



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

MEMO. DEQ/Nº 011/87  
CCT - PRAI - UFPb

Campina Grande - Paraíba  
Em, 17 de agosto de 1987

Ilma. Sra.

Albanisa Eulálio Raposo  
MD. Coordenador do CAS

Nesta

Senhora Coordenadora:

Estamos encaminhando a Vossa Senhoria, relatório de Estágio Supervisionado do Curso de Engenharia de Materiais da aluna ÂNGELA MARIA FERREIRA LIMA.

Informamos ainda que a aluna desenvolveu seu estágio na indústria POLYÚTIL S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MATERIAIS PLÁSTICAS.


ALUNA

NOTA:

ÂNGELA MARIA FERREIRA LIMA

9,0

Atenciosamente,

  
Minerva Pelinca da Paz  
Secretária do DEQ.



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

RELATÓRIO FINAL

ESTÁGIO SUPERVISIONADO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

Trabalho apresentado por:  
ÂNGELA MARIA FERREIRA LIMA

LOCAL DO ESTÁGIO:  
POLYÚTIL S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MATERIAS PLÁSTICAS

ORIENTADORES:

Sérgio Roberto Carvalho (indústria)  
Prof.<sup>a</sup> Laura Hecker de Carvalho (UFPb)

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

AGOSTO - 1987

ESTÁGIO SUPERVISIONADO - APROVADO EM 14 / 08 / 87

Julgo

NOTA: 9,0 (nove)

EXAMINADORES:

Elcio S. Tavares

Lauro de Medeiros Cavallho

Dr. W. Kairós

Campina Grande, Pb.

## AGRADECIMENTO

Ao Sr. Sérgio Roberto de Carvalho (gerente industrial da Indústria Polyutil) pelo valioso Subsídio teórico que me foi dado durante o período de estágio na referida indústria.

A Prof.<sup>a</sup> Laura Hecker por sua grande contribuição na elaboração e organização deste trabalho.

A indústria Polyutil, pela oportunidade que me foi dada para realização deste estágio.

## APRESENTAÇÃO

O trabalho desenvolvido na Indústria Polyutil, trata da elaboração de um ficha técnica, referente a Força de Fechamento máxima que deve ser aplicada a cada um dos moldes de injeção, que a empresa possui.

Até o momento aplicava-se Forças de Fechamento que fossem suportadas pelo molde. Como estas condições não são as ideais, os moldes se desgastavam bastante, logo, causando prejuízo para a empresa.

Para eliminar o empirismo das práticas experimentais até então empregadas, é que esta ficha técnica, listando as Forças de Fechamento máxima para cada um dos moldes, foi elaborada.

## POLYUTIL

A Polyutil S.A. Industria e Comércio de Matérias Plásticas é uma industria de transformação, localizada no distrito industrial de João Pessoa.

Com capacidade de transformação de 1000 ton. de matéria - prima/mês, processa basicamente o Polietileno de alta e baixa densidade, Poliestireno e Polipropileno.

No ramo de transformação de plásticos. é especialista em injeção convencional e sopro. Possui máquinas automáticas e infra-estrutura de apoio, com ferramentaria, departamento de projetos e desenvolvimento de produtos.

A Polyutil fabrica peças que variam de 5g. a 6kg. Entre os vários produtos fabricados, destacam-se os de utilidade domésticas, caixas para transporte de garrafas, caixas para uso agrícola, peças e componentes plásticos para utilização em quase todos os segmentos do setor industrial.

Com mais de 80 mil metros quadrados de área, apresenta condições de manipulação, estocagem e expedição de mais de 200 itens que compõem sua linha de fabricação.

Possui duas unidade fabris, localizadas na Paraíba e Rio de Janeiro.

## ÍNDICE

	Pág.
Agradecimentos	
Apresentação	
A Indústria Polyutil - descrição da empresa	
1 - Introdução Teórica.....	01
2 - Teoria .....	02
- Tipos de Máquinas .....	02
- Ciclo de operação .....	03
- Características das máquinas de injeção .....	04
- Variáveis das máquinas de injeção .....	05
- Moldes .....	08
- Desenho do molde .....	08
- Fatores - Projeto do molde .....	08
- Alimentação .....	10
- Tipos de Molde .....	11
- Componentes dos moldes .....	12
- Resfriamento do molde .....	12
- Retirada do material moldado .....	13
- Defeitos .....	14
3 - Resultados .....	16
4 - Dados .....	20
5 - Conclusão .....	23
Bibliografia .....	24
Anexo - Matéria-prima .....	25



## MOLDAGEM POR INJEÇÃO

### 1 - INTRODUÇÃO TEÓRICA

O processo por injeção é um processo de transformação utilizado para uma variedade muito grande de peças. Consiste essencialmente no amolecimento do material num cilindro aquecido e sua conseqüente injeção em alta pressão, por meio de um Pistão para o interior de um molde relativamente frio, onde endurece e toma a forma final. O artigo moldado é então expelido do molde por meio de Pinos Ejetores, Ar comprimido, Prato de Arranque, etc.

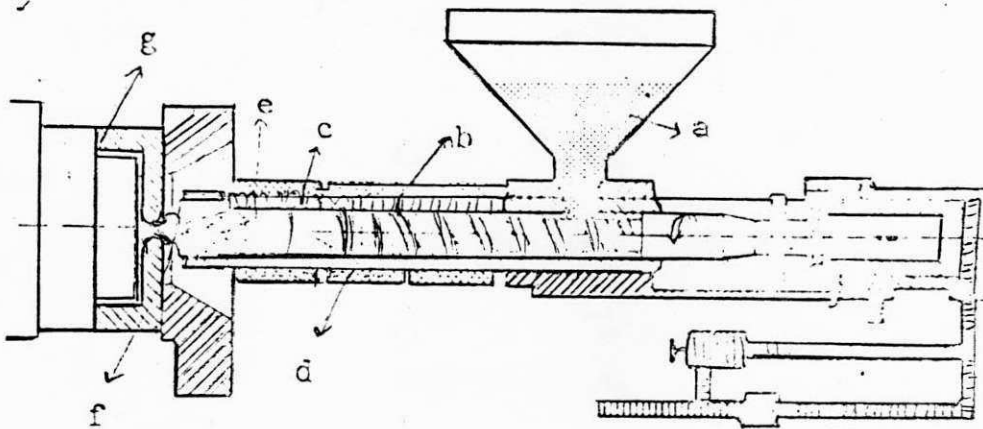


Figura I

onde:

- a - Funil
- b - Rosca sem fim
- c - Resistência elétrica
- d - Cilindro
- e - Material plastificado que será injetado no molde com

a movimentação para frente da rósca sem fim

f - Bico

g - Molde

## 2 - TEORIA

Este processo pode ser dividido nas seguintes etapas:

1 - O molde é fechado e a força de bloqueio (fechamento) é aplicada.

2 - O pistão se move para frente, carregando uma carga sólida do material até a região de aquecimento do cilindro e deslocando o material previamente aquecido e plastificado através do orifício do bico injetor que está em contato íntimo com o molde. O material plastificado flui através da abertura da matriz (bucha), passa pelos canais de injeção, até os orifícios que levam ao interior da cavidade do molde. A pressão de injeção é mantida até o enchimento total das cavidades do molde.

3 - A pressão de compensação é mantida durante o período inicial de esfriamento do plástico.

4 - O pistão se retrai.

5 - Tempo de resfriamento.

6 - O molde abre e finalmente o artigo é retirado.

O mecanismo de alimentação é regulado pelo percurso do pistão e uma nova carga do material é depositada durante o curso de retorno do pistão, estando pronta para o próximo ciclo.

### Tipos de máquinas para moldagem por injeção

Existe dois tipos principais de máquina:

a - Máquina que utiliza pistão para injeção do material.

Deve-se notar que este tipo utiliza um torpedo na zona de aque

cimento do barril da injetora. O torpedo plastifica o material numa lâmina fina, facilitando o aquecimento rápido do plástico.

b - Máquinas de parafuso recíproco, melhoram a qualidade do plástico fundido, incorporando o princípio de plastificação por parafuso, associado a ação do parafuso como um pistão de injeção. O parafuso move-se longitudinalmente sem rotação e desloca o material fundido para frente injetando-o no molde e permanece na posição dianteira enquanto o material resfria. O parafuso depois gira e retrai-se para traseira do barril, enquanto o material move para frente.

É durante esta parte do ciclo que o parafuso é valioso, visto que ele aumenta a transferência de calor nas paredes do cilindro de aquecimento e também cria considerável aquecimento por meio de fricção e cisalhamento do material. Outra vantagem desta máquina está na sua ação de mistura e fricção.

Além destes 2 tipos, tem-se máquinas mais modernas onde utiliza-se um segundo barril de alimentação onde a pré-plastificação do material é feita, tanto por tipo pistão ou parafuso, e depois vai para outro barril do qual o polímero fundido é injetado por meio de um pistão.

#### Ciclo de operação

A essência do processo completo é o ciclo de operação. O controle deste ciclo é necessário para se obter moldados de boa qualidade.

Um dilema do processo de injeção é a relação entre o tempo de ciclo de operação e a qualidade do moldado. Um ciclo curto apesar de diminuir o custo do processo, geralmente resulta em queda da qualidade do moldado. Mas, um ciclo de operação longo para melhorar a qualidade do moldado, significa alto custo de operação.

## Características das Máquinas de Injeção:

As máquinas de injeção são caracterizadas por sua capacidade instantânea, capacidade de plastificação, velocidade de injeção, pressão de injeção, etc.

1 - CAP. INSTANTÂNEA (ou cap. de injeção) - É o peso máximo de material que pode ser injetado em cada ciclo, expresso em gramas de poliestireno ou acetado de celulose, que são usados como medidas padrão. Pode-se então comparar a cap. de injeção para diferentes termoplásticos com pesos específicos distintos.

$$C_{JB} = C_{JA} \cdot \frac{\gamma_B}{\gamma_A} \cdot \frac{V_A}{V_B}$$

onde:

C = capacidade de injeção

$\gamma$  = peso específico

V = fator volumétrico

A = material padrão

B = material a injetar

2 - CAP. DE PLASTIFICAÇÃO - É o número de kg/h de um determinado material termoplástico para ser levado até a temperatura de moldagem. Geralmente o Poliestireno é o material padrão. A capacidade de plastificação é função da capacidade de aquecimento da máquina.

Para um material B qualquer, temos:

$$C_{PB} = C_{PA} \cdot \frac{Q_A}{Q_B}$$

onde:

Cp = cap. de plastificação

Q = conteúdo de calor total

A = material padrão

B = material a injetar

3 - VELOCIDADE DE INJEÇÃO - É o volume do material descarregado por segundo, através do orifício da máquina durante um curso normal de injeção. Depende da pressão, temperatura, tipo de material, etc.

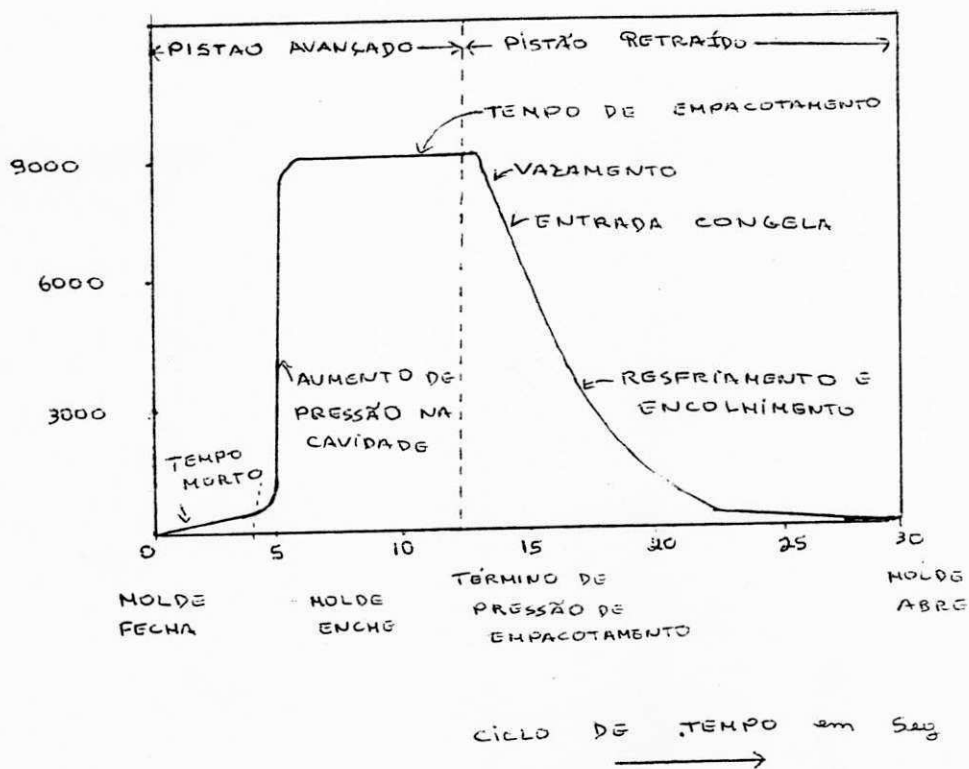
4 - PRESSÃO DE INJEÇÃO: É a pressão exercida pela face do pistão . Depende da espessura da seção transversal, comprimento e tamanho dos canais e pontos de injeção, como também do material empregado.

#### Variáveis das Máquinas de Injeção:

1 - TEMPERATURA DO CILINDRO - A temperatura é responsável pela plastificação correta ou não do material. A temperatura que o material atinge, depende não só da temperatura do cilindro, como também da velocidade com que o material passa através dele, ou seja, por atrito e cisalhamento do polímero entre as paredes e o parafuso. Um aquecimento uniforme do material, depende de um controle correto da temperatura do cilindro de aquecimento e do controle rigoroso do tempo de duração do ciclo. O aquecimento é feito por resistências elétricas na parte externa do cilindro. Artigos moldados de paredes finas requerem maior temperatura de cilindro do que no caso de seções dentro do molde (é a operação mais longa do ciclo), logo nas peças de artigos de paredes finas, o tempo total de ciclo é sempre menor. A transferência do material do cilindro para o molde, depende da sua viscosidade e da pressão de injeção aplicada.

2 - PRESSÃO NA CAVIDADE DO MOLDE:

PRESSÃO NA CAVIDADE lb./in<sup>2</sup>



Quando o pistão (ou parafuso) começa o percurso de injeção, o material fundido passa do bocal, através da bucha, para o sistema de corredores, e finalmente através de entradas começa a encher a cavidade do molde. Devido a resistência da cavidade, a pressão necessária para encher o molde, atinge o pico apresentado na fig. acima. Durante o resfriamento inicial mais material é forçado para contrabalançar os efeitos de contração térmica até o término do tempo de empacotamento, quando o pistão de injeção é retraído. Isto permite a vazão do material através da entrada da cavidade, até que a ação combinada da queda de pressão na cavidade e resfriamento do material fundido induz o congelamento da entrada, desta forma evitando maiores perdas do material. A pressão interna do fundido no molde, continua, porém com o resfriamento e encolhimento do material, a

pressão na cavidade apresenta uma queda contínua até que a pressão residual cessa. O molde pode ser aberto neste ponto, porém o moldado necessita tempo adicional de resfriamento para atingir adequada rigidez, evitando distorção na sua ejeção do molde.

#### Mudanças volumétricas devido à temperatura e pressão

O aquecimento do polímetro fundido apresenta dois princípios físicos: redução da viscosidade e aumento do volume devido a expansão térmica. A aplicação de pressão aumenta ligeiramente a viscosidade, porém reduz o volume do fundido por compressão. Essa interação da temperatura e pressão no volume do fundido é de alta importância no processo de injeção.

Geralmente em Termoplásticos, o aumento no volume do fundido devido a um acréscimo de temperatura é maior do que a redução no volume do fundido devido a um acréscimo de pressão.

## Molde:

Desenho do Molde: É de importância fundamental. É um pré-requisito para a produção de artigos moldado de boa qualidade e nenhum artifício de controle da máquina, por mais original que seja, é capaz de melhorar um objeto obtido com um molde mal planejado.

Antes de iniciar um projeto da ferramenta, vários fatores devem ser considerados:

- 1 - Peso do material em cada injeção
- 2 - Ciclo de moldagem
- 3 - Força de fechamento
- 4 - Quantidade e disposição das cavidades
- 5 - Alimentação

### 1 - Peso de Moldagem

O Peso de moldagem em cada injeção é dado por:

$$P_j = V \cdot \gamma$$

onde:  $P_j$  = peso de moldagem por injeção (g)

$V$  = volume de moldagem (produto + canais) (cm<sup>3</sup>)

$\gamma$  = peso específico do plástico (g/cm<sup>3</sup>)

### 2 - Ciclo de Moldagem

É o número de moldagens possíveis de serem produzidas por hora. É influenciado por:

- Características térmicas do plástico
- Sistema de resfriamento
- Peso, espessura e superfície de moldagem

A eficiência máxima de uma prensa de injeção se obtém deixando-se operar com 80% de sua capacidade nominal de plastificação e injeção.



O ciclo de injeção é dado por:

$$n = \frac{0,8 C_p}{P_j \cdot 60} \text{ (ciclos/min)}$$

onde: n = número de ciclos por minuto

C<sub>p</sub> = capacidade de plastificação (kg/h)

P<sub>j</sub> = peso de moldagem em cada operação (kg)

### 3 - Força de fechamento:

A tonelagem de Fechamento da Prensa controla a máxima área projetada de moldagem que pode ser produzida. A pressão de injeção exerce, no interior da cavidade do molde uma força que tende a abri-lo.

Esta força é dada por:

$$FF = S \cdot P$$

onde: FF = força de fechamento (kg)

S = Superfície de projeção da peça no plano ao fechamento.

P =  $\left(\frac{1}{2} \text{ ou } \frac{1}{3}\right) \cdot P_j$  = Pressão na cavidade do molde. (kg / cm<sup>2</sup>)

P<sub>j</sub> = Pressão de injeção

### 4 - Quantidade e disposição das cavidade:

A quantidade depende de:

- Produção desejada
- Custo da ferramenta
- Capacidade da prensa

Uma boa disposição proporcionará:

- Ferramenta compacta

- Canais de distribuição curtos
- Fechamento balanceado

Não são usadas cavidade múltiplas quando a peça é muito grande. Cavidades múltiplas são usadas, geralmente, na moldagem de tamanho pequeno ou médio em que se deseja uma quantidade razoável de peças produzidas em cada ciclo de injeção. Além de diversas cavidade de mesma peça, tem-se também ferramentas de cavidade múltiplas que produza peças diferentes em cada cavidade - geralmente componentes que compreendem um final comum. Por esse meio, o custo de operação decresce.

#### 5 - Alimentação:

O fornecimento de material plástico às cavidades do molde é feito pelo bico do cilindro, através da bucha de injeção, para os canais de distribuição e destes para as cavidades do molde, através dos pontos de injeção.

A bucha de injeção está numa posição fixa, mas os pontos de injeção devem estar localizados convenientemente, a fim de oferecer melhores condições de fluxo no enchimento das cavidades.

O centro geométrico ou centro de gravidade é o local mais indicado para localizar-se o canal de injeção.

A posição do ponto de injeção influi no acabamento, resistência e precisão do produto.

Os termoplásticos têm viscosidades diferentes nas diversas temperaturas e apresentam maior ou menor dificuldade de injeção, dependendo do percurso, da seção dos canais e da espessura do produto.

#### No projeto molde é necessário observar:

- 1 - O ponto de injeção não deve ir diretamente para a ca

vidade, pois teríamos "turbulência" e conseqüentemente marcas no produto acabado. A entrada deverá dirigir o material de forma a eliminar o esguicho direto.

2 - O ar deverá ter condições de saída. O molde antes da injeção contém ar que deve ser deslocado pelo material plástico. O ar é eliminado através das faces de fechamento, pelos extratores e núcleos móveis. Se o ar não for removido, poderá resultar moldagens incompletas; furos na moldagem ou marcas de queimadura, provocadas pelo ar comprimido que se torna superaquecido.

3 - O material deverá preencher primeiro as secções mais espessas e depois as mais delgadas, pois, nestas o material resfriará mais rapidamente obstruindo a passagem.

4 - Recorrer a múltiplos pontos de injeção: peça delgada e comprida, isto evita pressões de injeção elevadas e garante a moldagem completa.

5 - Resfriamento do molde - Sendo mal planejado provoca tensões internas ou distorção do produto.

#### Tipos de moldes de Injeção

1 - Moldes de duas placas - É o mais simples

2 - Moldes de três placas - Além das duas (fixa e móvel) existe uma flutuante (central).

3 - Moldes com partes móveis ou de mandíbulas - Empregados quando há reentrâncias nas peças a serem moldadas.

4 - Moldes de canal quente - Nos moldes convencionais, o sistema de alimentação é resfriado e removido ao mesmo tempo que o moldado. Nos moldes de canal quente, todo o sistema de alimentação, ou partes dele, é mantida a temperatura elevada de

forma a manter o plástico nele contido quente, e pronto para o próximo ciclo. Uma vantagem é ciclo mais rápido. É necessário manter o plástico no interior do bico a uma temperatura superior de solidificação e inferior à de livre escoamento quando o molde estiver aberto.

#### Componentes dos moldes:

Matrizes ou placas - São os componentes fundamentais de um molde, fêmeas e machos, sendo as fêmeas as placas que possuem as cavidades, e machos as placas que levam as protuberâncias

Búchas - É ela que conduz o material quente de moldagem do cilindro para a cavidade do molde, quer seja diretamente ou através de canais de distribuição.

Extratores - Servem para expelir as peças do molde.

Bicos de injeção - Está localizado na bucha de injeção.

Há dois tipos normais de bicos:

- a) de ponta esférica
- b) de ponta chata.

Canais de distribuição (ou de alimentação) - São de grande importância para a produção de artigos moldados. Pelo canal de injeção entra todo o material plástico que preenche as cavidades do molde. Os canais de distribuição deverão levar o material plástico da bucha de injeção à entrada das cavidades com a mínima perda de pressão.

Entradas ou pontos de injeção - Devem ser localizados o mais perto possível do centro de cavidade, a fim de assegurar um enchimento uniforme do molde.

#### Resfriamento do molde:

Com a moldagem de materiais termoplásticos, é necessário

reduzir a temperatura do material plástico quente injetado na cavidade do molde, para o ponto em que o material se solidifique, num estado suficientemente rígido para permitir a extração de moldagem.

O controle da temperatura do molde se consegue, em geral, por circulação de um fluido (geralmente água) de temperatura constante através de canais estrategicamente colocados e que devem ser previstos no desenho do molde. O resfriamento deve ser mais intenso na entrada do molde, pois o plástico que alcança as extremidades do molde tem mais tempo disponível para ser resfriado. Isto iguala os tempos de resfriamento e diminui a possibilidade de rejeição.

Em geral as prensas de injeção incorporam registros, para controlar a quantidade de água, que estão ligados à entrada e saída da ferramenta por meio de tubos flexíveis.

A água de descarga normalmente é recirculada através de um tanque de resfriamento ou torre.

O tempo de resfriamento aumenta com quadrado da espessura da parede da peça moldada.

#### Retirada do material moldado

A maior ou menor facilidade de remoção do objeto é uma questão de desenho do molde combinado com a previsão da existência de meios de ejeção junto ao molde. A ejeção é feita por pinos ejetores, pratos de extração, ar comprimido, etc.

Lado da extração - Na maioria dos projetos de molde, a ferramenta fêmea é posicionada do lado da injeção, com a moldagem permanecendo no macho quando o molde se abre. A moldagem é então extraída pelo lado móvel.

O tipo exato de extração depende da forma da peça e do material de moldagem.

DEFEITOS:

Lucros podem ser aumentados e problemas evitados se as verdadeiras causas de defeitos forem identificados.

PROBLEMAS	POSSÍVEIS CAUSAS	SUGESTÕES PARA SOLUÇÃO
Rebarbas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Insuficiente força de fechamento do molde.</li><li>- Pressão de injeção muito alta</li><li>- Material quente demais</li><li>- Molde demasiadamente gasto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aumente a força de fechamento do molde</li><li>- Reduza a pressão de injeção.</li><li>- Reduza a temperatura do cilindro</li><li>- Ajuste o molde</li></ul>
Peças Incompletas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alimentação insuficiente.</li><li>- Baixa temperatura do cilindro</li><li>- Tempo de injeção insuficiente.</li><li>- Pressão insuficiente</li><li>- Molde frio</li><li>- No caso de molde / com várias cavidades, mau balanceamento de uma das cavidades.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ajuste o fluxo de alimentação</li><li>- Aumente a temperatura do cilindro</li><li>- Aumente o tempo de injeção</li><li>- Aumente a pressão</li><li>- Aumente a temperatura do molde</li><li>- Verifique os diâmetros / das várias cavidades.</li></ul>
Vazios	<ul style="list-style-type: none"><li>- Material muito quente (formação de gás)</li><li>- Condensação de umidade nos grânulos / de polímero</li><li>- Condensação de umidade na superfície do molde</li><li>- Encolhimento interno / após endurecimento da camada externa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Reduza a temperatura do cilindro</li><li>- Pré-secagem dos grânulos</li><li>- Aumente a temperatura de moldagem</li><li>- Aumente a pressão ou a temperatura do molde, / alargue as aberturas, aumente o tempo de avanço.</li></ul>

Fragilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material frio demais</li> <li>- Material se degrada</li> <li>- Contaminação com outros materiais</li> <li>- Molde frio demais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumente a temperatura do cilindro.</li> <li>- Diminua a temperatura do cilindro</li> <li>- Verifique matéria e equipamento</li> <li>- Aumente a temperatura do molde</li> </ul>
Peça agarrada no molde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura elevada do molde</li> <li>- Tempo de resfriamento muito curto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminua a temperatura do molde e acelerar o resfriamento</li> <li>- Aumente o tempo de resfriamento</li> </ul>
Manchas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação com material estranho</li> <li>- Óleo e graxa existente no molde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verifique o polímero no funil e proceda à limpeza do cilindro</li> <li>- Verifique a unidade de injeção e o molde, e assegure-se de que não haja vazamento de óleo</li> </ul>
Manchas "névoas" na superfície	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Devido a utilização de desmoldante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pula o molde rigorosamente e evite o uso de desmoldante</li> </ul>
"Marcas Neon" na superfície ou bolhas dentro do produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contração acarretada por resfriamento, contra-pressão insuficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumente o tempo da pressão de recalque</li> <li>- Use aquecimento no bico</li> <li>- Aumente o canal de entrada</li> <li>- Faça a espessura de parede menor possível</li> <li>- Faça o canal proporcional ao ponto de entrada de material</li> </ul>

### 3 - RESULTADO:

O trabalho aqui desenvolvido, trata especificamente da elaboração de uma ficha técnica, referente à Força de Fechamento máxima que deve ser aplicada em cada um dos moldes utilizados pela Polyútil S.A.

Moldes são peças extremamente caras e de difícil usinagem. Um molde bem feito, com um "design" adequado produz artigos moldados de boa qualidade. Devido às altas pressões desenvolvidas durante o processo, os moldes se desgastam bastante; Portanto, preservá-los é de importância fundamental.

Na indústria Polyútil, até o momento, aplicava-se Forças de Fechamento que fossem suportadas pelo molde. Estas condições não são as ideais, causando um grande desgaste nos moldes e portanto onerando a empresa.

A fim de tentar eliminar o empirismo das práticas experimentais empregadas até o momento é que esta ficha técnica, listando a Força de Fechamento máxima que deve ser empregada em cada molde, foi desenvolvida.

#### Considerações:

A tonelagem de Fechamento da prensa controla a máxima área projetada de moldagem que pode ser produzida. A pressão de injeção exerce no interior da cavidade uma Força que tende a abri-lo. Essa força é proporcional à área projetada de moldagem, e deve ser resistida pela Força de Fechamento.

Para assegurar que o molde permaneça fechado à máxima pressão de injeção, é necessário que a força gerada nas cavidades do molde, seja menor do que a Força de Fechamento.



Tendo em vista que, atualmente, a Força de Fechamento do molde é uma medida de capacidade das injetoras, estão listados a seguir as Forças de Fechamento máximas suportadas para cada máquina existente na indústria. Estes dados são fornecidos pelo fabricante de cada máquina, em catálogos.

MÁQUINAS / DENOMINAÇÃO	FORÇA DE FECHAMENTO (t)	
Ferbate - 100/35 HK A - 5	35,7	
Ferbate - 300/100 HK A - 6	102,0	
Ferbate - 170/60 HK A - 7	61,2	
Ferbate - 170/60 HK A - 8	61,2	
Ferbate - 300/100 HK A - 9	102	
Ferbate - 300/100 HK A - 10	102	
Ferbate - Q 140/1225 A - 11	138,5	
Ferbate - Q 140/1225 A - 12	138,5	
Ferbate - 500/150S A - 13	152,9	
Ferbate - 500/150S A - 14	152,9	
Ferbate - 2000/400S B - 3	407,9	
Ferbate - 200/400S B - 4	407,9	
Ferbate - 1250/400S B - 5	407,9	
Ferbate - Q 460/300S B - 6	466,	
Ferbate - 800/330S B - 7	305,9	
Ferbate - 800/300S B - 8	305,9	
ROMI - 200 TE B - 9	200	
Ferbate - Q 300/750 B - 10	292	
Ferbate - Q 300/525 B - 11	292	
IC - 430 C - 2	430	
	B - 2	360
	B - 1	250
	C - 2	502
ROMI 700 TE G - 2	700	
Ferbate Q 700/6300 G - 3	700	
Ferbate Q 700/6300 G -	700	
Ferbate Q 700/6300 G - 6	700	
Ferbate Q 630/3000 G - 7	536	
	C -	150
	C - 6	200
	C - 5	300
	C -	450
PIC/430 C - 3	450	

A fórmula utilizada para o cálculo da Força de Fechamento máxima suportada pelo molde, é a seguinte:

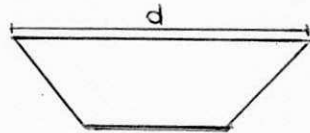
$$FF = P_{\text{(espec)}} \times A$$

onde:

FF = Força de Fechamento (Tonelada)

$P_{\text{(espec)}}$  = Pressão específica de preenchimento (bar)

A = Área projetada injetada ( $\text{cm}^2$ ) = É a Área total da moldagem quando vista na direção de colocação da prensa no plano normal a abertura da prensa.



$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Se:  $P_{\text{espec}} = f_{\text{sw}} \times SF$

onde:

$f_{\text{sw}}$  = fator de espessura da parede

SF = caminho de fluxo (cm)

Tendo-se os valores tabelados de:

onde:

S = espessura da parede

S (mm)	fsw
0,5	100
0,6	70
0,7	57
0,8	45
0,9	35
1,0	30
1,1	26
1,2	21
1,3	18
1,4	15
1,5	13
1,6	11
1,7	10
1,8	9
1,9	8
2,0	7

TAB. I

Para expressão I, usa-se:

		Pressão Interna específica em bares															
Espessura da parede (mm)		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0			
Recorrido de fluência (cm)	2	200	140	115													
	3	300	210	170	135												
	4	400	280	230	180	140	120										
	5	500	350	285	225	175	150	130									
	6	600	420	340	270	210	180	155	125								
	7	700	490	400	315	245	210	180	150	125							
	8	800	560	460	360	280	240	210	170	145	120						
	9	900	630	515	405	315	270	235	190	160	135						
	10	1000	700	570	450	350	300	260	210	180	150	130					
		11	770	630	495	385	330	285	230	200	165	145					
	12	840	685	540	420	360	310	250	215	180	155	120					
	13	910	740	585	455	390	340	275	235	195	170	130					
	14	980	800	630	490	420	365	295	250	210	185	140					
	15		855	675	525	450	390	315	270	225	195	150					
	16		912	720	560	480	415	340	290	240	210	160	120				
	17		969	765	595	510	440	360	305	255	220	170					
	18			810	630	540	470	380	325	270	235	180	135				
	19				855	665	570	495	400	340	285	250	190				
	20				900	700	600	520	420	360	300	260	200	150			
	21					735	630	545	440	380	315	275	210				
	22					770	660	570	460	395	330	285	220	165			
	23					805	690	595	485	415	345	300	230				
	24					840	720	625	505	430	360	315	240	180			
	25					875	750	650	525	450	375	325	250				
	26					910	780	675	545	470	390	340	260	195			
	27						810	700	565	485	405	350	270				
	28						840	725	590	505	420	365	280	210			
	29						870	755	610	520	435	380	290				
	30							780	630	540	450	390	300	225			
	31								805	650	560	465	405	310			
	32								830	670	575	480	415	320	240		
	33								855	695	595	495	430	330			
	34									715	610	510	445	340	255		
	35									735	630	525	455	350			
	36									755	650	540	470	360	270		
	37									780	665	555	480	370			
	38									800	685	570	495	380	285		
	39										700	585	510	390			
	40										720	600	520	400	300		
	42											630	545	420			
	44												660	570	440	330	
	46													600	460		

TABELA II

Logo, para o cálculo de Força de Fechamento, temos que levar em consideração que a pressão a ser adotada é dependente da espessura da seção de moldagem e da facilidade de fluxo do material usado,

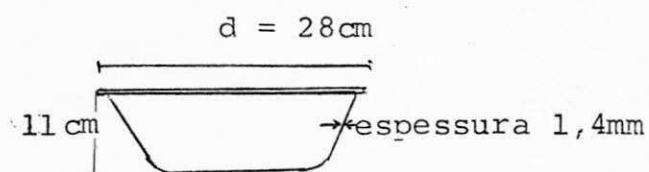
4 - DADOS:

Cálculos do FF

Foram feitos para diversos produtos (e portanto para cada molde) manufaturados pela empresa.

Abaixo encontra-se cálculo exemplo e tabela de dados:

Ex: Bacia (Reg. - 380) - Molde usado nas máquinas B<sub>10</sub>, B<sub>4</sub>, C<sub>8</sub>.



vista lateral

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad A = \frac{\pi \times (28)^2}{4} \quad A = 615,4 \text{ cm}^2$$

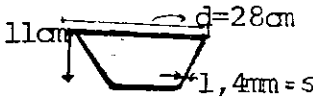
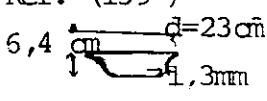
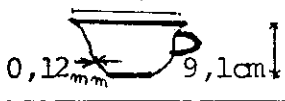
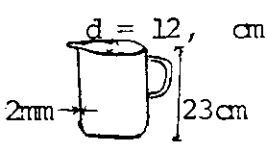

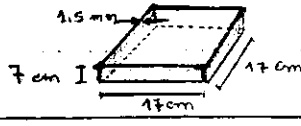
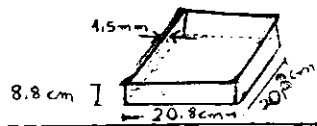
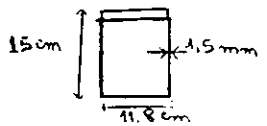
S = espessura da parede = 1,4 cm  
recorrido de fluência = 11 cm

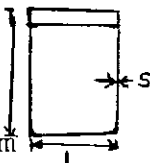
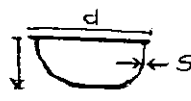
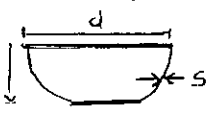
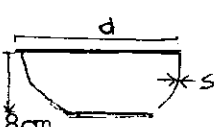
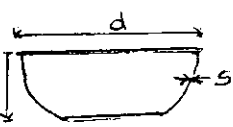
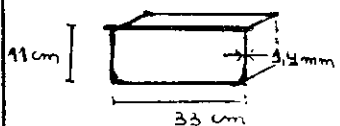
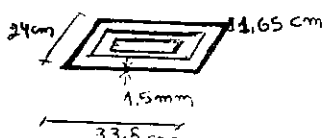
com estes valores, vai-se para a tabela II e encontra  $P_{\text{espc}} = 165 \text{ bar}$ .

Usando a expressão I :

$$\begin{aligned} \text{FF} &= P_{\text{espc}} \times A \\ \text{FF} &= 165 \text{ bar} \times 615,4 \text{ cm}^2 \\ \text{FF} &= 101,5 \text{ ton.} \end{aligned}$$

TABELA DE DADOS :

Molde	Força Fechamento para cada molde - (toneladas)	Máquinas que estes moldes operam	F.F.máx. das Máquinas (onde cada onde opera) - (ton)
Bacia - Ref. (380) 	101,5	B <sub>10</sub>	292
		B <sub>11</sub>	292
Bacia rasa pequena Ref. (159) 	47,8	A <sub>11</sub> e A <sub>12</sub>	138,5
Urinal pequeno - Reg. (745) d = 19, cm 	56,126	A <sub>6</sub>	102
		A <sub>11</sub> e A <sub>12</sub>	138,5
Jarra - 2 lts - Ref. (200) 	19,4	B <sub>10</sub> e B <sub>11</sub>	292
Balde Industrial Ref. (538) 	153	B <sub>3</sub> , B <sub>4</sub> e B <sub>5</sub>	407,9
		B <sub>6</sub>	466
		G <sub>7</sub>	536
Pote Hermético baixo Nº J Ref. (817) 	26,3	A <sub>13</sub> e A <sub>14</sub>	152,9
		B <sub>10</sub> e B <sub>11</sub>	292
Pote Hermético Bai xo nº 2 Ref. (818) 	49,5	B <sub>10</sub> e B <sub>11</sub>	292
Pote Hermético nº 2 Ref. (811) 	27,1	A <sub>6</sub> , A <sub>9</sub> e A <sub>10</sub>	102
		A <sub>4</sub> e A <sub>12</sub>	138,5

<p>Pote Hermético Nº 3 Ref. (182) L = 13,4cm S = 1,5mm Fluência = 18,3cm</p> 	42,7	A <sub>9</sub> , A <sub>10</sub> A <sub>11</sub> , A <sub>12</sub>	102 138,5
<p>Tigela F.B. Nº 1 d = 12,7cm S = 1,4mm Fluência = 5,1</p> 	9,7	A <sub>5</sub> A <sub>7</sub> e A <sub>8</sub>	35,7 61,2
<p>Tigela F.B.2 Ref. (202) d = 17cm S = 1,4mm Fluência = 6,7cm</p> 	22,8	A <sub>7</sub> e A <sub>8</sub> A <sub>9</sub> e A <sub>10</sub>	61,2 102
<p>Tigela F.B.3 Ref. (203) d = 20,5cm S = 1,5mm Fluência = 8cm</p> 	34,3	A <sub>9</sub> e A <sub>10</sub> A <sub>11</sub> e A <sub>12</sub>	102 138
<p>Tigela F.B.nº4 Ref. (204) d = 25cm S = 1,5mm Fluência = 9,7cm</p> 	61,86	A <sub>13</sub> e A <sub>14</sub> B <sub>10</sub> e B <sub>11</sub>	152,9 292
<p>Caixa Versátil para geladeira Ref. 808.</p> 	126,3	B <sub>5</sub> B <sub>11</sub> e B <sub>10</sub>	401,9 292
<p>Tampa para caixa versátil Ref. (808-1)</p> 	17,4	A <sub>13</sub> e A <sub>14</sub>	152,9

## 5 - CONCLUSÃO

Durante o estágio efetuado na Polyutil S.A., elaborou-se uma ficha técnica referente à Força de Fechamento máxima que deve ser aplicada a cada molde empregado. Concluiu-se que:

1 - A elaboração da ficha técnica referente a Força-máxima de Fechamento que deve ser aplicada a cada molde, é o primeiro passo na sistematização das operações de cada máquina na Polyutil.

De posse destes dados, deve-se fazer uma complementação em outros variáveis, como: Pressão de injeção, Tempo de Resfriamento, Temperatura de moldagem, etc., visando alterar e otimizar estas variáveis.

Com isso pretende-se minimizar a influência do operador na regulagem das máquinas e, portanto na produção.

2 - Este estágio foi muito válido pois proporcionou uma aplicação dos conhecimentos teóricos adquiridos na Universidade à prática industrial. Todas as etapas do processo de transformação de termoplásticos por injeção foram observadas e, o trabalho desenvolvido permitirá à indústria corrigir e otimizar o seu processo.

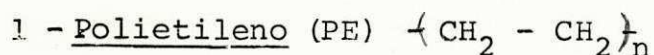
BIBLIOGRAFIA:

- 1 - GLANVILL, A.B. - Princípios Básicos e Projeto - Moldes de Injeção . São Paulo - SP, Editora Edgard Blucher Ltda. 1980
- 2 - SORS, LÁSZLO - Plástico - Moldes e Matrizes - São Paulo - SP, Editora Memus Limitada.
- 3 - PROVENZA, FRANCESCO. Moldes para plástico. Centro de comunicação gráfica - Pro-Tec.
- 4 - BLASS, ARNO - Processamento de Polimeros - Florianópolis. Editora da UFSC - 1985
- 5 - MILES, DERK CYRIL - Tecnologia dos polimeros. São Paulo - SP, Editora da Universidade de São Paulo. 1975.
- 6 - SOUZA, J.A. - Apostila de Moldagem de plástico por Injeção- Universidade Federal de São Carlos.
- 7 - APOSTILA "FORÇA DE FECHAMENTO" - FERBATE.



## ANEXO

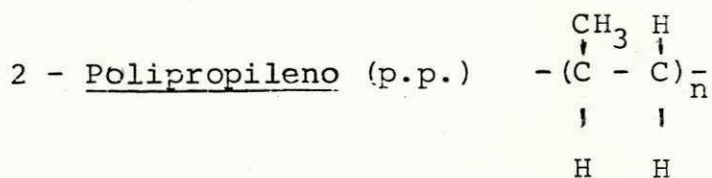
As matérias-primas utilizadas na indústria Polyutil, são: Polietileno de alta e baixa densidade, Poliestireno e Polipropileno.



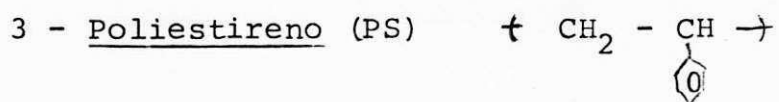
É obtido pela polimerização do etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), sob condições controladas de Temperatura e pressão. Sob altas pressões e altas temperaturas é obtido o Polietileno de Baixa Densidade / (PEBD). vários são os catalizadores usados. O PEBD é caracterizado por moléculas bastantes ramificadas. Com baixas pressões e temperaturas e com um catalizador do tipo Ziegler-Natta, obtém-se o Polietileno de alta densidade (PEAD).

Prop. Físicas: PEBD é um sólido consistente, levemente translúcido. Tem maior densidade, maior ponto de amolecimento, rigidez e dureza superficial, e menor a resistência ao impacto em relação ao PEAD.

Prop. Químicas: O Polietileno é resistente à maioria dos produtos químicos, com exceção dos ácidos Fortes, halogênios livres e certas cetonas. Na temperatura ambiente, o P.E. é insolúvel em todos os solventes. Devido à natureza Parafínica da molécula de P.E. ele é extremamente resistente a água.



O P.P. é incolor, inodoro. O P.P. tem densidade menor, maior rigidez, dureza e resistência a deformação do que o Polietileno. E ainda melhor resistência às condições atmosféricas, superior resistência à umidade e a decomposição e menor suscetibilidade de contaminação.



É um Termoplástico incolor, transparente. É duro, com uma resistência à tração bastante elevada, e um elevado índice de refração. Suas excelentes propriedades elétricas incluem: fator de potência muito baixo, alta constante dielétrica e alta resistência volumétrica. Quimicamente é resistente aos ácidos fortes e aos álcalis e é insolúvel em hidrocarbonetos alifáticos e nos álcoois inferiores. É solúvel em estéres, hidrocarbonetos aromáticos, álcoois superiores e hidrocarbonetos clorados.

São fabricados muitos tipos de PS para os mais variados usos. Os tipos de PS são obtidos variando o peso molecular do Polímero ou variando a distribuição do peso molecular e ainda variando as quantidades de lubrificante.