

# **DOSSIÊ TÉCNICO**

**Processo de transformação de plásticos por sopro**

**João Claudio H. Otterbach**

**SENAI-RS**  
**Escola de Educação Profissional SENAI Nilo**  
**Bettanin**

**Setembro**  
**2011**

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>3 PARTES DA MÁQUINA.....</b>	<b>4</b>
3.1 Base.....	4
3.2 Funil de alimentação .....	4
3.3 Cilindro de aquecimento .....	4
3.4 Rosca plastificadora.....	5
3.5 Bloco de Empuxe .....	5
3.6 Redutores.....	6
3.7 Grupo Motriz ou Variador de Velocidade:.....	6
3.8 Painel Elétrico.....	6
3.9 Cabeçote .....	6
<b>4 PROCESSO DE SOPRO E EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>7</b>
4.1 Descrição do processo .....	7
4.2 Matriz.....	9
4.3 Programador .....	10
4.4 Moldes de sopro .....	11
4.5 Dispositivo para corte do <i>parison</i> .....	12
4.6 Sopro do <i>parison</i> .....	12
4.7 Moldagem por extrusão e sopro.....	12
4.8 Moldagem por extrusão e sopro com acumulação .....	15
4.9 Moldagem por injeção e sopro .....	16
4.10 Moldagem por sopro e estiramento .....	19
4.11 Moldagem por coextrusão e sopro .....	20
<b>5 VARIÁVEIS DE PROCESSAMENTO.....</b>	<b>22</b>
<b>6 VARIÁVEIS DA RESINA.....</b>	<b>22</b>
6.1 Intumescimento e estiramento da pré-forma.....	22
6.2 Ciclo .....	22
6.3 Resistência à quebra por tensão ambiental (RQTA) .....	22
6.4 Resistência ao impacto.....	23
6.5 Fratura do extrudado.....	23
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

	<h1>DOSSIÊ TÉCNICO</h1>	
---	-------------------------	---

## Título

Processo de transformação de plásticos por sopro

## Assunto

Fabricação de frascos de plástico

## Resumo

Descreve sobre o processo de produção de produtos soprados em plástico, assim como destaca os equipamentos envolvidos e informa algumas técnicas de solução de problemas.

## Palavras-chave

Equipamento; frasco plástico; moldagem plástica; molde por sopro; plástico; polímero; processamento; termoplástico

## Conteúdo

### 1 INTRODUÇÃO

O processo de transformação de plásticos por sopro atualmente ocupa uma posição estratégica no segmento de embalagens para produtos das mais diversas áreas de consumo, alguns exemplos comumente percebidos são o setor alimentício, limpeza, derivados de petróleo e cosméticos. Os produtos soprados carregam consigo vantagens em relação às embalagens convencionais, como aumento da resistência a quedas, aliado ao baixo custo que pode proporcionar no produto final frente a alta produtividade e segurança que este método pode apresentar. Outros segmentos utilizam os benefícios disponibilizados por este processo que oportuniza vantagens ao público consumidor em geral, que é o acesso a bens que antes não atingiam as classes de menor poder aquisitivo (FIG. 1).



Figura 1 – Sopradora de plásticos  
Fonte: (ROMI, [2011])

## 2 OBJETIVO

O desenvolvimento deste trabalho tem o objetivo de apresentar uma abordagem geral sobre o processo de transformação de plásticos por sopro.

## 3 PARTES DA MÁQUINA

O equipamento é um conjunto de componentes com funções específicas, os quais são relacionados a seguir.

### 3.1 Base

É a estrutura onde se apóiam ou estão alojados todos os pontos da máquina. Sua forma varia conforme a disposição relativa dos elementos e seu tamanho podem ser formados por perfis de aço soldados ou chapas grossas dobradas e soldadas ou ainda ser executada em fundição. Deve-se ter cuidado de em sua execução e ou manutenção, prover-lhe suficiente rigidez para que não entre em ressonância com as freqüências de vibração que possam ser geradas no movimento de outras partes. (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2002).

### 3.2 Funil de alimentação

É o depósito de material granulado para ser processado. Sua capacidade depende do tamanho de máquina sopradora. Deve ser mantido sempre tapado para evitar que impurezas contaminem o material granulado.

### 3.3 Cilindro de aquecimento

Recebe o material plástico no seu interior e transmite-lhe calor promovendo a plastificação. (SENAI-RS, 2002).

### 3.4 Rosca plastificadora

A função da rosca plastificadora na máquina de sopro, consiste em primeira etapa de transportar, fundir e homogeneizar o material plástico, através de movimento rotativo. Devido as propriedades intrínsecas de cada material plástico, tais como: dureza superficial dos grânulos, temperatura de fusão, coeficiente de cisalhamento, viscosidade do material fundido, e outras, faz-se necessário desenvolver diferentes construções de rosca para cada termoplástico. Na prática, porém o que se nota são roscas padrões que procuram atender grupos de materiais com comportamento reológicos parecidos. Geometricamente ela é dividida em três zonas distintas (FIG. 2):

**A - Zona de Alimentação** - tem como função transportar os grânulos sólidos para a zona de compressão ou plastificação. Nesta zona o núcleo da rosca tem o menor diâmetro, se mantendo constante. Esta parte da rosca deve assegurar uma pressão de alimentação e pré-aquecer o material.

**B - Zona de Compressão** - é a zona onde se inicia a plastificação, devido ao aumento constante do núcleo da rosca, que irá comprimir e cisalhar o material plástico. A diminuição do volume disponível entre os filetes da rosca, além de fornecer compressão e auxiliar a plastificação, tende a homogeneizar a massa que se funde, eliminando o ar inicialmente incluso entre os grânulos através do funil de alimentação.

**C- Zona de Dosagem** -nesta zona têm filetes com profundidade rasa, isto porque o diâmetro do núcleo da rosca vem crescendo atingindo aqui sua maior dimensão e permanecendo constante. É na zona de dosagem que se completa a plastificação, e se faz a homogeneização máxima, definindo também o bombeamento da massa fundida para a câmara frontal. (SENAI-RS, 2002).

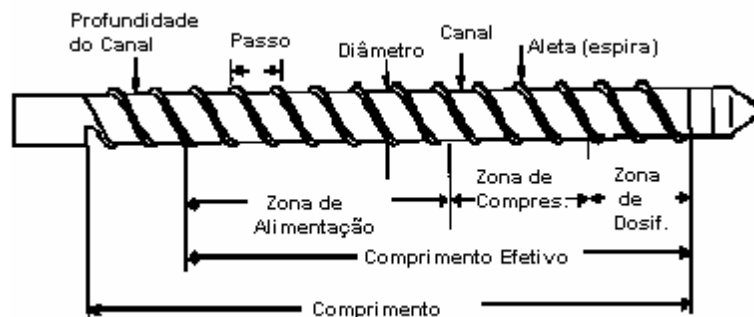


Figura 2 – Ilustração da rosca plastificadora  
Fonte: (SENAI-RS, 2002)

### 3.5 Bloco de Empuxe

Em seu giro, a rosca exerce sobre o material uma determinada ação que se traduz no bombeamento suficiente para atravessar o cabeçote ou matriz de extrusão. Como consequência desta ação de empurrar o material a rosca recebe um esforço de empuxe ou reação até parte posterior, que deve ser contida de alguma forma. O conjunto de peças mecânicas destinadas a transmitir a rosca sua rotação, suportando também seu empuxe axial até a parte posterior, denomina-se bloco de empuxe. (SENAI-RS, 2002).

### 3.6 Redutores

As velocidades de rotação das roscas podem tomar valores entre 0 e 230 rpm, o que equivale a velocidades periféricas de até 50 m/min. Como as máquinas de impulsão são em geral motores elétricos trifásicos assíncronos, e giram em torno de 1200 a 2400 rpm, deve-se transmitir a força motriz através de uma redução de velocidade e prover uma transmissão do motor ao redutor e deste ao fuso extrusor.

### 3.7 Grupo Motriz ou Variador de Velocidade

“Embora a rosca deva girar a uma velocidade constante quando a máquina produzir em uma determinada forma, esta velocidade deve ser variada durante a otimização do processo de produção. Daí o uso de variadores de velocidade.” (SENAI-RS, 2002).

### 3.8 Painel Elétrico

O painel elétrico do equipamento deverá ser revisado a cada 6 meses, com reaperto dos parafusos dos bornes de ligação, bem como todos os instrumentos de medição e leitura que houver.

### 3.9 Cabeçote

O cabeçote é uma continuação da extrusora [(FIG. 3)]. Quando o polímero fundido entra no cabeçote, ele se divide no mandril, porém ao sair do corpo da matriz, o fluxo já deve ter sido unido e sem nenhuma área fraca para que uma pré-forma bastante uniforme se torne uma peça soprada bem acabada e sem nenhuma imperfeição. O projeto do cabeçote exige sempre aerodinâmica nas passagens, por isso são necessários usinagens e polimento superficial para impedir pontos mortos, o que provocaria estagnação do polímero e conseqüentemente sua degradação térmica. (SENAI-RS, 2002).

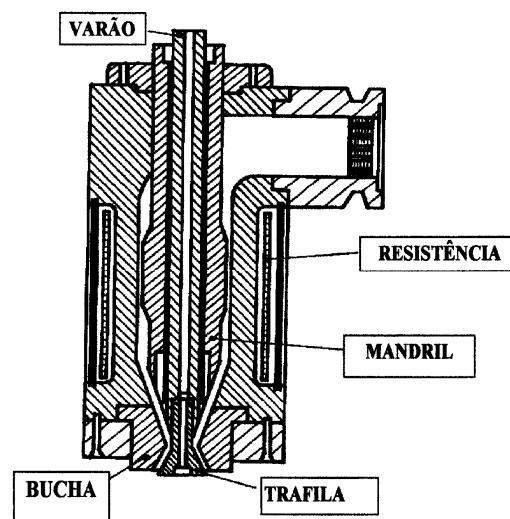


Figura 3 – Ilustração do cabeçote  
Fonte: (SENAI-RS, 2002)

Os cabeçotes de extrusão podem ser classificados da seguinte forma:

- Cabeçote de saída transversal, onde a massa flui axialmente, provido de um dispositivo desviador de fluxo, suporte e torpedo;

- Cabeçotes de entrega transversal com núcleo fixo em sua parte superior, onde a massa flui radialmente;
- Cabeçote acumulador;
- Cabeçote com êmbolo acumulador. (SENAI-RS, 2002).

## 4 PROCESSO DE SOPRO E EQUIPAMENTOS

Moldagem por sopro é um processo para produzir artigos ocós fechados. Este processo foi desenvolvido originalmente para a indústria de vidro, mas, hoje em dia, é utilizado extensamente na indústria dos plásticos, porém limitado a materiais termoplásticos como, por exemplo: Polietileno, PVC, etc. (INSTITUTO AVANÇADO DO PLÁSTICO, [20--?]).

“Processo em geral utilizado na obtenção de peças ocas através da insuflação de ar no interior do molde, de forma a permitir a expansão da massa plástica, até a obtenção da forma desejada. Aplicável geralmente à fabricação de frascos a partir de termoplásticos.” (SILVA JR; ALEX, [20--]).

A técnica de moldagem por sopro pode ser dividida em três principais classes: moldagem por extrusão-sopro, que usa basicamente um parison suspenso; moldagem por injeção-sopro, que usa um parison suportado por um pino metálico; uma terceira classe que inclui a moldagem por estiramento-sopro (stretch-blow moulding) e a moldagem por coextrusão-sopro. (SENAI-RS, 2002).

O processo de extrusão-sopro pode, ainda, ser subdividido em dois processos: contínuo e intermitente. A extrusão-sopro intermitente também pode ser subdividida em: extrusão com rosca recíprocante, extrusão com ajuda de pistão e extrusão com uso de cabeçote acumulador. A moldagem por estiramento-sopro e coextrusão-sopro são na verdade, uma evolução da moldagem por extrusão-sopro. (SENAI-RS, 2002).

### 4.1 Descrição do processo

A unidade de produção para um processo de moldagem por sopro é composta dos seguintes componentes:

- A máquina de produção utilizada para produzir plástico fundido (uma extrusora ou uma máquina de injeção é utilizada para produzir plástico fundido),
- O sistema para formar o *parison*,
- O molde de sopro (ou moldes de sopro).

Em ambos os principais processos o primeiro passo envolve a produção de uma mangueira. Esta mangueira é conhecida no ramo em geral como *parison* (o termo foi emprestado da indústria de vidro). Na moldagem por extrusão (*EBM - extrusion blow molding*), o *parison* é produzido por extrusão, e na moldagem por injeção (*IBM - injection blow molding*) o *parison* que também conhecido como pré-forma, é produzido por injeção.

Como o período de refrigeração é a parte mais demorada do ciclo de sopro, será necessário retirar o *parison* do cabeçote (ou cabeçotes), ou desviar o fluxo de material de um molde para outro, com a finalidade de manter a rosca em movimento contínuo. Para exigências de alta produção, os moldes podem ser instalados numa cinta giratória rápida, ou numa roda (carrosséis horizontais ou verticais). Porém, é mais comum os moldes serem instalados em sistemas de fechamento e sopro (estações de sopro ou carros), que estão dispostas por

baixo ou ao lado da extrusora. O conjunto de moldes pode ser utilizado para transportar o parison na configuração normal, por exemplo, montado num braço basculante, ou podem ser usados alicates para deslocar o parison para o molde. (WHELAN, 1999).

É um processo predominantemente contínuo de transformação de plásticos onde a unidade de plastificação recebe a matéria-prima ainda no estado sólido em forma de grãos, moído ou em pó. Este processo transporta o material a ser extrusado, processando-o através da ação de calor das resistências e fricção mecânica da rosca de plastificação e cilindro. Após friccionado, o material passa para o estado pastoso, sendo empurrado para a matriz que forma o parison (designação importada da indústria do vidro). Por parison entende-se um tubo plástico amolecido que é 'abraçado' pelo molde de sopro. Este (molde de sopro) utiliza-se, então, de uma agulha que insufla ar para o interior do molde, permitindo, assim, a expansão da massa plástica até os limites do molde de sopro. Após o resfriamento completo começam as operações de acabamento (rebarbagem, por exemplo) e o produto é extraído [(FIG. 4)]. (SENAI-RS, 2011).

Muitas máquinas de sopro dependem de uma extrusora para produzir plástico fundido, já que uma extrusora de rosca única consegue produzir uma massa plastificada a temperaturas baixas com custo relativamente baixo. Aproximadamente 90% de todos os produtos moldados por sopro são feitos pelo processo EBM (moldagem por extrusão e sopro). (WHELAN, 1999).

Independentemente do material processado, as temperaturas de plastificação devem ser mantidas as mais baixas possíveis para reduzir os tempos de refrigeração. Na moldagem por sopro o tempo de refrigeração, normalmente é a parte mais demorada do ciclo, por exemplo, até 80%. A extrusora também deve ser capaz de acomodar a adição de quantidades variáveis de aditivos, por exemplo, material recuperado, materiais para coloração, modificadores de impacto e estabilizadores. Quando a máquina não necessita produzir compostos, o projeto pode ser otimizado para processar material pré-misturado, quer dizer, para alcançar a produção necessária em libras por hora (lbs/h) ou quilogramas por hora (kg/h) de uma massa plastificada uniformemente a baixas temperaturas. Na moldagem por sopro é vital manter a temperatura do fundido na margem mais baixa, porque com isso é possível aumentar a produção. (WHELAN, 1999).



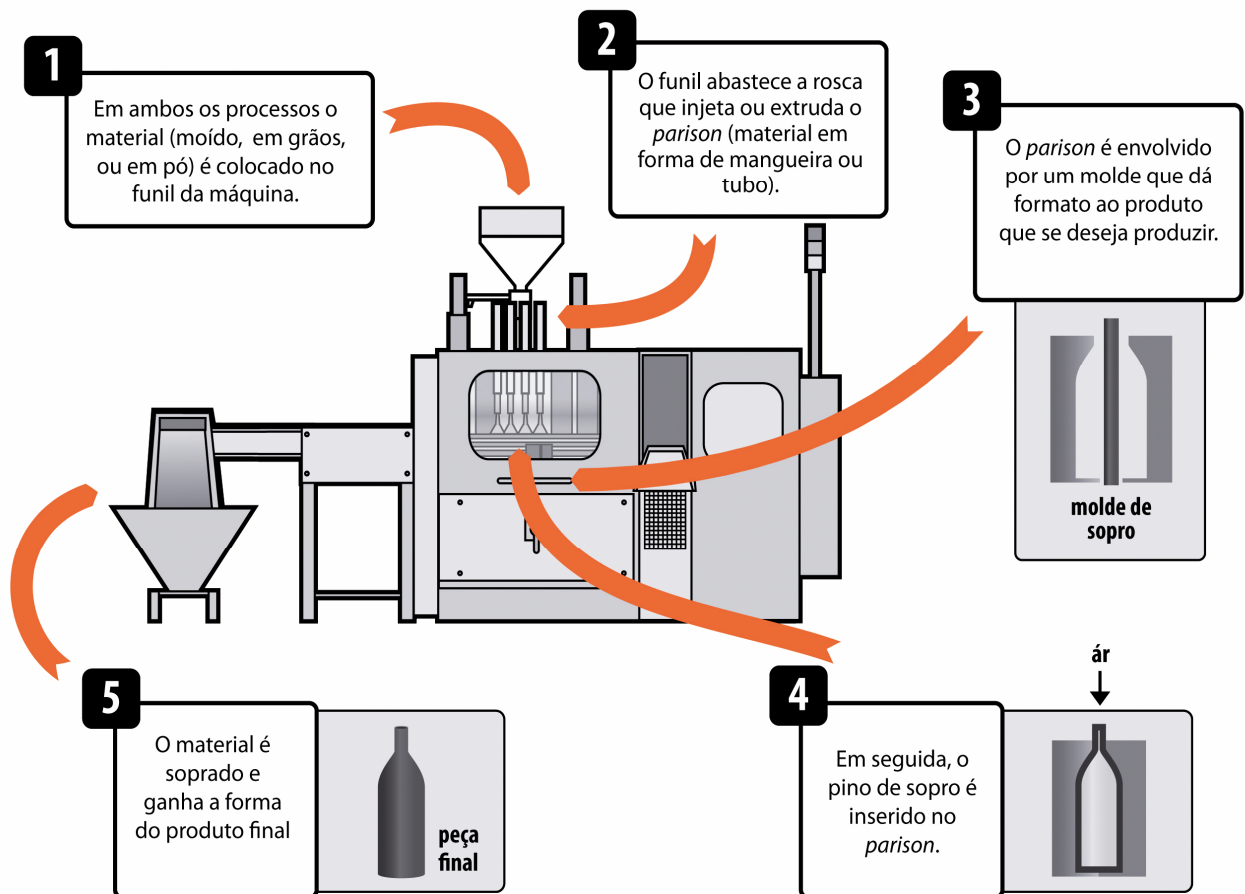


Figura 4 – Ilustração do processo de transformação de plásticos por sopro  
 Fonte: (SENAI-RS, 2011)

## 4.2 Matriz

A matriz ou fieira é constituída de um macho, pino, pinola ou mandril interno e uma bucha ou anel externo. O espaço entre o pino e a bucha denomina-se anel e é aí que a pré-forma se origina. Devido a características visco-elásticas dos materiais plásticos, ao sair da matriz, apresentam variações do diâmetro, conhecida como inchamento. A grandeza deste inchamento depende do material, da temperatura, da geometria da matriz e da velocidade de cisalhamento, sendo para PEAD da ordem de 20 a 40%. (SENAI-RS, 2002).

Os tipos de matriz usados são:

- Matriz de abertura anular cilíndrica e paralela;
- Matriz cônica de passo gradual, convergente ou divergente;
- Dispositivo alargador.

Pode-se também classificar secundariamente a matriz pelo modo como ela é alimentada com o material dosificado pela rosca:

### 4.2.1 Matriz de Alimentação Central

Neste tipo, o fluxo é dirigido verticalmente para baixo, envolvendo o mandril. A distribuição da resina dentro do corpo da matriz é uniforme. O piloto é

sustentado por um suporte denominado estrela, placa perfurada ou suporte cruzado. Cuidados devem ser tomados para que o tipo de sustentação do pino não forme uma linha ou faixa de fluxo inadequada na peça soprada, principalmente quando resina de baixa fluidez é processada, o que provocaria um produto de baixa resistência e aparência insatisfatória. (SENAI-RS, 2002).

#### 4.2.2 Matriz de Alimentação Lateral

A vazão de material chega a pinola obliquamente. Para melhorar a dispersão do material neste tipo de matriz usa-se a pinola ranhurada. Melhora a homogeneização, porém tem área de possível estagnação do material. Nesta matriz a bucha se desloca axialmente. É inerente ao processo de moldagem por sopro que a matriz desvie o fluxo horizontal para a direção vertical para baixo, sempre, evidentemente, num ângulo de 90° e por isso a denominação geral das matrizes cruzadas ou cruzetas. Há uma região próxima à saída do material em que a bucha e o mandril ficam paralelos. Esta região é chamada de coroa da matriz. Esta coroa exige um projeto detalhado. Os ferramenteiros opinam que o comprimento da coroa deve ser de 10 a 40 vezes a medida da abertura do lábio. Teoricamente sabe-se que quanto maior a coroa maior a contrapressão do material e, portanto melhor a plastificação. Uma coroa curta numa extrusora de alta velocidade provocará rugas na pré-forma. (SENAI-RS, 2002).

“De modo geral, o projeto impróprio para determinado tipo de material resulta em anomalia na vazão e a indesejável fratura do extrudado.” (SENAI-RS, 2002).

#### 4.3 Programador

Nem sempre as peças sopradas são cilíndricas ou ovais, o que implica na necessidade da mangueira ter espessura variável a diferentes pontos ao longo do seu comprimento, o que minimiza a quantidade de resina usada para cada peça. Desta maneira, algumas peças ou formatos podem exigir que a parede seja mais espessa em alguns pontos para permitir áreas reforçadas. O peso da pré-forma, especialmente na moldagem de grandes frascos industriais, pode também causar o afinamento da parede no sentido da extrusão. Para compensar essas variações indesejáveis e aumentar a espessura da parede nas regiões que assim necessitam, a pré-forma pode ser programada para que a distribuição da resina permita o estiramento e o espaçamento inerentes ao processo. A distribuição do polímero na pré-forma torna possível o enrijecimento de áreas fracas do moldado além de uma efetiva redução do peso, reduzindo o consumo de resina em 15, 20, 25% e até mais. (SENAI-RS, 2002).

Para obter a variação de espessura da mangueira são adotados os chamados programadores de *parison* que oferecem de 5 até 120 pontos de ajuste na espessura da parede da mangueira, ao longo do seu comprimento. A programação pode ser feita de duas maneiras:

##### 4.3.1 Programação do Êmbolo:

Este tipo de programação é primeiramente utilizada nos programadores e êmbolo, nos cabeçotes acumuladores e nas unidades de rosca recíproca cujas descargas pelo anel da matriz permanece constante. A velocidade do êmbolo forçando a saída do polímero varia, e faz com que a resina na saída da matriz varie em quantidade, no caso com diferentes espessuras ao longo do comprimento da mangueira. (SENAI-RS, 2002).

##### 4.3.2 Programação do Mandril

Este tipo de programação é mais flexível e pode ser empregado em todos os processos de sopro. Neste sistema, o polímero é descarregado a velocidades constantes, mas o anel da matriz varia sua abertura causando a variação da espessura da mangueira. A abertura da matriz varia pelo movimento do mandril, enquanto a bucha permanece estacionária, ou pelo movimento da bucha, enquanto o mandril permanece estacionário. Estes tipos de programação são mais aceitáveis e versáteis. (SENAI-RS, 2002).

#### 4.4 Moldes de sopro

Os moldes de sopro [(FIG. 5)] para a moldagem por extrusão e sopro normalmente são fixados em placas; estas placas fazem parte de um carro situado por baixo do cabeçote de extrusão. As partes de muitos moldes de sopro são guiadas mediante pinos e buchas de guia. (WHELAN, 1999).

A construção de um molde de sopro não é tão crítica como a do molde de injeção. Isto porquê as pressões usadas no processo, como a pressão de fechamento e insulfamento são mais baixas. Conseqüentemente, os materiais para a construção do molde não precisam ter resistência mecânica especial. (ROMAN, [20--]).



Figura 5 – Molde de sopro  
Fonte: (FVR MÁQUINAS, 2002)

O molde é composto de duas placas móveis que quando fechadas formam em seu interior, uma ou mais cavidades com o formato da(s) peça(s) que se pretende obter. Fazem parte do molde, pinos guias, que atuam como macho e fêmea no fechamento das duas placas, objetivando um perfeito ajuste no alinhamento das duas metades. É comum que entre a parede da pré-forma e a parede da cavidade fique ocluso ar da atmosfera, que deverá ser expelido totalmente para permitir o contato da resina com o metal. A expulsão de ar é feita por canais de desgaseificação. Se o ar ficar acumulado, irá provocar defeito na superfície do corpo moldado. É mais interessante uma superfície ligeiramente áspera ou tratada com jato de areia, do que uma superfície polida ou cromada, onde permita a formação de bolhas de ar pela sua distribuição nas porosidades do molde. Todavia, para moldes de peças grandes é necessário um escape próprio de ar do molde. (SENAI-RS, 2002).

#### 4.5 Dispositivo para corte do *parison*

“O dispositivo consiste numa faca de corte quente, que instalada na máquina, corta o *parison* ou mangueira, sem que o funcionário tenha que utilizar as mãos para fazê-lo.” (SOUZA, [20--]).

#### 4.6 Sopro do *parison*

Enquanto o processo de ar enclausurado ou o processo de geração de gás não está sendo utilizado, outros métodos de introduzir ar dentro do *parison* devem ser aplicados. O ar sob uma pressão de aproximadamente 7 bar (100 psi) infla o *parison* para adquirir a forma da cavidade do molde. Para introduzir o ar dentro do *parison*, agulhas ou pinos de sopro estão sendo utilizadas. Antes do sopro do *parison*, porém ele necessita ser separado do material que está sendo expulso do cabeçote. Dependendo do processo de produção utilizado serão necessários diferentes tipos de pinos de sopro. Existem por exemplo, pinos de sopro para o corte dentro do molde e pinos de sopro com buchas de corte para a calibração do gargalo, a última versão ainda pode ser equipada com uma mola para a bucha de corte, permitindo o corte automático da rebarba do gargalo. Estes sistemas podem operar com cilindros acionados por força hidráulica. Quando possível deve-se escolher pinos de sopro que fazem parte de uma gama de pinos normalizados ou modulados, permitindo deste modo a troca rápida dos pinos de sopro e buchas de corte sob condições de produção. O pino de sopro deve ser construído de preferência de um material mais maleável do que o material da área de esmagamento do molde, para reduzir o risco de danos no molde, em caso de desalinhamento do pino. O pino deve possuir uma forma cônica e deve ser refrigerado por água. (WHELAN, 1999).

#### 4.7 Moldagem por extrusão e sopro

Moldagem por extrusão é um processo utilizado para produzir artigos ociosos fechados de materiais do tipo termoplástico, como por exemplo, polietileno, PVC, etc. Na moldagem por extrusão o *parison* é produzido por extrusão (geralmente extrusão por rosca única), para ser inflado dentro do molde. (WHELAN, 1999).

A instalação de produção para um processo de moldagem por extrusão e sopro é composta de:

- A máquina extrusora, utilizada para produzir plástico fundido;
- sistema para formar o *parison* (cabeçote/bocal);
- molde (ou moldes) de sopro.

A mangueira aquecida (ou *parison*) normalmente é extrudada para baixo. Quando um comprimento pré-determinado é produzido o molde fecha e é apertado em volta do *parison*. Este fechamento aperta ou solda o *parison* em uma extremidade (na técnica de sopro por agulha o *parison* é soldado em ambas as extremidades). (WHELAN, 1999).

Na moldagem por sopro via extrusão, o *parison* é produzido via extrusão, o qual é posteriormente inflado dentro de um molde. O processo pode ser contínuo, onde a pré-forma dentro do molde se move para longe da extrusora e uma nova pré-forma é instalada em um novo molde, ou descontínuo.

No caso de uma extrusão de tubo vertical (para baixo), as etapas usuais do processo envolvem:

1. Pré-forma desce;

2. Molde fecha;
3. Sopra-se ar por baixo; Resfria-se a peça em contato com a parede fria do molde;
4. Abre-se o molde [(FIG. 6)]. (SILVA JR; ALEX, [20--]).

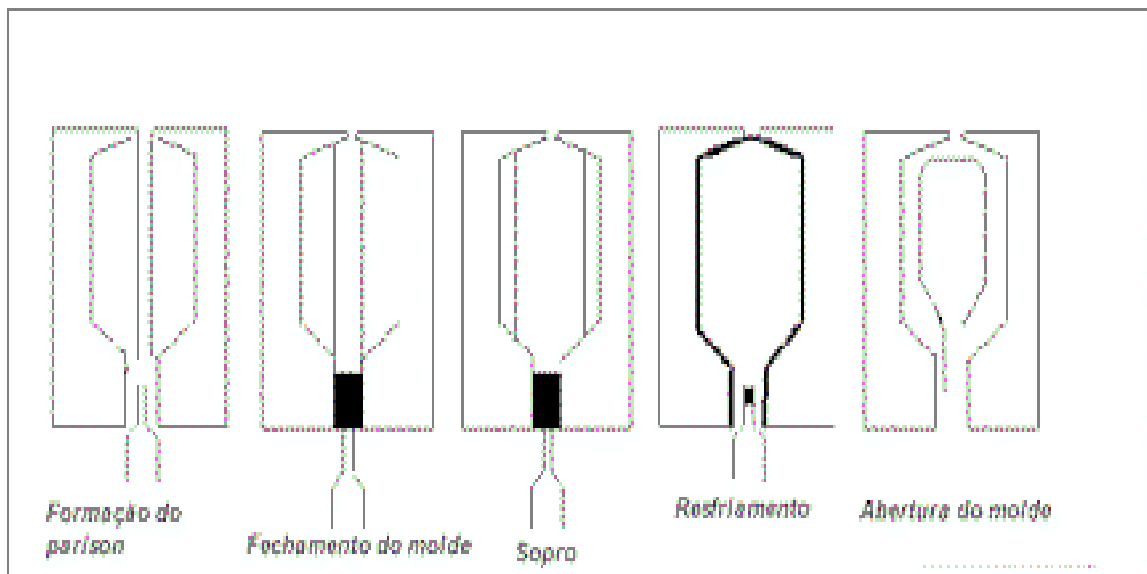


Figura 6 – Ilustração do processo de moldagem por sopro via extrusão  
 Fonte: (SILVA JR; ALEX, [20--])

“A diferença entre o processo de moldagem por sopro via injeção e o processo via extrusão está relacionada com a maneira de se produzir a pré-forma (parison).” (SILVA JR; ALEX, [20--]).

Quando se analisa a moldagem por extrusão-sopro, as vantagens desta técnica incluem a alta produtividade, baixo custo dos moldes e grande disponibilidade de equipamentos. As desvantagens geralmente incluem a grande geração de rebarbas e o limitado controle de espessura da parede da peça. O processo pode ser subdividido em processos contínuo e intermitente. (SENAI-RS, 2002).

#### 4.7.1 Processo contínuo

Neste processo, a extrusora plastifica e empurra o polímero fundido através da matriz para formar um parison continuamente. Um simples extrusor pode ser conectado a vários cabeçotes. Normalmente são utilizados vários moldes que podem apresentar-se numa mesa circular vertical ou horizontal. Como a alimentação do material é contínua, a viscosidade aparente do material fundido é mantida sob condições ótimas. É comumente empregada na produção em larga escala de peças pequenas, não maiores que um galão. (SENAI-RS, 2002).

##### 4.7.1.1 Cabeçote único e moldes múltiplos

São equipamentos nos quais um cabeçote alimenta uma ou várias matrizes, produzindo um ou vários *parisons* contínuos simultaneamente, para um determinado número de moldes de sopro. Possuem geralmente uma produção elevada, e a mesa onde se localizam os moldes pode variar.

#### 4.7.1.2 Molde recíprocante

Na moldagem por sopro de extrusão contínua, onde existe um cabeçote (geralmente múltiplo) com um molde recíprocante (geralmente com múltiplas cavidades), um ou mais *parisons* são extrudados em um estágio, a partir de um único cabeçote. Quando as metades do molde se fecham em torno do *parison*, um dispositivo de corte é acionado, separando o *parison* da matriz. O molde se move para fora quando então se dão os outros passos do ciclo (sopro, resfriamento e ejeção). É um dos processos mais utilizados no mercado nacional e pode ser feito das seguintes formas:

#### 4.7.2 Processo intermitente

Neste tipo de processo, a operação de extrusão é interrompida quando o *parison* atinge o comprimento desejado, só voltando a operar quando o molde sai da trajetória do *parison*. Esta parada gera uma taxa de produção menor do que no processo de extrusão contínua, onde os vários estágios do ciclo se sobrepõem. O processo intermitente é feito basicamente com três tipos de equipamentos. (SENAI-RS, 2002).

##### 4.7.2.1 Extrusão com rosca recíprocante

A extrusão do *parison* é feita por uma rosca recíprocante similar ao processo de injeção. A resina é plastificada e, à medida que funde, a rosca gira e retrai enchendo a ponta da extrusora. A rosca avança por meio de um sistema hidráulico, empurrando a resina através do cabeçote e matriz. Neste ponto, o molde fecha e prende o *parison* para posterior sopro. (SENAI-RS, 2002).

##### 4.7.2.2 Extrusão com pistão

Em uma extrusora-sopradora com pistão-acumulador no cabeçote, o pistão empurra o material acumulado através da matriz para formar o *parison*. Embora este seja um processo já obsoleto, este tipo de equipamento contínuo ainda é usado em algumas indústrias. A extrusora é estacionária e alimenta continuamente o acumulador com polímero fundido. A velocidade da extrusora é ajustada para encher o acumulador a uma taxa apropriada e assim, o *parison* é extrudado imediatamente depois da abertura do molde. (SENAI-RS, 2002).

Nas máquinas denominadas máquinas de sopro superior, o molde se desloca levando o *parison* para uma estação de sopro separado, após a produção do *parison* (isso permite a produção de outro *parison*, isto é, extrusão contínua). Um pino de sopro é introduzido na parte superior (gargalo) do *parison* na estação de sopro e o fluxo de ar passa através do pino de sopro. Isto causa a expansão do *parison* contra as paredes do molde, o material plástico adquire a forma pré-determinada, sendo refrigerado e ejetado após o estágio de refrigeração. Em muitos casos o artigo necessita de uma operação de acabamento posterior, como por exemplo, rebarbagem, impressão, etiquetagem, enchimento com o produto etc. (WHELAN, 1999).

A maioria dos artigos é produzida pela técnica de sopro na parte superior, já que os artigos (muitas vezes frascos) são fabricados com um gargalo calibrado com precisão razoável - o processo de pressionar o pino de sopro contra o material plástico quente e macio molda o gargalo e a eventual rosca externa. O artigo é produzido apoiado na base (em ângulo reto na maioria dos casos) - esta orientação é útil para operações subseqüentes, como por exemplo, o enchimento do recipiente. Em "máquinas de sopro inferior", o artigo é produzido apoiado no gargalo. O *parison* cai sobre um pino, e quando o comprimento correto é alcançado o molde é fechado - este fechamento forma a seção do

gargalo e solda a outra extremidade da mangueira, quando o fluxo de ar está sendo introduzido através do pino, o parison é inflado. Em alguns casos o “sopro por agulha” é mais apropriado. Quando o comprimento correto do parison é extrudado o molde fecha - este fechamento aperta ambas as extremidades do parison. O fluxo de ar é introduzido mediante uma agulha ou um pino pequeno para inflar o parison. Muitos dos recipientes produzidos mediante moldagem por sopro são utilizados na indústria alimentícia, para a embalagem de produtos sólidos e líquidos, como sal e molhos. Em muitos casos, tais recipientes foram projetados para utilizar um selo reaproveitável (uma tampa ou capa), e este é produzido na maioria dos casos por injeção. (WHELAN, 1999).

#### **4.8 Moldagem por extrusão e sopro com acumulação**

“Este processo foi desenvolvido com a finalidade de possibilitar a produção de artigos moldados grandes, com uma distribuição de espessura de parede apropriada.” (WHELAN, 1999).

“Este processo é utilizado principalmente onde o produto soprado tem seu peso entre 0,5 a 5 Kg e com volume de 4 a 200 litros.” (SENAI-RS, 2002).

Quando um parison grande é produzido por extrusão e a extrusora termina de bombear o material do ferramental, o parison é puxado para baixo (alongamento do parison). Como resultado a espessura de parede é menor na parte superior do que na parte inferior, devido ao tamanho e peso do parison e a baixa resistência do polímero em estado fundido, permitindo até a ruptura do mesmo. Um problema que pode ocorrer é a perda de temperatura durante a produção do parison. Para superá-lo é necessário produzir o parison rapidamente; extrusão contínua não é recomendada, já que o tamanho do recipiente está acima de aproximadamente 25 a 30 litros (5,5 a 6,5 galões), ou aproximadamente 2 kg (4,4 libras) de material. (WHELAN, 1999).

O material é depositado mediante bombeamento dentro de uma unidade chamada acumulador. O acumulador é situado no final do canhão da extrusora onde segue o enchimento com material fundido; um acumulador para um parison com um diâmetro de até 400 mm (16”) pode conter 19,5kg (43 libras) de Polietileno (PE) e pode ter um volume de expulsão de 25 litros (5,5 galões) de PE. Quando completo, a rosca para de girar e um pistão força o material do ferramental (ou bocal) rapidamente (20 kg podem ser ejetados em aproximadamente 3 segundos). Esticadores podem ser utilizados para alargar a base do parison antes da moldagem por sopro; um sopro na parte inferior é a regra. Com este processo, é possível um controle axial e/ou radial da espessura da parede (algumas máquinas utilizam uma rosca recíproca para o depósito do material na parte frontal do cilindro de injeção ou canhão, ao invés de um cabeçote acumulador). O cabeçote deve ser projetado para possibilitar uma distribuição uniforme de calor no material, isto é, uma distribuição uniforme da taxa de cisalhamento e temperatura da massa. Para alcançar estes objetivos o cabeçote pode incorporar várias características de projeto, como por exemplo, distribuidores de fluxo ou canais. O material que chega primeiro deve ser o primeiro a sair do cabeçote, com a finalidade de minimizar problemas de decomposição ou degradação. Controladores de espessura de parede normalmente são utilizados na moldagem por extrusão e sopro com acumulação. Essas unidades podem controlar o processo inteiro, desse modo, quando o acumulador está completo o parison é ejetado, o molde será fechado e o acumulador é recarregado. Uma parte da energia para forçar o material do bocal é absorvida pela massa, e esta energia é liberada quando o parison é produzido; como resultado o parison encolhe ou recupera, ficando mais curto e grosso [(FIG. 7)]. (WHELAN, 1999).

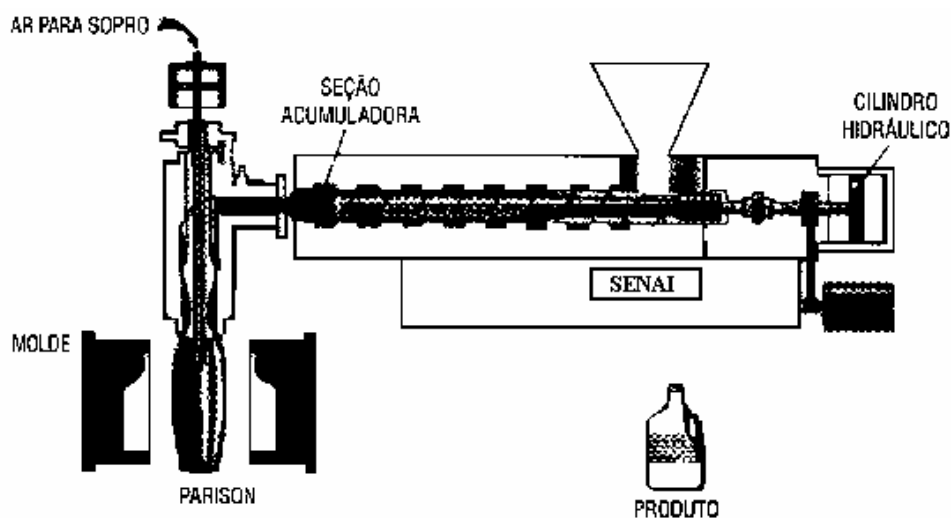


Figura 7 – Ilustração do processo de extrusão com cabeçote acumulador  
Fonte: (SENAI-RS, 2002)

Uma pressão suficiente deve ser disponível no pistão para poder produzir o parison na taxa apropriada. A pressão real necessária depende do material, da temperatura do fundido, da perda de pressão dentro do cabeçote e da abertura do bocal. Caso a resistência do fluxo seja muito alta, a utilização de uma força excessiva pode forçar os lábios do bocal, resultando numa perda de controle do programador da espessura da parede do parison. Velocidades excessivamente lentas do êmbolo de expulsão podem provocar um alongamento do parison e distribuição defeituosa de parede do mesmo. Estas velocidades lentas também permitem a cristalização parcial na superfície de um material termoplástico semi-cristalino, antes do fechamento do molde, influenciando no acabamento da superfície do produto. A força de fechamento necessária depende da área projetada do artigo e da pressão de inflação. (WHELAN, 1999).

Recipientes grandes ou tambores de 180 litros de capacidade, por exemplo, podem ser produzidos pela moldagem por extrusão e sopro com acumulação. Neste sistema, o fundo do *parison* é selado primeiramente por réguas de prensagem, o ar é introduzido, a parte superior do *parison* é selada em seguida por réguas e o molde fecha; este procedimento de aperto permite a formação de um artigo relativamente raso.

#### 4.9 Moldagem por injeção e sopro

Apesar da moldagem por extrusão e sopro ainda ser o método mais significativo de produção, outro método, a moldagem por injeção e sopro, ocupa lugar importante na indústria de moldagem por sopro, e é normalmente utilizado quando a moldagem por extrusão e sopro não é adequada. (WHELAN, 1999).

Em ambos os processos principais para a produção de componentes plásticos, o primeiro passo envolve a produção de uma mangueira, conhecida mais freqüentemente como *parison* na indústria de moldagem por extrusão e sopro. Na indústria de moldagem por injeção e sopro esta mangueira ou *parison* é denominada pré-forma, já que o produto possui uma forma determinada e é fechado em uma extremidade.



O processo de moldagem por sopro via injeção é constituído das seguintes etapas:

1. Produção de uma peça injetada via moldagem por injeção.
2. Fechamento do molde sobre a peça oca.
3. Introdução de ar comprimido para expandir a peça oca até a forma final.
4. Resfriamento e extração da peça soprada [(FIG. 8)]. (SILVA JR; ALEX, [20--]).

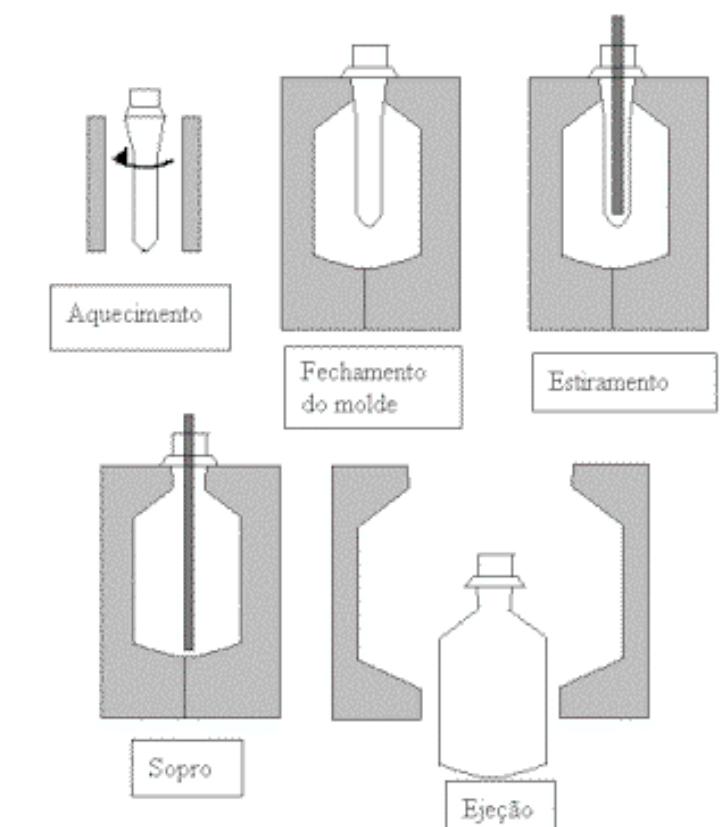


Figura 8 – Ilustração do processo de moldagem por sopro via injeção  
Fonte: (SILVA JR; ALEX, [20--])

Os produtos de moldagem por injeção e sopro são muitos e variados, uma vez que o processo e os materiais utilizados são desenvolvidos continuamente. Este processo não é uma substituição para moldagem por extrusão e sopro, mas parece ser mais adequado para recipientes relativamente pequenos (menos de 0,5 litros ou 0,8 pts. de capacidade); particularmente quando estes recipientes devem ser produzidos em quantidades muito grandes. Uma razão para isso são os altos custos do equipamento e ferramental. A maior parte dos componentes produzidos por injeção e sopro são recipientes como, por exemplo, frascos e jarras, particularmente jarras de boca larga. (WHELAN, 1999).

Normalmente, os investimentos para a moldagem injeção-sopro é maior do que para a moldagem extrusão-sopro, e este é um parâmetro importante. Por outro lado, a qualidade da peça moldada por injeção-sopro é melhor do que a qualidade da peça moldada por extrusão-sopro. (SENAI-RS, 2002).

O Quadro 1, a seguir, apresenta um comparativo da moldagem por sopro via injeção e moldagem por sopro via extrusão:

EXTRUSÃO-SOPRO	INJEÇÃO-SOPRO
<b>Rebarbas</b>	
Entre 5% e 30% da rebarba gerada pode ser moída e misturada ao polímero virgem. Esta reciclagem aumenta o custo do equipamento e de sua manutenção, além de causar variações de viscosidade no polímero fundido, resultando em instabilidade do processo.	Normalmente não há geração de rebarbas, eliminando a necessidade de operações secundárias. A geração de rebarbas pode vir durante o setup da máquina ou erros no acerto da cor. A incorporação desta rebarba ao material virgem não altera o processo.
<b>Transparência</b>	
Podem aparecer linhas de extrusão em alguns tipos de materiais, ou se a matriz não tiver um acabamento perfeito.	Praticamente não há linhas ou manchas de processo.
<b>Orientação molecular</b>	
Exceto em sopradoras de dois estágios, todo parison extrudado é soprado em temperaturas muito elevadas, a fim de possibilitar a orientação molecular, aumentando-se a resistência mecânica do produto.	O processo de injeção-sopro gera orientação durante o preenchimento da cavidade.
<b>Custos (moldes / matrizes)</b>	
Custo dos moldes é de 30% a 40% menor que no caso da injeção-sopro.	Os moldes são caros e precisos; contudo, seu alto custo é justificado pela maior eficiência e qualidade de acabamento do moldado.
<b>Custo das máquinas</b>	
Para produção de garrafas / containers de tamanho médio, o custo é similar às máquinas de injeção-sopro.	Custo por 1000 garrafas/h cai sensivelmente se o número de cavidades no molde for entre 10 e 14, com ciclo de 10s.

Quadro1 – Comparativo da moldagem por sopro via injeção e moldagem por sopro via extrusão

Fonte: (SENAI-RS, 2002)

Algumas vantagens e desvantagens dos processos de injeção a sopro e do processo de extrusão a sopro aparecem no Quadro 2 a seguir:

	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Moldagem por sopro via injeção (e injeção com estiramento)	Moldados sem rebarba. Bom controle de espessura do gargalo e da parede. Mais fácil de produzir objetos não-simétricos. Não há necessidade de acabamento.	Processo lento. Mais restrito no que concerne à escolha dos moldados. São necessários dois moldes para cada objeto.
Moldagem por sopro via extrusão	Moldados com rebarbas. Deforma lentamente. Altas velocidades de produção.	Mais difícil de controlar a espessura da parede. Necessária a operação de corte.

	<p>Maior versatilidade com respeito à produção.</p>	
--	---	--

Quadro 2 – Comparativo da moldagem por sopro via injeção e moldagem por sopro via extrusão  
 Fonte: (SILVA JR; ALEX, [20--])

#### 4.10 Moldagem por sopro e estiramento

Moldagem por sopro e estiramento envolve a produção de uma pré-forma, condicionamento térmico da pré-forma, estiramento do *parison* (pré-forma) no sentido longitudinal e em seguida estiramento radial durante o sopro. Ambos os processos, isto é, a produção dentro de uma mesma máquina e a produção em dois estágios estão sendo utilizados comercialmente.

Processo conhecido como “moldagem por extrusão e sopro com estiramento”, conforme o termo inglês extrusion stretch blow molding (ESBM). A resistência de um material, por exemplo, PVC pode ser melhorada dramaticamente por orientação (estiramento do parison antes do sopro), e isto significa que uma composição de menor custo pode ser utilizada para um determinado produto, devido ao fato de que a adição de um agente modificador de impacto dispendioso pode ser reduzido de 12% para 1%. O peso do recipiente também pode ser diminuído consideravelmente porque uma quantidade menor de material é necessária. Em comparação à moldagem por injeção e sopro com estiramento, o processo ESBM é uma técnica mais simples e mais fácil de dominar. A forma e a espessura de parede do frasco acabado podem ser alteradas sem alterar a configuração da pré-forma. Uma programação do parison normalmente não é necessária devido ao fato de que um controle da espessura de parede é possível mediante alteração da temperatura de processo. O processo não pode ser aplicado em recipientes com alça. (WHELAN, 1999).

Uma única extrusora pode ser utilizada para produzir mais de um parison, ou por exemplo, duas extrusoras podem ser colocadas lado a lado, de modo que dois parisons são produzidos ao mesmo tempo. Este último sistema apresenta uma maneira muito eficiente de produzir frascos, uma vez que uma alta produção pode ser alcançada num espaço menor, e a possibilidade de decomposição ou degradação é minimizada. Duas extrusoras, cada uma equipada com um cabeçote de fluxo central, produzem um parison continuamente. Os carros se movimentam hidráulicamente num plano inclinado (inclinação de 15°) para apanhar o parison e deslocá-lo, completando a seqüência de produção. O movimento dos carros segue alternadamente para cima e para baixo. Cada carro é equipado com as seguintes unidades: (a) o primeiro molde com a sua unidade de fechamento, (b) o molde de acabamento com unidade de fechamento, (c) a unidade de transferência para transferir os frascos acabados para uma esteira transportadora. Quando um carro se encontra em posição superior o primeiro molde recebe o parison, apertando-o e soldando-o na base para produzir uma pré-forma predeterminada. Com este carro em posição inferior o molde de acabamento recebe a pré-forma para o estiramento, isto é, a orientação longitudinal e o sopro do artigo final. Quando o produto é rígido suficiente, o mesmo é transferido para uma esteira transportadora para refrigeração suplementar e embalagem. Este processo pode ser feito automaticamente. (WHELAN, 1999).

##### 4.10.1 Moldagem por extrusão-estiramento-sopro

Na moldagem por extrusão-estiramento-sopro de peças bio-orientadas, o parison é extrudado e soprado até atingir uma pré-forma. Esta operação é feita em um primeiro estágio. Em seguida, a pré-forma é transferida para um segundo molde, onde é soprada e bio-orientada. O processo é seqüencial e as

garrafas são produzidas em sistemas com troca de moldes (sistema Kautex), ou através de moldes inclinados (sistema Bekum). Ambos os sistemas permitem produção de duas peças por ciclo. (SENAI-RS, 2002).

As vantagens da extrusão-estiramento-sopro sobre a extrusão-sopro convencional para moldagem de plásticos tais como Policloreto de Vinila (PVC) e Polipropileno (PP), são:

- melhor transparência e brilho;
- maior rigidez, resultando em garrafas mais leves e com economia de matéria-prima;
- menor permeabilidade a gases;
- maior capacidade de produção de peças.

Obs.: não há necessidade de uso de modificadores de impacto em garrafas moldadas em PVC.

#### 4.10.2 Moldagem por injeção-estiramento-sopro

O processo básico começou com a injeção de um disco ou, em alguns casos, de uma pequena vasilha ou tubo (pré-forma). Esta pré-forma é transferida para um segundo molde, onde um pistão estira o disco (a pré-forma), forçando-o a penetrar na cavidade do molde. Em seguida, ocorre o sopro de ar, forçando o parison a assumir a forma do molde. Em alguns casos, pode-se usar vácuo ao invés de sopro de ar. (SENAI-RS, 2002).

Processo associado com PET e usado para a embalagem de bebidas carbonatadas, a exemplo dos refrigerantes. Processos de um ou dois estágios estão sendo utilizados. Em caso de utilização do de dois estágios existe a possibilidade de relaxamento da pré-forma moldada por injeção, com isso espera-se que elementos voláteis expostos ao tempo sofram uma difusão na pré-forma. As pré-formas de parede grossa (parison) são moldadas por injeção em moldes de múltiplas cavidades a taxas elevadas de produção. No processo de um estágio a pré-forma é reaquescida até a temperatura de estiramento, após a refrigeração apropriada das camadas externas (mediante contato com a cavidade do molde ou numa estação de condicionamento). O restante do tratamento é igual como descrito em ESBM. O processo de dois estágios permite maior flexibilidade de produção - a pré-forma pode ser produzida em um local e soprada em outro. Processos de um estágio não permitem uma produção tão alta, mas economizam energia, já que a parte de reaquescimento pode ser evitada. (WHELAN, 1999).

#### 4.11 Moldagem por coextrusão e sopro

Este processo necessita de equipamento capaz de produzir vários *parisons* sobrepostos para a extrusão de um *parison* de múltiplas camadas. Quer dizer, o *parison* final é composto de várias camadas de plástico.

Monoextrusão, também conhecido como extrusão de uma camada, significa o processo onde apenas um material plástico é extrudado. Coextrusão, em termos exatos, significa o processo em que dois materiais plásticos são extrudados, porém este termo também é utilizado na extrusão de dois ou mais materiais. (WHELAN, 1999).

A moldagem por sopro com multicamadas refere-se à moldagem de produtos que contêm várias camadas de plásticos em suas paredes. As camadas podem ser do mesmo material, materiais coloridos e não coloridos, material virgem e reciclado e, por último, de diferentes materiais. O desenvolvimento da tecnologia de coextrusão é outro importante evento que tira

vantagens das propriedades únicas dos materiais plásticos. Este processo torna possível combinar materiais com várias características particulares, para criar um produto final extremamente útil para uma aplicação específica. Além disto, as várias camadas da estrutura podem ser otimizadas para um melhor balanço entre propriedades/custo.

Atualmente, o uso de artigos moldados pelo processo de coextrusão-sopro é muito grande. O objetivo principal das multicamadas é a integração de propriedades de diferentes materiais termoplásticos em uma única embalagem. A coextrusão tem encontrado excelente mercado na indústria alimentícia, devido à sua potencialidade de conjugar propriedades como transparência ou opacidade, resistência mecânica, rigidez ou flexibilidade, assim como barreira contra gases e contra umidade. (SENAI-RS, 2002).

Estes recipientes são usados muitas vezes para a embalagem de sucos de frutas ou molhos. Na indústria de embalagem o comportamento organoléptico é importante; quer dizer, uma alteração do gosto causada pela absorção de elementos como oxigênio ou água. Se uma embalagem deve apresentar uma vida de armazenamento determinada para o conteúdo, é necessário conhecer a taxa de acesso de oxigênio ou água que pode ser tolerada pelo produto, antes de acontecer uma alteração significativa de gosto. Embalagens de produtos químicos prometem ser uma área de aplicação significativa, no momento elas possuem um volume de 5 a 10 litros de capacidade. Em tais aplicações propriedades de estabilidade dimensional e resistência são importantes; assim como, testes de queda a temperaturas baixas (por exemplo -18 °C), testes de estabilidade dimensional e testes de empilhamento. (WHELAN, 1999).

O princípio da coextrusão, de três camadas por exemplo, consiste em que entre duas camadas de um material de suporte ou estrutura (por exemplo uma poliolefina) haja uma finíssima camada de um segundo material com excelentes propriedades de barreira (EVOH, PVDC, etc). Nesse caso, o material de suporte que representa cerca de 80% em peso da peça, promove a barreira contra a umidade, boa resistência mecânica, boa rigidez e baixo custo de matéria-prima, enquanto que o material de barreira que é bem mais caro impede a passagem de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e aromatizantes, entre outros. Obtém-se então uma embalagem que possibilita uma excelente vida útil para alimentos, aliviando assim os sérios problemas de perdas de alimentos por degradação. Para que se permita uma boa fixação entre camadas de materiais distintos, é utilizada entre elas uma fina camada de um agente de ligação ou material de adesão (ionômeros). (SENAI-RS, 2002).

O processo de coextrusão-sopro é semelhante ao de mono-extrusão-sopro, com a diferença que na coextrusão cada material é plastificado em uma extrusora específica. Cada extrusora homogeneiza e plastifica o seu material em condições específicas de trabalho, e o introduz num único cabeçote que receberá também todos os outros materiais. (SENAI-RS, 2002).

A razão principal para o uso da coextrusão é o melhoramento da permeabilidade. Porém, este processo é utilizado também por outras razões, já que o emprego de mais de uma camada pode economizar material plástico e materiais para pigmentação (coloração). Por exemplo, em alguns casos pode ser necessário somente colorir a parte externa do recipiente. Em outros casos, com a utilização de pigmentos perolados na camada externa, a remoção deste pigmento na parte interna melhora a qualidade da solda. Colocando rebarbas ou material reciclado como camada de enchimento a vantagem é óbvia e é uma maneira de recuperar recipientes de plástico. (WHELAN, 1999).

## 5 VARIÁVEIS DE PROCESSAMENTO

O processamento tem três variáveis básicas que quando modificadas, alteram a qualidade do corpo soprado:

- temperatura da massa fundida,
- temperatura do molde,
- temperatura de formação da pré-forma (SENAI-RS, 2002).

## 6 VARIÁVEIS DA RESINA

As variáveis de desempenho da resina são:

- intumescimento e estiramento da pré-forma;
- ciclo;
- resistência à quebra por tensão ambiental (RQTA);
- resistência ao impacto;
- fratura do extrudado (SENAI-RS, 2002).

### 6.1 Intumescimento e estiramento da pré-forma

Razão de intumescimento é a relação do diâmetro da pré-forma e o diâmetro externo do lábio da matriz. Razão de estiramento é a relação da espessura da pré-forma e o lábio da matriz. Quando a pré-forma deixa a matriz, ela se livra de tensões impostas pelo processamento e começa a cair por gravidade. Nesta condição a pré-forma incha e se alonga. O que influi no intumescimento e estiramento pode ser:

- Distribuição do peso molecular - mais larga maior o intumescimento,
- Temperatura da massa - menor a temperatura maior o intumescimento e menor o estiramento,
- Tempo de formação da pré-forma - mais rápido o ciclo, maior o intumescimento e menor o estiramento. (SENAI-RS, 2002).

Quanto maior o índice de fluidez e menor a densidade, maior o estiramento. Em outras palavras, a resina com índice de fluidez maior que 1,5 não é indicada para o processo de moldagem por sopra. Resinas com índice de fluidez menor ou igual a 1,0 são aplicáveis.

### 6.2 Ciclo

O ciclo é função da temperatura da massa, menor a temperatura menor o ciclo. A velocidade do ciclo é pilotada pela velocidade de resfriamento das regiões de maior espessura, onde o molde precisa ter a área mais fria possível. Resinas com maior índice de fluidez possibilitam ciclos mais rápidos, da mesma forma peças com paredes finas podem ser fabricadas com ciclos mais rápidos.

### 6.3 Resistência à quebra por tensão ambiental (RQTA)

Resinas de menor densidade e índice de fluidez são as mais empregadas na fabricação de peças que requerem alta RQTA. Baixa temperatura do fundido prejudica a resistência, com alta temperatura do molde a resina se resfriará mais lentamente, aumentando a cristalinidade do corpo enfraquecendo-o. (SENAI-RS, 2002).

## 6.4 Resistência ao impacto

A resistência ao impacto é a habilidade do corpo suportar uma queda livre sem se romper. As propriedades da resina que melhoram a resistência sem se romper são:

- Baixo índice de fluidez,
- Baixa densidade,
- Distribuição do peso molecular estreita.

## 6.5 Fratura do extrudado

A descontinuidade de fluxo na saída do lábio da matriz gera rugosidade na superfície da pré-forma e seqüencialmente no moldado. Resina com menor índice de fluidez e distribuição do peso molecular estreita provoca com mais facilidade este fenômeno. Os fatores que podem influir negativamente também na pré-forma podem ser (FIG. 9):

- Redução do tempo de formação da pré-forma
- Desenho do conjunto bucha e mandril (SENAI-RS, 2002).

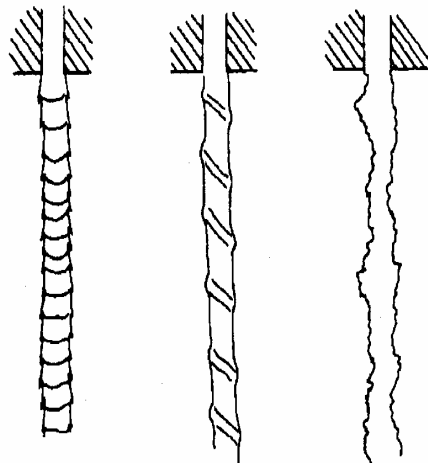


Figura 9 – Ilustração de fraturas no extrudado  
Fonte: (SENAI-RS, 2002)

## Conclusões e Recomendações

Vimos que o processo de transformação de plásticos por sopro geralmente é aplicado para a produção de artigos ocios como frascos e vasilhames. Apresenta-se como um processo no qual a resina fundida com auxílio do calor é forçada a passar por uma matriz para se obter o *parison* e na seqüência é abraçado por um molde que sofrerá a introdução de ar comprimido para forçar o material plástico amolecido contra as paredes do molde até alcançar a forma final desejada, ou ainda pelo processo injeção sopro, onde a diferença seria a pré-forma produzida pelo processo de injeção termoplástica substituindo o *parison*. O processo de transformação de plásticos por sopro é amplamente utilizado atualmente por diversos segmentos, como o alimentício, limpeza, químico, automotivo, entre outros. Trata-se de um processo que pode ser preparado para atender ao mercado com excelente razão de custo/benefício seja aplicado para demandas de pequenos ou grandes lotes. Vários tipos de plásticos podem ser empregados para este processo, desde que atenda as especificações exigidas para esta forma de processamento e necessariamente às expectativas do cliente.

## Referências

- FVR MÁQUINAS. **Molde para sopro**. Atibaia, [20--?]. Disponível em: <<http://www.fvrmaquinas.com.br/posts/moldes/>>. Acesso em: 10 jun. 2011.
- INSTITUTO AVANÇADO DO PLÁSTICO. **Tecnologia moderna de moldagem por sopro**. São Bernardo do Campo, [20--?]. Disponível em: <<http://www.planetaplastico.com.br/apostilas/apostilas/details/details2.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2011.
- PORTAL DA EMBALAGEM. **Romi leva sopradora e injetora para Interplast 2010**. [São Bernardo do Campo], [2010?]. Disponível em: <<http://www.portaldaembalagem.com.br/noticias/2010/068/2/index.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2011.
- ROMAN, Ademar. Moldagem por sopro. In: \_\_\_\_\_. **Polietileno PEBD: processos de transformação**. [S.l.]: ROMANPLAST, [20--]. cap. 6. Disponível em: <[http://www.romanplast.com.br/capitulo\\_06.pdf](http://www.romanplast.com.br/capitulo_06.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2011.
- ROMI. **Sopradoras para termoplásticos**. Santa Bárbara d'Oeste, [2011]. Disponível em: <[http://www.romi.com/fileadmin/Editores/IP/Catalogos/Portugues/cat\\_compacta\\_maio\\_2011.pdf](http://www.romi.com/fileadmin/Editores/IP/Catalogos/Portugues/cat_compacta_maio_2011.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2011.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. SENAI-RS. **Introdução ao mundo do plástico: processos de transformação do plástico**. Porto Alegre: NEAD/Escola de Educação Profissional SENAI Nilo Bettanin, 2011.
- \_\_\_\_\_. Escola de Educação Profissional SENAI Nilo Bettanin. **Moldagem por sopro**. Esteio: SENAI-RS, 2002. Material didático.
- SILVA JR, Paulo Edson da; ALEX, Cristiano. **Processamento de polímeros: introdução**. [Belo Horizonte], [20--]. Disponível em: <<http://www.demet.ufmg.br/docentes/rodrigo/processamento.htm>>. Acesso em: 07 jun. 2011.
- SOUZA, Creusa. **Dispositivo de corte de Parison: faca quente**. [S.l.], [20--]. Disponível em: <[http://artigos.netsaber.com.br/resumo\\_artigo\\_3952/artigo\\_sobre\\_dispositivo\\_de\\_corte\\_de\\_pari\\_son\\_%E2%80%93\\_faca\\_quente](http://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_3952/artigo_sobre_dispositivo_de_corte_de_pari_son_%E2%80%93_faca_quente)>. Acesso em: 13 jun. 2011.
- WHELAN, Tony. **Manual de moldagem por sopro da Bekum**. Camaçari: Politeno, 1999.

## Nome do técnico responsável

João Claudio H. Otterbach – Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial

## Nome da Instituição do SBRT responsável

SENAI – RS / Escola de Educação Profissional SENAI Nilo Bettanin

## Data de finalização

29 set. 2011