



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

(21) PI 0714807-0 A2



* B R P I 0 7 1 4 8 0 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 19/07/2007
(43) Data da Publicação: 21/05/2013
(RPI 2211)

(51) Int.Cl.:
B29C 47/86
B29C 47/14
B29C 47/54

(54) Título: PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE UHMWPE

(30) Prioridade Unionista: 02/10/2006 EP 06 020690.1,
21/07/2006 US 11/491,356, 21/07/2006 US 11/491,361

(73) Titular(es): Quadrant Epp Ag

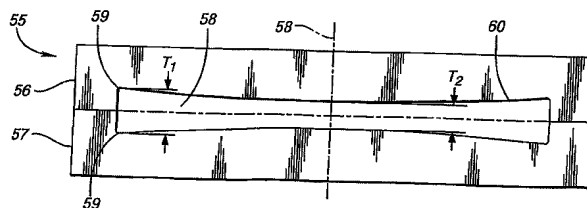
(72) Inventor(es): Joseph V. Gregg, Lyle D. Berning, Wesley
Allen Kohler

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler &
Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT CH2007000352 de
19/07/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/009150de
24/01/2008

(57) Resumo: PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE UHMWPE. A presente invenção refere-se a painéis de UHMWPE de grande largura que podem ser preparados por um processo de extrusão RAM contínua, empregando uma matriz do tipo fenda que estreita, de preferência, ambos os lados em direção transversal à da direção da máquina, e/ou que emprega uma pluralidade de zonas de resfriamento, posicionadas transversalmente, localizada na parte de cima e de baixo da matriz, próxima à saída da mesma. O painel sai da matriz em temperatura abaixo da temperatura de fusão cristalina



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE UHMWPE"**.

Antecedentes da Invenção

Campo da invenção

5 A presente invenção refere-se à produção de folhas de polietileno de ultra-alto peso molecular em larguras, de preferência, acima de aproximadamente 60 cm, pelo processo de extrusão RAM (extrusão por pistão).

Antecedentes da técnica

10 Polímeros convencionais de polietileno, conhecidos por muitos, ou seja, aqueles de baixa densidade e de alta densidade, são materiais sólidos cerosos, cujas propriedades de resistência não são reconhecidamente excepcionais. Além disso, devido à sua relativa maciez, enquanto geralmente oleosos, são facilmente erodidos. Polietileno de ultra alto peso molecular, "UHMWPE", "WHMWPE" é, por outro lado, um polímero excepcionalmente
15 forte e durável, totalmente diferente de seus similares menos sofisticados.

UHMWPE é preparado por processos especiais de polimerização, nos quais o peso molecular adquirido das cadeias de polietileno é excepcionalmente alto, variando em média, tipicamente, de $1,5 \times 10^6$ a 1×10^7 Dalton, e fornecido sob a forma de resina em pó. UHMWPE inclui também
20 aqueles polímeros definidos em ASTM D4020-05, D6712-01 e ISO 11542-2. Embora geralmente de natureza homopolimérica, o UHMWPE inclui também copolímeros com quantidades fixadas de outros comonômeros que podem se polimerizar. No caso de copolímero de UHMWPE, este deve atender às exigências supramencionadas de ASTM e ISO. A característica que torna
25 estes polímeros únicos é a sua cadeia polimérica muito longa. Embora polietileno comum possa ser fundido-extrusado, até mesmo o polietileno de peso molecular muito alto, as tentativas para fusão-extrusão de UHMWPE foram, em grande parte, mal sucedidas, apesar de muitas pesquisas nessa área, e virtualmente todos os produtos de UHMWPE são produzidos por moldagem
30 por compressão ou extrusão ram, conforme indicado pela Patente U.S. 5 286 576 que assinala que métodos de processamento aplicáveis a termoplásticos convencionais, como de extrusão contínua, calandragem e molda-

gem por injeção, não se aplicam geralmente ao UHMWPE.

Assim, por exemplo, a Patente U.S. 5 422 061 expõe a produção de componentes deslizantes por extrusão mono rosca de UHMWPE a partir do material fundido. No entanto, o êxito desse processo requer o uso de misturas de UHMWPE, polietileno ("PE") de peso molecular mais baixo e de lubrificantes. Há uma perda considerável em termos de propriedades mecânicas, resultante da diluição do UHMWPE com tipos de peso molecular mais baixo. Perdas adicionais em propriedades são causadas pela degradação, ocorrida por cisalhamento na extrusora.

10 A Patente U.S. 5 399 308 expõe um processo de fusão-extrusão através de uma matriz, cujo corte transversal é consideravelmente menor quando comparado ao diâmetro da extrusora, e em que é mantido gradiente muito baixo de velocidade de alongamento. No entanto, apesar destas exigências, somente PE de peso molecular muito alto e UHMWPE, no intervalo
15 mais baixo de peso molecular, de aproximadamente de $1,5 \times 10^6$, podem ser utilizados. A Patente U.S. 5 449 484 expõe uma geometria para extrusora mono rosca, a qual, segundo o afirmado, pode ser utilizada com resinas de PE de pesos moleculares acima de 1×10^6 . No entanto, perfis maiores não podem ser produzidos empregando este processo de fusão-extrusão.

20 As questões associadas ao processamento de UHMWPE são decorrentes, em parte, à natureza similar a gel do polímero quando acima de sua temperatura de fusão cristalina, em torno de 135°C a 150°C. Embora polietileno comum esteja em estado líquido viscoso com consistência de melço nestas temperaturas, UHMWPE é um gel expandido que possui viscosidade extremamente alta e que exerce tensão excepcional por fricção contra as paredes de extrusoras e os similares. As questões associadas ao
25 UHMWPE são descritas com clareza pelas Patentes U.S. 3 883 631 e 3 887 319. Pelos motivos discutidos nas mesmas, extrusão ram e moldagem por compressão têm sido, por conseguinte, até o momento, os únicos processos
30 utilizados extensamente para produção de produtos de UHMWPE extensamente.

Em moldagem por compressão, UHMWPE em pó é introduzido

em um molde similar a um cofre com seção de grande espessura. Em seguida, a cavidade do molde é recoberta por uma cobertura espessa que se ajusta ao seu interior e é disposta sobre o pó, seguido por aquecimento de todo o conjunto até acima da temperatura de fusão cristalina, ao mesmo tempo em que este é comprimido até uma pressão muito alta. Os moldes são, então, resfriados lenta e uniformemente, e o produto, em forma de placas grossas, é retirado do molde. Para produção de estoque fino, por exemplo, de 1 cm a 3 cm de espessura, as placas grossas são desbastadas e "aplainadas". O processo de desbastamento requer uma etapa extra, e o produto resultante pode apresentar margem em espiral. Conforme pode ser observado, a moldagem por compressão é um processo de produção de produtos de UHMWPE de custo alto e mão-de-obra intensa. No entanto, é essencialmente o único processo que pode ser utilizado para produção de painéis ou folhas de largura grande e, por conseguinte, um processo ainda muito utilizado.

Um processo contínuo para a produção de folha de UHMWPE de calibre fino tem sido utilizado pela Crown Plastics, Harrison, OH, EUA. Neste processo, uma prensa em esteira rolante, anteriormente fabricada pela Hoover Ball and Bearing Co. como o laminador Lam-N-Hard, e conforme descrita para uso em laminação de madeira por Tarkow *et al.*, "*Surface Densification of Wood*", FOREST PRODUCTS JOURNAL, 18(a):104-107, é utilizada para consolidar UHMWPE em pó. Contudo, o processo tem se restringido até agora à produção de folhas finas com espessura máxima de 3 a 4 mm e larguras relativamente estreitas. Somente recentemente, foi produzida uma folha de 0,6 m (24 polegadas) de largura por este processo, e acredita-se que seja impossível utilizar este processo para produzir folhas mais largas por causa das altas pressões envolvidas.

Extrusão ram (por pistão) é um processo único, consideravelmente diferente de fusão-extrusão. A extrusão ram pode ser ilustrada com referência às Patentes U.S. 3 883 631, 3 887 319 e 4 145 175. Apesar de, nestas referências, a tecnologia de extrusão ram ter sido exposta há mais de 25 anos, houve somente alterações em termos de ampliação em processos

de extrusão ram, desde então.

A figura 1 descreve o processo global, apresentando esquematicamente, em corte transversal, uma máquina de extrusão ram simples para produção de barra de UHMWPE. A máquina de extrusão ram é constituída por um componente de aço (2) de seção muito grossa com canal em seu interior 3 e em cuja margem o pistão 4 é recebido. UHMWPE em pó 5 flui por gravidade no canal 3, vindo do funil 6. Essa sequencia é repetida em poucos minutos. O canal 7 da matriz é aquecido por aquecedores 8 que a circundam e aquecem as partículas da resina até uma temperatura relativamente alta, por exemplo entre 177°C e 260°C (350°F e 500°F). Geralmente são evitadas temperaturas acima de 260°C (500°F), uma vez que o polímero oxida-se rapidamente acima desta temperatura. O polímero oxidado exerce ainda mais fricção contra a matriz e, por causa da oxidação, as características físicas dos produtos são reduzidas. O pistão exerce pressão de até alguns mPa (milhares de libras/polegada²) e consolida as partículas aquecidas similares a gel de UHMWPE. A barra de UHMWPE 9 deixa a matriz, em intervalos distintos, estando, nesse estágio, quente com temperatura acima da de fusão cristalina, e relativamente translúcida. No entanto, a alguma distância da face anterior da matriz, o polímero cristaliza e transforma-se em sólido opaco.

A extrusão ram tem sido utilizada para produzir perfis redondos de diâmetro relativamente grande, por exemplo, 300 mm, além de em tubo, perfis pequenos de formato complexo, e "placas" de largura até 660 mm e espessura de, por exemplo, 100 mm. No entanto, estas placas estão longe de permanecerem planas à medida que produzidas. Quando se necessita que sejam planas ou finas, as placas são desbastadas. O pistão, mesmo sendo feito de aço de resistência muito alta, por causa da alta fricção no interior da matriz e, conseqüentemente, as pressões muito altas envolvidas pode flambar-se. Este é especialmente o caso em peças cujo corte transversal é bem assimétrico, e ainda mais especialmente o caso em peças com corte transversal substancialmente retangular de alta razão de aspecto. Por exemplo, um pistão para produção de uma placa de 1 cm x 30 cm de corte

transverso retangular pode exibir flambagem, enquanto que um pistão de uma placa mais grossa, por exemplo, 10 cm x 30 cm, não terá virtualmente qualquer problema a esse respeito. Não só a flambagem danifica o pistão, mas, o pistão distorcido pode também arranhar as paredes da matriz, introduzido partículas de metal no produto e alterando a geometria da matriz.

Seria altamente desejável empregar extrusão por pistão para produzir folhas e painéis de grande largura, por exemplo, de 1 a 3 metros e de uma gama de espessuras, especialmente, em espessuras convencionais que possam ser vendidas no estado, sem desbastamento. Contudo, tentativas feitas para utilizar o processo de extrusão por pistão para preparar estas folhas e painéis de acordo com os padrões necessários dos produtos têm sido, em grande parte, mal sucedidas. A falha de outros no passado pode ser atribuída a alguns fatores. Em primeiro lugar, a natureza do UHMWPE é tal que há uma contração considerável de volume tanto no resfriamento quanto na cristalização. O diferencial de resfriamento ou cristalização gera uma tensão interna, conforme o faz graus diferentes de orientação do polímero. Em perfis pequenos ou mesmo em produtos maiores que são relativamente simétricos, esses problemas são mínimos ou, em certo grau, anulam-se. No entanto, em larguras grandes, estes problemas manifestam-se como "características do produto" indesejáveis como variações de espessura, dobramento, deformidades, fraturas em superfície, irregularidades em superfície, "movimentação", ondulação de margens, etc. Quanto maior a largura do produto, maior a dificuldade para controlar esses defeitos.

Além disso, o próprio equipamento para extrusão ram possui desvantagens graves. As grandes áreas de superfície na parte de cima e de baixo que se associam à matriz do tipo fenda, combinadas à alta pressão interna, criam forças que são muito difíceis de controlar. Uma matriz do tipo fenda de 1 cm de altura e 1 m de largura, e de 0,5 m de comprimento, pode apresentar força de $2,1 \times 10^6$ N ou mais, em cada metade da matriz, dependendo da pressão interna que é sempre alta. Os parafusos de contenção, nesse caso, terão que suportar uma força de quase $4,4 \times 10^6$ N. Mesmo quando feita de aço inoxidável de alta resistência com, por exemplo, 10 cm

de espessura em cada lado, a matriz ainda defletirá pela pressão interna resultante de uma placa com espessura pronunciadamente maior no meio em relação às margens. Matrizes desse tamanho e construção se romperão também, a não ser se sustentada por estruturas maciças de contenção, localizadas na parte externa da matriz.

Diferentemente de perfis simétricos, como barras, tubos, estoque quadrado ou perfis pequenos irregulares, a grande área de superfície e alta razão de aspecto de folhas e painéis fazem com que estas se deformem ao se resfriarem em temperatura abaixo da de fusão cristalina ao deixarem a matriz. Taxa diferentes de resfriamento e de cristalização podem causar deformidade, dobramento e irregularidades de espessura e superfície, além de outros defeitos similares. Nesse caso, estes defeitos requereriam, no mínimo, raspagem da superfície e retífica quanto ao tamanho. No entanto, às vezes, não se consegue remover estes defeitos, por exemplo, como deformidade e dobras.

Por todos os motivos acima, a produção por extrusão ram de folhas e painéis largos de qualidade comercialmente aceitáveis não foi considerada possível.

Sumário da Invenção

Foi surpreendentemente descoberto agora que painéis planos de UHMPE, em larguras acima de 0,6 m e espessura substancialmente constante, podem ser produzidos por extrusão ram através de matriz do tipo fenda, sob a forma de sólido parcialmente cristalino, a matriz do tipo fenda sendo provida com múltiplas zonas de resfriamento posicionadas transversalmente, na parte de cima e de baixo da matriz, próximas à saída da matriz. Foi ainda surpreendentemente descoberto que um produto mais plano, contando com mais qualidade, é obtido se a matriz provida for colocada entre uma estrutura de suporte, se a altura de sua fenda não for uniforme quando nenhuma pressão é exercida, e a matriz com uma fenda de altura não uniforme quando não está sob pressão, porém que auxiliada por sua flexão e a da estrutura de suporte sob pressão da extrusão ram, for distorcida de forma a fornecer um produto substancialmente plano. De preferência, a matriz,

conforme descrita, é utilizada em conjunto com as múltiplas zonas de resfriamento para que o processo resultante possa ser estável e robusto.

Breve Descrição dos Desenhos

5 A figura 1 ilustra esquematicamente o processo de extrusão ram.

A figura 2 é um desenho em perspectiva de uma matriz e estrutura de suporte de uma concretização de máquina de extrusão ram, adequada para produção de painéis largos.

10 A figura 3 é uma visão em perspectiva de uma concretização de matriz do tipo fenda, objeto da invenção, mostrando as zonas de aquecimento e de resfriamento.

A figura 4 é a visão de um corte lateral de uma concretização de uma matriz, mostrando um cabeçote vertical em forma aumentada.

A figura 5 é uma visão de uma concretização de matriz em sentido descendente.

15 A figura 6 é uma outra concretização de matriz objeto da invenção em sentido descendente.

A figura 7 é uma outra concretização de matriz objeto da invenção em sentido descendente.

20 A figura 8 ilustra uma concretização de um pistão cujo uso é adequado na presente invenção.

A figura 9 ilustra uma outra concretização de matriz do tipo fenda e quadro de janela de contenção, adequados para uso na presente invenção.

25 As figuras 10a - 10c ilustram três concretizações de marcações de disparo nos painéis de UHMWPE da invenção.

Descrição detalhada da(s) concretização(ões) preferida(s)

30 O processo de extrusão ram, empregando o fluxo ascendente da matriz, objeto da invenção, é substancialmente aquele descrito nas Patentes U.S. 3 887 319, 3 883 631 e 4 145 175, aqui incorporados por referência neste pedido de patente.

O campo da presente invenção pertence ao de extrusão ram de painéis de grande largura e razão, conforme doravante descrita. O termo

"painel" refere-se à extrusão substancialmente plana. Tipicamente, os cantos agudos do corte transversal nominalmente retangular podem ser arredondados e, de fato, as partes de toda a margem podem ser circulares, elípticas, etc. Geralmente, um corte transversal puramente retangular com cantos agudos não é o desejado, pelo aparecimento de pontos de tensão na matriz nestes cantos. A utilidade, em princípio, da presente invenção é a de produzir folhas de grande largura de espessura constante, esta espessura constante estendendo-se até uma posição ou próxima da margem. Dessa forma, a definição de "painel", conforme utilizado nesta exposição, pretende significar uma folha geralmente plana, cuja espessura varia em menos de $\pm 1,27$ mm ($\pm 0,050$ polegada) acima a de uma parte central do painel, essa variação incluindo, pelo menos, aproximadamente 80% de toda a largura do painel, de preferência, pelo menos, 90% da largura do painel e, o mais preferível, 95% ou mais de toda a largura do painel. Dessa forma, a produção de uma folha em forma de "halteres" ou outro corte transversal, cujas margens são significativamente mais grossas ou finas do que a maior parte do painel, não se afastaria do espírito da invenção. Estas margens podem ser facilmente removidas, de preferência pelo fabricante, porém também pelo usuário final, por etapas de serragem e fatiamento.

Por causa de sua largura grande e sua assimetria, decorrente da relação entre grande largura e aspectos quanto à espessura, a produção de painéis largos a partir de uma matriz substancialmente retangular, ou seja, uma matriz com superfícies substancialmente paralelas em toda a sua largura, é muito problemática, tendo havido muitas tentativas mal sucedidas para esse efeito. Diferentemente de muitos produtos menores de extrusão ram, produzidos em temperaturas de saída acima daquela de fusão cristalina, painéis de grande largura, quando a cristalização é iniciada, poderão se distorcer de maneiras imprevisíveis pelo volume contraído durante a cristalização, bem como pelas tensões internas criadas. No entanto, a solidificação completa antes de saída matriz não é geralmente praticada pela perda de contato com as paredes da matriz. Se as paredes da matriz forem progressivamente estreitadas até a saída, o contato pode ser mantido, porém a pres-

são acumulada pode, às vezes, ser tão alta que conduza à separação das metades da matriz ou até mesmo a sua ruptura ou a de seu suporte.

Os painéis de UHMWPE da presente invenção são parcialmente cristalinos, por terem saído da matriz tipo fenda do equipamento de extrusão ram em temperatura abaixo daquela de fusão cristalina. Enquanto que para painéis de calibre fino, ou seja, aqueles com espessura de 1,5 a 2 cm ou menos, a temperatura de todo o painel (por exemplo, em toda a sua espessura) pode ser inferior à de fusão cristalina, para painéis especialmente mais largos, o interior do painel pode estar em temperatura mais alta. Dessa forma, não é necessário que todo o painel esteja nesta temperatura baixa, desde que a superfície do painel e, de preferência, o interior do painel até uma profundidade de aproximadamente 3 mm, esteja abaixo da temperatura de fusão cristalina. Para reduzir ainda mais a temperatura interna de painéis largos, a taxa de extrusão pode ser diminuída, fazendo com que mais tempo seja gasto na zona de resfriamento; a zona de resfriamento pode ser estendida ou a temperatura do fluido de resfriamento pode ser diminuída. Esses métodos podem ser empregados isoladamente ou em qualquer combinação.

Os Requerentes descobriram surpreendentemente um meio para que um produto solidificado seja fornecido sem perda de contato com a matriz, ao mesmo tempo em que quaisquer excursões de pressão são minimizadas. O processo faz uso de um dispositivo de contra-pressão que é objeto de um pedido de patente copendente, intitulado "Processo para Extrusão Ram de Produtos de Folha de UHMWPE" e depositado em data paralela ao presente. No entanto, apesar de utilizarem um dispositivo de contra-pressão, os Requerentes constataram ser muito difícil manter o processo operando de maneira estável, ou seja, definido como a produção de um produto plano comercialmente aceitável com taxa de rejeição pequena.

Os Requerentes acreditam que a natureza não robusta destes processos decorre de fatores que destroem a uniformidade produzida de painéis amorfos, iguais aos ocorridos durante resfriamento e cristalização, porém, nesse caso, as irregularidades estão presentes na matriz, em oposição ao lado externo da matriz. Os Requerentes descobriram surpreenden-

temente que um processo robusto pode ser provido se uma pluralidade de três ou mais zonas de resfriamento estiverem localizadas próximas à face de saída da matriz, distribuídas na orientação da largura, sobre a metade de cima e a de baixo da matriz, ou em uma matriz monolítica, acima e abaixo da matriz tipo fenda. As zonas múltiplas de resfriamento estão, de preferência, em arranjo simétrico sobre a metade de cima, a de baixo, ou ambas, próximas à linha central da matriz. O mais preferível é que sejam utilizadas de 5 a 10 zonas de resfriamento, ou mais, sobre a parte de cima ou de baixo, números maiores sendo mais vantajosos à medida que aumenta a largura do painel. Até o presente, para folhas de aproximadamente 1 m a 1,2 de largura, 5 a 7 zonas de resfriamento de tamanho substancialmente igual, conforme apresentado na figura 2, são utilizadas de preferência. As metades de cima e de baixo da matriz não precisam ter o mesmo número de zonas de resfriamento, porém um número igual é preferido.

As múltiplas zonas de resfriamento são controladas independentemente. Cada zona de resfriamento é controlada, de preferência, independentemente, embora possa ser constatado, em uma determinada instalação, que duas ou mais zonas podem ser controladas juntas. A experiência demonstrou, no entanto, que controle independente é altamente desejável e, na maioria das circunstâncias, este é necessário. Cada zona de resfriamento possui, de preferência, a sua própria entrada e saída, embora saídas possam ser compartilhadas paralelamente em zonas adjacentes em desenhos adequados. Conexão em série de todas as zonas não funcionará. As zonas são alimentadas por um fluido de resfriamento, o qual pode ser em gás ou líquido, porém é altamente preferido que seja líquido, devido às altas demandas de remoção de calor. O líquido de resfriamento pode ser água, embora glicóis ou outros fluidos de transferência de calor possam ser utilizados. A água é preferível, sendo desejável um sistema fechado com meio de resfriamento que assegure temperatura uniforme da água. A temperatura em uma determinada zona é medida por meios adequados de medição, de preferência por termopar, posicionado na matriz próxima à zona, e o fluxo e ou temperatura do líquido refrigerante são regulados por controles convencio-

nais do processo. De preferência, válvulas de controle proporcional, em vez de válvulas do tipo liga/desliga, são empregadas, e a regulação de temperatura é, de preferência, ajustada por variação da taxa de escoamento do líquido refrigerante, em vez de ajuste de sua temperatura. A temperatura pode também ser ajustada, resfriando a temperatura suficientemente abaixo da desejada e, em seguida, elevando a temperatura para a desejada por aquecimento elétrico. Esse método não é preferido. A temperatura, em cada zona de resfriamento, é regulada, de preferência, entre $\pm 1,7^{\circ}\text{C}$ (3°F) do ponto fixado, mais preferivelmente $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ (1°F).

10 A temperatura de cada zona é ajustada para que um produto plano seja fornecido. Em uma concretização de máquina, as zonas de resfriamento, posicionadas em toda uma das metades da matriz, estarão na mesma temperatura daquela para a maior parte em que a máquina opera, e as zonas de resfriamento na parte de baixo da matriz estarão em temperatura
15 uniforme entre si, porém em temperatura diferente daquela das zonas de resfriamento da metade de cima da matriz. Dependendo, em parte do comprimento da zona de resfriamento na direção da máquina, a temperatura de cada zona pode variar de 27°C (80°F) a 93°C (200°F), de preferência de 32°C (90°F) a 82°C (180°F). As zonas de resfriamento da parte de baixo são
20 geralmente mantidas em temperatura mais baixa do que aquelas na parte de cima, ou seja, diferentes em aproximadamente $0,6^{\circ}\text{C}$ a 14°C (1°F a 25°F), em geral, aproximadamente $1,7^{\circ}\text{C}$ a $8,3^{\circ}\text{C}$ (3°F a 15°F). Foi surpreendentemente descoberto que as temperaturas mais baixas produzem folhas com marcas de disparo de altura relativamente baixas. As múltiplas zonas de res-
25 friamento transversais podem ser utilizadas também com matrizes desenhadas para extrusão de painéis mais estreitos, por exemplo, de 0,4 m de largura.

O operador da máquina, observando a saída de painéis da máquina, ajustará individualmente a temperatura das zonas de resfriamento, se
30 forem notadas deformidades ou imperfeições na superfície. Por exemplo, se o painel deformar ou dobrar em direção ascendente sobre o lado direito à frente, as zonas da parte de cima ou da parte de baixo correspondentes à

posição da deformidade serão ajustadas fazendo com que a zona da parte de cima fique mais fria ou a zona da parte de baixo fique mais quente, ou ambos. Em geral, é desejável que a temperatura de uma determinada zona seja o mais próxima possível daquela de zonas vizinhas para minimizar resfriamento irregular. De maneira similar, se toda a folha dobrar-se uniformemente, ou seja, "em espiral", então o diferencial de temperatura entre as zonas de cima e as de baixo é ajustado para remover a dobra. Somente treinamento mínimo do operador é necessário para manter a operação estável.

O processo pode ser ainda facilmente implementado sob a forma de processo automático em computador e/ou programa, por exemplo, de varredura transversal do painel, em uma ou mais posições, juntamente com o seu comprimento, por meio de comparador óptico ou dispositivo similar, ou medidores sensíveis, etc., que detectam deformidade ou dobra, e que efetua correções automaticamente. Cabe observar que devido à natureza dos problemas associados à extrusão ram de painéis de alta razão de aspecto, inúmeros fatores causarão instabilidade, por exemplo, oscilações em temperatura de refrigerante, alterações em lote de matéria-prima, etc., e até mesmo a abertura de uma porta para o ambiente em que está ocorrendo a operação. Informação adicional referente às zonas de resfriamento será apresentada nos Exemplos.

Os painéis, objeto da invenção, devem ser planos, ou seja, sem deformidade e dobra, além de com espessura uniforme, de preferência de $\pm 0,76$ cm (0,030 polegada). O corte transversal é, dessa forma, substancialmente retangular. No entanto, os lados dos painéis são geralmente arredondados, pelo menos, nos cantos, visto que esse arredondamento diminui a pressão na matriz, além de eliminar cantos agudos da matriz que poderiam ser, então, pontos de tensão que poderiam se romper nas temperaturas altas envolvidas. Por "substancialmente retangular", pretende-se significar uma folha geralmente plana quando considerado o resultado final, com lados perpendiculares, curvos ou com mesmo raio, e principais superfícies paralelas ou substancialmente paralelas. Da mesma forma, uma matriz retangular do tipo fenda é aquela com duas faces de comprimento iguais à largura do

painel a ser produzido, sendo estas faces planas e paralelas entre si, sob pressão de extrusão, as faces unidas por lados que são, de preferência, redondos ou de mesmo raio. O caráter plano dos painéis e das faces da matriz é o responsável pela produção de um painel substancialmente plano que satisfaz a definição "substancialmente retangular" na presente exposição.

Foi constatado, no entanto, que se uma matriz de geometria substancialmente retangular, quando não submetida à pressão operacional, for empregada como matriz na extrusão de painéis de grande largura, os painéis resultantes não exibem espessura uniforme, apresentam inúmeras irregularidades de superfície e, em geral, o produto final é de qualidade comercial inferior e geralmente não aceitável. Para a maioria das aplicações, a superfície destes produtos deverá ser retificada ou desbastada para que fique plana. Esse processo resulta em desperdício do polímero caro e acrescenta etapas adicionais ao processo que aumenta mais ainda o seu custo.

Foi constatado que é vantajoso utilizar uma matriz, construída com forma diferente de substancialmente retangular, especialmente uma forma na qual a região periférica das superfícies de cima e de baixo da matriz do tipo fenda não são planas e paralelas entre si, acoplada a uma estrutura de suporte que, semelhantemente à matriz, distorce sob pressão, o revestimento da matriz e da estrutura de suporte que permita que a distorção da matriz não retangular, sob pressão operacional, transforme a abertura da matriz em uma abertura que permita a produção de um produto plano. Em uma outra concretização, a matriz e a estrutura de suporte estão fundidos em um componente, empregando metades maciças da parte cima e da parte de baixo da matriz. Esta matriz maciça não é preferida, devido ao seu custo.

A geometria preferida da matriz é aquela na qual a maior parte da porção central da matriz é de altura inferior à de suas regiões periféricas. Quando a matriz expande contra a estrutura de suporte, as regiões periféricas da matriz distorcerão menos, enquanto que a área central e a estrutura de suporte acima e abaixo da área central distorcerão mais, levando as faces da matriz a uma geometria substancialmente paralela. Para fins desta invenção, uma matriz terá geometria substancialmente paralela se, durante a

operação, um painel com variações de espessura acima de sua largura, com valor de 3σ inferior a 1,27 mm (0,050 polegada) for produzido. Os Requerentes descobriram que um painel de alta qualidade de grande largura pode ser produzido, empregando uma matriz que possua, de preferência, cabeçote duplo de extrusão, e um no qual a matriz é resfriada próximo da saída de forma que o painel deixa a matriz em temperatura abaixo daquela de fusão cristalina.

Os cabeçotes duplos de uma concretização da matriz objeto da invenção podem ser divididos conceitualmente em cabeçote vertical e cabeçote transversal. O cabeçote vertical é um estreitamento da matriz próximo ao final de sua entrada, conforme observado lateralmente ou seja, um estreitamento em direção vertical. O cabeçote transversal é um estreitamento da altura da matriz do tipo em direção transversal à da máquina, ou seja, em toda a largura do estoque de painel produzido continuamente.

O cabeçote vertical é mostrado mais claramente por referência à figura 4. A matriz 40 é submetida é retificada, de preferência, a partir de aço inoxidável, em duas peças 41 e 42. A matriz do tipo fenda 43 possui altura substancialmente constante na direção da máquina, até o cabeçote vertical, embora seja possível suprir um cabeçote estreito adicional à matriz em suas zonas de calor. Dessa forma, em vez de ser necessário um único cabeçote vertical, pode haver vários cabeçotes verticais, ou um único cabeçote cuja inclinação aumenta progressivamente, as paredes da matriz tornando-se substancialmente paralelas antes da face de saída da matriz 44, e antes ou próxima da zona de resfriamento. A área 45 é a área de entrada do pistão e possui altura substancialmente constante para acomodar o pistão 46. A abertura 47 permite a introdução de UHMWPE em pó na cavidade 49. O pistão avança em direção à face de saída da matriz 44 e para no ponto 50, compactando, dessa forma, a resina em pó em um comprimento L2. O cabeçote vertical inicia no ponto 50, embora possa iniciar também mais adiante, ou seja, mais próximo da face de saída da matriz 44. O cabeçote, diferentemente daqueles ensinados pela técnica anterior para uso na produção de perfis pequenos, é mínimo, o ângulo incluído θ , de preferência, menor do

que 10° no total, mais preferivelmente menos de 5° e, o mais preferido, entre 1° e 3°. O cabeçote pode ser simétrico próximo da linha central 51 da matriz, ou pode ser assimétrico desde que todo o cabeçote esteja expresso em uma das metades da matriz. De preferência, o vertical é dividido desigualmente entre as metades da matriz e tenha um pouco menos de 3°, no total. O cabeçote estende-se pelo comprimento L1. Este comprimento é determinado pelo ângulo do cabeçote e a razão entre a altura do canal de entrada do pistão e a altura nominal da fenda de saída da matriz. Em uma matriz para produção de estoque de painel de valor nominal de 0,953 cm ou próximo a 0,375 polegada de espessura, o comprimento do cabeçote vertical é, de preferência, em torno de 7,5 cm (3 polegadas). Se o comprimento deste cabeçote for muito longo, ou se a sua extensão atingir substancialmente as zonas de resfriamento da matriz, a incompressibilidade bem conhecida de UHMW-PE tenderá a forçar a separação das metades da matriz, em extensão ainda maior do que a decorrente de pressão interna normal.

A figura 5 ilustra uma concretização da face de saída de uma matriz, objeto da invenção. Nesta concretização, a fenda da matriz torna-se cada vez mais estreita à medida que progride em direção à linha central 58 em sentido transversal. A matriz 55 é apresentada mais uma vez em duas peças 56 e 57. Na margem da fenda da matriz 58, a altura T_1 é substancialmente a mesma da espessura nominal do painel a ser produzido, porém é, de modo geral, ligeiramente maior do que a do painel após a saída da matriz. Os cantos 5a são, de preferência, chanfrados ou arredondados, por exemplo, em 59, para aliviar a tensão e minimizar a fricção. Na linha central da matriz, a altura T_2 é inferior a T_1 . Para um painel de largura nominal de 1,2 m, a diferença $T_1 - T_2$ é de aproximadamente 0,05 mm a 0,5 mm, dependendo da deflexão da matriz e de sua estrutura de suporte, mais preferivelmente em torno de 0,3 mm. A forma da superfície da matriz que está em contato com o UHMWPE pode ser, de maneira expediente, em corte cônico, pelos menos em parte. Exemplos destes cortes cônicos são parábolas, hipérbolas, elipses oblatas e prolatas, círculos, etc. Cabe observar que, a não ser se indicado de outra forma, uma "curvatura" inclui uma curva de raio infi-

nito, ou seja, uma linha reta.

Se a altura na margem da fenda de saída da matriz for T , a altura em outras partes da matriz pode ser estabelecida aproximadamente por T_e e T_m , onde T_e é a altura em uma distância D_e da margem da cavidade, onde D_e é 22,5 cm (9 polegadas) ou menos, e T_m é a altura da cavidade em uma distância D_m da margem da cavidade, onde D_m é $> 22,5$ cm (9 polegadas). Os valores de T_e e T_m para matrizes de larguras nominais de 1,2 m, são fornecidos, então, por

$$T_e = T_1 - 0,00275 D_e \text{ e}$$

$$T_m = T_1 - [0,00275 D_e - (0,00175 (D_m - D_e))]$$

As constantes 0,00275 e 0,00175 estão relacionadas com a espessura da matriz (não com a altura da cavidade), a espessura de qualquer estrutura de suporte, a largura da matriz, etc., devido à natureza complexa do processo e as excentricidades da matriz, etc., por si só, por exemplo, as passagens de resfriamento, comprimento de matriz, zona de transição de matriz, etc.; para matrizes de dimensões consideravelmente diferentes, constantes diferentes e valores limitantes de D_e e D_m deverão ser determinados. É possível usar como recurso técnicas como análise finita de elementos, para a qual há programas disponíveis. No entanto, pode ser mais eficaz retificar a matriz, por tentativa e erro, com retirada conservadora do material, para que a forma final seja aproximada por refinamentos sucessivos sem ter-se que reiniciar processo de retífica.

A diferença $T_1 - T_2$ pode ser determinada empiricamente por produção de uma matriz com valor de $T_1 - T_2$, de preferência, inadequado, conduzindo uma extrusão ram de experiência e medindo as diferenças em espessura do painel produzido, em sentido transversal ao da máquina. Em caso de serem observadas diferenças significativas em espessura ou irregularidades na superfície, a matriz pode ser, então, retificada, para uma variação maior em altura na fenda. Cabe observar que a forma mais vantajosa da superfície da matriz não é necessariamente circular, porém pode ser, na verdade, parabólica, hiperbólica, elíptica, etc., e pode ser de fato, conforme discutido posteriormente, estreitada em várias vezes.

Foi constatado com esforço que a forma da fenda da matriz e o valor de $T_2 - T_1$ são dependentes de vários fatores, os quais, reunidos, definem a geometria necessária. O último termo pretende significar uma forma de fenda de matriz que, junto com os parâmetros operacionais da máquina, por exemplo, tipo de resina, temperatura, pressão interna, comprimento (di-
5 direção da máquina) da matriz; largura (transversal) da matriz, produza um painel com variação de espessura em toda a largura do painel abaixo de 1,27 mm (0,050 polegada), mais preferivelmente, abaixo de 0,76 mm (0,030 polegada) e, o mais preferível, abaixo de 0,51 mm (0,020 polegada). Como
10 esses valores representam a variação total de espessura, as oscilações de altura de superfície são geralmente \pm a metade destes valores, ou seja, de preferência, \pm 0,25 mm (0,010 polegada) ou menos.

Os parâmetros mais importantes na determinação do cabeçote transversal da fenda são: a pressão interna, a largura do painel e os meios
15 que restringem a deflexão da estrutura de suporte, preferivelmente utilizados. À medida que a largura do painel aumenta, a força exercida sobre as duas metades do molde, em qualquer pressão fixada, aumenta também. Esta pressão tenderá a forçar as metades do molde a separarem-se e, em máquinas anteriores, literalmente assim o fez. As metades da matriz da concre-
20 tização preferida das máquinas, objeto da invenção, possuem aproximadamente 11 a 12 cm de espessura. Se estas metades da matriz não forem suportadas em sua face externa, elas se curvariam tanto ao produzir um painel de 1 cm de espessura e 1,2 m de largura que se deformariam e quebrariam. Seria possível, evidentemente, produzir as metades da matriz com material
25 mais grosso. No entanto, aço inoxidável é caro e, até mesmo em as metades de matrizes com 25 cm de espessura, a dobradura ainda seria grave. Um material preferido para as matrizes é o aço inoxidável T420, de preferência polido e revestido com material resistente a desgaste e, de preferência, lubrificante. Os revestimentos de conversão e, de preferência, revestimentos de
30 metal, como cromo ou níquel endurecido, podem ser utilizados. Vantajosamente, são utilizados revestimentos de carbono similar a diamante (DLC), como os fornecidos pela Diamonex Products, Allentown, PA, como Diamo-

nex® DLC, ou revestimentos de diamante amorfo, como os expostos na Patente U.S. 6 103 305, aqui incorporada por referência neste pedido de patente. Estes revestimentos de diamante são bem conhecidos por seus coeficientes baixos de fricção. Componentes periféricos de matrizes podem ser produzidos de aço endurecido, por exemplo, aço pré-endurecido PHS 4140.

O grau de distorção da matriz em sentido transversal à direção da máquina depende da largura do painel em produção. Quanto maior a largura do painel, maior a área de superfície interna da matriz e maior a força exercida sobre as metades da matriz. Além disso, a distorção, transversal à direção da máquina, pode ser vista como uma força momentânea distante dos dispositivos de fixação que unem as metades da matriz. Por exemplo, em uma matriz de duas peças, presa em suas laterais por uma série de parafusos e dispositivos similares, a distorção será maior, quanto mais distante estiver dos dispositivos de fixação. Dessa forma, a matriz distorcerá um pouco mais no meio do que nas margens. Ademais, a força sobre os parafusos de fixação receberá uma contribuição muito maior da área central da matriz do que aquela de suas margens.

A fim de diminuir a distorção da matriz, é utilizada, de preferência, uma estrutura de suporte de "quadro de janela" (concreta) com as matrizes da presente invenção. O "quadro de janela" consiste em suportes maciços acima e abaixo das matrizes, estes suportes possuindo módulo alto. De preferência, os suportes são feitos de aço carbono, por exemplo, aço Viscount® 44. Os suportes são apresentados na figura 2, representados por 21 e 22, acima e abaixo da matriz 20. Estes, juntamente com parafusos de união 23, localizados em ambos os lados da estrutura, formam um "quadro" em torno das metades 20a e 20b da matriz, mantendo-as sob compressão. Em uma máquina preferida, os suporte superior 21 e o inferior 22 possuem aproximadamente 40 cm de espessura ou mais alta, e aproximadamente 3/4, desde que a matriz esteja na direção da máquina. A sua largura é maior do que a das metades da matriz, em aproximadamente 10 a 15 cm em cada lado, para que parafusos maciços possam ser utilizados, em conjunto, contra a tensão. Apesar da massividade (cerca de 3 toneladas de aço, cada) dos

suportes, a deflexão ainda é observada. No entanto, quanto mais maciço o suporte, menor a deflexão. Suportes múltiplos individuais, em vez de um único suporte, podem ser utilizados também.

5 Dessa forma, para painéis relativamente "estritos" de 0,6 a 1 m, pelo uso de suportes de corte excepcionalmente pesado, por exemplo, 1 m de espessura, ou por chanfro reverso dos suportes contra distorção, a fenda da matriz pode possuir cabeçote transversal mínimo ou até mesmo nenhum cabeçote. No entanto, estes suportes maciços não são geralmente desejáveis, não só por aumentarem o custo da máquina, mas também porque acarretam aumento de peso importante, requerendo, dessa forma, uma base
10 mais forte e muito mais maciça, ou seja, piso, para suportar o peso.

A figura 6 é uma concretização alternativa, particularmente útil para painéis de menos de 1,2 m de largura. Na figura 6, onde os cabeçotes estão aumentados a título de clareza, a matriz 60 está novamente dividida
15 em duas peças, 61 e 62. A fenda 63 possui um corte plano 64, em cada metade da matriz, e cortes estreitados 65, por cabeçote com ângulo θ_2 muito baixo incluído. Este ângulo incluído possui geralmente muito menos do que $0,5^\circ$, sendo, de preferência, em torno de $0,1^\circ$. Um cabeçote de $0,05^\circ$ em cada metade do molde, por exemplo, pode ser satisfatório. A junção 66, entre o
20 corte plano e cabeçote, pode ser suave ou arredondada. O cabeçote, transição entre porção estreitada e porção plana, e comprimento da porção plana são ajustados para permitir a produção de um painel plano.

A figura 7 ilustra uma concretização preferida da presente invenção que combina as características da figura 5 e da figura 6. Na figura 7, a
25 matriz 70, para um painel de aproximadamente 1,2 m de largura e 1 cm de espessura, possui cabeçotes laterais 71, conforme na figura 6, de preferência, estendendo-se para o interior desde a margem da matriz por aproximadamente 10 a 40 cm, de preferência, 20 a 30 cm, em ângulo θ_2 de preferência entre $0,02^\circ$ e $0,1^\circ$, o mais preferível de aproximadamente $0,06^\circ$. A porção
30 central 72 das faces da matriz, em vez de ser reta, é curva em direção ao interior ("convexa"), em direção à linha central horizontal da matriz, com raio longo L, por exemplo, de 200 m a 1000 m, de preferência, de 250 m a 500

m. A porção central da matriz é convexa em cada face e possui raio de preferência de $1000/2 W$, onde W é a largura da fenda de saída, em metros. Acoplado a um suporte de quadro de janela de espessura de aproximadamente 40 cm, foi surpreendentemente constatado que estas superfícies rela-
5 tivamente não planas da matriz, com cabeçote duplo (cabeçote lateral mais curvatura central) não resultaram em um produto de espessura estreitada, porém, sim, um painel plano produzido com espessura altamente uniforme e excelente qualidade de superfície.

Em ainda uma outra concretização, a matriz do tipo fenda é reti-
10 ficada para conter um corte principal reto não estreitado, ou mesmo um com cabeçote reverso, ou seja, com altura maior no meio do que nas margens, porém contornada por suportes de quadro de janela, conforme apresentado na figura 9, onde, mais uma vez, os contornos são aumentados a título de clareza. Os suportes 91,92 possuem superfícies estreitadas em direção ao
15 interior, os quais, quando montados sobre as metades da matriz 95, 96, distorcerão a fenda 97 para que a forma não seja substancialmente retangular, porém mais similares às das figuras 5 e 6. Dessa forma, quando montada, a matriz não será substancialmente retangular. Em operação, no entanto, a pressão no molde tentará forçar a separação das metades da matriz, a su-
20 perfície da estrutura de suporte ao lado da matriz se curvará para o centro acima, em torno do meio do suporte, e fenda se projetará para fora e distorcerá até próximo da forma final, ou seja, até uma forma na qual o painel produzido possua um corte transversal substancialmente retangular.

Dessa forma, em relação à geometria da matriz, a forma da fen-
25 da é tal que as superfícies de cima e de baixo fornecidas do painel produzido sejam substancialmente planas, quando sob carga, ou seja, na alta pressão operacional do processo de extrusão ram. Esse resultado é obtido com o uso de molde contornado que distorça até a forma desejada sob carga; um molde sem contorno, com um quadro de janela contornado que possa dis-
30 torcer, ou molde sem contorno com quadro de janela maciço e que não possa distorcer substancialmente. Para uma matriz de cerca de 1,2 m de largura e altura de fenda de saída de cerca de 1 cm, a espessura dos suportes aci-

ma e abaixo da matriz deverá ser de aproximadamente 0,75 m, para a última concretização. Matrizes preferidas contarão também com o cabeçote vertical, descrito anteriormente.

Os pistões utilizados na produção dos painéis, objeto da invenção, são do tipo pistão de passo, conforme ilustrado na figura 8, feitos de preferência de aço de alta resistência, como o aço Viscount® 44. O final 71 do pistão 70 que penetra na cavidade 45 da figura 4 possui espessura ligeiramente menor do que a da cavidade e comprimento de aproximadamente L_2 (consultar a figura 4). O pistão é de preferência hidráulico, operado por um ou mais cilindros hidráulicos, e penetra na matriz através de um lacre, por exemplo, de poliamida. Os atributos precedentes do pistão são típicos dos pistões utilizados em extrusão por pistão de formas convencionais. Da margem estreita 71 até a parte hidráulica (à direita, não mostrada), a espessura do pistão aumenta significativamente até uma seção muito mais grossa 72. Esta seção mais grossa reduz a flexão e qualquer tendência a entortar-se que ocorreria de outra forma. A espessura da parte 72 do pistão pode ser de 7 cm, por exemplo, enquanto que a "língua" 71 pode ser de 1 cm. Observar que a língua do pistão, no caso da concretização preferida, é somente ligeiramente mais grossa do que a espessura no final da saída, por fator que corresponde à cabeça vertical da matriz. É possível também empregar pistões com língua da mesma espessura daquela da saída da matriz, porém este não é preferido, exceto, talvez, em painéis de espessura maior, por exemplo, 4 cm, de preferência de 10 cm ou mais.

A matriz contém pelo menos uma seção aquecida e outra resfriada, em relação à direção da máquina. Uma seção aquecida está próxima da porção da matriz de entrada do pistão, embora possa ser vantajoso também estabelecer uma zona de resfriamento entre o ponto de entrada do pistão ou cavidade 45 da figura 4 e a zona de aquecimento, para minimizar a sinterização da resina em pó próxima da entrada do pó. A zona de aquecimento inicia, de preferência, aproximadamente 15 cm (6 polegadas) antes que o cabeçote vertical inicie, e continua por um comprimento, na direção da máquina, que permita a consolidação completa do UHMWPE. Este compri-

mento variará inversamente com a temperatura estabelecida na zona aquecida, a "zona quente", e diretamente com a espessura do painel. Nenhuma dessas variáveis inversas e diretas é necessariamente linear. Painéis mais grossos requerem período mais longo em uma determinada temperatura para consolidar o interior do painel. A temperatura na zona quente é, de preferência, de 127°C (260°F) a 260°C (500°F), mais preferivelmente, de 204 a 232°C (400 a 450°F) e, o mais preferível, de aproximadamente 216°C (420°F). Temperaturas acima de 260°C (500°F) tenderão a causar degradação oxidativa da resina e não são desejadas. A zona quente pode ser dividida em várias subzonas de temperaturas variadas. As temperaturas são percebidas por dispositivos convencionais, de preferência, termopares, conectados a dispositivos automáticos de controle de temperatura. O aquecimento é obtido, de preferência, por aquecedores em cartucho inseridos transversalmente na matriz.

Várias destas zonas de aquecimento são apresentadas no desenho em perspectiva de uma matriz do tipo fenda na figura 3. As duas metades, 30 e 31, da matriz possuem passagens 32, perfuradas através da matriz, em sentido transversal à direção da máquina. Estas passagens podem conter aquecedores por resistência do tipo cartucho, ou podem usar óleo quente, etc., como fluido de aquecimento.

A seção de resfriamento está localizada, de preferência, próxima à saída da matriz, e consiste em várias passagens de resfriamento 33, cada uma com entrada e saída. Também são possíveis outros arranjos de zonas de resfriamento, por exemplo, várias entradas perfuradas em paralelo à direção da máquina e comunicando-se com uma ou mais saídas em comum, perfuradas transversalmente à direção da máquina. O arranjo em si não é fundamental. No entanto, independente do arranjo, as zonas de resfriamento deverão permitir o estabelecimento de variação de temperatura desejado, em sentido transversal à fenda da matriz, por exemplo, para manter a área central da fenda em temperatura mais alta ou mais baixa do que a de regiões periféricas ou de zonas intermediárias.

É altamente vantajoso para a operação do presente processo de

extrusão de pistão minimizar a pressão acumulada no interior da matriz. O bom controle de temperatura é uma exigência necessária para produção de um produto uniforme, porém o aumento de temperatura não exerce grande efeito em diminuir a pressão operacional, uma vez que UHMWPE é similar a gel e borracha, em vez de a um líquido viscoso. Foi descoberto que a adição de pequenas quantidades de ácidos graxos de cadeia grande e de sais de ácidos graxos, como ácido esteárico, ácido palmítico, ácido linolênico e os seus sais, especialmente seus sais de cálcio e zinco, auxiliam na diminuição da pressão interna, supostamente por redução da fricção das partículas de gel com as paredes da matriz. Outros lubrificantes, como ésteres de Montanha, amidas, ceras de polietileno, óleos de silicone e similares são adequados também. A quantidade utilizada destes lubrificantes varia de 0,1 a 3% por peso, mais preferivelmente, de 0,2 a 2% por peso e, o mais preferível, de 0,5 a 1,5% por peso. É importante, contudo, minimizar a quantidade de lubrificante para evitar perda de propriedades mecânicas. Dessa forma, é preferível empregar 1,5% ou menos.

Foi também surpreendentemente descoberto que minimizando o teor de oxigênio da resina em pó, durante o processo, a pressão operacional diminui bastante. Tipicamente, em extrusão ram, a resina em pó é direcionada pneumáticamente para um funil de abastecimento, acima da máquina de extrusão ram, por ar. Foi constatado que se um gás sem oxigênio for injetado no funil, de preferência no fundo ou próximo, para arrastar ou "espalhar" o ar para fora do funil, a pressão na matriz é reduzida em 1,03 mPa a 1,38 mPa (150 a 200 libras/polegada²), valor bem surpreendente. Essa redução em pressão pode resultar em diminuição da força exercida contra as metades da matriz em tanto quanto 6,67 kN ($1,5 \times 10^4$ lbs) em matriz de 1 m x 0,5 m. Qualquer gás sem oxigênio ou drenado de oxigênio pode ser utilizado, inclusive hélio, argônio, dióxido de carbono, nitrogênio ou gás similar.

Os UHMWPEs, empregados no processo, são resinas em pó do tipo convencional, como as fornecidas pela Ticona, Braskem e DSM, por exemplo. Os pesos moleculares médios preferidos variam entre 2×10^6 Da e 10×10^6 Da, mais preferivelmente entre 4×10^6 Da e 8×10^6 Da. Embora o

UHMWPE preferido, utilizado na presente invenção seja homopolimérico ou substancialmente homopolimérico, ou seja, com somente pequeno teor de comonômeros copolimerizáveis, as composições podem, conforme indicado também em qualquer outra parte desta exposição, incluir adjuvantes convencionais de beneficiamento ou aditivos modificadores de propriedades.

5 Exemplos dos últimos grupos de componentes incluem, mas não são limitados a, componentes como estabilizantes térmicos; estabilizantes de UV; agentes nucleantes e clarificantes; corantes e pigmentos; materiais de condução elétrica, como metal em pó, carbono em pó, grafite e similares; materiais

10 de enchimento, por exemplo, materiais de enchimento não reforçados, com áreas de superfície BET $<50 \text{ m}^2/\text{g}$, e materiais de enchimento reforçados, como sílica em pó, com áreas de superfície $\geq 50 \text{ m}^2/\text{g}$; reforços lamelares como mica, xisto expandido e similares; reforço fibroso, na forma de fibras picadas ou, de outra forma, em partículas, por exemplo, fibras de vidro, fi-

15 bras de cerâmica, fibras de aramida, fibras de metal, fibras de carbono, fibras termofixas e termoplásticas, como aquelas de poliimida, polieterimida, polissulfona, poliétersulfona, poliéter cetona (PEK) e seus variantes (PEKK, PEEK, etc.); endurecedores, como elastômeros particulados; outros termoplásticos, como PE não UHMW; plastificantes, etc. As quantidades destes

20 aditivos são geralmente pequenas.

Tendo descrito em detalhes cada componente da presente invenção, uma concretização preferida é um processo de extrusão ram, empregando matriz do tipo fenda com largura acima de 0,6 m e, de preferência, razão de aspecto entre largura e altura acima de 10:1, mais preferivelmente,

25 acima de 20:1, e ainda mais preferivelmente acima de 40:1, a matriz com uma parte de cima e uma de baixa, cada parte de cima e de baixo contendo uma pluralidade de três e, de preferência, pelo menos, cinco zonas de resfriamento, posicionados através da largura da matriz, a temperatura de uma pluralidade de zonas, em cada conjunto de zonas, podendo ser ajustada in-

30 dependentemente. O comprimento da zona de resfriamento, na direção da máquina, e a temperatura das zonas são de tal forma que um painel de UHMWPE saindo da matriz seja resfriado abaixo de sua temperatura de fu-

são cristalina e seja, pelo menos, parcialmente cristalino.

Em uma outra concretização preferida, uma matriz de duas peças, cuja forma de saída, quando não sob pressão, não é a da seção transversal desejada de um produto obtido por extrusão ram, está contida em uma estrutura de suporte de alta resistência e módulos que se sustentam contra as metades da matriz e restringem a sua distorção para fora na pressão operacional do processo de extrusão ram. No entanto, sob pressão, a distorção, que não pode ser completamente refreada pela estrutura de suporte, distorce a matriz e estrutura de suporte de uma maneira que a saída da matriz assume uma forma que permite a produção dos painéis por extrusão ram com, pelo menos, 0,6 m de largura e, de preferência, pelo menos, as razões de aspecto previamente descritas, o painel com variações em espessura abaixo de 1,27 mm (0,050 polegadas), preferivelmente, abaixo de 0,76 mm (0,030 polegadas) e, mais preferivelmente, abaixo de 0,38 mm (0,015 polegadas). A matriz com, pelo menos, uma zona de resfriamento em cada metade da matriz, próxima à saída da matriz, de forma que o painel de UHMW-PE que deixa a matriz está em temperatura abaixo da de fusão cristalina, de preferência, abaixo de 137°C, mais preferivelmente, abaixo de 121°C (250°F), mais preferivelmente, abaixo de 120°C, ainda mais preferivelmente, abaixo de 110°C, mais preferível ainda, no intervalo de 40 a 100°C e, o mais preferível entre 75°C e 85°C.

Em ainda uma outra concretização preferida, a matriz da concretização precedente possui um cabeçote vertical pequeno ou "estreitamento" a partir da altura da matriz onde o pistão penetra, até uma altura algo uniforme e mais estreita ao longo da direção da máquina para a saída da matriz. Além disso, nesta concretização preferida, a forma da matriz, transversal à direção da máquina, é tal que a altura da fenda da matriz é menor na região central do que nas periféricas da fenda, e a estrutura de suporte consiste em placas pesadas de aço, retificadas para apresentarem faces substancialmente planas que se sustentam contra as respectivas metades da matriz. As placas de aço são submetidas à tensão, exercida por múltiplos conectores rosqueados, o mais preferível, por parafusos-tensor machos, como aque-

les disponibilizados por Superbolt, Inc. Carnegie, PA, e descritos nas patentes U.S. 6.263.764, 6.112.396, 6.381.827, 6.199.453, 5.083.889 e 4.846.614.

Em ainda uma outra concretização preferida, a matriz da concretização precedente é empregada e também suprida com uma pluralidade de, pelo menos, três zonas de resfriamento em metade da matriz, conforme previamente descrito. As temperaturas das várias zonas de resfriamento são fixadas para proporcionar estabilidade na extrusão do painel produzido e ajustadas individualmente quando necessário para oporem-se a variações do processo que produzem deformidade, arco, irregularidades de superfície e variações em espessura, esses ajustes sendo efetuados, de preferência, durante operação da máquina.

O produto resultante do processo da invenção é um novo produto cuja produção não era possível antes da presente invenção. Conforme indicado previamente, devido às dificuldades da extrusão ram, era impossível obter painéis de espessura constante de grande largura e alta razão de aspecto por extrusão ram, ou seja, painéis finos. Dessa forma, para produzir painéis finos, painéis grossos moldados por compressão eram desbastados até serem produzidas folhas finas. No entanto, estas folhas possuem superfícies irregulares, tanto em termos de variação de espessura como de aspecto.

Painéis produzidos pelo processo, objeto da invenção, são caracterizados por superfície macia, brilhante e uniforme. A maciez pode ser avaliada facilmente pelo toque, e o brilho da superfície, visualmente ou por técnicas de inspeção óptica, como os métodos de teste D2457-03 e D523-89 da norma ASTM, de preferência em ângulo de 60°. Usando essa metodologia de testes com o BYK Gardner Color Guide Glass Meter, fornecido pela BYK Gardner, E.U.A., Columbia, MD, e ângulo de teste de 60°, as medições médias de brilho variam, de preferência, de 35 para cima, com a maioria dos painéis no intervalo de 35 a 45. Por outro lado, painéis desbastados, apesar de macios também, possuem brilho significativamente mais baixo, obtendo em média aproximadamente 24 na mesma metodologia de teste.

A superfície uniforme possui variação de espessura 3σ abaixo

de $\pm 1,25$ mm (0,050 polegadas), mais preferivelmente em $\pm 0,76$ mm (0,030 polegadas) e, ainda mais preferível, em $\pm 0,50$ mm (0,20 polegadas). Ao mesmo tempo em que macia e brilhante, a superfície pode ser ainda distinguida de painéis desbastados pela presença de marcas de disparo substancialmente perpendiculares ao comprimento da folha (na direção da máquina) e substancialmente paralelas entre si. Estas marcas de disparo supostamente são causadas pelo tempo de permanência estacionário entre os ciclos de extrusão ram, e o perfil e altura das marcas de disparo podem ser medidos por técnicas convencionais de perfilometria. As marcas de disparo possuem altura máxima (de cima a baixo) de somente alguns microns, ou seja, abaixo de $70 \mu\text{m}$, mais preferivelmente, abaixo de $25 \mu\text{m}$, e, de modo importante, não interferem com usos conhecidos de estoque de painel fino. Em estudos prolongados, foram obtidos produtos com marcas de disparo, cuja altura média aproximadamente 5 a $10 \mu\text{m}$. As marcas de disparo podem ser facilmente vistas, observando o painel em ângulo oblíquo.

As figuras 10a - 10c ilustram vários perfis de marca de disparo. Na figura 10a, um perfil "ideal" de marca de disparo é apresentado, onde as margens 101 que delimitam as marcas de disparo são exatamente paralelas entre si e perpendiculares à direção da máquina no painel 100. Este tipo de padrão seria resultante se todo o UHMWPE na matriz fluísse exatamente na mesma taxa, sofresse a mesma contra-pressão, etc., e esses parâmetros não se alterassem em todo o comprimento do painel.

No entanto, o fluxo de UHMWPE é geralmente um pouco retardado nas margens da matriz, e pode sofrer menos retardo no centro da matriz. O retardo nas duas margens pode não ser o mesmo também. O resultado é que as marcas de disparo são tipicamente um pouco "ondeadadas" ou "ondulantes" por todas as superfícies do painel (existem marcas de disparo nas superfícies anterior e posterior), conforme mostrado em 102 na figura 10b. A orientação geralmente perpendicular à direção da máquina é clara, como também o é a orientação geralmente paralela, relativa a marcas de disparo adjacentes. Na figura 10c é apresentado um painel similar, porém no qual as marcas de disparo alteraram as suas respectivas orientações ao

longo do painel, inicialmente em 102, sendo a mesma da figura 10b, afastando um pouco na porção 103 e tornando mais uma vez igual na porção 104. As marcas de disparo são ainda substancialmente perpendiculares à direção da máquina e substancialmente paralelas entre si.

5 Dessa forma, a presente invenção pertence também a um painel de UHMWPE com largura acima de 0,6 m e caracterizado por marcas de disparo geralmente paralelas sobre as superfícies de cima e de baixo. Para painéis cuja direção do comprimento corresponde à da marca, estas marcas de disparo são transversais à direção da máquina do painel. A superfície dos
10 painéis é macia e brilhante, e possui tolerância de espessura conforme previamente descrita. Painéis preferidos são de 4 mm a 10 cm em espessura, mais preferivelmente com menos de 2 cm de espessura. Painéis preferidos possuem variação de aplainamento global inferior a 3,8 mm; 3σ (0,150 polegadas) com tolerância de $\pm 0,8$ mm; 3σ (0,030 polegadas) e, de preferência,
15 variação de aplainamento global inferior a 2,5 mm (0,100 polegadas) com tolerância abaixo de 0,6 mm; 3σ ($\pm 0,024$ polegadas). O arco lateral (curvatura) dos painéis, sem aparo, está incluído, de preferência, nos mesmos valores daqueles para aplainamento global. Cabe observar que estas tolerâncias de arcos laterais para o painel, conforme extrusado, são superiores as que
20 podem ser habitualmente obtidas por serragem convencional da margem. Dessa forma, o preferido é que os painéis da presente invenção retenham suas margens "conforme produzidas" e não sejam serrados.

Tendo sido a invenção descrita de modo geral, é possível obter um entendimento adicional sobre esta invenção por referência a certos e-
25 xemplos específicos, fornecidos nesta exposição a título somente de ilustração, sem pretensão de limitação, a não ser que especificado de outra forma.

Exemplo 1

É fornecida uma máquina de extrusão ram com matriz em aço inoxidável, composta por duas metades, substancialmente conforme descrita
30 nesta exposição e conforme ilustrada, por exemplo, pelas figuras 2, 3 e 4. A matriz possui comprimento, na direção da máquina, de 81,25 cm, largura de 172 cm e altura de 96,5 cm. A metade de baixo da matriz é similar à de ci-

ma, porém não contém passagens 47 para entrada de UHMWPE em pó, e suas margens são configuradas para se combinarem com as da metade de cima. A matriz possui cabeçote vertical, em relação à direção da máquina, desde a entrada do pistão, com ângulo de aproximadamente 3°, e a geometria da fenda é geralmente circular com raio muito longo, cerca de 375 m. A zona quente da matriz é mantida em 227°C ± 11°C (440°F ± 20°F), e o final da saída da matriz é provido com cinco zonas de resfriamento em cada metade da matriz, estendendo-se aproximadamente por 7,6 cm (3 polegadas) na matriz, na direção da máquina.

10 A matriz está contida em uma estrutura de suporte, constituída por dois lingotes de aço carbono de superfície plana, medindo 1,7 m (68 polegadas) por 0,58 m (22,5 polegadas), que são submetidos à tensão exercida por 5 parafusos multitensor machos com diâmetro de parafuso de 5 m (2 polegadas). Os lingotes de aço estão posicionados sobre a matriz, aproximadamente uma polegada do final da saída, e estendendo-se daquele ponto até o final da entrada do pistão da matriz, conforme ilustrado na figura 2.

Resina de UHMWPE em pó 6540 da Braskem, São Paulo, Brasil, com temperatura de fusão de 133°C, tamanho médio de partícula (D50) de 190 µm e peso molecular médio de 8×10^6 g/mol, é introduzida pneumaticamente em um funil acima das portas de entrada de UHMWPE, na metade de cima da matriz. É introduzido fluxo de nitrogênio no funil, próximo ao fundo, para remover ar da resina em pó. O pistão é puxado para trás e permitido que a resina em pó encha a cavidade da matriz, abaixo do funil. O pistão, em seguida, entra na matriz e comprime a resina em pó, empurrando-a para a porção estreitada verticalmente da matriz, esta resina, por seu turno, empurrando a porção anterior da resina em pó, que está sendo agora aquecida até formação de gel, em direção à saída da matriz. O pistão permanece nessa posição por aproximadamente 1 segundo e, em seguida, o ciclo é repetido. No início de cada ciclo, quando a matriz está cheia, um 0,5 polegada (12,5 mm) de comprimento de um painel de UHMWPE de 0,375 polegadas (9,5 mm) de espessura e 4 pés de largura (1,22 m) sai da matriz. O painel é parcialmente impedido de movimentar-se por um dispositivo de contra-

pressão coberto por um pano que facilita o contato continuado do painel resfriado (250°F) com as paredes da matriz. O dispositivo de contra-pressão é construído de forma a permitir variações em contra-pressão por toda a largura do painel. O painel é coletado em uma esteira plana, e o operador ajusta as temperaturas das zonas de resfriamento para remover deformidades e arcos do painel. As temperaturas de zonas de resfriamento de cima e de baixo, na produção estável de painel plano são 42°C, 56°C, 60°C, 49°C, 43°C e 42°C, 49°C, 53°C, 44°C e 41°C, respectivamente. O painel sai da matriz em temperatura abaixo de 100°C, muito abaixo daquela de fusão cristalina. Os painéis planos produzidos são cortados em comprimento, e possuem uma superfície plana brilhante com variação de espessura abaixo de 0,030 polegadas. "Marcas de disparo" do molde, de comprimento equivalente a cada batida de produção do pistão, podem ser vistas, se observadas cuidadosamente em ângulo alto de incidência, porém são virtualmente invisíveis quando vistas em diante. O painel possui margens ligeiramente arredondadas que são uniformes de painel para painel e de qualidade comercial.

Exemplo 2

A mesma máquina e processo são utilizadas, conforme no Exemplo 1, porém a matriz possui, além do cabeçote vertical, faces de saída não paralelas com cabeçotes laterais duplos e um corte superior curvilíneo, conforme descrito na figura 7. As zonas de resfriamento de cima são todas fixadas em 76,7°C, e as de baixo, todas, em 73,9°F. Durante a operação, é preciso muito pouco ajuste. O painel extrusado sai da matriz em uma temperatura de aproximadamente 79°C. É produzido um painel plano de qualidade ainda maior do que o do Exemplo 1, em termos de variação de espessura e uniformidade de margem. A taxa de produção é de 5,8 m/hora (19 pés/hora ou 71,4 kg/hora (160 libras/hora)).

Exemplo comparativo 1

É empregada uma operação comercial de moldagem por compressão com um molde grande similar a cofre de corte largo. A resina de UHMWPE em pó é introduzida na cavidade do molde é um acessório de fechamento, inserido na parte de cima do molde. O molde e três outros moldes

de tamanho similar são carregados em uma placa (*stack*), colocados sob pressão de 1000 libras/polegada² (6,9 MPa) e aquecidos até acima da temperatura de fusão cristalina, mantidos nesta temperatura por 90 minutos, sendo, em seguida, lentamente permitido o resfriamento. Placas grossas são obtidas, das quais painéis de 0,375 polegadas (0,95 cm) podem ser produzidos por desbastamento em uma etapa separada. Antes do desbastamento, a taxa de produção é de 75 libras/hora (33,5 kg/hora). Após o desbastamento, um tempo longo de têmpera em temperatura elevada é exigido para reduzir ondulação final e ondulação em margens e tensões internas.

10 Embora as concretizações da invenção tenham sido ilustradas e descritas, estas não se destinam a ilustrar e descrever todas as possíveis formas da invenção. Além disso, as palavras utilizadas no relatório são palavras de descrição e não de limitação, ficando entendido que várias alterações podem ser feitas sem afastarem-se do espírito e escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de extrusão ram para preparo de painéis de UHMWPE de larguras superiores a 0,6 m, compreendendo:

5 - fornecimento de matriz do tipo fenda com corte transverso substancialmente retangular, sob pressão operacional da extrusão ram, a matriz com uma porção superior e uma porção inferior e uma face de entrada e uma face de saída, e contendo, pelo menos, três zonas de resfriamento que podem ser controladas independentemente em cada parte superior e inferior, as referidas zonas de resfriamento localizadas próximas à face de saída da matriz e posicionadas por toda a largura da matriz;

10 - a introdução de forma crescente de partículas de resina de UHMWPE na matriz, sob pressão de um pistão;

- o aquecimento das partículas de UHMWPE até uma temperatura acima da temperatura de fusão cristalina de UHMWPE para formar um termoplástico amolecido substancialmente contínuo;

15 - o resfriamento do UHMWPE até uma temperatura abaixo da temperatura de fusão cristalina, enquanto ainda no interior da matriz, ao mesmo tempo em que mantendo contato com as paredes da matriz; e

20 - a obtenção de um produto em forma de painel de UHMWPE solidificado que sai da matriz.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, em que um dispositivo de contra-pressão, localizado no lado externo e em sentido descendente da matriz, exerce uma pressão contra painéis de UHMWPE que deixam a matriz, aumentando o contato do UHMWPE com as paredes da matriz.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1, em que a referida matriz possui uma cavidade substancialmente retangular para receber UHMWPE em pó e para processá-lo até a formação de um painel de UHMWPE consolidado, a cavidade substancialmente retangular compreendendo:

a) uma cavidade de entrada;

b) uma fenda de saída;

a altura da cavidade de entrada sendo maior do que a altura média da fenda de saída;

c) uma cavidade de consolidação, posicionada entre a cavidade de entrada e a fenda de saída e contendo uma zona aquecida em sentido descendente da cavidade de entrada e uma zona de resfriamento, próxima à fenda de saída; e

d) um cabeçote vertical, na transição entre a cavidade de entrada e a cavidade de consolidação, o qual é opcionalmente aquecido.

4. Processo de acordo com a reivindicação 3, em que a altura da matriz no centro da fenda de saída é menor do que a altura nas margens da fenda de saída.

5. Processo de acordo com a reivindicação 4, em que a forma do corte transverso da fenda de saída de, pelo menos, uma metade da matriz é uma seção cônica, uma combinação de duas ou mais seções cônicas, ou uma combinação de uma ou mais seções cônicas e uma ou mais seções retas.

6. Processo de acordo com a reivindicação 4, em que a fenda de saída, vista da face anterior da fenda, compreende porções direita e esquerda, próximas às margens esquerda e direita, respectivamente da matriz, as referidas porções esquerda e direita estendendo-se progressivamente para cima em direção à linha central da fenda da saída para formar zonas estreitadas, cujas alturas, no final da zona estreitada mais próxima da linha central são menores do que a altura das margens da fenda de saída, e uma superfície central estendendo-se entre as referidas zonas estreitadas, a curvatura da referida superfície central sendo diferente daquela das referidas zonas estreitadas.

7. Processo de acordo com a reivindicação 6, em que as referidas zonas estreitadas são planas ou possuem curvatura muito pequena com raio acima de 1000 m, e a referida superfície central possui raio acima de aproximadamente 1000 m/2 W, onde W é a largura da fenda de saída em metros, e a curvatura da superfície central é maior do que a das zonas estreitadas.

8. Processo para produção de um painel de UHMWPE de largura acima de 0,6 m, compreendendo a extrusão ram do UHMWPE através de uma matriz do tipo fenda, contida em uma estrutura de suporte, a fenda de saída da matriz não tendo forma substancialmente retangular, conforme produzida, porém o revestimento da matriz com a estrutura de suporte para distorcer uma forma substancialmente retangular, sob pressão da extrusão ram.
9. Processo de acordo com a reivindicação 8, em que a referida estrutura de suporte compreende, pelo menos, uma estrutura de suporte de quadro de janela.
10. Processo de acordo com a reivindicação 8, em que a fenda de saída da referida matriz do tipo fenda possui uma altura em seu centro menor do que a altura em uma margem.
11. Processo de acordo com a reivindicação 10, em que a forma das superfícies superior e inferior da fenda de saída são superfícies convexas.
12. Processo de acordo com a reivindicação 10, em que a matriz do tipo fenda possui superfícies superior e inferior, cada uma destas com região periférica e região central, a forma das regiões periféricas e a da região central sendo diferente.
13. Processo de acordo com a reivindicação 9, em que a superfície superior e superfície inferior da fenda de saída da matriz do tipo fenda são paralelas planas, e a estrutura de suporte de quadro de janela possui uma espessura de forma a ser extrusado um painel com variação de espessura de, no máximo, $\pm 1,27$ mm.
14. Processo de acordo com a reivindicação 8, compreendendo ainda uma contra-pressão exercida contra um painel que sai da matriz do tipo fenda.
15. Processo para extrusão de painéis de UHMWPE de largura acima de 0,4 m, compreendendo a extrusão ram de UHMWPE através de uma matriz do tipo fenda, em temperatura mais alta do que a de fusão cristalina do UHMWPE, e resfriamento do UHMWPE para uma temperatura mais baixa do que a de fusão cristalina enquanto ainda no interior da matriz do

tipo fenda, o referido resfriamento efetuado por uma pluralidade de zonas de resfriamento que podem ser controladas independentemente, localizadas acima e abaixo da fenda e próxima à face de saída da matriz do tipo fenda.

5 16. Processo de acordo com a reivindicação 15, compreendendo ainda o ajuste da temperatura de uma ou mais das referidas zonas de resfriamento, durante a referida extrusão, para manter ou melhorar características do produto.

10 17. Processo de acordo com a reivindicação 15, em que a temperatura média das zonas de resfriamento, na metade de baixo da matriz, é mais baixa do que a temperatura média das zonas de resfriamento da metade de cima da matriz.

15 18. Processo de acordo com a reivindicação 15, compreendendo ainda o monitoramento da espessura do painel em locais por toda a largura; a determinação se a espessura em qualquer um dos referidos locais é menor do que outras; e o ajuste da temperatura da zona correspondente ao local da menor espessura para que esta aumente naquele local.

20 19. Painel de UHMWPE por extrusão ram com largura de 0,6 m ou mais, variação de espessura com valor 3σ abaixo de 1,27 mm e superfícies superior e inferior lisas e brilhantes, as referidas superfícies superior e inferior com uma pluralidade de marcas de disparo substancialmente paralelas, com altura média de aproximadamente 70 μm ou menos.

20. Painel de acordo com a reivindicação 19, em que a espessura média do painel é entre 4 mm e 2 cm.

25 21. Painel de acordo com a reivindicação 19, que possui largura de 1,0 m a 3,0 m.

22. Painel de acordo com a reivindicação 19, que possui brilho especular a 60° de 35 ou mais alto, quando medido de acordo com ASTM D2457.

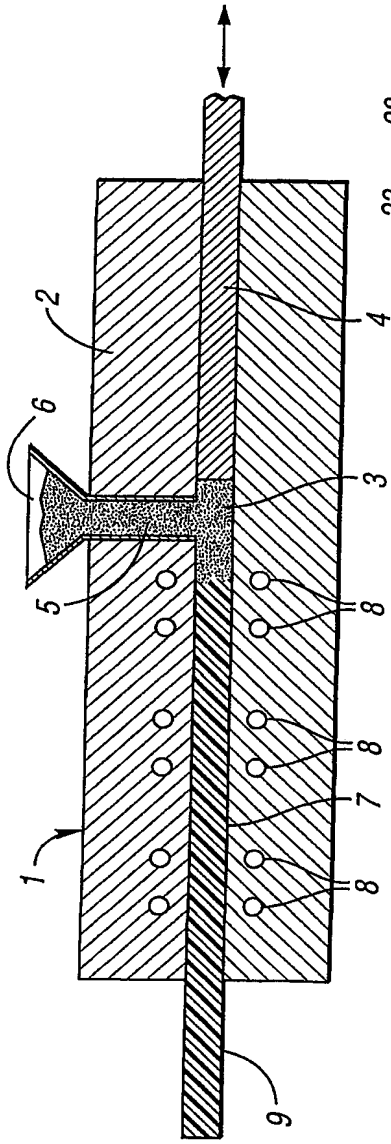


FIG. 1

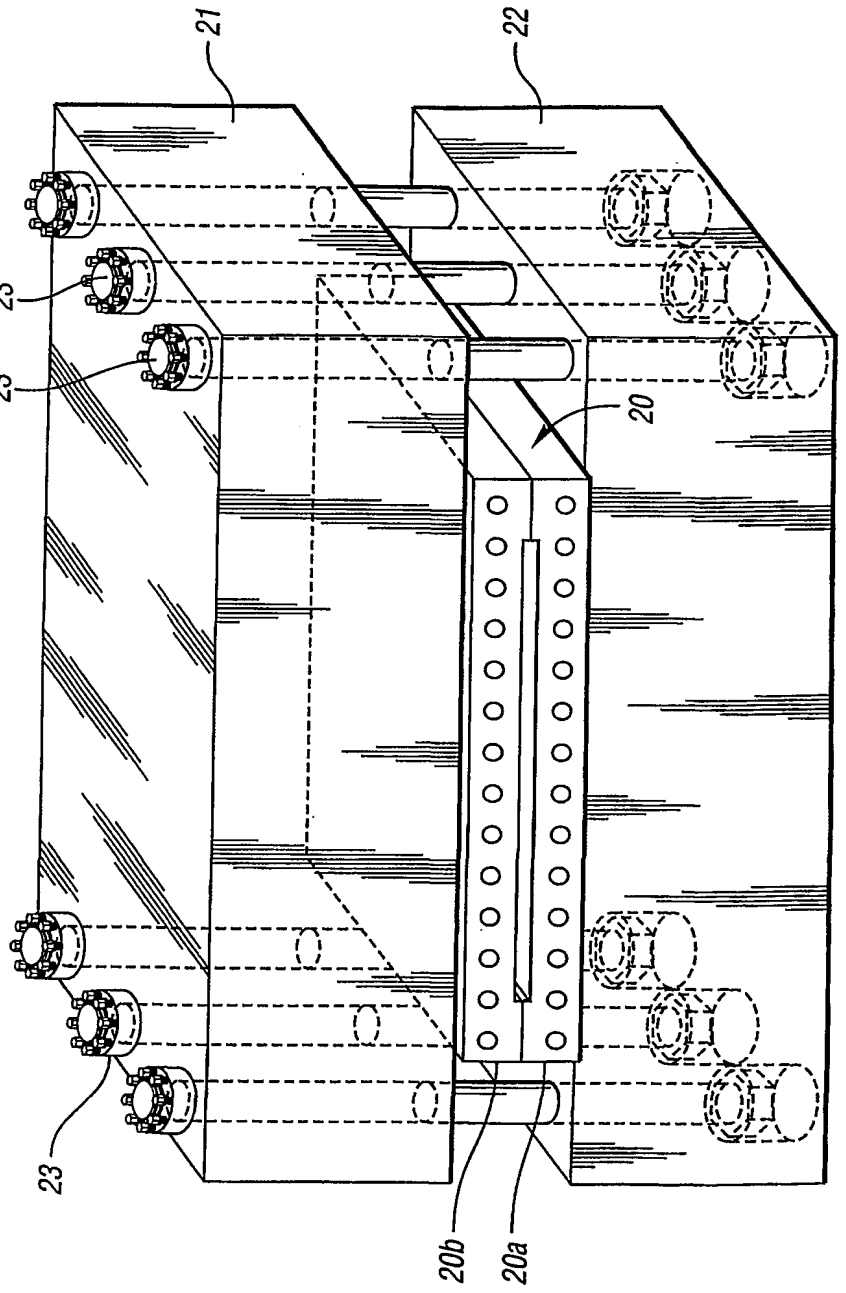
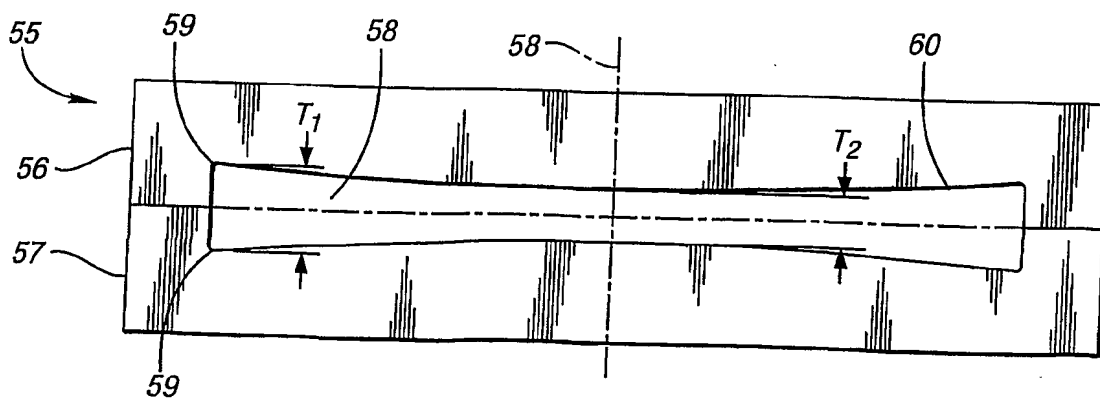
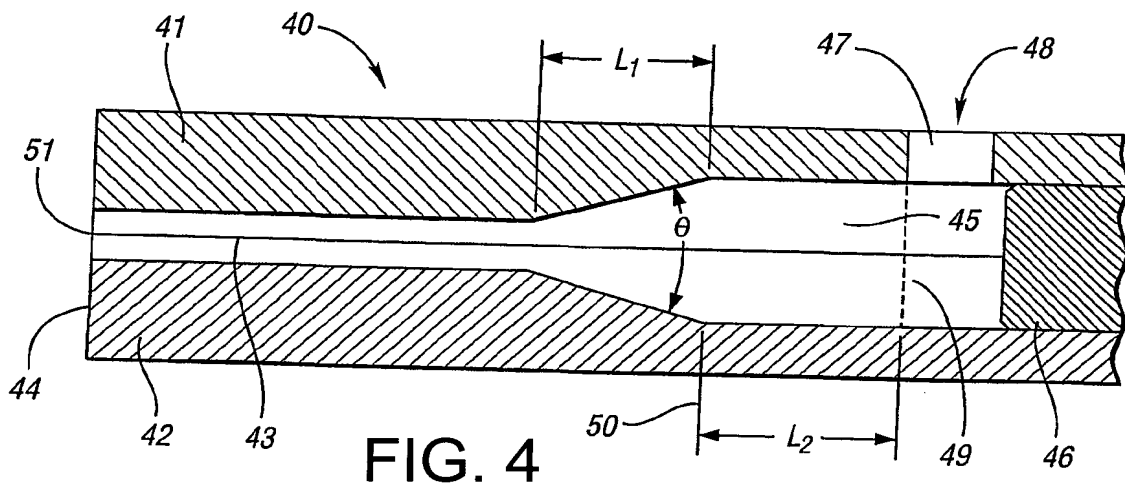
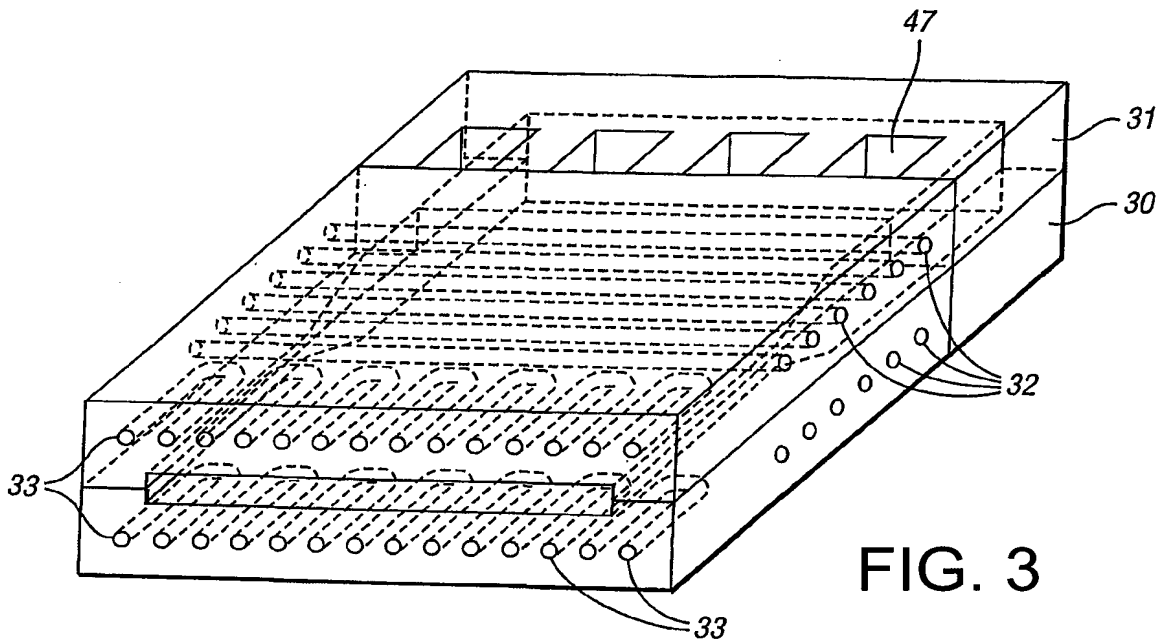


FIG. 2



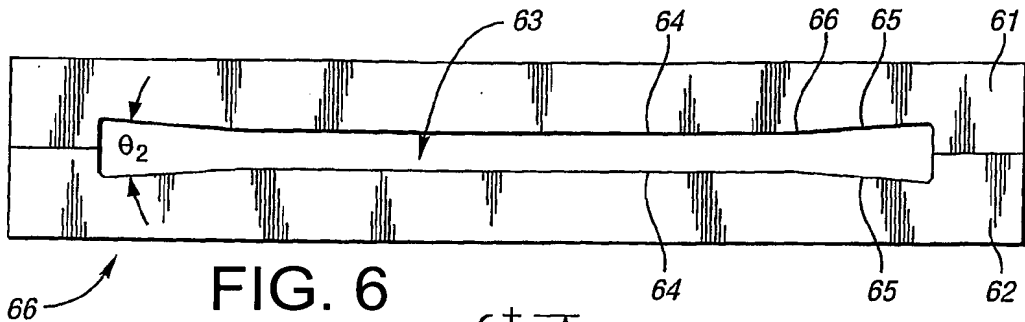


FIG. 6

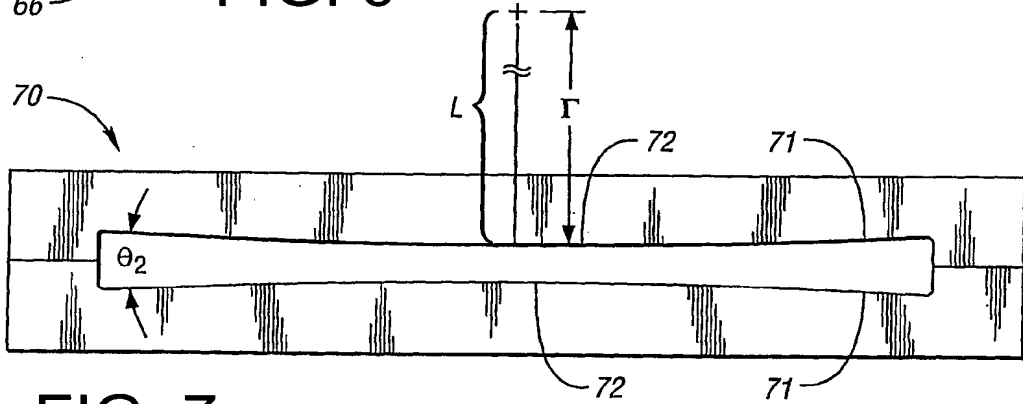


FIG. 7

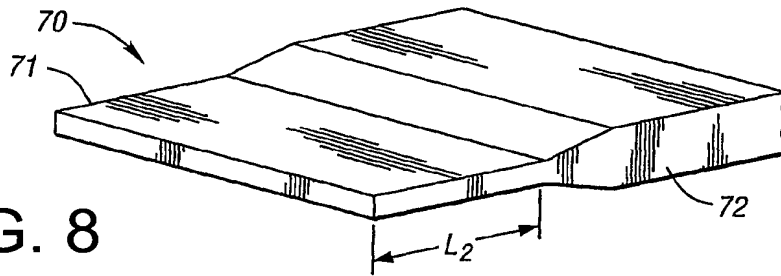


FIG. 8

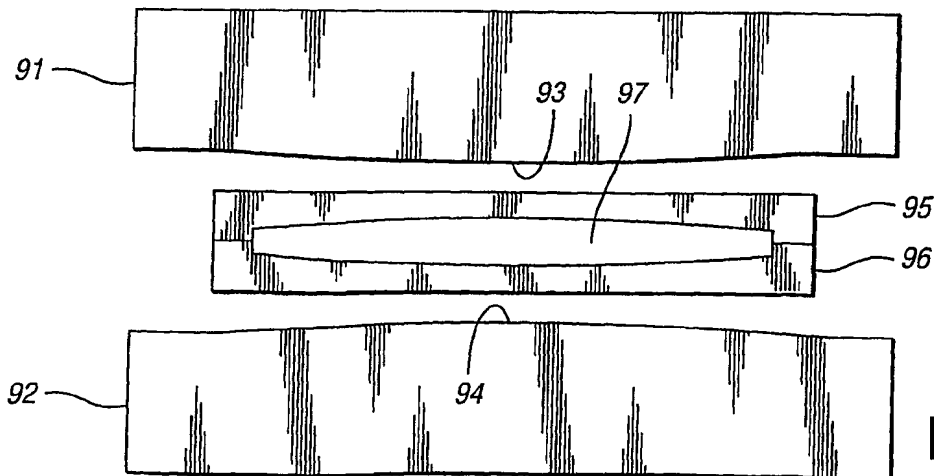


FIG. 9

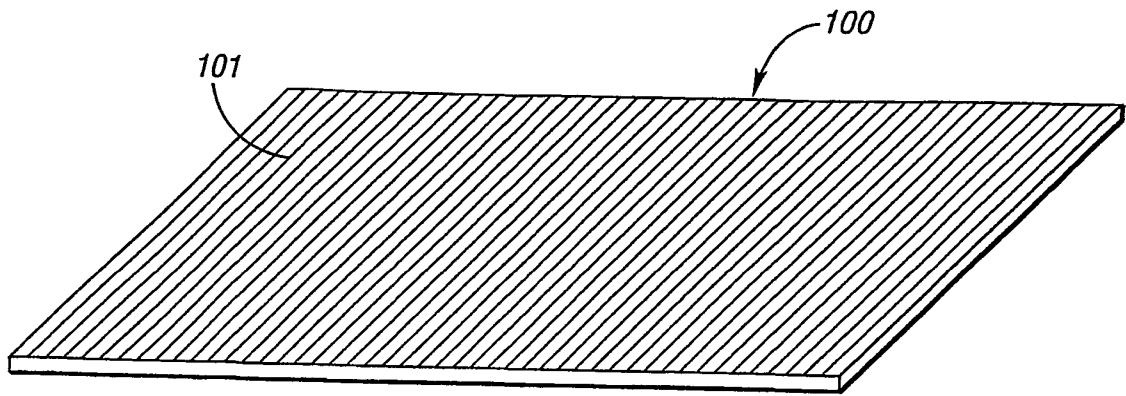


FIG. 10a

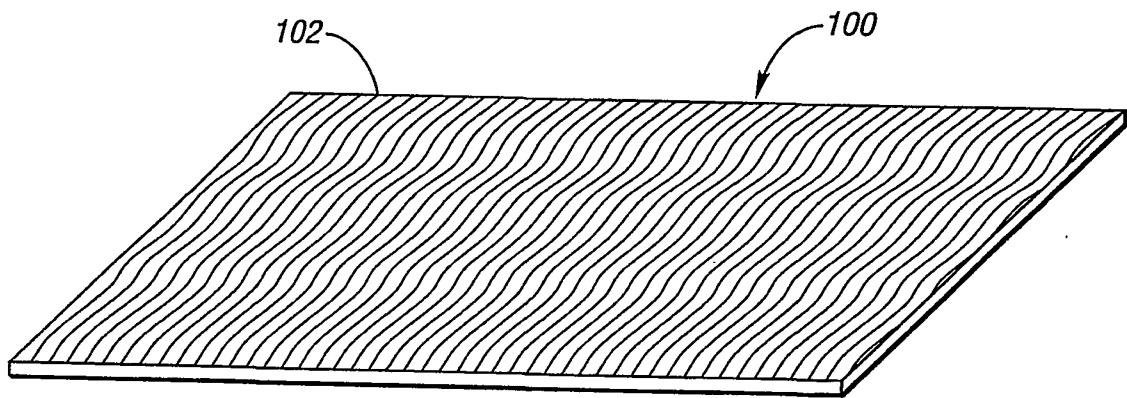


FIG. 10b

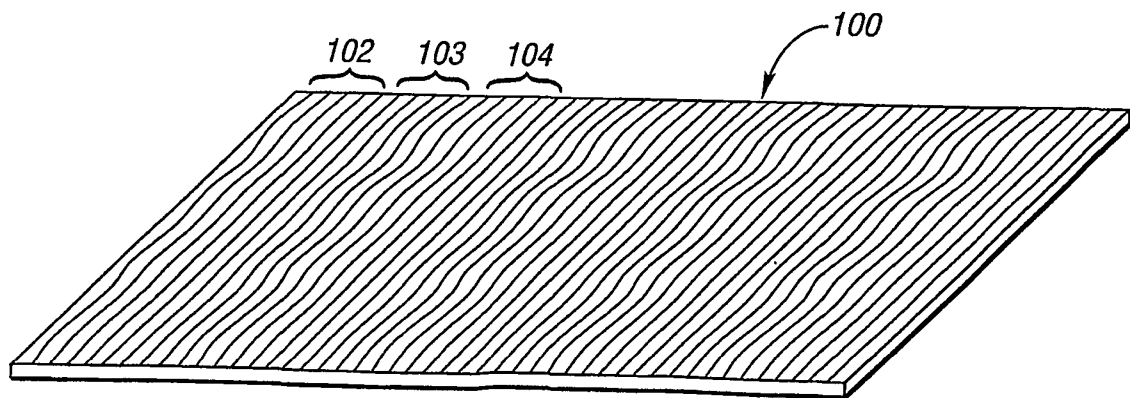


FIG. 10c

RESUMO

Patente de Invenção: "**PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE UHMWPE**".

A presente invenção refere-se a painéis de UHMWPE de grande largura que podem ser preparados por um processo de extrusão RAM contínua, empregando uma matriz do tipo fenda que estreita, de preferência, ambos os lados em direção transversa à da direção da máquina, e/ou que emprega uma pluralidade de zonas de resfriamento, posicionadas transversalmente, localizada na parte de cima e de baixo da matriz, próxima à saída da mesma. O painel sai da matriz em temperatura abaixo da temperatura de fusão cristalina.