
 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção 

PRO 3610 – Métodos e Meios de Produção

Processos – Paredes Finas e Cavidades

Prof. Dr. Fausto L. Mascia

1

 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção 

Vidro soprado artesanal

Produção de itens únicos



2

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Vidro soprado artesanal

Produção de itens únicos



3

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Vidro soprado artesanal

Produção de itens únicos



4

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

Vidro soprado artesanal

Produção de itens únicos



5

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

Vidro soprado e moldagem por sopro

Massa de vidro (areia de sílica + carbonato de sódio + carbonato de cálcio) em molde. 1º. Estágio sopro gargalo; 2º. Estágio sopro corpo.

Gargalo estreito.
Velocidade de produção elevada.

Grandes lotes. Custo do ferramental elevado.
Bom acabamento. Restrição quanto ao volume de altura.



1. Gob dropped into blank mould
2. Neck formed
3. Blank blown
4. Blank shape
5. Blank transferred to blow mould
6. Final shape blown
7. Finished bottle

6

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Vidro soprado e moldagem por sopro



7

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Vidro soprado e moldagem por sopro



8

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

Vidro prensado e moldagem por sopro

Massa de vidro (areia de sílica + carbonato de sódio + carbonato de cálcio) em molde. 1º. Estágio prensagem; 2º. Estágio sopro.

Vasilhames de boca larga.
Velocidade de produção elevada.

Grandes lotes. Custo do ferramental elevado.
Bom acabamento. Restrição quanto ao volume 300mm de altura.

1. Gob dropped into blank mould
2. Plunger presses blank shape
3. Blank pressed
4. Blank shape
5. Blank transferred to blow mould
6. Final shape blown
7. Finished jar

9

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

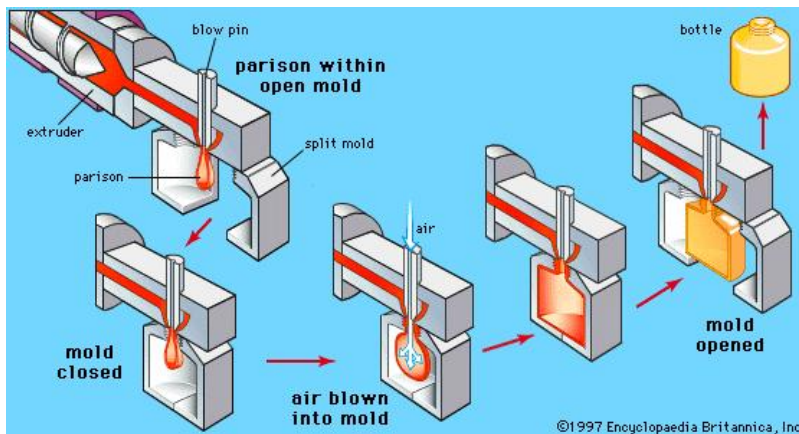
Vidro prensado e moldagem por sopro

10



Moldagem de plástico por sopro

Pré formado (tubo) em um molde bipartido.
Molde fecha; ar soprado; material se expande contra a cavidade do molde.



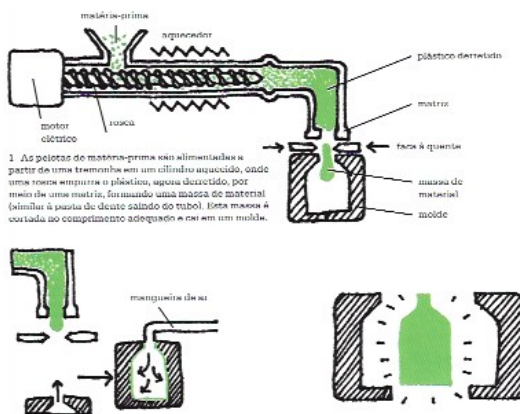
11



Moldagem por injeção com extrusão

Plástico extrudado (em pedaços) colocado em molde;

Ar injetado forçando o plástico contra as paredes do molde.
Menor volume de produção. Menor custo.



12



Injeção por sopro de plástico com moldagem e estiramento

Processo similar à moldagem de plástico por sopro, porém em duas etapas.

Diferença: peça pré formada é colocada no molde;

Ar injetado forçando o plástico contra as paredes do molde.

Permite a moldagem de detalhes mais complexos como a rosca no gargalo.

A peça pré moldada oferece um grau de maior estabilidade e controle sobre a espessura.

Fabricação de garrafas PET (bebidas com gás)

13



Injeção por sopro de plástico

Moldagem em duas etapas: peça pré-formada colocada na cavidade ; ar é inflado, plástico se expande contra as paredes.

Formas mais complexas ao redor do gargalo da peça.



14



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

PRO

Moldagem por imersão

Molde mergulhado em um banho de polímero líquido; deixa curar e retira-se a membrana formada no molde.

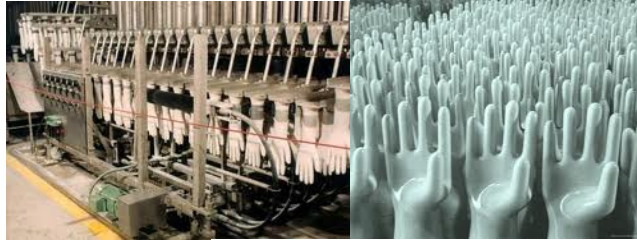
PVC, látex, poliuretano, elastômero e silicones.

Heat Mold
Oven
Dipping
Liquid Polymer
Fusing
Oven
Cooling
Water
Stripping

16



Moldagem por imersão



17



Moldagem por imersão



18

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Moldagem por imersão



19

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Moldagem por imersão



20



Rotomoldagem

Adição de polímero em pó em matriz fria
Aquecimento da matriz, girada em dois eixos.
O polímero adere às paredes da matriz e cria uma forma oca.
Resfriamento da matriz (ar ou água) e retirada do produto.

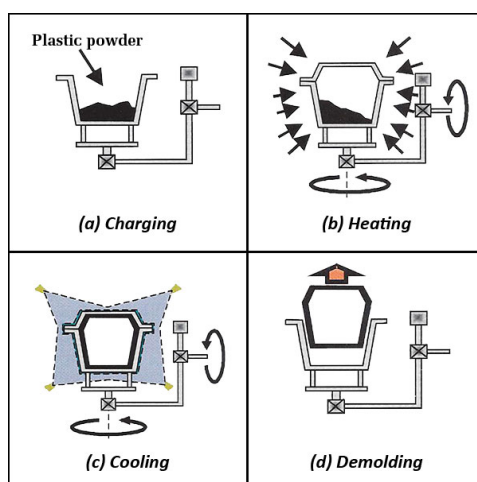
Volumes de produção variados.
Menor custo – moldes mais simples – custo unitário baixo.
Peças de pouca complexidade.
Espessura de 2mm à 15 milímetros.

Tamanhos variados.

21



Rotomoldagem



22



Rotomoldagem



23



Rotomoldagem



24



Rotomoldagem



25



Rotomoldagem



26

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção






Rotomoldagem



27

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

Conformação Hidrostática de Metais

Aplicação de força com solução de água e óleo em cilindro ou qualquer outra peça fechada.

Pressão elevada (até 15.000 psi – 1.034 bar)



Tubos e cilindros são as formas mais comuns para este processo.

Escala de produção elevada.

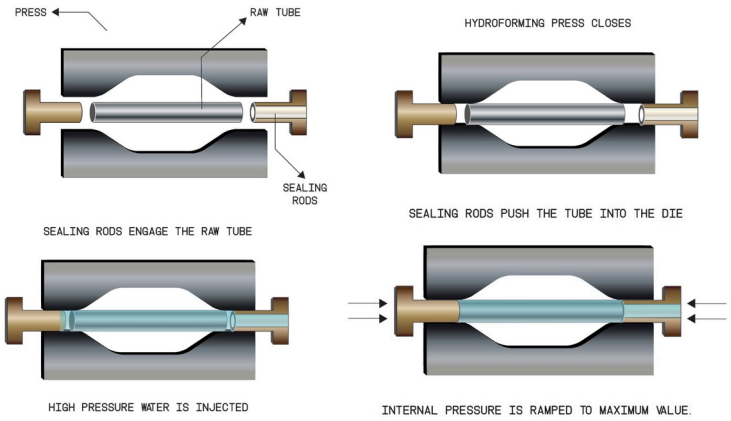
Acabamento razoável.

28

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

Conformação Hidrostática de Metais



PRESS ← RAW TUBE SEALING RODS

HYDROFORMING PRESS CLOSES

SEALING RODS ENGAGE THE RAW TUBE



SEALING RODS PUSH THE TUBE INTO THE DIE

HIGH PRESSURE WATER IS INJECTED

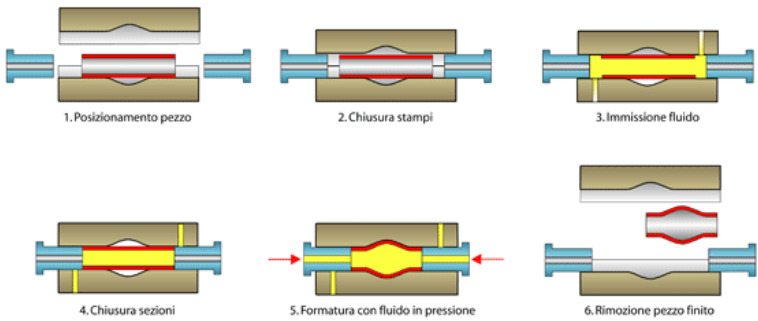
INTERNAL PRESSURE IS RAMPED TO MAXIMUM VALUE.

29

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

Conformação Hidrostática de Metais



1. Posizionamento pezzo

2. Chiusura stampi

3. Immissione fluido



4. Chiusura sezioni

5. Formatura con fluido in pressione

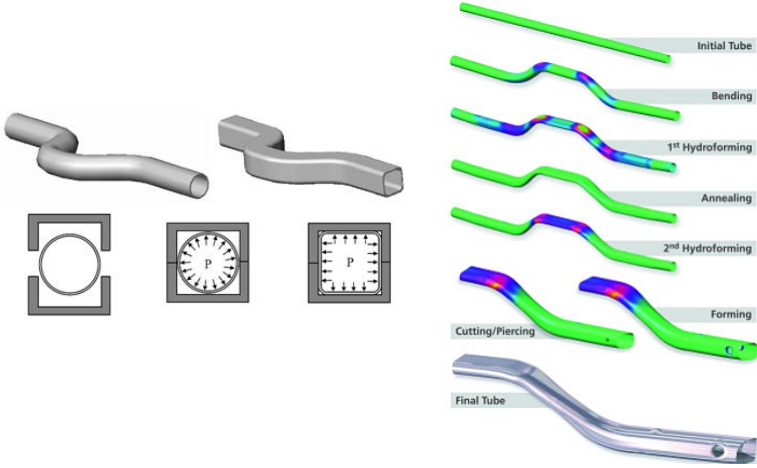
6. Rimozione pezzo finito

30

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Conformação Hidrostática de Metais



Initial Tube
Bending
1st Hydroforming
Annealing
2nd Hydroforming
Forming
Cutting/Piercing
Final Tube

31

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Conformação Hidrostática de Metais



32

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção





Conformação Hidrostática de Metais



33


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Extrusão Reversa por Impacto

Processo de conformação à frio

Dois tipos:
Reversa – para fabricar formas ocas
Por impacto – formas de seção cheia



34



Extrusão Reversa por Impacto

Processo adequado para produção em grandes quantidades.

Ferramental não é caro.

Limitação de tamanho – peças de até 1 Kg

Principal material – alumínio.

