

PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO DE POLÍMEROS

PMT 5854 – Tecnologia dos Polímeros

Erich Yoneyama
Felipe Albuquerque
Gustavo Russo Blazek
Thiago Sekeres

Prof. Dr. Hélio Wiebeck

EXTRUSÃO

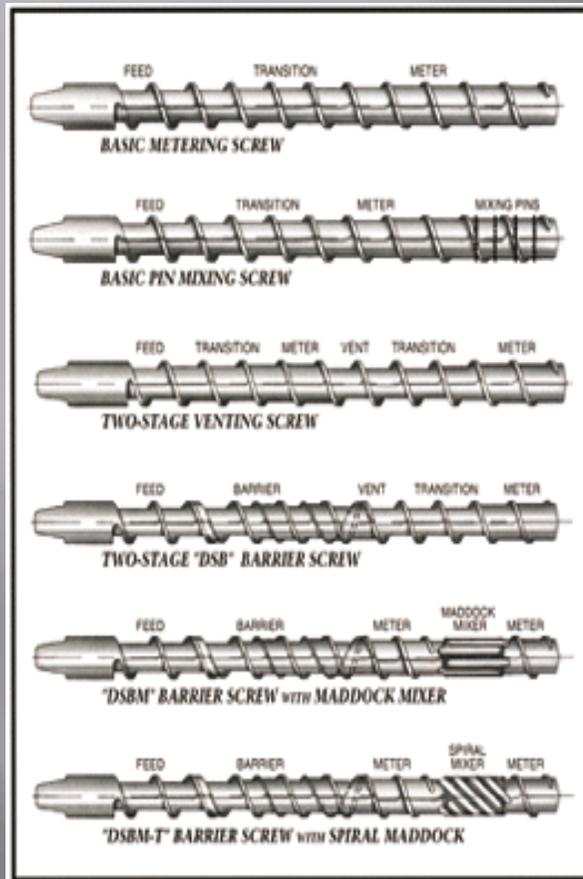
Processo de plastificação e transporte através de rosca simples e/ou dupla-rosca.

Conformação de peças contínuas através da passagem do material por uma fieira/matriz.

Introdução

- ▣ Processo baseado em três pontos:
- ▣ Rosca é responsável pelo transporte, fusão, homogeneização do material.
- ▣ Matriz é responsável pela conformação da peça.
- ▣ Canhão pode ter pontos de degasagem, adição de aditivos, etc.

Projeto da Rosca é Crítico

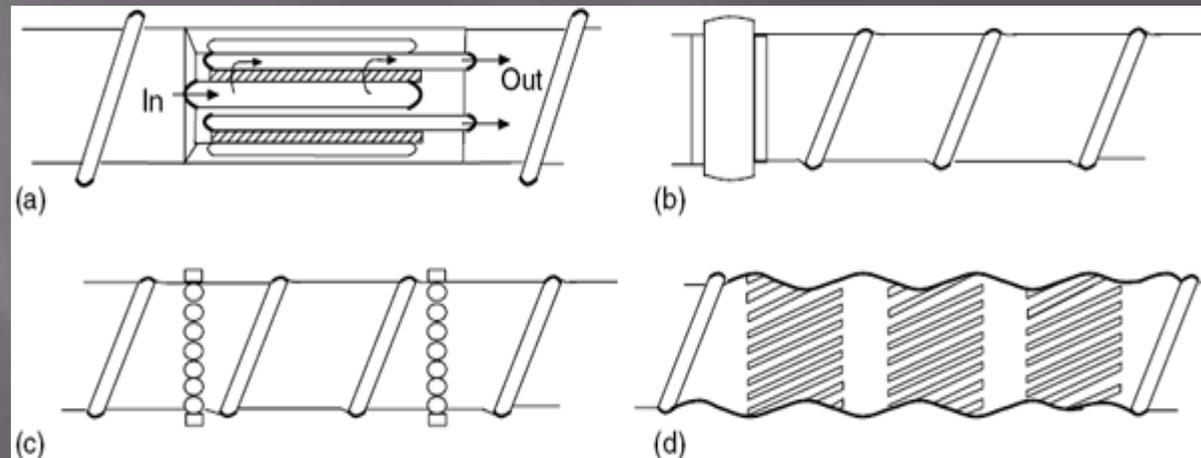


PC / PVC: Alta viscosidade, sensibilidade ao calor -> baixa compressão

PE / PP: Menor sensibilidade ao calor, menor viscosidade -> maior compressão e necessidade de zona de controle de vazão

PET: Baixa viscosidade -> controle de vazão.

Polímeros de engenharia reforçados: Cargas de reforço (GF) -> recobrimentos anti-desgaste.

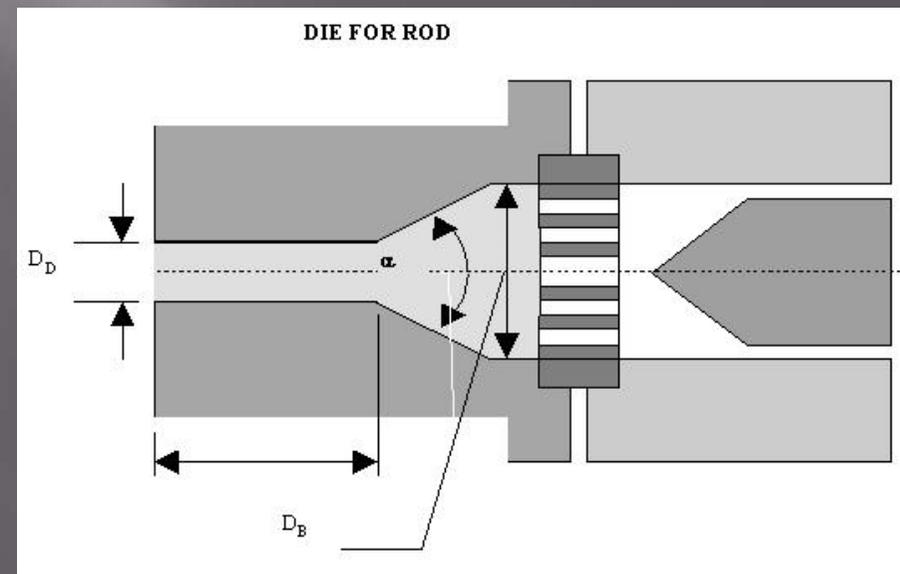


Projeto da Matriz é Crítico

Estrangulamento / Convergência -> Restrição de passagem do material, problemas de fratura do fundido.

Crivo / Placa corta fluxo -> Reordenação e quebra da memória do fluxo, alinhando as cadeias para entrada na matriz.

Paralelo -> Acabamento superficial, inchamento do extrudado, problemas de superfície (pele de cação, Shark Skin).



Parâmetros

Entrada

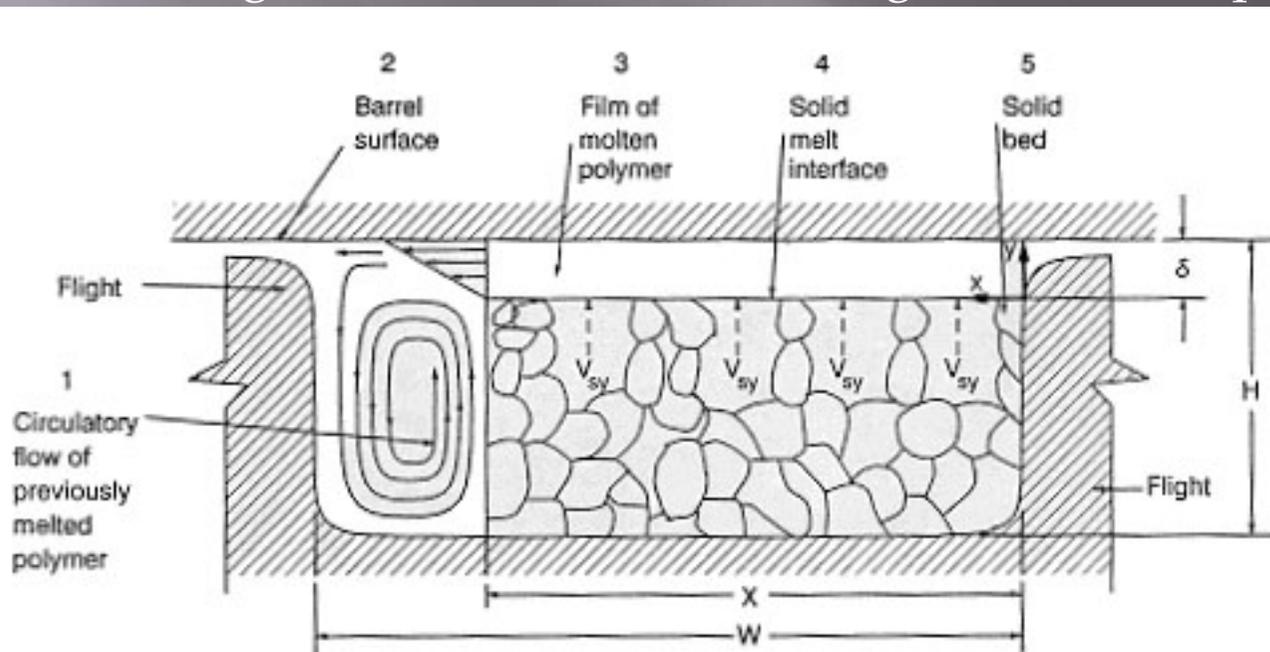
- ▣ Rotação -> Atrito / Tempo de residência / Visc. / Pressão
- ▣ Temperatura -> Plastificação / Viscosidade / Pressão
- ▣ Linha de Frente -> Resfriamento / Cristalização / Retração

Resposta

- ▣ Pressão no cabeçote: $Vazão = K * Pressão / Viscosidade$
- ▣ Temperatura do fundido (massa)
- ▣ Vazão -> Produtividade
- ▣ Propriedades do Produto

Cinética de Plastificação

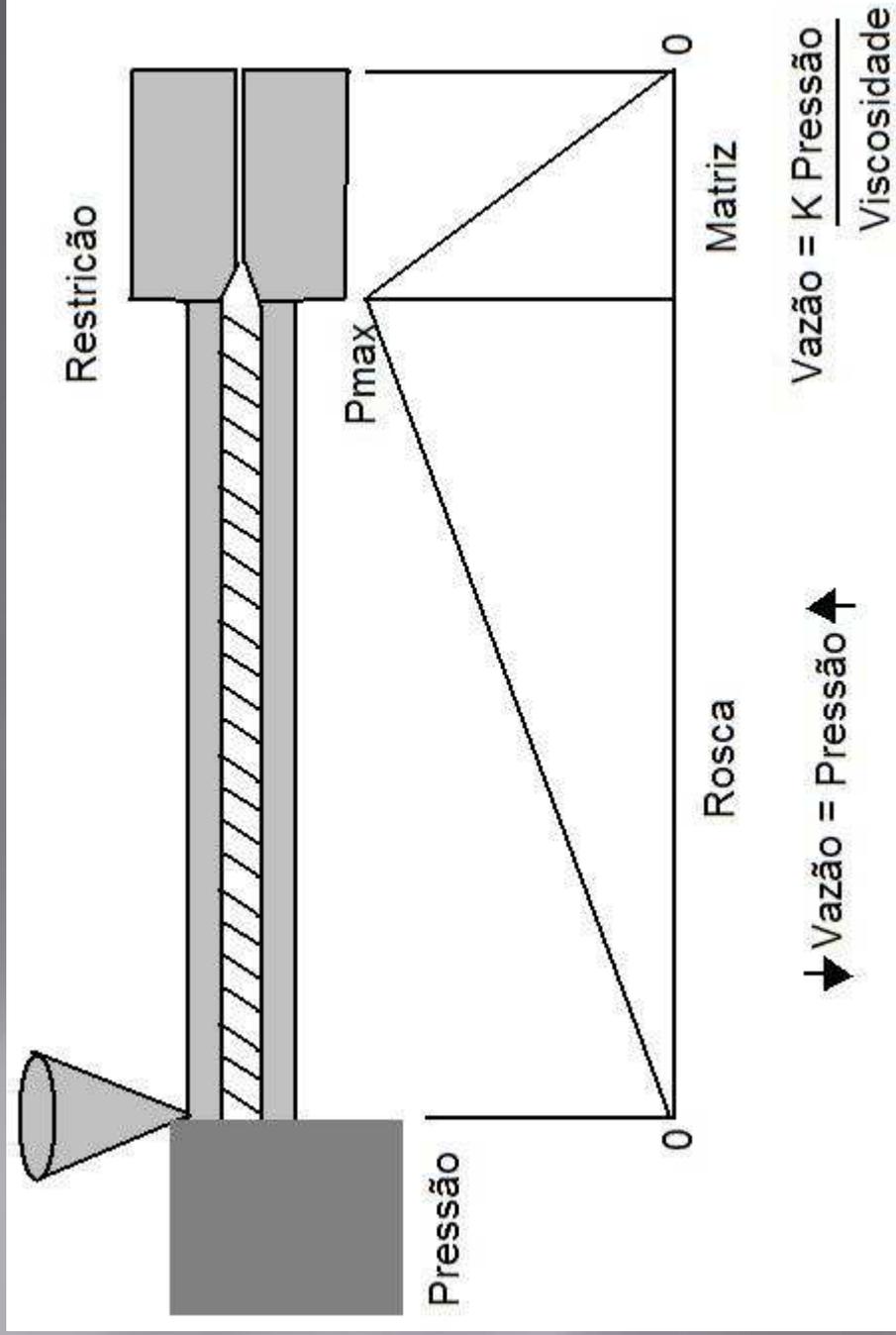
- ❑ Material funde-se aos poucos, através do atrito rosca / material / canhão e não pelo aquecimento das zonas do canhão.
- ❑ PVC é um caso a parte, é processado a partir do pó e usa-se dupla rosca.
- ❑ No processo convencional é gerado um cordão de material fundido, que cresce até englobar totalmente o polímero no canal, da rosca.
- ❑ A rosca deve garantir total fusão / homogeneização do polímero.



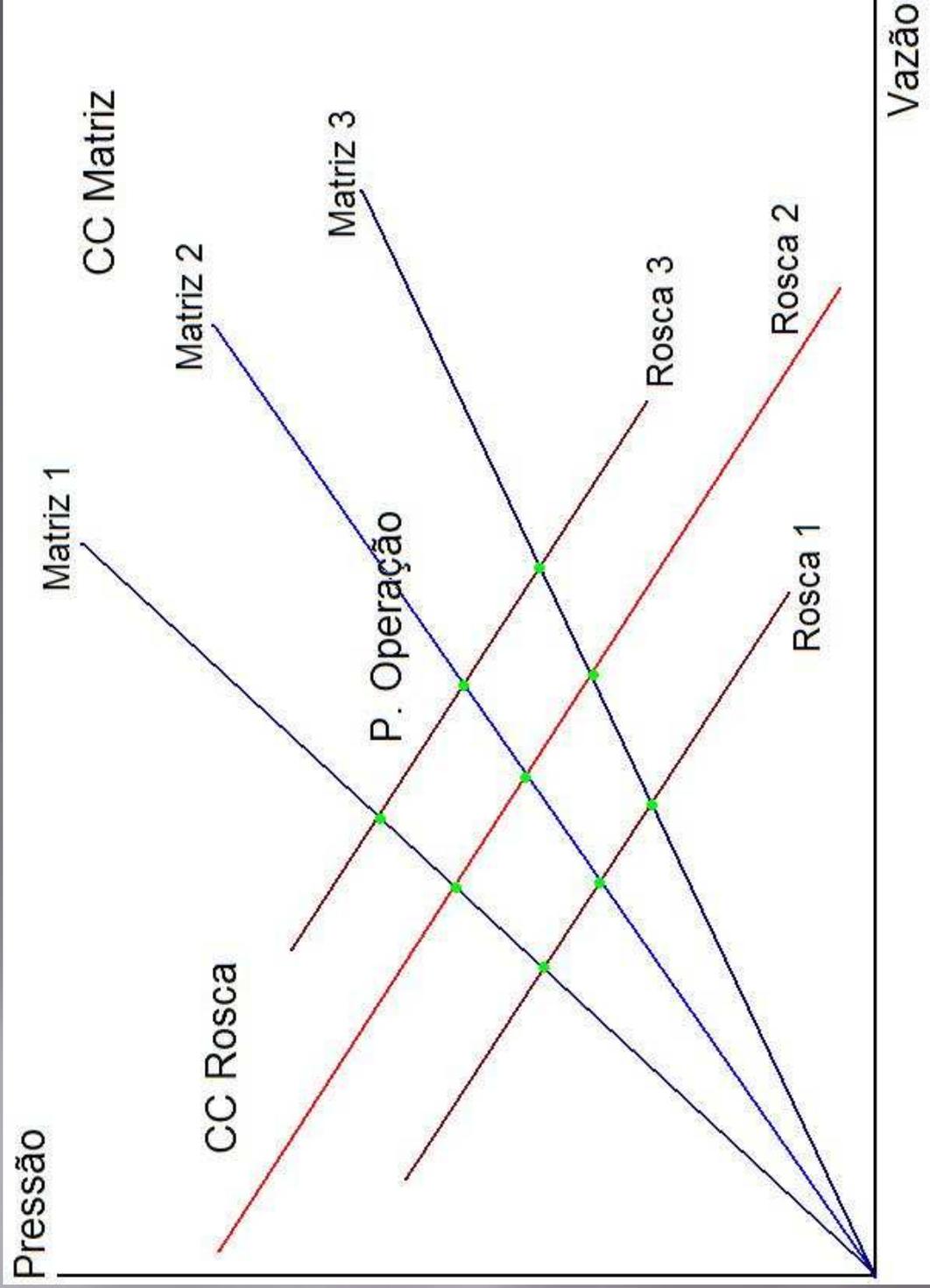
Cálculo dos Pontos de Operação

- ❑ Método numérico de previsão de operação/ produtividade de uma máquina, operando com um material, uma rosca e uma matriz determinados.
- ❑ Há necessidade de avaliação reológica prévia do material.
- ❑ Quanto maior a pressão na convergência, maior a vazão na matriz, pois a pressão “empurra o material” para fora.
- ❑ Quanto maior a Pressão na convergência, menor a vazão na rosca (pois a pressão é uma “resistência” a passagem do material e o “empurra para trás”).
- ❑ Cálculos complicados, onde são considerados a geometria de rosca e matriz, assim como viscosidade do material e pseudoplasticidade.

Parâmetros de Operação

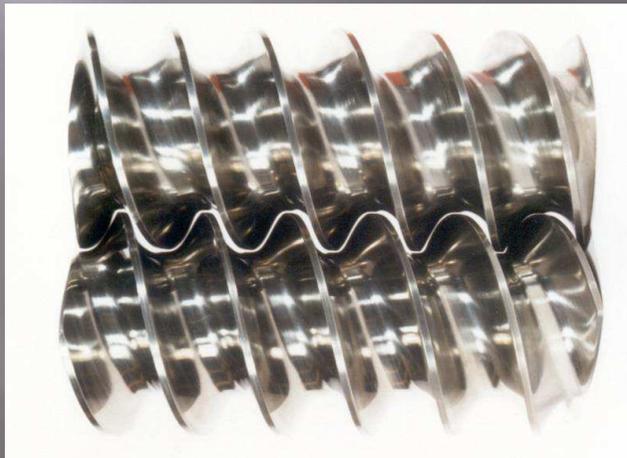


Pontos de Operação



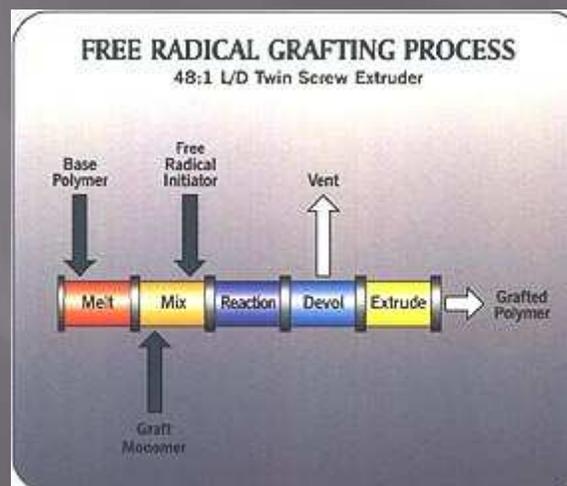
Dupla Rosca / Mono Rosca

- ▣ Dupla Co e Contra Rotante (paralelas e cônicas).
- ▣ Maior mistura, melhor homogeneização dos aditivos e componentes de blendas.
- ▣ Melhores dispersão de pigmentos.
- ▣ Contra Rotante processa PVC em pó, pois agride menos o material, assim como permite maior controle da temperatura do composto e cinética de plastificação.
- ▣ Maior custo.



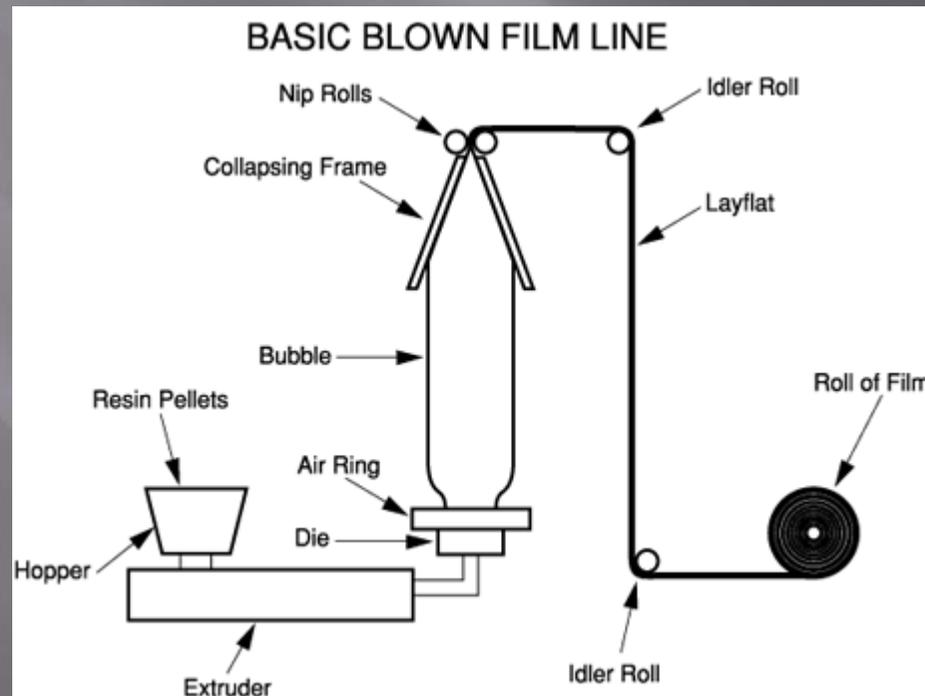
Extrusão Reativa

- Dois ou mais componentes reagem durante o transporte pelo canhão.
- Normalmente Dupla-Rosca (necessidade de alta mistura).
- Polímero / Reagentes / Degasagem / Granulação
- Vulcanização Dinâmica, Fabricação de TPU, funcionalização de polímeros, aumento de PM em PET, etc.



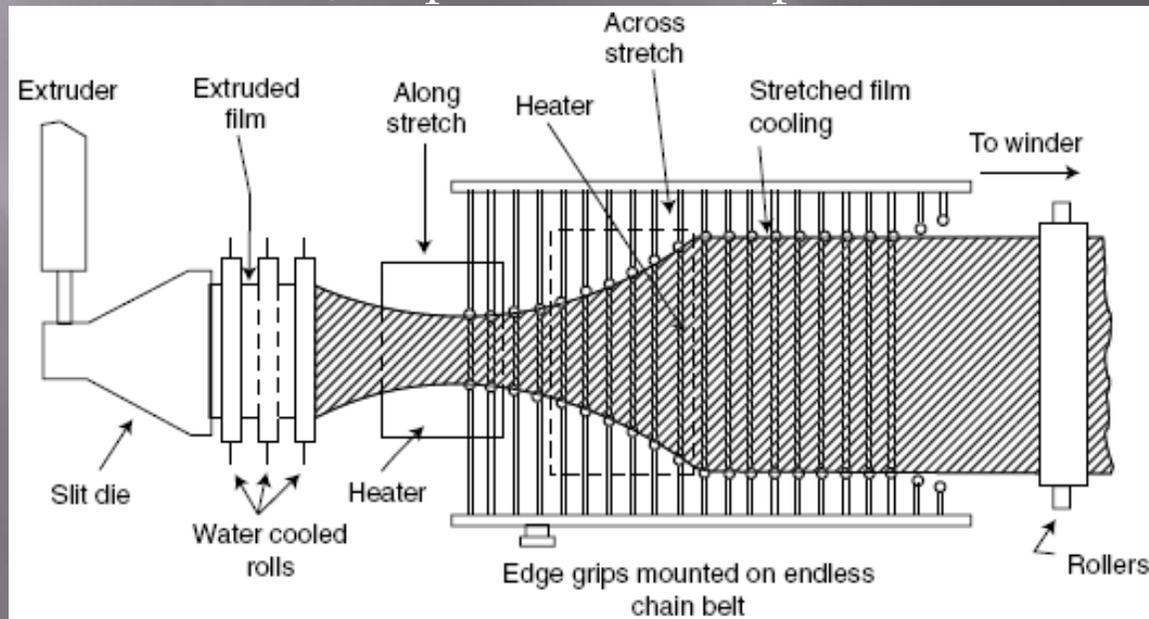
Extrusão de Filmes Soprados

- ❑ Extrusora convencional acoplada a uma matriz anelar, com mecanismo de manutenção de pressão interna ao balão.
- ❑ Há orientação do laminado, circunferencialmente e longitudinalmente (estiramento).
- ❑ Filmes de PP, PE e multicamadas, através de co-extrusão.



Extrusão de Filmes BOPP

- ❑ Extrusora acoplada a um flat die.
- ❑ Processo de grande porte, sensível a variação de vazão (uso de válvula de pressão positiva).
- ❑ Cristalização é controlada e ocorre principalmente no contato com o cilindro de resfriamento.
- ❑ Excelente controle de espessura e propriedades mecânicas. É comum a metalização, para reduzir a permeabilidade ao oxigênio.



Perfis Técnicos

Porta Etiquetas

Perfis para Móveis

Acabamentos

Janelas (esquadrias)

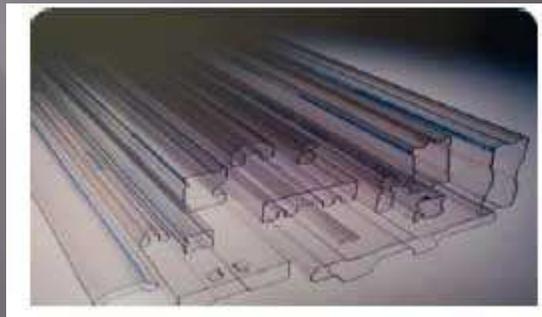
Perfis para Box de Banheiro

Acabamentos em automóveis

Estruturais

Decks de piscina

Forros e Portas dobráveis de PVC



Tubos

Infra Estructura

Predial

Petróleo

Conduítes Eléctricos

Gás

Fibra Ótica



CALANDRAGEM

Processo de plastificação e
homogeneização entre rolos cilíndricos.

Mistura e plastificação de
termoplásticos e elastômeros.

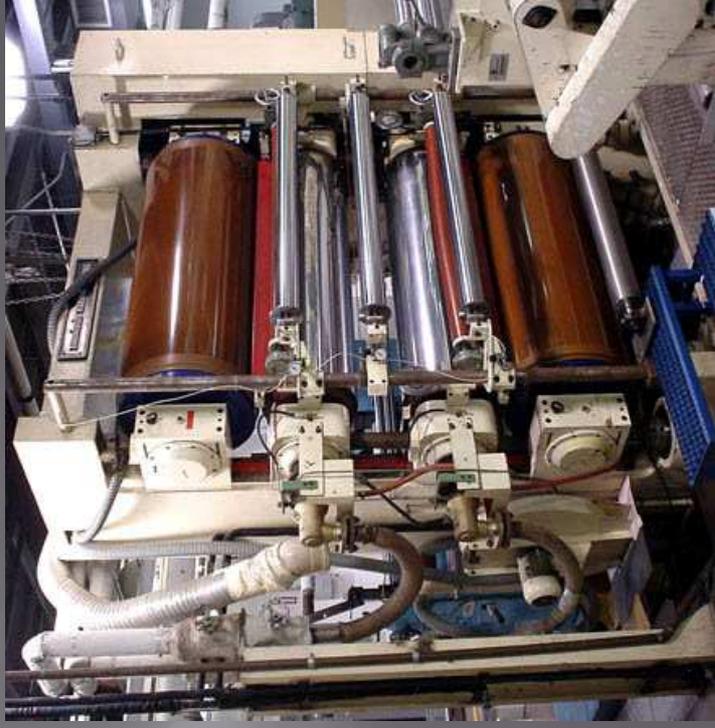
Introdução

- ▣ Processo baseado no atrito gerado no material ao passar entre os rolos aquecidos (normalmente).
- ▣ Normalmente recebe o material pré-plastificado de um Misturador Bambury ou de uma extrusora.
- ▣ Laminado pode ser resfriado e embalado (produto pronto) ou moído (granulação).

Parâmetros de Processo

- ▣ O cisalhamento é proporcional a velocidade e distância entre rolos.
- ▣ A condição de mistura é excelente e é comum o manuseio do material pelo operador da calandra, até que a condição desejada seja atingida. O “crepe” é então cortado e direcionado manualmente a um moinho, por exemplo (tempo de residência variável).
- ▣ Temperatura facilita a plastificação do material, influenciando na adesão do material aos rolos.

Disposição dos Rolos



Produtos

- ▣ Mistura para granulação de compostos
- ▣ Laminados para embalagens
- ▣ Blister (farmacêuticos)
- ▣ Matéria Prima para Termofomagem



PROCESSO DE FIAÇÃO E ESTIRAGEM



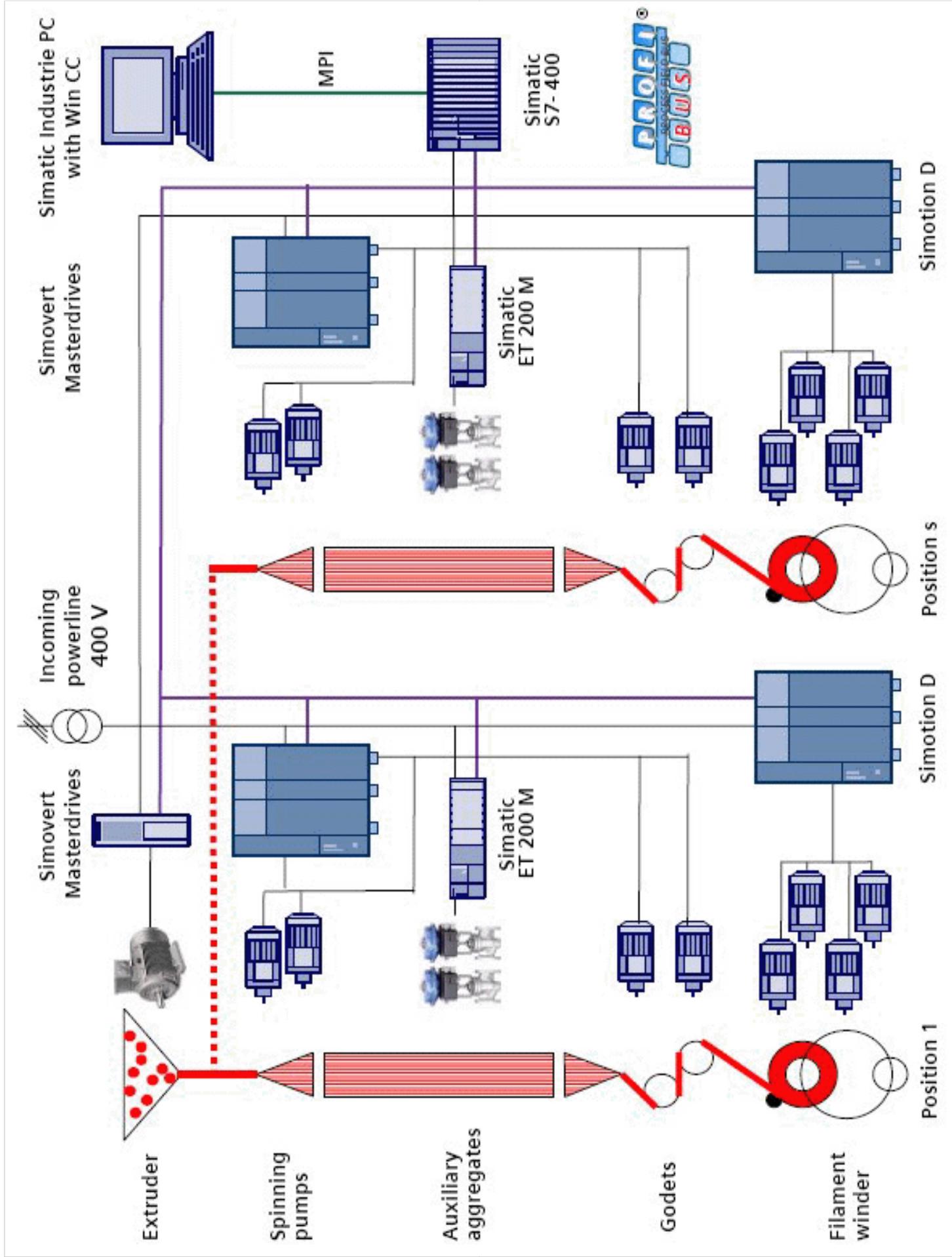
FIAÇÃO

O processo de fiação, muito próximo ao método de extrusão utilizado na maioria dos plásticos, consiste basicamente em bombear o polímero fundido através de pequenos orifícios de uma fieira.

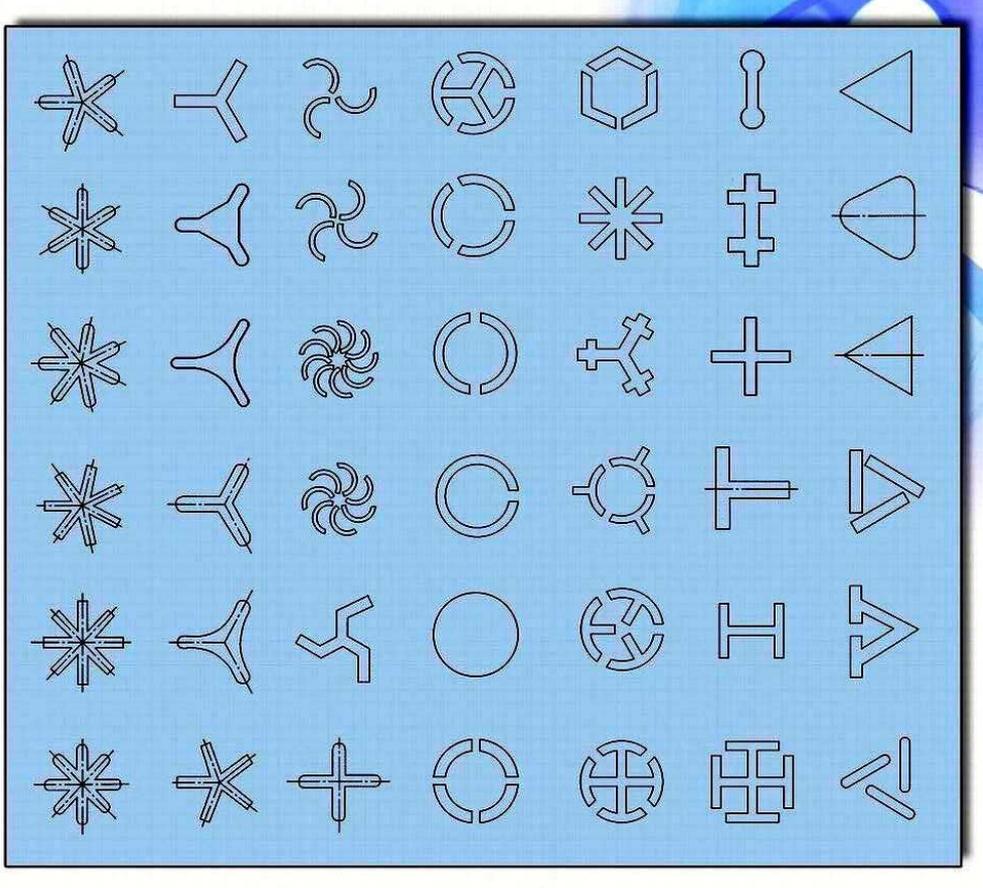


Ao lado, uma extrusora de polímeros.





PERFIL DE FIEIRAS

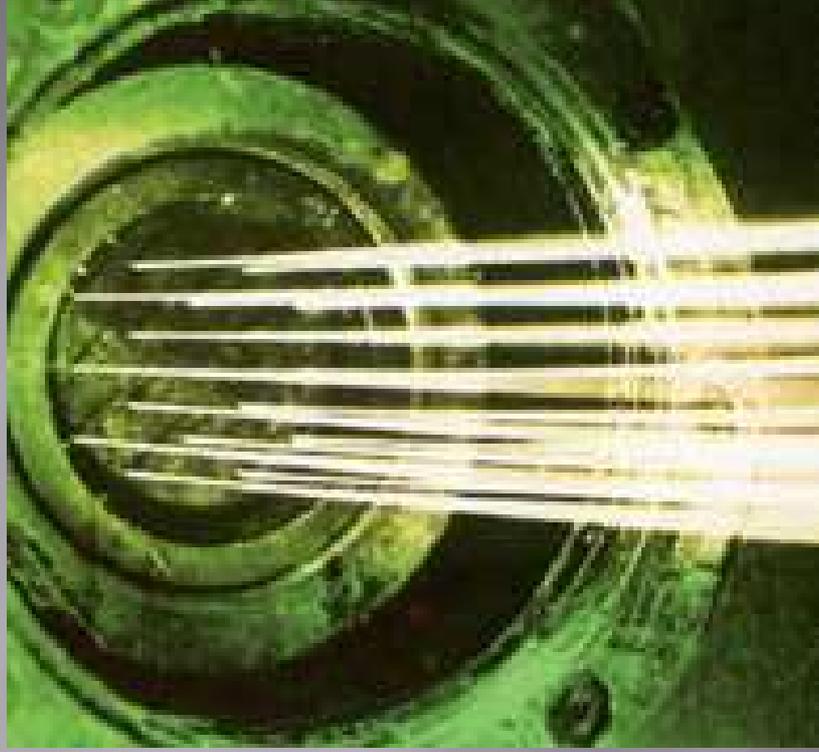


PACKAGE DE FIEIRA

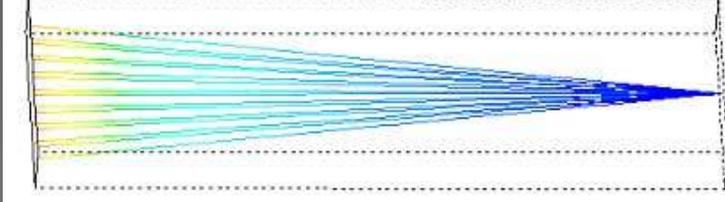
Caixa de montagem das fieiras contendo elementos filtrantes e de cisalhamento que retém partículas sólidas e promovem a homogeneização do polímero.



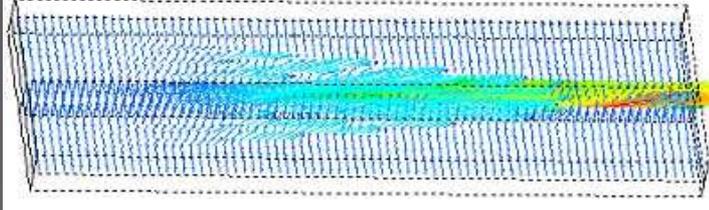
SOLIDIFICAÇÃO



Quenching
Air



Fiber trajectories colored by
temperature



Airflow vectors in the
quenching chamber

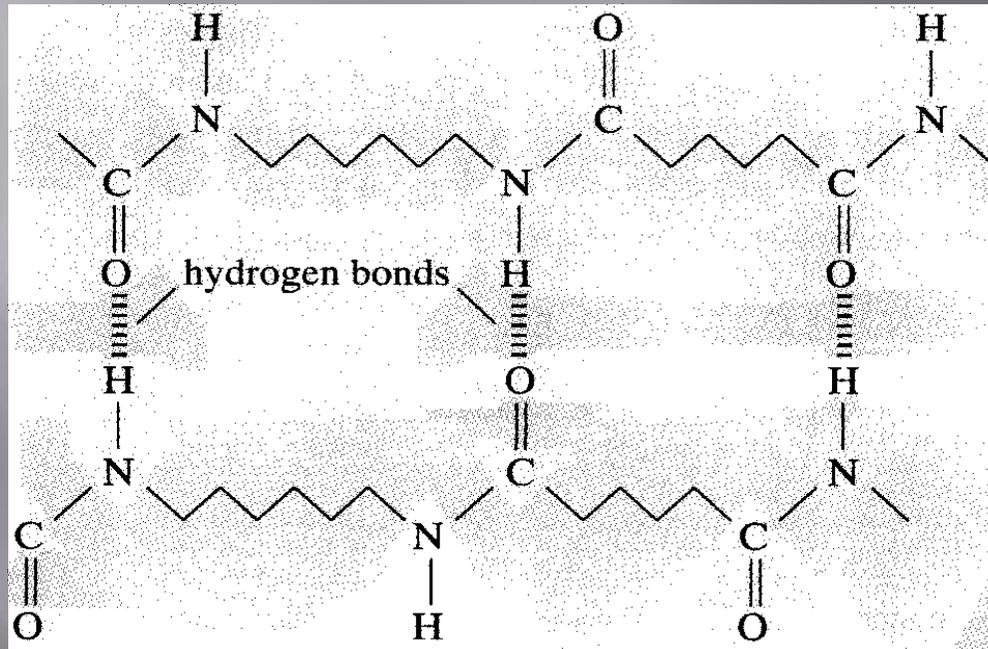
ESTIRAGEM

A estiragem de fibras sintéticas é um processo aparentemente simples. O maquinário consiste, essencialmente, de dois pares de rolos aquecidos. O primeiro par alimenta o fio de bobinas vindas do processo de fiação e o segundo par (com velocidade próxima a 4 vezes o primeiro par) estira o fio.

O fio estirado é então coletado em uma nova bobina. O aquecimento dos rolos visa uma melhor orientação molecular das fibras.



ESTIRAGEM



Efeito da estiragem sobre a poliamida 6.6



TEMPERATURAS DE FIAÇÃO

Typical Spinning Temperatures for Selected Polymers

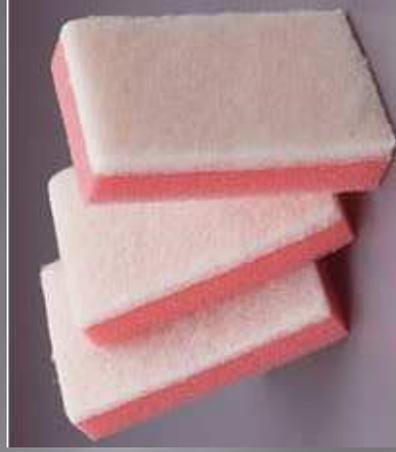
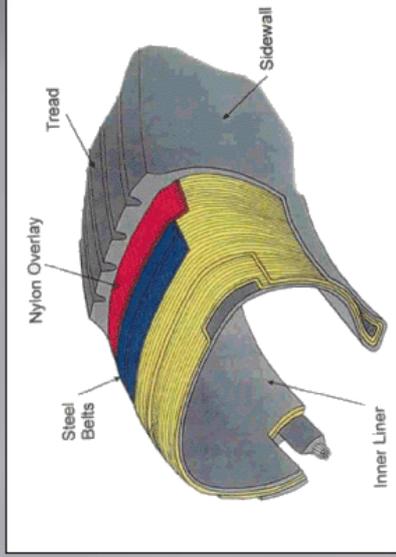
Polymer	Melting Point (°C)	Typical Spinning Temperature (°C)
Nylon-6	220	280
Nylon-6,6	260	290
Poly(ethylene terephthalate)	260	290
Polyethylene	~ 130	220-230
Polypropylene	170	250-300
Poly(vinylidene chloride) copolymers	120-140	180

DENSIDADE DE FIBRAS TÊXTEIS

Fibre densities [4, 9, 10]

Fibre	Density (g/cm ³ , Mg/m ³)		Specific volume (cm ³ /g)	
	Dry	65% r.h.	Dry	65% r.h.
Cotton (lumen filled)	1.55	1.52	0.64	0.66
Viscose rayon	1.52	1.49	0.66	0.67
Secondary acetate, triacetate	1.31	1.32	0.76	0.76
Wool	1.30	1.31	0.77	0.76
Silk	1.34	1.34	0.75	0.75
Casein	1.30	1.30	0.77	0.77
Nylon 6.6, nylon 6	1.14	1.14	0.88	0.88
Terylene (and other polyester fibres)	1.39	1.39	0.72	0.72
Orlon (and other acrylic fibres)	1.19	1.19	0.84	0.84
Polypropylene	0.91		1.09	
Polyethylene, low-density	0.92		1.09	
Polyethylene, high-density	0.95		1.05	
Dynel (modacrylic)	1.29	1.29	0.78	0.78
Teklan (modacrylic)	1.34		0.75	
Polyvinyl chloride	1.4		0.71	
Polytetrafluoroethylene	2.2		0.45	
Glass	2.5	2.5	0.40	0.40

UTILIZAÇÃO DE FIOS E FIBRAS



TERMOFORMAGEM

- ▣ Termoformagem é o termo geralmente utilizado para o processo de produção de artigos formados a partir de uma folha plana, com ajuda de pressão e temperatura

- ▣ As técnicas comuns de termoformagem podem ser utilizadas para conformar as chapas de policarbonato, no estado termo-elástico em peças.

Para obter os melhores resultados finais, os seguintes pontos devem ser observados:

- A chapa de policarbonato deve ser pré-seca e limpa;
- Moldes adequadamente desenhados devem ser usados;
- A formagem deve ser efetuada na temperatura de processo correta.

- ▣ A pré-secagem é feita em estufa.

Razão de realizar a pré-secagem:

- ▣ A umidade resultará em manchas no produto final.

▣ Preparação do Blank

- A chapa encolhe quando aquecida pela primeira vez na temperatura superior a de transição vítrea - 140°C . Antes de serem cortadas grandes quantidades, um teste com uma amostra é recomendado para que se determine o valor correto de acréscimo dimensional a ser dado.

- Antes de iniciar-se o aquecimento a chapa deve ser limpa com um agente anti-estático ou pistola de ar ionizado. Isto é requerido para evitar marcas ou adesão de partículas de sujeira no produto final.

▣ Materiais dos Moldes

Podem ser de alumínio, aço, gesso, madeiras duras, epoxi reforçado ou resinas de poliéster.

▣ Aquecimento

Para garantir a perfeita termoformagem, as chapas de policarbonato devem ser uniformemente aquecidas a uma temperatura de 175-205°C. Na temperatura máxima as chapas de policarbonato assumem detalhes com mais precisão, entretanto em temperaturas de 175-180°C poucos detalhes serão obtidos.

▣ Destensionamento

Peças com tensões internas muito altas são aquecidas em um forno de ar circulante em até 120-130°C por um período de 1 hora para cada 3mm de espessura da peça, em seguida a mesma deve ser resfriada lentamente a temperatura ambiente.

Principais vantagens que os produtos termoformados possuem:

- As peças podem ser alocadas individualmente
 - Melhor proteção para as peças
 - Podem ser retornáveis ou descartáveis
 - Possuem baixo custo industrial
 - Curto prazo de entrega
 - Alta precisão
 - Podem ser lavadas
 - Evitam descartes de embalagem tanto de papelão como plásticas
 - Podem ser recicladas, contribuindo assim com o meio ambiente
 - Podem ser empilhadas
 - Podem ser usadas em qualquer setor
 - Apropriadas para produções curtas
 - No transporte podem reduzir o volume de retorno
 - Aplicação em linhas de Produção Automatizadas
 - Aplicação em linhas de produção manual
 - Melhor proteção para as peças (evita refugo ou retrabalho)