



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112012014965-2 B1



(22) Data do Depósito: 16/12/2010

(45) Data de Concessão: 17/03/2020

(54) Título: MÉTODO DE MOLDAGEM DE POLÍMEROS DE CRISTAL LÍQUIDO TERMOTRÓPICO E ARTIGOS MOLDADOS

(51) Int.Cl.: B29C 45/00; A61M 5/32.

(30) Prioridade Unionista: 02/12/2010 US 61/419,049; 18/12/2009 US 61/287,799.

(73) Titular(es): 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY.

(72) Inventor(es): STANLEY RENDON.

(86) Pedido PCT: PCT US2010060732 de 16/12/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/075569 de 23/06/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 18/06/2012

(57) Resumo: MOLDAGEM DE POLÍMEROS DE CRISTAL LÍQUIDO TERMOTRÓPICO E ARTIGOS PRODUZIDOS A PARTIR DOS MESMOS. A presente invenção refere-se a um método de moldagem de uma composição que compreende um polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP) que compreende mesogens; proporcionar a um molde tendo uma cavidade de molde, uma cavidade de recurso (43) que compreende uma câmara de recurso fino; aquecer a composição para formar uma composição fundida; preencher a câmara de recurso fino com a composição fundida movendo-se em uma velocidade de fluxo que induza o alinhamento de fluxo de pelo menos uma porção dos mesogens no TLCP fundido que preenche a câmara de recurso fino (49), em relação a uma direção do fluxo da composição fundida em movimento; e solidificar a composição fundida de tal modo que os mesogens pelo menos do TLCP solidificado na câmara de recurso fino mantenha seu alinhamento de fluxo. A presente invenção refere-se também a um artigo moldado que compreende um corpo e um recurso estrutural tridimensional projetando-se para fora a partir do corpo e compreende um elemento de recurso fino tendo uma dimensão menor, com os mesogens de TLCP ao longo da dimensão menor estando em um estado alinhado em fluxo.

“MÉTODO DE MOLDAGEM DE POLÍMEROS DE CRISTAL LÍQUIDO TERMOTRÓPICO E ARTIGOS MOLDADOS”

[001]A presente invenção refere-se ao uso de polímeros de cristal líquido, em particular, ao uso de polímeros de cristal líquido termotrópico, e, mais particularmente, à moldagem com polímeros de cristal líquido termotrópico e artigos moldados a partir dos mesmos.

Antecedentes

[002]Existe uma variedade de processos e equipamentos usados para moldagem de materiais poliméricos em artigos moldados. A moldagem por injeção é um tipo de processo amplamente usado para moldar tipos diferentes de artigos poliméricos. Existem dois tipos básicos de técnicas de moldagem por injeção. Um tipo de tecnologia de moldagem por injeção usa um sistema de canal a frio 10, por exemplo, como aquele mostrado nas figuras 1A e 1B. Tipicamente, o sistema de moldagem por injeção de canal a frio 10 depende de uma extrusora de rosca reciprocante (não mostrada) para fornecer um material polimérico fundido em um molde 11 através de um bocal 12 em comunicação fluida com o molde 11 através de um assento de bocal 13. O molde 11 tem uma primeira metade de molde 14 e uma segunda metade de molde 15 que definem uma cavidade de molde que inclui uma passagem de jito 16 formada através da primeira metade de molde 14, que direciona o material polimérico fundido fornecido a partir do bocal 12 em uma cavidade de corpo 17 formando parte da cavidade de molde. A cavidade de corpo 17 inclui uma passagem de canal 18 que direciona o material polimérico fundido a partir do jito 16 para as duas cavidades de parte 19 e 20 através de aberturas de porta separadas 21 e 22, respectivamente. As portas 21 e 22 determinam o campo de fluxo do material polimérico fundido injetado nas cavidades de parte correspondentes 19 e 20. Após o material polimérico fundido tiver preenchido o jito 16 e a cavidade de corpo 17 tiver se solidificado, as metades de molde 14 e 15 são separadas e o artigo solidificado

removido. Com o intuito de facilitar a remoção do artigo moldado, uma pluralidade de pinos de ejeção 23 é montada na segunda metade de molde 15, e usada, com a finalidade de remover o artigo moldado da segunda metade 15.

[003]Outro tipo de tecnologia de moldagem por injeção usa um sistema de moldagem de canal a quente. Um sistema de moldagem de canal a quente é similar em construção a um sistema de canal a frio, exceto pelo fato de que as cavidades de jito e canal são aquecidas de tal modo que o material polimérico fundido permaneça fundido à medida que passa através das cavidades de parte. Dessa forma, em um sistema de canal a quente, o material polimérico fundido injetado nas cavidades de parte é, tipicamente, o único material polimérico fundido solidificado e, eventualmente, removido do molde.

[004]Utilizaram-se essa injeção convencional e outros sistemas de moldagem para formar uma variedade de artigos moldados tendo uma ampla gama de desenhos e tamanhos característicos. Utilizou-se, também, uma variedade de diferentes materiais poliméricos para moldar em artigos utilizando-se tal equipamento. Um material polimérico conhecido por ser usado na fabricação de artigos moldados por injeção é o polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP). No nível molecular, os TLCPs são compostos por porções rígidas que formam segmentos nas cadeias poliméricas. Essas porções rígidas são conhecidas como “mesógenos.” Os TLCPs são conhecidos por exibirem propriedades desejáveis, que podem incluir um ou mais entre resistência a impactos, baixo coeficiente de expansão térmica, resistência à degradação química, baixo peso, alta resistência, e alto módulo dentre outras propriedades.

[005]Existem limites aos desenhos e tamanhos característicos de molde que pode ser preenchido com materiais poliméricos de moldagem conhecidos utilizando-se sistemas de moldagem convencionais. Portanto, existe uma necessidade contínua por sistemas de moldagem, especificamente, sistemas de moldagem por injeção, que

são capazes de moldar artigos tendo recursos de desenho ainda menores e mais intrincado. A presente invenção satisfaz esta necessidade.

Sumário da Invenção

[006]Em um aspecto da presente invenção, proporciona-se um método para injeção ou, de outra maneira, moldagem de um artigo. O método compreende proporcionar uma composição que compreenda pelo menos um elemento processável fundido ou polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP), sendo que o TLCP compreende uma pluralidade de mesógenos, e proporcionar um molde que compreenda uma cavidade de molde, sendo que a cavidade de molde compreende pelo menos uma cavidade característica, e cada cavidade característica compreende pelo menos uma câmara de recurso fino. O método compreende adicionalmente aquecer a composição de modo a formar uma composição fundida que compreende TLCP fundido, e preencher a cavidade de molde com uma quantidade desejada da composição fundida. Uma cavidade de molde é preenchida de tal modo que a composição fundida que preenche pelo menos uma câmara de recurso fino se mova em uma velocidade de fluxo que induz o alinhamento de fluxo de todos ou de pelo menos uma porção substancial dos mesógenos no TLCP fundido correspondente (isto é, o TLCP fundido que preenche pelo menos uma câmara de recurso fino) em relação a uma direção do fluxo da composição fundida em movimento. A composição fundida é solidificada de tal modo que os mesógenos pelo menos do TLCP solidificado em pelo menos uma câmara de recurso fino (isto é, os mesógenos em pelo menos um elemento de recurso fino correspondente do artigo moldado resultante) mantenham seu alinhamento de fluxo.

[007]A cavidade de molde usada neste método pode compreender adicionalmente uma cavidade de corpo, sendo que cada cavidade de recurso se estende a partir da cavidade de corpo e é conectada à mesma. Através deste modalidade, a etapa de preencher a cavidade de molde compreende preencher a

cavidade de corpo com uma quantidade desejada da composição fundida de tal modo que pelo menos uma porção da composição fundida que preenche a cavidade de corpo se mova em uma primeira velocidade de fluxo que induz a tamboração em fluxo de mesógenos no TLCP fundido correspondente (isto é, o TLCP fundido que preenche a cavidade de corpo). Além disso, a velocidade de fluxo da composição fundida que preenche cada câmara de recurso fino é uma segunda velocidade de fluxo que é mais rápida do que a primeira velocidade de fluxo.

[008]Em outra modalidade, a etapa de preencher a cavidade de molde compreende preencher a cavidade de corpo com uma quantidade desejada da composição fundida de tal modo que pelo menos uma porção da composição fundida que preenche a cavidade de corpo se mova em uma velocidade de fluxo que induz o alinhamento de fluxo de mesógenos no TLCP fundido que preenche a cavidade de corpo. Através desta modalidade, a etapa de solidificar a composição fundida pode ser realizada de tal modo que o alinhamento de fluxo na cavidade de corpo seja mantido ou pelo menos reduzido. Com o intuito de obter um alinhamento de fluxo de mesógenos na cavidade de corpo que seja pelo menos reduzido, a etapa de solidificar também pode compreender solidificar a composição fundida que preenche cada câmara de recurso fino antes de solidificar a composição fundida que preenche a cavidade de corpo, e solidificar a composição fundida na cavidade de corpo após o alinhamento de fluxo dos mesógenos na cavidade de corpo tiver tido tempo suficiente para que fosse pelo menos reduzido. O alinhamento de fluxo de mesógenos na cavidade de corpo também pode ser pelo menos reduzido solidificando-se o TLCP fundido de tal modo que o alinhamento de fluxo de mesógenos em cada câmara de recurso fino e na cavidade de corpo seja mantido; fundir novamente o TLCP solidificado na cavidade de corpo; e solidificar novamente o TLCP re-fundido na cavidade de corpo.

[009]Em outro aspecto da presente invenção, proporciona-se um artigo moldado

que compreende um corpo e pelo menos um recurso estrutural tridimensional integral e projetando-se para fora do corpo. Cada recurso estrutural compreende pelo menos um ou uma pluralidade de elementos de recurso fino, sendo que cada elemento de recurso fino tem uma dimensão menor. Cada recurso estrutural compreende pelo menos um elemento processável fundido ou polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP) tendo uma pluralidade de mesógenos, sendo que pelo menos uma porção dos mesógenos ao longo da dimensão menor se encontra em um estado alinhado em fluxo (isto é, um estado tendo um alinhamento relativamente anisotrópico comparado ao alinhamento resultante da tamboração em fluxo de mesógeno). O corpo deste artigo pode ser formado utilizando-se uma cavidade de corpo de acordo com qualquer um dos métodos anteriores. Pelo menos um recurso estrutural deste artigo também pode ser formado utilizando-se pelo menos uma cavidade de recurso de acordo com qualquer um dos métodos anteriores. Além disso, pelo menos um elemento de recurso fino deste artigo pode ser formado utilizando-se pelo menos uma câmara de recurso fino de acordo com qualquer um dos métodos anteriores.

[0010]Devido ao fato de a composição fundida estar fluindo em uma velocidade que induz o alinhamento de fluxo de mesógenos no TLCP fundido, a composição fundida é capaz de preencher pelo menos uma câmara de recurso fino. Se nenhum desses mesógenos tiver sido alinhado em fluxo, a composição fundida não é capaz de preencher de forma adequada pelo menos uma câmara de recurso fino. Ou seja, pelo menos uma câmara de recurso fino não é preenchida com uma quantidade suficiente de composição fundida para formar o elemento de recurso fino moldado correspondente com a finalidade que seja adequado para seu propósito ao qual se destina. Além disso, os mesógenos em pelo menos um elemento de recurso fino solidificado são suficientemente alinhados em fluxo de modo a proporcionar a pelo menos um elemento de recurso fino as propriedades físicas (por exemplo, dureza, resistência à flexão, ou outras propriedades mecânicas) necessárias para seu

propósito ao qual se destina.

[0011]Os termos “compreende” e as variações do mesmo não têm um significado limitador, sendo que esses termos aparecem na descrição e nas reivindicações

[0012]As palavras “preferencial” e “de preferência” referem-se às modalidades da invenção que podem proporcionar certos benefícios, sob certas circunstâncias. Entretanto, outras modalidades podem, também, ser preferenciais sob as mesmas ou outras circunstâncias. Além disso, a citação de uma ou mais modalidades preferenciais não implica no desuso de outras modalidades e não tem a intenção de excluir outras modalidades do escopo da invenção.

[0013]Para uso na presente invenção, “um”, “uma”, “o”, “a”, “ao menos um”, “ao menos uma”, “um ou mais” e “uma ou mais” são usados de maneira intercambiável. Dessa forma, por exemplo, uma cavidade de molde que compreende “um” grupo de câmara de recurso fino pode ser interpretada para significar que a cavidade de molde inclui “pelo menos uma” ou “uma ou mais” câmaras de recurso fino. Além disso, as formas singulares “um”, “uma”, “o” e “a” abrangem as modalidades que apresentam referentes plurais, exceto onde o conteúdo determinar claramente o contrário.

[0014]O termo “e/ou” significa um ou todos os elementos mencionados ou uma combinação de quaisquer dois ou mais dos elementos mencionados. Além disso, o termo “ou” é geralmente empregado em seu sentido que inclui “e/ou”, exceto quando o conteúdo claramente o declare de outro modo.

[0015]A representação das faixas numéricas por pontos limitantes inclui todos os números contidos nesta faixa (por exemplo 1 a 5 inclui 1, 1,5, 2, 2,75, 3, 3,80, 4, e 5) e qualquer faixa dentro desta faixa.

[0016]Entende-se que o termo “polímero” irá incluir polímeros, copolímeros (por exemplo, polímeros formados com o uso de dois ou mais monômeros diferentes), oligômeros e combinações dos mesmos, bem como polímeros, oligômeros, ou copolímeros que podem ser formados em uma blenda miscível.

[0017]O sumário anterior da presente invenção não se destina a descrever cada uma das modalidades apresentadas ou todas as implementações da presente invenção. A descrição a seguir exemplifica mais particularmente as modalidades ilustrativas. Em diversos lugares, durante a aplicação, a orientação é fornecida através de listas de exemplos, nas quais os exemplos podem ser usados de várias maneiras. Em cada instância, a lista recitada serve apenas como um grupo representativo e não deve ser interpretada como uma lista exclusiva.

Breve Descrição dos Desenhos

[0018]Nos desenhos em anexo:

A figura 1A é uma vista lateral em seção transversal de uma matriz de molde para um dispositivo de moldagem por injeção de canal a frio de acordo com a técnica anterior;

A figura 1B é uma vista em perspectiva que mostra a cavidade de molde de metade da matriz de molde do dispositivo de moldagem por injeção de canal a frio da figura 1A;

A figura 2A é uma vista em perspectiva que mostra a face da cavidade de molde de uma metade de molde laminado empilhado de um dispositivo de moldagem por injeção de canal a frio de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 2B é uma vista ampliada da área 2B da metade de molde do dispositivo de moldagem por injeção de canal a frio da figura 2A;

A figura 2C é uma vista de extremidade esquemática em seção transversal da metade de matriz de molde da figura 2A;

A figura 3A é uma vista em perspectiva isométrica de uma modalidade de um laminado empilhado de placas de metade de molde que podem ser usadas na metade de molde da figura 2A;

A figura 3B é uma vista em perspectiva isométrica de outra modalidade de

um laminado empilhado de placas de metade de molde que podem ser usadas na metade de molde da figura 2A;

A figura 3C é uma vista ampliada da parte superior de uma fotomicrografia de outra modalidade de um laminado empilhado de placas de molde que podem ser usadas na metade de molde da figura 2A;

A figura 4A é uma vista em planta em seção transversal de uma cavidade de recurso de uma cavidade de molde sendo preenchida com um TLCP fundido de modo que alinhe em fluxo os mesógenos no TLCP fundido;

A figura 4B é uma vista em planta em seção transversal de uma câmara de recurso fino de uma cavidade de molde sendo preenchida com um TLCP fundido de modo que alinhe em fluxo os mesógenos no TLCP fundido;

A figura 5 é uma vista em perspectiva de um laminado empilhado de placas de molde que permitem que o ar seja expelido para fora de suas cavidades de recurso entre as placas de metade de molde;

A figura 6A é uma vista superior de um artigo moldado de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 6B é uma vista lateral ampliada do artigo moldado da figura 6A;

A figura 7A é uma vista em perspectiva de um artigo moldado de acordo com outra modalidade da presente invenção, com um corpo flexível;

A figura 7B é uma vista lateral do artigo moldado da figura 7A com seu corpo flexionado ao longo de uma direção;

A figura 7C é uma vista lateral do artigo moldado da figura 7A com seu corpo flexionado ao longo de uma direção ortogonal à direção na qual o corpo é flexionado na figura 7B;

A figura 8A é uma vista em perspectiva parcial da parte traseira de um artigo moldado de acordo com outra modalidade da presente invenção;

A figura 8B é uma vista lateral em seção transversal do artigo moldado da figura

8A; e

A figura 8C é uma vista em perspectiva da parte superior do artigo moldado da figura 8A.

Descrição Detalhada de Determinadas Modalidades

Na descrição das modalidades preferenciais da presente invenção, a terminologia específica será usada com o objetivo de obter clareza. Entretanto, não se pretende que a invenção seja limitada aos termos específicos selecionados, e que cada termo selecionado inclua todos os equivalentes técnicos que operam de modo similar. O processo de moldagem da presente invenção pode oferecer uma ou mais vantagens que incluem uma ou mais das vantagens apresentadas a seguir: a capacidade de ajustar propriedades macroscópicas de um artigo moldado controlando-se seletivamente a extensão à qual os mesógenos no TLCP se alinham em fluxo e/ou se tamboram em fluxo durante a moldagem, a capacidade de reproduzir confiavelmente o formato da cavidade de molde do artigo no artigo moldado resultante, a capacidade de produzir recursos de artigo de dimensões submicrométricas, a capacidade de produzir recursos de artigo fino tendo propriedades físicas anisotrópicas, e/ou a capacidade de produzir recursos de artigo fino tendo propriedades mesoscópicas físicas equilibradas.

Modalidade de Método 1

[0019]Em um método de moldagem (por exemplo, moldagem por injeção) de um artigo, de acordo com a presente invenção, proporciona-se uma composição que consiste em, consiste essencialmente em, compreende, é formada totalmente por, é formada substancialmente por (isto é, pelo menos cerca de 50% e, de preferência, pelo menos cerca de 60%), ou é formada pelo menos em parte com pelo menos um polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP), ou de outra maneira, processável por fusão. O TLCP compreende uma pluralidade de grupos mesogênicos ou mesógenos moleculares. Geralmente, esses mesógenos de TLCP são definidos como porções moleculares anisotrópicas incorporadas à arquitetura de espinha dorsal polimérica do

TLCP. Os TLCPs adequados podem incluir, por exemplo, copolímeros que consistem em alifáticos aromáticos, poliésteres aromáticos, poliazometinas, poliamidas, e combinações dos mesmos.

[0020]O molde usado neste processo de moldagem inclui uma cavidade de molde que compreende uma ou uma pluralidade de cavidades de recurso (por exemplo, cavidades com formato de microagulha). Cada cavidade de recurso compreende uma ou mais câmaras de recurso fino conectadas de modo que estejam em comunicação fluida com a cavidade de recurso. A composição é aquecida de modo a formar uma composição fundida que compreenda TLCP fundido. A cavidade de molde é preenchida com uma quantidade desejada da composição fundida de tal modo que a composição fundida que preenche cada cavidade de recurso, ou pelo menos cada câmara de recurso fino, se mova em uma velocidade de fluxo que seja rápida o suficiente para induzir o alinhamento de fluxo de todos ou de pelo menos uma quantidade substancial dos mesógenos de TLCP no TLCP fundido que preenche cada cavidade de recurso ou pelo menos preenche cada câmara de recurso fino. Estes mesógenos de TLCP são alinhados em fluxo em relação à direção do fluxo da composição fundida à medida que a composição fundida preenche cada cavidade de recurso ou pelo menos cada câmara de recurso fino. A cavidade de molde pode ser preenchida, por exemplo, forçando-se a composição fundida na cavidade de molde utilizando-se uma extrusora de rosca ou outra extrusora, uma disposição de êmbolo ou pistão, ou qualquer outra técnica adequada capaz de preencher a cavidade de molde. Após a uma ou mais câmaras de recurso fino serem preenchidas até um grau desejado com a composição fundida, a composição fundida é solidificada sendo resfriada (por exemplo, resfriando-se o molde), ou pelo menos sendo deixada resfriar (por exemplo, permitindo-se que o molde esfrie). A composição fundida em cada cavidade de recurso, ou pelo menos cada câmara de recurso fino, pode ser a primeira a se solidificar. A composição fundida é solidificada de tal modo que o alinhamento de

fluxo de todos ou de pelo menos uma quantidade substancial (porcentagem) dos mesógenos de TLCP em pelo menos cada câmara de recurso fino seja completa ou pelo menos substancialmente mantido. Uma porcentagem substancial dos mesógenos de TLCP é considerada alinhada em fluxo quando as porções do artigo moldado formado pelo menos nas câmaras de recurso fino exibirem o grau desejado de propriedades físicas unidirecionais ou anisotrópicas para a aplicação escolhida.

[0021]Em TLCPs comercialmente relevantes, os mesógenos constituem a unidade mais fundamental do polímero de cristal líquido que induz a ordem estrutural em uma disposição conhecida como “nemática,” que é caracterizada por unidades de mesofase que exibem uma longa ordem orientacional, mas apenas uma ordem posicional de faixa curta. O alinhamento dos mesógenos ao longo de uma direção de orientação média (ou vetor) definida como “diretora” pode ser caracterizado por um fator de anisotropia molecular (a partir de agora referido como o “fator de anisotropia”) que varia de 0 para uma distribuição aleatória de orientações moleculares de mesógeno (isto é, isotrópicas) e 1 para um alinhamento molecular perfeito.

[0022]Para uso na presente invenção, o termo “TLCP fundido” se refere não apenas a todo TLCP estando em um estado fundido (isto é, onde seus mesógenos podem se tamborar em fluxo), mas também, a um TLCP tendo seus mesógenos sob a forma de regiões cristalinas orientadas sólidas (por exemplo, onde os mesógenos são alinhados em fluxo) com o restante do TLCP sendo fundido (por exemplo, estando sob a forma de uma ou de uma pluralidade de regiões amorfas fluidas).

[0023]Para uso na presente invenção, o termo “alinhado em fluxo” se refere a mesógenos de TLCP que exibem um fator de anisotropia na faixa de pelo menos cerca de 0,4 até 1,0, de preferência, de pelo menos cerca de 0,5 até menor que 1,0, e, com mais preferência, de cerca de 0,6 até menor que 1,0, em relação á direção do fluxo.

[0024]De acordo com a presente invenção, considera-se que a composição

fundida que preenche cada câmara de recurso fino tenha uma porção substancial de seus mesógenos de TLCP alinhados em fluxo, dependendo da aplicação, quando pelo menos cerca de 30% até 100%, 35% até 100%, 40% até 100%, 45% até 100%, 50% até 100%, 55% até 100%, 60% até 100%, 65% até 100%, 70% até 100%, 75% até 100%, 80% até 100%, 85% até 100%, 90% até 100%, ou 95% até 100% dos mesógenos de TLCP que preenchem a dimensão menor de cada câmara de recurso fino forem alinhados em fluxo. Essas dimensões menores na câmara de recurso fino podem ser, por exemplo, a porção da câmara de recurso fino que forma a espessura de uma parede, o diâmetro de uma ponta de agulha, etc. De modo correspondente, considera-se que a porção do artigo moldado formado por cada câmara de recurso fino tenha uma porção substancial de mesógenos de TLCP alinhados, quando pelo menos cerca de 30% até 100%, 35% até 100%, 40% até 100%, 45% até 100%, 50% até 100%, 55% até 100%, 60% até 100%, 65% até 100%, 70% até 100%, 75% até 100%, 80% até 100%, 85% até 100%, 90% até 100%, ou 95% até 100% dos mesógenos de TLCP ao longo da dimensão menor de cada recurso fino (por exemplo, a espessura de uma parede, o diâmetro de uma ponta de agulha, etc.) forem alinhados em fluxo. Para algumas aplicações (por exemplo, a ponta de uma microagulha), pode ser desejável que um máximo de cerca de 25% dos mesógenos de TLCP ao longo da dimensão menor de cada câmara de recurso fino seja tamborado em fluxo (isto é, que um máximo de cerca de 25% da dimensão menor da porção correspondente do artigo moldado seja isotrópico). Para outras aplicações, maiores quantidades de mesógenos de TLCP tamborados em fluxo em cada câmara de recurso fino podem ser toleráveis. Para outras aplicações, mesmo um máximo inferior de mesógenos de TLCP tamborados em fluxo em cada câmara de recurso fino pode ser necessário.

[0025] Os mesógenos de TLCP começarão rapidamente a girar - a partir de um estado alinhado em fluxo - em temperaturas de moldagem onde o TLCP é fundido.

Como resultado, o TLCP fundido pelo menos na(s) câmara(s) de recurso fino deve ser rapidamente solidificado, após a(s) câmara(s) de recurso fino ser preenchida, de modo a assegurar que uma quantidade substancial dos mesógenos alinhados em fluxo permaneçam alinhados em fluxo na(s) porção(ões) do artigo moldado formado pela(s) câmara(s) de recurso fino. As dimensões de cada câmara de recurso fino e da porção do molde que define a(s) câmara(s) de recurso fino, assim como o(s) material(is) usado(s) para formar tal porção do molde podem afetar a taxa de resfriamento do TLCP fundido na(s) câmara(s) de recurso fino. Por exemplo, quanto menor for a dimensão menor da câmara de recurso fino (por exemplo, a dimensão que define a espessura de um recurso de parede de um artigo moldado), mais rápida será a taxa de resfriamento, devido ao fato de que há menos TLCP fundido a ser solidificado. Além disso, se o molde for constituído por um material menos termicamente condutivo como, por exemplo, aço inoxidável versus um material mais termicamente condutivo como, por exemplo, uma liga de cobre, projetos de molde maiores ou mais volumoso resultam em uma taxa de resfriamento mais lenta, devido ao fato de que um material de molde tendo uma condutividade térmica menor conduz o calor na direção contrária ao TLCP fundido em uma taxa mais lenta. Esta taxa de resfriamento determinará se uma quantidade adequada dos mesógenos de TLCP permanecerá alinhada em fluxo para proporcionar as propriedades físicas desejadas no artigo moldado solidificado.

[0026] Os mesógenos de TLCP alinhados em fluxo podem ser encontrados no elemento moldado do artigo formado por cada cavidade de recurso ou pelo menos formado por cada câmara de recurso fino. Por outro lado, os mesógenos de TLCP alinhados em fluxo do elemento moldado, formados por cada cavidade de recurso ou pelo menos formados por cada câmara de recurso fino, podem ser encontrados em uma zona externa ou espessura (por exemplo, uma pele) que envolve um núcleo da composição fundida que contém os mesógenos de TLCP que não são alinhados em

fluxo, comparado à zona externa ou espessura, (por exemplo, que são em sua maioria ou completamente tamborados em fluxo ou, de outra maneira, isotrópicos). Essa zona externa ou espessura de mesógenos de TLCP alinhados em fluxo pode ser formada sob três condições possíveis: (1) quando a dimensão menor for grande demais para permitir uma taxa de vazão suficientemente alta ao longo de toda a dimensão menor, (2) apenas quando a porção externa for resfriada rápido o suficiente para solidificar os mesógenos em um estado alinhado em fluxo, ou (3) tanto (1) como (2). Quando a dimensão menor for pequena o suficiente e a taxa de resfriamento do TLCP fundido rápida o suficiente, todos os mesógenos no TLCP fundido ao longo de toda a dimensão menor podem estar em um estado alinhado em fluxo e permanecer alinhado em fluxo quando o TLCP fundido for solidificado.

[0027] Com referência às figuras 4A, toda ou pelo menos uma zona externa ou espessura substancial 41 de uma composição de TLCP que preenche uma cavidade de recurso 43 de acordo com a presente invenção está se movendo ao longo de uma direção do fluxo 45 em uma velocidade de fluxo (representada pelos vetores de velocidade de fluxo de cisalhamento 47) que é rápida o suficiente para realizar a transição dos mesógenos de TLCP a partir de um estado de tamboração em fluxo para um estado de alinhamento em fluxo (vide a área 49 ampliada na figura 4B). A cavidade 41 é projetada para moldar uma seção fina de parede do artigo sendo moldado. A espessura externa envolve um núcleo 51 da composição fundida que contém os mesógenos de TLCP que não estão alinhados em fluxo, comparado aos mesógenos na zona externa 41 (por exemplo, os mesógenos no núcleo 51 podem ser completa ou quase completamente tamborados em fluxo ou, de outra maneira, isotrópicos). Uma porção da espessura externa 41 em contato com as paredes 53 da cavidade 43 se solidifica tipicamente mediante contato para formar uma pele 55 tendo mesógenos em um estado alinhado em fluxo. Os vetores de velocidade 47 são genericamente paralelos à direção de fluxo 45 da composição fundida.

[0028]Com referência às figuras 4B, o estado alinhado em fluxo dos mesógenos de TLCP na composição fundida permite a injeção da composição fundida em regiões espaciais muito confinadas da cavidade de molde como uma câmara de recurso fino (por exemplo, a ponta de uma microagulha 57). Todo ou quase todo o volume da câmara 57 é preenchido com uma composição de TLCP fundido 59 tendo mesógenos alinhados em fluxo (vide a área 66). À medida que a composição fundida 59 preenche a câmara 57, os mesógenos alinhados em fluxo seguem as direções do fluxo (representadas pelas setas 67) que convergem no ápice da ponta da agulha. Através de tal convergência, dependendo das dimensões da câmara 57, os mesógenos em fluxo tendem a interferir entre si e podem evitar o preenchimento completo da câmara 57, e deixar um espaço vazio 68. A composição alinhada em fluxo 59 pode incluir um núcleo menor 61 contendo mesógenos de TLCP que não são alinhados em fluxo, comparado aos mesógenos na composição 59 (por exemplo, os mesógenos no núcleo 61 podem ser completa ou quase completamente tamborados em fluxo ou, de outra maneira, isotrópicos). Uma porção da composição alinha em fluxo 59 em contato com as paredes 63 da cavidade 57 se solidifica tipicamente mediante contato para formar uma pele 65 tendo mesógenos em um estado alinhado em fluxo comparável.

Modalidade de Método 2

[0029]Versão da modalidade de método 1 descrita anteriormente, sendo que a cavidade de molde proporcionada compreende, ainda, uma cavidade de corpo, com cada cavidade de recurso se estendendo a partir e sendo conectada com a finalidade de estar em comunicação fluida com a cavidade de corpo de tal modo que a composição fundida possa fluir a partir da cavidade de corpo em cada cavidade de recurso. Nesta modalidade de método 2, a etapa de preencher a cavidade de molde compreende preencher a cavidade de corpo com uma quantidade desejada da composição fundida, onde toda ou pelo menos uma porção substancial da

composição fundida usada para preencher a cavidade de corpo é movida em uma primeira velocidade de fluxo, e a primeira velocidade de fluxo induz a tamboração em fluxo de todos, uma quantidade substancial de, ou pelo menos alguns dos mesógenos no TLCP fundido que preenche a cavidade de corpo. Tipicamente, um núcleo ou região central da composição fundida que preenche a cavidade de corpo está se movendo em uma primeira velocidade de fluxo e está tamborando em fluxo. Este núcleo forma uma porção substancial da composição fundida que preenche a cavidade de corpo. Para pelo menos algumas aplicações, o núcleo forma tal porção substancial quando for formado por um volume da composição fundida na faixa de cerca de 65% a cerca de 99%. A velocidade necessária para fazer com que os mesógenos de TLCP realizem uma transição a partir do estado tamborado em fluxo para o estado alinhado em fluxo pode depender de uma série de fatores que incluem, por exemplo, a densidade, a fluidez, e a viscosidade da composição fundida, que pode ser dependente da temperatura, e do volume e das dimensões em seção transversal (isto é, geometria) da cavidade de corpo.

[0030] Também nesta modalidade de método 2, após toda ou pelo menos uma porção substancial da cavidade de corpo ser preenchida com a composição fundida, a uma ou mais cavidades de recurso conectadas à cavidade de corpo são preenchidas, incluindo a uma ou mais câmaras de recurso fino. A velocidade de fluxo da composição fundida que preenche cada cavidade de recurso, ou pelo menos preenche cada câmara de recurso fino, é aumentada até uma segunda velocidade de fluxo ou velocidade de fluxo aumentada que é mais rápida do que a primeira velocidade de fluxo. Esta segunda velocidade de fluxo é rápida o suficiente para induzir o alinhamento de fluxo de todos ou de pelo menos uma quantidade substancial dos mesógenos no TLCP fundido que preenchem cada cavidade de recurso ou preenche pelo menos cada câmara de recurso fino. OS mesógenos de TLCP são alinhados em fluxo em relação à direção do fluxo da composição fundida à medida

que a composição fundida preenche cada cavidade de recurso ou pelo menos cada câmara de recurso fino. Após todas as câmaras de recurso fino serem preenchidas até um grau desejado com uma composição fundida, a composição fundida é resfriada ou pelo menos deixada resfriar (por exemplo, permitindo-se que o molde resfrie) com a finalidade de solidificar a composição fundida na cavidade de molde (isto é, na cavidade de corpo, cada cavidade de recurso e cada câmara de recurso fino).

[0031]Independentemente se os mesógenos na cavidade de corpo forem solidificados em um estado tamborado em fluxo ou alinhado em fluxo, a cavidade de corpo pode ser usada para formar uma porção do corpo do artigo sendo moldada, ou, alternativamente, a cavidade de corpo pode ser usada para formar uma estrutura que não forme uma porção do artigo moldado (por exemplo, a cavidade de corpo pode ser projetada para formar um jito ou canal). Quando formar uma porção do artigo moldado, a cavidade de corpo pode ser projetada para formar, por exemplo, uma porção de corpo com formato de filme, placa, parte central, ou uma porção de corpo com outro formato do artigo. Quando não formar parte do artigo moldado, a cavidade de corpo pode ser projetada para formar, por exemplo, um jito ou canal que podem ser removidos ou reciclados. A cavidade de corpo pode estar sob a forma de uma cavidade de corpo de tubulação que se une a uma pluralidade de cavidades de recurso. A composição solidificada formada nesta cavidade de corpo de tubulação pode não formar parte do artigo sendo moldado. Como resultado, pode ser desejável remover ou reciclar a composição solidificada em tal cavidade de corpo de tubulação. De modo semelhante, a cavidade de recurso pode estar sob a forma de uma cavidade de recurso de tubulação que se une a uma pluralidade de câmaras de recurso fino e se encontra em comunicação com a cavidade de corpo. A composição solidificada formada nesta cavidade de recurso de tubulação pode não formar parte do artigo sendo moldado. Como resultado, pode ser desejável remover ou reciclar a

composição solidificada em tal cavidade de recurso de tubulação.

[0032] Cada câmara de recurso fino pode definir pelo menos uma porção dianteira - ou toda - da cavidade de recurso correspondente. Cada câmara de recurso fino também pode formar um ou mais recursos que são bastante finos. Para uso na presente invenção, um recurso que seja "bastante fino" é um recurso que tem pelo menos uma dimensão menor (por exemplo, um recurso de parede que tem uma espessura) que seja menor ou igual a cerca de 20 micrômetros (micra). Com o intuito de que a composição fundida preencha tal câmara de recurso fino do molde e, após o resfriamento, forme o recurso fino resultante de um artigo moldado, de acordo com a presente invenção, o TLCP fundido deve exibir um parâmetro de tamboração em fluxo maior que 1 (isto é, $|\lambda| > 1$), e os mesógenos no TLCP fundido usados para formar o recurso fino devem ser alinhados de modo que exibam um fator de anisotropia maior ou igual a (isto é, pelo menos) cerca de 0,25 e, de preferência, maior ou igual a cerca de 0,5).

[0033] Esse alinhamento de mesógeno substancial (isto é, alinhamento nemático) no recurso fino do artigo moldado pode permitir que o recurso fino exiba propriedades mecânicas que, de outro modo, sejam inadequadas para realizar a função ou aplicação desejada do artigo moldado. Por exemplo, de modo que seja rígida o suficiente para funcionar como uma microagulha que possa penetrar a pele humana aplicando-se apenas pressão manual, pelo menos a extremidade dianteira ou ponta de tal recurso de microagulha (por exemplo, pelo menos cerca de 0,1% a cerca de 2%, em volume, da microagulha a partir de sua ponta e, direção a sua base) precisa ser constituída por um material de TLCP tendo mesógenos que exibam um alinhamento nemático substancial de modo que sejam coaxiais (isto é, substancialmente paralelos) ao eixo longitudinal da microagulha (isto é, de modo que exiba um fato de anisotropia de pelo menos cerca de 0,4, e, de preferência, pelo menos cerca de 0,5).

[0034]Para uso na presente invenção, o termo “tamboração em fluxo” se refere a torques hidrodinâmicos não-equilibrados em cisalhamento que promovem uma rotação contínua do diretor nemático ao redor do “eixo de vorticidade de fluxo” dos mesógenos de TLCP molecular durante o fluxo de volume do TLCP fundido que preenche uma cavidade de molde desejada. Portanto, as declarações que os mesógenos de TLCP solidificados se encontram em um “estado tamborado em fluxo” se refere aos mesógenos de TLCP que foram solidificados enquanto estavam em um estado tamborado em fluxo (isto é, após serem submetidos à tamboração em fluxo).

[0035]Pode ser importante que o TLCP fundido exiba uma tamboração em fluxo antes de preencher cada cavidade de recurso, ou pelo menos antes de preencher cada câmara de recurso fino, com a finalidade de manter uma densidade alta o suficiente na fase de polímero (isto é, a cadeia polimérica principal na qual os mesógenos são incorporados) da composição fundida para promover propriedades mecânicas equilibradas (por exemplo, para garantir um equilíbrio em propriedades mesoscópicas) na porção do artigo moldado formado na cavidade de corpo. O alinhamento de fluxo dos mesógenos de TLCP, especificamente se existir um alinhamento de fluxo exclusivo, pode levar a fatores de anisotropia induzidos por fluxo muito altos, podendo resultar em propriedades mecânicas altamente unidirecionais no artigo final sendo formado. Para algumas aplicações, as propriedades mecânicas altamente unidirecionais podem ser indesejáveis na porção do artigo moldado formado na cavidade de corpo (por exemplo, sensores micro-eletrônicos, conectores de Módulo de Memória com Fileira Dupla (DIMM), soquetes, compartimentos LED, micro-engrenagens, etc). Para outras aplicações, tais propriedades mecânicas altamente unidirecionais na porção de corpo do artigo moldado podem ser desejáveis (por exemplo, matrizes de microagulha sólida e oca, misturadores microfluídicos, componentes de dispositivo cirúrgico, etc).

[0036]Quando não for necessário ter propriedades mecânicas equilibradas na

cavidade de corpo (por exemplo, quando a cavidade de corpo não formar parte do artigo acabado e precisar ser removida ou reciclada), pode ser desnecessário ou pode ser até mesmo indesejável que a composição fundida se tambore em fluxo na cavidade de corpo. Essa cavidade de corpo pode formar, por exemplo, porções de cavidade de canal ou jito da cavidade de molde. A tamboração em fluxo dos mesógenos de TLCP nessa cavidade de corpo pode ser restrita pela geometria e dimensões da cavidade de corpo (por exemplo, uma cavidade de canal ou jito a frio). Forçando-se a composição fundida para passar a partir de uma abertura tendo uma grande área em seção transversal (onde ocorre uma tamboração em fluxo) e através de uma abertura menor (onde ocorre um alinhamento de fluxo), a composição fundida pode exibir uma rápida transição de um estado relaxado, onde seus mesógenos têm um caráter de tamboração em fluxo de equilíbrio (por exemplo, enquanto a composição é fundida em um cilindro de extrusão aquecido), para um estado alinhado em fluxo. Por exemplo, a composição fundida pode passar de uma abertura relativamente grande dentro de um cilindro de extrusão e através do orifício relativamente pequeno em um bocal que se estende a partir do cilindro de extrusão diretamente em tal cavidade de corpo descartável (por exemplo, uma cavidade de jito ou canal a frio).

[0037]De preferência, a primeira velocidade de fluxo da composição fundida não é aumentada até a segunda velocidade de fluxo até que a cavidade de corpo esteja completa ou pelo menos substancialmente preenchida com a composição fundida. A cavidade de corpo é considerada substancialmente preenchida com a composição fundida, quando uma ou mais cavidades de recurso ou pelo menos das câmaras de recurso fino estiverem prestes a preencher ou começarem a preencher com a composição fundida. Pode ser desejável que a primeira velocidade de fluxo esteja na faixa de cerca de mm/segundo ou mm/s (0,0 polegadas/segundo) até cerca de 108 mm/s (4 polegadas/segundo). Pode ser preferível que a primeira velocidade de

fluxo esteja na faixa de cerca de 6,35 mm/segundo ou mm/s (0,25 polegadas/segundo) até cerca de 76,2 mm/s (3 polegadas/segundo).

[0038]A velocidade de fluxo da composição fundida que preenche as cavidades de recurso e/ou as câmaras de recurso fino pode ser aumentada, por exemplo, mediante o aumento da pressão de injeção ou, de outro modo, da pressão aplicada exercida contra a composição fundida no interior e entrando na cavidade de molde. Alternativa ou adicionalmente, a velocidade de fluxo aumentada pode ser obtida projetando-se a geometria de cavidade de molde de tal modo que a velocidade de fluxo da composição fundida aumente à medida que entra na cavidade de recurso e/ou na câmara de recurso fino. Por exemplo, reduzindo-se a dimensão menor ou, de outro modo, restringindo-se a seção transversal da cavidade de recurso e/ou da câmara de recurso fino, conforme aplicável, comparado àquela da cavidade de corpo pode facilitar a velocidade de fluxo desejada maior da composição fundida que entra em cada cavidade de recurso e/ou câmara de recurso fino. Isto também pode ser útil para que cada cavidade de recurso ou pelo menos cada câmara de recurso fino tenha um volume menor que a cavidade de corpo, e, de preferência, um volume consideravelmente menor. Consequentemente, a pressão aumentada aplicada à composição fundida é mantida até que cada câmara de recurso fino seja completa ou pelo menos substancialmente preenchida com a quantidade desejada de composição fundida e/ou até que composição fundida em cada câmara de recurso fino tenha se solidificado para formar o recurso fino.

[0039]Toda a composição fundida, ou pelo menos uma zona externa substancial ou espessura da composição fundida, que preenche cada cavidade de recurso ou pelo menos cada câmara de recurso fino está se movendo na segunda velocidade de fluxo. Para algumas aplicações, esta espessura externa pode ser substancial quando esta for uma região de pelo formada utilizando-se na faixa de cerca de 5% a cerca de 20%, em volume, da composição fundida que preenche cada cavidade de recurso ou

pelo menos que preenche cada câmara de recurso fino. A segunda velocidade de fluxo é, de preferência, mantida até que uma ou uma pluralidade de câmaras de recurso fino sejam substancial ou completamente preenchidas com a composição fundida. Para garantir uma transição de um estado de tamboração em fluxo para um estado alinhado em fluxo, pode ser desejável que a composição fundida experimente um rápido aumento na velocidade, a partir da primeira velocidade de fluxo até a segunda velocidade de fluxo, que é maior ou igual a cerca de 76,2 mm/s (3 polegadas/segundo).

Modalidade de Método 3

[0040] Outra versão, de acordo com a modalidade de método 1 descrita anteriormente, onde a cavidade de molde proporcionada compreende adicionalmente uma cavidade de corpo, com cada cavidade de recurso se estendendo e sendo conectada em comunicação fluida com a cavidade de corpo, e a etapa de preencher a cavidade de molde compreende preencher a cavidade de corpo com uma quantidade desejada da composição fundida de tal modo que toda ou pelo menos uma porção substancial da composição fundida que preenche a cavidade de corpo está se movendo em uma velocidade de fluxo que induza um alinhamento de fluxo completo ou pelo menos substancial dos mesógenos no TLCP fundido que preenche a cavidade de corpo.

Modalidade de Método 4

[0041] Uma versão de a modalidade de método 3 descrita anteriormente, onde o método compreende adicionalmente: solidificar a composição fundida de tal modo que o alinhamento de fluxo de mesógenos na cavidade de corpo seja completamente eliminado, substancialmente eliminado ou pelo menos significativamente reduzido. O alinhamento de fluxo de mesógenos de TLCP na cavidade de corpo é considerado significativamente reduzido, quando a composição solidificada na cavidade de corpo é mais flexível do que a composição

solidificada na câmara de recurso fino.

Modalidade de Método 5

[0042]Uma versão da modalidade de método 4, onde a etapa de solidificação compreende solidificar a composição fundida que preenche cada câmara de recurso fino antes de solidificar a composição fundida que preenche a cavidade de corpo, e a composição fundida na cavidade de corpo é solidificada após o alinhamento de fluxo dos mesógenos na cavidade de corpo tiver tido tempo suficiente para que fosse completamente eliminado, substancialmente eliminado ou pelo menos significativamente reduzido. Para algumas aplicações, pelo menos cerca de 500 milissegundos são suficientes para que o alinhamento de fluxo dos mesógenos na cavidade de corpo seja significativamente reduzido, sem carga aplicada.

Modalidade de Método 6

[0043]Outra versão, de acordo com a modalidade de método 3, onde o método compreende adicionalmente: solidificar a composição fundida de tal modo que o alinhamento de fluxo of mesógenos na cavidade de corpo seja completa ou pelo menos substancialmente mantido.

Modalidade de Método 7

[0044]Uma versão adicional, de acordo com a modalidade de método 3, onde a etapa de solidificação compreende solidificar o TCLP fundido de tal modo que o alinhamento de fluxo de mesógenos em cada cavidade de recurso e na cavidade de corpo seja completa ou pelo menos substancialmente mantido. Este alinhamento de fluxo de mesógenos pode ser mantido solidificando-se o TCLP em cada cavidade de recurso e na cavidade de corpo etaxa ou substancialmente ao mesmo tempo. Nesta versão, o método compreende adicionalmente: refundir todo ou pelo menos uma porção do TCLP solidificado na cavidade de corpo, e ressolidificar o TCLP refundido na cavidade de corpo. Desta forma, o alinhamento de fluxo de mesógenos na

cavidade de corpo é completamente eliminado, substancialmente eliminado, ou significativamente reduzido ou pelo menos ligeiramente reduzido.

Modalidade de Método 8

[0045]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 2 a 7, onde a cavidade de corpo corresponde a uma porção de corpo do artigo sendo moldado.

Modalidade de Método 9

[0046]Outra versão, de acordo com qualquer uma das modalidades de método 2 a 7, onde a cavidade de corpo funciona como um canal ou jito para fornecer TCLP fundido a pelo menos uma cavidade de recurso, e o TCLP fundido solidificado na cavidade de corpo não forma uma porção do artigo sendo moldado.

Modalidade de Método 10

[0047]Uma versão da modalidade de método 2, onde a primeira velocidade de fluxo da composição fundida que preenche a cavidade de corpo é menor ou igual a cerca de 108 milímetros por segundo (mm/s) e, de preferência, na faixa de cerca de 6,35 mm/s a cerca de 76,2 mm/s.

Modalidade de Método 11

Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 3 a 7, onde a velocidade de fluxo da composição fundida que preenche a cavidade de corpo é pelo menos cerca de 76,2 mm/s e, de preferência, na faixa de cerca de 101,6 mm/s a cerca de 165 mm/s.

Modalidade de Método 12

[0048]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 11, onde a velocidade de fluxo da composição fundida que preenche pelo menos uma câmara de recurso fino é pelo menos cerca de 51 mm/s e, de preferência, na faixa de cerca de 51 mm/s a cerca de 127 mm/s.

Modalidade de Método 13

[0049]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 12, onde o TLCP é escolhido a partir de um grupo de polímeros e copolímeros que consiste em alifáticos aromáticos, poliésteres aromáticos, poliazometinas, poliamidas, e combinações dos mesmos.

Modalidade de Método 14

[0050]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 13, onde a cavidade de molde compreende um pluralidade de cavidades de recurso, sendo que cada cavidade de recurso compreende pelo menos uma câmara de recurso fino conectada de modo que esteja em comunicação fluida com a mesma.

Modalidade de Método 15

[0051]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 14, onde cada cavidade de recurso compreende uma pluralidade de câmaras de recurso fino.

Modalidade de Método 16

[0052]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 15, onde a pelo menos uma câmara de recurso fino tem uma dimensão mínima de recurso (por exemplo, espessura) maior que ou igual a cerca de 90 nanômetros (nm), ou, de preferência, na faixa de cerca de 100 nm até cerca de 20 micra inclusive.

Modalidade de Método 17

[0053]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 16, onde cada câmara de recurso fino define uma porção dianteira da cavidade de recurso correspondente.

Modalidade de Método 18

[0054]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 16, onde cada cavidade de recurso é totalmente definida pelo menos por uma câmara de recurso fino correspondente.

Modalidade de Método 19

[0055]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 16, onde a composição fundida é mantida exatamente, pelo menos substancialmente, ou em cerca da mesma temperatura até que a composição fundida ou pelo menos o TLCP fundido seja solidificado. Por exemplo, pode ser desejável que a composição fundida seja mantida dentro de mais ou menos 50°C do ponto de fusão do TLCP sendo usado até que a composição fundida ou pelo menos o TLCP fundido seja solidificado.

Modalidade de Método 20

[0056]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 19, onde a composição fundida está pelo menos em uma temperatura dentro da faixa de cerca de 232°C (450°F) até cerca de 427°C (800°F) inclusive.

Modalidade de Método 21

[0057]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 20, onde pelo menos a cavidade de molde é mantida exatamente, pelo menos substancialmente, ou em cerca da mesma temperatura até que a composição fundida seja solidificada. Por exemplo, pode ser desejável que pelo menos a cavidade de molde seja mantida aproximadamente dentro de 50°C do ponto de fusão do TLCP sendo usado até que a composição fundida seja solidificada. De preferência, a cavidade de molde é mantida em uma temperatura abaixo da temperatura de distorção térmica do TLCP (por exemplo, as temperaturas da cavidade de molde na faixa de cerca de 40°C até 150°C inclusive). A temperatura de “distorção térmica” do TLCP se refere à temperatura abaixo da qual o TLCP não se deformará plasticamente sob uma carga específica. Por exemplo, a temperatura de distorção térmica pode ser a temperatura abaixo da qual o TLCP não fluirá sob pressões de moldagem por injeção aplicadas. Esta também pode ser a temperatura abaixo da qual o TLCP não fluirá sob outras forças externas aplicadas.

Modalidade de Método 22

[0058]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 20, onde pelo menos cada câmara de recurso fino é mantida exatamente, pelo menos substancialmente, ou em cerca da mesma temperatura durante a solidificação da composição fundida em pelo menos uma câmara de recurso fino. Por exemplo, pode ser desejável manter pelo menos cada câmara de recurso fino dentro de mais ou menos 30°C do ponto de fusão do TLCP sendo usado durante a solidificação da composição fundida em pelo menos uma câmara de recurso fino.

Modalidade de Método 23

[0059]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 22, onde cada etapa de preenchimento é realizada extrudando-se a composição fundida na cavidade de molde. Em outras palavras, a cavidade de molde pode ser preenchida com a quantidade desejada da composição fundida extrudando-se a composição fundida na cavidade de molde.

Modalidade de Método 24

[0060]Uma versão da modalidade de método 2, onde a diferença entre a primeira velocidade de fluxo e um segunda velocidade de fluxo é de pelo menos cerca de 12,7 mm/s (0,5 polegadas/segundo), e, de preferência, na faixa de cerca de 25,4 mm/s (1,0 polegada/segundo) a cerca de 127 mm/s (5,0 pol/s).

Modalidade de Método 25

[0061]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 24, onde o tempo entre a fusão da composição e o preenchimento completo, pelo menos substancial, ou parcial da cavidade de molde com a composição fundida é menor ou igual a cerca de 5,00 minutos. Pode ser preferível que a cavidade de molde seja preenchida em menos ou igual a cerca de 4,5, 4,0, 3,5, 3,0, 2,5, 2,0, 1,5, 1,0, 0,5, 0,45, 0,40, 0,35, 0,30, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, ou 0,05 minutos.

Modalidade de Método 26

[0062]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 24, onde

o tempo que leva para derreter a composição; preencher completa, pelo menos substancial, ou parcialmente a cavidade de molde com a composição fundida; e solidificar a composição fundida na cavidade de molde é, no total, menor ou igual a 5,00 minutos. Pode ser preferível que este tempo esteja na faixa de cerca de 3 segundos a cerca de 5 minutos.

Modalidade de Método 27

[0063] Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 26, onde os mesógenos moleculares do TLCP solidificado em pelo menos uma câmara de recurso fino estão molecularmente alinhados, em relação à direção do fluxo da composição fundida em movimento que preenche pelo menos uma câmara de recurso fino, por um fator de anisotropia na faixa de maior que 0,4 até 1,0. Dependendo da aplicação, podem-se obter resultados desejáveis quando pelo menos cerca de 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, ou 100% dos mesógenos moleculares de TLCP em cada câmara de recurso fino estiverem molecularmente alinhados, conforme evidenciado por um fator de anisotropia na faixa de pelo menos cerca de 0,5 até, mas não menor que, 1,0, e, de preferência, por um fator de anisotropia na faixa de cerca de 0,6 até, mas não menor que, 1,0.

Modalidade de Método 28

[0064] Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 27, onde a solidificação da composição fundida em cada câmara de recurso fino ocorre dentro de menos que cerca de 5, 4, 3, 2, 1, 0,9, 0,8, 0,7, 0,6 ou 0,5 segundos, após a câmara de recurso fino ser preenchida com a composição fundida, dependendo da aplicação. Após cerca de 5 segundos ou mais, os mesógenos alinhados em fluxo relaxaram tanto que eles não estão suficientemente alinhados para proporcionar as propriedades físicas aperfeiçoadas buscadas utilizando-se os TLCPs com os mesógenos alinhados.

Modalidade de Método 29

[0065]Uma versão de qualquer uma das modalidades de método 1 a 28, onde o molde proporcionado compreende uma pluralidade de placas tendo superfícies principais opostas. As placas são projetadas para definir cada cavidade de recurso ou pelo menos cada câmara de recurso fino. Pelo menos uma ou ambas as superfícies principais de cada placa se encontra em contato com uma superfície principal de outra das placas de tal modo que o gás aprisionado pelo menos nas câmaras de recurso fino, e, de preferência, pelo menos as cavidades de recurso, possa ventilar, ou de outro, modo escapar passando-se entre as placas e para fora do molde, durante o preenchimento da cavidade de molde. Descreve-se tal molde, por exemplo, no pedido de patente norte-americano provisório nº 61/168,268, que se encontra aqui incorporado em sua totalidade a título de referência. Pode ser desejável que as placas definam pelo menos uma porção da cavidade de corpo. Pode ser desejável que toda a cavidade de corpo formada em uma metade de molde seja definida por tais placas. Também pode ser desejável que tais placas sejam usadas para definir toda a cavidade de molde definida por uma metade de molde, pela outra metade de molde, ou por ambas as metades de molde.

Modalidade de Método 30

[0066]Uma versão da modalidade de método 29, onde cada cavidade de recurso ou pelo menos cada câmara de recurso fino seja ventilada por um espaçamento submicrométrico entre a pluralidade de placas.

[0067]Tipicamente, ao se moldar artigos, requer-se a ventilação da cavidade de molde. A ventilação de ar durante o preenchimento da cavidade de molde permite que o ar deslocado saia da cavidade, permitindo, assim, um preenchimento mais uniforme da cavidade de molde com a composição fundida. Tipicamente, um molde compreende duas metades de molde que se combinam entre si de modo a formar a cavidade de molde. A ventilação dessas metades de molde é geralmente proporcionada por saídas de ar ou caminhos de saída

primários e secundários. Essas saídas de ar primárias e secundárias podem ser proporcionadas por canais com cerca de 10 μm e cerca de 100 μm de profundidade, respectivamente. As saídas de ar primárias e secundárias são cortadas na superfície principal da primeira metade de molde para direcionar o ar afastando-se da cavidade. A saída de ar primária garante um caminho para que o ar escape enquanto também impede que o material polimérico fundido entre devido à grande diferença de viscosidade comparada ao ar. A saída de ar secundária garante que o ar sendo evacuado flua livremente através da linha divisória da metade de molde. A ventilação também pode ser alcançada através de pinos de ejeção usados para remover o artigo moldado resultante do molde. Embora estas saídas de ar primárias e secundárias ajudem a garantir uma evacuação do ar para a porção macroscópica da cavidade, estas não ajudam a mitigar um preenchimento curto das respectivas cavidades, resultando em um preenchimento incompleto da cavidade e no artigo moldado resultante não tendo as características que quase correspondem àsquelas da cavidade de molde correspondente.

[0068]A ventilação de uma ou mais, ou todas, várias cavidades de molde pode ser proporcionada por um espaçamento submicrométrico entre a pluralidade de placas. No laminado empilhado, cada primeira superfície principal e segunda superfície principal da respectiva placa pode não ser polida, deixando uma ligeira aspereza a cada superfície principal. As placas que formam um laminado empilhado podem compreender uma aspereza de superfície sobre toda a área, substancialmente toda a área, ou em áreas selecionadas de cada primeira e segunda superfícies principais da placa. Essa aspereza de superfície pode ser menor que ou igual a 30 RMS (raiz quadrática média) μinch (0,762 RMS μm), menor que ou igual a 0,508 RMS μm (20 RMS μinch), menor que ou igual a 0,254 RMS μm (10 RMS μinch) ou mesmo menor que ou igual a 0,102 RMS μm

(4 RMS μ inch). Embora a pluralidade de placas estejam em contato íntimo entre si, a aspereza submicrométrica das superfícies de placa em contato permite que o ar forçado a sair da cavidade de molde aplicável (por exemplo, cavidade de corpo, cavidade de recurso e/ou câmara de recurso fino) seja ventilado entre as placas adjacentes. Adicionalmente, devido ao fato de a ventilação estar em uma faixa submicrométrica, a composição fundida permanece contida na cavidade de molde devido a sua viscosidade muito maior em relação ao ar evacuado. A ventilação submicrométrica permite uma evacuação completa do ar dentro do molde de laminado empilhado, que, por sua vez, permite a moldagem por injeção termoplástica em temperaturas de moldagem 10 a 20°F mais frias, pressões de injeção reduzidas 25 a 30%, tempos de ciclo mais curtos (20 a 30 seg mais rápido), e aumentos tanto na vida útil do molde como das micro-ferramentas. A ventilação submicrométrica também pode permitir tamanhos de recurso mais finos (por exemplo, tamanhos de ponta de agulha mais afiada) no artigo moldado resultante. Por exemplo, as microagulhas produzidas de acordo com a presente invenção podem ter um diâmetro de ponta de 20, 10, 7, 5, 2, 1, 0,8, ou mesmo 0,5 μ m ou menor.

[0069] Com referência à figura. 5, um exemplo de uma metade de molde de laminado empilhado 80 compreende uma pluralidade de placas 82 tendo superfícies principais opostas 84 formadas com ranhuras 86 que definem as cavidades de recurso. As extremidades expostas 88 das placas definem pelo menos parte de uma face da cavidade de corpo formada pelo molde que inclui a metade de molde 80. As placas 82, que iniciam empilhadas de maneira frouxa, são empilhadas firmemente juntas, por exemplo, através do uso de um bloco de cunha 90 na direção indicada pela seta 91 de modo a fazer contato entre as superfícies principais opostas 84 de placas adjacentes 82. Dois orifícios 92 usinados através das superfícies principais 84 de cada placa 82 são preenchidos

com pinos 94 que ajudam a manter as placas 82 alinhadas e juntas, que facilita utilizando-se o bloco de cunha 90. As placas 82 podem ser constituídas a partir de qualquer material de moldagem adequado como, por exemplo, aço (por exemplo, aço para molas, H13, S7, 420 aço inoxidável, aço com alto teor de carbono, etc.). Exceto por suas superfícies de extremidade expostas 88, o restante de cada placa 82 fica tipicamente escondido no interior da metade de molde 80. Neste exemplo, as placas 82 são montadas dentro de um bloco 96 que forma parte da metade de molde 80. É desejável que o bloco 96 seja produzido a partir de um metal condutor de calor (por exemplo, Beryllium Copper Moldstar® disponível junto a Moldmax® Thermal Management Solutions, Southfield MI, EUA), que é usado para manter um controle de temperatura adequado ao redor da cavidade de molde e proporcionar uma boa transferência de calor para resfriar o artigo moldado. Para este exemplo, as porções do bloco 96 foram removidas de modo a visualizar mais prontamente as laterais do laminado empilhado de placas 82 e os caminhos seguidos pelo ar ventilado entre as placas 82. Os caminhos de ar ventilado são ilustrados pelas setas 98.

[0070]Cada um dos métodos exemplificadores descritos anteriormente pode ser usado para formar uma variedade de diferentes artigos moldados. Além disso, o preenchimento de cada cavidade de recurso com a composição fundida pode resultar em um recurso estrutural que seja oco (por exemplo, uma agulha oca), um recurso estrutural que seja sólido (por exemplo, uma agulha ou pino sólido), ou uma combinação de ambos. Artigos ocos, como agulhas ocas, podem ser produzidos utilizando-se um molde como aquele descrito, por exemplo, no pedido de patente norte-americano provisório nº 61/168.268, que foi previamente aqui incorporado na íntegra, a título de referência.

Modalidade do Artigo Moldado 1

[0071]Em uma modalidade de um artigo moldado, de acordo com a presente

invenção, o artigo moldado compreende uma estrutura e pelo menos um ou uma pluralidade de recursos estruturais tridimensionais (por exemplo, um cubo, nervura, crista, agulha sólida ou oca, pino, aleta, engrenagem, canaleta, soquete, bobina, bomba, portador de chip, chave, etc.), que são integrais e se estendem ou, de outro modo, se projetam para fora a partir da estrutura. Cada recurso estrutural compreende pelo menos um ou uma pluralidade de elementos de recurso finos. Esses elementos de recurso finos podem incluir, por exemplo, uma borda anterior ou ponta do recurso estrutural tridimensional (por exemplo, a ponta de uma agulha ou pino, um dente de engrenagem, bordas opostas que definem a abertura de uma canaleta, o orifício de uma agulha oca, o orifício de uma microagulha oca em comunicação fluida com uma canaleta microfluídica, etc.). Cada elemento de recurso fino tem uma dimensão menor, e a estrutura ou pelo menos cada recurso estrutural consiste em, consiste essencialmente em, compreende, ou é formada totalmente, substancialmente (isto é, pelo menos cerca de 50% e, de preferência, pelo menos cerca de 60%) ou pelo menos em parte com, pelo menos um polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP) ou processável por fusão tendo uma pluralidade de mesógenos molecularmente sensíveis. Todos ou pelo menos uma porção substancial dos mesógenos moleculares ao longo da dimensão menor se encontram em um estado alinhado em fluxo (isto é, um estado tendo um alinhamento relativamente anisotrópico comparado ao alinhamento resultante da tamboração em fluxo de mesógenos).

[0072]Este artigo moldado pode ser formado utilizando-se qualquer um dos métodos anteriores. O corpo deste artigo pode ser formado utilizando-se uma cavidade de corpo de acordo com qualquer um dos métodos anteriores. Pelo menos um recurso estrutural deste artigo também pode ser formado utilizando-se pelo menos uma cavidade de recurso de acordo com qualquer um dos métodos anteriores. Além disso, pelo menos um elemento de recurso fino deste artigo pode

ser formado utilizando-se pelo menos uma câmara de recurso fino de acordo com qualquer um dos métodos anteriores.

Modalidade do Artigo Moldado 2

[0073]Uma versão da modalidade do artigo moldado 1, onde mais de 50% de cada recurso estrutural consiste pelo menos em um TLCP.

Modalidade do Artigo Moldado 3

[0074]Uma versão da modalidade do artigo moldado 1 ou 2, onde pelo menos cerca de 30% dos mesógenos de TLCP ao longo da dimensão menor de cada elemento de recurso fino são alinhados em fluxo. Dependendo do artigo moldado, considera-se que cada elemento de recurso fino tenha uma porção substancial de seus mesógenos de TLCP alinhados em fluxo, quando pelo menos cerca de 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, ou 100% dos mesógenos de TLCP ao longo da dimensão menor de cada elemento de recurso fino estiverem alinhados em fluxo. Essa dimensão menor pode incluir, por exemplo, uma espessura de uma parede, o diâmetro de uma ponta de agulha, de uma ponta de microagulha, o furo ou orifício de uma agulha ou microagulha oca, as canaletas de uma canaleta microfluídica, etc. Para algumas aplicações (por exemplo, a ponta de uma microagulha), pode ser desejável ter um máximo de até, e incluindo cerca de 25% dos mesógenos de TLCP ao longo da dimensão menor de cada elemento de recurso fino tamborado em fluxo (isto é, que um máximo de cerca de 25% da dimensão menor seja isotrópico).

Modalidade do Artigo Moldado 4

[0075]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 3, onde os mesógenos de TLCP em cada elemento de recurso fino exibem um alinhamento de fluxo médio, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio na faixa de pelo menos cerca de 0,3 a menor que 1,0, e, de preferência, um fator de anisotropia na faixa de cerca de 0,4 a menor que 1,0.

Modalidade do Artigo Moldado 5

[0076] Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 4, onde os mesógenos de TLCP alinhados em fluxo ao longo da dimensão menor de cada elemento de recurso fino exibem um alinhamento de fluxo médio, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio na faixa de pelo menos cerca de 0,5 a menor que 1,0, e, de preferência, um fator de anisotropia na faixa de cerca 0,6 ou 0,7 até menor que 1,0.

Modalidade do Artigo Moldado 6

[0077] Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 5, onde todos ou pelo menos uma porção substancial dos mesógenos de TLCP em pelo menos um recurso estrutural se encontram em um estado alinhado em fluxo. Ou seja, estes mesógenos de TLCP têm um alinhamento relativamente anisotrópico comparado ao alinhamento isotrópico causado por tamboração em fluxo.

Modalidade do Artigo Moldado 7

[0078] Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 6, onde pelo menos cerca de 10% dos mesógenos de TLCP em cada recurso estrutural estão alinhados em fluxo, com o núcleo ou, de outro modo, o restante dos mesógenos de TLCP em cada recurso estrutural tendo um alinhamento relativamente isotrópico, especificamente quando comparado aos mesógenos moleculares alinhados em fluxo em pelo menos um elemento de recurso fino. Dependendo do artigo moldado, considera-se que cada recurso estrutural tenha uma porção substancial de seus mesógenos de TLCP alinhados em fluxo, quando pelo menos cerca de 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, ou 100% dos mesógenos moleculares de TLCP em cada recurso estrutural estiverem alinhados em fluxo.

Modalidade do Artigo Moldado 8

[0079]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 7, onde os mesógenos de TLCP em cada elemento de recurso estrutural exibem um alinhamento de fluxo médio, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio na faixa de pelo menos cerca de 0,2 a menor que 1,0, e, de preferência, um fator de anisotropia na faixa de cerca de 0,3 ou 0,4 a menor que 1,0.

Modalidade do Artigo Moldado 9

[0080]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 8, onde os mesógenos de TLCP alinhados em fluxo em cada elemento de recurso estrutural exibem um alinhamento de fluxo médio, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio na faixa de pelo menos cerca de 0,5 a menor que 1,0, e, de preferência, um fator de anisotropia na faixa de cerca de 0,6 ou 0,7 a menor que 1,0.

Modalidade do Artigo Moldado 10

[0081]Uma versão da modalidade do artigo moldado 7, onde o restante dos mesógenos de TLCP em cada recurso estrutural exibe um alinhamento molecular aleatório, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio menor que 0,2, especificamente quando comparado aos mesógenos moleculares alinhados em fluxo em pelo menos um elemento de recurso fino.

Modalidade do Artigo Moldado 11

[0082]Uma versão da modalidade do artigo moldado 7, onde o restante dos mesógenos de TLCP em cada recurso estrutural se encontra em um estado completo ou pelo menos substancialmente tamborado em fluxo. Para uso na presente invenção, considera-se que o restante dos mesógenos moleculares de TLCP em cada recurso estrutural esteja em um estado substancialmente tamborado em fluxo quando exibir um fator de anisotropia menor que 0,2.

Modalidade do Artigo Moldado 12

[0083]Outra Uma versão da modalidade do artigo moldado 7, onde todo o

restante dos mesógenos de TLCP em cada recurso estrutural tem um alinhamento relativamente isotrópico (por exemplo, tem um estado tamborado em fluxo), especificamente quando comparado aos mesógenos moleculares alinhados em fluxo em pelo menos um elemento de recurso fino.

Modalidade do Artigo Moldado 13

[0084]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 12, onde cerca de todos, uma porção substancial, ou pelo menos uma porção dos mesógenos de TLCP na estrutura se encontram em um estado alinhado em fluxo. Ou seja, estes mesógenos de TLCP na estrutura têm um alinhamento relativamente anisotrópico comparado ao estado de orientação isotrópica causado por tamboração em fluxo.

Modalidade do Artigo Moldado 14

[0085]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 13, onde pelo menos cerca de 10% dos mesógenos de TLCP na estrutura são alinhados em fluxo, com o núcleo ou, de outro modo, o restante dos mesógenos de TLCP na estrutura tendo um estado de orientação relativamente isotrópico, especificamente quando comparado aos mesógenos moleculares alinhados em fluxo em pelo menos um elemento de recurso fino. Dependendo do artigo moldado, considera-se que a estrutura tenha uma porção substancial de seus mesógenos de TLCP alinhados em fluxo, quando pelo menos cerca de 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, ou 100% dos mesógenos de TLCP na estrutura estiverem alinhados em fluxo. Para muitas aplicações, pode ser difícil obter menos que 10% mesógenos de TLCP alinhados em fluxo na estrutura.

Modalidade do Artigo Moldado 15

[0086]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 14, onde os mesógenos de TLCP na estrutura exibem um alinhamento de fluxo médio, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio na faixa de maior

que zero até menor que um, e, de preferência, um fator de anisotropia na faixa de cerca de 0,1 até menor que 1,0.

Modalidade do Artigo Moldado 16

[0087]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 15, onde os mesógenos de TLCP alinhados em fluxo na estrutura exibem um alinhamento molecular médio, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio na faixa de pelo menos cerca de 0,1 até menor que 1,0.

Modalidade do Artigo Moldado 17

[0088]Uma versão da modalidade do artigo moldado 14, onde o restante dos mesógenos de TLCP na estrutura exibe um alinhamento molecular aleatório, conforme evidenciado por um fator de anisotropia médio menor que 0,2, especificamente quando comparado aos mesógenos de TLCP alinhados em fluxo em pelo menos um elemento de recurso fino.

Modalidade do Artigo Moldado 18

[0089]Outra versão, de acordo com a modalidade do artigo moldado 14, onde o restante dos mesógenos de TLCP na estrutura se encontram em um estado tamborado em fluxo.

Modalidade do Artigo Moldado 19

[0090]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 12, onde cerca de todos os mesógenos de TLCP na estrutura têm um estado de orientação relativamente isotrópico (por exemplo, têm um estado tamborado em fluxo), especificamente quando comparados aos mesógenos de TLCP alinhados em fluxo em pelo menos um elemento de recurso fino.

Modalidade do Artigo Moldado 20

[0091]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 19, onde a estrutura não forma uma porção do artigo moldado. Por exemplo, a estrutura pode ser reciclada ou, de outro modo, descartável.

Modalidade do Artigo Moldado 21

[0092]O artigo moldado da modalidade do artigo moldado 20, onde a estrutura forma um jito ou canal descartável.

Modalidade do Artigo Moldado 22

[0093]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 21, onde a dimensão menor (por exemplo, uma espessura) de pelo menos um elemento de recurso fino é menor ou igual a cerca de 500 micrômetros (μm). Pode ser preferível, para alguns artigos moldados, que a dimensão menor seja menor ou igual a cerca de 400 micrômetros, 300 micrômetros, 200 micrômetros ou mesmo 100 micrômetros. Também pode ser preferível que a dimensão menor de pelo menos um elemento de recurso fino seja pelo menos 90 nanômetros (nm) ou esteja na faixa de cerca de 90 nm até cerca de 20 micra inclusive.

Modalidade do Artigo Moldado 23

[0094]Uma versão da modalidade do artigo moldado 22, onde pelo menos um elemento de recurso fino compreende uma parede tendo uma espessura menor ou igual a cerca de 0,50 mm (500 micra).

Modalidade do Artigo Moldado 24

[0095]Uma versão da modalidade do artigo moldado 23, onde a espessura de parede de pelo menos um elemento de recurso fino é menor que ou igual a cerca de 0,20 mm (200 micra).

Modalidade do Artigo Moldado 25

[0096]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 24, onde pelo menos um elemento de recurso fino é uma pluralidade de elementos de recurso finos, com cada um tendo uma razão de aspecto maior ou igual a 10:1.

Modalidade do Artigo Moldado 26

[0097]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 25, onde pelo menos um elemento de recurso fino compreende uma borda tendo

uma espessura de borda menor ou igual a 800 nm.

Modalidade do Artigo Moldado 27

[0098] Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 24, onde pelo menos um elemento de recurso fino é uma pluralidade de elementos de recurso finos, com cada elemento de recurso fino compreendendo raios de ponta menores que ou iguais a 800 nm.

Modalidade do Artigo Moldado 28

[0099] Uma versão das modalidades do artigo moldado 1 a 21, onde a dimensão menor (por exemplo, espessura) de pelo menos um elemento de recurso fino se encontra na faixa de cerca de 90 nanômetros (nm) até cerca de 20 micra inclusive.

Modalidade do Artigo Moldado 29

[00100] Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 28, onde pelo menos um elemento de recurso fino define uma porção dianteira de um recurso estrutural correspondente. Por exemplo, o elemento de recurso fino pode ser uma borda anterior ou ponta do recurso estrutural tridimensional (por exemplo, uma agulha ou ponta de pino, dente de engrenagem, bordas opostas que definem a abertura de uma canaleta, o furo ou orifício de uma agulha ou microagulha oca, etc.).

Modalidade do Artigo Moldado 30

[00101] Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 29, onde cada recurso estrutural é definido totalmente por pelo menos um elemento de recurso fino.

Modalidade do Artigo Moldado 31

[00102] Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 30, onde o polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP) está completa ou substancialmente não-preenchido com uma carga ou material aditivo (por

exemplo, partículas ou fibras de vidro, grafite, carbono, mineral, etc).

Modalidade do Artigo Moldado 32

[00103]Uma versão de qualquer uma das modalidades do artigo moldado 1 a 30, onde o polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP) está substancial ou pelo menos parcialmente preenchido com uma carga ou material aditivo (por exemplo partículas ou fibras de vidro, grafite, carbono, mineral, etc).

[00104]Com referência às figuras 2A-2C, uma matriz ou molde de canal a frio compreende uma primeira metade de molde laminado empilhado 34 e uma segunda metade de molde (não mostrada) que juntas definem uma cavidade de molde que inclui uma passagem de coxim de jito 36 formada através de uma primeira metade de molde 34. O coxim de jito 36 recebe um jito (não mostrado) através do qual uma composição fundida é recebida. A composição fundida a partir do jito (não mostrado) é direcionada em quatro cavidades de artigo 37 através das passagens de canal a frio correspondentes 38 através das aberturas de porta de borda 31. As portas 31 determinam o campo de vazão da composição fundida injetada nas cavidades de artigo correspondentes 37. A cavidade de molde pode incluir portas de borda secundárias 33 e passagens de canal 39 no lado a jusante de cada cavidade de artigo 37 para garantir uma evacuação macroscópica de gás e uma ejeção parcialmente equilibrada. Cada uma das cavidades de artigo ilustradas 37 na figura 2B inclui uma pluralidade de cavidades de recurso 40 (por exemplo, para formar microagulhas sólidas ou ocas) em comunicação fluida com uma cavidade de corpo 42. A cavidade de corpo 42 inclui uma face principal que é pelo menos parcialmente definida por superfícies de extremidade exposta 44 de uma pluralidade de placas 46 empilhadas firmemente juntas com a finalidade de fazer contato entre as superfícies principais opostas 48 de placas adjacentes 46. As placas 46 juntas formam um laminado empilhado ou um molde de laminado mantidos firmemente juntos em contato íntimo através de meios físicos ou

químicos incluindo, por exemplo, fixação, união, ou bloqueio de cunha (por exemplo, vide a figura 5). As cavidades de recurso 40 são definidas por entalhes com formato piramidal correspondentes formados em superfícies expostas 44 e superfícies principais 48 das placas 46. As placas 46 podem ser produzidas a partir de qualquer material de moldagem adequado como, por exemplo, aço (por exemplo, A2, M2, aço para molas, H13, S7, 420 aço inoxidável, aço com alto teor de carbono, etc.). Exceto por suas superfícies expostas 44, o restante de cada placa 46 fica escondido no interior da metade de molde 34, assim como aquele mostrado na figura 5. A metade de molde 34 pode ser formada em parte por um bloco ou estrutura 50 constituído por metal condutor de calor (por exemplo, Beryllium Copper Moldstar® disponível junto a Moldmax® Thermal Management Solutions, Southfield MI, EUA), que é usado para manter um controle de temperatura apropriado que cerca a cavidade de molde e proporciona boa transferência de calor para resfriar o artigo moldado.

[00105] Com referência à figura 3A, outra modalidade de um laminado empilhado 100 da presente invenção compreende placas 110a, 110b, 110c,... e 110e (coletivamente uma pluralidade de placas 110) que são colocadas umas em contato com as outras. Cada placa compreende uma primeira superfície principal e uma segunda superfície principal. Tipicamente, a primeira superfície principal e uma segunda superfície principal de cada placa são planas, embora isto não seja necessário desde que se conformem substancialmente entre si. A placa 110a compreende uma primeira superfície principal 120a e uma segunda superfície principal 130a. A pluralidade de placas 110 são empilhadas adjacentes entre si de tal modo que a segunda superfície principal 130a da placa 110a seja adjacente à primeira superfície principal 120b da placa 110b. A pluralidade de placas 110 compreendem uma primeira superfície de molde 140, sendo que a primeira superfície de molde 140 conecta a primeira superfície principal e a segunda

superfície principal de cada placa. Em uma modalidade, a primeira superfície principal e segunda superfície principal de cada placa na pluralidade de placas são paralelas umas à outras conforme mostrado na figura 3A. Em outra modalidade, a primeira superfície principal e segunda superfície principal de uma placa na pluralidade de placas não são paralelas umas à outras e, ao invés disso, são afuniladas na direção horizontal, na direção vertical, ou em ambas as direções. A placa adjacente é, então, afunilada na direção oposta de modo a manter uma conformação substancial entre a segunda superfície principal de uma placa e a primeira superfície principal da placa adjacente. Conforme representado na figura 3A, é desejável que a primeira superfície de molde 140 de cada uma entre a pluralidade de placas 110 seja cuidadosamente formada de modo a apresentar uma superfície ininterrupta contínua constituída por cada uma das superfícies de molde individual.

[00106] Uma formação exemplificadora das cavidades no molde de laminado empilhado é da seguinte forma. A pluralidade de placas 110 compreende uma pluralidade de cavidades 150a. Cada cavidade 150a compreende uma ranhura em formato de V que compreende uma primeira superfície de cavidade plana 151 e uma segunda superfície de cavidade plana 152 que se encontram em um ápice 153. Conforme mostrado na figura 3A, a cavidade 150a é aberta pelo menos à primeira superfície de molde 140. A primeira superfície de cavidade plana 151 e a segunda superfície de cavidade plana 152 se cruzam em cada primeira superfície principal da placa respectiva (por exemplo, 120a) e em cada primeira superfície de molde da placa respectiva (por exemplo 140). O formato da cavidade resultante é definido pelo contato íntimo entre a primeira superfície principal e segunda superfície principal de placas adjacentes. Por exemplo, na figura 3B, o laminado empilhado 160 compreende uma cavidade com formato piramidal quadrado definida pela cavidade 150b na primeira superfície principal 121 da placa 111e e

pela cavidade 155b na segunda superfície principal 131 da placa 111d. Na figura 3C, um laminado empilhado 170 das placas 172 compreende cavidades de recurso de microagulhas com formato piramidal 174. Cada cavidade de recurso 174 tem duas paredes laterais longas 176 formadas em uma superfície principal de cada placa 172 e duas paredes laterais curtas 178 formadas na superfície principal oposta de cada placa 172.

[00107]A superfície da cavidade pode ser plana conforme mostrado nas figuras 3A e 3B ou curvilínea. A cavidade pode ter qualquer formato incluindo, por exemplo: uma pirâmide, uma meia pirâmide, uma pirâmide escalonada, um prisma, um cone, um meio cone, um cone escalonado, um tronco, um chanfro padrão, um formato hipodérmico de chanfro curto ou chanfro curto verdadeiro, um formato trilobal, obelisco, cilindro chanfrado, ou combinações destes. O formato e a superfície da cavidade não são particularmente limitados, no entanto, o seguinte pode ser considerado ao se projetar a cavidade. Em primeiro lugar, o formato da cavidade pode ser limitado pela facilidade de usinagem da cavidade. Em segundo lugar, a cavidade pode ser projetada para facilitar a remoção do artigo moldado resultante. Por exemplo, um ângulo de saída apropriado maior que pelo menos 0,5 graus pode ser projetado no formato da cavidade para garantir uma remoção apropriada do artigo moldado resultante a partir do molde. Isto é particularmente importante quando o projeto envolve uma cavidade tendo paredes quase retas. Em terceiro lugar, a cavidade pode ser projetada para proporcionar um artigo moldado resultante que seja eficaz para sua função ou propósito pretendido. Por exemplo, uma matriz de microagulha sólida ou oca deve ser forte o suficiente para perfurar a pele do indivíduo. A resistência do material polimérico usado na matriz de microagulha pode ditar o ângulo da cavidade, por exemplo, um ângulo maior proporcionaria uma resistência maior à microagulha. Entretanto, este aumento angular pode causar maiores traumas à pele do paciente (ou indivíduo). Portanto,

pode ser importante proporcionar uma microagulha sólida ou oca com uma ponta afiada e uma pequena área superficial, que requer uma força mínima para que a ponta da microagulha rompa a superfície da camada córnea. Moldando-se esses artigos com uma composição que compreende um TLCP e alinha substancialmente em fluxo os mesógenos de TLCP com a finalidade de produzir propriedades físicas relativamente anisotrópicas (por exemplo, dureza) em pelo menos uma ponta da microagulha, cavidades de microagulha com ângulos menores podem ser usadas para formar microagulhas maiores e mais estreitas.

[00108]As dimensões da cavidade de microagulha são definidas com referência à figura 3A da seguinte forma. O comprimento da cavidade 170 é definido como a distância ao longo da primeira superfície principal 120a a partir do ápice 153 até a primeira superfície de molde 140. A largura de base da cavidade 172 é definida como a distância da cavidade ao longo da primeira superfície de molde 140 e a superfície principal da respectiva placa, por exemplo, 120a. A profundidade de base da cavidade 174 é definida como a distância da cavidade ao longo da primeira superfície de molde 140, perpendicular à superfície principal da respectiva placa. Em algumas modalidades, como a figura 3B, a profundidade de base da cavidade é a soma da profundidade de base da cavidade nas placas adjacentes.

[00109]Quando a cavidade de molde for confinada, combinando-se a primeira metade de molde 34 com a segunda metade de molde correspondente (não mostrada), a cavidade do artigo 37 pode ser preenchida com uma composição fundida de tal modo que as cavidades de recurso 40 formem microagulhas sólidas com formato piramidal, e a cavidade de corpo 42 forme uma base de suporte a partir da qual as microagulhas se estendem. Esta base de suporte pode ser relativamente rígida com uma estrutura de parede espessa uniforme (vide, por exemplo, a figura 6A), pode ser relativamente flexível com uma estrutura de

parede fina uniforme (vide, por exemplo, a figura 7A), ou dependendo da configuração da superfície de acoplamento da segunda metade de molde que contém a cavidade de corpo 42, a base de suporte pode ser uma estrutura de parede tendo uma espessura variável (vide, por exemplo, a figura 8A). Essa estrutura de parede com espessura variável pode ser constituída de modo que seja relativamente flexível ao longo de um eixo da base de suporte e relativamente rígida ao longo de outro eixo em um ângulo (por exemplo, ortogonal) a um eixo da base de suporte.

[00110]Os exemplos a seguir foram meramente selecionados para ilustrar outras características, vantagens e outros detalhes da invenção. Entretanto, deve-se entender expressamente que embora os Exemplos sirvam este propósito, os ingredientes específicos de cada Exemplo não devem ser interpretados de uma maneira que irá limitar indevidamente o escopo desta invenção.

Exemplos

Microagulha Sólida com Base de Suporte de Parede Rígida Uniforme

Metade de molde A1

[00111]Uma modalidade de um molde de canal a quente que serve para produzir microagulhas sólidas que se estendem para fora a partir de uma base de suporte de parede rígida uniforme (por exemplo, conforme mostrado nas figuras 6A e 6B) inclui uma primeira metade de molde de laminado empilhado (Metade de molde A1) constituída utilizando-se quatorze placas de aço 44 produzidas a partir de um estoque de calço de aço de choque, com as superfícies principais 46 de cada placa 44 tendo uma aspereza de superfície de aproximadamente 0,25 RMS μm . Cada placa tinha 13,80 mm de comprimento, 10,70 mm de largura, e 0,50 mm de espessura. Dois orifícios foram usinados através das superfícies principais de cada placa de modo a permitir que as placas fossem conectadas entre si utilizando-se o suporte de laminado de bloco em cunha (semelhante àquele

mostrado na figura 5) e alinhados de modo a formar uma matriz 13 x 27 de cavidades de recurso com formato piramidal quadrado separadas (isto é, um total de 351 cavidades com formato piramidal).

[00112] Para formar o artigo moldado das figuras 6A e 6B, a metade de molde de laminado empilhado usada incluía uma cavidade de corpo com formato oval tendo um eixo principal de comprimento de 22,90 mm, um eixo menor de comprimento de 11,00 mm e uma dimensão de espessura de 0,76 mm. As cavidades de recurso Individual formadas por um laminado empilhado de placas, semelhante àquele mostrado na figura 3B, eram cavidades de microagulhas com formato piramidal quadrado, tendo quatro paredes laterais, com um comprimento de cavidade de 700 µm e uma largura de parede lateral de cavidade de 200 µm. Estas dimensões de cavidade de recurso proporcionam uma razão de aspecto de cavidade de 3,5:1. As cavidades de recurso de microagulhas foram espaçadas em uma matriz regular com uma distância de 508 µm entre os ápices das cavidades adjacentes. O ápice de cada cavidade de recurso de microagulha tinha um diâmetro de 10 µm ou menor. A microagulha formada em tal cavidade de recurso, de acordo com a presente invenção, pode ter uma ponta com um raio de cerca de 10 µm ou menor.

Metade de molde B1

[00113] Na fabricação do artigo moldado das figuras 6A e 6B, um sistema com portas de válvula de tubulação de canal a quente (Metade de molde B1) disponível junto a Incoe Corporation, Troy MI, EUA, foi usado para medir a composição fundida nas cavidades de artigo. O sistema de canal a quente inclui bocais com porta de válvula, com pinos de válvula de acionamento, para preencher cada cavidade de artigo com uma quantidade desejada da composição fundida. Cada pino de válvula no sistema de canal a quente media 508 µm de diâmetro e foi acionado pneumáticamente utilizando-se 1034,2 kPa (150 psi) de ar comprimido

para garantir uma rápida injeção da composição fundida. Cada pino de válvula foi posicionado no centro e perpendicular à face principal da cavidade de corpo com formato oval correspondente para distribuir simetricamente a composição fundida a todas as porções da cavidade de corpo e das cavidades de recurso de microagulha conectadas. Um bloco de Beryllium Copper Moldstar® disponível junto a Moldmax® Thermal Management Solutions, Southfield MI, EUA foi usado para manter um controle de temperatura adequado ao redor das portas de válvula de canal a quente. A figura 2A mostra um formato de bloco representativo, colocação e dimensões.

Método 1 (utilizar as metades de molde A1 e B1)

[00114]No método usado para moldar com o molde de canal a quente descrito anteriormente, a metade de molde A1 e a metade de molde B1 foram instaladas em uma base de molde de uma máquina de moldagem por injeção de 90,718-kg (100-ton) (Krauss-Maffei KM100-180CX, Krauss-Maffei Technologies GmbH, Munchen, Alemanha). Conforme é comum na técnica, a linha divisória do conjunto de molde tinha saídas de ar primárias e secundárias para a evacuação geral de ar durante a injeção da composição fundida. A ventilação submicrométrica entre as placas do molde de laminado empilhado (por exemplo, conforme descrito na figura 5) proporcionou uma ventilação adicional, que permitiu uma replicação de alta fidelidade dos recursos finos de cavidade de molde nos recursos de microestrutura do artigo moldado. Os péletes Unfilled Vectra MT1300 TLCP disponíveis junto a Ticona Engineering Polymers, Florence, KY, foram carregados em um tremonha e, subsequentemente, alimentados em uma extrusora de rosca recíprocante de 15 mm para alcançar a temperatura de processamento adequada de 540°F (282°C) no estado derretido. A metade de molde A1 e a metade de molde B1 foram aquecidas até uma temperatura de 180°F (82°C), que está abaixo do ponto de amolecimento do TLCP. O ciclo de moldagem foi iniciado fechando-se a metade de molde A1 com

a metade de molde B1. Os moldes foram fixados entre si com 266,9 kiloNewton (30 tons) de força para formar uma câmara de molde fixada. Uma primeira porção (aproximadamente 90-95% da cavidade de molde do artigo ou volume parcial) da quantidade total da composição fundida a partir da extrusora de rosca recíproca foi injetada na câmara de molde fixada. A primeira porção da composição fundida foi injetada na câmara de molde fixada em uma velocidade fixa (referida a seguir como “velocidade de injeção”). Após a injeção da primeira porção da composição fundida, o processo foi comutado a partir de uma velocidade de injeção acionada a um processo conduzido por pressão aplicando-se uma pressão fixa (referida a seguir como “pressão de recalque”) para forçar o restante da composição fundida na cavidade de molde de modo a preencher o restante da cavidade do artigo. A pressão de recalque foi aplicada durante um tempo fixo (referido a seguir como “tempo de retenção”). A pressão de recalque foi subsequentemente liberada e a câmara de molde resfriada até uma temperatura de ejeção adequada (referida a seguir como a “temperatura de molde na ejeção”), que estava abaixo da temperatura de amolecimento do TLCP. Detalhes da velocidade de injeção, pressão de recalque, tempo de retenção, temperatura de processamento de injeção, e temperatura de ejeção usados para cada exemplo são fornecidos na Tabela 1.

Exemplos do Artigo Moldado 1 a 10

[00115]O método 1 foi usado com a velocidade de injeção, pressão de recalque, tempo de retenção, temperatura de processamento de injeção, e temperatura de moldagem em ejeção conforme listado na Tabela 1. O fator de anisotropia de volume médio resultante, o fator de anisotropia de microagulha, a altura média de microagulha, o percentual de agulhas preenchidas, e os raios médios de ponta para cada exemplo também são mostrados na Tabela 1. O fator de “anisotropia de volume médio” é o grau médio de orientação entre as camadas de pele e núcleo ao longo de uma espessura do artigo moldado. O fator de

anisotropia de microagulha é o grau médio de orientação ao longo da seção intermediária de uma microagulha moldada. O percentual de agulhas preenchidas define o número total de microagulhas constituídas como uma porcentagem do número total de cavidades de microagulha disponíveis. As dimensões das microagulhas sólidas moldadas foram medidas através de estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura (SEM). As amostras microtomadas criogenicamente congeladas foram analisadas utilizando-se SEM para caracterizar o fator de anisotropia de volume médio e os fatores de anisotropia de microagulha. A altura de microagulha e os raios de ponta foram comparados ao formato da cavidade de recurso fino e o artigo moldado resultante dos Exemplos 1 a 10. Os resultados desta comparação mostraram uma reproducibilidade média parte-em-parte de 97%. Este valor sugere que 3% da cavidade não foi completamente replicada no TLCP ao longo da faixa de condições testadas. As medições foram adotadas como uma média de nove medições (três de cada matriz individual) e avaliaram o diâmetro de base de microagulha sólida comparado ao diâmetro de base de cavidade, a altura de microagulha comparada ao comprimento da cavidade, e os raios de ponta de microagulha comparados aos raios de ponta de cavidade de recurso fino.

Tabela 1.

Ex. n°	Velocidade de injeção [mm/seg, (polegadas/seg)]	Pressão de Recalque [MPa, (psi)]	Tempo de Retenção [seg]	Temperatura de Processamento de Injeção [°C, (°F)]	Temperatura do Molde em Ejeção [°C, (°F)]	Fator de Anisotropia de Volume Médio	Média Agulha Anisotropia Fator	Altura Média de Agulha [μm]	Percentual de Agulhas Preenchidas [%]	Raios Médios de Ponta de Agulha [μm]
1	82,6 (3,25)	68,9 (10000)	1	282 (540)	82,2 (180,0)	0,30	0,75	685	94	8,3
2	82,6 (3,25)	68,9 (10000)	4	282 (540)	82,2 (180,0)	0,35	0,82	692	96	6,5
3	101,6 (4,00)	68,9 (10000)	4	282 (540)	82,2 (180,0)	0,45	0,85	695	98	2,2
4	101,6 (4,00)	103,4 (15000)	4	282 (555)	82,2 (180,0)	0,50	0,89	702	100	0,8
5	101,6 (4,00)	103,4 (15000)	2	291 (555)	82,2 (180,0)	0,46	0,86	698	99	1,5
6	101,6 (4,00)	103,4 (15000)	2	282 (540)	71,1 (160,0)	0,38	0,72	674	92	7,4
7	203,2 (8,00)	103,4 (15000)	2	282 (540)	71,1 (160,0)	0,55	0,88	696	96	5,3
8	101,6 (4,00)	103,4 (15000)	2	282 (540)	93,3 (200,0)	0,48	0,85	690	98	3,4
9	82,6	103,4	2	291	93,3	0,38	0,74	687	98	5,2

	(3,25)	(15000)		(555)	(200,0)					
10	82,6 (3,25)	68,9 (10000)	2	291 (555)	93,3 (200,0)	0,38	0,74	687	98	5,2

[00116]Exemplos 1 a 10 ilustram a utilização de uma composição de TLCP e ferramentas de laminado empilhado para matrizes de microagulha sólida de molde para injeção. A capacidade de promover rapidamente uma orientação induzida por cisalhamento (isto é, alinhamento de fluxo) dos mesógenos de TLCP durante o fluxo na cavidade de corpo e/ou nas cavidades de recurso de microagulha permite um alto grau de orientação através da espessura de volume do corpo do artigo moldado e uma anisotropia ainda maior em cada um dos recursos de microagulha. Embora pressões de recalque e tempos de retenção maiores levem a valores médios maiores do fator de anisotropia de volume, o maior impacto sobre a orientação (isto é, alinhamento) dos mesógenos foi devido à velocidade de fluxo de injeção aumentada. Velocidades de fluxo maiores no interior das cavidades de recurso de microagulha podem retardar o princípio da tamboração em fluxo dos mesógenos no TLCP e, portanto, promover um estado alinhado em fluxo. Este estado alinhado em fluxo dos mesógenos subsequentemente se trasladou em propriedades mecânicas unidirecionais mais fortes das microagulhas no artigo moldado final.

[00117]Os dados combinados para os Exemplos 1 a 10 indicam que as microagulhas sólidas nas matrizes moldadas tinham uma altura média de 691 μm (+/- 5 μm) e raios de ponta médios de 4,6 μm (+/- 1 μm).

[00118]A comparação entre o formato da cavidade de recurso e o artigo moldado resultante dos Exemplos 1 a 10 mostra uma reproducibilidade média parte-em-parte de cerca de 97%. Este valor sugere que 3% da cavidade não foram completamente replicados na composição de TLCP ao longo da faixa de condições testadas. Uma média de nove medições foi tomada (isto é, três microagulhas moldadas de cada uma das 3 matrizes individuais) e avaliada para comparar o diâmetro de base de microagulha sólida e o diâmetro de base de cavidade; comparar a altura de microagulha com o comprimento de cavidade, e comparar os raios de ponta de microagulha com os raios

de ponta de cavidade de recurso fino.

[00119]Com referência às figuras 6A e 6B, um artigo ou matriz de microagulha sólida 52 do Exemplo 4 foi moldado de acordo com o método 1 e visualizado sob um microscópio óptico (Olympus SZX12, Olympus America Inc., Center Valley, PA, EUA). A matriz de microagulha sólida 52 compreende uma base ou corpo de suporte com formato oval 54 e uma pluralidade de microagulhas sólidas 56. O corpo 54 é relativamente espesso e rígido medindo 762 mm de espessura em seção transversal (por exemplo, comparada ao corpo 62 nas figuras 7A-7C com uma espessura em seção transversal de 100 mm). Cada microagulha 56 tem um recurso de ponta fina 58. Conforme mostrado na figura 6B, as pontas 58 de duas microagulhas sólidas 56 têm raios de aproximadamente 5 μm . Observaram-se dimensões para as pontas de microagulha 58 tão baixas quanto cerca de 800 nm.

Microagulha Sólida com Base de Suporte de Parede fina Uniforme

Metade de molde A2

[00120]Uma modalidade de um molde que serve para produzir microagulhas sólidas que se estendem a partir de uma base de suporte de parede fina uniforme (por exemplo, conforme mostrado nas figuras 7A-7C) inclui uma primeira metade de molde de laminado empilhado ("Metade de Molde A2") constituída utilizando-se vinte placas de aço constituídas por estoque de cunha de aço A2, com as superfícies principais de cada placa que tem uma aspereza de superfície de aproximadamente 0,30 RMS μm . Cada placa tinha 10,00 mm de comprimento, 10,00 mm de largura, e 0,50 mm de espessura. Dois orifícios foram usinados através das superfícies principais de cada placa de modo a permitir que as placas fossem conectadas entre si utilizando-se o suporte de laminado de bloco em cunha (semelhante àquele mostrado na figura 5) e alinhados de modo a formar uma matriz 14 x 14 de cavidades de recurso com formato piramidal quadrado separadas (isto é, um total de 196 cavidades com formato piramidal).

[00121]Para formar o artigo moldado das figuras 7A-7C, a metade de molde de

laminado empilhado usada incluía uma cavidade de corpo com formato quadrado que tem um comprimento de 10,00 mm para cada parede lateral. Um elemento de inserção de parede móvel na face da cavidade de corpo definiu várias dimensões de espessura para a base de suporte que varia de 0,25 mm (mais espesso) e 0,10 mm (mais fino). As cavidades de recurso individuais na metade de molde de laminado empilhado eram aquelas de uma microagulha com formato piramidal tendo duas paredes laterais longas cada uma medindo 350 μm e duas paredes laterais curtas cada uma medindo 140 μm (vide a figura 3C), sendo que todas as quatro paredes laterais convergem para um comprimento de cavidade final de 500 μm . As cavidades de recurso de microagulhas foram espaçadas em uma matriz regular com uma distância de 508 μm entre os ápices das cavidades adjacentes. O ápice da cavidade de recurso de microagulha tinha um diâmetro de 5 μm ou menor. A microagulha formada em tal cavidade de recurso, de acordo com a presente invenção, pode ter uma ponta com um raio de cerca de 5 μm ou menor.

Metade de Molde B2

[00122]Na fabricação do artigo moldado das figuras 7A-7C, uma placa de canal a frio ("Metade de Molde B2") foi usada para canalizar a composição fundida nas cavidades de molde. A placa de canal a frio incluía uma passagem de jito que serve para direcionar a composição fundida em uma pluralidade de cavidades de artigo através de passagens de canal a frio correspondentes através das aberturas de porta de borda correspondentes. Um bloco de Beryllium Copper Moldstar® disponível junto à Moldmax® Thermal Management Solutions, Southfield MI, EUA, foi usado para manter o controle de temperatura adequado ao redor da placa de canal a frio e proporcionar uma boa transferência de calor para resfriar o artigo moldado. Um formato, colocação e dimensões de um bloco representativo são mostrados na figura 2A.

Método 2 (utilizar as metades de molde A2 e B2)

[00123]O método 1 foi usado para moldar com a Metade de Molde A2 e a Metade

de Molde B2. Utilizaram-se os parâmetros de moldagem a seguir: velocidade de injeção de 304,8 mm/seg, pressão de recalque de 137,8 MPa, tempo de retenção de 3 seg, temperatura de processamento de injeção de 540°F (282°C), e temperatura do molde em ejeção de 85°C.

[00124]Com referência às figuras 7A-7C, um artigo ou matriz de microagulha sólida 60 do exemplo 11 foi moldado de acordo com o método 2 e compreende uma base ou corpo de suporte de parede fina 62 e uma matriz 14 x 14 de microagulhas sólidas 64. O corpo 62 tem uma espessura de cerca de 100 µm. Devido ao fato de o corpo 62 ser tão fino, uma grande porcentagem dos mesógenos que fluem através da cavidade de corpo que formam o corpo 62 acabarão em um estado alinhado em fluxo dentro do corpo 62. As setas curvas nas figuras 7B e 7C mostram quão o corpo relativamente fino 62 pode ser dobrado ou flexionado embora o corpo 62 tenha uma alta concentração de mesógenos alinhados em fluxo. Este exemplo ilustra que embora os mesógenos alinhados em fluxo possam endurecer ou, de outro modo, fazer com que o TLCP se comporte de maneira anisotrópica, o(s) elemento(s) anisotrópico do artigo moldado (por exemplo, o corpo 62) pode(m) ser projetado(s) de modo que elimine(m) ou pelo menos reduza(m) as características anisotrópicas que podem ser indesejáveis para este elemento particular. Desta forma, o corpo 62 ainda pode ser flexível. As microagulhas sólidas 64 tinham uma altura média de cerca de 495 µm e raios de ponta médios de cerca de 3 µm.

Microagulha Sólida com Base de Suporte de Espessura de Parede Variável Metade de Molde A3

[00125]Uma modalidade de um molde que serve para produzir microagulhas sólidas que se estendem a partir de uma base de suporte tendo uma espessura de parede variável (por exemplo, conforme mostrado nas figuras 8A-8C) inclui uma primeira metade de molde de laminado empilhado ("Metade de Molde A3") constituída utilizando-se um laminado empilhado que compreende trinta e duas placas de aço

constituídas por aço inoxidável P20, com as superfícies principais de cada placa tendo uma aspereza de superfície de aproximadamente 0,20 RMS μm . As dimensões de cada placa eram: 25,40 mm de comprimento, 15,00 mm de largura, e 1,00 mm de espessura. Dois orifícios foram usinados através das superfícies principais de cada placa de modo a permitir que as placas fossem conectadas entre si utilizando-se o suporte de laminado de bloco em cunha (semelhante àquele mostrado na figura 5) e alinhados de modo a formar uma matriz 13 x 25 de cavidades de recurso com formato de prisma separadas (isto é, um total de 325 cavidades com formato de prisma).

[00126] Para formar o artigo moldado das figuras 8A-8C, a metade de molde de laminado empilhado usada incluía uma cavidade de corpo com formato retangular com uma dimensão de parede longa de 25,40 mm e uma dimensão de parede curta de 12,70 mm. Um elemento de inserção de parede móvel na face da cavidade de corpo definiu uma série de vales com dimensões de espessura variável que variam de 0,50 mm (mais espessa) a 0,05 mm (mais fina). As cavidades de recurso de microagulha individual na metade de molde de laminado empilhado eram aquelas de uma microagulha com formato de prisma tendo três paredes laterais cada uma medindo 350 μm , sendo que todas as três paredes laterais convergem para um comprimento de cavidade final de 900 μm (vide a figura 3A). As cavidades de recurso de microagulhas foram espaçadas em uma matriz regular com uma distância de 254 μm entre os ápices das cavidades adjacentes. O ápice de cada cavidade de recurso de microagulha tinha um diâmetro de 1 μm ou menor. A microagulha formada em tal cavidade de recurso, de acordo com a presente invenção, pode ter uma ponta com um diâmetro de cerca de 1 μm ou menor.

Metade de Molde B3

[00127] Na fabricação do artigo moldado das figuras 8A-8C, uma placa de canal a frio ("Metade de Molde B3") foi usada para canalizar a composição fundida nas cavidades de molde. A placa de canal a frio incluía um coxim de jito de ponta

quente que serve para direcionar a composição fundida diretamente para uma porta de ventilador que carrega a composição fundida em uma pluralidade de cavidades de artigo através da dimensão curta da cavidade de corpo retangular correspondente. Um bloco de Beryllium Copper Moldstar® disponível junto à Moldmax® Thermal Management Solutions, Southfield MI, EUA, foi usado para manter o controle de temperatura adequado ao redor da placa de canal a frio e proporcionar uma boa transferência de calor para resfriar o artigo moldado. A figura 2A mostra um formato de bloco representativo, colocação e dimensões.

Método 3 (utilizar as Metades de Molde A3 e B3)

[00128]O método 1 foi usado para moldar com a Metade de Molde A3 e a Metade de Molde B3. Utilizaram-se os parâmetros de moldagem a seguir: velocidade de injeção de 177,8 mm/seg, pressão de recalque de 103,4 MPa, tempo de retenção de 2 seg, temperatura de processamento de injeção de 550°F (288°C), e temperatura do molde em ejeção de 80°C.

[00129]Com referência às figuras 8A-8C, um artigo ou matriz de microagulha sólida 70 do Exemplo 12 foi moldado utilizando-se o Método 2. A matriz 70 compreende uma base ou corpo de suporte de parede de espessura variável 72 e uma matriz de 13 x 25 de microagulhas sólidas 74. O corpo 72 tem regiões ou cristas mais espessas alternadas 76 e regiões ou ranhuras mais finas 78 ao longo de seu comprimento. As cristas 76 e ranhuras 78 se estendem transversalmente ao longo de toda a largura do artigo 70. O corpo 72 tem uma espessura de cerca de 175 µm nas regiões mais espessas 76 e uma espessura de cerca de 54 µm nas regiões mais finas 78. As microagulhas sólidas 74 tinham uma altura média de cerca de 890 µm e raios de ponta médios de cerca de 1 µm.

Engrenagem com Recursos de Engrenagem de Microdimensões

Metade de Molde A4

[00130]A presente invenção também pode ser usada para produzir uma ampla

variedade de artigos com diferentes tamanhos que incluem, por exemplo, uma engrenagem (por exemplo, engrenagens cilíndricas, engrenagens helicoidais, engrenagens sem-fim, roda cônica, roda sem-fim, engrenagens cônicas espirais, engrenagens internas, engrenagens anti-retorno, etc.) com dentes de engrenagem micrométricos ou menores estendendo-se para fora a partir de uma parte central. Essa engrenagem também pode ser constituída por outros recursos de engrenagem micrométricos ou menores, além de dentes de engrenagem (por exemplo, um eixo de acionamento de engrenagem, raios e paredes de engrenagem, etc.). Uma modalidade de um molde (não mostrado) para produzir tal engrenagem com micro-recursos pode incluir um elemento de inserção de molde de eletroforma de níquel, ou qualquer outro elemento de inserção de molde convencional, ("Metade de Molde A4") que define a cavidade de corpo com formato de engrenagem desejada com uma pluralidade de dentes de engrenagem e outros recursos de engrenagem. Um elemento de inserção de molde de eletroforma de níquel pode ser desejado porque este pode replicar os recursos de um principal para criar formatos de cavidade de recurso fino no molde final. A superfície da cavidade com formato de engrenagem do molde de níquel deve ser lisa com uma aspereza de superfície, por exemplo, de aproximadamente 0,10 RMS μm . A engrenagem produzida utilizando-se este molde pode ter um diâmetro de 1,00 mm e uma espessura de 1,00 mm, com doze dentes de engrenagem. Cada dente de engrenagem pode ter uma espessura medida de cerca de 5 μm ou menor no ponto mais estreito ao longo da ponta anterior.

[00131]Na fabricação de uma engrenagem moldada, uma placa de canal a frio ("Metade de Molde B4") foi usada para canalizar a composição fundida nas cavidades de molde. A placa de canal a frio incluía uma passagem de jito que serve para direcionar a composição fundida em uma pluralidade de cavidades de artigo através de passagens de canal a frio correspondentes através das aberturas de porta de túnel correspondentes. Um bloco de Beryllium Copper Moldstar® disponível junto à

Moldmax® Thermal Management Solutions, Southfield MI, EUA, foi usado para manter o controle de temperatura adequado ao redor da placa de canal a frio e proporcionar uma boa transferência de calor para resfriar o artigo moldado. A figura 2A mostra um formato de bloco representativo, colocação e dimensões.

Método 4 (utilizar as Metades de Molde A4 e B4)

[00132]O método 1 foi usado para moldar com a Metade de Molde A4 e a Metade de Molde B4. Utilizaram-se os parâmetros de moldagem a seguir: velocidade de injeção de 101,6 mm/seg, pressão de recalque de 55,2 MPa, tempo de retenção de 1 seg, temperatura de processamento de injeção de 565°F (296°C), e temperatura do molde em ejeção de 90°C.

Composições Exemplificadoras

[00133]O material de polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP) usado nos Exemplos 1 a 10 acima era o Vectra® A950 natural não-preenchido comercialmente disponível. Vectra A (disponível junto a Ticona-Celanese) é um copoliéster aleatório que consiste em 27% de ácido hidroxinaftóico (HNA) e 73% de ácido hidróxi benzóico (HBA). A resina não-preenchida foi escolhida com a finalidade de maximizar o grau de degradação de orientação devido à tamboração direta e evitar o mascaramento dos efeitos hidrodinâmicos inerentes devido à presença de cargas. O material conforme recebido sob a forma de pélete extrudado foi submetido à sedagem a vácuo durante 4 a 6 horas a 150°C para garantir uma remoção de umidade desejada antes da moldagem. Experimentos com Vectra MT1300 também foram conduzidos. Vectra MT1300 é a versão de classificação médica Classe VI de Vectra A com a mesma química.

[00134]Os péletes de TLCP disponíveis junto à Vectra MT1300, Ticona Engineering Polymers, Florence KY foram usados para os Exemplos 11 e 12. Os péletes de TLCP tinham as características de material a seguir (tomadas a partir da literatura):

1) um módulo de tração de 10600 MPa (megaPascal) quando medido de acordo com ISO 527-2;

2) um estresse de tração em ruptura de 182 MPa quando medido de acordo com ISO 527-2;

3) uma tensão de tração em ruptura de 3,4% quando medida de acordo com ISO 527-2;

4) um módulo de flexão de 9100 MPa quando medido de acordo com ISO 178;

5) uma temperatura de deflexão de 187°C sob uma carga de 1,8 MPa quando medida de acordo com ISO 75-2;

6) uma temperatura de amolecimento Vicat de 145°C que derrete quando medida de acordo com ISO 306 em uma taxa de 50°C/hr; e

7) uma temperatura de fusão de 280°C quando medida de acordo com ISO 11357-3 em uma taxa de 10°C/min.

[00135]Péletes de TLCP preenchidos com vidro a 30% disponíveis junto à Vectra MT1310, Ticona Engineering Polymers, Florence KY também foram usados para os Exemplos 1 a 12. Os péletes de TLCP tinham as características de material a seguir (tomadas a partir da literatura):

1) um módulo de tração de 15000 MPa quando medido de acordo com ISO 527-2;

2) um estresse de tração em ruptura de 190 MPa quando medido de acordo com ISO 527-2;

3) uma tensão de tração em ruptura de 2,1% quando medida de acordo com ISO 527-2;

4) um módulo de flexão de 15000 MPa quando medido de acordo com ISO 178;

5) uma temperatura de deflexão de 235°C sob uma carga de 1,8 MPa quando medida de acordo com ISO 75-2;

6) uma temperatura de amolecimento Vicat de 160°C que derrete quando

medida de acordo com ISO 306 em uma taxa de 50°C/hr; e

7) uma temperatura de fusão de 280°C quando medida de acordo com ISO 11357-3 em uma taxa de 10°C/min.

[00136]Péletes de TLCP preenchidos com mineral a 40% disponíveis junto à Vectra MT4350, Ticona Engineering Polymers, Florence KY também foram usados para os Exemplos 1 a 12. Os péletes de TLCP tinham as características de material a seguir (tomadas a partir da literatura):

1) um módulo de tração de 9800 MPa quando medido de acordo com ISO 527-2;

2) um estresse de tração em ruptura de 105 MPa quando medido de acordo com ISO 527-2;

3) uma tensão de tração em ruptura de 3,2% quando medida de acordo com ISO 527-2;

4) um módulo de flexão de 10000 MPa quando medido de acordo com ISO 178;

5) uma temperatura de deflexão de 230°C sob uma carga de 1,8 MPa quando medida de acordo com ISO 75- 2 e;

6) uma temperatura de fusão de 335°C quando medida de acordo com ISO 11357-3 em uma taxa de 10°C/min.

[00137]Péletes de TLCP reforçados com mineral a 30% disponíveis junto à Zenite SC260 NC010, DuPont Engineering Polymers, Wilmington DE também foram usados para os Exemplos 1 a 12. Os péletes de TLCP tinham as características de material a seguir (tomadas a partir da literatura):

1) um módulo de tração de 10000 MPa quando medido de acordo com ISO 527;

2) um estresse de tração em ruptura de 130 MPa quando medido de acordo com ISO 527;

3) uma tensão de tração em ruptura de 5% quando medida de acordo com ISO 527-2;

4) um módulo de flexão de 7100 MPa quando medido de acordo com ISO 178;

5) uma temperatura de deflexão de 245°C sob uma carga de 1,8 MPa quando medida de acordo com ISO 75- 2 e;

6) uma temperatura de fusão de 335°C quando medida de acordo com ISO 11357-3 em uma taxa de 10°C/min.

Diretrizes para Projeto de Molde

[00138]Propriedades equilibradas ou isotrópicas (isto é, mesógenos não-alinhados ou tamborados em fluxo) em um corpo (por exemplo, uma seção de parede espessa de 750 mm ou maior) de um artigo moldado de acordo com a presente invenção, podem ser obtidas enquanto os recursos (por exemplo, microagulhas) sobre a superfície do corpo de artigo exibem propriedades anisotrópicas (isto é, mesógenos alinhados em fluxo), reduzindo-se significativamente a dimensão menor ou, de outro modo, restringindo-se a seção transversal da cavidade de molde à medida que o TLCP fundido passa da cavidade de corpo até as cavidades de recurso ou pelo menos até as câmaras de recurso fino. Por exemplo, a geometria de parede afunilada confinada de uma ponta de microagulha ou cavidade de recurso fino, conforme mostrado na figura 4B, pode causar tal alteração nas propriedades (isto é, alinhamento de mesógeno). Os perfis de velocidade local que resultam a partir de como o molde é preenchido com a composição de TLCP fundido podem levar a um comportamento cinemático complexo que incorpora dois modos de orientação, isto é, caráter de cisalhamento e caráter extensional. Quando a dimensão menor de uma cavidade de molde for estreita o suficiente, ou a seção transversal de cavidade for, de outro modo, suficientemente restrita, a força de cisalhamento resultante exercida sobre

a composição fundida é inhomogênea e pode ser caracterizada por uma extensão sobreposta que surge a partir das alterações na seção transversal de cavidade. A competição entre o cisalhamento e extensão durante o preenchimento da cavidade de molde pode afetar dramaticamente a orientação molecular (isto é, alinhamento) dos mesógenos de TLCP. Esta orientação molecular dos mesógenos de TLCP também pode ser intimamente impactada pelo processo de solidificação concomitante que ocorre na cavidade de molde. Através de um controle acionado por pressão via uma velocidade de injeção, é possível ajustar o estado de orientação final (isto é, alinhamento) dos mesógenos de TLCP no artigo moldado e produzir uma parte com o equilíbrio desejado de propriedades físicas. Esta nova compreensão permitiu a produção de partes com elementos de região ou corpo moldado relativamente espessos (por exemplo, 0,75 mm a 1,0 mm) que produzem uma distribuição relativamente igual de propriedades de 'cisalhamento' e 'transversal' (por exemplo, propriedades de tração), enquanto também moldam os recursos estruturais (por exemplo, matrizes de microagulha sobre a superfície do corpo) ou pelo menos elementos de recurso finos (por exemplo, pontas de microagulha) com estados de orientação de mesógeno de TLCP 'em cisalhamento' caracterizados por propriedades anisotrópicas ao longo da direção do fluxo da composição fundida que preenche o recurso estrutural ou elemento de recurso fino (por exemplo, propriedades de tração acentuadas ao longo do eixo longitudinal da agulha e/ou da ponta de agulha).

Dinâmica Orientacional

[00139]A orientação diretora de TLCP (isto é, a orientação dos mesógenos de TLCP) pode ser controlada controlando-se a velocidade na qual a composição fundida é injetada durante o preenchimento da cavidade de corpo do molde (isto é, durante o 1º estágio do ciclo de moldagem por injeção). Embora restrições geométricas na cavidade de artigo e outras cavidades de molde (por exemplo,

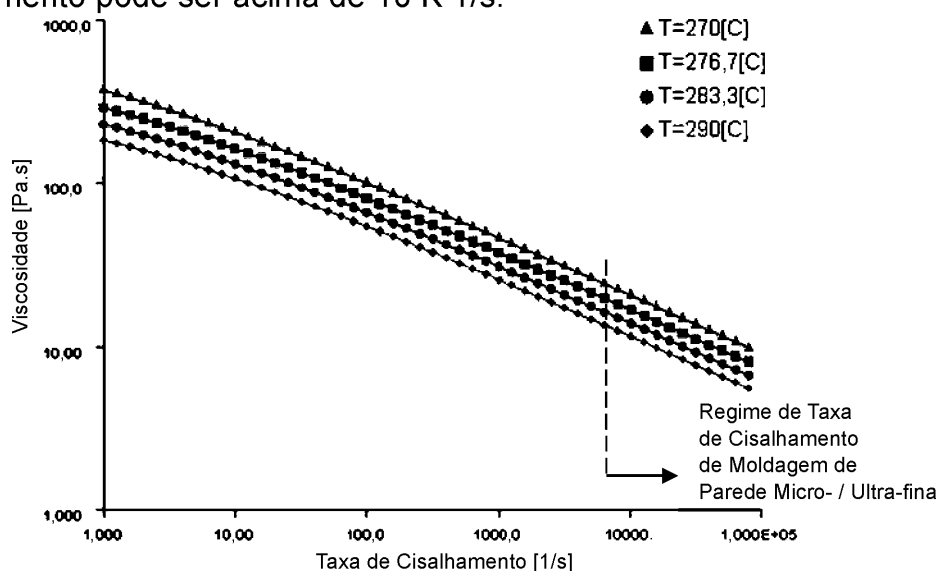
canais) possam levar a uma orientação induzida por cisalhamento, a tendência natural que os mesógenos no TLCP fundido se tamborem sob fluxo, eventualmente deteriore a anisotropia mecânica final na parte moldada. A seguir, encontra-se uma série de formas onde a orientação de mesógeno de TLCP pode ser controlada, de tal modo que a tamboração em fluxo possa ser mitigada e o alinhamento de fluxo possa ser promovido.

[00140]○ Antes da injeção por fusão no molde, a composição fundida não deve ser deixada no cilindro injetor durante um período de tempo muito longo (por exemplo, tipicamente não maior que cerca de 1 minuto). De outro modo, as reações de transesterificação acopladas à formação de cristalitos estáveis por fusão de ordem superior podem ocorrer, o que retardaria o desenvolvimento da orientação de mesógeno sob fluxo.

[00141]○ A injeção da composição fundida em velocidades muito rápidas (por exemplo, na ordem de cerca de 76,2 a cerca de 304,8 mm/segundo (cerca de 3 a cerca de 12 polegadas/segundo)) pode promover rapidamente um estado de orientação alinhado em fluxo dos mesógenos de TLCP e mitigar o princípio de tamboração em fluxo. Traçar o perfil da velocidade em estágios é possível se tamanhos maiores de dose estiverem disponíveis. Um sistema de injeção acionado por servomotor elétrico é preferencial com a finalidade de permitir a maior aceleração de rosca para qualquer tamanho de dose determinado.

[00142]○ O molde (por exemplo, a base de molde e quaisquer elementos de inserção de molde) deve ser mantido em uma temperatura de equilíbrio (por exemplo, acima de cerca de 45°C, porém, abaixo de cerca de 150°C) que permite uma diminuição suficiente de viscosidade sob cisalhamento da composição fundida, movendo-se através da cavidade de molde, de modo a garantir que a composição fundida tenha uma viscosidade suficientemente baixa para preencher apropriadamente a cavidade de molde.

[00143]○ As viscosidades típicas na ordem de 70 Pa.s até 20 Pa.s são possíveis quando taxas de cisalhamento muito altas foram exibidas na porta do molde. Portas de aba, borda e túnel podem ser configurações permissíveis. O gráfico abaixo ilustra a faixa de viscosidades de cisalhamento para o TLCP Vectra A em várias temperaturas de processamento. Para a moldagem de artigos com recursos micro-dimensionados, como aqueles aqui descritos, a faixa da taxa de cisalhamento pode ser acima de 10 K 1/s.



[00144]○ Para travar o estado de orientação alinhado em fluxo dos mesógenos de TLCP, a cristalização do TLCP na cavidade de molde deve ocorrer durante um quadro de tempo que seja menor que o tempo de relaxamento crítico da rede de polímero nemático (isto é, dos mesógenos alinhados em fluxo). Para o TLCP Vectra A, este tempo foi determinado de modo que não fosse menor que (isto é, maior que ou igual a) 1,5 seg após a injeção da composição fundida preencher a cavidade do artigo. Aplicando-se uma pressão de recalque positiva logo após a injeção (tempo de preenchimento de aproximadamente 0,2 seg), garante que o material fundido de solidificação rápida que entra no molde adote rapidamente o formato da cavidade enquanto trava no campo de orientação 'em cisalhamento' dada a rápida taxa de cristalização. A taxa de cristalização pode ser controlada ajustando-se a temperatura do molde e a pressão de injeção para

alcançar o desenvolvimento apropriado de fluxo que ajuda a impedir o relaxamento da cadeia polimérica (isto é, mesógeno).

[00145] Quando um 2º platina do ciclo de moldagem (estágio de pressão de recalque) for usado, pode ser possível preencher o restante de cada microcavidade até a cavidade de ponto mais agudo disponível no molde.

[00146] Para o caso das microagulhas aqui apresentadas, a replicação de moldagem de TLCP até 800 nm no ponto mais agudo foi observada como um resultado de vários fatores que incluem:

(1) Desenvolvimento de um estado de orientação nemática molecular alinhado em fluxo (isto é, mesógeno) durante o 1º estágio do preenchimento de molde.

(2) Uso de velocidades muito rápidas durante o preenchimento da cavidade do artigo, que pode induzir um alto grau de anisotropia nos mesógenos de TLCP, e que, por sua vez, pode ajudar a reduzir a viscosidade do fundido local na cavidade.

(3) Travamento na orientação de mesógeno de TLCP devido à rápida dinâmica de cristalização no molde.

(4) Ventilação apropriada de qualquer ar aprisionado através da ventilação de microcavidade.

(5) Disponibilidade de ferramentas de moldagem com uma resolução e tolerâncias submicrométricas de cavidade de recurso.

[00147] Esta invenção pode sofrer diversas modificações e alterações sem se afastar do espírito e do escopo da mesma. Consequentemente, esta invenção não deve ser considerada como limitada ao acima descrito, mas deve ser controlada pelas limitações estabelecidas nas reivindicações a seguir e quaisquer equivalentes das mesmas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de moldagem de um artigo **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

fornecer uma composição compreendendo pelo menos um polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP), com o TLCP compreendendo uma pluralidade de mesógenos;

fornecer um molde compreendendo uma cavidade de molde, com a cavidade de molde compreendendo pelo menos uma cavidade de recurso, e cada cavidade de recurso compreendendo pelo menos uma câmara de recurso fino;

aquecer a composição de modo a formar uma composição fundida compreendendo TLCP fundido;

preencher a cavidade de molde e a pelo menos uma cavidade de recurso com uma quantidade desejada da composição fundida de tal modo que a composição fundida que preenche a cavidade do corpo esteja se movendo a uma primeira velocidade de fluxo que causa pelo menos alguma tamboração de fluxo de mesógenos no correspondente TLCP fundido e a composição fundida preenchendo a pelo menos uma câmara de recurso fino esteja se movendo em uma velocidade de fluxo que causa o alinhamento de fluxo de pelo menos uma porção dos mesógenos no correspondente TLCP fundido em relação a uma direção do fluxo da composição fundida em movimento; e

solidificar a composição fundida de tal modo que os mesógenos de pelo menos o TLCP solidificado na pelo menos uma câmara de recurso fino mantenham substancialmente seu alinhamento de fluxo.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira velocidade de fluxo da composição fundida que preenche a cavidade de corpo é menor ou igual a 108 mm/s.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo

fato de que a velocidade de fluxo da composição fundida que preenche a pelo menos uma câmara de recurso fino é pelo menos 51 mm/s.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pelo menos uma câmara de recurso fino tem uma dimensão de recurso menor na faixa de 100 nm até 20 micrometros inclusive.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a diferença entre a primeira velocidade de fluxo e a segunda velocidade de fluxo é de pelo menos 12,7 mm/s.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os mesógenos do TLCP solidificado na pelo menos uma câmara de recurso fino estão molecularmente alinhados, em relação à direção do fluxo da composição fundida em movimento que preenche pelo menos uma câmara de recurso fino, por um fator de anisotropia na faixa maior que 0,4 até 1,0.

7. Artigo moldado **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um corpo e pelo menos um recurso estrutural integral tridimensional com o e se projetando para fora do dito corpo, o dito pelo menos um recurso estrutural compreendendo pelo menos um elemento de recurso fino tendo uma dimensão menor de até 100 micrometros, e o dito pelo menos um recurso estrutural compreendendo pelo menos um polímero de cristal líquido termotrópico (TLCP) tendo uma pluralidade de mesógenos, com pelo menos uma porção dos mesógenos ao longo da dita dimensão menor estando em um estado alinhado em fluxo, em que pelo menos 30% dos mesógenos de TLCP ao longo da dimensão menor de cada elemento de recurso fino são alinhados em fluxo, em que os mesógenos de TLCP em cada elemento de recurso fino exibem um fator de anisotropia médio na faixa de pelo menos 0,3 até menor que 1,0, e em que os mesógenos de TLCP alinhados em fluxo ao longo da dimensão menor de cada

elemento de recurso fino exibem um fator de anisotropia médio na faixa de pelo menos 0,5 até menor que 1,0.

8. Artigo moldado, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos 10% dos mesógenos de TLCP em cada recurso estrutural são alinhados em fluxo, com o restante dos mesógenos de TLCP em cada recurso estrutural tendo um estado de orientação relativamente isotrópico.

9. Artigo moldado, de acordo com a reivindicação 7 ou 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dimensão menor do dito pelo menos um elemento de recurso fino é menor ou igual a 500 μm .

10. Artigo moldado, de acordo com qualquer uma das reivindicações 7 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dimensão menor do dito pelo menos um elemento de recurso fino se encontra na faixa de 90 nm até 20 micrometros inclusive.

11. Artigo moldado, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito recurso estrutural tridimensional é uma agulha sólida.

12. Artigo moldado, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito elemento de recurso fino compreende uma borda principal ou ponta do dito recurso estrutural tridimensional e em que o dito elemento de recurso fino é uma ponta da dita agulha sólida.

13. Artigo moldado, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito recurso estrutural tridimensional é uma agulha oca.

14. Artigo moldado, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito elemento de recurso fino compreende uma borda principal ou ponta do recurso estrutural tridimensional e em que o dito elemento de recurso fino é uma ponta da dita agulha oca.

15. Artigo moldado, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito elemento de recurso fino compreende uma borda principal

ou ponta do dito recurso estrutural tridimensional e em que o dito elemento de recurso fino é um furo da referida agulha oca.

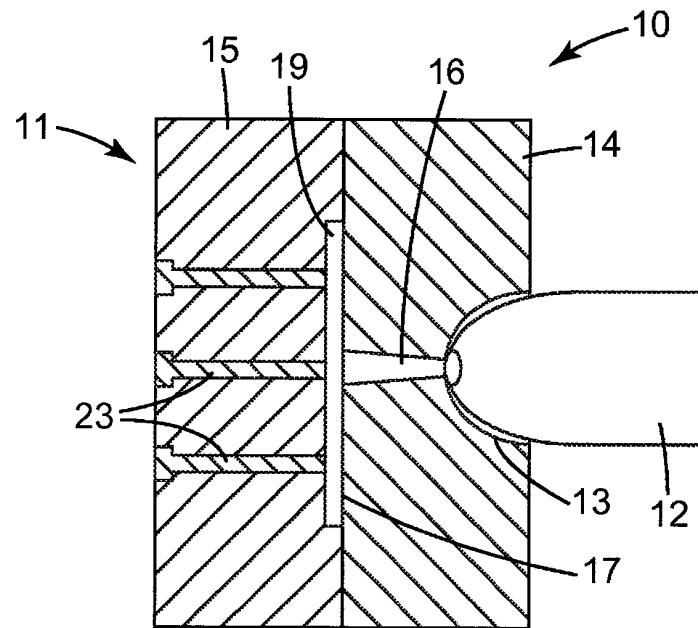


Fig. 1A
TÉCNICA ANTERIOR

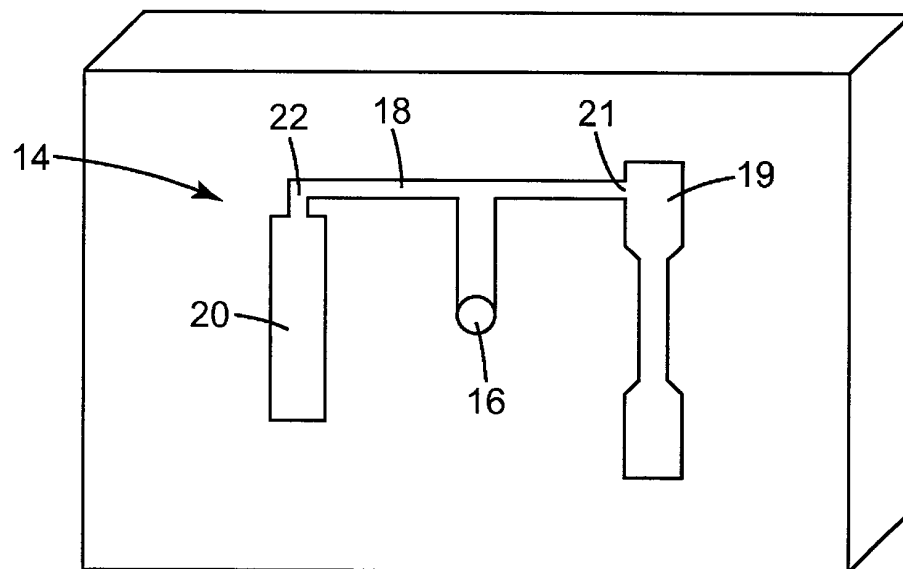


Fig. 1B
TÉCNICA ANTERIOR

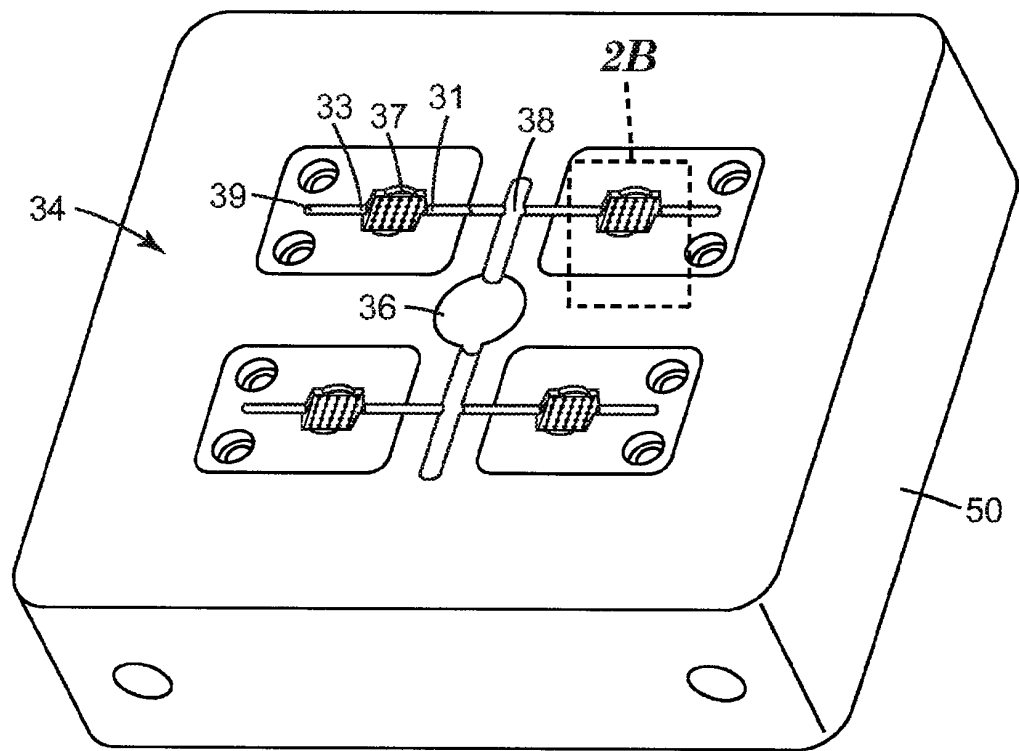


Fig. 2A

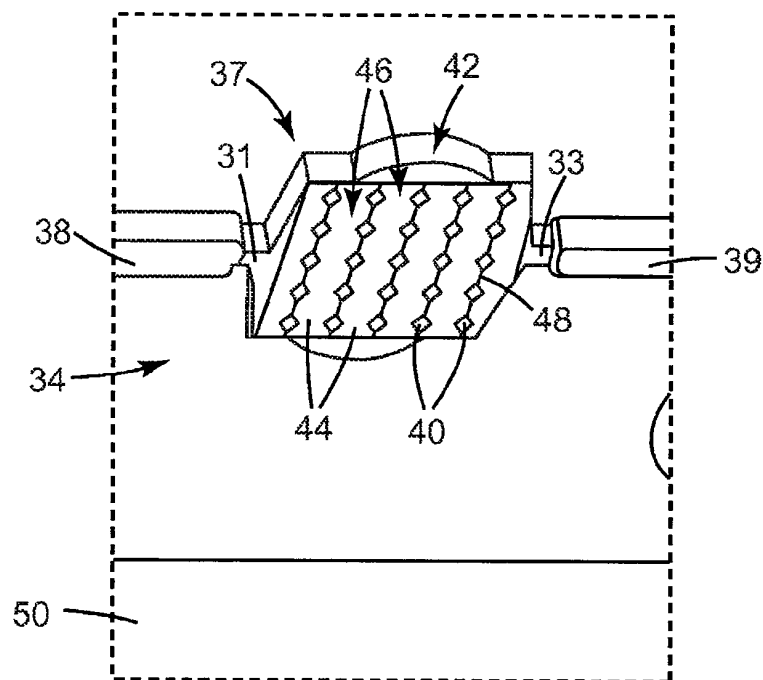
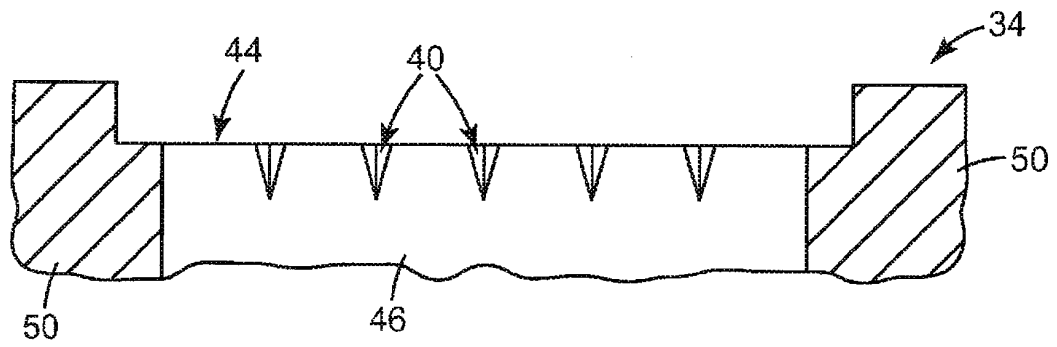
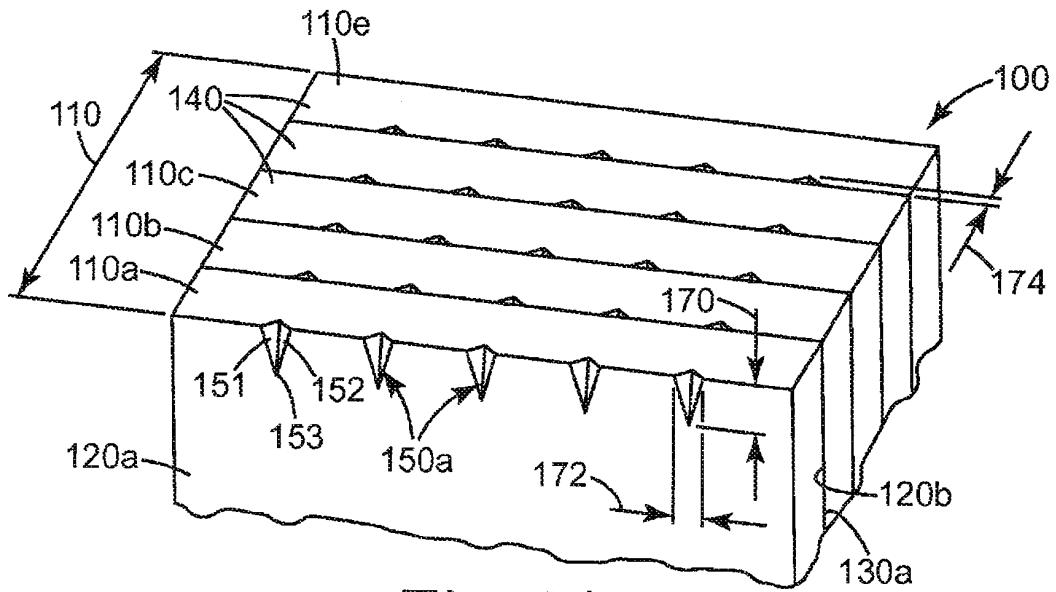
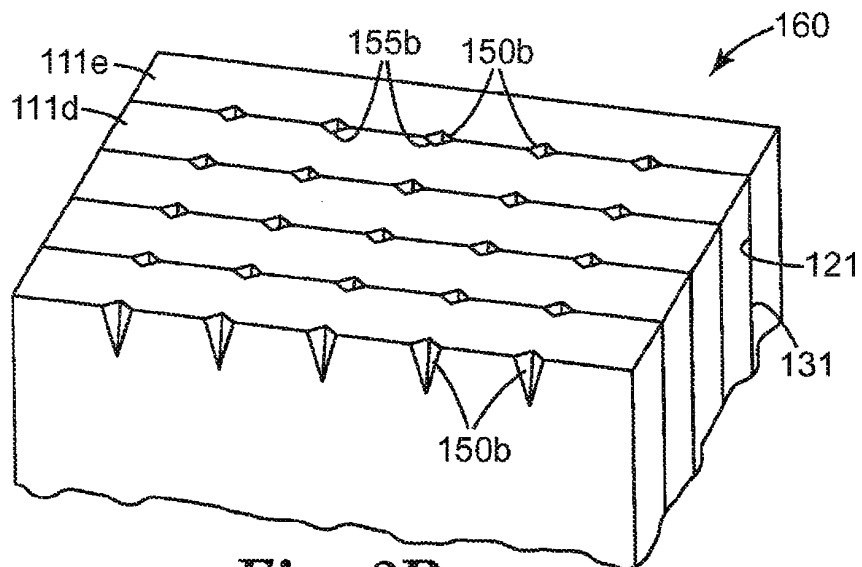


Fig. 2B

**Fig. 2C****Fig. 3A****Fig. 3B**

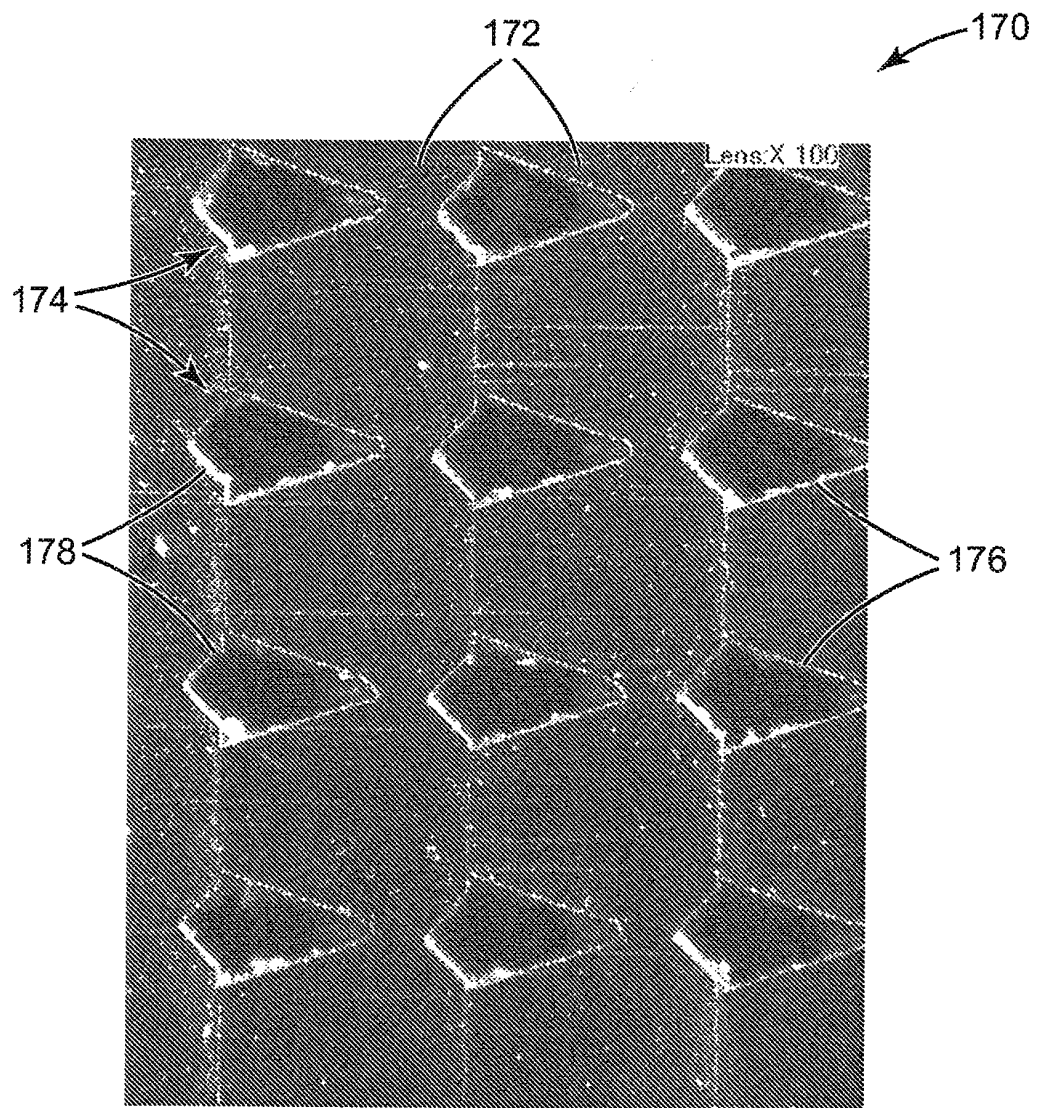


Fig. 3C

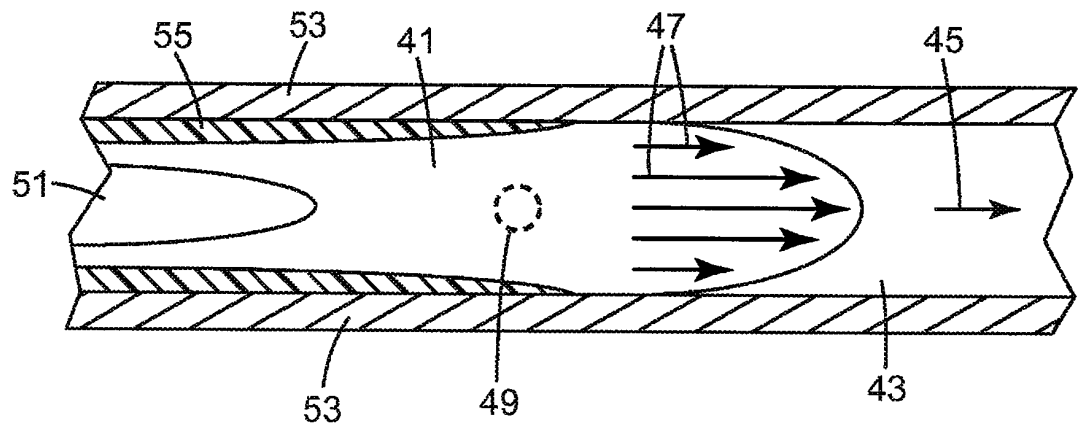


Fig. 4A

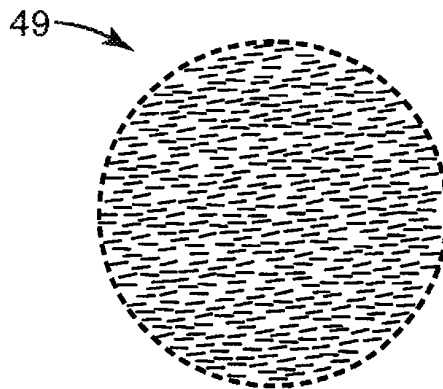


Fig. 4B

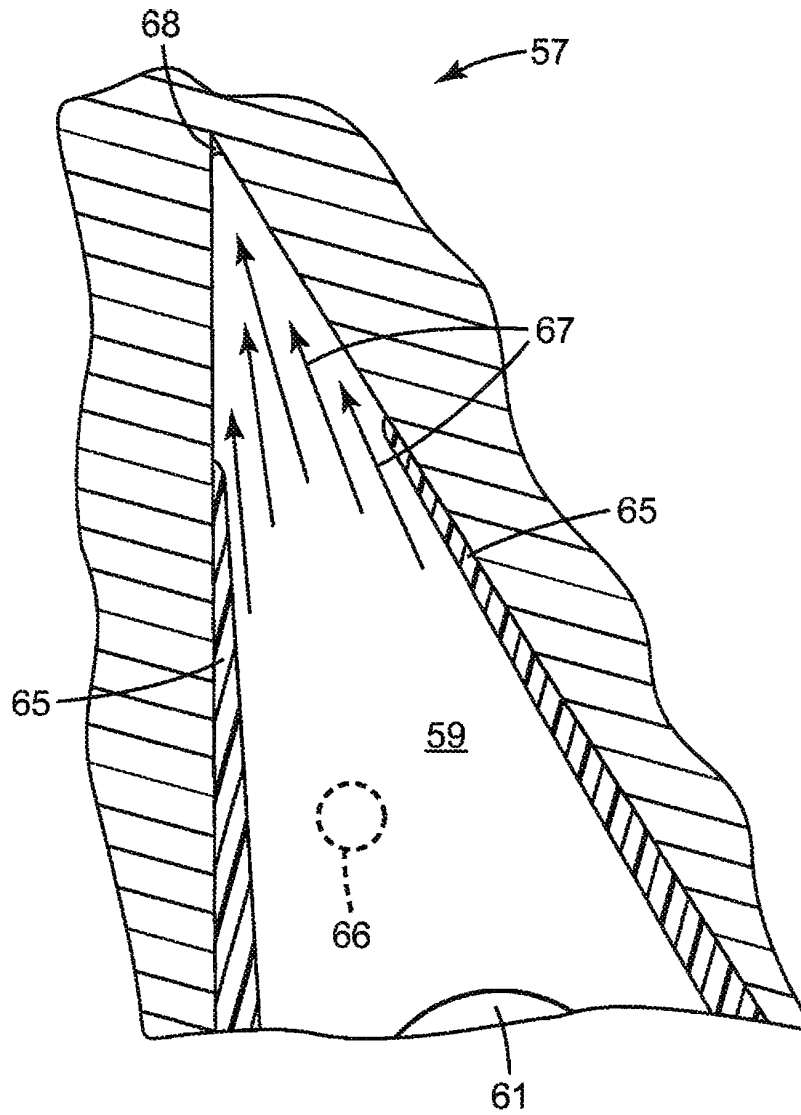


Fig. 4C

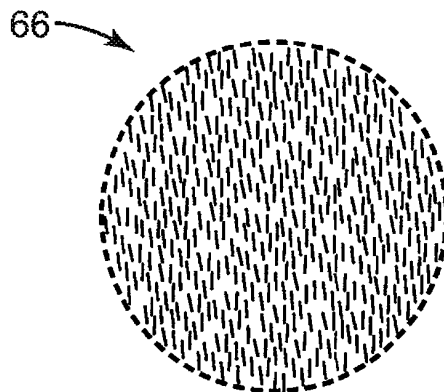


Fig. 4D

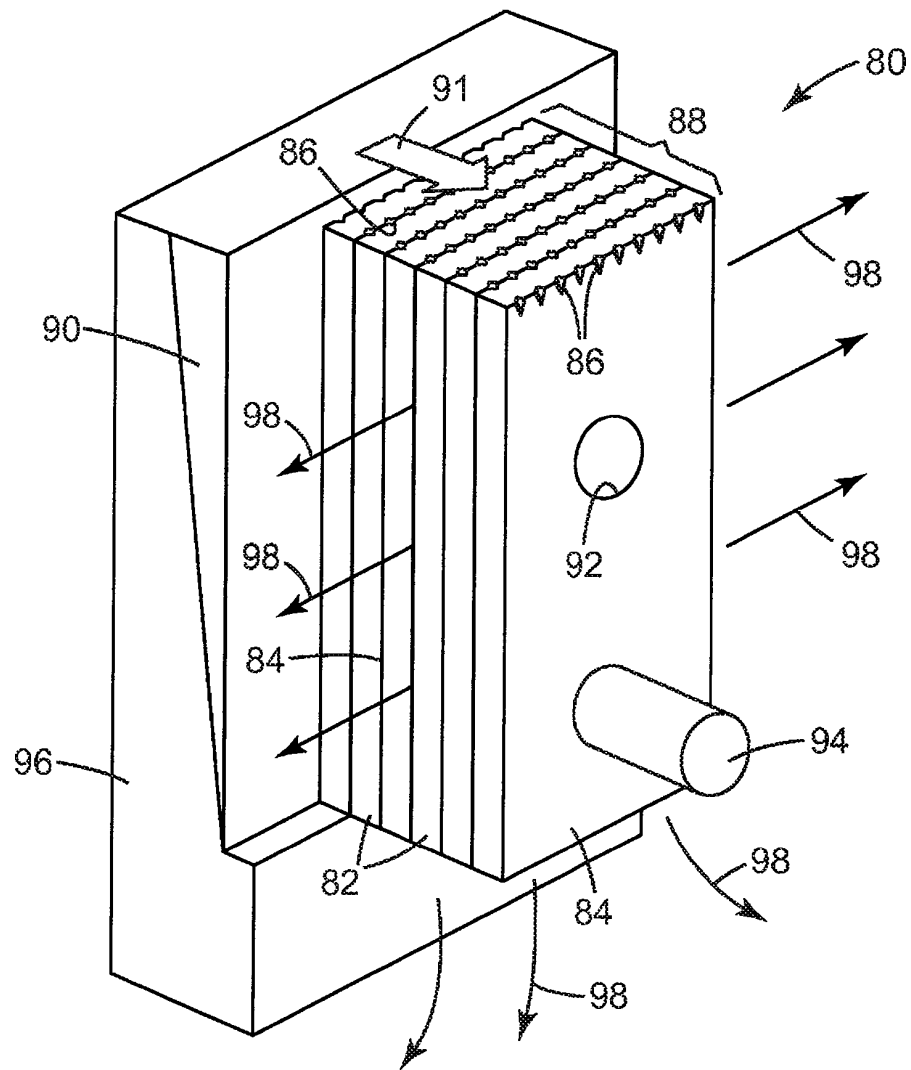


Fig. 5

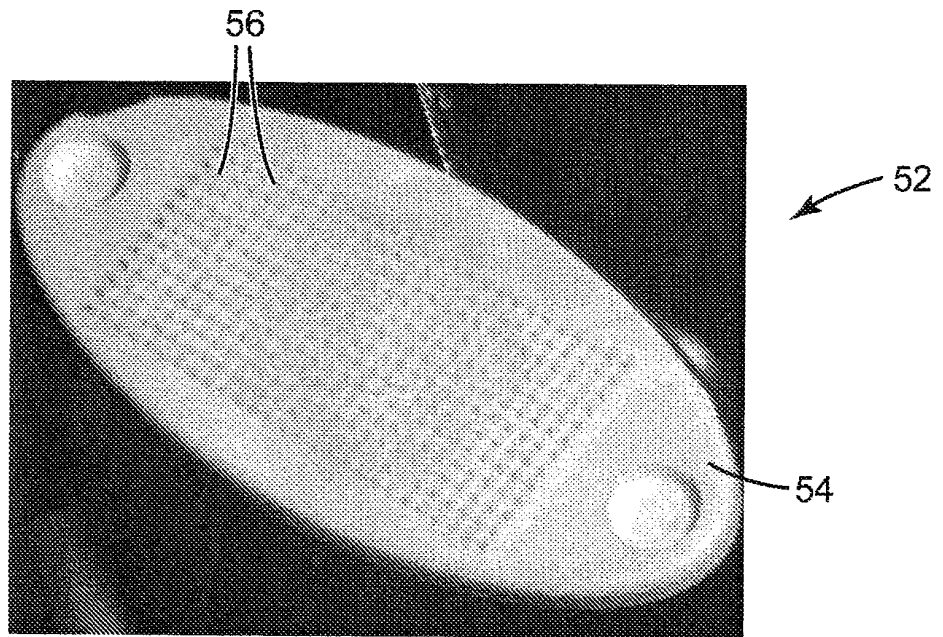


Fig. 6A

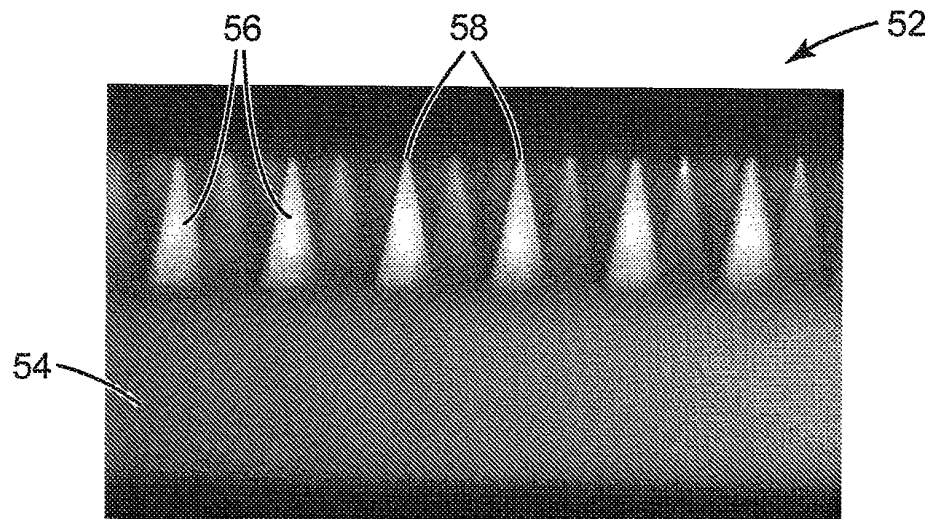


Fig. 6B

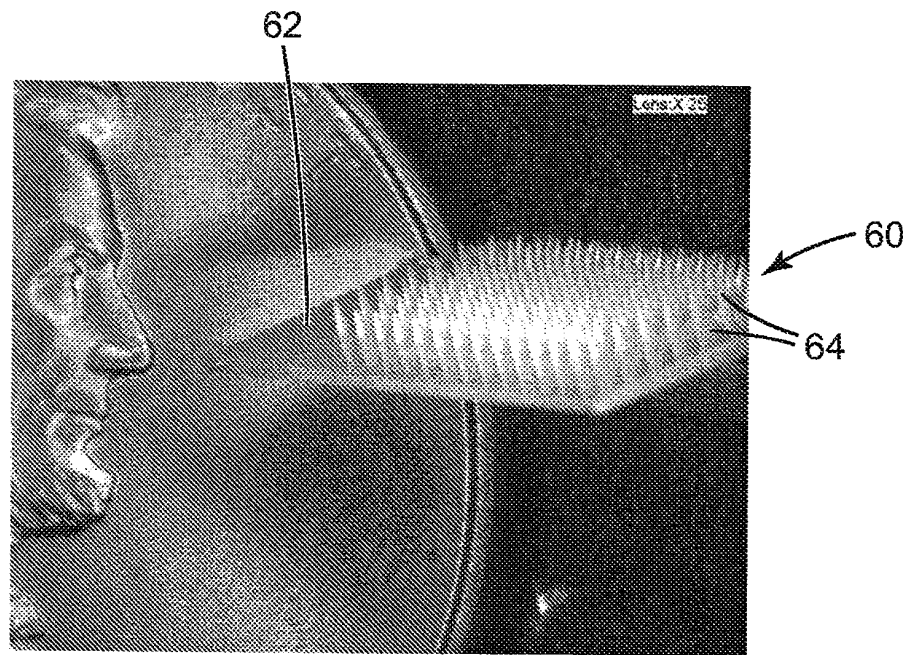


Fig. 7A

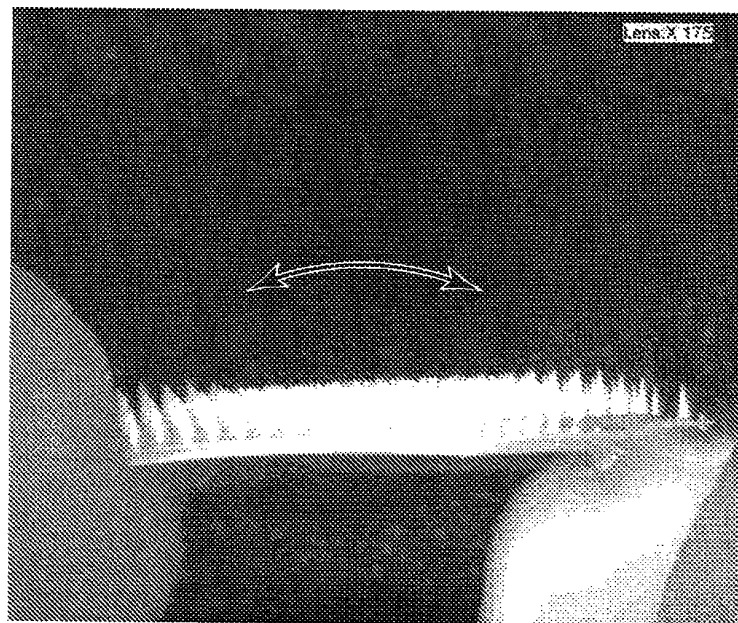


Fig. 7B

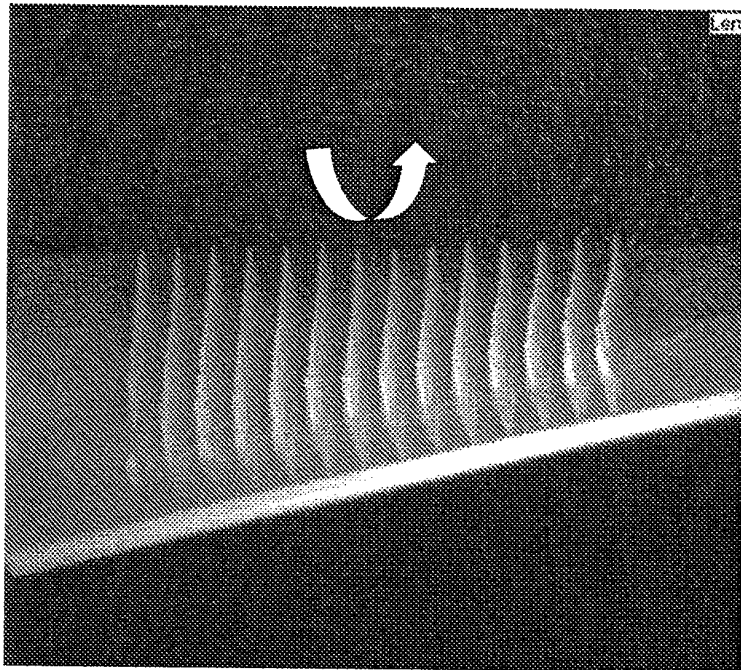


Fig. 7C

