

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 871/2007

(22) Anmeldetag: 01.06.2007

(45) Veröffentlicht am: 15.07.2010

(51) Int. Cl.⁸: **B29D 11/00** (2006.01)

B29C 45/16 (2006.01)

B29C 45/56 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 696955B1 EP 839636B1
EP 884155B1 JP 2001-191365A

(73) Patentinhaber:
ENGEL AUSTRIA GMBH
A-4311 SCHWERTBERG (AT)

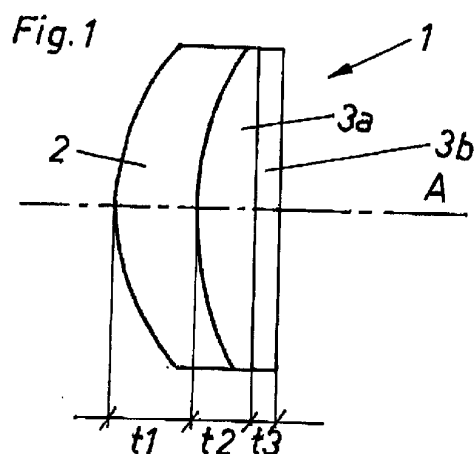
(72) Erfinder:
GIESSAUF JOSEF DIPL.ING.
PERG (AT)
MAASS ANDREAS DIPL.ING. (FH)
RIEDERING (DE)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG OPTISCHER LINSEN

(57) Verfahren zur Herstellung eines optischen Elementes, insbesondere einer optischen Linse (1), durch Einspritzen von plastifiziertem Kunststoff in einen Formhohlraum, wobei die Herstellung des optischen Elementes wenigstens drei aufeinanderfolgende Einspritzvorgänge umfasst, wobei folgende Schritte ausgeführt werden:

- Einspritzen einer ersten Kunststoffteilmenge, wodurch ein Grundkörper (2) hergestellt wird,
- Einspritzen einer zweiten Kunststoffteilmenge, wodurch der Grundkörper (2) wenigstens teilweise beschichtet wird,
- Einspritzen einer dritten Kunststoffteilmenge, durch der mit der zweiten Kunststoffteilmenge beschichtete Grundkörper (2) zumindest teilweise beschichtet wird,

wobei die größte vorkommende Wandstärke (t_2) der auf den Grundkörper (2) aufgetragenen zweiten Kunststoffteilmenge kleiner als die größte vorkommende Wandstärke (t_1) des Grundkörpers (2) ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines mehrschichtigen optischen Elementes durch Einspritzen von plastifiziertem Kunststoff in einen Formhohlraum, wobei die Herstellung des optischen Elementes wenigstens drei aufeinanderfolgende Einspritzvorgänge umfasst, wobei folgende Schritte ausgeführt werden:

[0002] - Einspritzen einer ersten Kunststoffteilmenge, wodurch als erste Schicht ein Grundkörper hergestellt wird, der eine Wandstärke aufweist, welche die größte der einzelnen Schichten ist,

[0003] - Einspritzen einer zweiten Kunststoffteilmenge, wodurch der Grundkörper wenigstens teilweise mit einer zweiten Schicht beschichtet wird.

[0004] - Einspritzen einer dritten Kunststoffteilmenge, durch die der mit der zweiten Kunststoffteilmenge beschichtete Grundkörper zumindest teilweise mit einer dritten Schicht beschichtet wird.

[0005] Gemäß dem Stand der Technik ist es bekannt, Präzisionslinsen aus Glas durch Linsenkörper zu ersetzen, die im Zuge eines Spritzgießverfahrens hergestellt werden. Die auf diese Weise produzierten optischen Linsen werden aus Kostengründen beispielsweise als Linsen bzw. Objektive von Fotohandys oder Digitalkameras eingesetzt. Aus der DD 298 620 A5 ist ein Spritzgießverfahren für Plastformteile bekannt geworden, wobei in einem ersten Verfahrensschritt ein Formteil gefertigt wird, das sich vom endgültigen Teil dadurch unterscheidet, dass bestimmte Funktionsflächen in parallelem Abstand zurückversetzt sind. In einem zweiten Spritzgusszyklus wird dieses Formteil mit Formmasse umspritzt, sodass sich letztlich die endgültige Gestalt des Formteiles ergibt.

[0006] Ein Verfahren mit allen Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 geht aus der EP 0 696 955 B1 hervor. In diesem Dokument werden für die erste Kunststoffteilmenge sowie die nachfolgenden Kunststoffteilmengen unterschiedliche Kunststoffe gewählt.

[0007] Aus der JP 2001-191365 A geht ein Verfahren zur Herstellung einer Linse hervor, bei welchem drei Einspritzvorgänge stattfinden, wobei jeweils Kunststoffteilmengen eingespritzt werden und für die erste, zweite und dritte Kunststoffteilmenge derselbe Kunststoff verwendet werden kann. Bei diesem Verfahren erfolgt aber keine Herstellung eines Grundkörpers der eine Wandstärke aufweist, welche die größte der einzelnen Schichten ist.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes Spritzgießverfahren zur Herstellung von - insbesondere dickwandiger - optischer Linsen oder anderer optischer Elemente wie z.B. Prismen etc. anzugeben.

[0009] Dies wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 erreicht.

[0010] Die Herstellung dickwandiger optischer Linsen aus transparenten Kunststoffen (PMMA, PC, COC, PS) im Spritzgieß- oder Spritzprägeverfahren ist heute mit einigen Herausforderungen verbunden. Im Bereich der Lichtoptik werden heute Konturabweichungen von 5 bis 30 µm toleriert, im Bereich der abbildenden Optik noch weniger. Schwindungsunterschiede zwischen dickwandigen und dünnwandigen Bereichen wirken sich negativ auf die Konturtreue aus. Eine plankonvexe Linse neigt also dazu, in der Mitte im Bereich ihrer größten Wandstärke eine Einfallstelle zu haben. Gemäß dem Stand der Technik kann dem nur mit sehr langen Nachdruckzeiten beim Spritzgießen oder langen Prägezeiten beim Spritzprägen entgegengewirkt werden. Die Nachdruckdauer ist jedoch begrenzt durch das Einfrieren des Angusses, beim Prägen durch die Ausbildung einer erstarrten Randschicht. Beim Spritzgießen ist üblicherweise ein sehr dicker Anguss zweckmäßig, was einen höheren Materialverbrauch zur Folge hat.

[0011] Die Kühlzeit im Spritzgießverfahren steigt mit dem Quadrat der Wandstärke. Die typische Wandstärke beim Spritzguss kann mit rund 2,5 mm angegeben werden. Optische Linsen haben an den dicksten Stellen manchmal Wandstärken von 5 bis 20 mm. Zykluszeiten von mehreren Minuten sind üblich.

[0012] Als wichtigste Einflussgrößen auf die Konturtreue optischer Bauteile haben sich die Nach-

druckzeit (oder Prägezeit) und die Restkühlzeit herausgestellt. Hohe Qualität bedeutet also oftmals geringe Wirtschaftlichkeit.

[0013] Die Erfindung beruht nunmehr auf dem Grundgedanken, auf einen im Zuge eines Einspritzvorganges hergestellten Linsengrundkörpers nicht nur eine einzige Oberflächenbeschichtung zur Ausbildung einer Linsenoberfläche aufzutragen, sondern dass die Beschichtung im Zuge von mehreren getrennten Einspritzvorgängen in mehreren Teilschichten ausgebildet wird, sodass damit auch die Schwindung relativ gering ausfällt.

[0014] Die wenigstens drei aufeinanderfolgenden Einspritzvorgänge sind nicht zwingend als zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgend zu verstehen. Vielmehr können zwischen den einzelnen Einspritzvorgängen auch zusätzliche strukturverändernde Verfahrensschritte vorgesehen werden, wie z.B. ein Prägevorgang oder dergleichen. Auch können während oder nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in oder auf der Linsenoberfläche diffraktive Strukturen ausgebildet werden, beispielsweise in der Art einer Fresnellinse.

[0015] Gemäß dem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, in einem ersten Verfahrensschritt einen Linsengrundkörper durch Einspritzen von Kunststoff in den Formhohlraum herzustellen, wobei dieser am längsten im Werkzeug verweilt und auch am längsten gekühlt wird. Diesen Umstand kann man sich zur Optimierung der Zykluszeit zunutze machen. Die Wandstärken in den dicken Bereichen sind günstigerweise so zu wählen, dass die erste Schicht am dicksten ist und die darauf folgenden Schichten jeweils dünner als die im vorangegangenen Schritt hergestellte Schicht sind. Die erste Schicht erhält somit eine optische Oberfläche, die schon im ersten Schritt in guter Qualität hergestellt werden muss. Die Qualität der anderen Seite ist weniger relevant, da Einfallstellen beim Überspritzen in der nächsten Station ausgeglichen werden können. Die letzte Schicht erhält eine weitere optische Oberfläche, wobei diese Schicht am dünnsten ausgebildet wird. Diese im Randbereich der optischen Linse angeordnete Randzone erleidet somit nur eine geringe Schwindung, was sich wiederum positiv auf die Konturtreue auswirkt. Mit dem beschriebenen Verfahren wird also sowohl die Konturtreue der Oberfläche verbessert, als auch die Zykluszeit minimiert. Weiters wird das Risiko der Freistrahlbildung deutlich reduziert, da die seitliche Anspritzung in vergleichsweise dünnen Kavitäten erfolgt. Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann es auch zweckmäßig sein, dass die Herstellung der optischen Linse auch mehr als drei aufeinanderfolgende Einspritzvorgänge umfasst.

[0016] Günstigerweise kann vorgesehen werden, dass ein aus der Mehrkomponententechnik bekanntes Verfahren zur Anwendung kommt (Drehtisch, Umsetzen, Indexplatte, Schiebertechnik). Da in der ersten Schicht eine optische Oberfläche ausgeformt wird, kann es zweckmäßig sein, diese während der weiteren Verfahrensschritte in derselben Kavität zu belassen, um eine Beschädigung zu vermeiden. Aus diesem Grund kann vorteilhaft ein Drehtischverfahren zur Anwendung kommen.

[0017] Gemäß einem möglichen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die letzte aufzutragende Schicht der optischen Linse eine im Wesentlichen konstante Wandstärke aufweist, sodass auch die Schwindung auf der gesamten Fläche gleich ist.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist angedacht, dass zumindest zwischen zwei der wenigstens drei Einspritzvorgänge mit dem Einspritzvorgang solange gewartet wird, bis der jeweils eingespritzte Kunststoff zumindest teilweise ausgehärtet ist.

[0019] Zur Erzielung günstiger optischer Eigenschaften ist vorgesehen, dass die größte vorkommende Wandstärke der auf den Linsengrundkörper aufgetragenen zweiten Kunststoffmenge kleiner als die größte vorkommende Wandstärke des Linsengrundkörpers ist. In diesem Zusammenhang ist auch vorgesehen, dass die größte vorkommende Wandstärke der dritten Kunststoffteilmenge kleiner als die größte vorkommende Wandstärke der auf den Linsengrundkörper aufgetragenen ersten Kunststoffteilmenge ist. Mit anderen Worten wird dabei eine optische Linse hergestellt, die mehrere auf den Linsengrundkörper und in mehreren getrennten Einspritzvorgängen aufgetragene Schichten aufweist.

[0020] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Formhohlraum zwischen einem feststehenden und einem bewegbaren Formteil angeordnet ist. Bei der Durchführung des Verfahrens kann es günstig sein, wenn der Formhohlraum bei jedem Einspritzvorgang im Wesentlichen vollständig ausgefüllt wird. In diesem Zusammenhang kann es auch vorteilhaft sein, wenn der Formhohlraum vor oder bei jedem Einspritzvorgang vergrößert wird.

[0021] Weiters kann vorgesehen sein, dass im Zuge eines Einspritzvorganges wenigstens eine äußere Schicht gespritzt wird und anschließend der Grundkörper eingespritzt wird.

[0022] Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung. Dabei zeigt:

[0023] Fig. 1 eine durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellte plankonvexe Linse,

[0024] Fig. 2 eine durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellte Linse mit ausgefüllten Außenflächen,

[0025] Fig. 3 eine durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellte Linse mit Außenflächen, die in getrennten Schritten gespritzt werden.

[0026] Fig. 1 zeigt in schematischer Weise eine plankonvexe Linse 1, die aus wenigstens drei Schichten im Drehtischverfahren hergestellt wurde. In einem ersten Verfahrensschritt wird durch Einspritzen von Kunststoff in den Formhohlraum der Spritzgießmaschine ein Linsengrundkörper 2 mit der konvexen Oberfläche hergestellt. Der Linsengrundkörper 2 weist eine Wandstärke t_1 auf, welche die größte vorkommende Wandstärke der einzelnen Schichten ist. Aufgrund der Wandstärkenunterschiede zwischen Mitte und Rand wird es in der Mitte zur größeren Schwindung kommen, man muss also danach trachten, dass Einfallstellen auf jener Seite auftreten, die später überspritzt werden. Dies kann z.B. dadurch erreicht werden, dass man auf der konvexen Seite eine tiefere Werkzeugtemperatur wählt, um schneller eine stabile eingefrorene Randschicht zu erhalten als auf der gegenüberliegenden Seite. Die Schwindung wird sich daher eher auf jener Seite mit der schwächeren Randschicht auswirken.

[0027] Mit einem Drehtisch wird der Linsengrundkörper 2 in die zweite Station gedreht und dort mit einer Schicht 3a überspritzt. Die Wandstärke t_2 in der Mitte (entlang der optischen Achse A) dieser zweiten Schicht 3a wird kleiner als die Wandstärke t_1 des Linsengrundkörpers 2 ausgebildet, wobei die Gesamtkühlzeit der zweiten Schicht 3a geringer ist und weil der Linsengrundkörper 2 als Isolator wirkt. Die Einfallstellen auf der überspritzten Grenzschrift werden durch das neu eingespritzte Material der Schicht 3a kompensiert. Nun erfolgt die Drehung in die dritte Station, wo Einfallstellen aus der zweiten Schicht 3a kompensiert werden und die Ausbildung der planen Linsenfläche (Schicht 3b) erfolgt. Die Wandstärke t_3 der Schicht 3b ist wiederum geringer als die Wandstärke t_2 der zweiten Schicht 3a.

[0028] Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellten Linse 1, wobei zuerst die beiden äußeren Schichten 3a und 3b der Linse 1 gespritzt werden. In einem weiteren Verfahrensschritt wird zwischen den Außenflächen 3a, 3b zur Bildung des Linsengrundkörpers 2 Kunststoff eingespritzt und zu einem Formteil zusammengefügt. Die Dicke der äußeren Schichten 3a, 3b ist so gewählt, dass diese ausreichend stabil sind, um im nachfolgenden Verbindungsvorgang nicht mehr deformiert zu werden.

[0029] Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer bikonvexen Linse 1, wobei in einem ersten Verfahrensschritt durch Einspritzen von Kunststoff in den Formhohlraum der Linsengrundkörper 2 hergestellt wird. In nachfolgenden Verfahrensschritten werden die beiden optischen Schichten 3a, 3b in getrennten Schritten gespritzt. In diesem Zusammenhang wäre es grundsätzlich auch möglich, dass in einem ersten Verfahrensschritt ein relativ ungenauer Linsengrundkörper 2 hergestellt wird, der dann in eine weitere Kavität umgesetzt wird. Im Anschluss daran wird der Linsengrundkörper 2 an den Oberflächen umspritzt.

[0030] Sämtliche beschriebenen Varianten könnten in einer oder auch in mehreren Stationen mit Spritzprägen statt Spritzgießen durchgeführt werden. Das Einspritzen der einzelnen Schichten kann bevorzugt mit separaten Spritzaggregaten erfolgen, die Verwendung eines einzelnen Aggre-

gates für alle Stationen ist mit speziellen Angusskonstruktionen ebenfalls denkbar. Selbstverständlich können die optischen Oberflächen 3a, 3b der Linse 1 auch noch weiter nachbearbeitet werden, insbesondere geschliffen oder poliert werden. In einer Ausführungsvariante kann zwischen einzelnen Einspritzvorgängen ein Prägeschritt vorgesehen sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines mehrschichtigen optischen Elementes durch Einspritzen von plastifiziertem Kunststoff in einen Formhohlraum, wobei die Herstellung des optischen Elementes wenigstens drei aufeinanderfolgende Einspritzvorgänge umfasst, wobei folgende Schritte ausgeführt werden:
 - Einspritzen einer ersten Kunststoffteilmenge, wodurch als erste Schicht ein Grundkörper hergestellt wird, der eine Wandstärke aufweist, welche die größte der einzelnen Schichten ist,
 - Einspritzen einer zweiten Kunststoffteilmenge, wodurch der Grundkörper wenigstens teilweise mit einer zweiten Schicht beschichtet wird,
 - Einspritzen einer dritten Kunststoffteilmenge, durch die der mit der zweiten Kunststoffteilmenge beschichtete Grundkörper zumindest teilweise mit einer dritten Schicht beschichtet wird,**dadurch gekennzeichnet**, dass für die erste, zweite und dritte Kunststoffteilmenge derselbe Kunststoff verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die größte vorkommende Wandstärke (t3) der dritten Kunststoffteilmenge kleiner als die größte vorkommende Wandstärke (t2) der auf den Grundkörper (2) aufgetragenen ersten Kunststoffteilmenge ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwischen zwei der wenigstens drei Einspritzvorgänge mit dem Einspritzvorgang solange gewartet wird, bis der jeweils eingespritzte Kunststoff zumindest teilweise ausgehärtet ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die größte vorkommende Wandstärke (t2) der auf den Grundkörper (2) aufgetragenen zweiten Kunststoffteilmenge kleiner als die größte vorkommende Wandstärke (t1) des Grundkörpers (2) gewählt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als optisches Element eine optische Linse hergestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die erste, zweite und dritte Kunststoffteilmenge ein im Wesentlichen transparenter Kunststoff verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Formhohlraum bei jedem Einspritzvorgang im Wesentlichen vollständig ausgefüllt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Formhohlraum vor oder bei jedem Einspritzvorgang vergrößert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Form und/oder Größe des Formhohlraums bei jedem Einspritzvorgang durch ein Drehtischverfahren verändert wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem weiteren Einspritzvorgang wenigstens ein Prägeschritt vorgesehen ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Zuge eines Einspritzvorganges wenigstens eine äußere Schicht (3a, 3b) gespritzt wird und anschließend der Grundkörper (2) eingespritzt wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

