

EVERFLON ACADEMIC



— Guia de extrusão —

EVERFLON

FEP
PFA

ETFE

Resinas Fluoropolímeras Fundíveis

Introdução

As resinas fluoropoliméricas processáveis por fusão ampliam a linha de produtos, oferecendo as propriedades desejáveis do Everflon™ PTFE em produtos que podem ser processados por técnicas termoplásticas convencionais, como moldagem por injeção e extrusão.

As aplicações abrangem aquelas em que projetistas e usuários finais exigem um termoplástico com excelente estabilidade química, propriedades dielétricas, características antiaderentes e resistência mecânica para uso em ambientes de temperaturas extremas, tanto altas quanto baixas.

Esta versátil família de resinas fluoropoliméricas processáveis por fusão está disponível na Everflon™ para atender a requisitos específicos de uso final e necessidades de processamento:

- O Everflon™ FEP é classificado para serviço até 200 °C e mantém a resistência química e a rigidez dielétrica das resinas fluoropoliméricas Everflon™ PTFE.
- O Everflon™ PFA é uma resina de alto desempenho com boas características de processamento por fusão e estabilidade térmica única. Oferece resistência e rigidez em altas temperaturas; excelente resistência à fissuração por tensão; alta vida útil à flexão e excelentes propriedades elétricas. Sua classificação de serviço em alta temperatura é de 260 °C e resiste a praticamente todos os produtos químicos.
- O Everflon™ ETFE é um material forte e resistente, com resistência química, propriedades elétricas e resistência ao envelhecimento semelhantes às de outras resinas fluoropolímeras Everflon™. Classificado para uso até 150 °C, o Everflon™ ETFE possui excelentes propriedades de processamento usando técnicas termoplásticas convencionais.

As resinas de fluoropolímero Everflon™ possuem pontos de fusão e viscosidades de fusão mais elevados do que a maioria dos termoplásticos. Elas proporcionam excelentes rendimentos e taxas de produção quando processadas utilizando as técnicas descritas neste guia.

Propriedades dos fluoropolímeros Everflon™ para extrusão

Property	Unit	ASTM standard	FEP	PFA	ETFE
Ponto de fusão	°C	DSC	260	310	260
MFR	g/10min		6-12	6-14	6-12
Gravidade específica	--	D792	2.15	2.15	1.7
Resistência à tração a 23 °C	MPa	D2116	24	26	45
Alongamento a 23 °C	%	D2116	330	350	400
Resistência ao impacto (Izod)	kg-cm	D256A		No Break	
Dureza (Dorômetro)	--	D2240	D56	D60	D70
Módulo de flexão	Mpa	D790	550	580	1200
Resistividade volumétrica	Ω -cm	D257		$>10^{17}$	
Constante dielétrica	1 MHz	D150	< 2.1	< 2.1	< 2.6
Fator dielétrico	1 MHz	D150	0.0007	0.0001	0.0007
Rigidez dielétrica	kV/mm	D149	78	78	70
Inflamabilidade	--	UL94		V-0	
Índice de oxigênio	--	D2863		>95	
Resistência química				Excellent	
Absorção de água	%	D570		< 0.03	

CONCENTRADOS DE COR

O Everflon™ FEP e PFA, assim como o ETFE, podem ser coloridos usando concentrados de cor disponíveis comercialmente, como os da Everflon+™. As concentrações variam, mas geralmente são de proporções tão pequenas que não afetam significativamente as propriedades mecânicas finais do fluoropolímero. No entanto, é importante que o concentrado de cor seja misturado na mesma resina base que será usada durante a diluição.

A maioria das operações modernas de extrusão contínua utiliza um sistema comercial de adição de corante. Se estiver utilizando um desses, siga as instruções de operação do fabricante do medidor. O procedimento abaixo pode ser usado caso as instruções do fabricante não estejam disponíveis.

O procedimento abaixo é para a mistura a seco, ou "diluição", de grânulos de concentrado de cor em grânulos de resina de fluoropolímero Everflon™.

1. Seque o concentrado de cor por algumas horas a 95 °C em uma estufa ventilada ou a vácuo. Não é necessário secar a resina a granel; No entanto, é importante observar que a resina proveniente de áreas de armazenamento sem aquecimento no inverno pode apresentar formação de condensação ao entrar na área de extrusão aquecida. Deixe a resina atingir o equilíbrio térmico antes de usá-la.
2. Pese o concentrado na proporção necessária para a resina a ser processada (por exemplo, 1%).
3. Adicione o concentrado de cor à resina a granel em um recipiente limpo e seco.
4. Misture ou agite a resina e o concentrado de cor por pelo menos 15 minutos ou até que estejam bem misturados. Alimente a mistura na tremonha da extrusora. Mantenha coberto com tampa ou papel alumínio durante o uso.
5. Os grânulos de concentrado de cor não utilizados devem ser armazenados em recipientes herméticos. Caso contrário, devem ser secos novamente antes de serem usados.

EQUIPAMENTO

Extrusora

A função de uma extrusora é converter grânulos termoplásticos em resina fundida e fornecer o material fundido a uma taxa uniforme e temperatura constante.

Extrusoras convencionais de rosca simples são usadas para processar fluoropolímeros. As relações comprimento/diâmetro (C/D) variam de 20/1 a 30/1. No entanto, constatou-se que extrusoras mais longas, com relações C/D de 28/1 ou mais, funcionam melhor. Essas máquinas mais longas são capazes de produzir resultados mais estáveis em altas taxas de produção.

A energia necessária para plastificar a resina provém do arrasto viscoso induzido pela ação mecânica da rosca giratória e do calor externo conduzido proveniente dos aquecedores do cilindro. A rosca giratória mistura o material fundido e, juntamente com as dimensões da seção de dosagem, determina a vazão da extrusora. Dimensionar a extrusora para fornecer a vazão desejada de material fundido bem misturado é fundamental para o sucesso.

Máquinas de diâmetro menor exigem rotações por minuto (RPM) da rosca mais altas para atingir a vazão de extrusoras maiores e mais lentas. No entanto, uma rotação por minuto (RPM) razoável, na faixa de 20 a 50, funciona melhor.

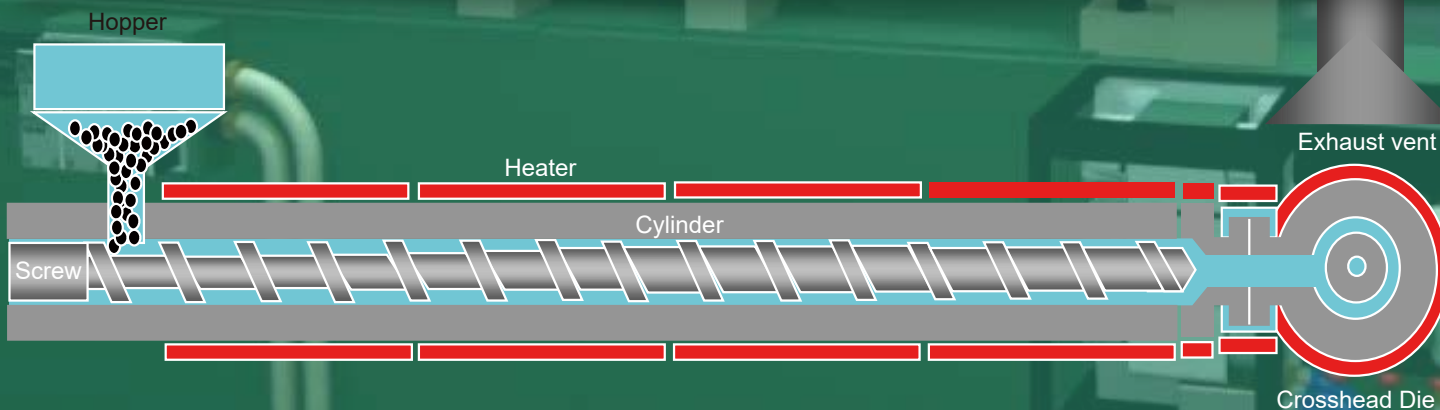
Problemas de processamento, como a perda de resistência da massa fundida, foram observados em extrusoras pequenas e curtas que precisam operar em altas temperaturas e RPM para atingir a produção desejada. Da mesma forma, problemas foram observados em máquinas grandes operando lentamente. Mistura inadequada e longo tempo de residência podem levar a uma massa fundida instável, o que resulta em baixo desempenho de extrusão.

Materiais de Construção

O processamento de polímeros termoplásticos fundidos causa alguma degradação da resina e a formação de subprodutos. Os subprodutos do fluoropolímero fundido são corrosivos para a maioria dos metais. A corrosão é acelerada pela decomposição da resina e pode ser minimizada evitando temperaturas operacionais excessivamente altas e utilizando canais de fluxo de resina otimizados. Pontos de retenção, cantos mortos, etc., retêm a resina onde ela pode ser degradada pela exposição a altas temperaturas por períodos prolongados.

Portanto, é necessário utilizar equipamentos de extrusão fabricados com ligas resistentes à corrosão, com alto teor de níquel e baixo teor de ferro.

Todos os equipamentos em contato com os materiais, como revestimentos de cilindros, telas, placas de ruptura, adaptadores, cabeçotes e ferramentas, devem ser fabricados com essas ligas. Os equipamentos expostos, como grampos, devem ser protegidos por um revestimento de níquel de alta qualidade. Uma variedade desses equipamentos está disponível comercialmente, e os fornecedores podem orientar sobre seu uso adequado com fluoropolímeros.



Projeto da Rosca

A maioria dos projetos convencionais de rosca simples funciona satisfatoriamente para fluoropolímeros. O desempenho varia dependendo do projeto da rosca.

Roscas com seções de alimentação longas, taxa de compressão de aproximadamente 3:1, perfis progressivos no núcleo e elementos de mistura de fusão com baixa taxa de cisalhamento têm sido amplamente utilizadas e são a escolha preferida. Experiências limitadas indicam que roscas com passo variável e do tipo barreira podem funcionar com fluoropolímeros. No entanto, os operadores de extrusoras devem abordar esses projetos com cautela.

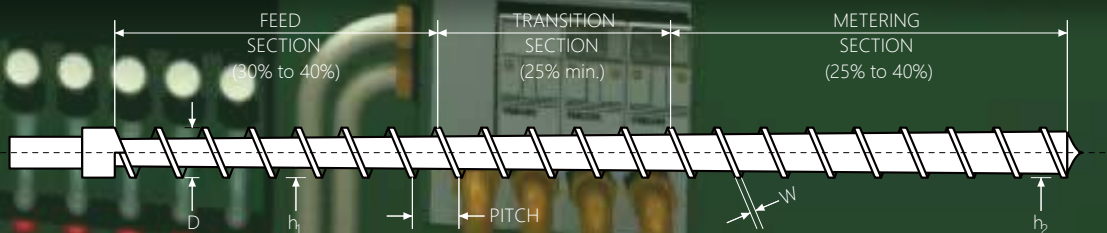
Em uma “rosca de passo quadrado”, uma volta da hélice move um diâmetro do cilindro para baixo na rosca. Uma rosca de passo quadrado com um ângulo de passo constante de 17,7 graus é comum.

Isso significa que a relação L/D é igual ao número de voltas a serem alocadas entre as seções da rosca: alimentação, transição, dosagem e mistura. Por exemplo, uma rosca de passo quadrado com relação comprimento/diâmetro de 28/1 tem 28 voltas para alocar. O transporte, a fusão e a mistura dos cubos de resina ocorrem na seção de alimentação. Uma longa seção de alimentação, com pelo menos 8 voltas, proporciona o tempo de residência necessário. É importante haver um bom equilíbrio entre a energia proveniente do arrasto viscoso induzido mecanicamente e dos aquecedores do cilindro. Isso é obtido pela rotação da rosca. A profundidade da rosca deve ser adequada para permitir a compactação dos grânulos de resina, mas com diâmetro suficiente no núcleo para garantir resistência mecânica.

A seção de transição progressiva do núcleo conecta a alimentação às seções de dosagem. A transição ou compressão ocorre ao longo de 3 a 4 voltas da rosca. À medida que a profundidade da rosca diminui gradualmente, a fusão é concluída e o ar ou gás é impulsionado de volta para cima do cilindro para ser expelido pela garganta de alimentação. Isso proporciona um canal de rosca preenchido volumetricamente que entra na seção de dosagem. Isso é vital para alcançar uma produção constante de material fundido.

O material fundido é transportado ao longo da seção de dosagem da rosca por atrito nas superfícies. A produção é diretamente proporcional à rotação da rosca. Uma seção de dosagem com 5 a 7 voltas geralmente gera pressão adequada para transportar o material fundido através da tela, cabeçote e ferramentas. As profundidades das voltas da seção de dosagem são rasas para maximizar a relação entre área de superfície e volume. Isso também minimiza o refluxo do material fundido devido ao acúmulo de pressão. É importante entender que este é um processo volumétrico. A produção é determinada pelas dimensões da seção transversal da unidade de dosagem e pela rotação da rosca.

Projetos com canais de dosagem de grande diâmetro e maior profundidade exigirão rotações muito menores do que máquinas de pequeno diâmetro e baixa profundidade. Ao especificar novas máquinas ou novas roscas para máquinas existentes, comece calculando as dimensões da unidade de dosagem para uma rotação média que forneça a produção necessária para a aplicação. A partir dessa base, usando uma taxa de compressão típica (por exemplo, 3:1), as outras dimensões da rosca podem ser facilmente determinadas.



Secador de Tremonha

As resinas fluoropolímeras não absorvem água. No entanto, elas absorvem umidade superficial, especialmente quando transferidas do armazenamento refrigerado para a sala de processamento aquecida. Como os concentrados de cor podem ser higroscópicos, a secagem da resina e do concentrado tem se mostrado eficaz na eliminação de defeitos relacionados à umidade. A secagem em lote antes da extrusão é eficaz, mas pode ser trabalhosa ao processar grandes quantidades de resina. Os fluoropolímeros não requerem ar desumidificado. A circulação de ar quente pode remover a umidade superficial. Temperaturas de 120 a 160 °C, com tempo de espera de 1 a 2 horas, são geralmente eficazes. O ar de exaustão da tremonha deve ser ventilado com segurança. Unidades de aquecimento de tremonha pré-fabricadas para fluoropolímeros estão disponíveis comercialmente.

Pacote de Telas e Placa Quebradora

Uma placa quebradora e um pacote de telas podem ser usados para a extrusão de fluoropolímeros. Eles desenvolvem uma contrapressão adicional para melhor dispersão do pigmento ou carga na massa fundida. O processo deve ser suficientemente limpo para não exigir a remoção de contaminantes ou aglomerados de cor por peneiramento. Os orifícios da placa de quebra devem ser chanfrados em ambos os lados para eliminar a retenção de resina e o cisalhamento sobre uma borda afiada. Uma tela de malha 120 (0,125 mm) intercalada entre duas telas de malha 80 (0,177 mm) é uma configuração típica. As telas devem ser feitas de ligas de fluoropolímero resistentes à corrosão.

Adaptador

O adaptador que conecta a cruzeta ao cilindro da extrusora deve ter um formato interno aerodinâmico para um fluxo de material fundido adequado. Reduções cônicas na seção transversal devem ser feitas com um ângulo máximo de 30°. Ele também deve possuir uma faixa de aquecimento com controlador de temperatura. A prática de compensar temperaturas inadequadas do adaptador com temperaturas mais altas do cilindro pode levar à degradação e a um potencial problema de segurança durante a inicialização. A resina solidificada dentro do adaptador restringirá o fluxo de material fundido da extrusora.

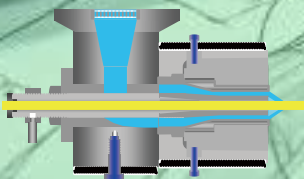
Cruzeta

Um projeto convencional de cruzeta para extrusora é comumente usado. Outros projetos também estão disponíveis. Cabeçotes em linha ou de fluxo direto são usados na extrusão de perfis contínuos, como tubos. Muitas variantes comerciais estão disponíveis.

É importante que o cabeçote tenha um padrão de fluxo simples e aerodinâmico, sem pontos de retenção. O tamanho dependerá do produto final de extrusão desejado. No entanto, o menor volume e o menor tempo de residência disponíveis que atendam às necessidades do produto final são a melhor escolha. A fratura da fusão, discutida posteriormente neste documento, pode limitar a taxa de produção.

Entretanto, os fluoropolímeros Everflon™ têm boa resistência à fusão, permitindo grandes taxas de estiramento para minimizar o efeito da fratura da fusão.

Igualmente importante é a necessidade de especificar materiais de construção resistentes à corrosão e com grau de fluoropolímero. Os fornecedores usam diferentes ligas, equilibrando a resistência à corrosão com a facilidade de usinagem e a aparência após o uso com fluoropolímeros.



Bandas de Aquecimento

As bandas de aquecimento devem ter capacidade suficiente para permitir uma temperatura máxima de 425 °C durante a operação. Densidades de potência de 4,65 W/cm² ou superiores podem ser utilizadas. Controladores de temperatura PID (proporcional, integral e diferencial) ou equivalentes são necessários para uma produção estável de extrusão por fusão.

Ventilação Local Exaustiva

O processamento por fusão de todos os polímeros termoplásticos, incluindo os fluoropolímeros termoplásticos, causa alguma degradação que pode liberar gases, vapores ou fumos que podem ser prejudiciais à saúde ou simplesmente criar odores indesejáveis. A maneira mais eficaz de controlar essas emissões é "capturá-las" na fonte e removê-las por meio de ventilação exaustiva antes que possam ser dispersas na atmosfera do local de trabalho.

A ventilação local exaustora (LEV) é eficaz, pois apenas um volume relativamente pequeno de ar é necessário para "capturar" e remover os produtos químicos liberados pelo plástico, em comparação com os volumes muito grandes necessários para tentar renovar o ar em todo um espaço de trabalho ou fábrica. Além disso, a "captura" de contaminantes na fonte pode praticamente eliminar a exposição dos trabalhadores a produtos químicos.

OPERAÇÃO DA EXTRUSORA

Uma operação de extrusão bem-sucedida requer atenção a muitos detalhes, como: a qualidade e o fluxo do material de alimentação, uma partida e parada que não degradem o polímero nem coloquem o equipamento e o operador em risco, um perfil de temperatura da extrusora que alcance e controle o processo na temperatura de fusão desejada e na taxa de produção necessária, um sistema de ventilação local adequado e o manuseio da resina.

Manuseio da Resina

Deve-se ter cuidado para evitar a condensação na superfície da resina. A umidade pode ser absorvida por alguns dos aditivos utilizados, como pigmentos ou concentrados nucleantes. Deixe a resina aclimatizar no ambiente de trabalho por até 24 horas antes do uso.

Manter a resina limpa e livre de contaminação é altamente recomendável. Sacos e outros recipientes de resina devem ser mantidos lacrados antes do uso. Evite a contaminação utilizando funis e recipientes de armazenamento cobertos. Contaminantes frequentemente resultam em falhas no produto extrudado, como falhas por faísca no isolamento dos fios.

Fluidez de Fusão

As resinas fluoropolímeras são consideravelmente mais viscosas nas temperaturas de processamento recomendadas do que a maioria das outras resinas termoplásticas. Viscosidade de fusão e taxa de fluidez de fusão (TFF), a quantidade de material fundido em gramas que passa por um determinado orifício sob pressão e temperatura constantes durante um período de 10 minutos, são termos usados para descrever o fluxo do polímero fundido. Essas propriedades são medidas sob condições padrão e especificadas de cisalhamento e temperatura.

As normas ASTM definem esses valores e seus métodos de medição. As viscosidades (sob tensão de cisalhamento constante) dessas resinas fluoropolímeras variam inversamente com a temperatura. A fluidez de fusão dos fluoropolímeros Everflon™ FEP e PFA através de pequenos orifícios de matriz, ou ferramentas de perfil semelhante, é limitada pela alta viscosidade de fusão dos polímeros e pela baixa “taxa de cisalhamento crítica”. No entanto, eles possuem resistência de fusão suficiente para permitir a extrusão através de ferramentas maiores e o subsequente estiramento até o tamanho necessário. Os fluoropolímeros Everflon™ ETFE têm menor resistência ao derretimento do que os Everflon™ FEP e PFA e, portanto, não podem ser extrudados tanto. No entanto, as taxas de cisalhamento críticas mais elevadas dos fluoropolímeros Everflon™ ETFE fundidos permitem taxas de extrusão comparáveis.

Fratura da Fusão

Quando uma resina termoplástica flui através de uma matriz ou orifício de perfil, o fluxo de fusão resultante apresenta uma superfície lisa. À medida que a vazão aumenta, o fluxo atinge uma taxa na qual a rugosidade da superfície se torna visível. Essa rugosidade, chamada de "fratura da fusão", é causada pelo atrito entre a massa fundida e as superfícies da parede da ferramenta. Em vazões mais baixas, o atrito diminui a velocidade do fluxo na parede da ferramenta. Em taxas mais altas, ele tende a "parar" o fluxo; porém, isso é superado pela pressão do processo que empurra a massa fundida para a frente. O resultado é um fluxo errático ou "turbulento na superfície" que causa a rugosidade da superfície. A extrusão a uma taxa muito alta para a viscosidade da massa fundida, o tamanho da ferramenta e a temperatura do equipamento é a causa mais comum de fratura da massa fundida.

A fratura da massa fundida ocorre em taxas de fluxo acima da "taxa de cisalhamento crítica" do polímero fundido. Essa taxa depende da temperatura, portanto, um aumento na produção geralmente é possível aumentando a temperatura da massa fundida. No entanto, a temperatura da massa fundida deve sempre estar abaixo daquela que causa a degradação do polímero.

Nos casos em que pigmentos ou ingredientes nucleantes são usados, o cone é opaco; portanto, a fratura da massa fundida só pode ser vista na superfície externa. É importante executar a extrusão em condições que não resultem em fratura da massa fundida.

A experimentação com resina sem pigmento pode ser útil para determinar inicialmente essas condições. O exame do produto extrudado, interna e externamente, também ajuda a ilustrar a presença de fratura da massa fundida.

A rugosidade devido à presença de umidade, contaminação ou carga pode ser confundida com fratura da massa fundida. Uma breve redução na produção reduzirá ou eliminará a fratura da massa fundida, se essa for a causa da rugosidade da superfície. Por outro lado, se a rugosidade persistir, mesmo em baixas taxas de produção, devem ser feitas as correções apropriadas para a presença de umidade ou contaminação.



Uma extrusão típica de tubo sendo puxada para dentro de um calibrador a vácuo. O tubo apresenta-se brilhante, com superfície lisa e transparente. Não há sinais de fratura por fusão.



A mesma extrusão, porém com uma taxa de produção maior, apresenta sinais evidentes de fratura por fusão no cone.

Tensão de Cisalhamento e Taxa de Cisalhamento

A figura representa um mapa das possíveis condições de fluxo para as resinas fluoropolímeras Everflon™ FEP&PFA, considerando temperaturas constantes de fusão e da matriz. Os fluoropolímeros Everflon™ ETFE não exibem esse padrão regional. O mapa é um gráfico da tensão de cisalhamento versus a taxa de cisalhamento e ilustra como a tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da taxa de cisalhamento.

O mapa define quatro possíveis regiões de comportamento de extrusão. Em taxas de produção muito baixas, pode ocorrer degradação da resina induzida termicamente.

A Região I é a ampla área de operação normal, onde quase toda a extrusão é realizada.

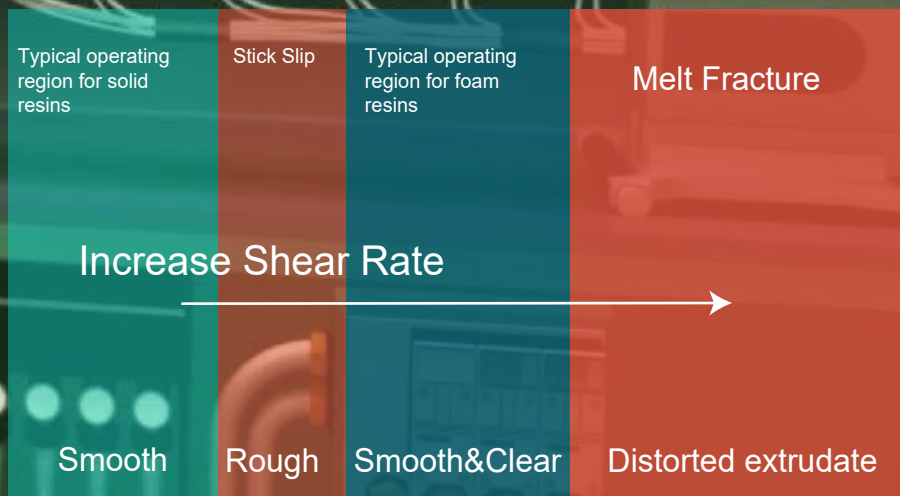
A Região II representa a transição de um extrudado liso para um extrudado rugoso, resultante de "fraturas na fusão", pelo aumento do fluxo de resina através da ferramenta. Durante essa transição, o polímero fundido passa por sua "taxa de cisalhamento crítica". Essa taxa de cisalhamento crítica se aplica às condições específicas de extrusão.

Um extrudado liso é obtido novamente na Região III, normalmente denominada região de "super cisalhamento". O supercisalhamento ocorre quando o fluxo do polímero fundido perde sua adesão à superfície da ferramenta. Esse fenômeno é acompanhado por uma queda significativa na pressão da cabeça do extrudado, reduzindo a resistência ao fluxo do material fundido. Taxas de produção mais altas podem ser alcançadas dessa forma, mas geralmente há uma alteração nas propriedades mecânicas medidas do produto resultante.

Na Região IV, o extrudado torna-se excessivamente rugoso novamente.

Para uma determinada geometria de ferramenta de perfil, a taxa de cisalhamento aumenta diretamente com o aumento da produção de material fundido. A tensão de cisalhamento aumenta com o aumento da pressão.

Assim como em muitos termoplásticos fundidos não fluoropolímeros, a tensão de cisalhamento nas resinas fluoropolímeras Everflon™ ETFE demonstra um aumento quase direto com o aumento da taxa de cisalhamento. Dependendo da massa molecular e da temperatura de processamento, essas resinas fluoropolímeras Everflon™ podem começar a sofrer fratura por fusão em taxas de cisalhamento tão baixas quanto 10 a 100 segundos recíprocos. O Everflon™ FEP 4622 com MFR 22, extrudado a uma temperatura de fusão de 400 °C, sofrerá fratura por fusão em cerca de 500 segundos recíprocos. Da mesma forma, vários graus de fluoropolímeros Everflon™ ETFE sofrerão fratura por fusão entre 200 e 3.000 segundos recíprocos.



Extrudate Appearance in Flow Regions I, II, III, IV

Fratura Extensional

Quando o polímero fundido é empurrado através da ferramenta, ele é submetido a cisalhamento, o que causa fratura quando a taxa de cisalhamento crítica é excedida. O polímero fundido é puxado para baixo no cone imediatamente após sair da ferramenta. Cisalhamento adicional é induzido por essa ação de puxamento.

Quando o limite de cisalhamento é excedido, o cone fica com aparência turva (se nenhum pigmento estiver sendo usado) e pequenos furos e/ou rasgos ocorrem no fluxo do polímero fundido. Em condições extremas, o cone se rompe.

A taxa na qual a extensão ocorre também é importante. Puxar o polímero muito rápido também causará furos, rasgos e rupturas do cone.

A quantidade total de cisalhamento que um polímero pode suportar nesse processo pode ser descrita como seu "orçamento de cisalhamento". Esse orçamento é consumido em parte por cada um dos três estágios do processo que impactam o cisalhamento: cisalhamento da ferramenta, cisalhamento extensional e taxa de cisalhamento extensional. Quando qualquer um desses estágios, ou a combinação dos três, excede a capacidade do polímero fundido de suportar o cisalhamento, o processo se desestabiliza. Existe alguma flexibilidade, no entanto, para transferir o equilíbrio do trabalho realizado na massa fundida do cisalhamento por ferramental para o cisalhamento por extensão. A adição de cisalhamento por extensão e taxa de extensão reduz efetivamente a "taxa de cisalhamento crítica do processo".

O Everflon™ FEP 4622 com MFR 22, extrudado a 400 °C, apresentará fratura da massa fundida quando expelido do ferramental (ou seja, apenas cisalhamento por ferramental) em cerca de 550 segundos recíprocos. Quando estirado sobre o fio (ou seja, com aplicação de cisalhamento por ferramental, extensão e taxa de extensão), o processo é limitado a uma taxa de produção equivalente a 350 segundos recíprocos. Isso explica por que os processadores de fluoropolímeros raramente atingem a taxa de produção de extrusão potencial descrita pela taxa de cisalhamento crítica do polímero.

Taxa de Estiramento

A taxa de estiramento (DDR) é definida como a razão entre a área da seção transversal da folga do ferramental e a área da seção transversal do perfil acabado.

O isolamento ou revestimento de fios e cabos é, em sua maior parte, realizado por extrusão de tubos trefilados. A perfilagem tubular é a configuração de extrusão de fluoropolímeros mais comum, e a fabricação de tubos e mangueiras é um processo de extrusão de tubos trefilados. Na perfilagem tubular desse tipo, uma ponta circular (ou mandril) é inserida dentro de uma matriz circular para formar um espaço anular com centro comum. A área da seção transversal é, portanto, aquela descrita pela circunferência da matriz menos a área descrita pela circunferência da ponta. Da mesma forma, a área da seção transversal do perfil do produto (tubo ou isolamento tubular no fio) é a área descrita pela circunferência externa menos a área descrita pela circunferência interna. Essas quatro áreas podem ser facilmente calculadas a partir de fórmulas geométricas básicas. No entanto, como os termos comuns se cancelam, a taxa de trefilação (DDR) pode ser calculada facilmente usando o termo do quadrado do diâmetro.

Aumentar a taxa de trefilação reduz o cisalhamento nas ferramentas. A fratura do material fundido não ocorrerá até que uma maior produtividade seja alcançada. Isso confere ao processo o potencial para aumento da velocidade da linha. Uma taxa de estiramento (DDR) mais alta também reduz o risco de gotejamento da ponta. Em alguns experimentos limitados, uma DDR mais alta proporcionou melhor desempenho elétrico devido ao polímero aderir mais firmemente ao fio.

Uma taxa de estiramento mais baixa aumenta o cisalhamento na ferramenta, resultando em início precoce da fratura por fusão. No entanto, uma DDR mais baixa proporciona um cone de estiramento mais estável. Isso reduz a tendência de quebras do cone e melhora a consistência do controle do diâmetro.

A taxa de produção prática é aquela que representa um equilíbrio aceitável entre a velocidade da linha e a qualidade final do produto necessária. Construções de fio de menor diâmetro geralmente são produzidas mais rapidamente do que as de maior diâmetro, e a fabricação de tubos, onde o controle do diâmetro e a concentricidade da espessura da parede são tão importantes, é sempre realizada com DDR baixa e velocidades de linha lentas.

Equilíbrio da Taxa de Estiramento

O equilíbrio da taxa de estiramento (DRB) é definido como a taxa de descida da parte externa do cone de estiramento, dividida pela taxa de descida da parte interna do cone. Um equilíbrio perfeito é igual a 1,00.

Um DRB incorreto é a causa mais comum de problemas nas ferramentas de extrusão do fluoropolímero Everflon™ fundido. Quando o DRB é significativamente maior que 1,0, ocorrem rasgos devido ao excesso de polímero na parte externa do perfil. Quando o DRB é significativamente menor que 1,0, o excesso de polímero na parte interna do perfil causa dobras. Portanto, dimensionar as ferramentas corretamente é essencial para uma boa extrusão.

Controle do Comprimento do Cone

No revestimento de fios, o comprimento do cone é encurtado e controlado aplicando-se vácuo na parte interna do cone através de um orifício perfurado no tubo central da travessa.

Este é o orifício por onde passa o fio condutor. O vácuo pode ser facilmente obtido com uma bomba de vácuo e controlado por uma válvula de agulha.

Encurtar o cone reduz o tempo gasto no estiramento do material fundido. Isso aumenta a taxa de extensão, levando a furos, rasgos e quebras do cone à medida que ele fica cada vez mais curto. Cones longos levam a oscilações ou oscilações visíveis do cone, o que causa flutuações no diâmetro do produto final. O vácuo geralmente é ajustável pelo operador para proporcionar um processo estável entre as falhas de comprimento de cone longo e curto.

Na fabricação de tubos, o comprimento do cone é determinado pela distância da face da ferramenta até a matriz de dimensionamento no tanque de vácuo. O tanque de vácuo geralmente é ajustável.

Às vezes, o vácuo é aplicado na parte interna do cone para auxiliar na redução do diâmetro. Em outros casos, quando a taxa de redução do diâmetro é pequena ou quando o cone é esticado para um perfil de diâmetro maior, aplica-se um pouco de ar na parte interna do cone para ajudar a preencher completamente a matriz de dimensionamento.

Temperatura de Fusão

O efeito da temperatura de fusão na viscosidade do polímero e em suas características de estiramento é um fator importante na extrusão por fusão de Everflon™ FEP, PFA e ETFE.

O operador deve escolher uma temperatura de fusão na qual executar o processo. Experimentos estruturados demonstraram que a temperatura de fusão e a taxa de estiramento são os dois fatores de configuração do processo mais influentes que governam a produção e a qualidade.

O fluoropolímero deve estar completamente fundido pouco antes de entrar na seção de dosagem. A falha em preencher adequadamente a seção de dosagem com material fundido pode resultar em produção variável.

Uma sonda de temperatura de fusão por contato com o processo é essencial. A temperatura de fusão variará consideravelmente quando a vazão for alterada, mas o "perfil de calor" deve ser mantido o mesmo.

Pré-aquecimento do fio

O controle do processo de revestimento do fio e o desempenho subsequente do cabo são bastante afetados pela temperatura do condutor do fio à medida que o polímero fundido é aplicado sobre o fio. Um condutor frio também absorverá calor da ponta, tornando a fratura do fundido na parte interna do cone mais provável. Portanto, recomenda-se o pré-aquecimento do fio. Isso geralmente é feito com o uso de um pré-aquecedor indutivo em linha. No entanto, a experiência mostrou que existe uma faixa de operação em torno de 150 °C. A adesão do polímero ao condutor pode ser ajustada até certo ponto pelo controle do vácuo e do pré-aquecimento.

Distância de resfriamento

Os perfis dos tubos são resfriados no tanque de vácuo, geralmente por meio da circulação de água com temperatura controlada. O revestimento do fio é resfriado ao ar e, em seguida, com água de resfriamento. Everflon™ FEP, PFA e ETFE encolhem quando resfriados novamente à forma sólida. Como a maioria dos polímeros, Everflon™ FEP, PFA e ETFE são bons isolantes. Se a superfície externa do revestimento de um fio for resfriada para solidificar a superfície do polímero, a parte interna se contrairá, afastando-se do fio à medida que perde calor mais lentamente. O vazio variável criado ao longo do condutor afetará negativamente o desempenho do cabo. A melhor maneira de evitar esse resfriamento variável é permitir que o fio revestido esfrie ao ar o máximo possível antes do resfriamento com água. À medida que a velocidade da linha aumenta, o "espaço de ar" na maioria dos processos torna-se menos eficaz. O efeito do resfriamento com água às vezes é controlado usando um curto trecho de água quente antes do espaço de ar. Em configurações de linha onde a limitação de espaço impede um longo espaço de ar, é necessário experimentar para determinar o sistema de resfriamento mais eficaz que impeça a formação de vazios ao longo do condutor.

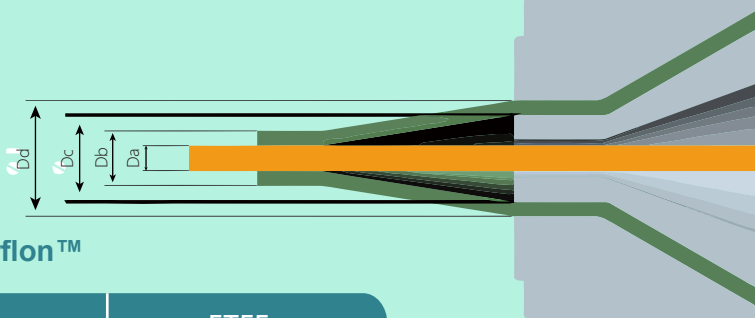
$$DDR = (D^2d - D^2c) / (D^2b - D^2a)$$

$$DRB = (D^2d - D^2b) / (D^2c - D^2a)$$

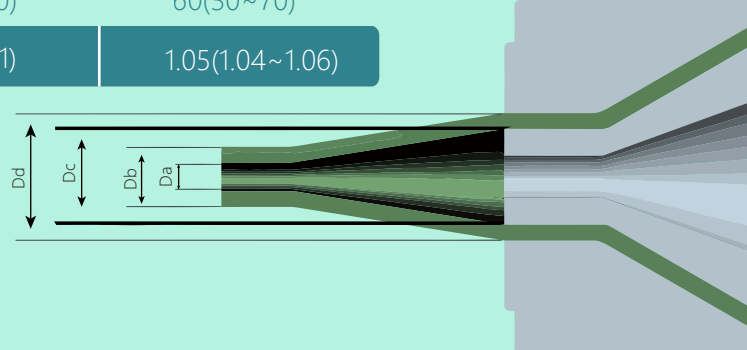
DDR e DRB recomendados para fluoroplásticos Everflon™

Materials	FEP	PFA	ETFE
DDR	100(90~110)	100(90~110)	60(30~70)
DRB	1.05(0.9~1.1)	1.05(0.9~1.1)	1.05(1.04~1.06)

Extrusão de Cabos



Extrusão de Tubos



INICIALIZAÇÃO

Antes da Inicialização

1. A menos que a mesma resina já esteja na máquina de uma produção anterior, toda a extrusora deve ser limpa, incluindo o funil de alimentação, o cilindro, a rosca, a placa de ruptura, a cruzeta, a matriz e o bico. Se estiver usando telas de filtragem, substitua-as no momento da limpeza. Nota: Certifique-se de que ligas de fluoropolímero resistentes à corrosão foram usadas em todas essas peças.
2. Verifique as condições e o "encaixe" de todas as faixas de aquecimento e conexões elétricas.
3. Verifique se os termopares estão devidamente encaixados e se suas conexões estão seguras.
4. Inspeção dos transdutores de pressão e certifique-se de que os dispositivos de segurança de alta pressão estejam configurados.
5. Certifique-se de que o caminho do fluxo de material fundido através do cabeçote não esteja bloqueado.
6. Certifique-se de que o sistema de ventilação local exaustora (LEV) tenha fluxo de ar adequado.
7. Tenha um recipiente de resfriamento parcialmente cheio com água limpa para coletar o extrudado de purga.

Procedimentos de Inicialização

1. Ajuste todos os controladores de temperatura para 177 °C e permita que todos os aquecimentos se equilibrem.
2. Certifique-se de que todas as temperaturas aumentem a uma taxa normal. Verifique se há desvios que possam indicar aquecedores queimados ou descontrolados. Um registrador gráfico é uma maneira útil de monitorar os controladores de temperatura e os ciclos.
3. Ajuste todos os controladores de temperatura para 288 °C e aguarde o equilíbrio térmico entre os aquecimentos.
4. Verifique se todas as temperaturas atingiram o nível normal.
5. Ajuste as temperaturas individuais para o perfil de temperatura desejado e aguarde o equilíbrio térmico. Observação: Este perfil é ajustado com precisão em diferentes velocidades de operação para fornecer a temperatura de fusão desejada. Não utilize o perfil como um "controle". Em um determinado perfil, a temperatura de fusão variará com a vazão (RPM).
6. Aguarde um tempo de "aquecimento" de pelo menos 15 minutos após todas as temperaturas atingirem o ponto de ajuste. Isso garante que todo o polímero presente esteja derretido e, portanto, minimiza o aumento indevido da pressão quando a rosca gira.
7. Não fique em frente à extrusora durante a inicialização da rosca. Nunca olhe diretamente para o funil de alimentação devido ao risco de refluxo.
8. Inicie a rosca e ajuste para cerca de 10 RPM. Purgue por cerca de 10 minutos. Observe picos de pressão ou amperagem e desligue a extrusora caso ocorram.
9. Aumente a RPM para cerca de 25 e ajuste a matriz para centralizar em torno da ponta. Observação: isso não é necessário em cabeçotes autocentrantes.
10. Inicie a produção e ajuste o perfil de temperatura para obter a temperatura de fusão desejada na taxa de produção planejada.

Procedimentos de Desligamento

O procedimento de desligamento varia ligeiramente dependendo se a máquina será desligada e preparada para uma nova produção ou simplesmente parada por um período antes de retomar a mesma produção.

O objetivo é evitar a degradação do polímero, que contaminaria a próxima produção, minimizando a exposição da resina a altas temperaturas. No entanto, uma máquina dedicada à produção prolongada com a mesma resina precisa ser desmontada e limpa periodicamente.

Se o mesmo tipo de resina for utilizado em uma operação subsequente e a exposição da resina à temperatura no equipamento for controlada ao mínimo, a limpeza geralmente não é necessária. A troca do tipo de resina requer desmontagem e limpeza completa. Não tente "economizar tempo" purgando um tipo de resina com outro. A desmontagem e a limpeza são melhor realizadas enquanto o equipamento ainda estiver em temperatura elevada.

Desligamento sem Limpeza da Extrusora

Siga estas etapas para um desligamento adequado:

1. Esvazie o funil de alimentação através da calha de descarga e aspire os grânulos de resina restantes.
2. Se estiver revestindo fio, corte-o e remova-o da travessa. Se estiver fabricando um tubo, desconecte o fluxo de material fundido da matriz de dimensionamento.
3. Reduza todas as configurações de temperatura para o ponto de fusão da última resina processada.
4. Reduza a rotação da rosca para uma taxa moderadamente baixa (10 a 20 RPM) e permita que o material fundido escorra para um balde com água de resfriamento ou outro recipiente preparado para eliminar ou capturar os vapores liberados pelo material fundido.
5. Quando houver uma queda significativa na pressão do cilindro ou quando a extrusora estiver completamente vazia, reduza as configurações de temperatura para 177 °C e pare a rosca.

Observação: As etapas 4 e 5 devem ser concluídas antes que a temperatura caia significativamente.

6. Se uma placa de quebra e filtros de tela estiverem sendo usados, desconecte o cabeçote e remova-os para limpeza.

Desligamento com limpeza da extrusora

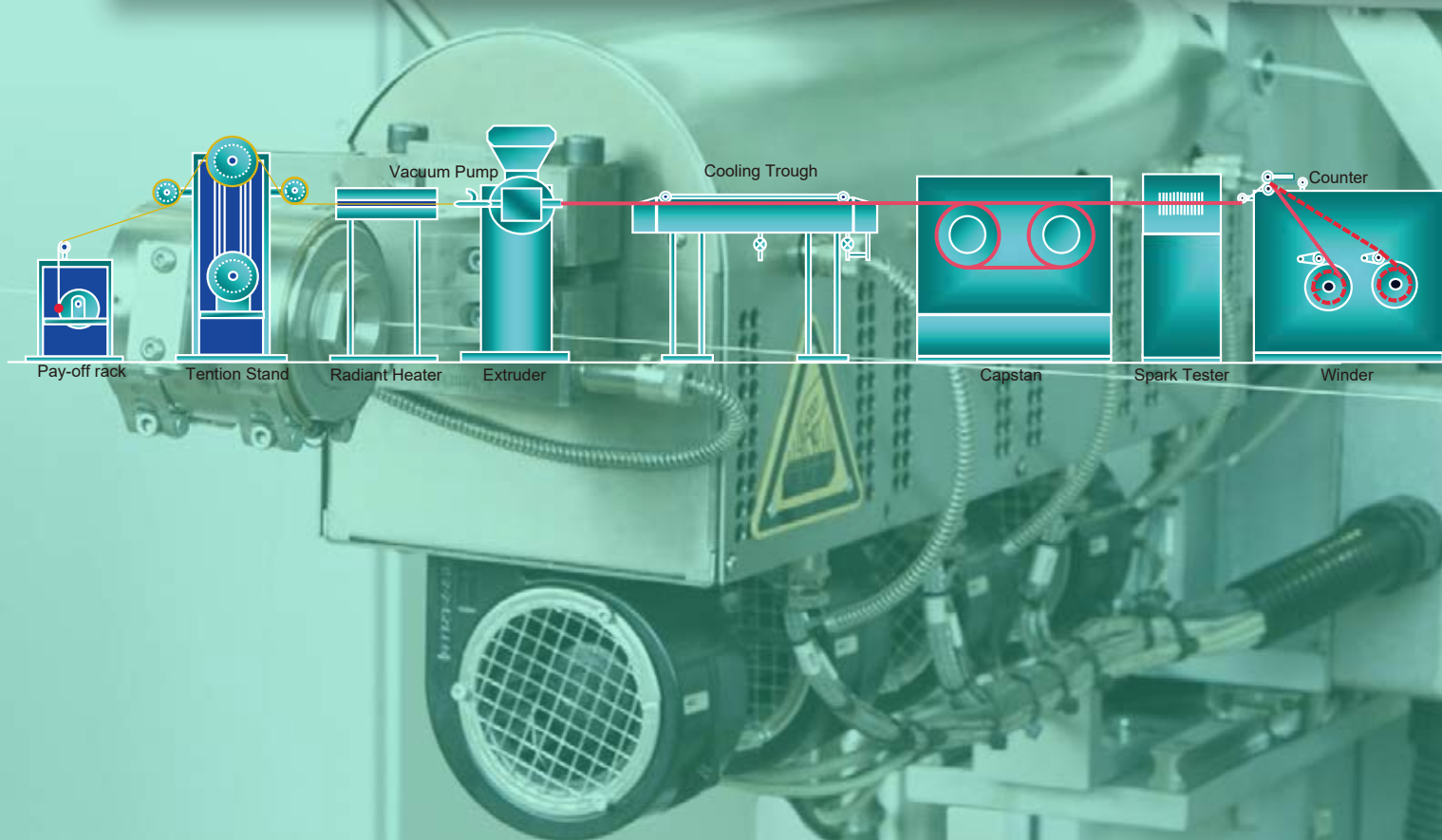
Siga estas etapas para um desligamento adequado:

1. Esvazie o funil de alimentação conforme descrito acima.
2. Se estiver revestindo fio, pare o fio e remova-o da cruzeta. Se estiver fabricando um tubo, desconecte o material fundido da matriz de dimensionamento.
3. Reduza todas as configurações de temperatura: Para Everflon™ FEP e PFA, ajuste para ~288 °C. Para Everflon™ ETFE, ajuste a temperatura para ~177 °C. Reduza a velocidade da rosca para uma taxa moderadamente baixa (10 a 20 RPM) e deixe o material fundido escorrer para um recipiente de resfriamento.
4. Quando a extrusora parecer vazia, pare a rosca.
5. Desligue e desconecte os aquecedores do cabeçote.
6. Desmonte o cabeçote e limpe-o em uma estação de trabalho com exaustor enquanto ainda estiver quente. Remova as ferramentas e o tubo central e limpe-os com espátulas e escovas de cobre ou latão. Remova todos os aquecedores e termopares. Pequenas peças do equipamento podem ser queimadas em um forno mufla adequado. Não utilize um maçarico de propano para remover a resina, pois o aquecimento irregular pode deformar o componente.
7. Empurre o parafuso gradualmente enquanto limpa com uma escova de arame e lã de aço para cobre. Nunca utilize um maçarico de propano para remover a resina. A liga pode perder a têmpera ou deformar-se. Repita até que todo o parafuso tenha sido removido e limpo.
8. Limpe o cilindro com lã de aço para cobre e, em seguida, lustre com um pano de algodão enrolado na cabeça da escova de limpeza.
9. Desligue os aquecedores e isole a fonte de alimentação do processo.

Como mencionado anteriormente, um forno mufla ventilado ajustado para 540 °C pode ser usado para limpar peças pequenas.

Revestimento de Fios

Uma linha típica de revestimento de fios é mostrada na Figura. A linha deve ser capaz de processar o fio com tensão uniforme na taxa de produção desejada, sem variação ou desvio. O desenrolador de fio, o controle de tensão, o pré-aquecedor e o enrolador são geralmente projetados para uma gama de tamanhos de fio. Longos períodos de isolamento contínuo do fio são facilitados por desenroladores "tipo mosca", projetados para liberar o fio como uma linha de pesca de um carretel de vara de pesca com mosca. Muitas instalações recentes incluem uma máquina de trefilação de fio em linha. Esta é uma boa abordagem ao isolar comprimentos muito longos de fio do mesmo tamanho. Construções de cabos grandes e mais rígidas geralmente exigem equipamentos especiais de grande raio.





Revestimento de Cabos de Grande Diâmetro — Múltiplos Condutores

O revestimento de cabos de grande diâmetro requer técnicas especiais pelos seguintes motivos:

- O rendimento é extremamente importante devido ao comprimento finito e ao alto valor do núcleo de múltiplos condutores.
- O grande diâmetro do cabo impede o uso de altas taxas de estiramento.
- O cabo geralmente é muito rígido para ser manuseado por cabrestantes e dispositivos de controle de tensão convencionais.
- Os condutores principais podem ser mantidos juntos por uma fita interna de baixa temperatura.
- Espessuras de parede elevadas são frequentemente necessárias.

A maioria dos condutores de pequeno diâmetro passa facilmente pelas polias em uma linha típica de revestimento de fios. A melhor configuração para cabos de maior diâmetro é ter um controlador de tensão localizado na linha antes da extrusora e outro após a calha de resfriamento, logo antes do enrolamento. Muitas vezes, é possível obter um alinhamento razoável "cortando" o extrudado fundido e ajustando as porcas da matriz da cruzeta até que o extrudado saia reto após um novo corte. As perdas iniciais podem ser ainda mais minimizadas estabelecendo o alinhamento e as velocidades da linha em um cabo ou haste de substrato com diâmetro semelhante ao do cabo real a ser revestido.

A escolha do tamanho da ferramenta é determinada pelo tamanho do cabo e pelas dimensões da cruzeta. O DDR geralmente é bastante pequeno e, portanto, a taxa de produção também é limitada. O comprimento da área de contato da ferramenta deve ser suficiente para criar pressão de retorno suficiente para eliminar uma linha de solda na jaqueta. A tensão ou folga da jaqueta é controlada pela aplicação de vácuo ou pressão de ar na parte traseira do tubo central da cabeça. Se o substrato do cabo for envolvido com uma fita interna que absorve umidade, por exemplo, fibra de aramida, todo o cabo deve ser seco por pelo menos 10 a 12 horas a 130 a 150 °C para evitar bolhas durante a extrusão da jaqueta.

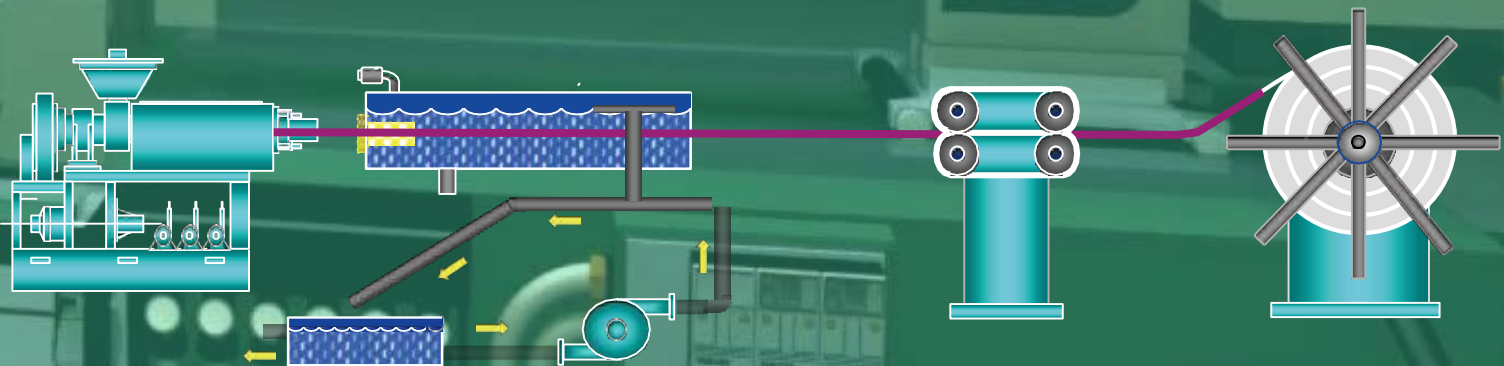
Tubos e Canos

O processo de extrusão de tubos é semelhante ao de revestimento de fios. No entanto, as técnicas detalhadas são diferentes e dependem do tamanho e do tipo de tubo a ser fabricado. Matrizes do tipo cruzeta podem ser usadas, mas cabeçotes em linha são mais comuns.

Tubos e canos podem ser extrudados a partir de fluoroplásticos Everflon™. Essas extrusões são geralmente aplicadas no transporte de produtos químicos corrosivos e, em menor escala, como revestimentos.

A extrusão de tubos é bastante semelhante ao processo de isolamento de fios. Os detalhes do processamento dependem do tamanho e do tipo do tubo. Os tubos podem ser fabricados com matrizes em linha e de cruzeta. Os tubos de FEP Everflon™ podem ser produzidos com diâmetros externos de 1 mm a mais de 20 mm.

Essa faixa é dividida em três zonas de processamento com base no tamanho do diâmetro externo: pequeno, médio e grande. A matriz de dimensionamento determina o diâmetro externo da saída da extrusão e a velocidade da linha determina o diâmetro interno. A velocidade de enrolamento, a folga da matriz e a diferença entre o diâmetro interno da matriz e o diâmetro externo da ponta determinam a espessura da parede.



Tubos de Pequeno Diâmetro (Espaguete)

Tubos de pequeno diâmetro (<5 mm de diâmetro externo e <1 mm de espessura de parede externa) geralmente são produzidos pelo método de extrusão livre. Esse método é semelhante ao revestimento de fios, porém sem o fio. O tamanho e a espessura da parede dependem das dimensões da ferramenta e do equilíbrio entre a produção da extrusora e o recolhimento do tubo. A escolha da ferramenta pode ser semelhante à utilizada para o revestimento de fios; no entanto, utiliza-se uma taxa de estiramento muito menor. Uma taxa de estiramento na faixa de 7:1 a 10:1 é comum.

Uma matriz de calibração localizada na entrada do banho de têmpera pode ser usada para controlar o diâmetro externo.  s vezes,   útil usar uma leve pressão de ar dentro da mesa para garantir que a matriz de dimensionamento esteja "preenchida".

Tubos Médios

Tubos com diâmetro de 10 mm ou maior são frequentemente fabricados pelo método de dimensionamento a vácuo.

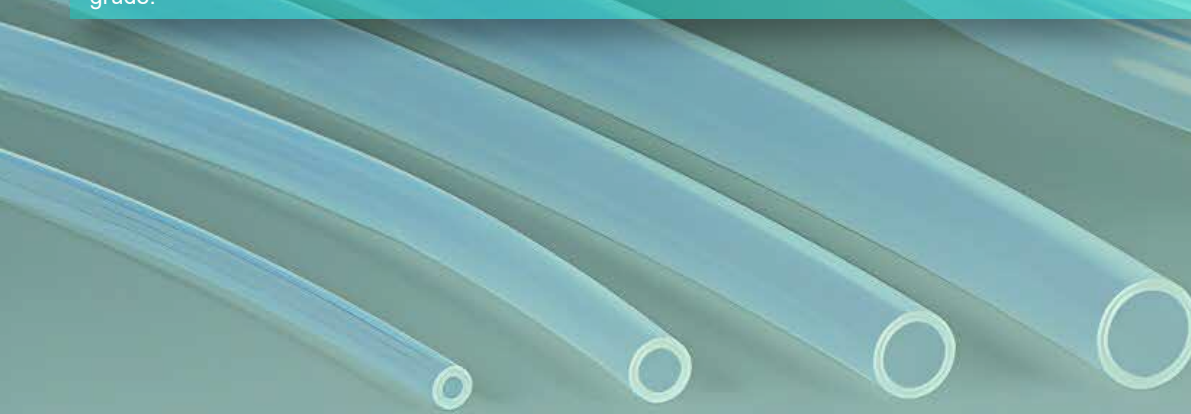
Este processo não requer pressão adicional dentro do tubo para "preencher" a matriz, pois o vácuo ao redor da matriz faz isso. O tubo fabricado é, portanto, aberto nas extremidades, permitindo que seja cortado em qualquer comprimento sem interromper o processo. Podem ser usadas ferramentas de tamanhos semelhantes às utilizadas para tubos pequenos. Um DDR baixo, resultando em menor orienta o no cone, é particularmente importante se o tubo for dimensionado em uma opera o subsequente.

Uma alta orienta o de fusão, somada à pós-forma o, pode se aproximar dos limites de alongamento do polímero e resultar em falhas ou rupturas.

Tubos Grandes de Parede Fina

Tubos de parede fina com diâmetro de 12 a 30 mm e espessura de parede de 0,3 a 0,8 mm são, às vezes, fabricados pelo método de mandril estendido.

Uma extensão c nica de latão para o mandril é fixada ao guia ou à ponta. O guia geralmente é aquecido eletricamente para evitar a fratura do material fundido, e o mandril é resfriado ou levemente aquecido com óleo para solidificar o fluoropolímero fundido e evitar que grude.



Filmes e Folhas

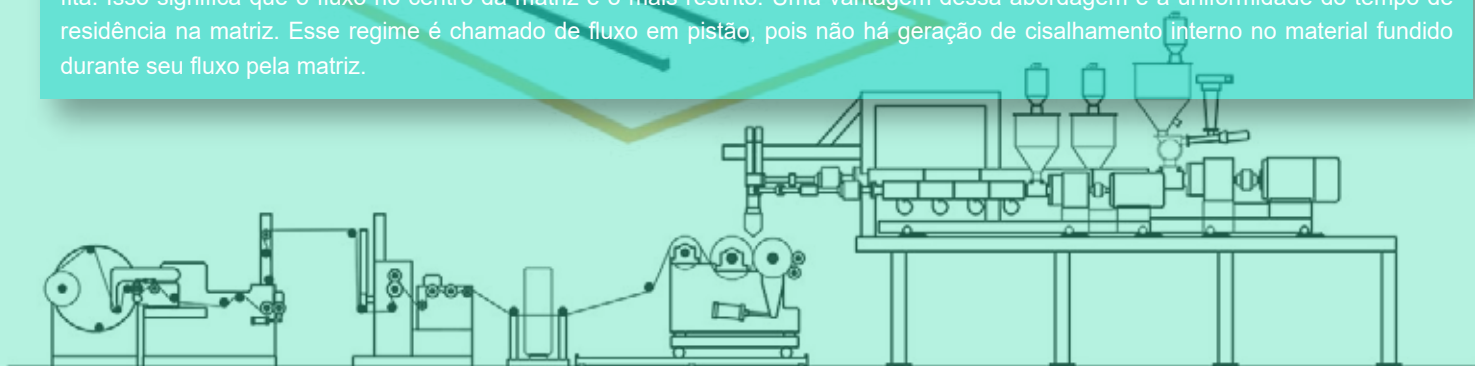
Os filmes de fluoropolímero Everflon™ têm aplicações em ambientes com temperaturas extremas, tanto altas quanto baixas, e com produtos químicos agressivos. Por exemplo, esses filmes são usados como folhas de desmoldagem na moldagem por compressão de peças de alta temperatura com resinas epóxi e fenólicas. Outra aplicação comum é, em geral, como revestimentos. Um exemplo é como cobertura de rolos para proteger rolos de metal da corrosão em indústrias de processamento químico, como a fabricação de papel. Outras aplicações incluem vidros para coletores solares, bolsas para amostras de gases e líquidos e embalagens de medicamentos e alimentos. Os fluoroplásticos Everflon™ parcialmente fluorados proporcionam filmes com excelente resistência à tração e módulo de elasticidade para aplicações que exigem resistência mecânica.

Filmes de fluoropolímero Everflon™ com orientação monoaxial e biaxial são produzidos por extrusão a quente da resina em bobinas ou tubos planos. A principal função da orientação é aprimorar as propriedades mecânicas do filme, como resistência à ruptura por tração e resistência ao rasgo. A decisão de orientar o filme geralmente é tomada de acordo com os requisitos de propriedades mecânicas para o uso final.

A matriz mais comum para extrusão de um filme plano de fluoroplástico é a do tipo cabide. A Figura mostra um esquema de uma matriz do tipo cabide. O fluoropolímero Everflon™ fundido entra na matriz próximo ao seu centro lateral e é redirecionado para as duas extremidades da matriz. O material fundido percorre os canais que são angulados em direção à saída da matriz, distribuindo-se assim por toda a largura da matriz. O polímero fundido Everflon™ flui através da abertura da matriz em direção à fenda de saída, também chamada de lábios da matriz. A abertura é formada por duas placas metálicas planas e é denominada área de contato, como é chamada em outros tipos de matrizes. As duas placas são geralmente formadas por várias seções, que podem ser ajustadas independentemente para aumentar o controle sobre a espessura do filme/folha extrudada.

A matriz é projetada de forma que os canais restrinjam o fluxo do material fundido de maneira que todo o material fundido sofra a mesma quantidade de cisalhamento. A distância percorrida é equalizada pelas restrições projetadas nos canais de fluxo.

O efeito resultante é a igualdade das taxas de fluxo no centro e nas extremidades da matriz, resultando em uma espessura uniforme da fita. Isso significa que o fluxo no centro da matriz é o mais restrito. Uma vantagem dessa abordagem é a uniformidade do tempo de residência na matriz. Esse regime é chamado de fluxo em pistão, pois não há geração de cisalhamento interno no material fundido durante seu fluxo pela matriz.



GUIA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Variações de processamento

Causas possíveis

Problema

	Fratura por fusão	Taxa de extrusão muito lenta	Falhas por falasca	Bolhas	Variação de calibre	Centralização inadequada ou ovalização	Furos, rasgos	Quebras de cone
Contaminação			●				●	●
Resina muito fria	●	●					●	●
Matriz muito fria	●	●					●	●
Taxa de extrusão muito rápida	●		●				●	●
Comprimento do cone muito curto							●	●
Bolhas na resina fundida			●				●	●
Substrato sujo, úmido ou áspero			●				●	●
Extração excessiva			●				●	●
Respingos de água de resfriamento			●					●
Ponta guia descentralizada			●			●		
Furo central na ponta guia muito grande						●		
Resfriamento inadequado com água						●		
Tensão insuficiente da resina fundida						●		
Equilíbrio inadequado da taxa de extrusão						●	●	●
Fornecimento irregular de resina					●	●		
Projeto inadequado da rosca		●			●			
Variações na velocidade do fio					●			
Variações no vácuo					●			
Comprimento do cone muito longo					●			
Variações no diâmetro do fio					●			
Temperatura do cilindro traseiro muito baixa		●						
Extração muito baixa	●	●						
Espaço de ar muito longo				●				
Liberação de gases do substrato			●	●				
Tempo de retenção da resina muito longo				●				
Temperatura da resina muito alta				●				
Projeto inadequado da matriz ou da ponta								●
Resina ou pigmento úmido			●	●			●	●

GUIA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Aparência do extrudado

Causas possíveis	Problema					
	Descoloração	Rugosidade da superfície	Construções com pigmentação deficiente	Rachaduras no isolamento	Bolhas	Contaminação
Produtos de Corrosão						●
Retenção Localizada de Resina	●				●	●
Temperatura da Resina Muito Alta	●		●	●	●	●
Funil da Extrusora Não Limpo						●
Manuseio ou Armazenamento Incorreto				●		●
Tempo de Retenção Muito Longo	●			●	●	
Aperto Excessivo				●		
Fios Quebrados ou Substratos Afiados					●	
Aprisionamento de Ar					●	
Pré-aquecimento Excessivo do Fio					●	
Resina Úmida					●	
Substrato Sujo					●	
Furos de Contração devido ao Resfriamento Incorreto						
Matriz Muito Fria		●		●		
Matriz Muito Restritiva		●				
Temperatura da Resina Muito Baixa		●		●		
Contaminação		●				
Superfície da Matriz Ruim		●				
Posicionamento Incorreto da Ponta Guia		●				
Extração Incorreta do Material Fundido		●		●		
Umidade Absorvida na Resina		●				
Rugosidade no Fio ou Cabo Base		●				
Linhas de Solda (Matriz e Ponta Incorretas)		●		●		
Proporção de Diluição de Concentrados de Cor Incorreta			●			
Dispersão Incorreta do Pigmento			●			
Taxa de Extrusão Muito Rápida		●				
Cor Incorreta Concentrado			●			

GUIA DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Envelhecimento térmico deficiente

Corte deficiente

Alta força de desprendimento

Baixa força de desprendimento

Baixa rigidez dielétrica

Baixa resistência à tração ou alongamento

Causas possíveis

Problema

Propriedades do extrudado

Aquecimento inadequado do fio						●
Bolhas ou vazios	●				●	●
Concentricidade deficiente	●	●				
Contaminação					●	●
Comprimento do cone muito curto			●			
Comprimento do cone muito longo				●		
Espaço de ar muito curto para a velocidade da linha				●		
Espaço de ar muito longo para a velocidade da linha			●			
Degradação excessiva	●					●
Revestimento muito fino ou não uniforme	●	●			●	●



Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

Para mais informações sobre nossa empresa, produtos e serviços, visite nosso site em www.everflon.com ou www.everflon-brazil.com