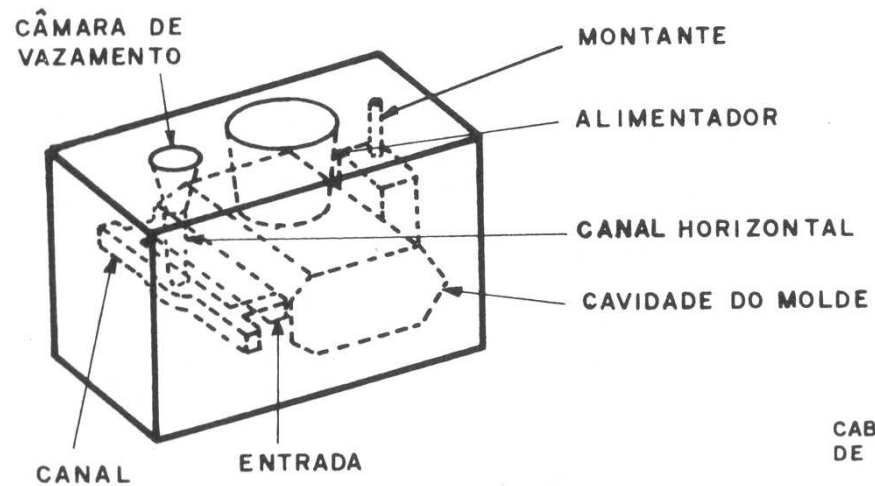


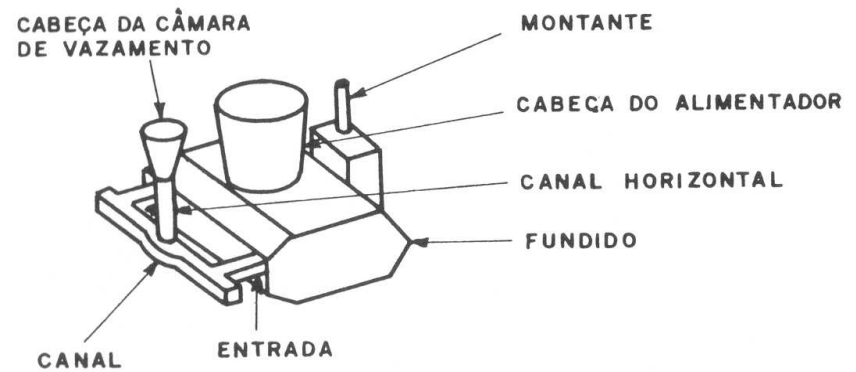


Processos de Fundição

O Molde

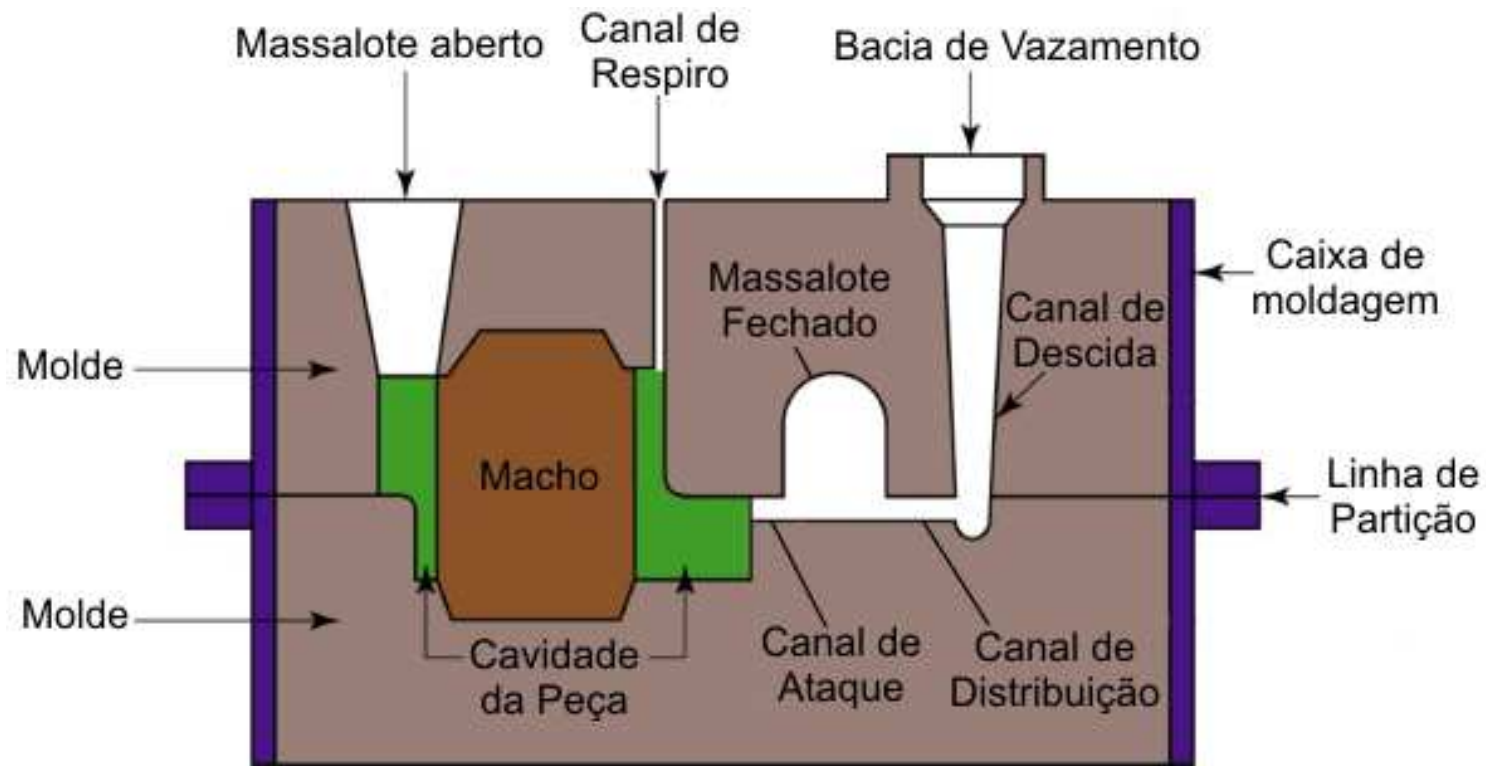


CAVIDADE DO MOLDE



PEÇA FUNDIDA

O Molde (partes básicas)





Tipos de Moldes

- Colapsáveis – são quebrados para retirada das peças
 - 1 molde = 1 peça ou conjunto de peças
- Permanentes – são abertos para retirada das peças e reutilizados
 - 1 molde = milhares de peças



Tipos de Moldes

- Colapsáveis (as cavidades são feitas utilizando-se modelos)
 - Areia
 - Gesso
 - Cerâmicos
- Permanentes (as cavidades são feitas por usinagem)
 - Aço
 - FoFo
 - Cobre
 - etc.



Moldagem em areia

- Areia com ligantes:
 - Areia + bentonita (areia verde)
 - Areia + cimento
 - Areia + ligante de cura a frio
 - Silicato de sódio, resinas orgânicas
 - Areia + ligante de cura a quente
 - Resinas orgânicas
- Areia sem ligantes



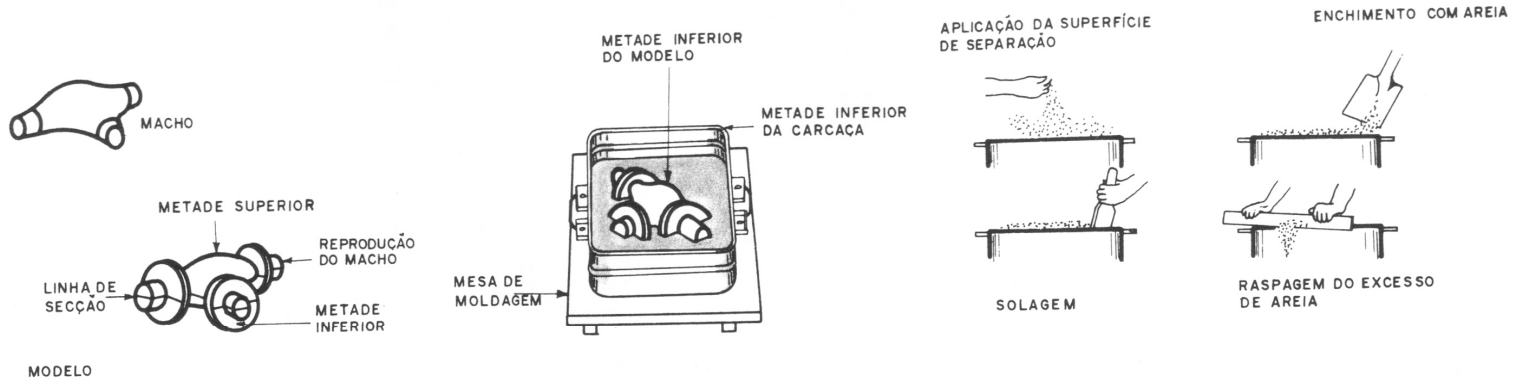
Modelos

- Materiais
 - Madeira
 - Metálicos
 - Poliméricos
- São montados em placas de moldagem, os mais comuns são os bipartidos

Características dos materiais usados em modelos

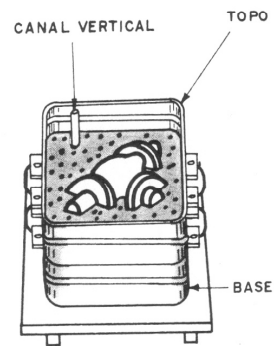
TABLE 11.3					
Characteristic	Rating ^a				
	<i>Wood</i>	<i>Aluminum</i>	<i>Steel</i>	<i>Plastic</i>	<i>Cast iron</i>
Machinability	E	G	F	G	G
Wear resistance	P	G	E	F	E
Strength	F	G	E	G	G
Weight ^b	E	G	P	G	P
Repairability	E	P	G	F	G
Resistance to:					
Corrosion ^c	E	E	P	E	P
Swelling ^c	P	E	E	E	E
aE, Excellent; G, good; F, fair; P, poor.					
bAs a factor in operator fatigue.					
cBy water.					
<i>Source: D.C. Ekey and W.R. Winter, Introduction to Foundry Technology. New York.</i>					
McGraw-Hill, 1958.					

Moldagem em Caixa (*areia verde ou cura a frio*)

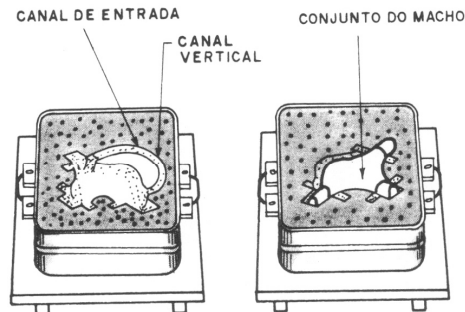


1. A PARTE INFERIOR DO MODELO É COLOCADA SOBRE A MESA DE MOLDAGEM, NA PARTE INFERIOR DA CARÇAÇA

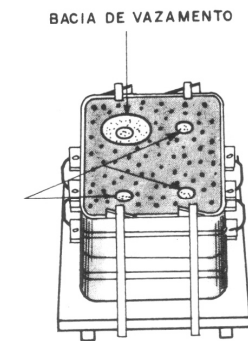
2. PREPARAÇÃO DA METADE INFERIOR DO MOLDE



3. A METADE INFERIOR DO MOLDE É INVERTIDA, E A METADE SUPERIOR DO MODELO E DA CARÇAÇA SÃO FIXADAS NA POSIÇÃO.



5. A CARÇAÇA É SEPARADA, OS MODELOS SÃO REMOVIDOS, O MACHO É POSICIONADO E ENTÃO, AS CAIXAS SÃO FECHADAS.



6. QUANDO AS CAIXAS SÃO FECHADAS E FIXADAS LATERALMENTE, O CONJUNTO ESTÁ PRONTO PARA O VAZAMENTO.

4. A METADE SUPERIOR DO MOLDE É PREPARADA DA MESMA FORMA QUE ANTERIORMENTE.



Areia verde

- Areia lavada e com granulometria controlada (classificada segundo a AFS)
- Bentonita (mistura de argilominerais, principalmente montmorilonita)
- Água
- Aditivos: grafite (lubrificante), amido, etc.
- Composição típica: 80% areia, 15% bentonita e 5% água



Variações

- Molde estufado
 - molde originalmente de areia verde mas seco em estufa
- Molde seco ao ar
 - molde originalmente de areia verde mas com a superfície seca ao ar
- Molde seco à chama ou ar quente
 - molde originalmente de areia verde mas com a superfície seca por chama ou passagem forçada de ar quente



Vantagens e desvantagens da areia verde

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">- É o molde mais barato de todos- Há menor distorção porque não precisa ser aquecido- As caixas de moldagem podem ser rapidamente reutilizadas- Boa estabilidade dimensional- Menor incidência de trincas a quente- A areia é mais facilmente reciclada	<ul style="list-style-type: none">- Controle da areia é mais difícil do que nos outros processos- Maior erosão quando as peças fundidas são de maior tamanho- Menor acabamento superficial que piora para peças maiores- Menor precisão dimensional que diminui com o tamanho da peça



Areia com resina de cura a frio

- Areia + Resina + catalisador
- Exemplos de resinas usadas
 - Fenólicas
 - Furânicas
 - Poliuretânicas
 - Resol-éster
 - Alquídica-uretânica
 - Poliuretano vegetal (biodegradável)

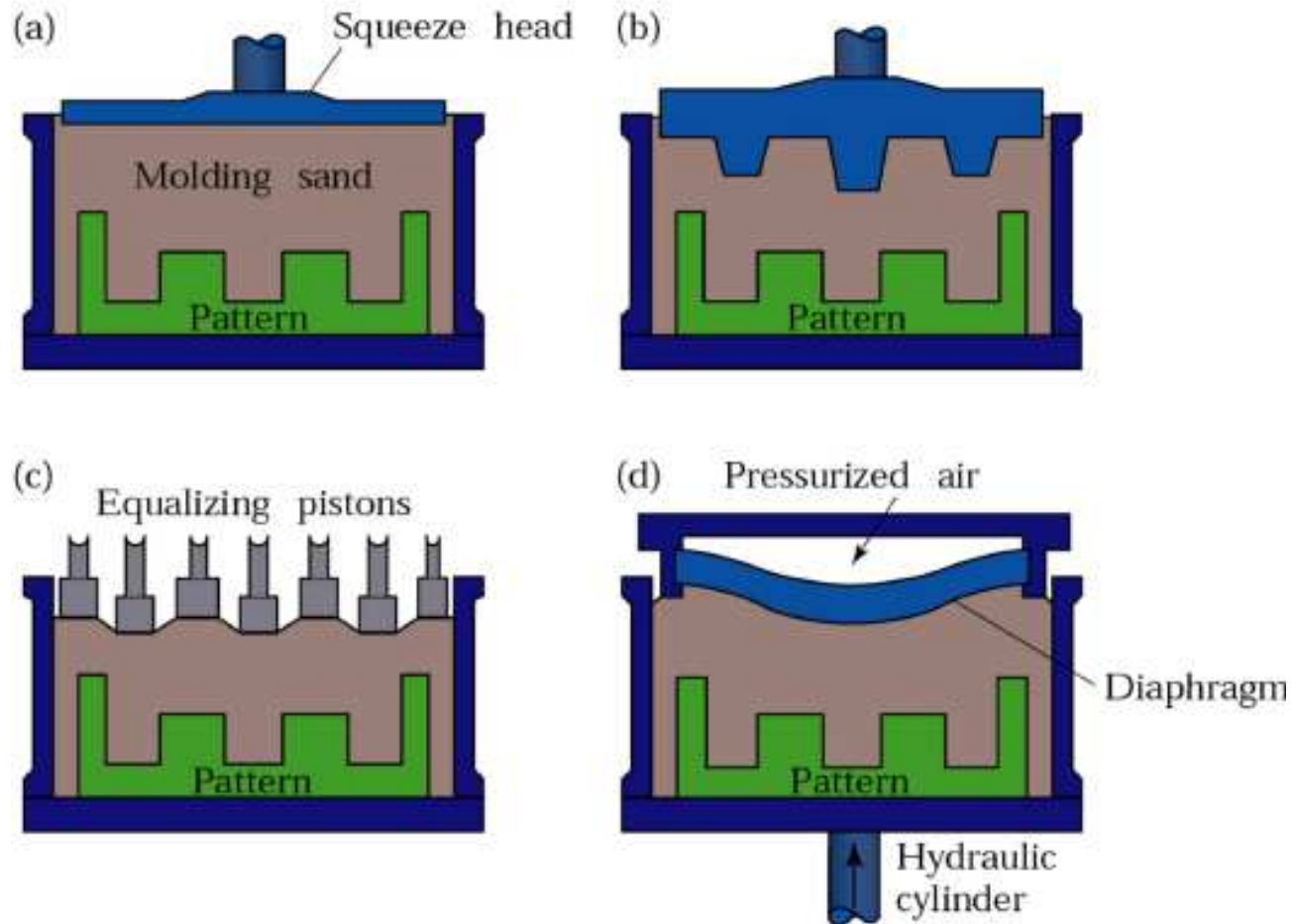


Vantagens e Desvantagens

- Vantagens
 - Melhor acabamento superficial
 - Maior resistência do molde (peças maiores)
 - Maior resistência à erosão
- Desvantagens
 - Maior custo do molde
 - Maior tempo de moldagem
 - Várias resinas são tóxicas
 - Dificulta a reciclagem da areia
 - Problemas ambientais com descarte

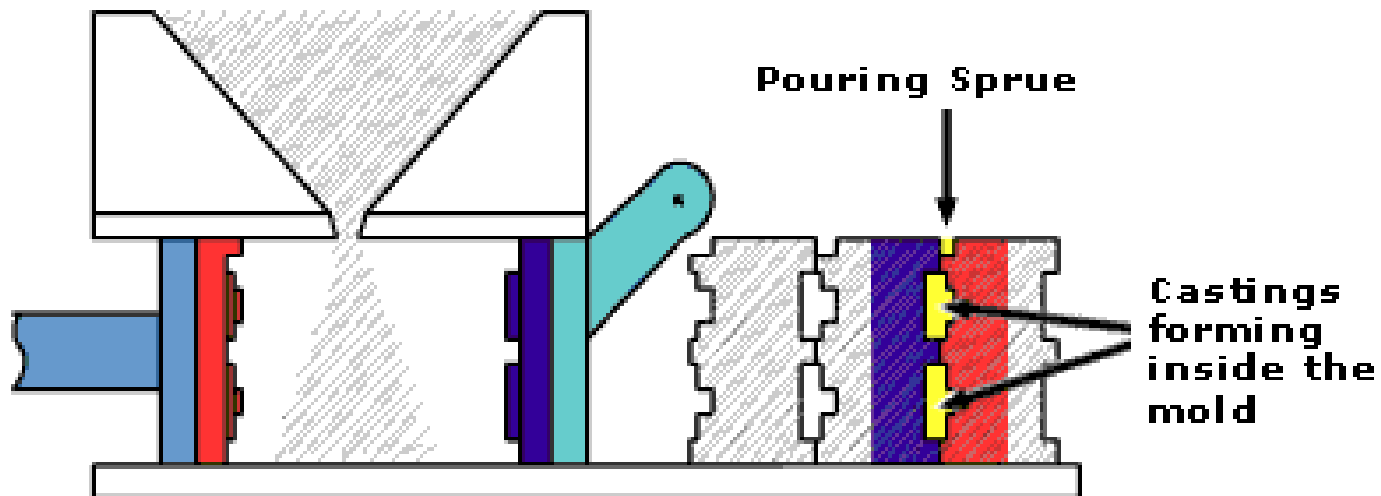
Moldagem em areia

Compactação Automatizada



Moldagem em areia sem caixa

Automação (processo Disamatic)

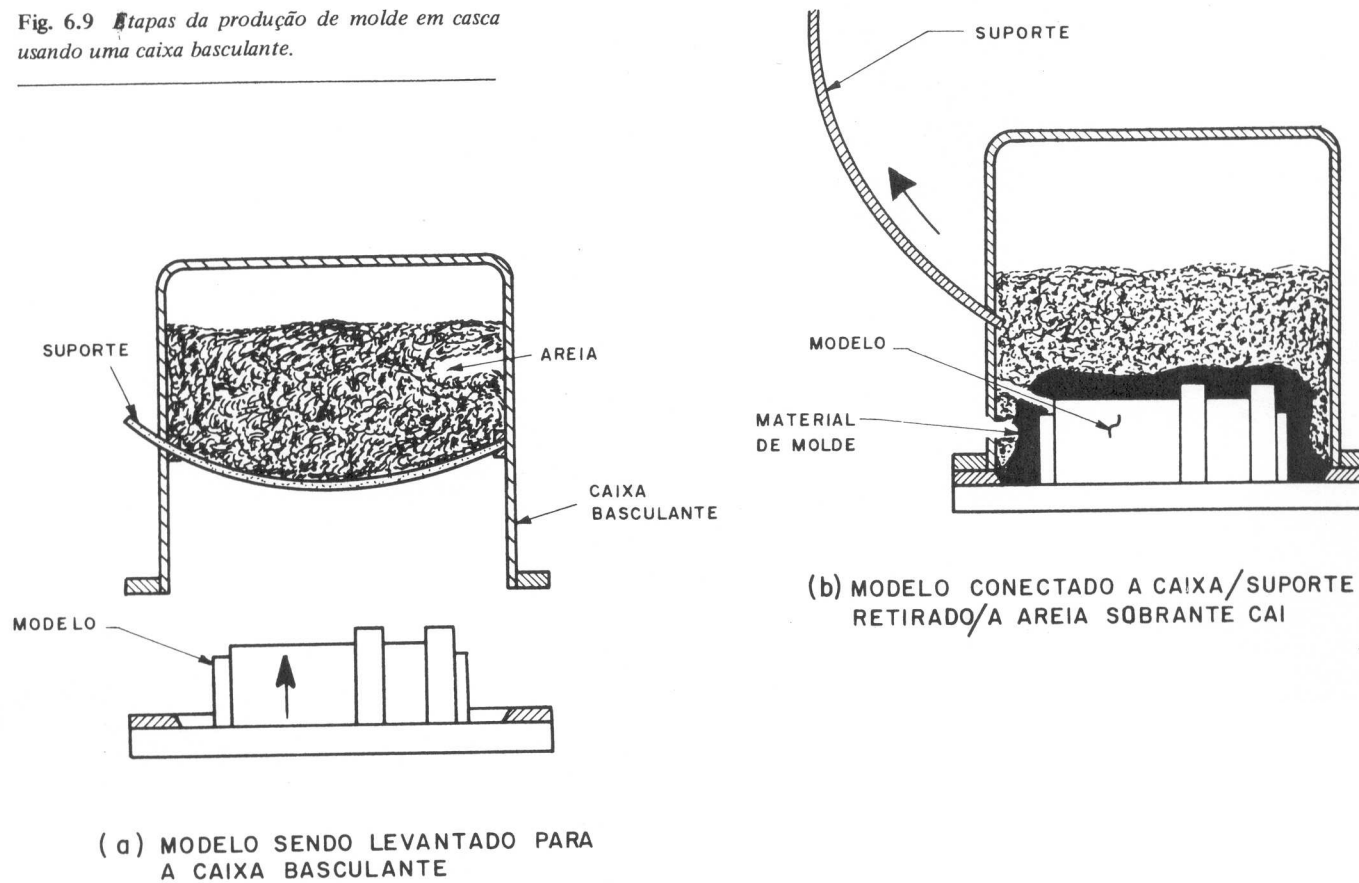


Sand enters the Molding Chamber for the next mold.
Iron is poured into the pouring sprue on top of the
formed molds.

Moldagem em Casca

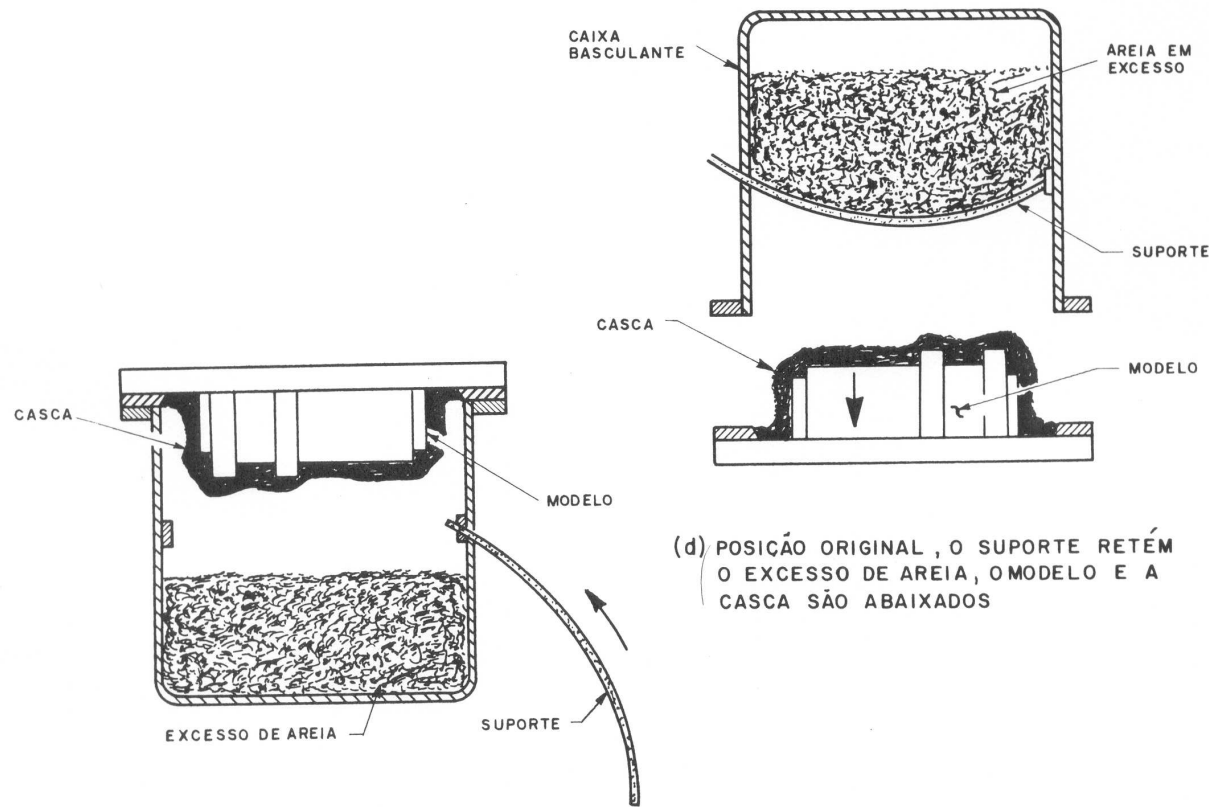
Shell Molding (cura a quente)

Fig. 6.9 Etapas da produção de molde em casca usando uma caixa basculante.



Moldagem em Casca

Shell Molding (cura a quente)



Exemplo



Molde para virabrequim fundido



Vantagens e Desvantagens

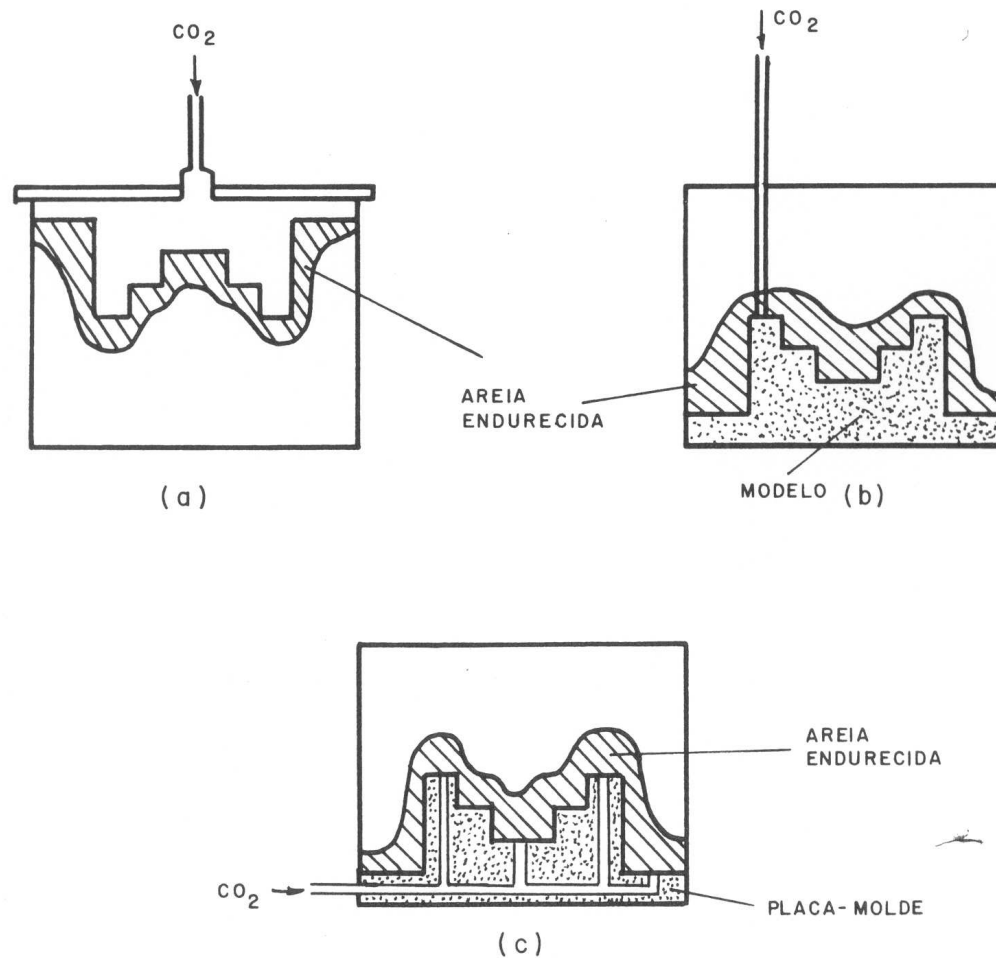
- Vantagens
 - Melhor acabamento superficial
 - Maior velocidade de produção
 - Pode ser automatizado
 - Maior resistência à erosão
 - Menor quantidade de areia na moldagem
 - Moldes mais leves
- Desvantagens
 - Maior custo de equipamento e modelos
 - Limitado a peças bipartidas
 - Dificulta reciclagem da areia
 - Resina é tóxica
 - Problemas ambientais com descarte



Areia com resina de cura a quente

- Muito usada na confecção de machos
- Machos são moldados em caixas (box)
 - Warm-box (caixa-morna)
 - Resinas furânicas ou álcool furfurílico
 - Catalisadores: sais de cobre
 - Hot-box (caixa-quente), requer aquecimento posterior à moldagem
 - Resinas fenólicas ou furânicas
 - Catalisadores: cloretos e nitratos
 - Obs.: são resinas similares ao processo *shell*

Molde Soprado (areia de cura a frio com gás)





Areia de cura a frio com gás

- Muito usada da fabricação de machos
- Machos moldados em caixas (cold-box)
- Areia + ligante + gás
 - ligante inorgânico
 - Silicato de sódio + CO₂
 - ligante orgânico
 - Resina Fenoluretânica + vapor de amina (dimetilamina ou trimetilamina)
 - Resina Epoxiacrílica + dióxido de enxofre



Vantagens e desvantagens

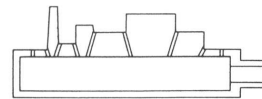
- Vantagens
 - Melhor acabamento superficial
 - Melhor colapsabilidade do molde
 - Melhor resistência à erosão
 - Maior produtividade
 - Areia que não sofreu ação do gás pode ser reutilizada
- Desvantagens
 - Maior custo do molde e equipamento
 - Resinas e gases tóxicos
 - Difícil reciclagem da areia que foi curada
 - Problemas ambientais com descarte



Filmes

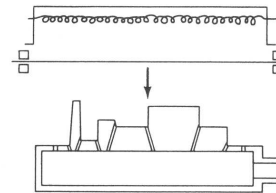
- [Link 1](#)
- [Link 2](#)

Moldagem a vácuo (areia sem ligante)



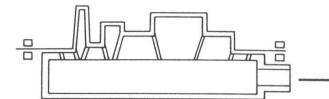
Set the pattern on the hollow carrier plate. The pattern has numerous vent holes, which help the plastic film conform when vacuum is applied.

Step 1



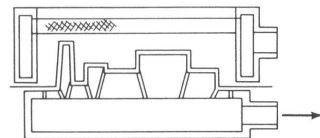
A heater softens the thin plastic film. It is 0.05 to 0.10 mm thick and has good elasticity and a high plastic deformation ratio.

Step 2



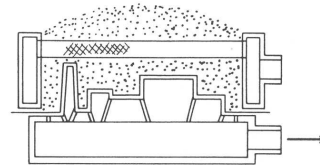
The softened film drapes over the pattern, and 200 to 400 torr vacuum suction acts through the vents to draw it down so that it adheres closely to the pattern.

Step 3



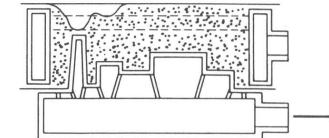
The flask is set on the film-coated pattern. Note that the flask has a suction pipe at right. This setup could also be vertical, with flask on both sides of the pattern.

Step 4



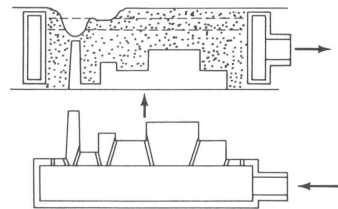
The flask is filled with dry sand (two-screen: 70 mesh and 270 mesh, for maximum compaction). Slight vibration quickly compacts the sand to peak density.

Step 5



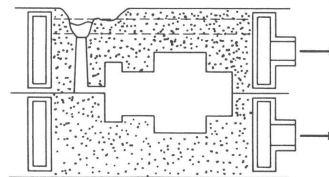
Form the sprue cup. Level the mold. Cover the sprue opening with plastic film and lay on plastic backing film to overlap flask.

Step 6



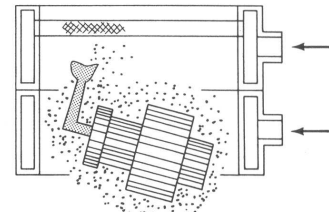
Apply vacuum to the flask. Atmospheric pressure hardens the sand, which retains the pattern form. Release the vacuum on pattern carrier plate and mold strips easily.

Step 7



Cope and drag (or left and right for vertical molding) are assembled, forming a sprued plastic-lined cavity. During pouring, molds are kept under vacuum.

Step 8



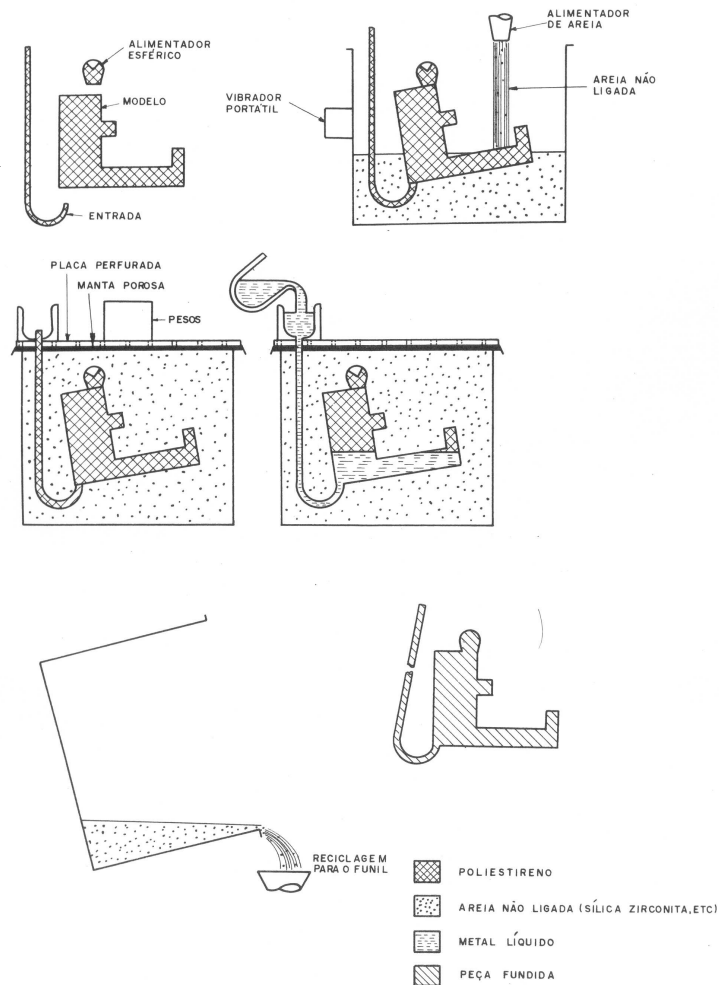
After cooling, the vacuum is released, and the free-flowing sand drops away, leaving a clean casting. There are no lumps, no burn-in. Sand is cooled for reuse.

Step 9

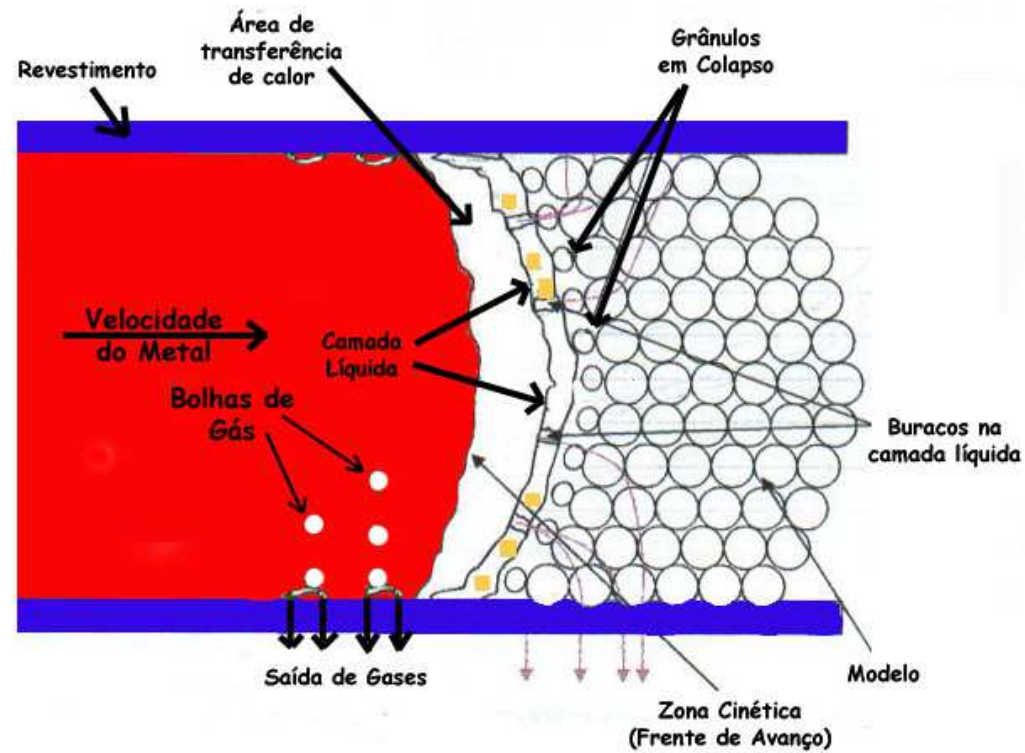
ig. 9 Elementary sequences in producing V-process molds

Molde cheio *lost-foam* (areia sem ligante)

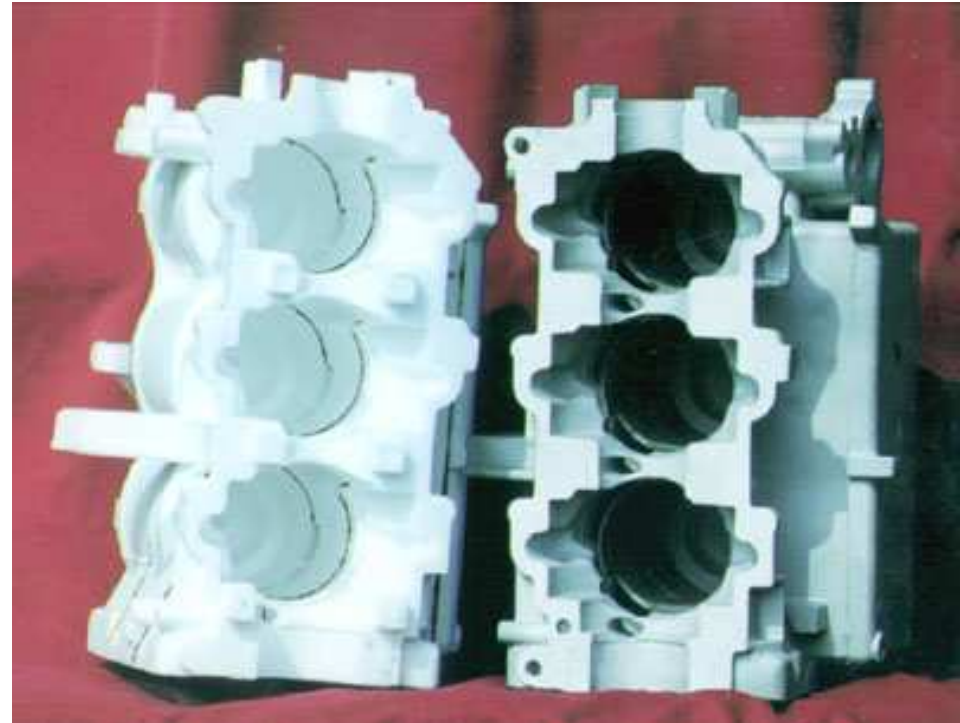
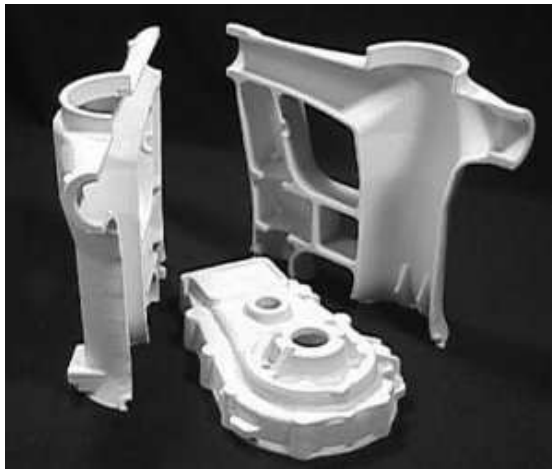
PS expandido
(isopor)



Molde cheio (lost-foam)



Molde cheio (lost-foam)





Comparação entre processos

Processo	Limites de peso	Menor secção (mm)	Acabamento superficial (μm)	Tolerância dimensional Dimensão de x (mm)
Areia	30g a 200T	3 a 6	4 a 8	0,005x a 0,03x
Casca	30g a 120Kg	1,5 a 3,5	2,5 a 6	0,01x a 0,025x
Gesso	100g a 50Kg	1,5	1	0,005x
Cera Perdida	2g a 25Kg	0,8 a 1	1	0,003x a 0,005x
Molde Cheio	-	-	-	0,002x a 0,007x
Molde Permanente	100g a 50Kg	3 a 5	2	0,01x a 0,025x
Sob pressão	15g a 50Kg	0,8	1	0,0015x

Comparação entre processos p/ ligas de Al

Processo	Capacidade Produção	Tolerâncias	Acabamento da Superfície (μm)	Custo de Maquinário
Molde cheio	De 0,05 a 150 Kg	$\pm 0,001$ a 0,25 m $\pm 0,0007/\text{metro}$	63-250 RMS	\$8000 a \$120000
Cera Perdida	0,05 a 10 Kg	$\pm 0,001$ a 0,127m $\pm 0,0007/\text{metro}$	63-250 RMS	\$4000 a \$40000
Fundição em Areia	0,03 a toneladas	$\pm 0,007$ a 1,5 m $\pm 0,0007/\text{metro}$	200-550 RMS	\$1000 a \$10000
Injeção	0,05 a 10 Kg	$\pm 0,0005/\text{metro}$	32-63 RMS	\$10000 a \$300000
Molde Permanente	0,5 a 50 Kg	$\pm 0,003$ a 0,25 m $\pm 0,0005/\text{metro}$	150-300 RMS	\$12000 a \$100000

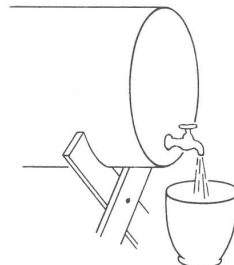
Molde Cerâmico



Refractory

Consists of a variety of specially blended groups of refractory powders.

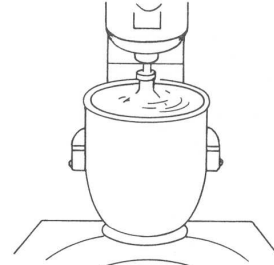
Step 1



Binder

The liquid medium is usually based on ethyl silicate and is specifically produced to proprietary formulations.

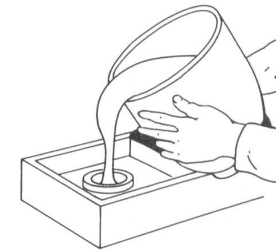
Step 2



Mixing

A small percentage of gelling agent is added to the binder and mixed with the refractory powder to produce a creamy slurry.

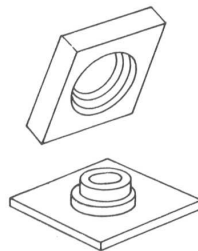
Step 3



Pattern

The slurry is poured over a pattern made of wood, metal, plaster, plastic, and so on. It is then allowed to gel in about 2 to 3 min.

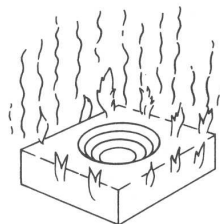
Step 4



Stripping

The gelled refractory mass is stripped from the pattern by hand or with a mechanical stripping mechanism.

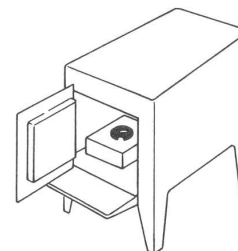
Step 5



Burn-off

The mold is ignited. It burns until all volatiles are consumed; this sets up the microcrazed structure.

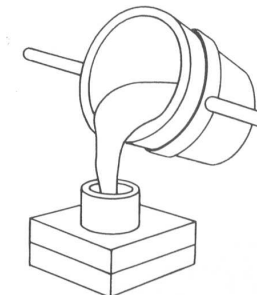
Step 6



Baking

The Shaw mold, now immune to thermal shock, is placed in a high-temperature oven or skin heated with a torch until all traces of moisture are driven off.

Step 7



Pouring

Cope and drag mold pieces are assembled, along with any necessary cores, and the casting is poured.

Step 8

Fig. 1 Sequence of operations used in the Shaw all-ceramic mold process

Cera perdida (Fundição de Precisão)

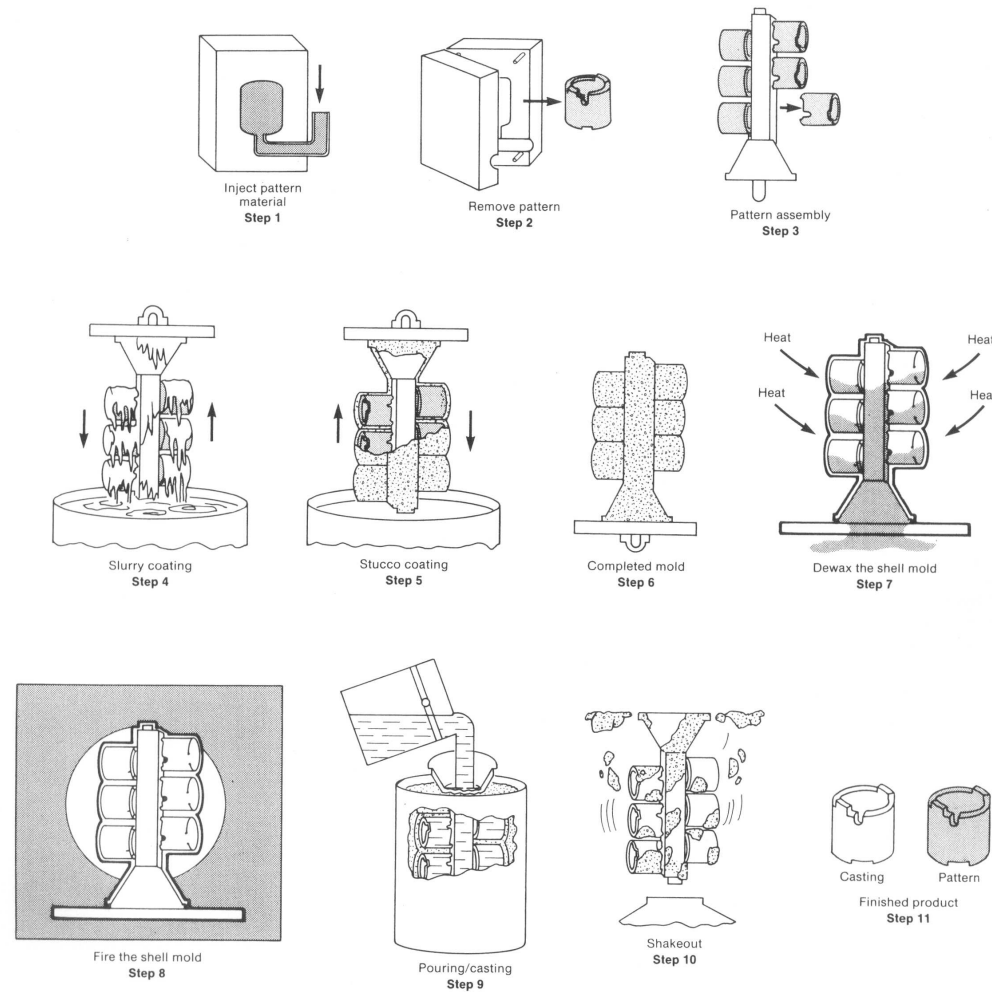


Fig. 3 Basic steps involved in investment casting



Cera Perdida (filme)

- [Parte 1](#)
- [Parte 2](#)
- [Parte 3](#)
- [Parte 4](#)
- [Parte 5](#)
- [Parte 6](#)

Exemplo: Cera perdida

Palheta de Turbina (Solid. Direcional)

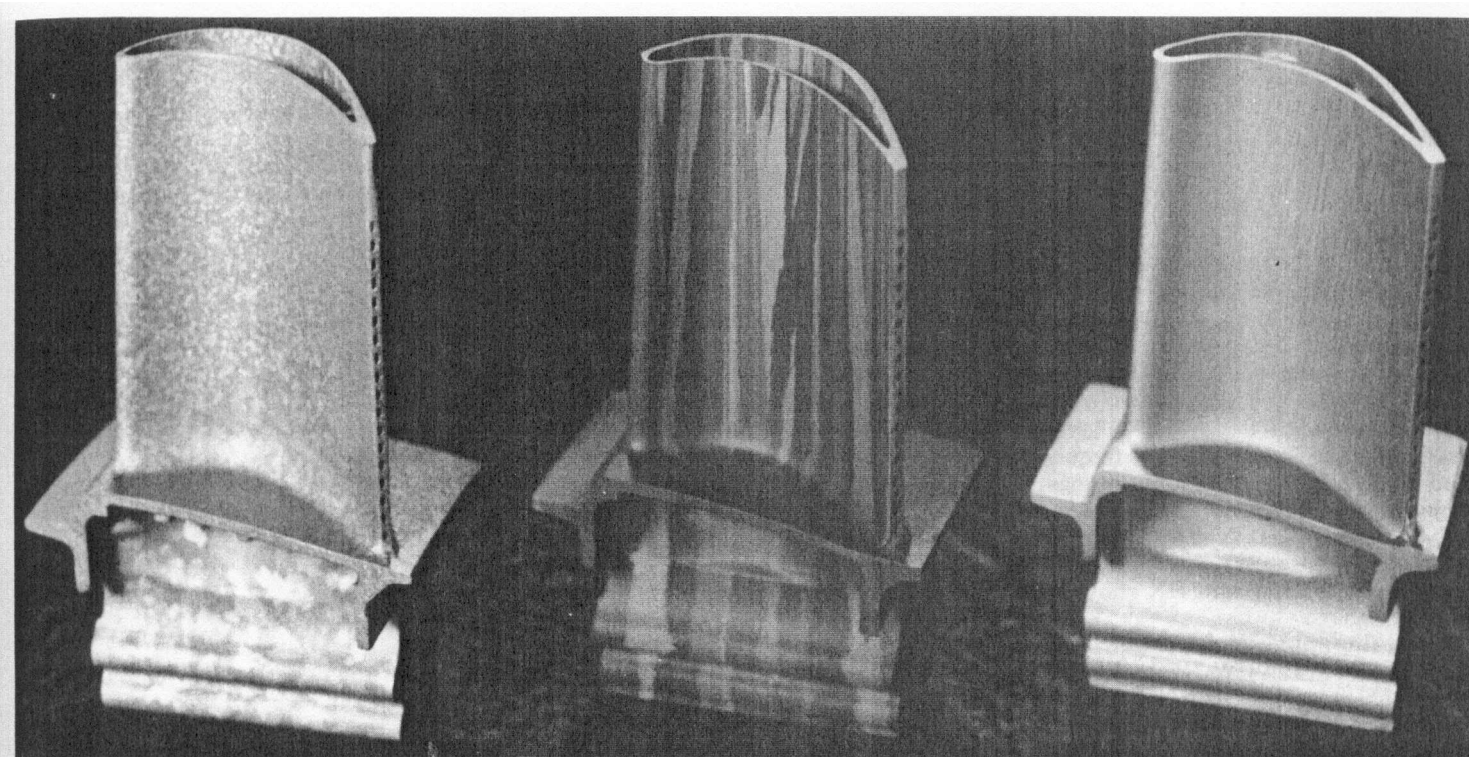
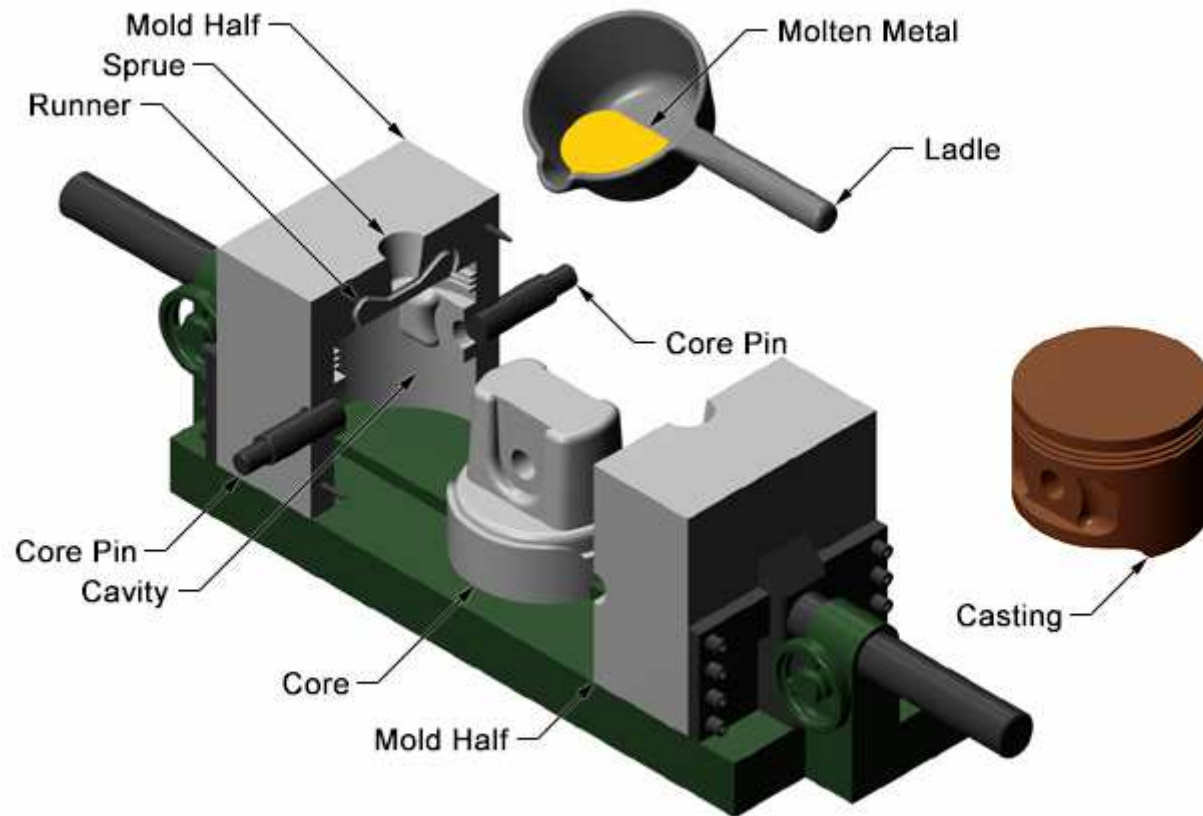


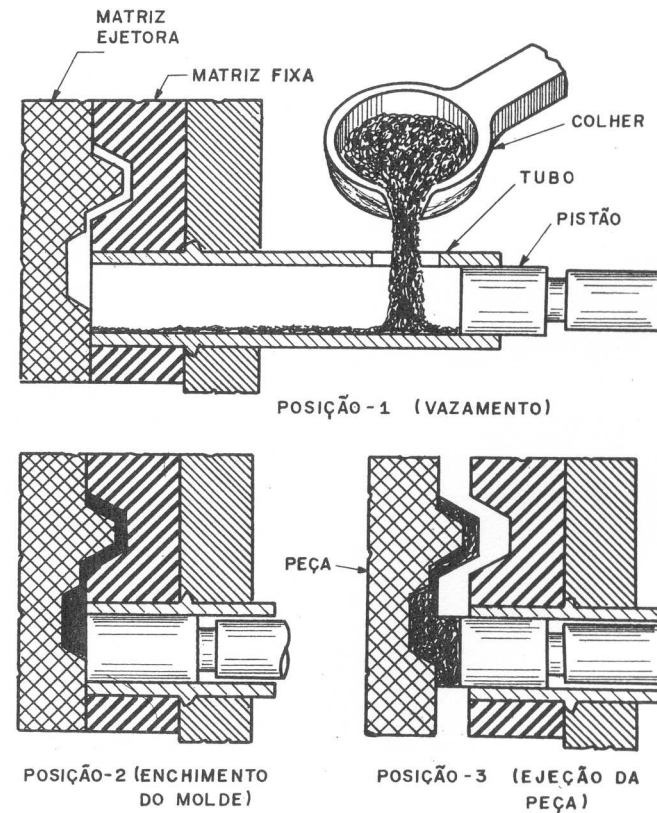
Fig. 1 Comparison of equiaxed (left), directionally solidified (center), and single-crystal (right) nickel-base alloy turbine blades for an aircraft engine. Courtesy of Howmet Corporation, Whitehall Casting Division

Fundição em Coquilha (Molde permanente) por gravidade



Fundição sob pressão

Fig. 6.19 Ciclo de operação de um equipamento de fundição de câmara fria horizontal em matriz.



Fundição sob pressão

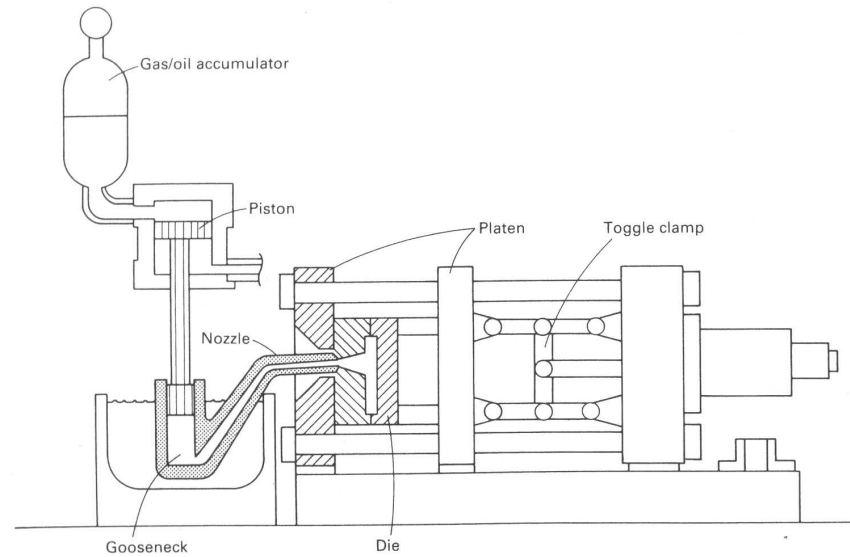


Fig. 1 Schematic showing the principal components of a hot chamber die casting machine

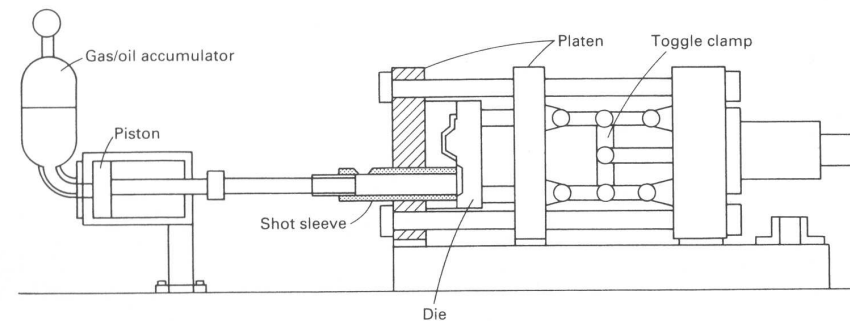


Fig. 2 Schematic showing the principal components of a cold chamber die casting machine



Fundição sob pressão (filmes)

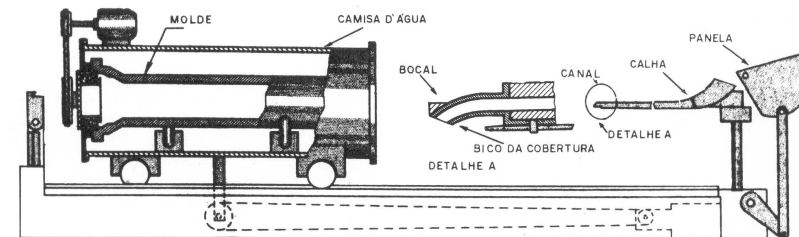
Link Filme 1

Link Filme 2

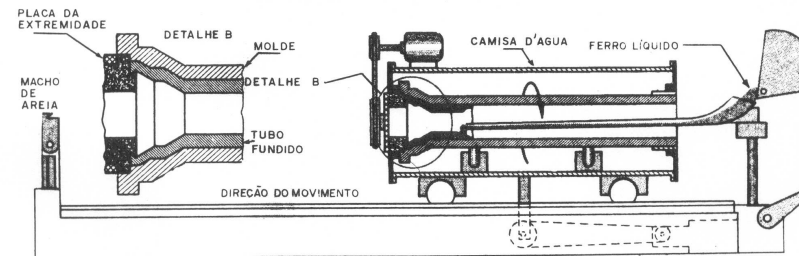
Fundição Centrífuga (horizontal)

6.10 Fundição Centrífuga

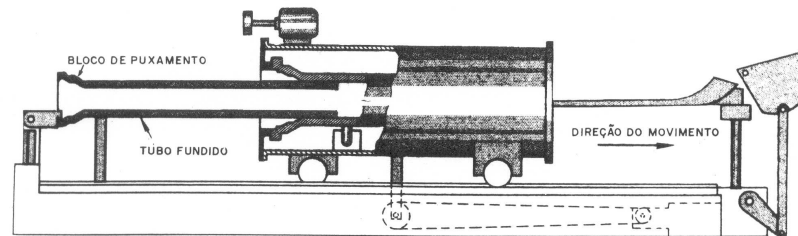
A fundição centrífuga envolve a solidificação de metal num molde rotativo. Sua maior aplicação é em moldes horizontais, que giram ao redor do seu eixo de simetria. O



EQUIPAMENTO DE FUNDIÇÃO CENTRÍFUGA



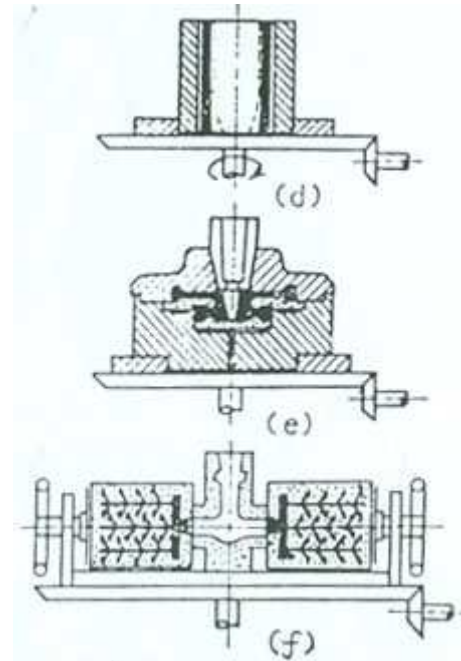
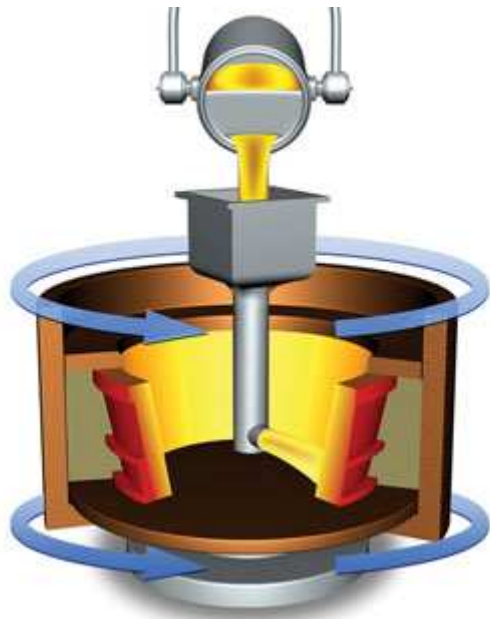
EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO



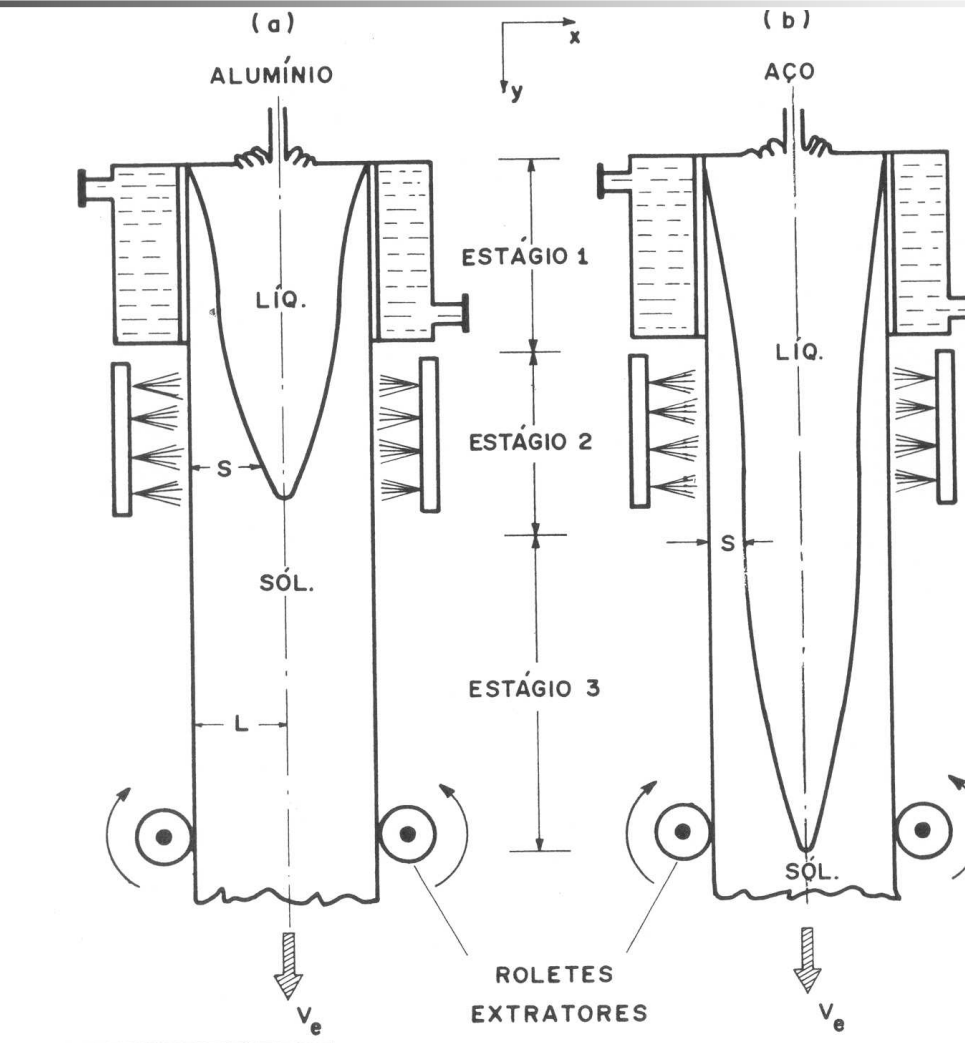
EQUIPAMENTO DURANTE A DESMOLDAGEM

Fig. 6.21 Fundição centrífuga de um tubo de ferro fundido.

Fundição centrífuga (vertical)



Lingotamento Contínuo





Lingotamento Contínuo (filme)

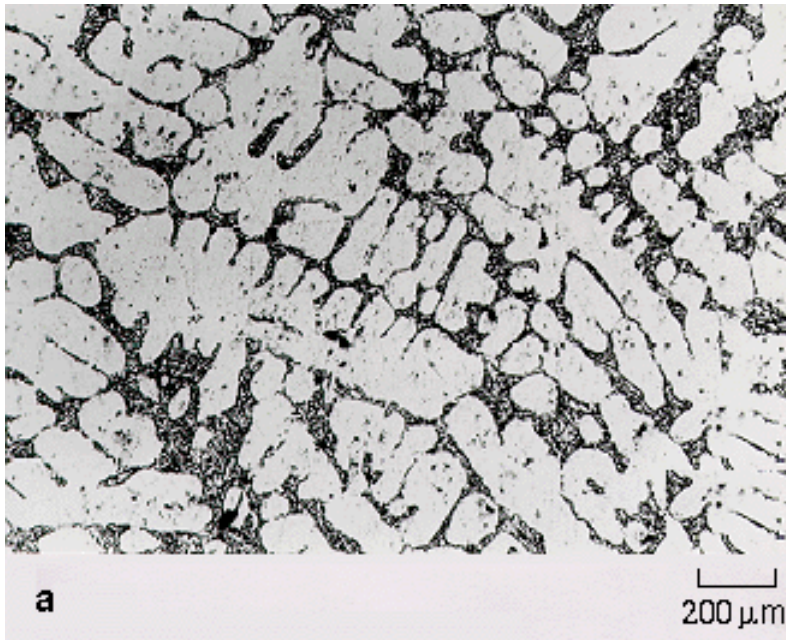
Link



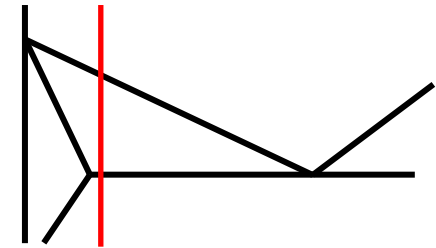
Reofundição / Tixofundição



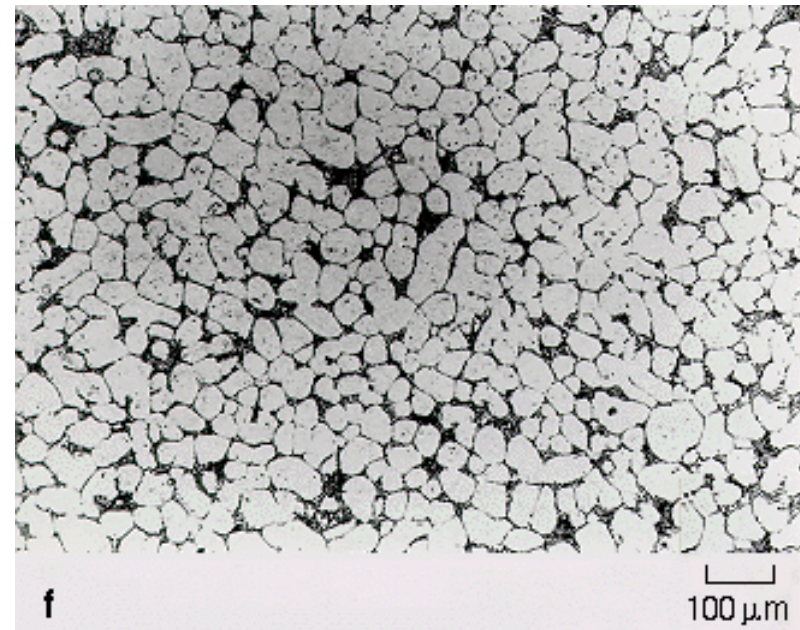
Reofundição e Tixofundição



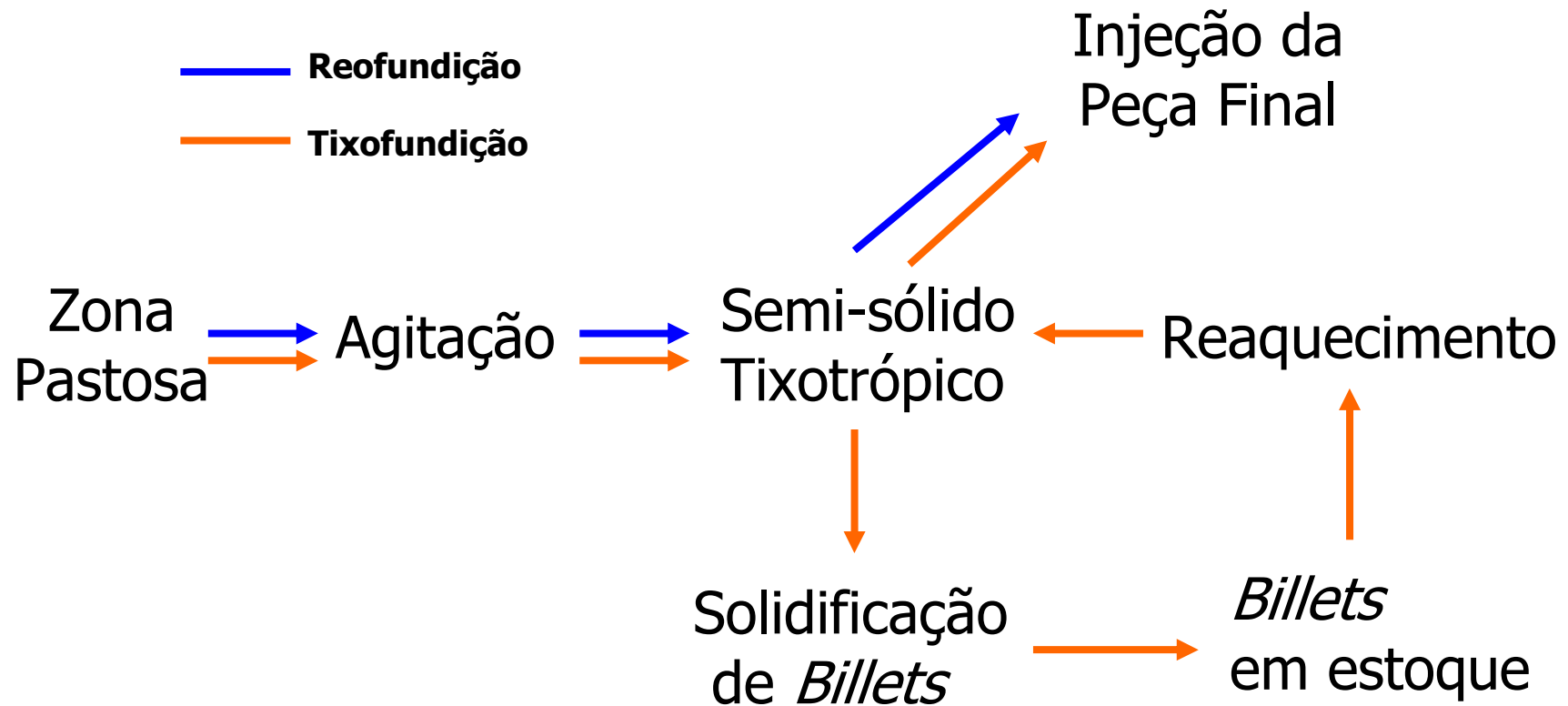
Liga com longo
intervalo de
Solidificação



Após agitação
Comportamento Tixotrópico



Reofundição \neq Tixofundição

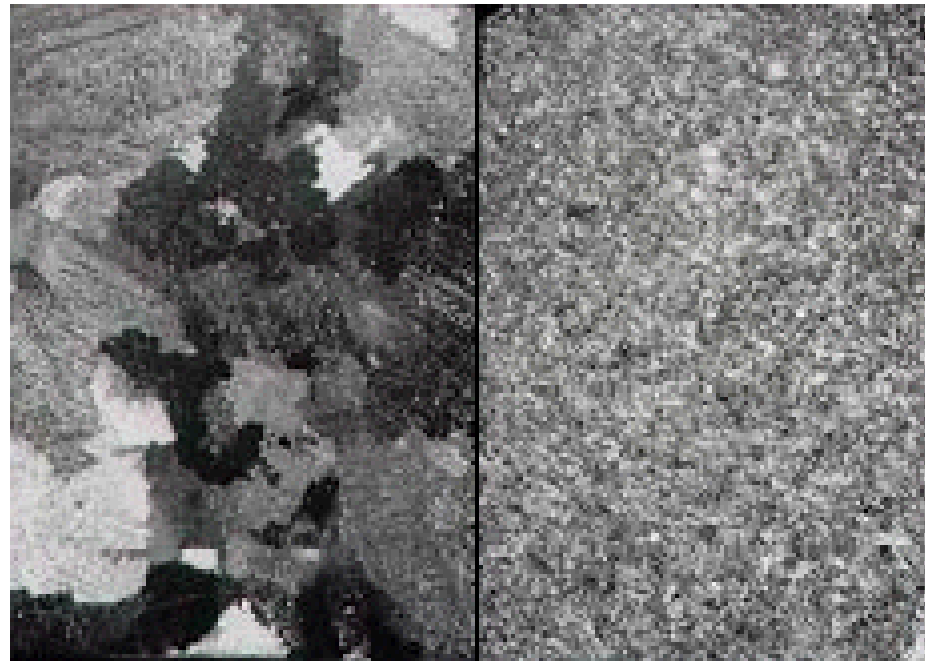


Reofundição e Tixofundição



Reofundição e Tixofundição

Usual



a

b

Reofundição
e
Tixofundição



Reofundição e Tixofundição

Filme