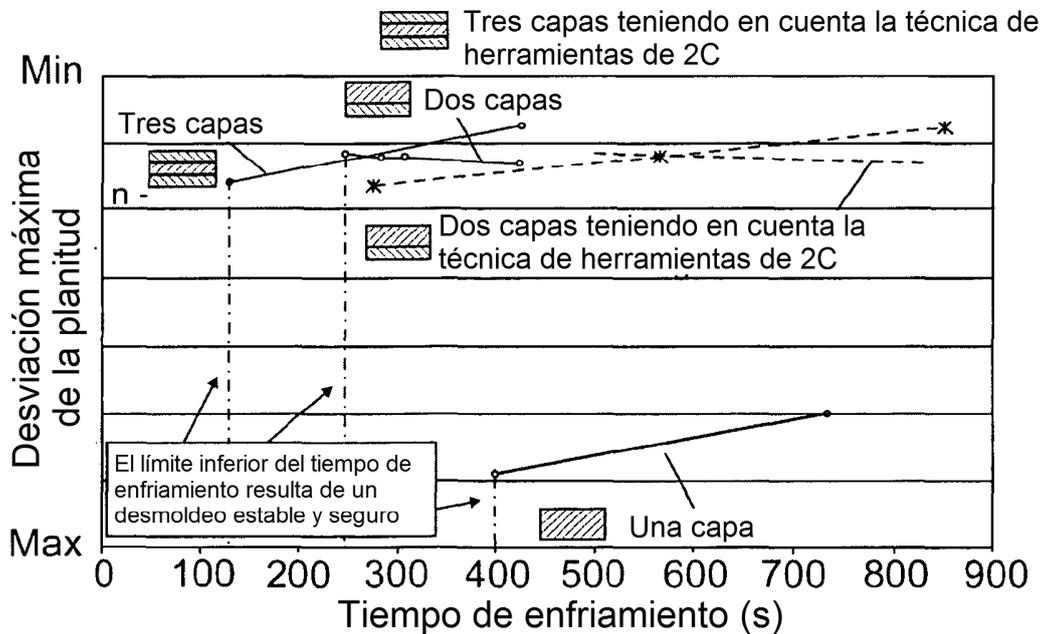


Fig. 13



\*El doble de tiempo de enfriamiento, dado que son necesarias dos etapas de procesamiento en comparación con el elemento constructivo de una capa

Fig. 14

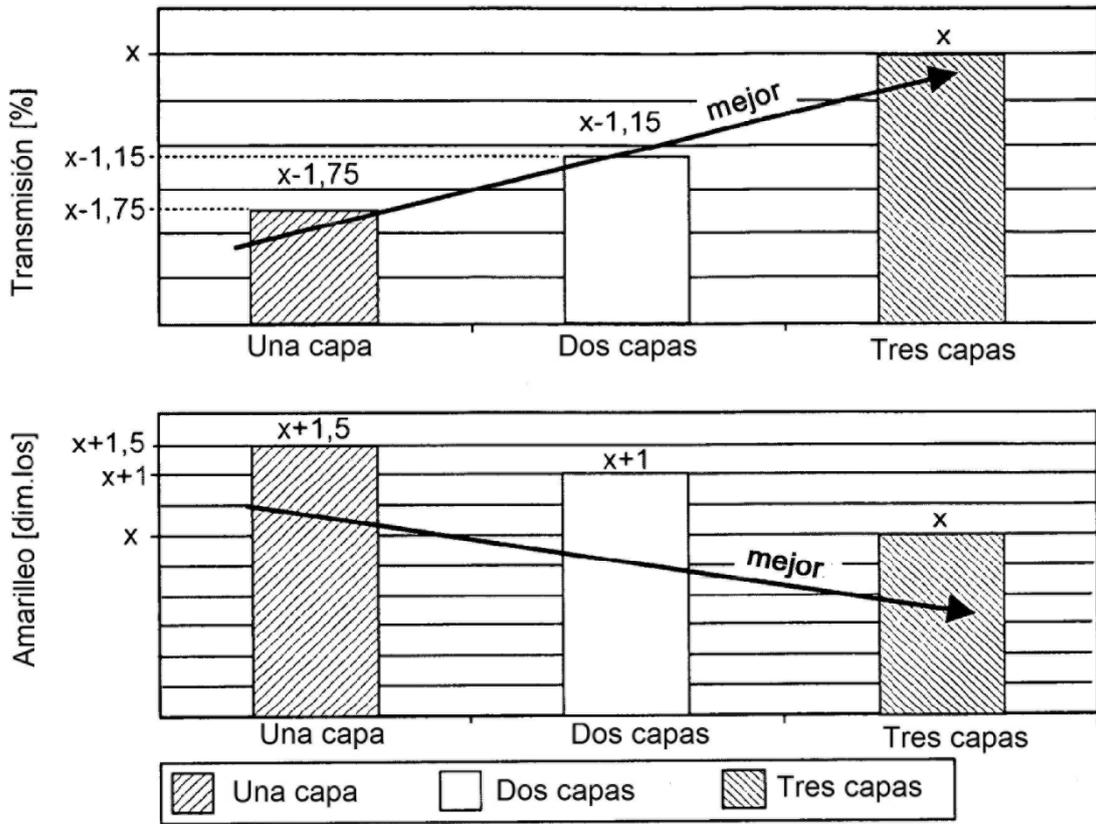


Fig. 15

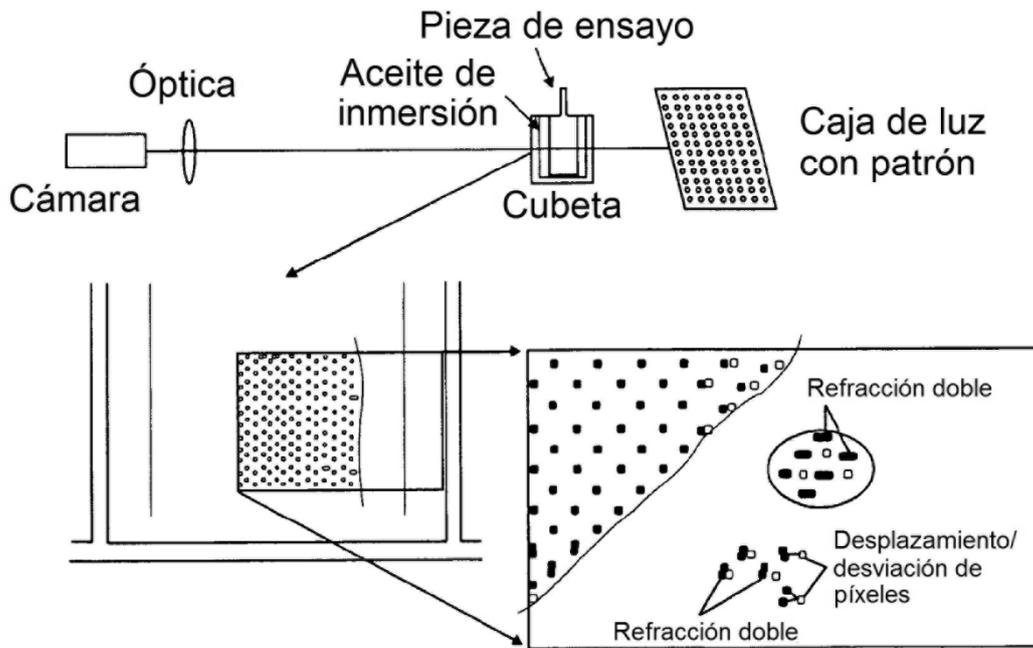


Fig. 16

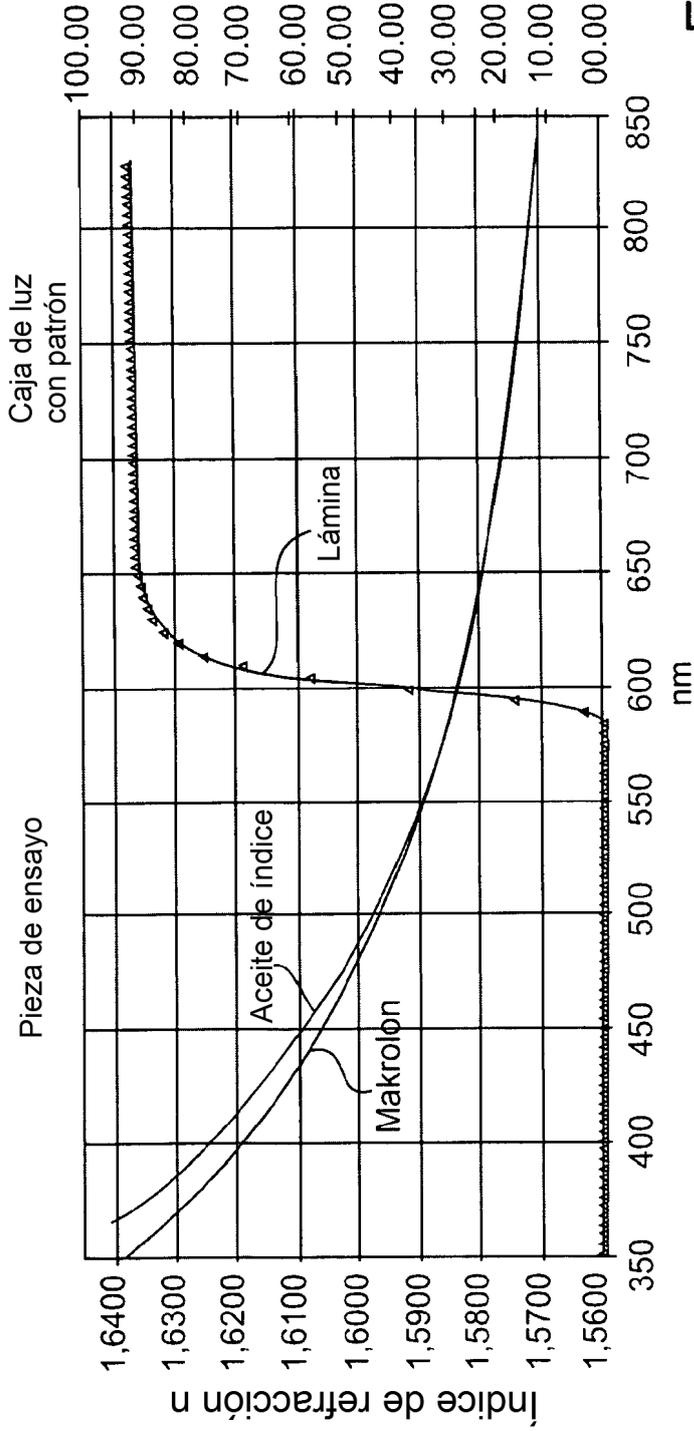


Fig. 17

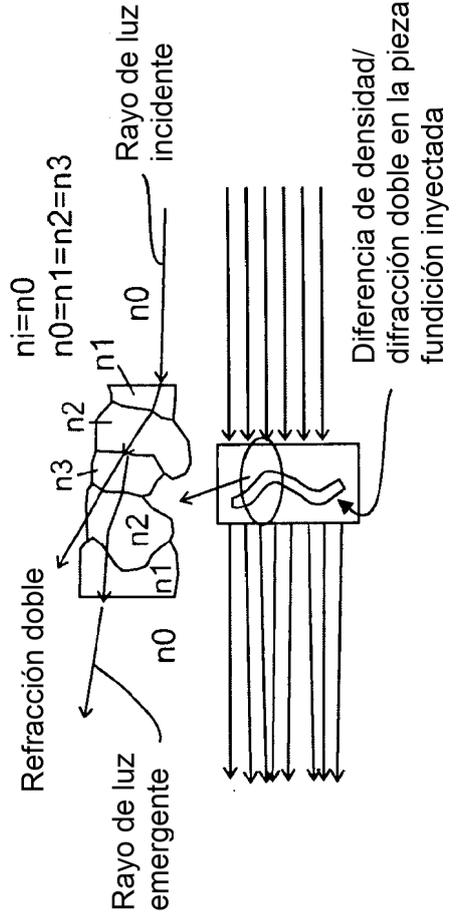


Fig. 18

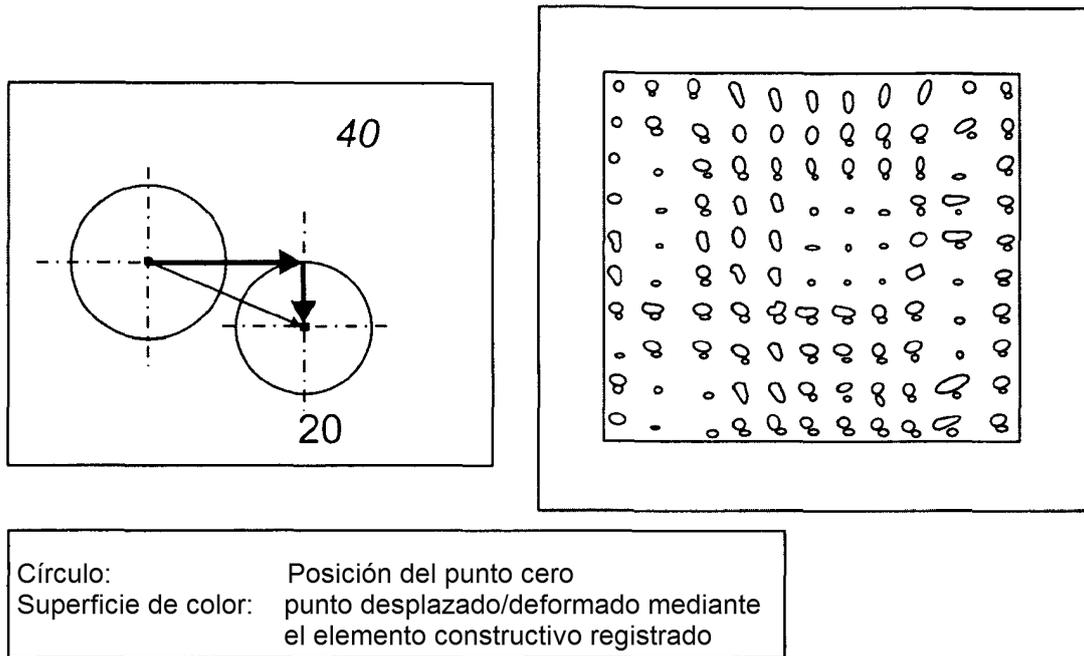


Fig. 19

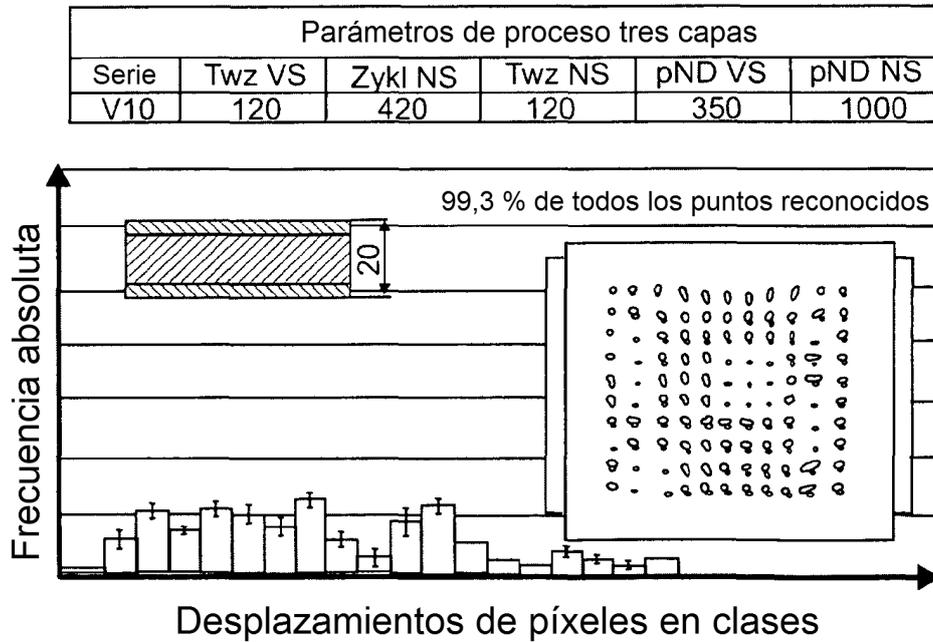


Fig. 20

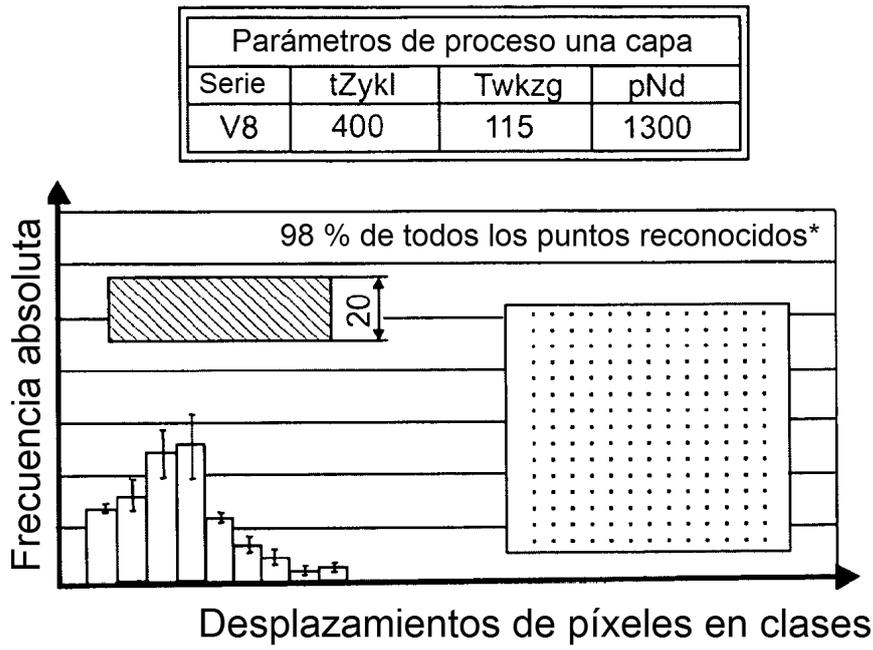


Fig. 21

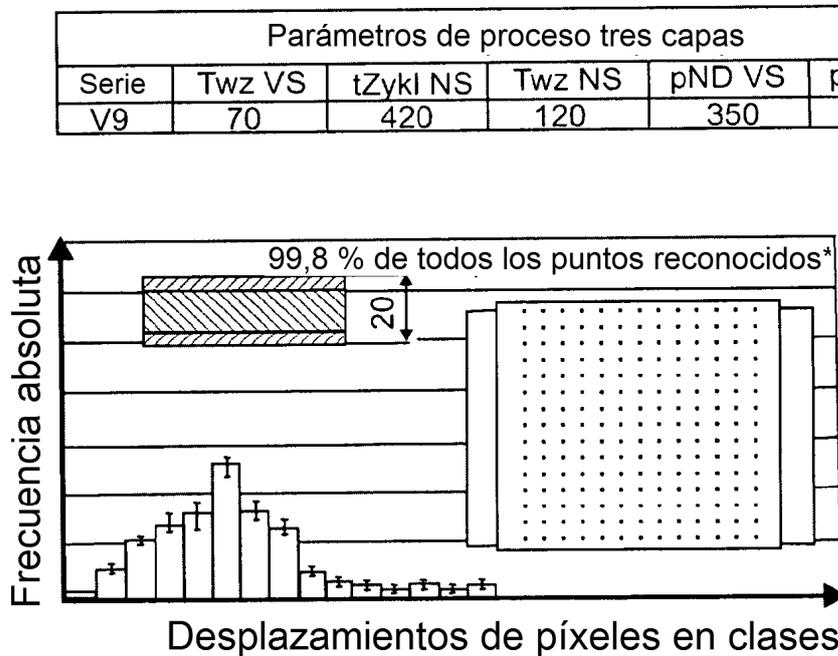


Fig. 22

Parámetros de proceso una capa			
Serie	tzykl	Twkz g	pNd
V9	100	115	900

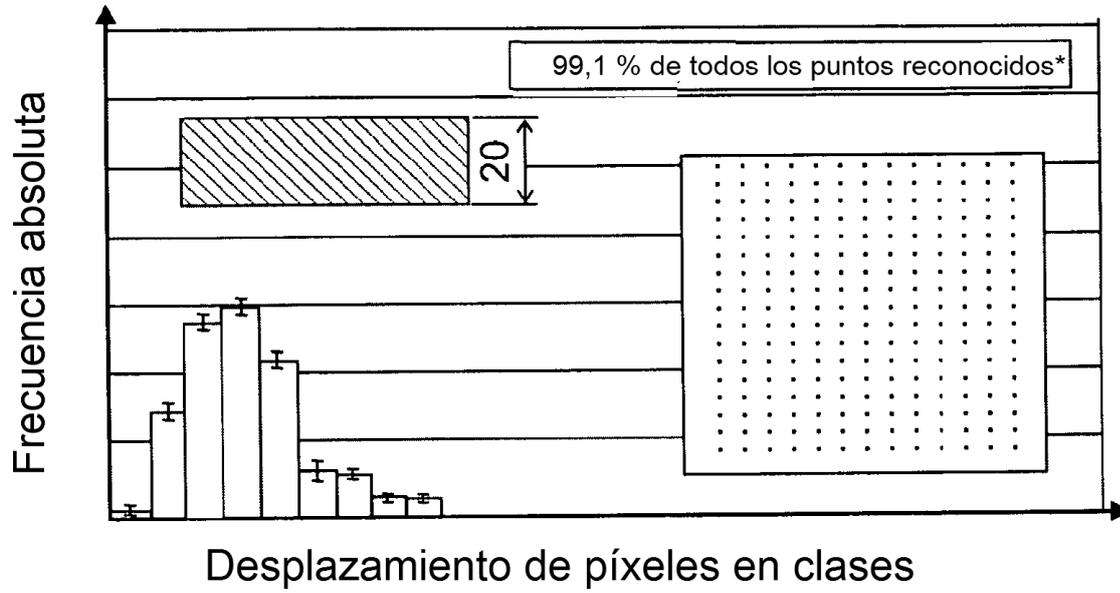
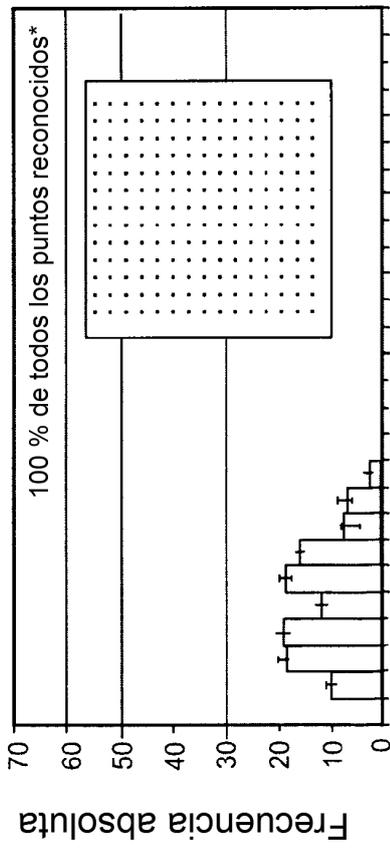
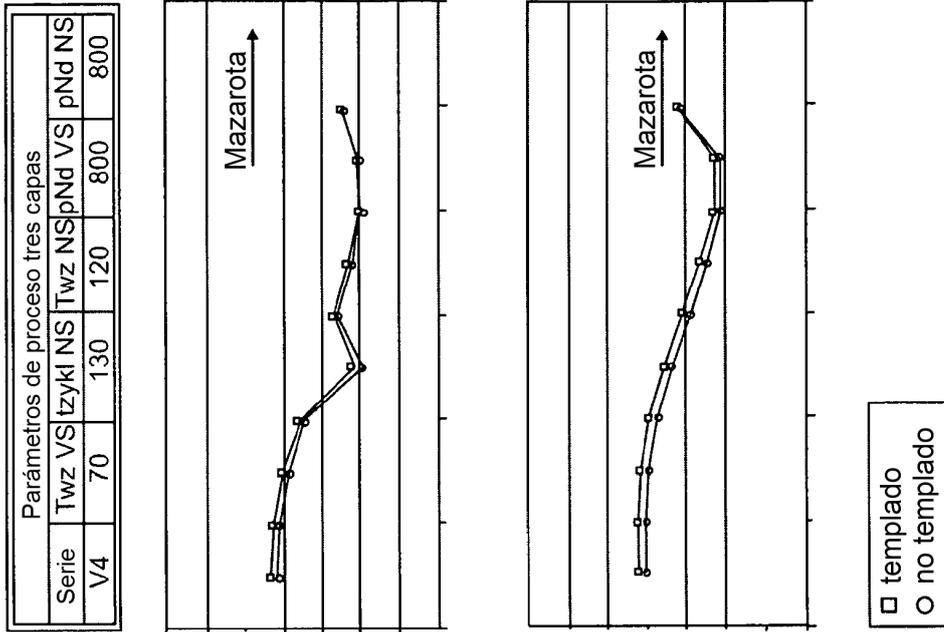


Fig. 23



TL-V4 - templado 5 h a 125 °C

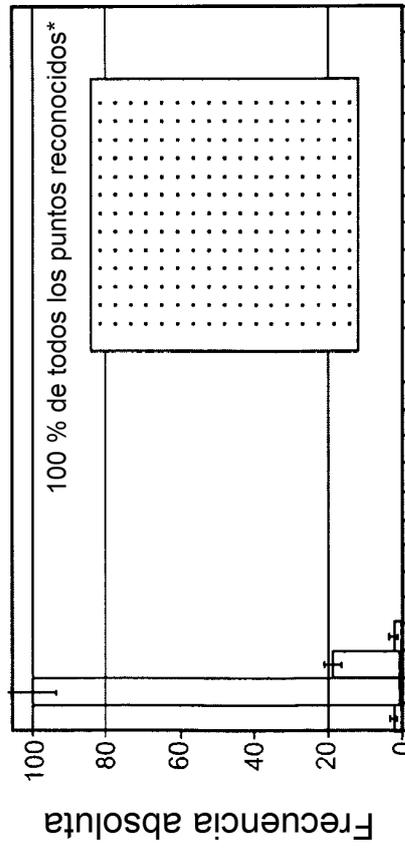


Fig. 24

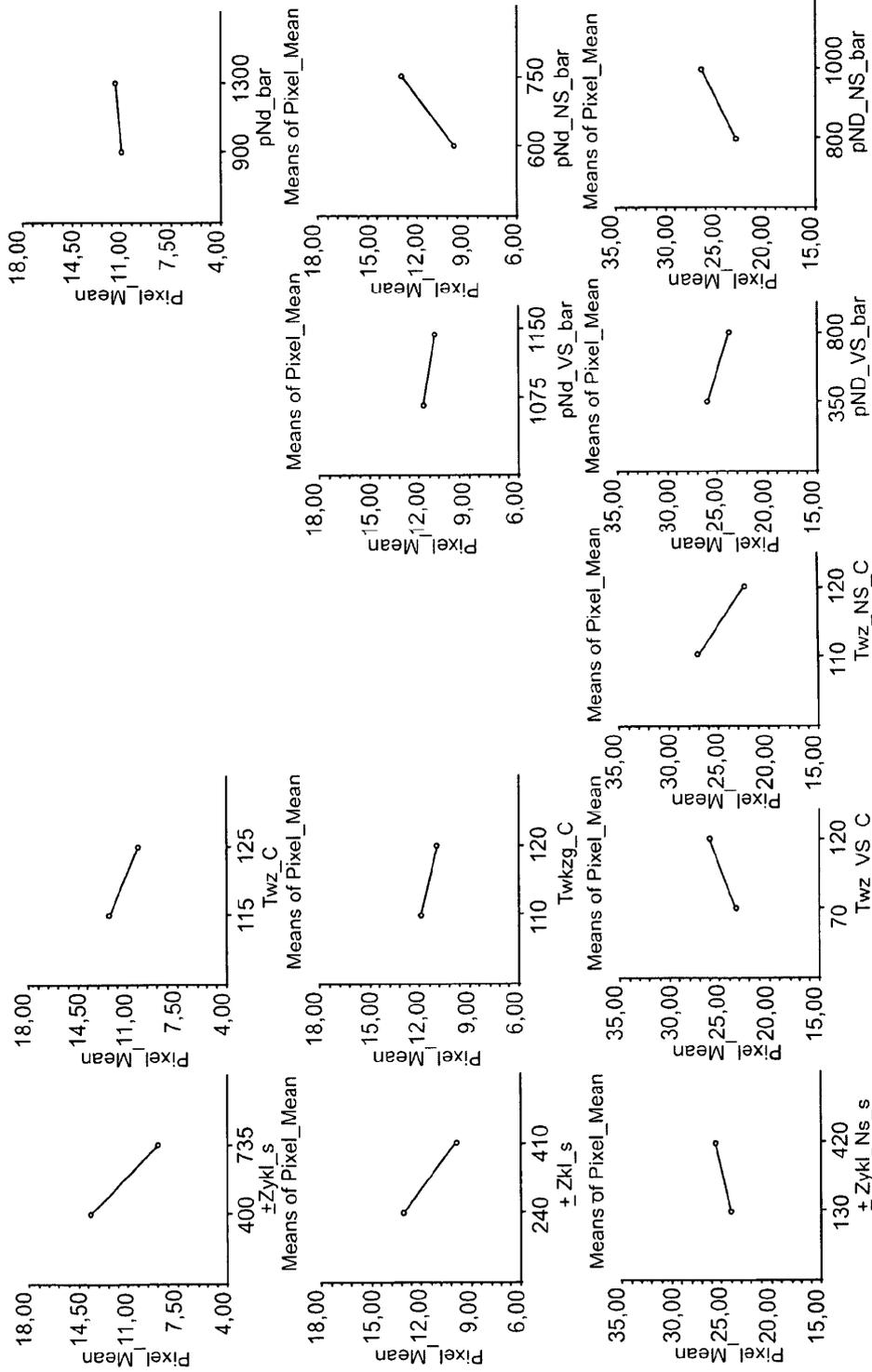
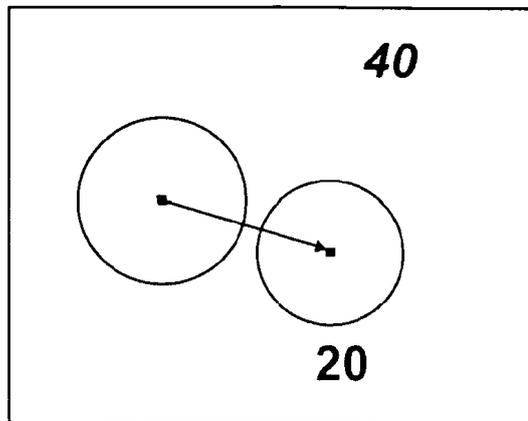


Fig. 25



Círculo izquierdo:	posición del punto cero
Círculo derecho:	punto desplazado / deformado
Número:	registrado a través del elemento constructivo
Número en cursiva:	número de la región
Punto negro:	desplazamiento horizontal
	punto medio de la superficie

Fig. 26

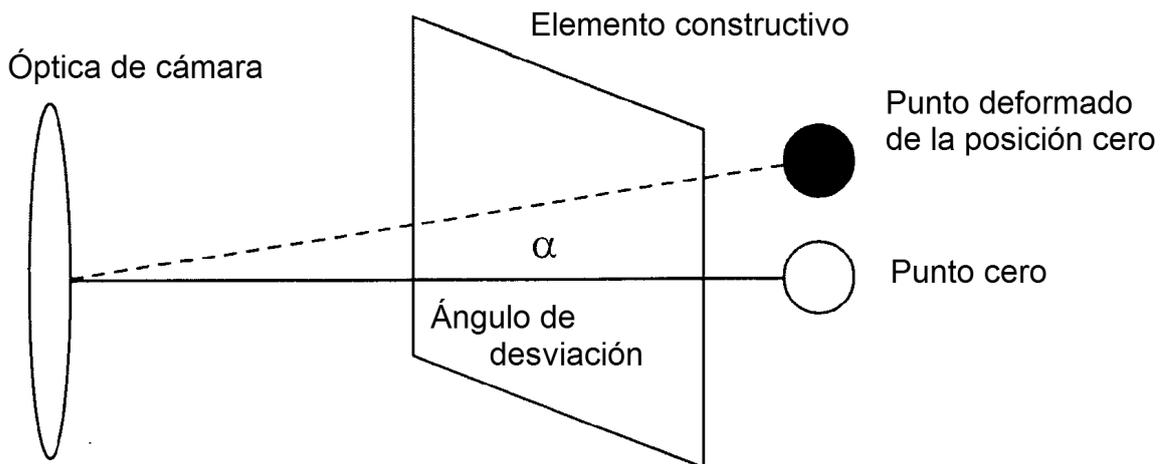


Fig. 27

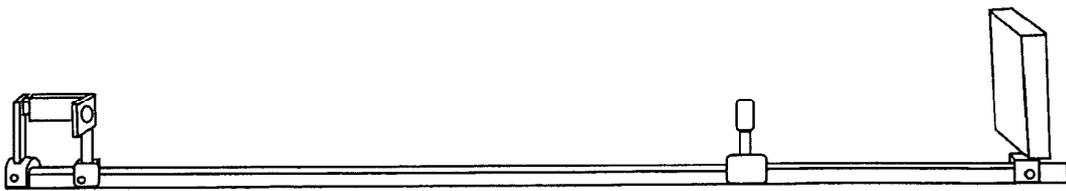
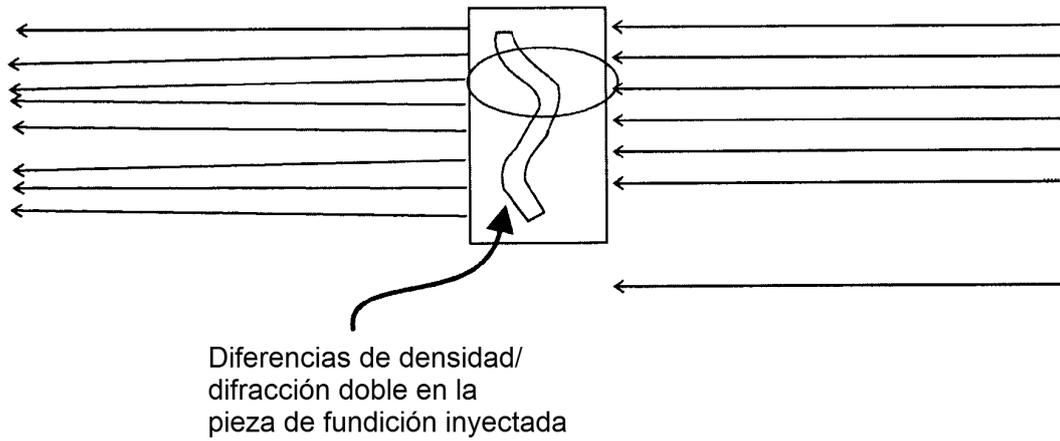
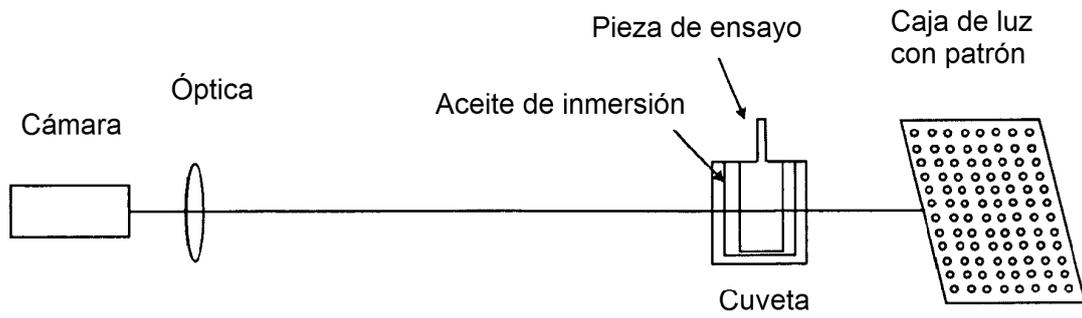


Fig. 28