

Materiais Poliméricos

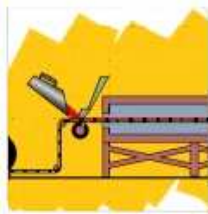
Módulo 2 - *Processos de Transformação de Polímeros*



Extrusão



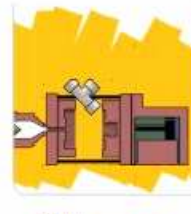
Calandragem



Espalmagem



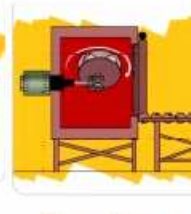
Filme Soprado ou Extrudado



Moldagem por Injeção



Moldagem por sopro



Rotomoldagem



Termoformagem

Processos de Transformação de Polímeros

1 – Principais Processos de Transformação de Polímeros

Os produtos plásticos podem ser moldados em vários processos de transformação, onde as diversas resinas poliméricas em formato de grânulos, pó ou líquidos, depois de aquecidas e/ou catalisadas, podem ser processadas pelos métodos de :

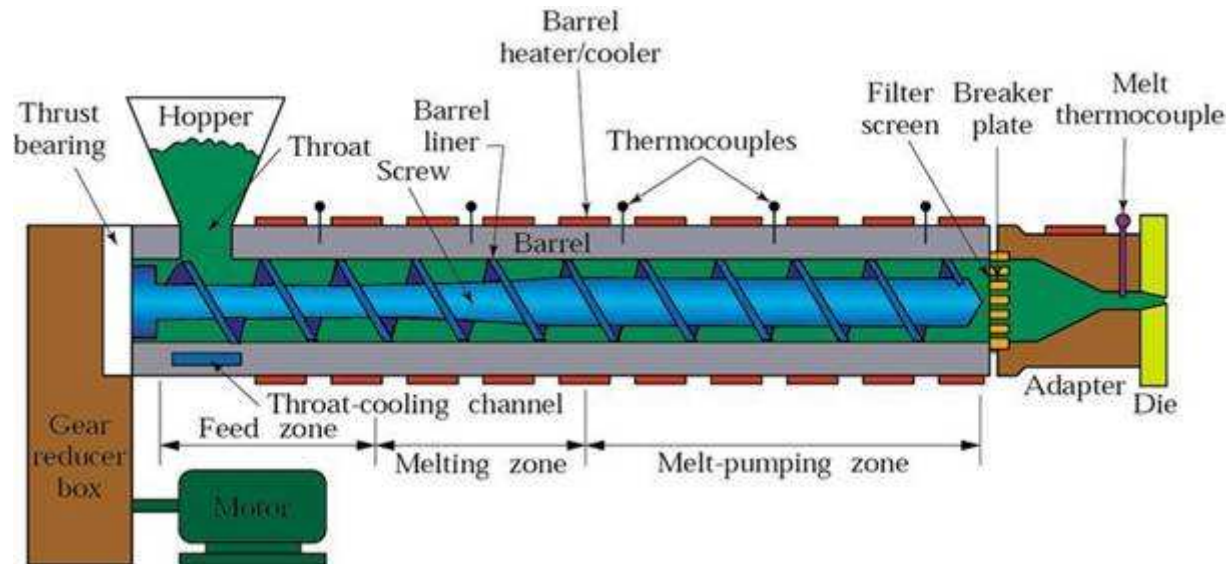
- Extrusão
- Sopro
- Injeção
- Termoformagem
- Calandragem
- Rotomoldagem
- Compressão
- Fundição

Processos de Transformação de Polímeros

1.1 - Extrusão:

A matéria-prima é amolecida e sua saída é forçada através de uma matriz instalada no equipamento denominada rosca extrusora, produzindo um produto que conserva a sua forma ao longo de sua extensão, após seu resfriamento.

Aplicação: fabricação de produtos flexíveis, como embalagens, sacolas, sacos e bobinas também conhecidos como filme, após o processo de extrusão, podem ser modelados no produto final com soldas e cortes e produtos rígidos ou semi-rígidos, como tubos, perfis, mangueiras e chapas.



Processos de Transformação de Polímeros

Extrusão - Características

Projeto do Produto e do Processo
PRO, EPUSP, Paulo Cauchick



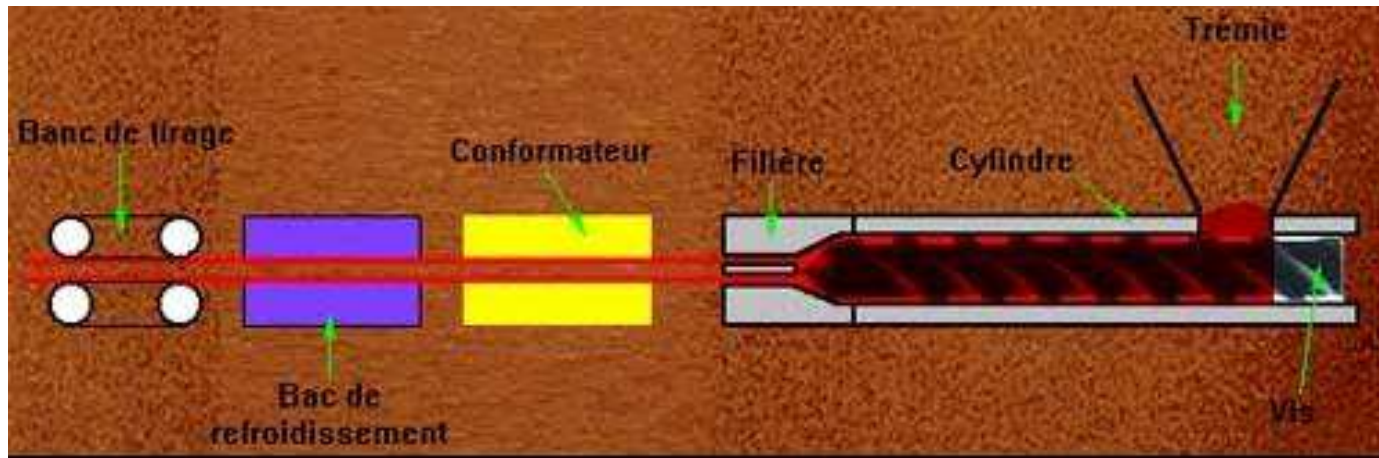
Características	Valores
Peso (kg)	1 a 1000
Espessura mínima (mm)	0,1 a 900
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,2 a 2
Rugosidade superficial (μm)	0,5 a 12,5
Lote econômico	10 mil a 1 milhão

→ *Materiais típicos*

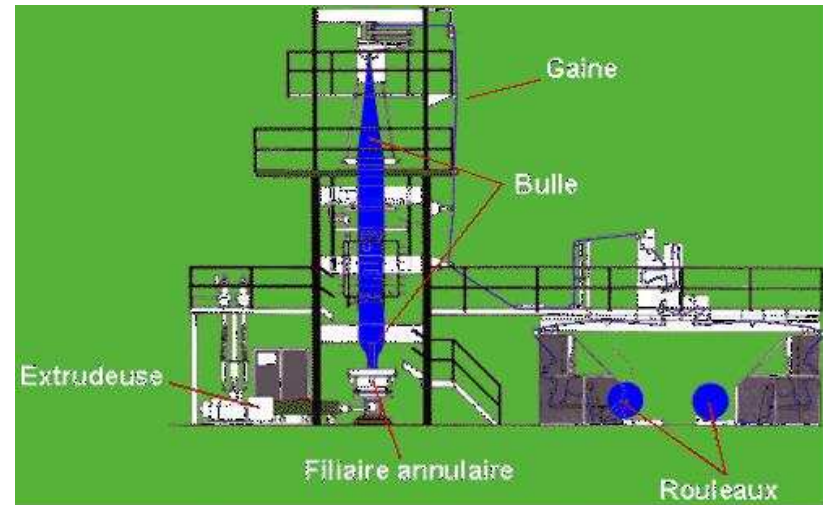
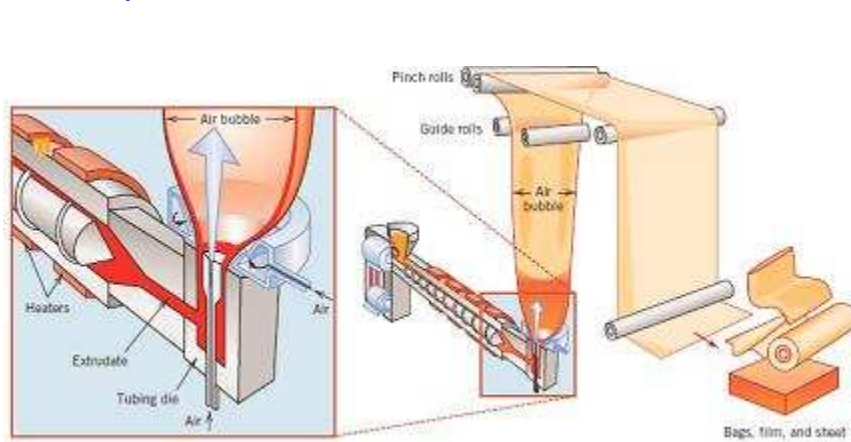
- *Materiais poliméricos em geral (termoplásticos)*
- *Materiais metálicos (aço, alumínio, etc.)*

Processos de Transformação de Polímeros

Esquema de um Processo Extrusão de Tubos



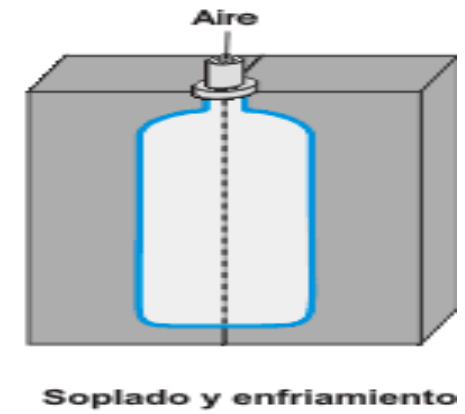
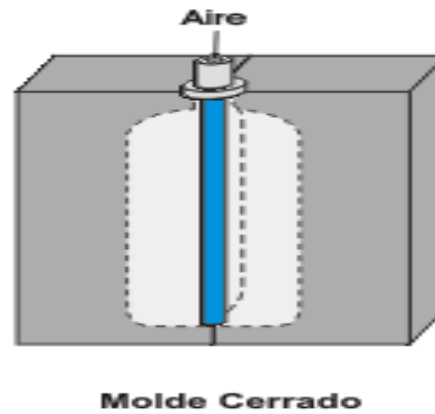
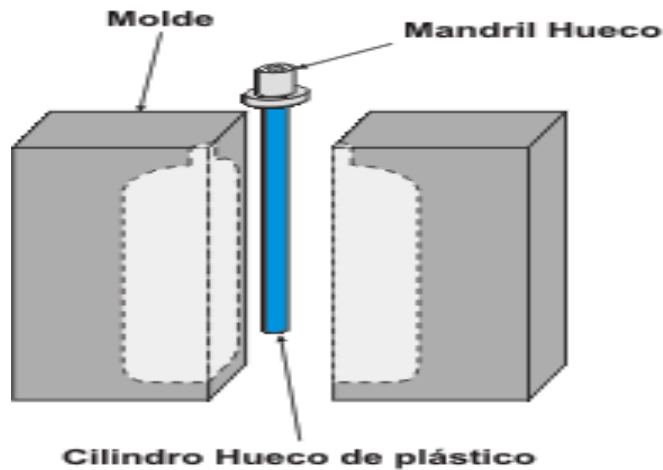
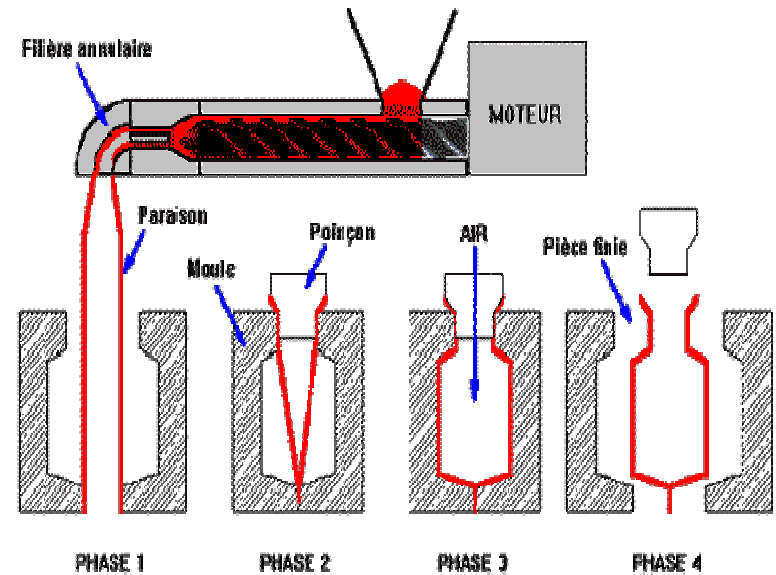
Esquema de um Processo Extrusão de Filmes



Processos de Transformação de Polímeros

1.2 - Sopros:

A matéria-prima amolecida pelo calor no canhão da extrusora, é forçada através de uma matriz e ou fieira, formando uma mangueira. Quando o molde fecha sobre esta mangueira é introduzido uma agulha onde o ar é soprado, forçando o material a ocupar as paredes ocas do molde formando a peça. Após o resfriamento a peça é extraída.



Processos de Transformação de Polímeros

Sopro - Características

Projeto do Produto e do Processo
PRO, EPUSP, Paulo Cauchick



Características	Valores
Peso (kg)	0,001 a 0,3
Espessura mínima (mm)	0,4 a 3
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,25 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,2 a 1,6
Lote econômico	1 mil a 10 milhões

➔ *Materiais típicos: poliéster (PET), policarbonato (PC), poliestileno de alta e baixa densidade (HDPE e LDPE), polipropileno (PP), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e alguns tipos de PVCs*

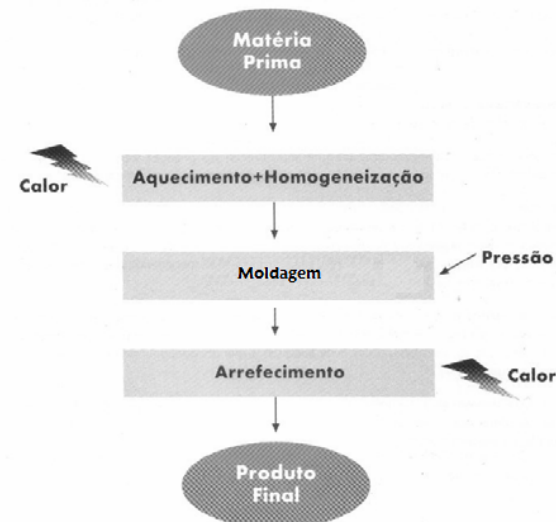
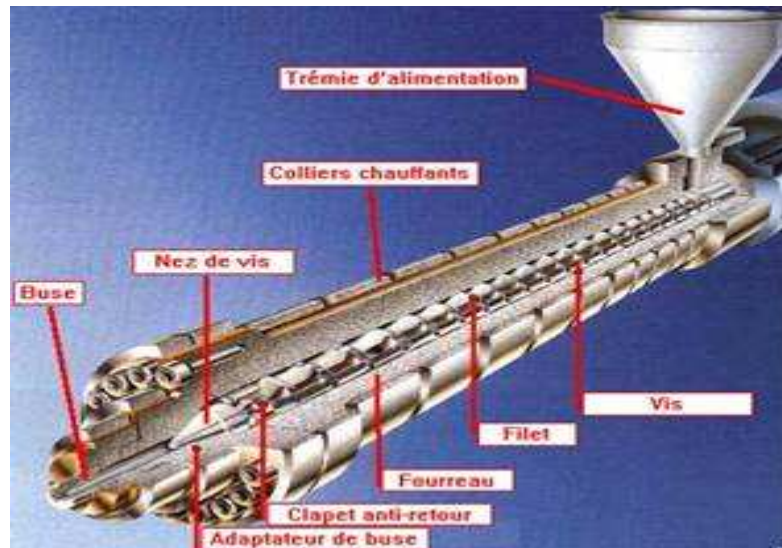
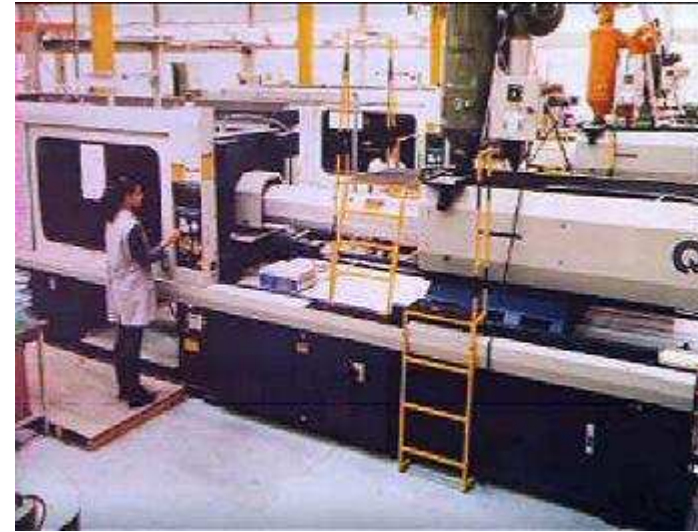


Processos de Transformação de Polímeros

1.3 - Injeção:

A matéria-prima amolecida pelo calor dentro do cilindro de injeção e sob pressão é injetada através de canais de injeção do molde para o interior das cavidades, as quais reproduzem o produto a ser fabricado. A máquina utilizada neste processo, denomina-se **injetora**.

O produto é extraído depois de resfriado o suficiente para manter a forma e as dimensões necessárias.



Processos de Transformação de Polímeros

Injeção - Características

Projeto do Produto e do Processo
PRO, EPUSP, Paulo Cauchick

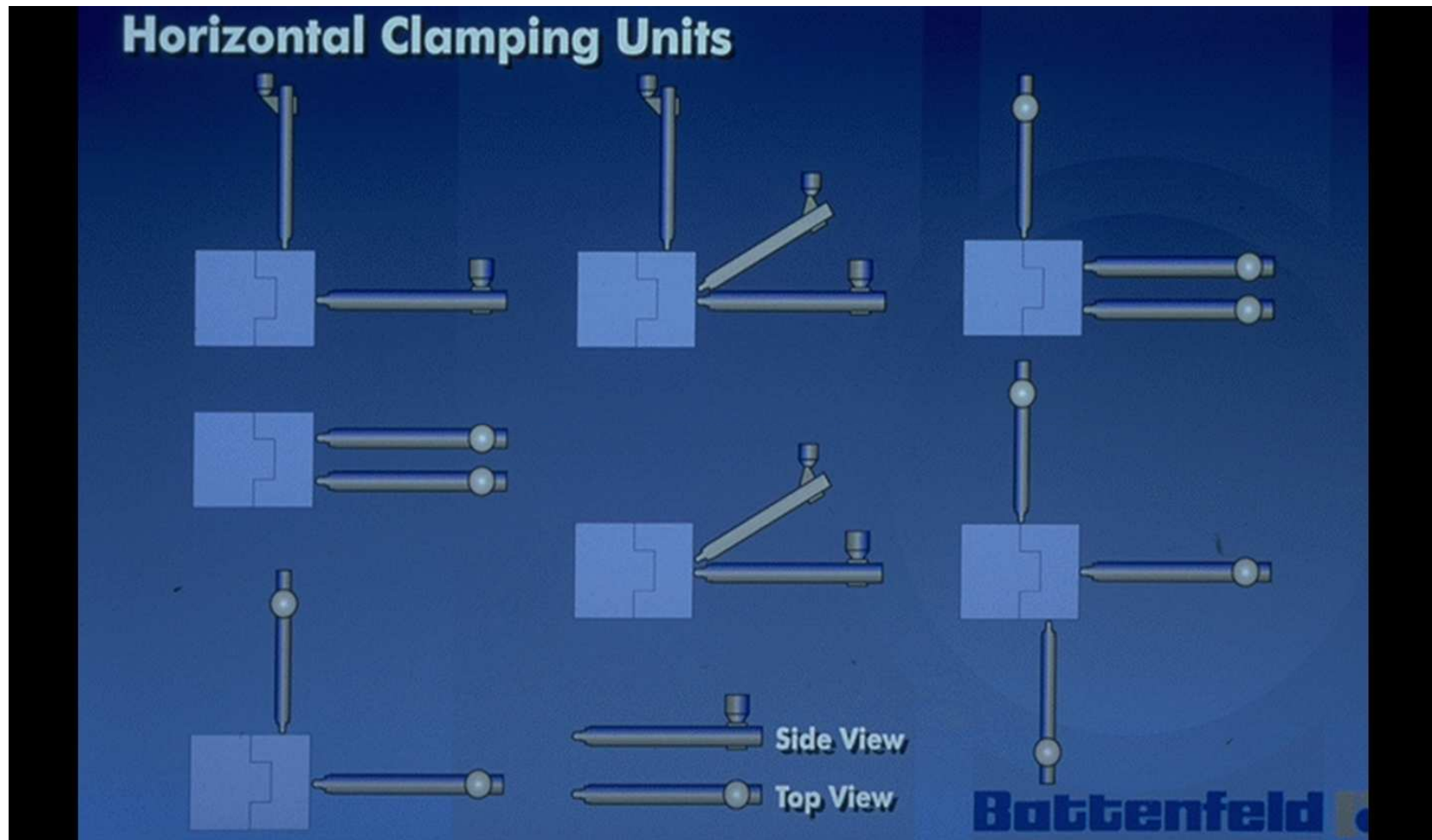


Características	Valores
Peso (kg)	0,01 a 25
Espessura mínima (mm)	0,3 a 10
Complexidade (perfil)	Alta
Tolerância (mm)	0,05 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,2 a 1,6
Lote econômico	10 mil a 1 milhão

→ *Materiais típicos: termoplásticos em geral*

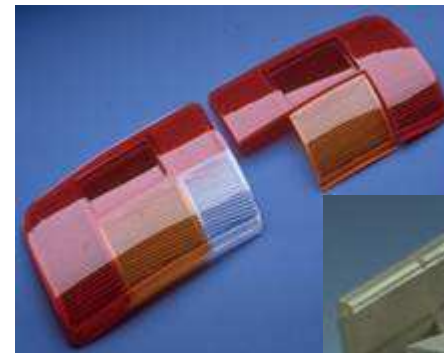
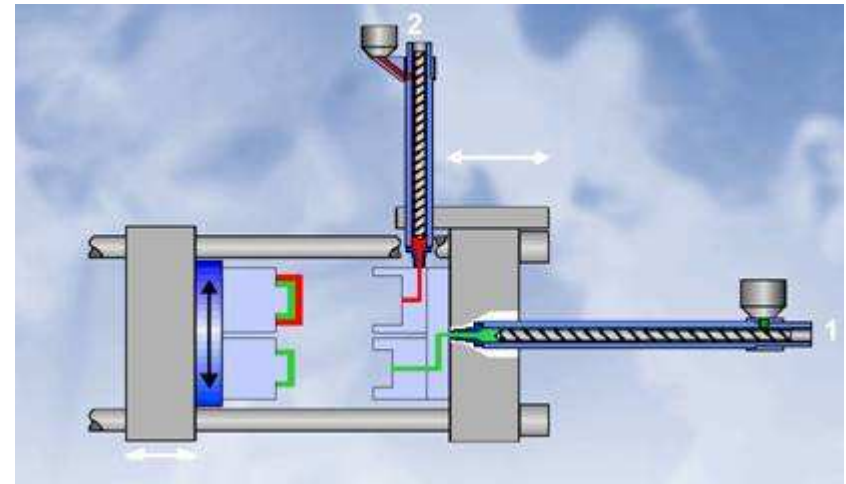
Processos de Transformação de Polímeros

1.3.1 - Injeção Multimaterial



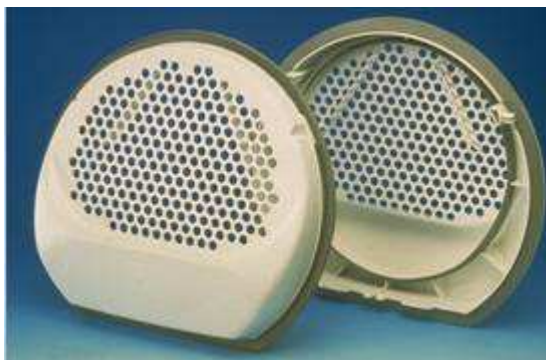
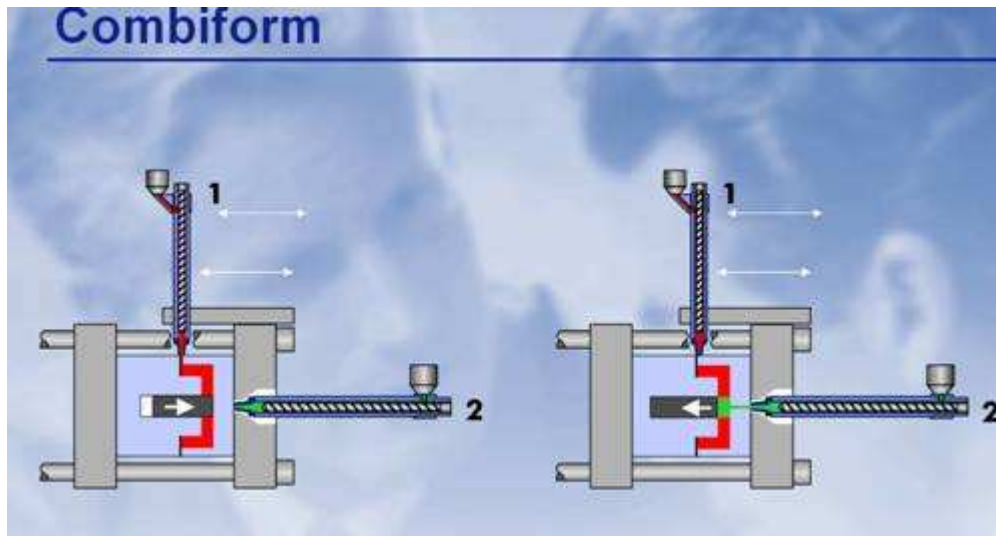
Processos de Transformação de Polímeros

- Exemplos de injeções Multimateriais



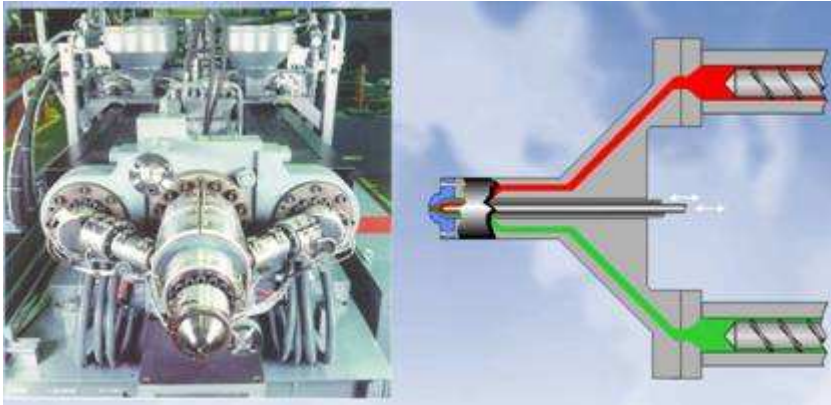
Processos de Transformação de Polímeros

1.3.2- Injeção Combinada



Processos de Transformação de Polímeros

- 1.3.3- Co-injeção



PP espumado



Processos de Transformação de Polímeros

- Watermelt



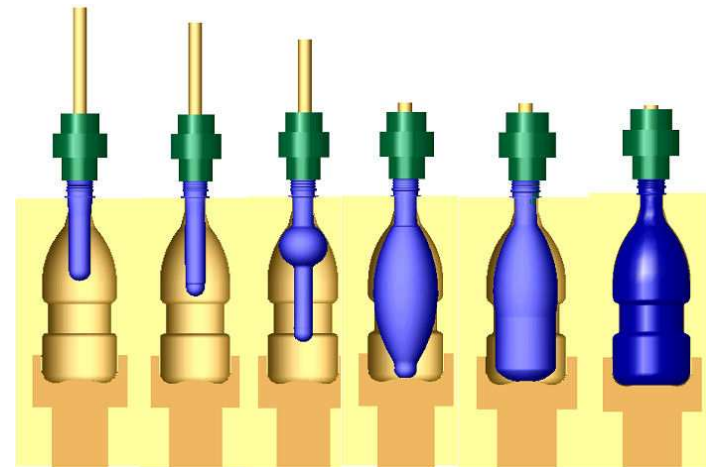
Processos de Transformação de Polímeros

■ 1.3.4- Injeção / Sopros – Pré-forma:

É um processo conjugado de injeção e sopros.

Desenvolvido para moldar a matéria-prima PET. A resina PET tem características muito peculiares, onde o produto pode ser moldado em dois processos distintos, sem comprometer suas características de resistência e transparência. O PET é injetado no formato de uma pré-forma, sem nenhum ar internamente. Quando aquecida no segundo processo, dentro do equipamento próprio e especial, ar é soprado internamente tomando o formato do produto final.

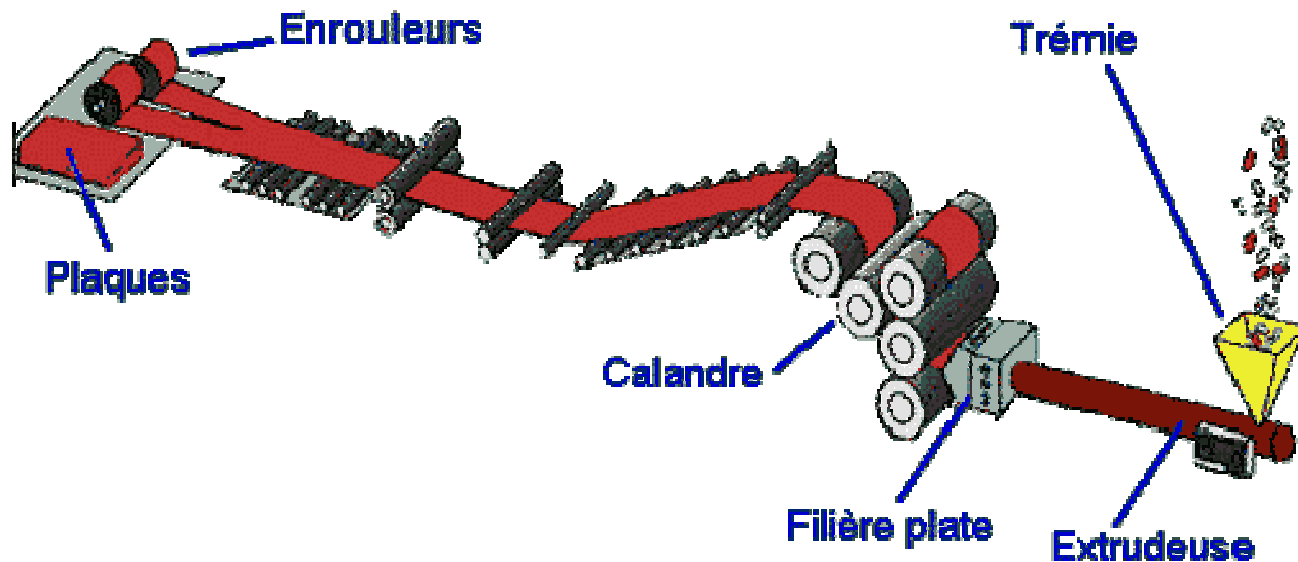
- Este processo é para produtos de frascaria, usados em refrigerantes, água mineral, etc.



Processos de Transformação de Polímeros

- **1.4 - Processos complementares tipo caladragem com ou sem laminação:**

Onde são agregados outros materiais não plásticos como tecidos, metais para produção de mancais, isolantes, toalhas de mesa, bem como embalagens de várias camadas com papel, metal e outros.

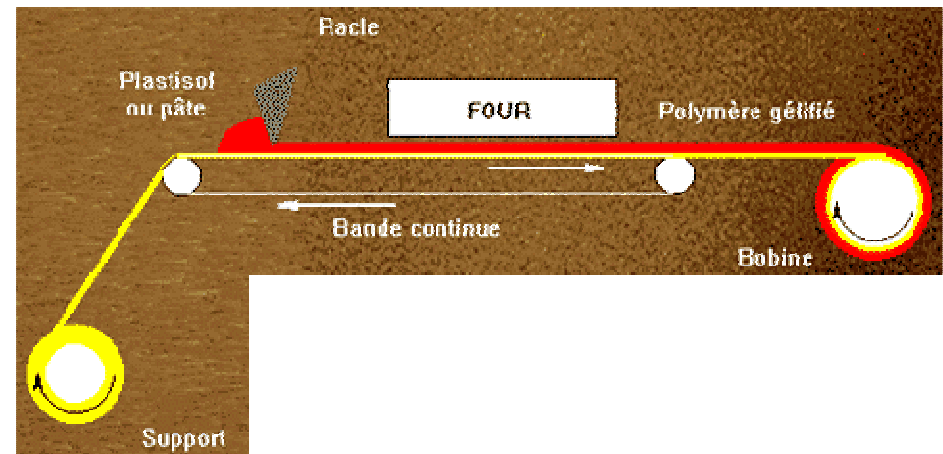


Processos de Transformação de Polímeros

1.4.1- Laminação:

Este processo com superposição de materiais como papel, papelão, metais, previamente tratados com resina termoplástica, forma um “sanduíche” que é prensado com aquecimento, proporcionando a aderência total das camadas, resultando em produtos altamente resistentes.

Havendo indicação técnica em ter as espessuras uniformes e ou dimensionalmente controladas utiliza-se o sistema de caladragem, ou seja, o estiramento por dois ou mais cilindros.

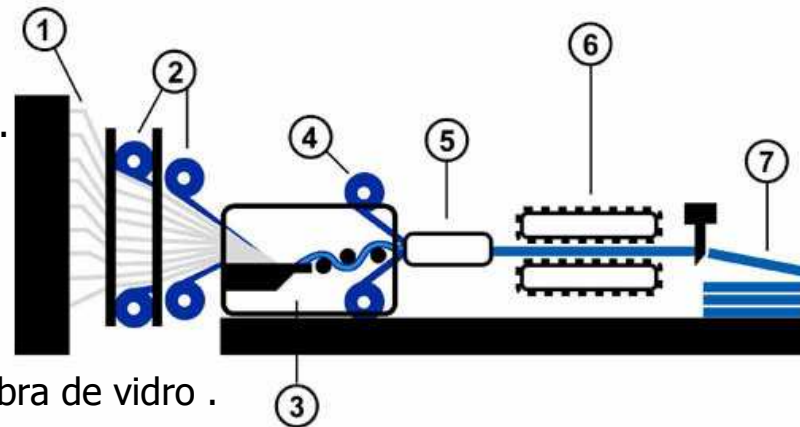


Processos de Transformação de Polímeros

1.4.2 - Pultrusão:

O processo de pultrusão é um método de fabricação contínuo, mecanizado, para produtos de seção uniforme, em resina poliéster, epóxi-estervinílica ou fenólica reforçada com fibras de vidro, de performance superior aos materiais convencionais.

1. Fios em fibra-de-vidro responsáveis pela resistência longitudinal dos perfis.
2. Manta em fibra-de-vidro responsável pela resistência transversal dos perfis.
3. Tanque de resina onde é feita a impregnação dos fios e mantas em fibra de vidro .



4. Véu
5. Ferramenta de pultrusão onde ocorre a cura da resina. o perfil toma sua forma e torna-se rígido.
6. Puxadores
7. Perfil pultrudado

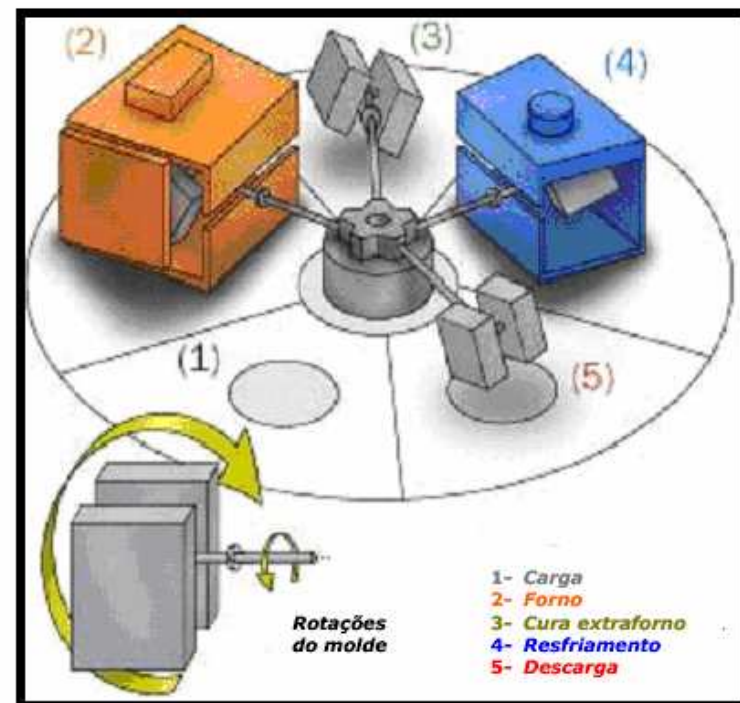
Processos de Transformação de Polímeros

1.5 - Rotomoldagem:

A matéria-prima fluída e sob rotação modela os produtos. Este processo é muito utilizado nas resinas elastoméricas (emborrachado) para produzir cabeças de bonecas, peças ocas, câmeras de bola, grandes contêineres e peças rígidas de alta complexidade na extração do molde.

O material é alimentado no interior das cavidades, sob a forma de pó.

As etapas do processo de Rotomoldagem



Representação esquemática do processo de rotomoldagem

Processos de Transformação de Polímeros

Rotomoldagem

Projeto do Produto e do Processo
PRO, EPUSP, Paulo Cauchick



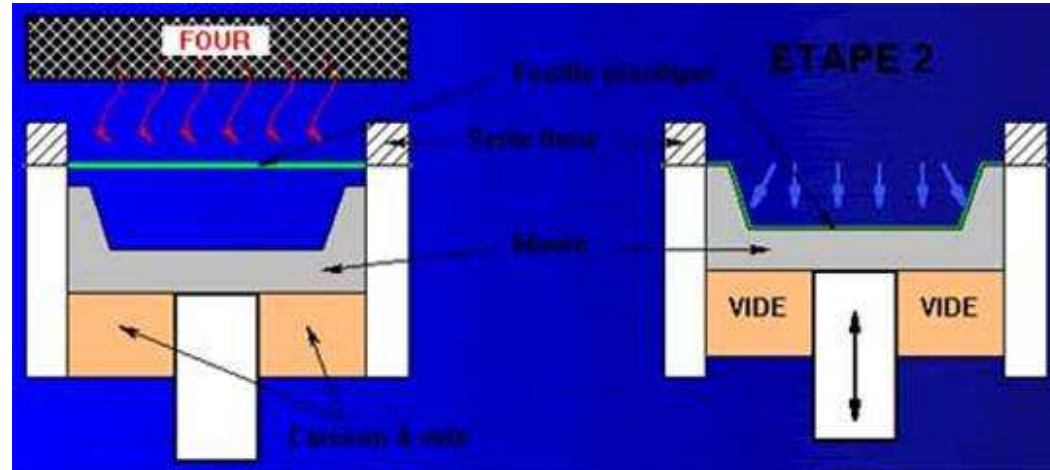
Características	Valores
Peso (kg)	0,1 a 50
Espessura mínima (mm)	2,5 a 6
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,4 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,5 a 2
Lote econômico	100 a 10 mil

→ *Materiais típicos: termoplásticos em geral*

Processos de Transformação de Polímeros

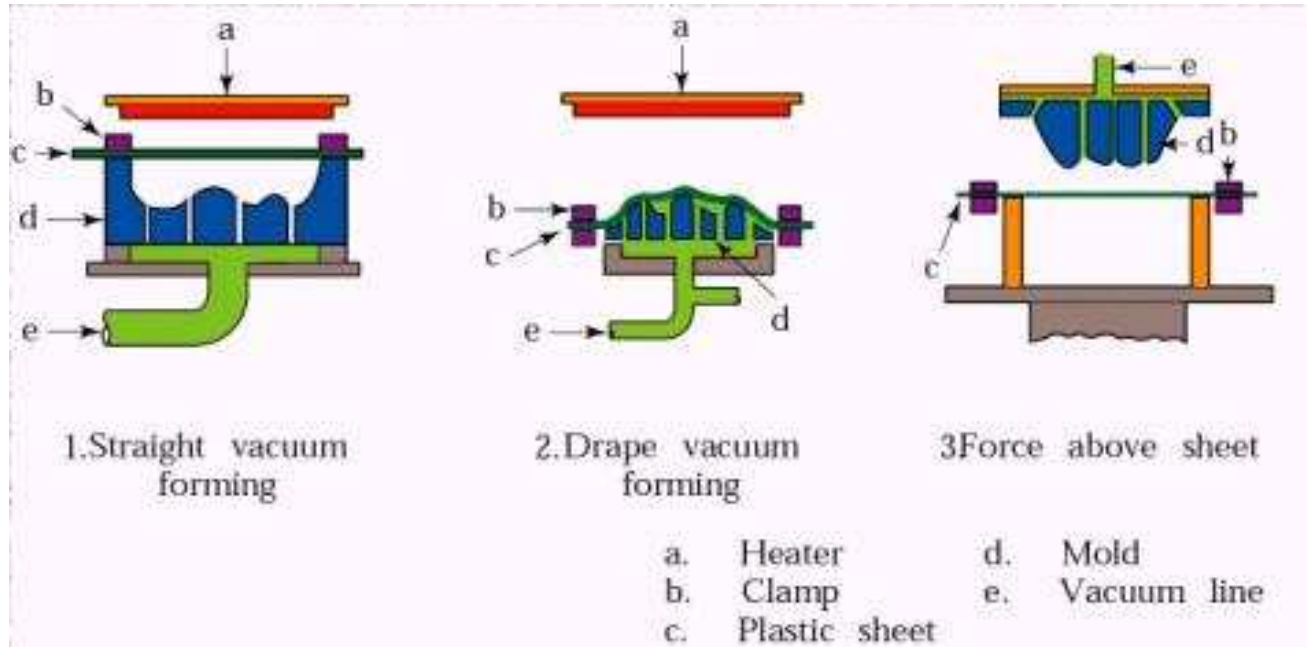
1.6 – Termoformagem / Vácuo-formagem/Vacuumforming:

Moldagem de produtos a partir do aquecimento de uma chapa de resina termoplástica, que introduzida no molde fixado em uma prensa e acionado molda o produto. A moldagem pode ser feita com a utilização de ar quente, o qual suga a chapa dentro da cavidade ou aquecimento do molde, moldando a chapa sem utilização de ar. Este processo é utilizado na maioria dos produtos de vasilhames descartáveis, como copos, pratos, etc...



Processos de Transformação de Polímeros

Vácuo-formagem



Processos de Transformação de Polímeros

Termoformagem

Projeto do Produto e do Processo
PRO, EPUSP, Paulo Cauchick



Características	Valores
Peso (kg)	0,003 a 50
Espessura mínima (mm)	0,25 a 6
Complexidade (perfil)	Baixa
Tolerância (mm)	0,5 a 1
Rugosidade superficial (μm)	0,3 a 1,6
Lote econômico	10 a 100 mil

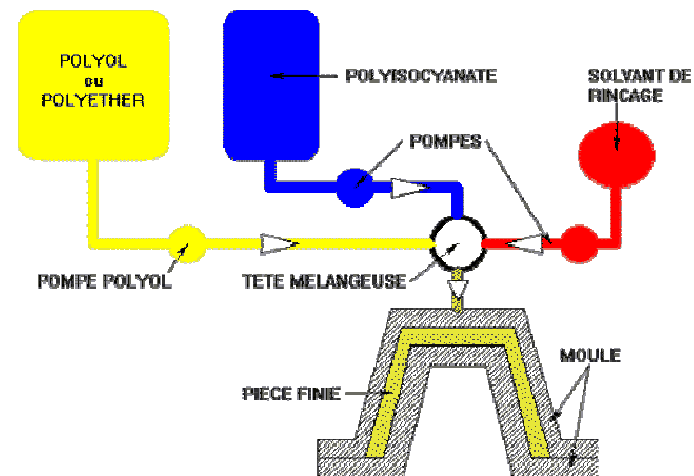
→ *Materiais típicos: poliéster (PET), policarbonato (PC), polipropileno (PP), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), policloreto de vinila (PVC), poliestireno standard (PS)*

Processos de Transformação de Polímeros

1.7 – RIM (Reaction Injection Molding):

Diversos materiais são produzidos pela tecnologia de moldagem por injeção e reação (RIM). Aproximadamente, 40% dos materiais produzidos são elastômeros com módulo de flexão para materiais não reforçados entre 7 MPa a 965 MPa.

Os PU's estruturais produzidos por RIM, que são uma combinação de PU com fibra de vidro, têm tido aumento em sua utilização. A área de desenvolvimento mais recente é a de sistemas rígidos de alto módulo. As espumas estruturais representam um terço dos materiais produzidos.



Sistemas RIM não poliuretânicos, como de dicitopentadieno ou náilon, respondem por 15% do mercado.

Processos de Transformação de Polímeros

Vantagens:

Fabricação de artigos moldados a partir de componentes líquidos, com velocidades de produção competitivas com o processo convencional de moldagem de termoplásticos.

Por envolver poucas operações, o processo RIM tem encontrado aceitação por causa do: baixo custo relativo de capital; baixo consumo energético; e uma grande gama de propriedades de compostos que podem ser obtidas, desde PU's elastoméricos até PU's rígidos carregados com fibra de vidro, e poliuréias.

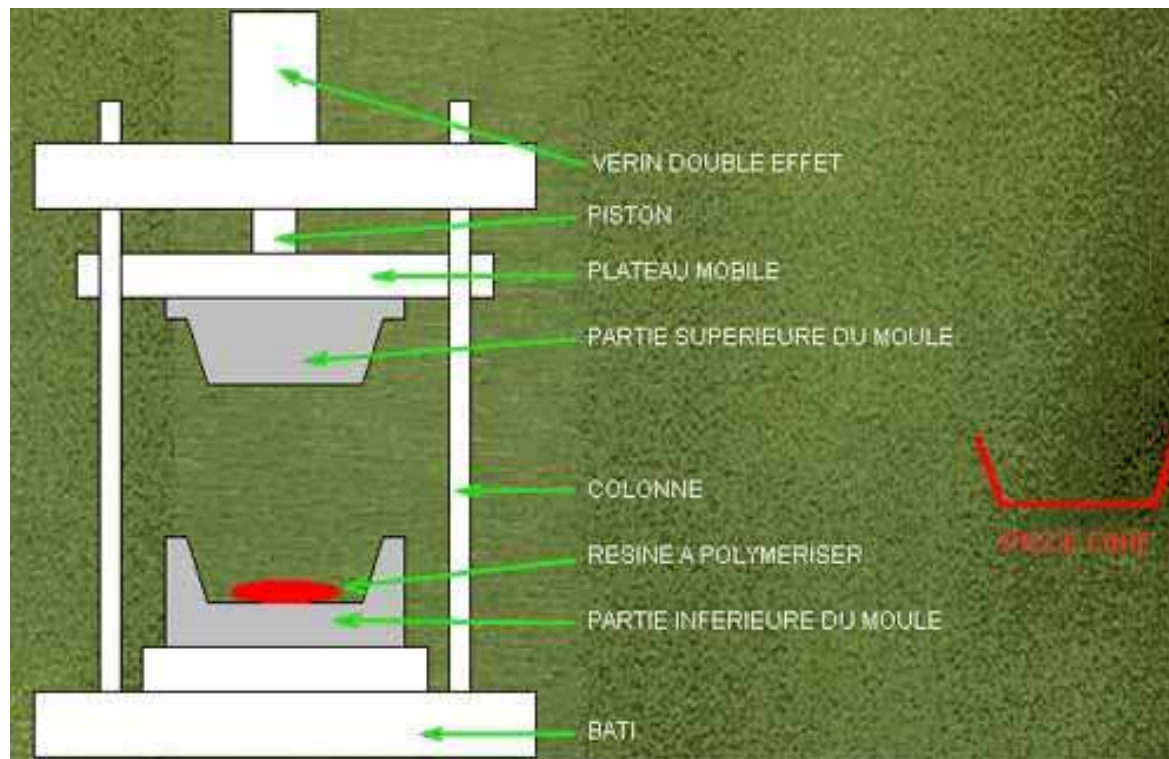
O processo RIM permite a automatização requerida nas produções em massa.

Pressões internas dos moldes são da ordem de 700 a 1400 kPa, em comparação com as de 7000 a 35000 kPa, dos materiais termoplásticos sólidos mais difíceis de serem processados.

Processos de Transformação de Polímeros

1.8 - Compressão:

Moldagem de produtos a partir do aquecimento de pré-formas ou diretamente do pó. Utilizada para a moldagem de materiais termofixos.

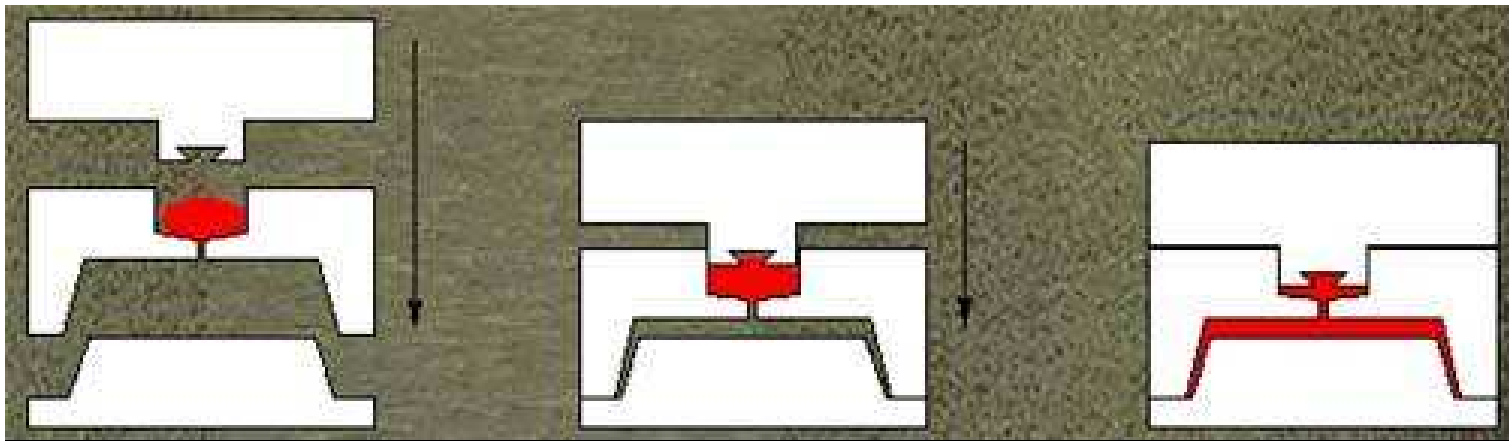


Processos de Transformação de Polímeros

1.8.1 - Transferência:

Moldagem de produtos a partir do aquecimento de materiais termofixos, a partir do pó ou de pré-formas, que se dá em duas etapas:

- Compressão
- Transferência do material para dentro das cavidades.



Processos de Transformação de Polímeros

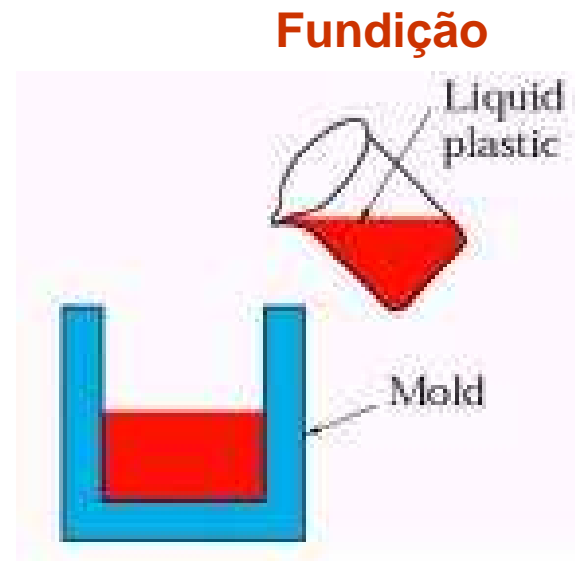
1.9 – Fundição ou Casting:

É um processo para baixa produção, quase sempre utilizado para a fabricação de protótipos. Consiste em despejar a resina líquida adicionada a outras substâncias que promovem endurecimento (catalisadores ou agentes de cura) dentro de um molde.

Na fundição podem ser utilizadas tanto resinas termoplásticas como resinas termorrígidas (termofixas).

Não é empregado aquecimento ou pressão.

Este método é usado para a produção de brindes, pequenos adornos, amostras para microscópio dentre outros.



Processos de Transformação de Polímeros

2.0- Operações Secundárias

Os materiais plásticos podem ser usinados (cortados, serrados e torneados) e normalmente os fabricantes dos materiais plásticos especificam os dados técnicos para a usinagem (ângulo de ferramenta, velocidade de corte, etc).

Nos processo de transformação de polímeros podemos incluir também a colagem; soldagem e termofusão, com o objetivo de unir formas complexas em processos posteriores à injeção.

-Processos de acabamento de peças plásticas são:

- Usinagens
- Soldagem
- Colagem

- Acabamentos decorativos:

- Pintura
- Tampografia
- Serigrafia
- Flexografia
- Hot stamping
- Cromagem

Processos de Transformação de Polímeros

2.1- USINAGEM DE PEÇAS EM PLÁSTICOS DE ENGENHARIA

Os termoplásticos podem ser usinados com as mesmas ferramentas de aço rápido utilizadas para metal. Para grandes produções e resinas com fibra de vidro, recomenda-se ferramentas com ponta de pastilha de carbono. O calor excessivo sobre as peças deve ser reduzido aplicando-se como refrigerante ar ou água. Outros meios, principalmente óleos derivados do petróleo, não devem ser empregados.

As serras podem ser circular, manual ou de fita. No caso de chapas com espessura inferior a 3mm recomenda-se o último modelo.

Furação: as brocas de aço rápido devem possuir ângulo de ataque de 5° , mantendo-se afiadas para conservar a qualidade do corte. A figura e tabela a seguir orientam quanto a velocidade adequada.

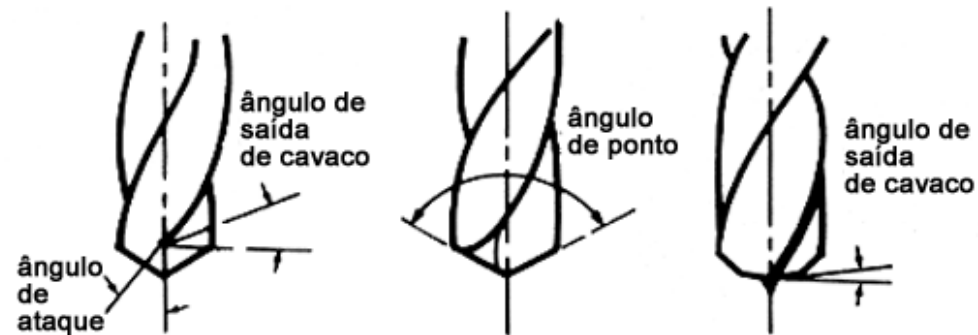
Torneamento: requer ferramentas de aço rápido com ângulo de ataque de 15 a 20° . Se o material da ferramenta for de ponta de pastilha de carbono, o ângulo deve ser menor.

Frezamento: é melhor utilizar ferramentas usuais com 4 canais, ângulo de ataque de 5° e ângulo de saída de cavaco entre 20 e 25° . Deve-se empregar velocidade de rotação entre 100 e 500 RPM e de avanço entre $0,1$ e $0,5$ mm/min.

Processos de Transformação de Polímeros

Recomendações para Furação de Plásticos:

Condições de furação para peças de PPO



ângulo de saída de cavaco = 15°
ângulo de torque = $0 - 5^\circ$
ângulo de ponto = $160 - 180^\circ$

Diâmetro do furo (mm)	Velocidade da broca (rev/minuto)	Velocidade de avanço (mm/rev)
3	1750	0,035-0,075
6	1000-1500	0,035-0,075
9	660-650	0,012-0,074
12	325-650	0,075
18	350	0,075

Processos de Transformação de Polímeros

2.2- COLAGEM

A necessidade de se unir peças plásticas é bastante freqüente no campo de aplicações técnicas que são comumente encontradas na indústria automotiva, eletroeletrônica, entre outras.

Existem vários meios de se unir peças plásticas, as mais comuns são:

- Colagem por solventes;
- Colagem por adesivos;
- Soldagem por ultra som;
- Soldagem por placa quente.

Na colagem de termoplásticos o adesivo é, em geral, um produto que dissolve o termoplástico.

Processos de Transformação de Polímeros

2.2.1 - COLAGEM POR SOLVENTES

- A colagem por solventes pode ser utilizada em todos os termoplásticos amorfos para unirem peças moldadas com o mesmo material ou com outro material compatível.

Vantagens :

- Baixo custo
- Processo rápido

Desvantagens:

- Área máxima de colagem: 900cm^2
- Baixa resistência mecânica da região colada quando comparada a uma colagem por adesivos.
- Não se aplica a materiais cristalinos devido a alta resistência química desses polímeros .

Processos de Transformação de Polímeros

■ 2.2.2 - COLAGEM POR ADESIVOS

A união de peças com adesivos é um dos mais convenientes métodos de montagem de componentes plásticos, tanto para polímeros iguais como para os diferentes do ponto de vista de estrutura química.

Isto se deve a:

- Os adesivos distribuem a tensão aplicada nas peças montadas por toda área em que o mesmo está presente e produzem uma selagem hermética se necessário;
- Adesivos flexíveis podem eliminar problemas de fixação de materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica e rigidez;
- Existe uma infinidade de tipos disponíveis no mercado, sendo alguns de baixo custo e que não requerem condições especiais para sua aplicação.

Processos de Transformação de Polímeros

A escolha do adesivo deve levar em conta as exigências da aplicação como temperatura de trabalho, resistência química, umidade do meio, etc. Além disso os seguintes fatores devem ser considerados:

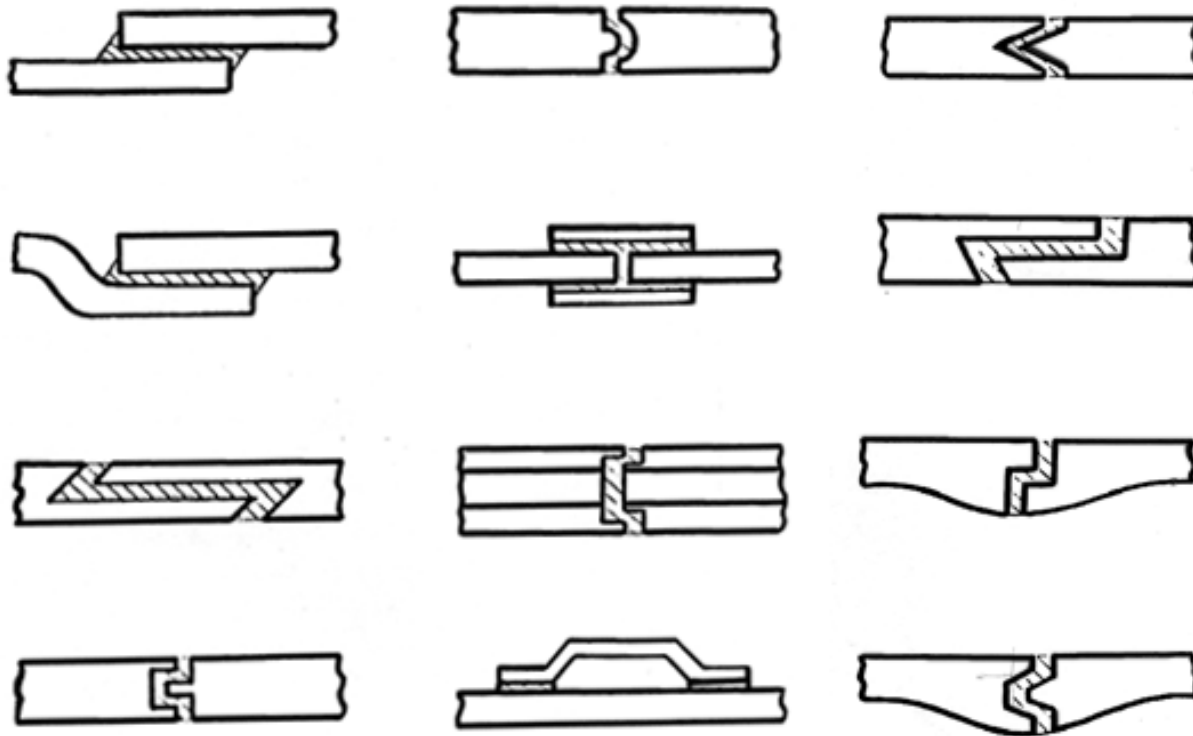
- a) A temperatura de cura do adesivo não pode ultrapassar a temperatura de distorção térmica do polímero utilizado para moldar a peça a ser colada;
- b) Os adesivos devem ser previamente testados quanto a compatibilidade com o polímero em questão, levando-se em consideração as tensões residuais da peça e a temperatura a que esta será exposta;
- c) Deve-se verificar a resistência a adesão usando-se corpos de prova de tração, impacto e cisalhamento.

O procedimento de limpeza da peça deve ser igual ao descrito no item anterior.

Processos de Transformação de Polímeros

Esquemas de Colagem:

Juntas Recomendadas para Colagem de Peças



Processos de Transformação de Polímeros

2.3- SOLDAGEM

As tecnologias de soldagens de peças plásticas, assumem grande importância nas etapas de design e desenvolvimento dos produtos.

A escolha do processo ideal de união passa pela análise de diversos parâmetros, desde as características das resinas empregadas, em especial o ponto de fusão, até o tamanho, geometria e número de encaixes das peças.

Processos de Soldagem:

- Ultra- Som;
- Alta-Frequência;
- Rotação;
- Placa Quente;
- Laser e Infra-vermelho.

Processos de Transformação de Polímeros

2.3.1- SOLDAGEM POR ULTRA-SOM

É um método muito comum de união de duas peças plásticas. Possibilita uniões fortes e confiáveis com ciclos curtos de operação.

Geralmente a unidade de Solda por Ultra-som é composta por:

→ fonte de energia (que transforma a frequência da energia recebida de 60 Hz para geralmente 20 kHz);

→ sonotrôdo (converte a energia elétrica em movimento mecânico, aplicado na peça a ser soldada).

A face do sonotrôdo vibra no sentido axial em uma amplitude nunca maior que 0,25 mm.

A energia ultra-sônica em forma de vibrações mecânicas é transferida sob pressão da face do sonotrôdo para a peça gerando atrito e calor na interface, causando a fusão dos plásticos

Processos de Transformação de Polímeros

Aplicações:

→ soldagem, rebitagem, soldagem a ponto, inserção de buchas metálicas, corte e costura de tecidos sintéticos, etc.

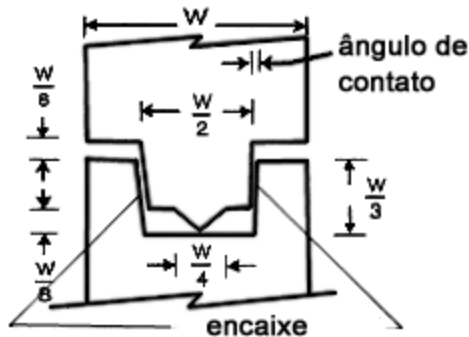


Matières	PS, PMMA, ABS, SAN	PC, PPO, PPS	PA ,PBT, POM, PP
Nature	Amorphe	Amorphe	Semi- cristallin
Soudabilité	Bonne	Moyenne	moyenne
Amplitude	35 à 45 microns	45 à 55 microns	80 à 110 microns
Diamètre maximal (générateur de puissance 2300W	220 mm	120 mm	60 mm

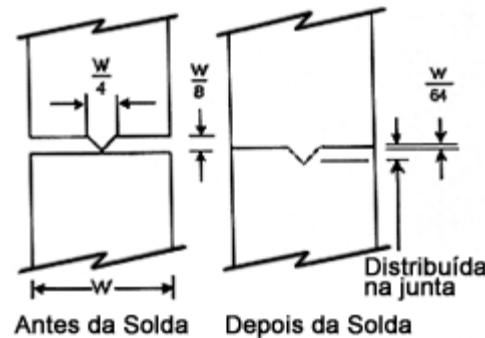
Processos de Transformação de Polímeros

Esquema de Soldagem:

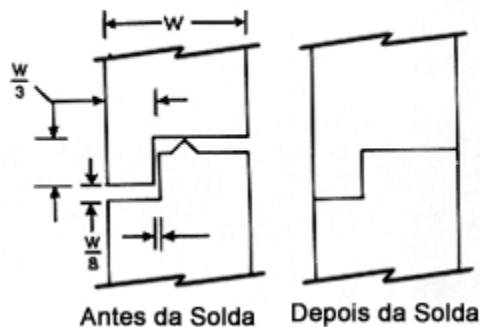
Solda de Encaixe



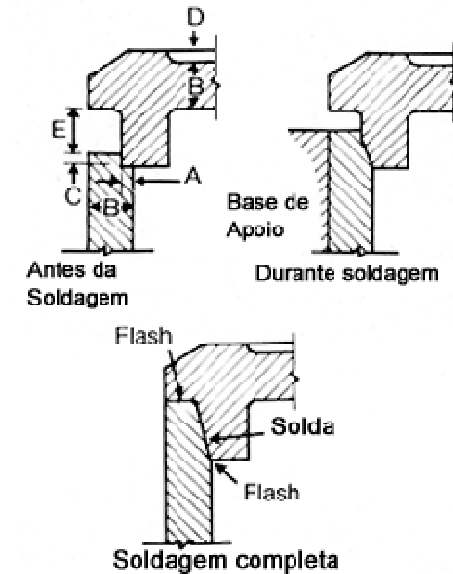
Solda de Topo



Junta Degrau



Soldagem por ultra som



Dimensão A:
16 polegadas -
Sugerido para a maioria das aplicações
Dimensão B:
Essa é a espessura típica da parede
Dimensão C:
16 - 24 polegadas essa tolga assegura
a localização precisa do encaixe
Dimensão D:
Essa folga é opcional e geralmente é
recomendada para assegurar um bom
contato com a linha de solda
Dimensão E:
Igual ou maior que a dimensão B

Processos de Transformação de Polímeros

Compatibilidade de solda em termoplásticos por ultra-som

Solda ultra-som

- ótima
- parcial
- péssima

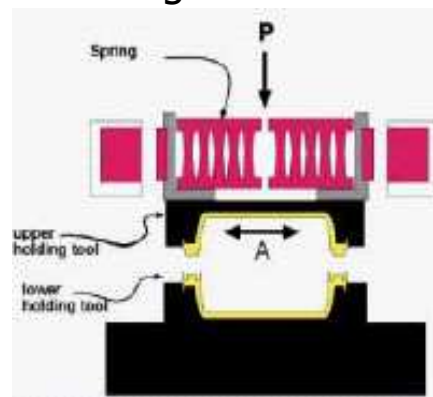
	PS. (poliestireno)	S.A.N.	A.B.S.	Noril	Poliacetal	P.M.M.A. (acrílico)	Acetato de celulose	Poliamida (nylon)	PC (policarbonato)	Poliéster	PE (polietileno)	PP (polipropileno)	P.V.C.	Duracon (celcon)	Delrin
PS. (poliestireno)	●			●											
S.A.N.		●	●			●									
A.B.S.		●	●			●			●					●	
Noril	●			●											
Poliacetal					●										
P.M.M.A. (acrílico)		●	●			●			●					●	
Acetato de celulose							●								
Poliamida (nylon)								●							
PC (policarbonato)			●			●			●					●	
Poliéster										●					
PE (polietileno)											●				
PP (polipropileno)												●			
P.V.C.			●			●			●				●		
Duracon (celcon)														●	●
Delrin														●	●

Tecson engenharia ultra-sônica 2006

Processos de Transformação de Polímeros

2.3.2- ALTA FREQUÊNCIA

Destinada às resinas da família do policloreto de vinila (PVC) e polímeros que apresentam polaridade suficiente que permita a fusão do material, a soldagem por alta-freqüência está associada às propriedades elétricas do plástico (perda dielétrica). Resulta, assim, da geração de calor, próxima a 170°C , ao longo da espessura do material soldado. Perdas dielétricas garantem a soldagem do PVC



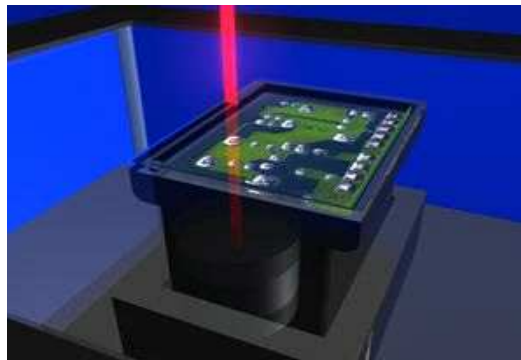
O aquecimento, por sua vez, decorre das vibrações dos elétrons das moléculas das resinas pelos condutores metálicos (eletrodos), produzindo energia com freqüência muito alta (da ordem de milhões de ciclos, MHz).

Processos de Transformação de Polímeros

2.3.3- LASER E INFRAVERMELHO

Novos desenvolvimentos no campo da soldagem a laser e por infravermelho começam a despontar no mercado mundial. Os custos de tais tecnologias, embora ainda afugentem alguns usuários, começam a cair com a entrada de novas empresas no mercado e o aumento da concorrência. Porém, trata-se de um segmento ainda embrionário.

A soldagem por raios infravermelhos tende substituir o tradicional processo de placa quente. Já o laser concorre, em casos específicos, com os demais processos descritos. Porém, ainda apresenta limitações quando comparada às tecnologias ultra-sônicas ou vibracionais.



Processos de Transformação de Polímeros

COMPATIBILIDADE DE TERMOPLÁSTICOS	
	ABS ABS/Polycarbonato(liga) (Cycloy 800) Acetal Acrílico (a) Acrílico com multipolímero Celulósicas CA, CAB, CAP Fluoropolímeros Náilon Noryl Poli (amido-imido) Polycarbonato (b) Poliéster Polietileno Polim etilpenteno TPX Polifenilene (sulfeto) Polipropileno Poliestireno Disulfone PVC SAN - NAS - ASA
ABS	▲
ABS/Polycarbonato(liga) (Cycloy 800)	▲
Acetal	▲
Acrílico (a)	▲
Acrílico com multipolímero	▲
Celulósicas CA, CAB, CAP	▲
Fluoropolímeros	▲
Náilon	▲
Noryl	▲
Poli (amido-imido)	▲
Polycarbonato (b)	▲
Poliéster	▲
Polietileno	▲
Polim etilpenteno TPX	▲
Polifenilene (sulfeto)	▲
Polipropileno	▲
Poliestireno	▲
Disulfone	▲
PVC	▲
SAN - NAS - ASA	▲

Fonte: Euroconics

▲ – Indica compatibilidade
● – Indica compatibilidade em alguns casos

Processos de Transformação de Polímeros

2.3.4- ROTACÃO

Novos recursos vencem antigas limitações

Destinado, em geral, à soldagem de peças plásticas cilíndricas, opera com o mesmo princípio da tecnologia vibracional: pelo calor gerado pelo atrito entre as peças. Porém, a fricção ocorre em movimentos circulares. O processo permite, com torque e rotação adequados, unir peças de quaisquer diâmetros, tais como tanques, tubulações e filtros.

Proporciona ainda soldagem hermética em resinas semicristalinas e reforçadas. O processo consiste em manter a peça inferior estacionária e fazer com que a superior, mantida sob pressão, gire sobre ela com velocidade determinada. Ao cessar o movimento rotacional, mantém-se a pressão entre as partes até que o material fundido esfrie e resolidifique.

Processos de Transformação de Polímeros

2.3.5 - SOLDAGEM POR PLACA QUENTE ou TERMOFUSÃO

Este tipo de solda consiste basicamente em fundir as peças nas regiões a serem soldadas e então uni-las sob pressão.

Esta técnica proporciona boa resistência da união, selagem confiável e permite soldagem de resinas pouco compatíveis, além de necessitar de baixo investimento no equipamento de solda. Porém apresentam algumas desvantagens como: Ciclos longos, normalmente o material fundido adere na matriz, fazendo-se necessário limpeza periódica e também há a possibilidade de degradação do material.

Plastificação lenta produz junta resistente.

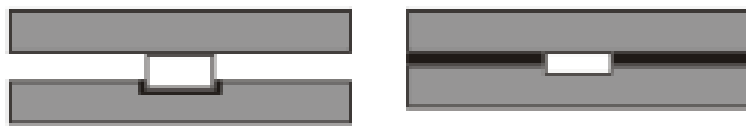


Tal como a soldagem por Ultrassom, o projeto da região de solda é um fator importante.

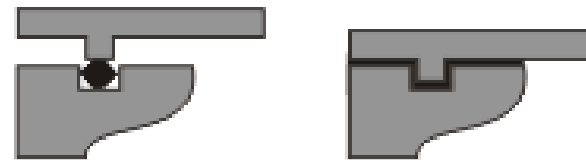
Processos de Transformação de Polímeros

SOLDAGEM POR PLACA QUENTE

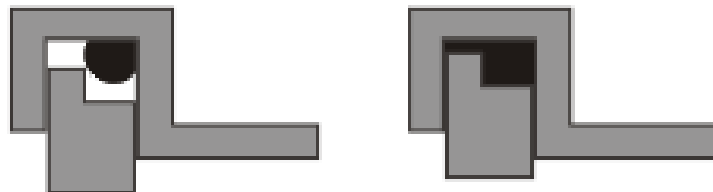
A figura abaixo mostra algumas recomendações de juntas para soldagem por placa quente.



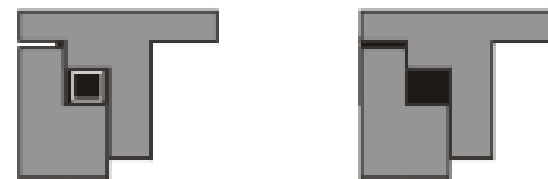
Topo



Encaixe de Topo



Cisalhamento



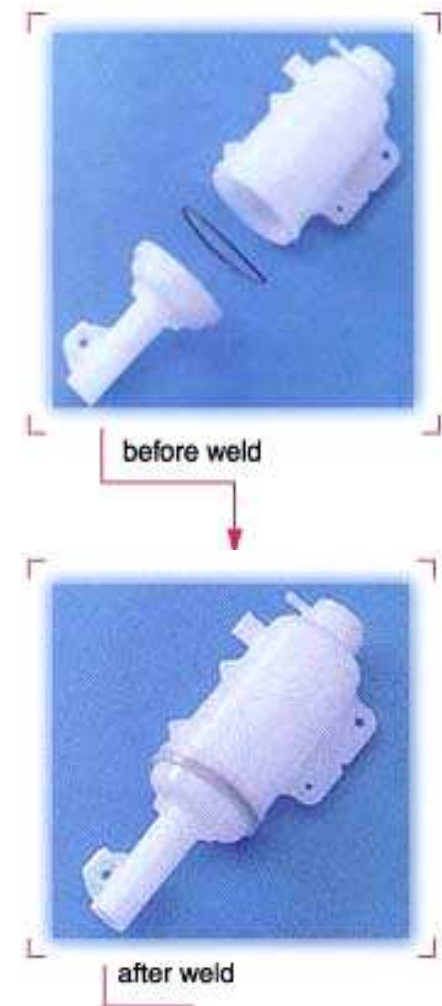
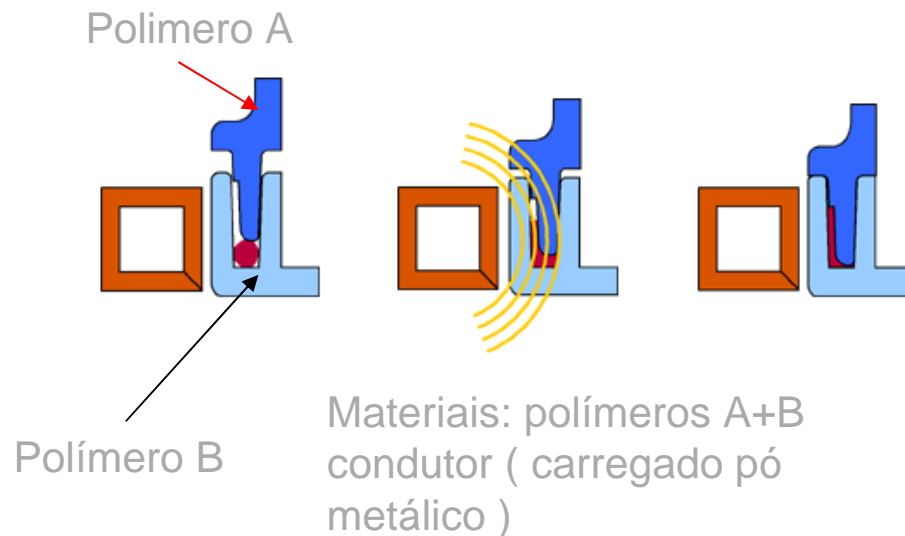
Degrau

Processos de Transformação de Polímeros

SOLDAGEM ELETROMAGNÉTICA

PRINCIPIO

Para soldar os polímeros, se faz fundir a junta carregada de partículas metálicas em um campo eletromagnético.



Processos de Transformação de Polímeros

2.4- PROCESSO DE ACABAMENTO

2.4.1- TERMOIMPRESSÃO (HOT-STAMPING)

É um processo de decoração, impressão, personalização, codificação ou marcação, por calor, com uma fita impressora, que pressionada por um clichê sobre um substrato adequadamente, transfere parcialmente sua textura ou motivos para o substrato, que pode ser de plástico, papel, tecido, madeira, metais envernizados, etc. ...



Processos de Transformação de Polímeros

- **TERMOIMPRESSÃO**



Processos de Transformação de Polímeros

■ 2.4.2- TAMPOGRAFIA

A Tampografia é um processo de impressão por transferência indireta de tinta, a partir de um clichê gravado em baixo relevo com o motivo a ser impresso, por um tampão (almofada) de silicone.



Processos de Transformação de Polímeros

■ TAMPOGRAFIA



Processos de Transformação de Polímeros

■ 2.4.3- HEAT-TRANSFER

A aplicação do heat-transfer é realizada de forma similar ao hot-stamping. No entanto, a máquina deverá estar equipada com um sistema de registro por foto-célula, tal dispositivo irá garantir o perfeito posicionamento da imagem a imprimir sobre a peça.

Ao invés de uma fita lisa ou com padrões será aplicada uma fita com a imagem pronta.

Aplicações:

→ bótoms, brinquedos, canetas infantis, auto-peças e principalmente eletrodomésticos e eletro-eletrônicos.



Processos de Transformação de Polímeros

- **Vantagens do heat-transfer**

Processo rápido: aplica até 6 cores simultaneamente;

Processo limpo: a imagem é fornecida pronta, não há necessidade do contato com tintas e solventes;

Menores perdas com refugos: já que todas as cores são aplicadas em uma só operação e a imagem pode ser verificada antes da aplicação;

Brilho acentuado: o heat-transfer pode opcionalmente apresentar brilho (verniz) muito difícil de obter em outros processos;

Resistência a abrasão: muito superior a da tampografia;

Processo estável: permite intervalos sem comprometer a qualidade;

Menor tempo de preparação para início de trabalho (comparado à serigrafia e tampografia).

Processos de Transformação de Polímeros

2.4.5- METALIZAÇÃO DE PLÁSTICOS

O objetivo da metalização é o dar aparência metálica aos plásticos. O processo consiste na impregnação de peças plásticas por uma finíssima camada de metal (geralmente alumínio).

Esta aplicação é conseguida através do vapor de alumínio. Para conseguir o vapor é necessário fundir o alumínio a baixa pressão (vácuo) na ausência do oxigênio.

O alto-vácuo é necessário para redução dos pontos físicos do metal (solidificação, liquefação, fusão e sublimação), conseguindo a sua vaporização a menos de 1.400° C.

O equipamento utilizado para realização deste processo é a Câmara com alvo vácuo com descarga de alta voltagem.

Processos de Transformação de Polímeros

- O processo é composto das seguintes etapas:
 - Aplicações de primer (verniz) nas peças a metalizar;
 - Colocação de peças nas gancheiras apropriadas;
 - Distribuição de pedaço de alumínio nas resistências da câmara;
 - Colocação das gancheiras com as peças, na câmara;
 - Acionamento da bomba de alto vácuo;
 - Descarga elétrica de alta voltagem;
 - Retirada das peças da câmara e da gancheira;
 - Aplicação do verniz protetor.
- O Verniz protetor, pode ser também colorido, e define a resistência mecânica e química da peça metalizada.
- **Conclusão**

Este processo pode ser aplicado em peças injetadas e filmes.

Processos de Transformação de Polímeros

2.4.6- PINTURA DE PLÁSTICOS

Devido a facilidade de produção de peças complexas, com um número menor de operações e portanto, com menor custo que outros materiais, a utilização de plásticos está em constante crescimento. Porém, o produto acabado pode necessitar de algumas propriedades, tais como:

- Proteção contra substâncias agressivas;
- Proteção contra raios Ultra Violeta e intemperismo;
- Reprodução exata e constante de cores;
- Ocultar defeitos na superfície;
- Resistência a abrasão;
- Aparência metálica, entre outras.
- Tais propriedades podem ser obtidas através da pintura das peças



ADRIANO KANTOVISCKI



MAIO 2011



Processos de Transformação de Polímeros

A sensibilidade a solventes, a resistência ao calor e os diversos níveis de polaridade superficial, são fatores que influem na pintura em substratos poliméricos. A escolha do sistema deve levar em consideração alguns fatores, tais como:

- A polaridade superficial quando baixa ou nula, requer tratamento superficial prévio.
- O solvente utilizado deve atacar o substrato apenas superficialmente para se conseguir ancoramento da tinta, pois a extensão do ataque pode comprometer seriamente a estrutura do material, prejudicando sensivelmente suas propriedades mecânicas, principalmente a resistência ao impacto.
- Deve-se levar em conta que a maioria dos polímeros contém aditivos que podem vir a migrar para a superfície, prejudicando muito a adesão da tinta.
- Condições ambientais em que o produto acabado ficará exposto (ambientes agressivos, etc).
- Solicitações mecânicas da peça (escolha entre sistemas de tinta flexíveis ou rígidos).

Processos de Transformação de Polímeros

2.4.6.1- PRINCIPAIS SISTEMAS DE PRIMES E ACABAMENTO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Primer

A utilização de primer nos sistemas de pintura para plásticos é muito comum, pois além de promover a aderência entre o acabamento e o substrato a um custo muito mais baixo que outros pré-tratamentos descritos no item 2.8.1.4, fornece também uniformidade superficial, proteção contra solventes agressivos do acabamento , entre outros.

Basicamente os primers se dividem em:

→ Primers Monocomponentes

→ Primers Bicomponentes

Processos de Transformação de Polímeros

2.4.6.2- ACABAMENTOS

A função básica do acabamento é conferir ao substrato a aparência desejada, além de melhoria da resistência ao intemperismo, resistência química, etc.

Os acabamentos também se dividem em:

- Sistemas monocomponentes
- Sistemas Bicomponentes

Os sistemas mono-componentes:

Poliacrilatos e nitratos de celulose, conhecidos também como “Laca Acrílica” e “Laca Nitrocelulose”, respectivamente, requerem pequenos investimentos de instalação e manutenção, porém, se prestam somente a promoverem estética, já que possuem limitadas resistências ao intemperismo e química.

→ São indicados em aplicações que não sejam expostas a ambientes agressivos.

Na grande maioria dos casos utiliza-se os **sistemas uretânicos** (bi-componentes), sendo os mais frequentes:

- **Poliuretano / Acrílico**: Quando se utiliza o acrílico como polímero, se obtém sistemas de excelente resistência ao intemperismo e resistência química.

- **Poliuretano / Poliéster**

Processos de Transformação de Polímeros

Pintura de plásticos

Sistemas mais comuns de Pintura:

Sistema Monocamada



Sistema Dupla Camada



Espessuras das Camadas:

Promotor:	5 -12 μm
Primer PU:	30-40 μm
Esmalte PU:	25- 35 μm
Base-Coat:	10-30 μm
Verniz:	25-35 μm

Polímeros - Automotivo

Processos de Transformação de Polímeros

Composição dos revestimentos para plásticos:

- **Promotor:** poliolefina clorada em solvente aromático
- **Primer PU:** Resina poliéster, pigmentos, cargas, solventes e/ou poliolefina clorada, aditivos reológico, tensoativos.
- **Esmalte PU:** resina poliéster ou acrílica, pigmentos, solventes, aditivos
- **Base-Coat:** Resina Poliéster, CAB, plastificantes, solventes, pigmentos perolizados, alumínios, pigmentos orgânicos e inorgânicos, aplicado úmido/úmido com o base-coat
- **Verniz:** resina acrílica, solventes, aditivos reológicos, tensoativos.

Processos de Transformação de Polímeros

2.4.6.3 - LIMPEZA DE SUBSTRATOS POLIMÉRICOS

A obtenção de uma pintura de boa qualidade, no que se refere a aderência e acabamento, só pode ser obtida se a superfície do substrato estiver limpa. Os tipos mais comuns de sujeira presente em superfícies plásticas são:

Poeira atraída para a superfície devido a presença de cargas eletrostáticas.

Suor e gordura das mãos.

Desmoldantes.

Para a remoção destes, damos a seguir alguns sistemas de limpeza mais comuns:

a - Limpeza com solventes

Os solventes podem ser aplicados por imersão, por pulverização sob pressão ou em fase vapor,

Na escolha de um solvente deve-se levar em conta o nível de ataque químico a peça, podendo ocorrer amolecimento da superfície e ou fissuramento sob-tensão.

Os solventes mais utilizados são a base de hidrocarbonetos halogenados e aromáticos

Processos de Transformação de Polímeros

b - Agentes de limpeza aquosos

São formados por "tensoativos" e "coadjuvantes". Em geral são aplicados por imersão ou por jateamento em solução de 0,1 a 10% em água.

→ Função do tensoativo: proporcionar o molhamento da superfície e remover óleos e gorduras mantendo-os separados na fase aquosa em consequência da emulsificação e da solubilização.

→ A função dos coadjuvantes é prevenir a precipitação de sais de cálcio e de magnésio, contribuir significativamente na remoção dos sólidos, evitar que estes sejam novamente atraídos para a superfície a partir da solução e também apoiar a remoção e emulsificação de graxas e de óleos.

Estes agentes de limpeza se diferenciam pelo pH:

→ Ácidos

→ Neutros

→ Alcalinos

Processos de Transformação de Polímeros

2.4.6.4 - PRÉ-TRATAMENTO DO SUBSTRATO

Estes tratamentos visam aumentar a polaridade superficial em polímeros apolares ou parcialmente polares e criar condições de ancoramento mecânico através da oxidação do polímero e erosão superficial do substrato respectivamente, aumentando dessa forma a aderência da tinta ao substrato polimérico.

a - Flambagem

Este tratamento consiste na queima superficial do substrato polimérico, alterando-se dessa forma a polaridade superficial e aumentando sua tensão superficial. (800°C à 1.200 cm/min).

b - Tratamento Corona

Este tratamento consiste de uma descarga elétrica de alta frequência (14-40KHz) à tensões que variam entre 10 e 20Kv. Tal descarga elétrica flui entre dois eletrodos, onde se localiza o substrato a tratar.

c - Tratamento com Plasma

Difere do tratamento Corona no que se refere a pressão onde é efetuado o tratamento. O tratamento com Plasma é efetuado em vácuo moderado, com pressão máxima de 0,1 mbar, resultando numa descarga alternante de elétrons e íons sobre a peça plástica.

d - Primer de aderência

Uma melhoria pronunciada quanto a aderência em resinas parcialmente polares e apolares, pode ser alcançada através da aplicação de películas (~ 3 microns) de primer, o qual compatibiliza a superfície polimérica à tinta.

Processos de Transformação de Polímeros

2.4.7- O PROCESSO DE CROMAÇÃO SOBRE PLÁSTICOS

O processo de cromação em plásticos é muito utilizado em peças de acabamento e tem como principal finalidade diminuir o custo do produto acabado. Vários fatores, tais como, maior velocidade de produção do componente, menor custo de operações intermediárias de acabamento, menor custo da matéria prima se comparada a outros materiais como o latão, ferro, alumínio etc., contribuem para a obtenção de um produto mais bonito e mais barato.

Devido o plástico permitir uma conformação em variadas formas geométricas, cria-se com esta matéria prima uma infinidade de peças de acabamento com características metálicas muito bem definidas.

Processos de Transformação de Polímeros

O plástico é um isolante elétrico, por isto, o processo de cromação inicia-se com a deposição química de metais com a finalidade de conferir ao produto condutibilidade elétrica.

Muitos plásticos podem ser cromados, porém nem todos reúnem condição de proporcionar boa aderência do metal. Portanto, este processo está limitado para os plásticos que apresentam um certo grau de adesão, sendo os mais utilizados o ABS, o ABS/PC, o polipropileno e as poliamidas.

Após este tratamento, o plástico pode receber metais eletro-depositados como se fosse uma peça metálica. Aplicam-se sobre ele cobre, níquel, cromo, prata, ouro e outros materiais de forma a deixá-lo com a aparência final desejada.

Processos de Transformação de Polímeros

Seqüência do Processo



ABS
Natural

Níquel
Químico

Cobre
Ácido

Níquel
Brilhante

Peça
Cromada

Processos de Transformação de Polímeros

Plásticos utilizados no processo de cromação

ABS (acrilonitro-butadieno-estireno)

Sempre teve maior aceitação comercial em virtude de sua propriedade de combinar uma boa qualidade visual, com a facilidade de fabricação, alto nível de adesão, baixo custo e estabilidade dimensional.

Blendas de ABS/PC

Uma blenda é muito resistente a altos impactos e com grande estabilidade a temperaturas.

Polipropileno (PP)

Tem sido muito empregado face sua propriedade de maior resistência ao calor (90° a 100°C) e também ao impacto. Por ter características de maior contração do que o ABS durante o processo de injeção, favorece problemas de moldagem, podendo apresentar marcas de gravação.

Poliamidas (PA)

O emprego das poliamidas vem aumentando significativamente nos últimos anos, por várias razões: alta estabilidade a temperatura e, possibilidade de adicionar fibra de vidro ou outros minerais. No quesito segurança, no caso de quebra não estilhaça em fragmentos pontiagudos.

Por todas estas qualidades, muitos itens da indústria automobilística estão sendo substituídos por poliamidas, principalmente maçanetas.

Processos de Transformação de Polímeros



EMETTEUR: Dicesar Beraldi

DATE: 02/03/2008

DIMat-A / Setor de POLÍMEROS

70

