

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI0611349-4 A2**

(22) Data de Depósito: 07/06/2006
(43) Data da Publicação: 04/01/2011
(RPI 2087)



(51) *Int.Cl.:*
B29D 11/00
B29C 45/56

(54) Título: **MÉTODO PARA MOLDAR POR INJEÇÃO LENTES FINAS COM UMA OPERAÇÃO DE CUNHAGEM, LENTE, MÉTODO PARA PRODUZIR LENTES FOTOCROMÁTICAS LAMINADAS, E, CONJUNTO ÓPTICO LAMINADO**

(30) Prioridade Unionista: 08/06/2005 US 11/147,614

(73) Titular(es): ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE GENERALE D'OPTIQUE)

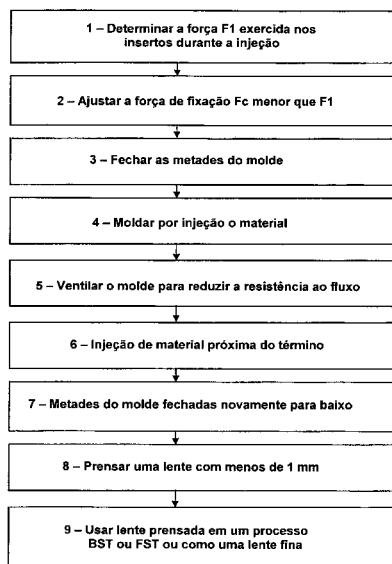
(72) Inventor(es): Hao Wen Chiu, Hsinjin Edwin Yang, Roger A. Mayr

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006022152 de 07/06/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/133307 de 14/12/2006

(57) Resumo: METODO PARA MOLDAR POR INJEÇÃO LENTES FINAS COM UMA OPERAÇÃO DE CUNHAGEM, LENTE, METODO PARA PRODUZIR LENTES FOTOCROMATICAS LAMINADAS, E, CONJUNTO ÓPTICO LAMINADO São revelados métodos de moldar por injeção resinas como policarbonato para formar lentes ópticas sólidas. As lentes são idealmente adequadas para uso como suportes de revestimento muito finos. O método envolve fechar o molde com uma força de aperto menor que a força exercida no inserto durante a injeção. Durante a injeção, o molde pode respirar, superando assim muitos dos obstáculos associados com moldagem por injeção com lentes muito finas. A medida que a pressão de injeção cede, o molde começa a fechar para realizar a operação de cunhagem, resultando em um suporte ou lente forte de alto rendimento. As lentes assim formadas são bem adequadas para laminação em um conjunto óptico. O conjunto pode incorporar funcionalidade fotocromática.



“MÉTODO PARA MOLDAR POR INJEÇÃO LENTES FINAS COM UMA OPERAÇÃO DE CUNHAGEM, LENTE, MÉTODO PARA PRODUZIR LENTES FOTOCROMÁTICAS LAMINADAS, E, CONJUNTO ÓPTICO LAMINADO”

5

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

1. Campo da Invenção

A presente invenção diz respeito a um método de moldar por injeção lentes termoplásticas ultrafinas e a produção de lentes fotocromáticas laminadas a partir dele.

10

2. Descrição da Tecnologia Relacionada

Lentes e outros artigos fabricados em qualidade óptica têm demandas rigorosas para replicação de molde, alta transmissão óptica e resistência ao impacto. Na publicação 2002 Polycarbonates, Brunelle e Kailasam descrevem como policarbonato é preparado pela transesterificação de um bisfenol-A com um carbonato. A patente U.S. 5.212.280 descreve difenóis que são usados no método de condensação de produção de policarbonato na presença de fosgênio.

Moldagem por injeção de lentes exige retenção das bordas de modo que o corrediço termine afastado das superfícies das lentes. Os trajetos da porta até os pontos de borda da cavidade do molde não são simétricos e, portanto, tornam difícil controlar a termodinâmica do fluxo da massa fundida em resfriamento. À medida que as cavidades tornam-se mais finas, técnicas de moldagem por injeção direta não são capazes de encher o molde sem congelamento prematuro. Dessa maneira, máquinas de moldagem por injeção têm sido modificadas para ampliar a cavidade durante alguma fase do ciclo de injeção, em um assim chamado processo de injeção/compressão. Um exemplo de injeção/compressão utilizando maquinário componente auxiliar é como se segue.

A patente U.S. 5.972.252 usa cilindros hidráulicos auxiliares

para mover o inserto no lado móvel do molde. No final do ciclo de injeção, os cilindros hidráulicos avançam o inserto retraído para o lado estacionário do molde de forma a comprimir a resina na sua espessura final.

5 A patente U.S. 6.616.868 enche a cavidade do molde com excesso e, durante a etapa de compressão, a resina em excesso é forçada de volta para o cilindro de injeção. Em uma modalidade alternativa, a pressão do cilindro de injeção e a força de compressão são ajustados para distribuir uma quantidade de resina necessária para atingir a espessura visada.

10 A patente U.S. 6.284.162 usa um cilindro hidráulico auxiliar para mover um dos insertos para criar uma cavidade ampliada. Depois da introdução da resina, o cilindro hidráulico avança o inserto para um ponto de parada duro que corresponde à espessura final da parte. A referência tenta superar uma série de problemas associados com moldagem por injeção/compressão de extremidade aperto. Entre os problemas notados está a
15 incapacidade de moldar lentes finas sob alta pressão de aperto e a tendência de tais sistemas criarem rebarbas e danos no equipamento.

A patente U.S. 5.415.817 emprega uma camisa que estende-se além do inserto até perto da linha divisória enquanto o inserto continua retraído. Quando o inserto começa avançar de forma a comprimir a resina,
20 material de moldagem em excesso escoar para um poço de transbordamento formado na camisa.

WO 00/71331 descreve uma modalidade que não utiliza maquinário auxiliar, mas que emprega uma primeira força de aperto baixa durante o enchimento inicial do molde. O parafuso de injeção então comuta
25 para um modo de velocidade-pressão e a segunda força de aperto maior é exercida, depois do que ocorre uma operação de cunhagem. Em uma segunda modalidade, a primeira força de aperto leva um terceiro prato auxiliar de um molde de três pratos para uma posição correspondente a uma cavidade ampliada. A segunda força de aperto então avançar o terceiro prato para

comprimir a resina na sua espessura visada.

Conforme pode-se ver pelas descrições apresentadas, moldagem por injeção/compressão com componentes auxiliares utiliza molas, cilindros ou outros dispositivos mecânicos para exercer uma força no inserto e movê-lo em relação à sua camisa ou seu lado do molde. Esses sistemas tipicamente exercem uma força compressiva menor que a força de aperto, frequência em aplicações onde acredita-se que a força de aperto seja excessiva. Entretanto, eles aumentam o custo e complexidade dos sistemas de moldagem. Operadores têm que coordenar a força de aperto além do equipamento componente auxiliar e ajustes. Dessa maneira, seria desejável moldar por injeção lentes finas de alta qualidade com a simplicidade de um processo de extremidade de aperto. Tais lentes poderiam ser utilizadas como suportes para revestimentos, como lentes, e como componentes em conjuntos ópticos laminados, tais como lentes fotocromáticas laminadas.

Lentes relativamente espessas da tecnologia anterior eram utilizadas em óculos laminados, conforme pode-se ver, por exemplo, na patente U.S. 6.256.152. O processo descrito em todos os exemplos usa um par de lentes de carbonato dialil glicol de 2,5 mm de espessura no centro. Carbonato de dialil glicol é um polímero de termocura vendido com o nome comercial CR-39, que é formado em lentes por fundição. CR-39 é mais frágil e, portanto, menos flexível que policarbonato. Em decorrência disto, lentes da tecnologia anterior preferivelmente exigem o casamento de curvas de base nas superfícies correspondentes das duas lentes. Um filme ou película interna é fundida, moldada ou soprada em uma forma sólida com a mesma curva base das superfícies interfaciais das duas lentes. Apesar das curvas base uniformes, a tecnologia exige uma etapa adicional de tratar as superfícies interfaciais com plasma ou descarga corona inter alia a fim de modificar ou melhorar a capacidade de ligação.

A patente U.S. 4.867.553 também diz respeito a lentes CR-39

fundidas com uma espessura no centro pelo menos 1,0 mm e uma espessura na borda de aproximadamente 1,7 mm. A patente descreve um conjunto de dois componentes. A lente de cobertura pode incluir revestimentos, filtros ou tintas. Entretanto, dentro da razão especificada de 1,5 a 2 vezes mais
5 espessura de borda que espessura de centro, um corante fotocromático parecerá muito mais escuro nas regiões periféricas mais espessas do que no centro.

Dessa maneira, seria desejável prover um conjunto de lentes com uma camada fotocromática uniformemente espessa, juntamente com um
10 processo direto para laminar uma lente frontal fina e flexível a partir dela., sem ter que suprir tanto as lentes como o filme fotocromático na mesma curva base.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

É um objetivo da presente invenção prover um método para
15 moldagem por injeção de lentes termoplásticas finas (espessura menor que 1 mm).

É também um outro objetivo da presente invenção moldar tais lentes sem usar máquinas de moldagem por injeção de alta velocidade.

É um objetivo adicional da presente invenção utilizar um
20 processo de cunhagem de extremidade de aperto para prover lentes de alto rendimento e resistentes.

É um outro objetivo da presente invenção prover um método para incorporar lentes termoplásticas ultrafinas (espessura menor que 1 mm) moldadas por injeção em um conjunto óptico.

25 É um objetivo adicional da presente invenção prover funcionalidade fotocromática ao conjunto óptico laminado.

É um outro objetivo prover uma etapa de aplicação de componentes de dois estágios flexível para acomodar uma variedade de lentes e condições de revestimento.

Esses e outros objetivos de acordo com a invenção são obtidos por um método de moldagem por injeção de lentes finas com uma operação de cunhagem, em que as metades do molde são fechadas com uma força de aperto predeterminada F_c que é menor que a força integrada líquida exercida nos insertos do molde durante a injeção. O material de moldagem é injetado na cavidade com uma força F_1 maior que F_c para forçar o molde a abrir, reduzindo assim uma resistência ao escoamento e permitindo que o material chegue nas regiões da periferia do inserto. Uma lente com uma seção menor que 1 mm de espessura é cunhada à medida que a força integrada líquida nos insertos cede.

A resistência ao escoamento é reduzida ventilando a cavidade através de uma linha de divisão aberta do molde, ou reduzindo a resistência ao escoamento, ou uma combinação de ambos. Durante a etapa de injeção, o material de moldagem fica em contato imediato com os insertos a uma espessura maior que a espessura final da lente cunhada. A etapa de cunhagem reduz a espessura da lente entre 0,5 e 0,6 mm à medida que o molde é fechado. Após a etapa de injeção, o método inclui adicionalmente a etapa de mudar o injetor para o modo de pressão de acondicionamento para que o material de moldagem pare de escoar para a cavidade. Para cunhagem de extremidade de aperto, os insertos são presos em uma posição fixa em relação às suas respectivas camisas, para que a força exercida nos insertos pelo material de moldagem seja transferida para o aperto do molde.

A etapa de injeção inclui injetar material de moldagem a uma velocidade de pelo menos cerca de 3 ips (76,2 mm/s) e a uma pressão de injeção de pelo menos cerca de 10.000 psi (68,9 MPa). A lente cunhada é utilizada em um processo de transferência de revestimento para aplicar um revestimento em uma outra lente. O material de moldagem é um termoplástico com uma viscosidade menor que 400 Pa para velocidades de cisalhamento abaixo de 1.000/s a 300 graus C.

A invenção também inclui lentes obtidas pelos métodos supradescritos, em que a lente é feita de um termoplástico com uma viscosidade menor que 400 Pa para velocidades de cisalhamento abaixo de 1.00/s a 300 graus C e em que a lente tem uma espessura entre 0,5 mm e 0,6 mm.

A lente pode ser utilizada no lado frontal (FST) ou lado traseiro (BST) do processo de transferência, isto é, como um suporte plano que tem uma espessura entre 0,5 e 0,6 mm em toda sua superfície.

Alternativamente, o método de acordo com a invenção pode produzir lentes com um aumento negativo com uma espessura no centro menor que 1 mm, por exemplo, entre 0,7 mm e 0,8 mm. Lentes podem ser produzidas com um aumento positivo com uma espessura de borda menor que 1 mm.

Outros objetivos de acordo com a invenção são alcançados por um método para produzir lentes fotocromáticas laminadas que incorporam uma lente frontal fina com uma espessura menor que 0,8 mm. Uma solução fotocromática líquida é solidificada in situ sobre uma lente de suporte de visão simples (SV) sem pressão para formar uma camada fotocromática diretamente em uma superfície da lente de suporte SV na ausência de uma camada adesiva intermediária. Em seguida, pelo menos dois compostos são aplicados entre a camada fotocromática e a lente frontal ultrafina. Os compostos podem incluir uma camada protetora, uma camada de iniciante, uma camada a base de acrílico, uma camada de látex de poliuretano, uma camada adesiva, e uma combinação das mesmas. A lente frontal ultrafina é então laminada sobre a camada fotocromática com pressão compressiva, por meio do que a forma da lente frontal ultrafina pode ser defletida até 0,5 curvas base para se adequar completamente à forma da superfície da lente de suporte SV.

A lente ultrafina é feita de policarbonato com uma viscosidade

menor que 400 Pa para taxas de cisalhamento abaixo de 1.000/s. A etapa de moldar por injeção inclui cunhar uma lente ultrafina com uma espessura entre 0,8 mm e 0,3 mm. A lente frontal ultrafina é uma lente bifocal de topo reto com um aumento adicional entre +1,00 e +3,00 de dioptria. Por exemplo, a
5 região da distância fica entre cerca de 0,7 mm e cerca de 0,5 mm de espessura.

A etapa de aplicar pelo menos dois compostos inclui primeiramente revestir um revestimento base de látex de poliuretano na camada fotocromática da lente de suporte. A camada base é revestida por
10 centrifugação na superfície convexa à temperatura ambiente e em seguida seca a uma temperatura entre 50 graus e 100 graus C. Existe uma segunda etapa de aplicação de um adesivo óptico entre o revestimento base e a lente frontal ultrafina. Pode-se utilizar um adesivo óptico curável por UV. Por exemplo, um adesivo de acrilato óptico curável que é dispensado por uma
15 seringa à temperatura ambiente. Alternativamente, pode-se empregar um filme adesivo sensível a pressão.

Em uma outra modalidade, existe uma primeira aplicação de um revestimento protetor sobre a camada fotocromática da lente de suporte. Em seguida, a aplicação de um adesivo óptico entre o revestimento protetor e
20 a lente frontal ultra fina. Pode-se utilizar um adesivo óptico curável por UV. Por exemplo, um adesivo de acrilato óptico curável por UV que é dispensado por uma seringa à temperatura ambiente. Alternativamente, pode-se empregar um filme adesivo sensível a pressão.

A etapa de laminação ocorre à temperatura ambiente com uma
25 pressão entre 5 psi (0,03 MPa) e 60 psi (0,41 MPa). Por exemplo, inflar uma bexiga de borracha de silício para aplicar pressão sobre a lente frontal ultrafina entre cerca de 10 psi (0,07 MPa) e cerca de 25 psi (0,17 MPa).

A lente ultrafina é uma lente bifocal ou multifocal. Por exemplo, uma lente bifocal de topo reto com um aumento adicional entre

+1,00 e +3,00 de dioptria. A superfície frontal pode incluir um revestimento duro ou um revestimento anti-refletivo, ou ambos.

A lente de suporte SV tem uma superfície de fundo que é adaptada para ser retificada de maneira que a prescrição da lente de suporte SV possa ser customizada, provendo assim uma lente bifocal de topo reto com propriedades fotocromáticas conferidas por uma camada fotocromaticamente ativa laminada internamente de espessura uniforme. A invenção também inclui o conjunto óptico laminado feito de acordo com os métodos aqui descritos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As vantagens, natureza e vários recursos adicionais da invenção ficarão mais completamente aparentes mediante consideração das modalidades ilustrativas a ser agora descritas com detalhes com relação aos desenhos anexos. Nos desenhos, em que números de referência iguais denotam componentes similares em todas as vistas:

A figura 1 é um fluxograma que mostra várias etapas de acordo com uma modalidade do método de moldagem por injeção de acordo com a invenção;

A figura 2 é um fluxograma que ilustra um processo de laminação de acordo com a tecnologia anterior;

A figura 3A é um fluxograma que ilustra um processo de laminação direto de acordo com uma modalidade da invenção;

A figura 3B é um fluxograma que detalha as opções de revestimento disponíveis de acordo com o processo de laminação direto de acordo com a invenção;

A figura 4 é um diagrama que designa as várias superfícies e revestimentos no conjunto laminado.

DESCRIÇÃO DETALHADA DE MODALIDADES PREFERIDAS

A presente invenção fornece métodos para produzir lentes

finas feitas de um material termoplástico. A invenção superar dificuldades tipicamente associadas com lentes de moldagem por injeção com menos de 1 mm de espessura, por exemplo, lentes com cerca de 70 mm de diâmetro. Aplicações para tais lentes incluem seu uso como suportes no processo de transferência do lado de trás (FST), descrito com mais detalhes a seguir. Suportes para processos BST ou FST podem ser fabricados como suportes de superfície, suportes termoconformados ou suportes moldados por injeção. Aplicações adicionais incluem a produção de lentes de aumento com seções de centro ou de borda com até cerca de 1 mm de espessura.

Na forma aqui usada, o termo lente significa um artigo grau óptico. O termo inclui lentes planas, bem como lentes de aumento. Termoplástico significa um termoplástico opticamente claro de grau óptico. Termoplásticos que podem ser usados incluem, apenas a título de exemplo, policarbonatos, blendas de policarbonato/copoliéster, acrílicos como PMMA, copolímeros de olefina cíclica, poliamidas amorfas, poliésteres, copoliésteres, poliuretanos e similares.

O processo BST transfere um revestimento para o lado de trás de uma lente pelo uso de um suporte. Os detalhes técnicos do processo estão descritos na patente U.S. 6.562.466 de Jiang et al. No presente pedido, entende-se que todos os detalhes relacionados ao lado de trás de uma lente podem ser também aplicados no lado da frente das ditas lentes. Por exemplo, ver WO 03/004255 que descreve tais processos de transferência de revestimento.

O suporte do revestimento é uma lente plana de termoplástico fino. Por exemplo, a lente de suporte pode ser feita de policarbonato. As características geométricas de um suporte, tais como espessura e uniformidade da curva base, exercem um papel crítico no sucesso de BST/FST em virtude de o processo de laminação basear-se na deformação do suporte para casar com a superfície de trás de uma lente para transferência emenda do revestimento sem. Além do mais, a condição superficial de um

suporte pré-determina a qualidade do revestimento da lente resultante, uma vez que o suporte é o apoio inicial da pilha HMC invertida (Multi Revestimento Duro). HMC é um revestimento duro ou camada anti-refletiva ou ambos que são aplicados nas lentes.

5 Uma lente de suporte com uma espessura no centro de cerca de 0,5 mm atinge um excelente equilíbrio de flexibilidade para laminação e rigidez para revestimento. Suportes podem ser feitos tratando-se a superfície de uma peça em bruto de lente, termoconformando folhas de policarbonato ou moldando por injeção. Grandes desafios surgem na tentativa de moldar por
10 injeção um artigo em forma de menisco, de qualidade óptica, por meio de moldagem por injeção com injeção lateral. Uma altura de porta da ordem de 0,5 mm afeta as condições nas quais o material pode ser distribuído através de uma lente de 70 mm de diâmetro, e a área superficial resultante de 3.000 mais milímetro quadrado. A passagem de escoamento estreita na própria
15 cavidade, juntamente com alta viscosidade da massa fundida de policarbonato aumenta drasticamente a resistência ao escoamento. Além do mais, à medida que resina fundida fica fina pelo espalhamento pelo contato com as superfícies do inserto, sua área superficial aumenta em proporção ao seu volume, resultando em excessiva perda de calor. Em decorrência disto, a
20 frente da massa fundida tende a congelar permanentemente, resultando em preenchimentos incompletos da cavidade.

A resistência ao escoamento de uma resina está diretamente relacionada com sua viscosidade. A seguir estão alguns valores de viscosidade (em Pa) para as taxas de cisalhamento (em 1/s) no topo de cada
25 coluna para várias resinas PC (policarbonato).

Tabela 1 – Valores de viscosidade (em Pa) para várias taxas de cisalhamento

Taxa de cisalhamento (1/s)	0,1	1	10	100	1.000	1x10 ⁴
GE Lexan OQ3820	3.600	3.400	3.000	2.200	750	150
GE Lexan HF1110 (alto escoamento)	350	340	330	300	200	80
Bayer Makrolon 2407	550	540	500	450	300	80
Bayer Makrolon CD2005	180	180	180	170	140	45

Os valores na tabela 1 sugerem que o aumento na taxa de cisalhamento pelo aumento da velocidade de injeção pode diminuir a resistência ao escoamento. Além do mais, velocidade de injeção suficientemente alta pode superar a perda de calor termodinâmica desfavorável na qual a massa fundida congela antes de encher a cavidade. Em geral, os métodos de acordo com a invenção contemplam o uso de termoplásticos opticamente claros com uma viscosidade abaixo de 400 Pa a uma taxa de cisalhamento de 1.000/s medida a 300 graus C.

Simulação 1

A resina GE HF1110 (alto escoamento) foi modelada em uma simulação de enchimento MoldFlow de uma única lente de 72 mm de 0,5 mm de espessura com uma área de entrada da porta de 9,8 mm². A uma pressão de injeção de 24.000 psi (165,5 MPa), o modelo simulou quatro tempos de enchimento de 1, 0,5, 0,25 e 0,1 segundos. Isto corresponde a vazões volumétricas de 2.028, 4.056, 8.112 e 20.280 mm³/s. O molde foi cheio usando o menor tempo de enchimento de 0,1 segundo. Os outros tempos de enchimento resultaram em preenchimentos incompletos da cavidade.

Simulação 2

A importância do índice de fluidez foi pesquisada usando resina GE OQ3820 com um índice de fluidez (MFI) de 7; GE HF1110 com um MFI de 25; um Bayer CD2005 com um MFI de 63. Nas mesmas condições de processamento citadas, a um tempo de enchimento de 0,25 segundo, a cavidade foi facilmente cheia com CD2005, ao passo que as outras resinas resultaram em preenchimento incompleto da cavidade.

Exemplo 1

Um Cincinnati RoboShot foi configurado para operar na máxima velocidade de injeção de 5,9 polegadas por segundo (ips) (149,9 mm/s), máxima pressão de injeção de 24.000 psi (165,5 MPa) e máxima pressão de aperto de 110 U.S. ton 99,8 x 10³ kg. A máquina foi equipada com

um molde de duas cavidades de 71 mm de diâmetro da APEX. Uma cavidade foi bloqueada e a outra mantida em um conjunto de inserto de aço plano de estoque de 6 bases. Suportes finos foram moldados como Bayer DP1-1265 e Bayer 2407 com os seguintes parâmetros de processo:

- 5 Temperatura do molde: 280 graus F (137,8°C)
- Temperatura de fusão: 595 graus F (312,8°C)
- Velocidade de injeção: 5,9 ips (149,9 mm/s) – uma etapa
- Acondicionamento: 12.000 psi (82,7 MPa) – 2 segundos: 10.000 psi (68,9 MPa) – 3 segundos; 5.000 (34,5 MPa) – 5 segundos.

- 10 O Bayer DP1-1265 produziu as lentes mais finas com uma espessura no centro ligeiramente acima de 0,6 mm. Lentes com uma espessura no centro de 0,65 mm foram comuns, dessa forma não atingindo o objetivo de moldar lentes de cerca de 0,5 mm. Uma vez que os suportes foram mais espessos que o desejado, concluiu-se que o rendimento de BST variou
- 15 de 44% a 78%. Outros problemas incluíram espessura não uniforme, variação da curva base e ruptura. Parte do problema foi rastreado durante uma simulação de fluxo volumétrico, que indicou pressão muito alta próxima da porta, resultando em contração negativa (expansão) durante o resfriamento. Uma investigação sobre ruptura do suporte revelou duas causas principais: o
- 20 uso de uma resina de baixo peso molecular e orientação de fluxo.

- Resina de baixo peso molecular: o DP1 de baixo peso molecular foi escolhido pelas suas características de fluxo favorável, embora ele seja inerentemente mais frágil que outras resinas de maior peso molecular, tais como Bayer 2407, GE HF1110 ou GE LFV249. Um grande tempo de
- 25 permanência no molde pode causar degradação das cadeias de polímero, resultando em uma redução detrimental adicional no peso molecular e contribuindo para ruptura.

 Orientação de fluxo: Acredita-se que o principal motivo para a ruptura seja um efeito de orientação de fluxo, que reduz a resistência do

suporte quando uma força de dobramento é perpendicular à direção de fluxo. Isto explica porque a ruptura do suporte durante BST ocorre mais freqüentemente ao longo da linha reta (diâmetro) porta-para-aba. Para demonstrar a orientação de fluxo, foi conduzida uma simulação MoldFlow utilizando resina PC cheia com fibra de vidro. A simulação ilustrou orientação de fibras paralelas na camada de pele estendendo-se da porta para a aba em uma linha reta, embora fibras no núcleo sejam orientadas em uma direção perpendicular. Novamente, a grande razão da área superficial para volume torna-se um problema na moldagem de suportes finos. Foi conjecturado que a resistência da parte torna-se dependente da direção, em que a parte é mais fraca ao longo do fluxo e mais resistente transversal ao fluxo. A contribuição da orientação para a ruptura foi confirmada por teste de fadiga DMA (analisador mecânico dinâmico).

Teste do Analisador Mecânico Dinâmico: No teste, o módulo de armazenamento de uma amostra foi registrado com o tempo sob dobramento cíclico. Diversas barras PC foram cortadas de um disco CD comercial e lentes moldadas com resinas GE grau oftalmológico, Bayer alto escoamento 2407 e CD/DVD DP1-1265. Para cada material, duas barras de teste foram amostradas, uma com uma borda longitudinal paralela ao fluxo e a outra com a borda longitudinal perpendicular ao fluxo. Todas as amostras tiveram uma espessura de 1,2 mm, e foram dobradas ao longo da borda longitudinal.

Tabela 2 – Segundos para o Início da Falha em DMA

Amostra	Corte paralelo ao fluxo	Corte perpendicular ao fluxo
GE	não rompeu	192 segundos
Bayer 2407	não rompeu	127 segundos
CD Bayer	93,2 segundos	3 segundos
Disco CD comum	46 segundos	28 segundos

Com as amostras GE e Bayer 2407, não ocorreu ruptura das amostras cortadas paralelas ao fluxo durante o teste de 1.000 segundos. As amostras cortadas perpendiculares romperam nos tempos indicados. A amostra paralela de CD Bayer falhou muito antes do Bayer 2407. A amostra

perpendicular rompeu quase que imediatamente. A amostra paralela grau CD comercial comportou-se similarmente ao CD Bayer. Entretanto, a amostra perpendicular demorou mais para falhar do que a de CD Bayer. Foi calculado que o processo de moldagem para produzir as amostras introduziu mais de um
5 efeito de orientação detrimental que a moldagem de CD comercial, mas provavelmente aproximadamente o mesmo grau de degradação molecular.

Uma vez que Bayer 2407 é menos frágil que o CD grau comercial, a mistura de resinas de Bayer 2407 e grau CD foi usada para abordar a questão de ruptura do suporte. Uma vez que a mistura teve uma
10 maior viscosidade que o CD graus comercial sozinho, a parte mais fina teve uma espessura no centro de cerca de 0,65 mm. Os resultados do teste desses suportes não apresentaram ruptura durante o BST. Entretanto, os rendimentos ópticos foram indesejáveis, em virtude de os suportes serem muito finos. A fim de reduzir a espessura para o nível visado de 0,5 mm, foi determinado que
15 era necessária uma máquina com uma velocidade de injeção maior que a de 5,9 ips ((149,9 mm/s) da RoboShot.

Exemplo 2

Um teste adicional foi conduzido com uma máquina Engel convencional de alta velocidade operando com a força de aperto hidráulica
20 máxima de 200 toneladas ($181,4 \times 10^3$ kg) e a velocidade de injeção máxima de 40 ips (1.016 mm/s). Foi usado o molde de 2 cavidades de 76 mm de diâmetro. Tanto resina GE OQ1030 (grau CD) como GE HF1110 (alto escoamento) foram usadas. A OQ1030 atingiu uma velocidade de injeção real de 25 ips (635 mm/s) e foram obtidos suportes com uma espessura no centro de 0,6 mm. Para o
25 HF1110, foram obtidos suportes com espessuras no centro ligeiramente abaixo de 0,6. Testes de laminação BST dos suportes resultantes na aplicação de PHC (revestimento duro protegido) resultaram em um rendimento de 90%.

As partes da máquina Engel foram caracterizadas pela presença de respingos em excesso. Durante a injeção, observou-se que a linha divisória foi

forçada a abrir-se, permitindo que a resina escoasse do limite dos insertos do molde. Ao mesmo tempo, entretanto, resina pôde escoar facilmente através dos insertos, já que a passagem era maior e a pressão de dentro da cavidade foi liberada. Dessa maneira, um aspecto da invenção pode ser injetar um maior volume de material de moldagem que o necessário para formar as lentes em si. Por exemplo, o volume de 1,5 x a 3 x do material de moldagem pode ser injetado para facilitar a abertura do molde. No final da fase de injeção, à medida que o fluxo de material para a cavidade diminuía, o molde começou fechar a partir de sua posição completamente aberta. Esta ação de cunhagem que ocorreu na porção da resina ainda contida na periferia dos insertos minimizou a orientação do fluxo, produzindo um suporte de maior resistência.

Exemplo 3

Um Nissei FN4000 com um grampo hidráulico de 200 toneladas ($184,1 \times 10^3$ kg) foi configurado para operar a 75% da força de aperto máxima para obter um melhor equilíbrio com a velocidade de injeção máxima de 132 mm/s (5,2 ips). Bayer DP1-1265 e GE OQ1030 foram utilizados no exemplo com uma temperatura de fusão de 595 graus F (312,8°C) e uma temperatura do molde de 265 graus F (129,4°C). O processo foi utilizado para moldar um par de insertos de aço plano de 6 bases de 76 mm em um ciclo de 60 segundos. Por causa do excesso de respingo, processamento secundário incluindo separação do molde e corte de matriz foi necessário para obter os suportes finais. Entretanto, a qualidade dos suportes resultantes é quase compatível com lentes planas regulares, e é superior às obtidas pelo tratamento superficial. Lentes com uma espessura no centro de cerca de 0,56 mm foram produzidas de forma consistente. Um teste subsequente dos suportes com pilha HMC completa resultou em um rendimento aceitável de 86%. Os suportes resultantes deste exemplo são comparados com suportes tratados superficialmente e suportes termoconformados na tabela 3 seguinte.

Tabela 3

Parâmetro	Unidades	Método	Grupo A Suportes com tratamento superficial		Grupo B Suportes Termoconformados		Grupo C Suportes injeção		moldados por
			Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	
Esfera	Dioptria	Humphrey	0,08	0,04	-0,01	0,03	0,09	0,01	
Cilindro	Dioptria	Humphrey	-0,04	0,03	-0,01	0,03	-0,02	0,01	
Prisma	Dioptria	Visionix (ref.)	0,32	0,06	0,11	0,01	0,09	0,05	
Espessura no centro	mm	Gage	0,53	0,03	0,47	0	0,56	0,0004	
Diferença de espessura máxima	mm	Gage (prisma da base para o ápice)	0,1	0,04	0,01	0	0,08	0,03	
Raio 1 convexo	mm	Radiuscope	85,27	0,81	87,26	2,55	82,6	0,34	
Raio 2 convexo	mm	Radiuscope	1,37	0,65	4,37	2,07	2,95	1,65	

Embora a máquina Engel de alta velocidade tenha dado um rendimento muito alto, verificou-se que controlando-se devidamente a pressão de injeção e a força de aperto, mesmo em uma máquina padrão, pode-se ter rendimentos adequados. A pressão de injeção afeta a força de abertura do molde em função da pressão nos insertos. Matematicamente, a pressão da cavidade é integrada por toda a superfície do inserto para obter a força de abertura do molde. Agora, torna-se uma questão de equilíbrio da força de abertura do molde e a força de aperto. O termo "força integrada líquida" refere-se à força efetiva resultante que impele insertos opostos um para fora do outro contra a força de predisposição do grampo do molde.

No exemplo 1, pelo bloqueio de uma cavidade, a área superficial foi reduzida pela metade, dessa forma diminuindo proporcionalmente a força de abertura do molde. Os exemplos 2 e 3 demonstram que a moldagem a 40 ips (1.016 mm/s), com uma velocidade efetiva de 25 ips (635 mm/s), pode produzir resultados no geral similares à moldagem em uma máquina de 5,2 ips (132,1 mm/s). Reduzindo-se a tonelagem de aperto e deixando que o molde respire, muitas das dificuldades técnicas associadas com o enchimento da cavidade fina são superadas.

Com base nesses testes, lentes ligeiramente mais espessas, com uma espessura no centro entre cerca de 0,7 e 0,8 mm, têm sido moldadas com aumentos de -2 a +2. Os princípios derivados desses testes levam à conclusão que os métodos de acordo com a invenção podem ser empregados para fazer uma ampla faixa de lentes de aumento. Por exemplo, lentes menos podem ser moldadas por injeção até -8, com uma espessura no centro com cerca de 1 mm ou menos. Além disso, lentes mais de até +8 podem ser moldadas por injeção com uma espessura na borda de cerca de 1 mm ou menos.

As etapas básicas para realizar o método de acordo com a invenção serão explicadas mais claramente com referência ao fluxograma da

figura 1. Na etapa 1, o operador obtém um valor funcional representativo da força F_1 que será exercida nos insertos durante a injeção como uma força de abertura do molde. Este valor pode ser obtido por cálculos, simulações ou por experiências de moldagem prévias. Na etapa 2, o operador seleciona uma
5 força de aperto F_c , que é menor que F_1 , e ajusta o valor na máquina. Os ajustes de temperatura são feitos com consideração ao material de moldagem particular usado. Em testes práticos, policarbonatos de variadas características de escoamento são usados com sucesso. Tipicamente, a temperatura de fusão será cerca de 590 graus F (310,0°C) a cerca de 600 graus F (315,6°C). A
10 temperatura do molde será cerca de 250 graus F (121,1°C) a 290 graus F (143,3°C).

Agora, o ciclo de moldagem começa pelo fechamento das metades do molde na etapa 3. Em seguida, com injeção de material de moldagem na etapa 4. Em virtude dos cálculos na etapa 1 e do ajuste na etapa
15 2, a pressão de injeção exercida nos insertos eventualmente excederá a força de aperto. No caso de uma máquina de moldagem por injeção direta, o inserto é fixado seguramente dentro da camisa que, por sua vez, é seguramente fixada no respectivo lado do molde. Este recurso dá ao operador flexibilidade no ajuste da distância entre insertos iguais ou menores que a espessura da parte
20 final. Dessa maneira, o movimento dos insertos para fora um do outro causam diretamente a abertura ou escape de gases da linha divisória na etapa 5. Isto reduz a resistência ao escoamento, ampliando a cavidade e reduzindo a pressão na cavidade fechada. Uma faixa de velocidades de injeção de pelo menos cerca de 3 ips (76,2 mm/s) a 5,2 ips (132,1 mm/s) na extremidade
25 inferior a pelo menos cerca de 25 ips (635 mm/s) a 40 ips (1.016 mm/s) na extremidade superior têm sido usadas em corridas práticas de acordo com certas modalidades da invenção. A pressão de injeção máxima de 24.000 psi (165,5 MPa) ou mais foi também tentada com sucesso. Embora esses valores sejam exemplares, outros valores podem se mostrar úteis, desde que a força

integrada líquida F_1 do fluxo líquido possa exceder a força de aperto. Por exemplo, uma pressão de injeção de pelo menos 10.000 psi (68,9 MPa).

O material que está sendo injetado na cavidade pode ser medido pelo volume ou outro parâmetro, e a etapa 6 significa aproximar-se do

5 térmico da fase de moldagem. Para garantir enchimento do molde sob todas as condições de velocidade/pressão, o volume do material de moldagem que é injetado pode ser aumentado até 1,5 x até 3 x o volume das partes moldadas. À medida que o fluxo de material na cavidade agora aberta começa diminuir, a pressão diminui. Uma vez que a força de aperto excede a pressão exercida

10 pelo material de moldagem, as metades do molde retornam de seu estado aberto na etapa 7. A etapa 7 pode ocorrer enquanto o material está ainda escoando para a cavidade, por exemplo, a uma menor velocidade que inicialmente. A etapa 7 pode ocorrer depois que o volume pré-estabelecido tenha sido injetado. Em modalidades práticas, a máquina muda para o modo

15 de pressão de acondicionamento pela etapa 6. Este modo mantém a pressão no parafuso do material para manter a pressão na cavidade em um certo nível, sem introduzir quantidades substanciais de material adicional. As metades do molde podem retornar para suas posições originais, ou elas podem cunhar as lentes a uma espessura menor ou igual a 1 mm na etapa 8 sem fechar

20 completamente. O grau de fechamento do molde pode ser controlado, ou operado, em função do volume adicionado supramencionado para chegar à espessura visada. As lentes finas fabricadas de acordo com a invenção podem ser coladas em lentes adicionais para formar lentes compostas. As lentes, entretanto, são bem adequadas para uso em um processo BST ou FST, ou

25 como uma lente de aumento fina, indicada na etapa 9.

Um uso específico para lentes de aumento finas ou lentes ultrafinas é na produção de conjuntos ópticos laminados. Conjuntos ópticos laminados têm certas vantagens em relação a lentes de uma peça. Eles permitem que diferentes elementos sejam combinados de uma maneira que

oferece uma grande variedade de aumentos e funções da lente. Por exemplo, lentes frontais finas podem prover óptica bifocal ou multifocal. A lente de suporte pode prover óptica de visão básica. Durante a operação de montagem, filtros funcionais, como filtros fotocromáticos, podem ser cunhados entre as
5 duas lentes. Isto oferece uma vantagem distinta, uma vez que é difícil incorporar corantes fotocromáticos no material da lente. Mesmo se corantes fotocromáticos fossem compostos na resina, eles proporcionariam diferentes graus de escurecimento, em função da espessura da lente. Conforme será descrito com mais detalhes a seguir, a presente invenção fornece um processo
10 mais direto para a seleção e montagem de lentes laminadas, em grande parte por causa do processamento do material que confere funcionalidade fotocromática, bem como as propriedades das lentes frontais finas.

De volta agora à figura 2, está mostrada uma série de etapas para fabricar lentes laminadas de acordo com a tecnologia anterior. Na etapa
15 10, a lente frontal pode ser feita de vidro, embora lentes fundidas feitas de CR-39 pareçam o material preferido. Uma vez que esta lente é selecionada, a curva base interfacial é estabelecida, e os outros componentes do conjunto têm que casar exatamente. Na etapa 11, uma segunda lente fundida é selecionada. Para conferir um filme fotocromático ou polarizante ao conjunto,
20 é necessário um molde de filme com a curva base correspondente e uma espessura de filme apropriada, pela etapa 12. A camada interna é então moldada ou fundida em um filme modelado na etapa 13. O filme pode ser retificado de várias maneiras na etapa 14.

Durante a adesão do filme modelado nas duas lentes, existe um
25 problema aparente com a delaminação subsequente. Em decorrência disto, a tecnologia anterior introduz uma etapa incômoda de tratamento das superfícies a ser coladas. A etapa 15 indica a etapa de tratamento superficial como uma de descarga de plasma, descarga corona, tratamento de radiação, tratamento laser, etc. Na etapa 16, existe a primeira aplicação de adesivo para

colar o filme modelado em uma das lentes. Se um flange estiver presente no filme, ele pode ser aparado nesta etapa, ou em uma etapa posterior. Na etapa 17, existe uma segunda aplicação de adesivo para ligar a segunda lente no primeiro conjunto de lente/filme.

5 Referindo-se agora à figura 3A, estão mostradas diversas etapas relativas a um método direto de acordo com a invenção. Para consistência e clareza, referimos à figura 4 para rótulos laterais de lente. Lendo da esquerda para a direita, lente frontal 20 tem um lado voltado para fora 20a e um lado voltado para dentro oposto 20b. A lente de suporte 30 tem
10 um lado interno 30c e um lado externo 30d. A lente frontal ultrafina com 1,0 mm de espessura é moldada por injeção na etapa 20. A etapa 22 indica um revestimento opcional na superfície voltada para fora 20a da lente frontal. A solução fotocromática é distribuída na forma líquida diretamente no lado interior 30c da lente de suporte, que pode ser uma lente de visão simples
15 (VS). Uma vez solidificada, a superfície fotocromaticamente habilitada é referida como 30p. A etapa 32 indica um processo de polimento no lado externo 30d da lente de suporte para conferir uma receita customizada a ela.

 A etapa 50 inclui a aplicação de dois compostos, um depois do outro, conforme pode-se ver na figura 3B. O primeiro composto é aplicado na
20 superfície 30p, e é referido como 50a. O segundo composto é aplicado tanto na superfície 20b como 50a. Em geral, o segundo composto 50b é um adesivo. As lentes são laminadas uma na outra na etapa 60 com as três camadas cunhadas entre elas para formar o conjunto óptico completo.

 Certos aspectos do método de laminação serão agora descritos
25 com mais detalhes.

Sumário do Método de Moldar por Injeção Lentes Ultrafinas

 Para o método de laminação, provemos lentes cunhadas PC moldadas por injeção com uma região da distância plana com uma espessura entre 0,8 mm a 0,3 mm. Por exemplo, lentes ultrafinas 20 teriam uma parte da

distância com uma espessura entre cerca de 0,7 e cerca de 0,3 mm. Essas lentes podem ser configuradas como qualquer tipo de lente bifocal ou multifocal, por exemplo, de topo curvo, borda redonda, sem bifocais sem linha ou executivos. O método de laminação é bem adequado para uso com

5 bifocal de topo reto ou topo plano com um aumento adicional de cerca de +1,00 a cerca de +3,00 de dioptria.

Lentes de plástico e, em particular, policarbonato (PC) podem ser sujeitas a arranhões. Tipicamente, a superfície voltada para fora 20a de tais lentes PC são providas com uma solução de revestimento dura. Tais

10 lentes podem também incluir um revestimento anti-refletivo (AR), ou tanto revestimento AR quanto duro. Esses revestimentos podem ser aplicados na lente frontal 20 a qualquer momento que não interfira no processo de laminação. Além do mais, quando uma bifocal de topo reto é utilizada, o(s) revestimento(s) tem que ser aplicado(s) de uma maneira que evite

15 agrupamento ou outra condição inaceitável na borda de topo reta.

Lentes de suporte SV

Lentes semi-acabadas (SF) são normalmente produzidas com um lado opticamente acabado. Este está representado pelo lado interior 30c. Lentes SF são fabricadas na primeira instância mais espessas que a lente final.

20 A invenção pode usar lentes termoplásticas, por exemplo, policarbonato. O lado exterior 30a é retificado no laboratório em uma forma predeterminada que fornece uma espessura variada em pontos que emanam radialmente do centro da lente para fora até a periferia da lente. Quando retificadas nesta forma predeterminada, a lente resultante é uma lente de Visão Simples (SV).

25 O método de acordo com a invenção preserva esta customização de lentes SF. Isto é referido como um Rx customizado para um cliente particular. No contexto do método inventivo, o processo de retífica pode ocorrer a qualquer momento que não interfira na laminação.

O lado interno opticamente acabado 30c é revestido com uma

solução fotocromática que seca e solidifica para formar um revestimento fotocromático 30p. A aplicação da solução na forma líquida permite que o revestimento fotocromático 30p seja aplicado sem pressão e sem um adesivo intermediário. Conforme versados na técnica percebem, esta aplicação de líquido substitui diversas etapas que são parte do processo da tecnologia anterior. Essas são as etapas de: moldar a camada fotocromática em um filme modelado; qualquer acabamento do filme; tratamento de descarga plasma/corona antes de colar o filme; dispensar adesivo; e colar o filme sobre uma das lentes.

10 **Aplicação do composto de dois estágios flexível**

Algumas lentes SV com camadas fotocromáticas 30p são projetadas para receber um revestimento protetor. Dessa maneira, consideramos a aplicação de tal revestimento protetor como o primeiro composto 50a a ser aplicado em nossa etapa de aplicação.

15 A camada protetora 50a é adequada para colar diretamente na superfície voltada para dentro 20b da lente frontal ultrafina 20. A camada adesiva 50b pode ser aplicada por cima do primeiro composto 50a ou na superfície voltada para dentro 20b. Por exemplo, aplicar pelo menos uma gota de um adesivo óptico tanto sobre 50a como 20b. O adesivo óptico pode ser
20 aplicado à temperatura ambiente com uma seringa. Adesivos adequados são um adesivo curável por UV, um adesivo a base de acrilato, um adesivo a base de acrilato curável por UV.

Alternativamente, um adesivo a base de filme pode servir como um segundo composto 50b. Por exemplo, um adesivo sensível a pressão baseado no filme (PSA) pode ser empregado. Um produto comercialmente
25 disponível são fitas PSA da Nitto Denko Europe.

O uso de um adesivo sensível a pressão (PSA) é particularmente vantajoso, uma vez que a estrutura em camadas (lente fina) é permanentemente retida na lente (SFSV) de uma maneira simples e barata,

sem conferir propriedades ópticas tanto à lente como à estrutura. Em particular, não é necessária nenhuma irradiação, tal como irradiação ultravioleta, nem aquecimento intensivo para obter uma ligação permanente com um adesivo sensível a pressão. Todos adesivos sensíveis a pressão
5 apresentam pegajosidade permanente e têm um baixo módulo elástico à temperatura ambiente, tipicamente entre 10^3 e 10^7 Pa (pascal). Salienta-se que o mecanismo de adesão envolvido com adesivos sensíveis a pressão não envolve ligação química, mas é baseado em propriedades viscoelásticas especiais de adesivos sensíveis a pressão. Essas propriedades intrínsecas de
10 cada formulação de adesivo sensível a pressão possibilitam criar interações eletrostáticas de van der Waals na interface de ligação. Isto ocorre quando um adesivo sensível a pressão é posto em contato com o material sólido com pressão. A pressão e o baixo módulo do adesivo sensível a pressão criam contato íntimo deste último em uma escala molecular com a topologia do
15 material sólido. Além disso, propriedades viscoelásticas massivas do adesivo sensível a pressão levam a dissipação, na espessura da camada adesiva, da energia resultante da tensão mecânica da interface de ligação. Portanto, a interface pode suportar tensões de tração e mecanismos de desunião.

Além do mais, adesivos sensíveis a pressão podem ser
20 depositados na forma de uma camada fina com espessura uniforme. Tal espessura pode ser entre 0,5 e 300 μm . Então, a formação de imagem através da lente não é prejudicada pela camada de adesivo sensível a pressão e o aumento óptico da lente não é alterado.

Diversos adesivos sensíveis a pressão podem ser usados em
25 um processo de acordo com a invenção. Vantajosamente, o adesivo sensível a pressão é selecionado de um composto a base de um poliacrilato, um copolímero bloco a base de estireno e uma blenda que incorpora uma borracha natural. Exemplos não limitantes de adesivos sensíveis a pressão têm composições gerais baseadas em poliacrilatos, em particular polimetacrilatos,

ou baseadas em copolímeros de etileno, tais como copolímeros de acetato de vinila-etileno, acrilato de etila-etileno e metacrilato de etila-etileno, ou em borrachas sintéticas e elastômeros, incluindo silicones, poliuretanos, estireno-butadienos, polibutadienos, poliisoprenos, polipropilenos, poliisobutilenos, ou
5 baseada em copolímeros contendo nitrilas ou carbonitrilas, ou em policloropreno, ou em copolímeros bloco que incluem poliestireno, polietileno, polipropileno, poliisopreno, polibutadieno, em copolímeros de polivinilpirrolidona ou vinilpirrolidona, ou são blendas (com fases contínuas ou descontínuas) dos copolímeros citados, e também podem compreender
10 copolímeros blocos obtidos dos compostos supralistados. Esses adesivos sensíveis a pressão podem também incluir um ou mais aditivos selecionados de agentes de pegajosidade, plastificantes, aglutinantes, antioxidantes, estabilizantes, pigmentos, corantes, agentes dispersantes e agentes de difusão.

Algumas lentes SV simplesmente têm uma camada
15 fotocromática 30p. O laboratório teria a opção de aplicar uma camada protetora ou uma camada de iniciante. Neste último caso, consideramos a camada de iniciante como a primeira camada de composto 50a. Por exemplo, um revestimento base de látex de poliuretano pode ser usado. O revestimento base pode ser revestido por centrifugação na camada fotocromática 30p, à
20 temperatura ambiente, e em seguida seco a uma temperatura entre 50 e 100 graus C.

A segunda camada de composto 50b seria então um adesivo. A camada adesiva 50b pode ser aplicada por cima do primeiro componente 50a ou na superfície voltada para dentro 20b. Por exemplo, aplicar pelo menos
25 uma gota de um adesivo óptico tanto em 50a como em 20b. O adesivo óptico pode ser aplicado à temperatura ambiente com uma seringa. Adesivos adequados são um adesivo curável por UV, um adesivo a base de acrilato, e um adesivo a base de acrilato curável por UV.

Alternativamente, um adesivo a base de filme pode servir

como o segundo composto 50b. Por exemplo, um agente de dispersão de polímero a base de filme (PSA) pode ser empregado. Um produto comercialmente disponível são as fitas PSA da Nitto Denko Europe.

Exemplo 1 – Uma lente frontal de PC aumento +2.00 base 6.500 de 0,58 mm de espessura foi laminada em uma lente de policarbonato fotocromático Transitions® de visão simples semi-acabada usando um adesivo curável por UV. O laminado da lente bifocal SFSV resultante apresentou um escurecimento bastante uniforme quando exposto a luz do sol.

Exemplo 2 – Uma lente frontal de aumento +2.00 base 6.50 de 0,58 mm de espessura foi laminado em uma lente de policarbonato fotocromático Transitions® SFSV base 6.5 usando um PSA. O laminado de lente bifocal SFSV resultante apresentou um escurecimento uniforme quando exposto à luz do sol.

Laminação

Depois de a camada intermediária 50a e a segunda camada composta 50b terem sido preparadas, a lente frontal ultrafina está pronta para a laminação. Com a lente SV 30 devidamente suportada, a lente frontal 20 é colocada para baixo com a superfície de dentro 20b voltada para as camadas compostas 50. Pressão compressiva é aplicada na superfície externa 20a à temperatura ambiente. Pressão adequada é entre 5 (0,03 MPa) e 60 psi (0,41 MPa). Por exemplo, uma bexiga inflável pode aplicar entre cerca de 10 (0,07 MPa) e cerca de 25 psi (0,17 MPa). A bexiga pode ser feita de silício, que é durável e evita riscamento da superfície externa 20a. A pressão compressiva é suficiente para pressionar a lente frontal 20 plana sobre a pilha, mesmo se as superfícies interfaciais 20b e a superfície revestida 30a forem de curvas base diferentes. Uma vez que a lente frontal 20 seja montada, o conjunto pode ser exposto a radiação UV para curar o adesivo, no caso em que é empregado um adesivo curável por UV.

O método de acordo com a invenção apresenta inúmeras

vantagens e benefícios em relação à tecnologia anterior. A camada fotocromática solidifica-se facilmente *in situ* sem exigir o uso de um adesivo intermediário. A camada fotocromática é uniformemente espessa e próxima da frente do conjunto óptico. Quando um revestimento duro ou revestimento AR está presente na superfície de fora 20a, a camada fotocromática 30p fica disposta cerca de 0,7 a cerca de 0,8 mm do revestimento duro ou revestimento AR.

Além do escurecimento uniforme e preservação da integridade óptica do SV original, existem diversas vantagens da presente invenção em relação a outras abordagens conhecidas. Deferente da decoração direta no molde (MD) ou moldagem por inserção de filme (FMI) que exige produção em massa, o presente método de laminação pode ser realizado individualmente de acordo com a necessidade, no laboratório.

O método utiliza efetivamente nossa lente cunhada ultrafina patenteada em um conjunto óptico para distribuir lente bifocal de topo reto com funcionalidade fotocromática. A lente ultrafina pode ser flexionada 0,5 de dioptria na curva base para ajustar-se à forma da curva base da superfície 30c. Isto é particularmente significativo durante a provisão de uma série de lente laminada que incorpora lentes SV com uma faixa de curvas base (na superfície 30c). Por exemplo, considere uma série que inclui lentes SV com curvas base de 6 a 8 de dioptria, em incrementos de dioptria de 0,25. Isso resultaria em 9 diferentes lentes SV. Seria necessário apenas uma lente frontal de base 6,50 e uma lente frontal de base 7,5 para criar um conjunto de lentes, onde a lente frontal de base 6.5 poderia ser empregada na lente SV de base 6,00, a 6,25, a 6,50, a 6,75 e a 7,00. Dessa maneira, em uma série de lentes laminadas, uma lente frontal pode acomodar uma faixa de dioptria 1.00 completa de lentes de suporte.

Tendo sido descritas modalidades preferidas para fabricação de lente, materiais usados nelas e métodos para processar as mesmas (que

devem ser apenas ilustrativos, e não limitantes), nota-se que modificações e variações podem ser feitas por versados na técnica sob a luz dos preceitos apresentados. Portanto, deve-se entender que mudanças podem ser feitas nas modalidades particulares da invenção revelada que se enquadram no escopo e espírito da invenção esboçada pelas reivindicações anexas. Tendo sido assim descrita a invenção com os detalhes e particularidade exigidas pelas leis de patente, o que é reivindicado e que se deseja proteger pela Carta de Patentes é apresentado nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para moldar por injeção lentes finas com uma operação de cunhagem, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5 fechar as metades do molde com uma força de aperto predeterminada F_c que é menor que a força integrada líquida exercida nos insertos do molde durante a injeção;

 moldar por injeção material na cavidade para forçar o molde a abrir, reduzindo assim a resistência ao escoamento e permitindo que o
10 material atinja regiões da periferia do inserto; e

 cunhar uma lente com uma seção menor que 1 mm de espessura à medida que a força integrada líquida nos insertos cede.

 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que reduzir a resistência ao escoamento compreende um de ventilar a
15 cavidade através de uma linha de divisão aberta do molde; aumentar a altura da cavidade da porta para as regiões remotas da periferia do inserto; e combinações de ventilar e aumentar.

 3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que, durante a etapa de injeção, o material de moldagem fica em
20 contato imediato com os insertos a uma espessura maior que a espessura final da lente cunhada.

 4. Método de acordo com a reivindicação 1 e 3, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de cunhagem inclui reduzir a espessura da lente à
25 medida que o molde fecha, para cunhar uma lente entre 0,5 e 0,6 mm de espessura.

 5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, após a etapa de injeção, o método incluir adicionalmente a etapa de mudar o injetor para o modo de pressão de acondicionamento para que o material de moldagem pare de escoar para a cavidade.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os insertos são presos em uma posição fixa dentro de suas respectivas camisas, para que força exercida nos insertos pelo material de moldagem seja transferida para o grampo do molde.

5 7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de injeção inclui moldar por injeção material a uma velocidade de pelo menos cerca de 3 ips (76,2 mm/s) a uma pressão de injeção de pelo menos cerca de 10.000 psi (68,9 MPa).

10 8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o material de moldagem é policarbonato e tem uma viscosidade de menos de 400 Pa para taxas de cisalhamento abaixo de 1.000/s.

9. Lente, caracterizado pelo fato de que é obtida como definido em qualquer uma das reivindicações anteriores.

15 10. Lente de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a lente é uma de um suporte plano para um processo de transferência de revestimento e uma lente bifocal para um conjunto óptico fotocromático laminado.

20 11. Método para produzir lentes fotocromáticas laminadas, caracterizado pelo fato de que compreende:

moldar por injeção uma lente frontal ultrafina com uma espessura menor que 0,8 mm;

25 solidificar uma solução fotocromática *in situ* sobre uma lente de suporte de visão simples (SV) sem pressão para formar uma camada fotocromática diretamente sobre uma superfície da lente de suporte SV na ausência de uma camada adesiva intermediária;

aplicar pelo menos dois compostos entre a camada fotocromática e a lente frontal ultrafina, em que o composto é selecionado do grupo que consiste em uma camada protetora, uma camada de iniciante, uma

camada a base de acrílico, uma camada de látex de poliuretano, uma camada adesiva e combinação das mesmas; e

laminar a dita lente frontal ultra fina sobre a dita camada fotocromática com pressão compressiva, por meio do que a forma da lente frontal ultra fina pode ser defletida até curvas base 0.5 para se ajustar completamente à forma da superfície da lente de suporte SV.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de moldagem por injeção compreende moldar por injeção uma lente ultrafina de policarbonato com uma viscosidade menor que 400 Pa para taxas de cisalhamento abaixo de 1.000/s.

13. Método de acordo com as reivindicações 11 ou 12, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de moldagem por injeção compreende cunhar uma lente ultrafina com uma espessura entre 0,8 mm e 0,3 mm, e preferivelmente entre cerca de 0,7 mm e cerca de 0,5 mm.

14. Método de acordo com as reivindicações 11 a 13, caracterizado pelo fato de que a lente frontal ultrafina compreende uma lente bifocal de topo reto com um aumento entre +1.00 e +3.00 de dioptria.

15. Método de acordo com as reivindicações 11 a 14, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de aplicar pelo menos dois compostos compreende:

primeiramente revestir um revestimento base de látex de poliuretano na camada fotocromática da lente de suporte; e,

em segundo lugar, aplicar um adesivo óptico entre o iniciado e a lente frontal ultrafina.

16. Método de acordo com as reivindicações 11 a 14, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de aplicar pelo menos dois compostos compreende:

primeiramente aplicar um revestimento protetor sobre a camada fotocromática da lente de suporte; e,

em segundo lugar, aplicar um adesivo óptico entre o revestimento protetor e a lente frontal ultrafina.

5 17. Método de acordo com as reivindicações 15 ou 16, caracterizado pelo fato de que a dita segunda etapa de aplicar compreende aplicar um filme adesivo sensível a pressão.

18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de laminação compreende inflar uma bexiga de borracha de silício para aplicar pressão sobre a lente frontal ultrafina.

10 19. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a lente de suporte SV tem uma superfície de apoio que é adaptada para ser retificada para que a receita da lente de suporte SV possa ser customizada, provendo assim uma lente bifocal de topo reto com propriedades fotocromáticas contribuída por uma camada
15 fotocromaticamente ativa laminada internamente uniformemente espessa.

20. Conjunto óptico laminado, caracterizado pelo fato de que tem funcionalidade fotocromática feito como definido em qualquer uma das reivindicações anteriores.

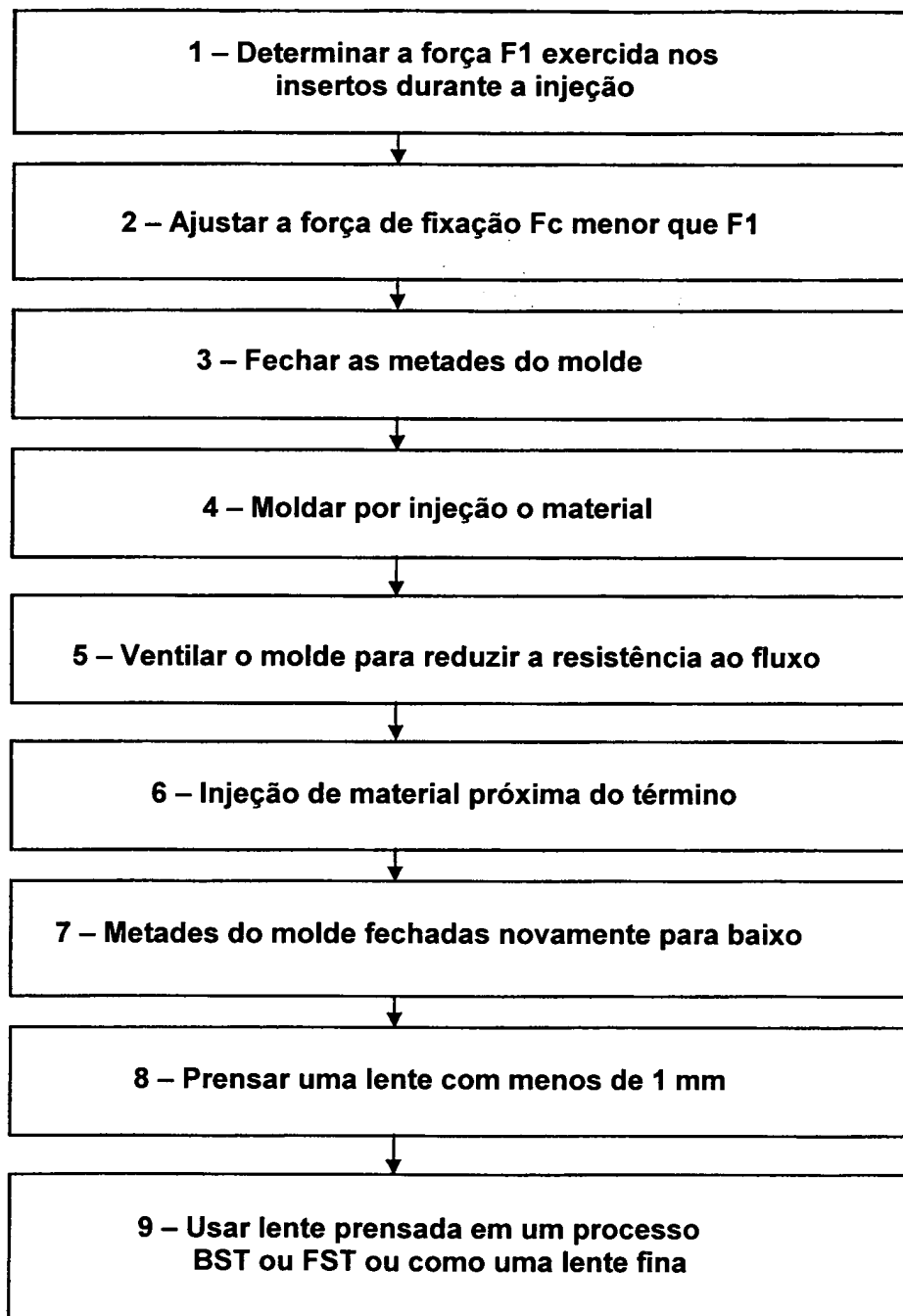


FIG. 1

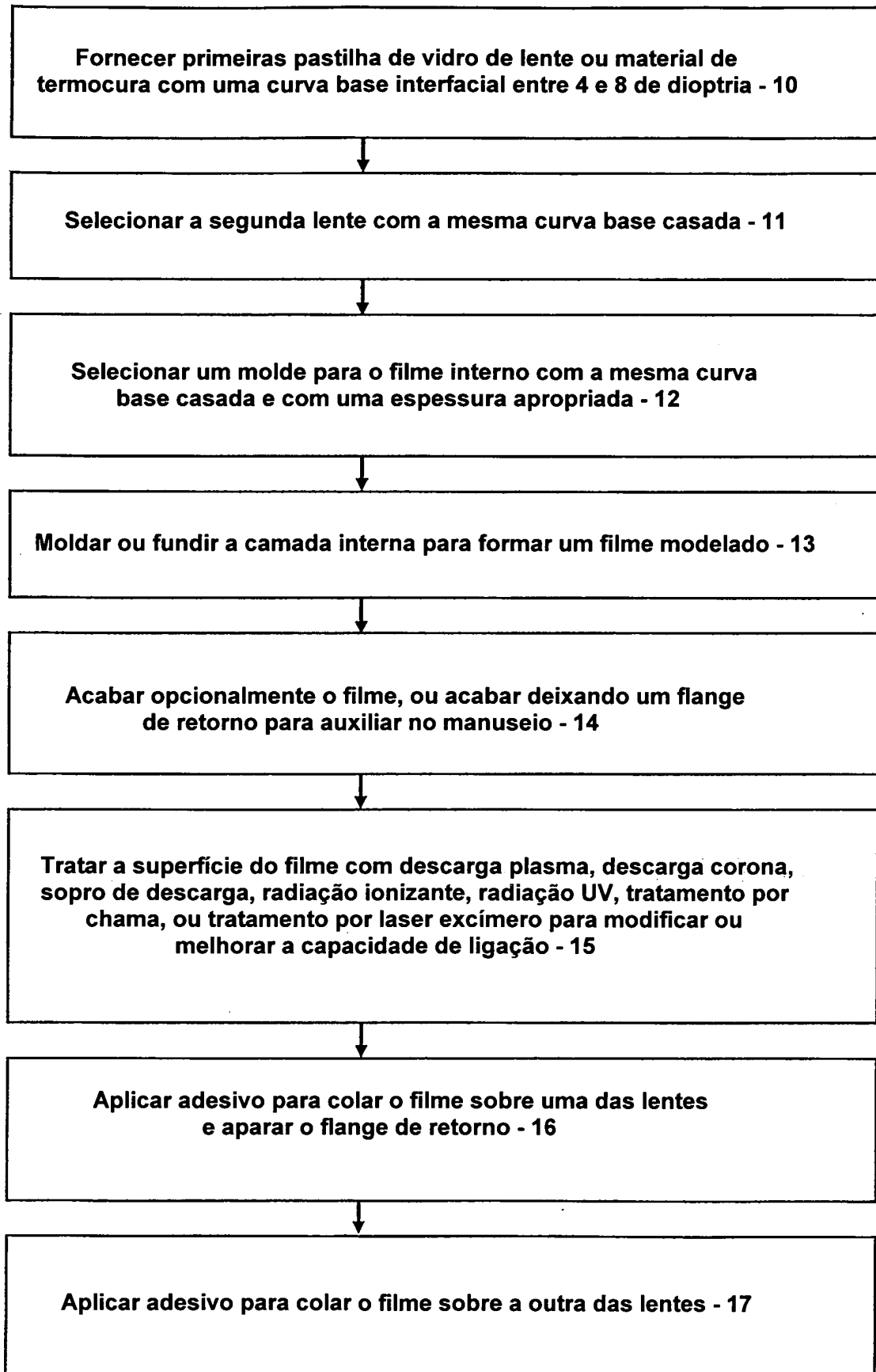


FIG. 2 - Prior Art

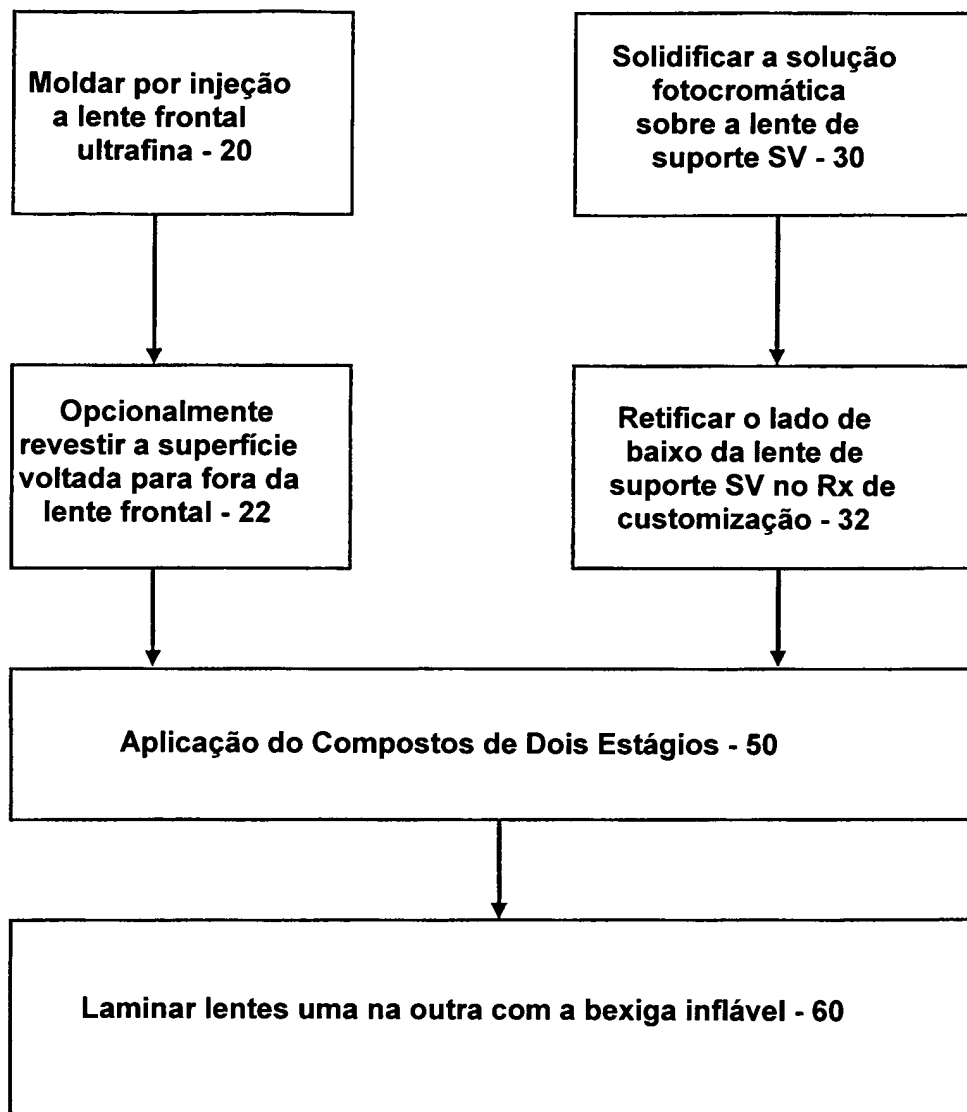


FIG. 3A

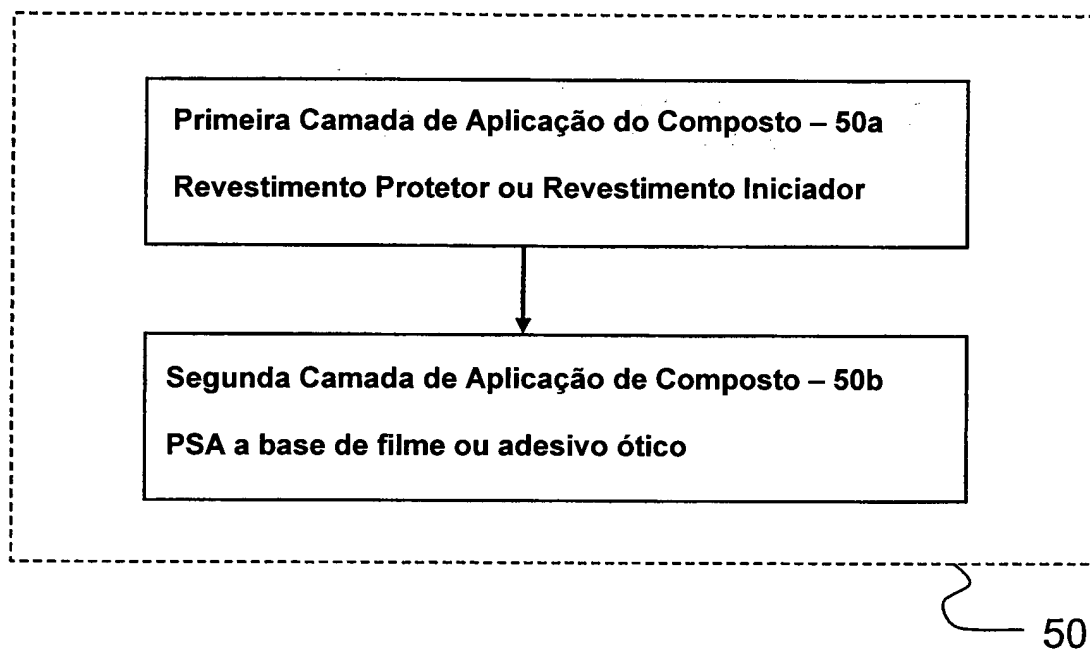


FIG. 3B

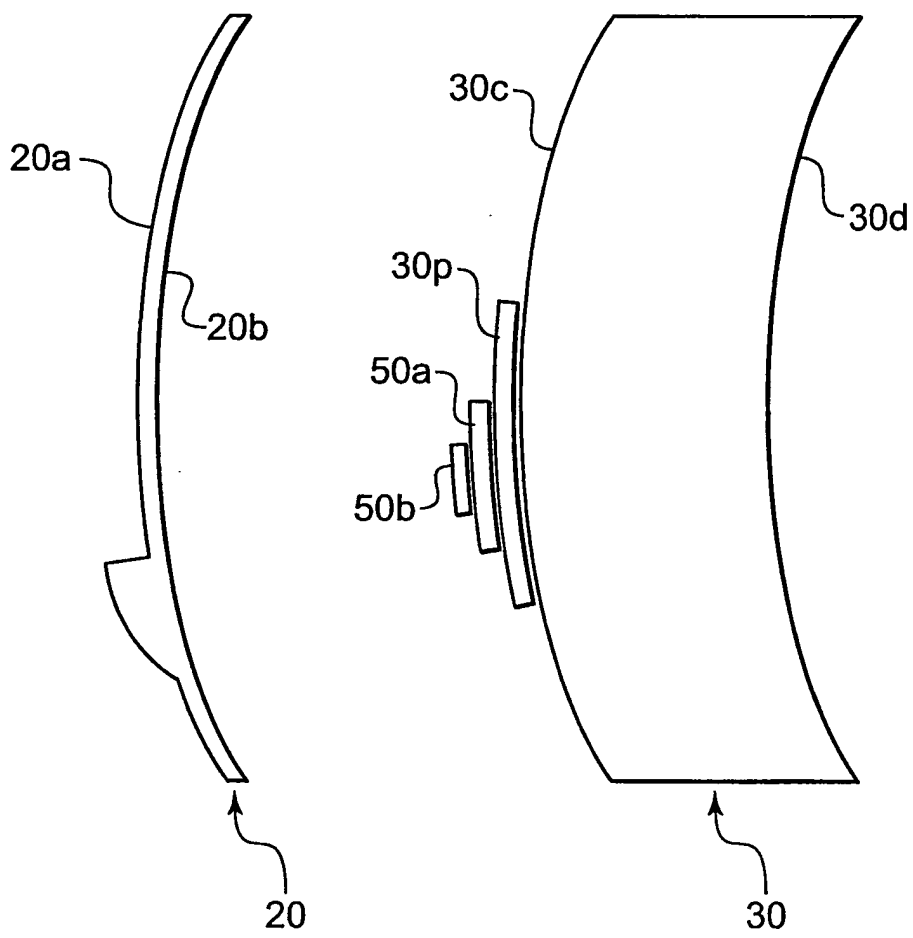


FIG. 4

RESUMO

“MÉTODO PARA MOLDAR POR INJEÇÃO LENTES FINAS COM UMA
OPERAÇÃO DE CUNHAGEM, LENTE, MÉTODO PARA PRODUZIR
LENTE FOTOCROMÁTICAS LAMINADAS, E, CONJUNTO ÓPTICO
5 LAMINADO”

São revelados métodos de moldar por injeção resinas como polycarbonato para formar lentes ópticas sólidas. As lentes são idealmente adequadas para uso como suportes de revestimento muito finos. O método envolve fechar o molde com uma força de aperto menor que a força exercida
10 no inserto durante a injeção. Durante a injeção, o molde pode respirar, superando assim muitos dos obstáculos associados com moldagem por injeção com lentes muito finas. À medida que a pressão de injeção cede, o molde começa fechar para realizar a operação de cunhagem, resultando em um suporte ou lente forte de alto rendimento. As lentes assim formadas são
15 bem adequadas para laminação em um conjunto óptico. O conjunto pode incorporar funcionalidade fotocromática.