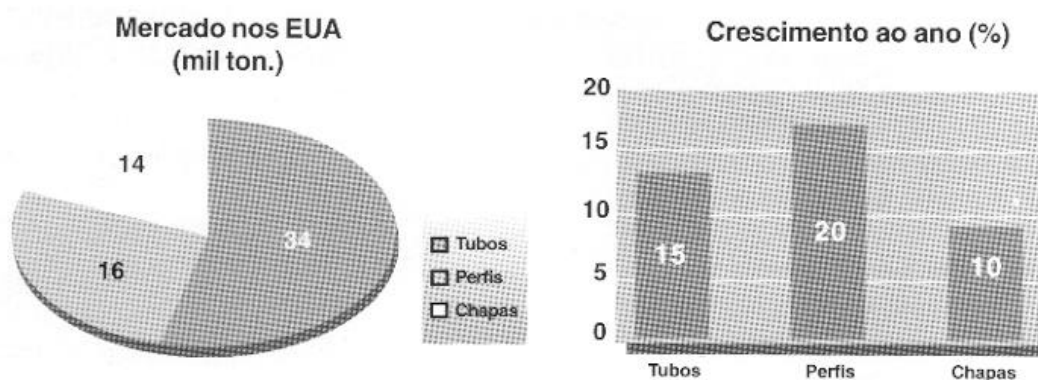


TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Conhecendo o PVC expandido

O rápido aumento do custo da madeira e as crescentes preocupações ambientais devido ao desmatamento das áreas florestais tem criado uma grande procura por uma alternativa a esse material na indústria da construção civil e moveleira. O PVC expandido possui várias das mais desejáveis vantagens da madeira com algumas características não oferecidas por aquele material.

O PVC expandido tem a aparência e as características da madeira e pode ser trabalhado – aplainado, serrado, lixado, colado, pregado e parafusado – como tal e é **auto extingüível** (não propaga fogo). O PVC expandido tem ainda uma grande vantagem: sua **resistência a água e umidade**. Como resultado, ele não necessita pintura, bem como não ocorrem empenamentos, descascamentos ou rachaduras. Por estes motivos, o PVC expandido requer **menor manutenção** do que a madeira. Perfis e placas expandidas são soldadas pelo processo de aquecimento por placas ou utilizando cordões de solda. Para colar, podem ser usadas as colas normais para PVC rígido. Durante esta década, o uso deste material tem crescido bastante tanto nos EUA como na Europa. Nos últimos três anos, as vendas do PVC expandido cresceram mais de 17% ao ano, somente nos Estados Unidos. O mercado interno daquele país atualmente encontra-se em aproximadamente 64 mil toneladas/ano. Na Europa, o crescimento não tem sido tão espetacular – cerca de 7% ao ano nos últimos três anos – mas a base de mercado é muito maior na região, ultrapassando 163 mil toneladas/ano. Muito das atuais vendas de PVC expandido se concentram em três áreas: chapas, perfis e tubos.



Aplicações do PVC rígido expandido

Aplicações de chapas incluem letreiros, displays, painéis, stand de feiras, formas de concreto e móveis para áreas úmidas.

As utilizações de perfis, em forros, siding, janelas, calhas, molduras e acabamentos.

Tubos são utilizados quase que exclusivamente para ventilação e esgoto.

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

O PVC expandido ainda tem uma penetração tímida nos mercados tradicionalmente dominados pela madeira. A maior barreira ainda é o custo: itens feitos em madeira continuam mais baratos do que em PVC expandido. Entretanto, o PVC tem tido excelente sucesso naquelas aplicações onde o desempenho requerido é mais importante do que o preço do produto. Para alcançar maior sucesso nos mercados onde o preço é o fator mais importante na decisão de compra, a diferença entre os custos dos dois produtos deve diminuir. Algumas destas diferenças irão desaparecer com o tempo devido ao aumento das restrições ao desmatamento e outras preocupações ambientais que elevarão o preço da madeira.

Técnicas de processamento

Basicamente, o PVC expandido é produzido a partir da adição de um agente expensor ao composto de PVC e posterior aquecimento desta mistura. A maioria dos agentes de expansão decompõem-se sobre estas condições, produzindo gás no interior da massa de PVC. A pequena porção de agente que não reage provoca um processo de nucleação e a formação de células cheia de gás, ou seja, o expandido. Na saída da extrusora, a mistura supersaturada de resina-gás expande. A pressão diminui durante esta expansão, produzindo as células na massa de PVC. As células crescem até que a pressão atinja o equilíbrio com a tensão superficial das paredes da célula. A morfologia das células (tamanho e distribuição) é largamente influenciada pela reologia da massa fundida de PVC, da concentração do agente expensor e das condições de resfriamento. Essa morfologia está subsequentemente ligada às propriedades físicas do produto final.

A reação de expansão é a parte crucial na extrusão do PVC rígido expandido. O início e a duração da reação de expansão dependem principalmente:

- (a) do tipo agente de expansão;
- (b) do ativador de reação (kicker);
- (c) do estabilizante térmico;
- (d) dos lubrificantes;
- (e) da viscosidade do PVC fundido;
- (f) da solubilidade do agente de expansão na massa de PVC fundido;
- (g) dos modificadores de fluxo;
- (h) do perfil de temperatura da extrusora.

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Extrusão de perfis rígidos expandidos

O PVC rígido expandido pode ser extrudada por três tipos de processos:

- (a) “**Expansão Livre**”, quando o extrudado expande-se livremente fora da ferramenta;
- (b) “**Expansão interna**” ou processo “**Celuka**”, quando o PVC se expande dentro da ferramenta;
- (c) “**Co-extrusão**”, quando uma camada de PVC rígido compacto é colocado sobre a massa de PVC expandido.

Como distinguir processos de expansão

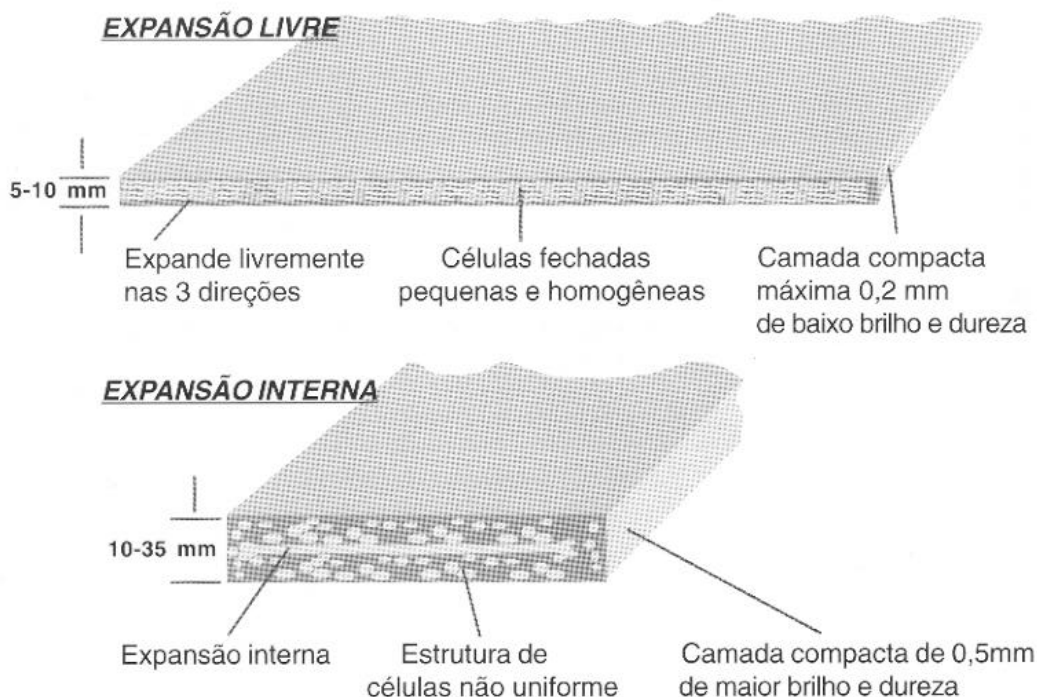


Tabela 1: Rápida comparação entre os processos de expansão.

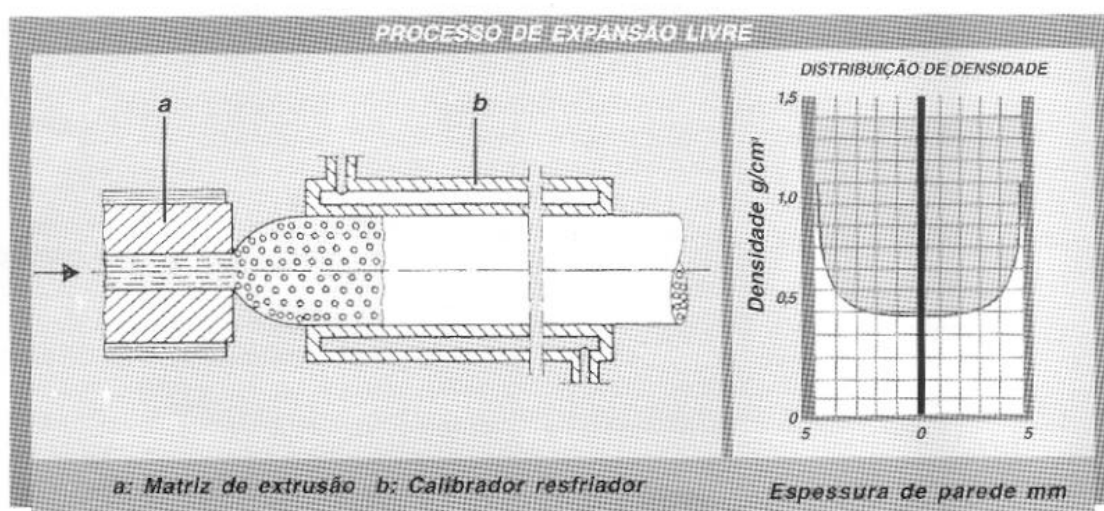
	Vantagens	Desvantagens
Expansão Livre	<ul style="list-style-type: none"> - Facilidade no processamento - Menor custo de investimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior absorção de umidade - Limitação de design

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Expansão Interna (Celuka)	<ul style="list-style-type: none"> - Melhor acabamento superficial - Melhores propriedades mecânicas - Versatilidade no design 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior investimento - Processo sensível - Baixa produtividade
Coextrusão	<ul style="list-style-type: none"> - Alta produtividade - Excelente acabamento superficial - Excelente resistência ao intemperismo - Excelentes propriedades mecânicas - Versatilidade no design 	<ul style="list-style-type: none"> - Espaço para equipamento - Maior investimento

Expansão Livre

No processo de expansão livre a massa com uma determinada quantidade de gás expande livremente após sair da matriz de extrusão. O expandido obtido a partir deste processo geralmente possui uma densidade de aproximadamente 0,75 g/cm³ e uma superfície comparativa menos dura e mais fosca, normalmente limitado a formas simples. A expansão livre da massa após a saída da ferramenta resulta em um expandido mais denso na superfície do que no interior do perfil. Do ponto de vista do produtor, as vantagens desta técnica incluem a facilidade de processamento, a simplicidade do equipamento e, conseqüentemente, o menor investimento. Como desvantagens, temos a maior absorção de água e limites na espessura da peça.

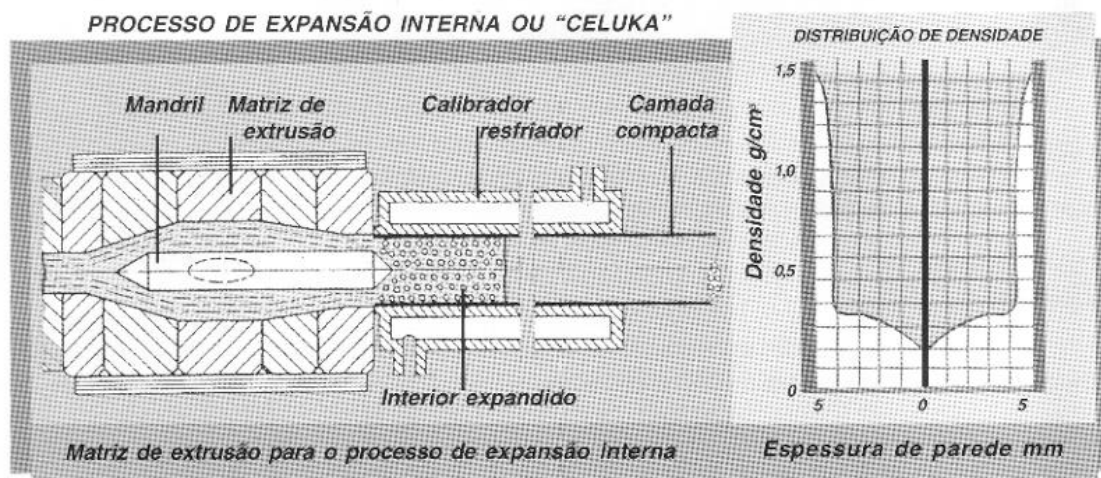


Expansão Interna (Método “Celuka”)

Com esta técnica um mandril dentro da ferramenta direciona a expansão para a parte interna do perfil. Toda superfície externa do expandido é resfriada imediatamente a saída da ferramenta, criando uma camada rígida e lisa. Como os produtos feitos no processo de

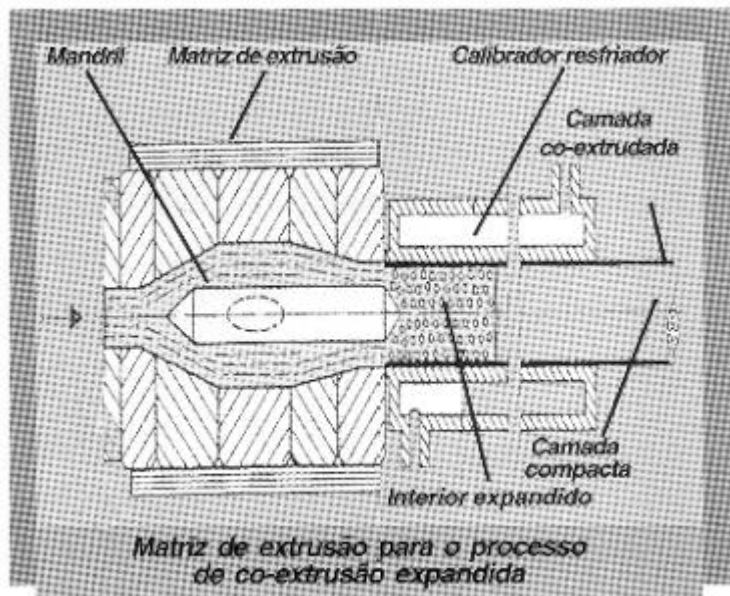
TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

expansão livre, o expandido gerado é mais denso na superfície do que no centro. Esta técnica resulta em uma densidade média menor (0,5 a 0,6 g/cm³) que a atingida com o processo de expansão livre. Além disso, o processo de Expansão Interna fornece um excelente acabamento superficial apresentando boa resistência às intempéries, bem como excelentes propriedades, e pode ser utilizado para uma grande variedade de formas. As desvantagens desta técnica são o maior custo da ferramenta, a sensibilidade às variações de processo e a baixa produtividade.



Co-extrusão

É efetuada pela extrusão simultânea da camada de PVC rígido compacto, cobrindo a superfície do material de PVC expandido. A camada compacta é normalmente extrudada a partir de PVC granulado sobre o material de PVC expandido, por um extrusora mono-rosca, acoplada no mesmo cabeçote e calibrada imediatamente após sair da matriz de extrusão. Esse processo permite obter um firme acoplamento entre a camada co-extrudada de PVC compacto e a massa expandida, resultando em uma superfície limpa, lisa e brilhante, proporcionando ao fabricante um alto nível de controle sobre a qualidade, acabamento e excepcionais propriedades mecânicas do produto final. A Co-extrusão é utilizada normalmente para produzir perfis para aplicações externas ou superfícies pigmentadas e/ou especialmente aditivadas. As vantagens deste processo incluem o bom acabamento, maior resistência à intempérie e excepcionais propriedades mecânicas. Como desvantagens, a co-extrusão demanda um maior investimento em equipamento e ocupação de espaço.

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO**Características técnicas dos equipamentos e ferramental**

Basicamente a seqüência de processo na produção de PVC expandido é a mesma que na extrusão de PVC compacto. Isto significa que temos a mesma linha de produção.

Extrusora

Quando é aplicado um expansor químico no formulação do PVC são utilizadas as mesmas extrusoras que para PVC compacto.

Extrusora mono-roscas

Para produções pequenas, como por exemplo menores que 50kg/h, podem ser utilizadas extrusoras mono-roscas e preferencialmente utilizando composto granulado. Normalmente são usadas extrusoras com 3 zonas, com relação de passo/profundidade de 2.5:1, e relação de comprimento/diâmetro (L/D) de 25. É vantajosa a utilização de controle de temperatura da rosca para garantia otimização de uma massa homogênea.

Extrusora dupla-roscas

Por fatores de custo, são também utilizados compostos em pó (dry-blend) mesmo nos produtos expandidos, para evitar os custos decorrentes da granulação.

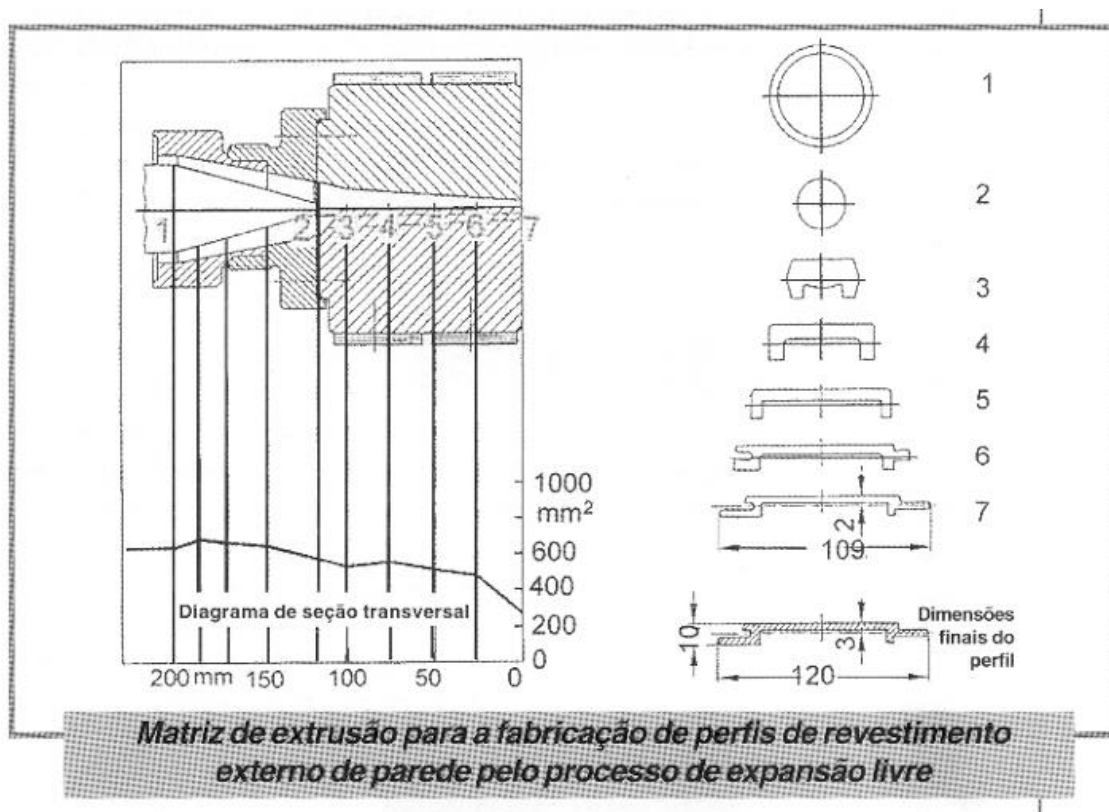
TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Para o processamento direto de dry-blends e satisfatória qualidade do produto final, são necessárias extrusoras dupla-rosca. Isto é válido principalmente quando requerida é maior que 50kg/h.

Na fabricação de perfis expandidos podem ser utilizadas extrusoras Battenfeld de dupla-rosca, com rosca paralelas assim como cônicos. A tendência clara é a utilização de roscas paralelas, principalmente quando a produção é maior do que 120 – 150 kg/g. Deve-se, porém, atentar para o fato de que no processo de expansão o agente expansor ainda está ativo na zona de degasagem. Na maioria dos casos, os furos da degasagem estarão tampados durante o processo para evitar-se o escape dos gases de expansão.

Matriz de extrusão

As características construtivas no projeto da matriz correspondem em sua maioria às mesmas que são utilizadas para a produção de PVC compacto. **É de muita importância que a seção transversal diminua linearmente (constantemente) até sua saída da matriz**, possibilitando que a pressão da massa mantenha-se acima da pressão de gás ou vapor do agente expansor. Como uma expansão dentro da matriz de extrusão implica em destruição das células na superfície da peça, **a zona de fluxo paralelo deve ser a mais curta possível (máximo 5 mm)**.



TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Matrizes de extrusão para expansão livre

No processo de uma matriz de extrusão para perfis e placas expandidas, devem ser levadas em conta não só os critérios referentes à velocidade de extrusão, resistência ao fluxo, expansão e deformação retroativa como também a expansão do perfil extrudado. O projeto da matriz de extrusão é basicamente empírico. De qualquer forma, deve ser levado em consideração que a expansão da massa é diferente nas três dimensões.

Matrizes de extrusão para expansão interna (processo Celuka)

Na fabricação de peças expandidas para dentro (perfis, placas, tubos), a expansão ocorre em direção ao miolo da peça. Isto é possível através de um mandril inserido na matriz de extrusão. A expansão do material ocorre neste processo de forma bidimensional. Em perfis cheios a densidade diminui em direção ao centro da peça de PVC. E peças ocas, como tubos, a superfície interna equivale a expansão livre.

Com este conceito de matriz de extrusão podem ser evitadas as desvantagens da expansão livre.

Matrizes de co-extrusão

Para a co-extrusão podem ser utilizadas as mesmas ferramentas dos processos descritos anteriormente. O desenvolvimento de perfis coextrudados foi feito à partir da exigência de se conseguir perfis expandidos com a mesma qualidade mecânica e física que os perfis compactos. Para o fabricante isto significa uma melhor adequação por combinar o perfil expandido com o compacto e, como consequência, uma melhor estrutura superficial e de cores. Em perfis para decoração, a parte expandida permanece a mesma, enquanto que a parte co-extrudada varia de acordo com a necessidade (cor).

Ferramental de calibração

A montagem do ferramental de calibração deve levar em consideração os passos de “fixação” e “resfriamento”. A fixação do produto extrudado sem o correspondente resfriamento não é possível. Na expansão interna, os contornos e dimensões da peça são aproximadamente iguais aos da matriz de extrusão e da entrada do calibrador. A intensidade do resfriamento controla a espessura da superfície compacta da peça (skin), na qual é evitada a formação da células. Para a calibração de peças de PVC expandido é adequada a utilização de calibradores a vácuo e resfriamento por água. A utilização de tanques de calibração por vácuo e resfriamento posterior são vantajosas já que é possível um resfriamento intensivo. **Devido ao menor poder de transmissão de calor dos materiais expandidos, os equipamentos de calibragem e resfriamento devem necessariamente ser mais longos, comparados com os existentes para as velocidades de produção dos de PVC compacto.**

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

A capacidade de produção de perfis expandidos de PVC depende do formato do perfil e da qualidade exigida. Por isso, o projeto do perfil é muito importante.

Puxadores e corte do perfil (downstream line)

Com comentado anteriormente, a linha de fabricação é semelhante à utilizada para PVC não celular. A linha de extrusão é composta de:

Equipamento de calibração e resfriamento: mantém o perfil em sua trajetória estável e constante;

Sistema de puxamento: transporta o perfil da zona de calibração. São forças necessárias que só podem ser conseguidas com puxadores de lagartas;

Dispositivo de corte: o perfil extrudado continuamente é cortado em seu comprimento de armazenagem ou uso com a mesma serra empregada para perfis compactos

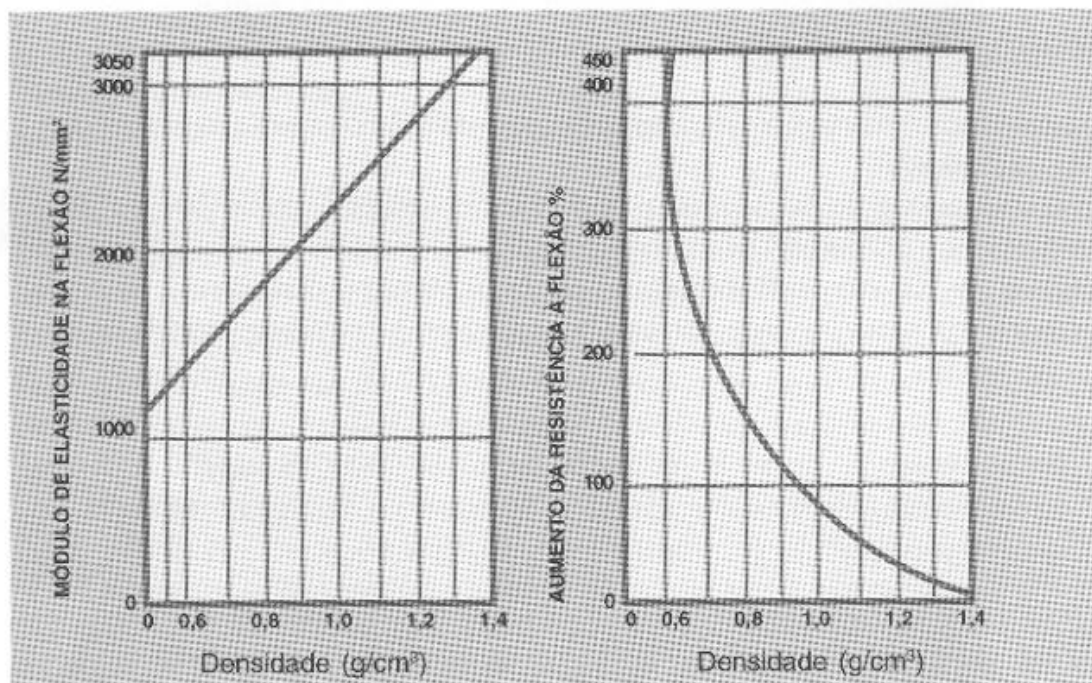
Características dos perfis de PVC rígido expandido

As características dos perfis de PVC expandido dependem da distribuição de densidade através da seção transversal. O critério mais importante é a característica e a espessura da parede da camada superficial (skin).

Resistência à flexão (Módulo de Flexão)

Ao reduzir-se a densidade da peça, mantendo-se sua espessura, o módulo de flexão diminui linearmente.

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO



Resistência à luz e a fatores climáticos

No que se refere à influência de luz e fatores climáticos, as peças fabricadas pelo processo de expansão interna (Celuka) são semelhantes aos de consistência compacta, desde que formulados adequadamente.

Em aplicações onde as exigências de resistência ao intemperismo sejam extremas, recomenda-se a utilização do processo de co-extrusão com a camada superficial compacta satisfatoriamente aditivada para atender tal requisito.

PROPRIEDADES FÍSICAS DO PVC RÍGIDO CELULAR – PLACAS E PERFIS

Propriedade	Método de teste	Unidade	Valores		
			Resistência ao impacto normal	Resistência ao impacto normal	Resistência ao impacto normal
Formulação	-	-	Resistência ao impacto normal	Resistência ao impacto normal	Resistência ao impacto normal
Processo de extrusão	-	-	Processo de expansão livre*	Processo de expansão interna**	Compacto
Densidade 23°C	DIN 53420	g/cm ³	0,6	0,55	1,4
Resistência ao impacto + 23°C (Método Charpy)	DIN 53454	KJ/m ²	12	25	Nenhuma ruptura

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Propriedade	Método de teste	Unidade	Valores		
Resistência ao impacto entalhado (Método Charpy)	DIN 53454 Corpo de prova	KJ/m ²	2,2	2,5	3,0
Resistência à tração	DIN 53454 Velocidade V	N/mm ²	16,0	15	35
Alongamento na ruptura	DIN 53455 Corpo de prova 3	%	40	30	27,5
Dureza Shore D	DIN 53505	-	50	80	80
Módulo de elasticidade (ensaio de flexão)	ISO/R178	N/mm ²	1200	1200	3050

*perfil 120 x 3 mm

**perfil 140 x 10 mm, espessura de camada compacta 0,5 mm

PROPRIEDADES FÍSICAS DO PVC RÍGIDO CELULAR – PLACAS E PERFIS

Propriedade	Método de teste	Unidade	Valores		
Formulação	-	-	Resistência ao impacto normal	Resistência ao impacto normal	Resistência ao impacto normal
Processo de Extrusão	-	-	Processo de expansão livre*	Processo de expansão interna*	Compacto
Densidade a 23°C	DIN 53420	g/cm ³	0,6	0,55	1,4
Temperatura de Amolecimento Vicat (VST/B/50)	DIN 53460	°C	63	67	78
Coefficiente de Expansão Térmica Linear a 20°C	VDE 0304 Parte 1, n°4	K ⁻¹	0,5 x 10 ⁻⁴	0,54 x 10 ⁻⁴	0,6 x 10 ⁻⁴
Condutividade Térmica	DIN 52612	W/mK	0,062	0,062	0,16
Absorção de Umidade	DIN 53495 Procedimento	mg (% peso)	5,0 (0,11)	20 -	4,0 (0,02)
Resistividade Volumétrica (23°C)	DIN 53482	?cm	6 x 10 ¹⁴	-	7 x 10 ¹⁵
Fator de Dissipação (50Hz)	DIN 53483	-	6,5 x 10 ⁻³	-	10 x 10 ⁻³

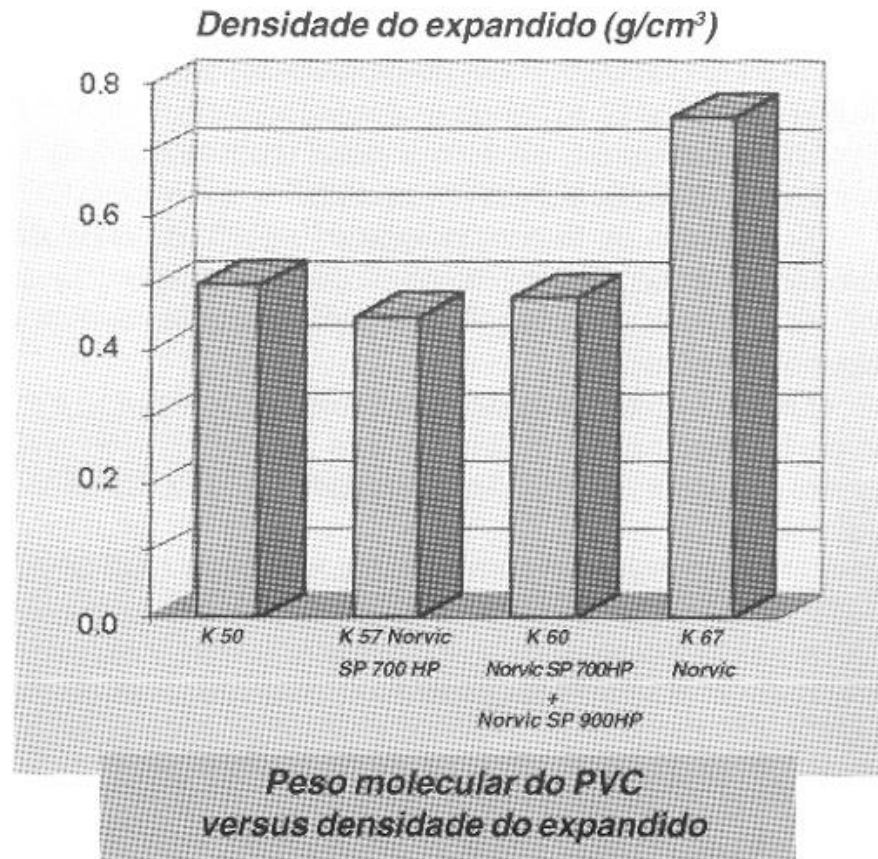
TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Formulações de PVC rígido expandido

As formulações de PVC rígido expandido, além da resina de PVC NORVIC - o PVC da OPP, contém agentes expansores BARAFOAM, estabilizantes térmicos BAROPAN/BAROSTAB e lubrificantes BAROLUB da Bärlocher e auxiliares de processo PARALOID da Röhm & Haas. Todos estes componentes da formulação afetam a estrutura da célula, o acabamento superficial e as propriedades físicas do produto final. Os quatro ingredientes que exercem maior influência são a resina, o agente expensor, o estabilizante térmico e o auxiliar de processo. A influência dos outros elementos também deve ser considerada.

Resina de PVC Norvic

O peso molecular da resina de PVC é a chave para sua aplicabilidade ao expandido. Se o peso molecular é muito baixo, a massa fundida não tem força para encapsular o gás gerado pelo agente expensor. Caso o peso molecular seja muito alto, haverá dificuldade de expansão. Nos dois extremos, a densidade do expandido no qual o peso molecular da resina foi a única variável, indica que a menor densidade obtida com a resina NORVIC SP 700HF (Valor K 57). Como regra geral, os formuladores de composto escolhem uma resina com um peso molecular tão alto quanto o processo de extrusão lhe permita.

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Agente expensor - Barofoam

O agente expensor é um dos componentes exclusivos de formulações de produtos expandidos. Trata-se de um material que se decompõe quando exposto a altas temperaturas durante a extrusão e libera gases inerentes que ficam contidos sobre pressão, e ao final é parcialmente fundido com o PVC. Idealmente, o agente expensor não deve produzir nenhum gás até que o composto se torne suficientemente fluido para formar uma vedação, do contrário o gás pode escapar através do funil ou da degasagem da extrusora.

Agentes expansores variam com o tipo de formulação. Sistemas de expansão livre normalmente empregam agentes de expansão orgânicos do tipo Azodicarbonamida – BAROFOAM AC que devem ser modificadas pela adição de outras substâncias químicas (kickers). Os produtos de decomposição do agente de expansão orgânico são principalmente o nitrogênio e o monóxido de carbono, produzindo estrutura de células pequenas, fechadas e uniformes. A temperatura de decomposição do agente de expansão orgânico está entre 197 e 215°C.

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

O agente de expansão para a produção de perfis expandidos por expansão interna pode ser inorgânico, a base de bicarbonato de sódio BAROFOAM SB (se decompõe a partir de 60°C), se expande a uma velocidade inferior ao agente de expansão orgânico. Uma pele compacta se forma pelo resfriamento da superfície externa na massa imediatamente após sair da ferramenta.

Os produtos de decomposição do agente de expansão inorgânico são o dióxido de carbono e a água. Isto resulta em estrutura de células maiores e menores uniformes e por isso o agente de expansão inorgânicos é freqüentemente combinado com um agente de expansão orgânico.

O tipo e a qualidade de agente expensor afetarão a densidade do expandido. A partir do ponto chamado de “Nível de Gás Retido” (NGR), a adição de maior quantidade de agente expensor, não produzirá efeito na redução da densidade do expandido.

EFEITO DO AGENTE DE EXPANSÃO NA DENSIDADE DO EXPANDIDO

Teor de agente expansão (pcr)	Densidade do expandido (g/cm ³)	Qualidade da superfície*	Leitura de torque (Mg)
0.2	0.83	1	3391
0.4	0.62	2	3488
0.6	0.51	2	3608
0.8	0.43	2	3680
1.0	0.37	3	3670

*1= bom acabamento superficial; 5 = superfície muito grosseira./Condições de extrusão no Brabender: perfil de temperatura = 170/180/190/170°C/ velocidade da rosca = 60 RPM

Estabilizante térmico – Baropan/Barostab

Para proteger as formulações de PVC expandido da degradação no seu processamento é importante a utilização de estabilizantes térmicos no composto. Estes ingredientes não fornecem somente estabilidade térmica, mas também funcionam como ativadores do agente expensor. Os estabilizantes podem ser a base de: chumbo, estanho, chumbo-bário-cádmio, cálcio-zinco sendo que cada tipo oferece diferentes vantagens dependendo das aplicações.

Os estabilizantes de chumbo – BAROPAN SMS – de baixo custo e boa processabilidade, tendem a fornecer lubrificação ao processo e todos geram algum tipo de efeito ativador do agente expensor.

Os estabilizantes de estanho – BAROSTAB OM – fornecem estabilidade térmica superior e apresentam comportamento diferenciado quanto ao efeito sobre o agente expensor. Estes estabilizantes não fornecem qualquer tipo de lubrificação.

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Estabilizantes à base de chumbo-bário-cádmio – BAROPAN SMS – além das vantagens mencionadas para o estabilizante de chumbo, adicionam resistência à intempérie, melhorando o efeito ativador do agente expensor.

Estabilizante de cálcio-zinco – BAROPAN MC – também são utilizados em aplicações específicas.

Alguns estabilizantes necessitam de um ativador – BAROSTAB KK - para reduzir a temperatura de decomposição do agente expensor, que influenciará na densidade final do produto e/ou nas temperaturas de processamento.

Devido a influência dos diferentes estabilizantes sobre os outros componentes da formulação, deve-se ser bastante seletivo e criterioso na escolha deste componente.

Lubrificantes - Barolub

Toda formulação de PVC rígido, compacto ou expandido, emprega lubrificantes internos e externos. Lubrificantes internos são utilizados para ajustar a viscosidade da massa fundida de PVC. Lubrificantes externos são empregados para prolongar o tempo de fusão do PVC e diminuir o atrito entre a massa fundida e as partes metálicas da extrusora, como rosca, cilindro e ferramenta.

Os lubrificantes internos, que consistem em produtos como estearato de cálcio, tendem a reduzir a densidade do expandido. Ao contrário, lubrificantes externos como ceras de polietileno oxidado, tendem a aumentar esta densidade. Como exemplo, muitas formulações com estabilizantes à base chumbo contém lubrificantes de estearato de chumbo como parte do sistema de estabilização. Reduzir o nível de estearato de chumbo resultará em uma densidade menor do expandido. Importante salientar que alta rotações de rosca tendem a reduzir o impacto da variação dos níveis de lubrificantes na densidade do expandido.

EFEITO DO TEOR DE ESTEARATO DE CÁLCIO NA DENSIDADE DO EXPANDIDO

Teor de estearato de cálcio (pcr)	Densidade (g/cm ³)	Qualidade da superfície*	Torque de extrusora (Mg)
0.5	0.52	2	4124
1.0	0.47	1	4124
1.5	0.43	1	4081

*1 = bom acabamento superficial; 5= superfície muito grosseira./ Condições de extrusão no Brabender: perfil de temperatura = 170/180//190/180°C/ velocidade da rosca = 60 RPM

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

EFEITO DO TEOR DE CERA DE POLIETILENO NA DENSIDADE DO EXPANDIDO

Teor de cera PE (pcr)	Densidade (g/cm ³)	Qualidade da superfície*	Torque de extrusora (Mg)
-	0.61	1.5	3574
0.1	0.61	3	2377
0.2	0.66	4	2055

*1 = bom acabamento superficial; 5 = superfície muito grosseira./ Condições de extrusão no Brabender: perfil de temperatura = 185/195/200/185°C/ velocidade da rosca = 60 RPM

Auxiliar de processo

Os auxiliares de processo ou modificadores de fluxo, como também são conhecidos, fornecem três benefícios importantes na fabricação de PVC expandido:

- (a) facilitam a fusão;
- (b) alteram a reologia básica da massa de PVC; e
- (c) modificam a elasticidade da massa fundida.

O modificador de fluxo acrílico Paraloid K400 permite que o PVC seja processado a temperaturas mais baixas, reduzindo a possibilidade de degradação. Além disso, menor quantidade de calor é necessária para produção da expansão, que permite ao usuário optar pela redução do custo de energia ou aumento da produtividade do equipamento.

EFEITO DO PARALOID K400 EM FORMULAÇÕES DE PERFIS/CHAPAS DE PVC EXPANDIDO

Aditivo de expansão	Teor (phr)	Densidade (g/cm ³)	Qualidade de superfície *	Torque da extrusora (Mg)
K 400	6	0.39	2	43121
	8	0.37	2	4349
KM 318F	6	0.88	3	3279
	8	0.79	3	3478
K 125	6	0.73	3	3506
	8	0.64	3	4231

*1 = bom acabamento superficial; 5 = superfície muito grosseira./ Condições de extrusão no Brabender: perfil de temperatura = 170/180/190/180°C / velocidade da rosca = 60 RPM

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

O Paraloid K400 difere de outros modificadores por possuir um peso molecular maior – a densidade do PVC expandido é diretamente proporcional ao peso molecular – além de uma composição desenvolvida exclusivamente para esta explicação. Conseqüentemente, Paraloid K400 possibilita a produção de um perfil expandido de menor densidade. O nível ideal de processabilidade e densidade é alcançado utilizando-se de 6 a 8pcr na formulação do composto.

Preparação das misturas com os agentes de expansão

O agente de expansão pode ser adicionado tanto no misturador quente quanto no resfriador. A adição do agente expansor durante a mistura quente ajuda a obter melhor dispersão no composto, mas existe o risco do agente expansor se decompor durante o processo de mistura.

Para diminuir este risco, a temperatura durante a mistura não pode exceder 110°C. Por outro lado, se o agente de expansão é incorporado no resfriador, é necessário prolongar o tempo da mistura no resfriador para poder obter melhor dispersão. Como regra geral, podemos dizer que é possível adicionar agente de expansão orgânico (azodicarbonamida) na mistura quente. No entanto, o agente de expansão inorgânico (bicarbonato de sódio) deve ser adicionado no resfriador devido a sua baixa temperatura de decomposição.

Formulações básicas**FORMULAÇÕES TÍPICAS PARA EXPANSÃO LIVRE DE CHAPAS/PERFIS**

Ingredientes	Estanho	Sais de Pb	Complexo Pb	CaZn
PVC NORVIC SP 700 HF	100,0	100,0	100,0	100,0
CaCO ₃	5,0	4,0	5,0	5,0
Barofoam AC 6	0,6	0,5	0,4	0,4
Barostab KK 95	0,3	0,3	0,3	0,3
Paraloid K 175	1,0	0,5	1,0	1,0
Paraloid K 400	6,0	6,5	6,0	6,0
Barostab M2585	1,5	-	-	-
TiO ₂	1,0	2,0	-	-
Sistema Lubrificante	0,5	-	-	-
Estearato de Pb	-	0,35	-	-
Sulfato Tribásico	-	0,6	-	-
Estearato de Ca	-	0,5	-	-
Barolube FTA	-	0,5	-	-

TECNOLOGIA E APLICAÇÕES DE PERFIS DE PVC RÍGIDO EXPANDIDO

Baropan SMS 475	-	-	2,5	-
Baropan MC 8451 PS	-	-	-	3,5

FORMULAÇÕES PARA EXPANSÃO INTERNA (CELUKA) DE CHAPAS/PERFIS

Ingredientes	Estanho	Sais de Pb	Complexo Pb	CaZn
PVC NORVIC SP 700 HF	100,0	100,0	100,0	100,0
CaCO ₃	3,0	3,0	3,0	3,0
TiO ₂	2,0	2,0	2,0	2,0
OSE	1,0	1,0	1,0	1,0
Barofoam AC 6	0,2	0,2	0,2	0,2
Barofoam SB 12	1,7	1,7	1,7	1,7
Barostab KK 95	0,15	0,1	0,1	0,1
Paraloid K 400	6,0	6,5	6,5	6,5
Paraloid K 175	1,0	0,5	0,5	0,5
Barostab M 63	3,0	-	-	-
Composto Lubrificante	2,5	-	-	-
Estearato de Pb	-	0,35	-	-
Sulfato Tribásico de Pb	-	2,5	-	-
Estearato de Ca	-	0,75	-	-
Barolube FTA	-	0,6	-	-
Barostab SMS 475	-	-	2,6	-
Baropan MC 8451 PS	-	-	-	2,6