INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

PROCESSO de FUNDIÇÃO

Introdução

Fundição é um processo de fabricação onde um metal ou liga metálica, no estado líquido, é vazado em um molde com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser produzida.

FUNDIÇÃO

Vantagens das peças fundidas

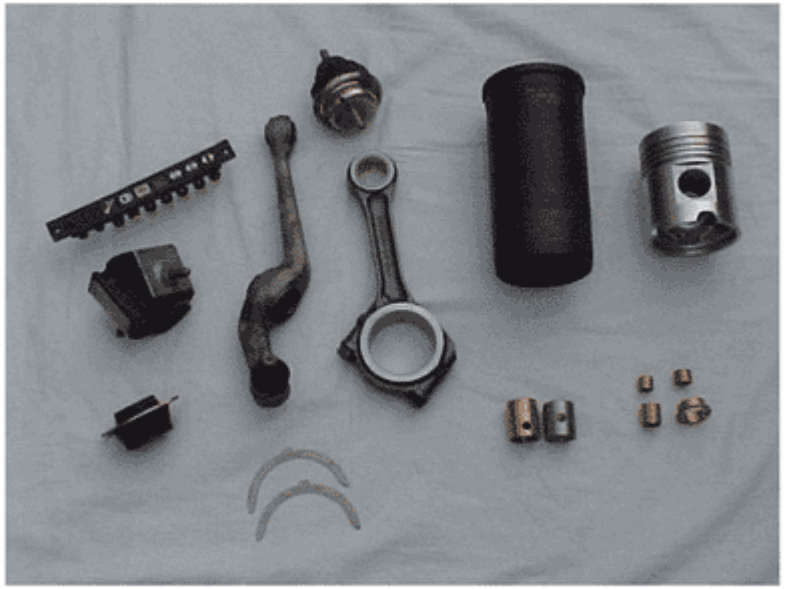
1. podem apresentar formas externas e internas desde a mais simples até a mais complexa.
2. Podem apresentar dimensões limitadas somente pelas restrições das instalações onde serão produzidas
3. Podem ser produzidas dentro de padrões variados de acabamento e tolerância dimensional (**entre ± 0,2 e 0,6 mm**)
4. Possibilita grande economia de peso, porque permite a obtenção de paredes com espessuras quase ilimitadas.

Principais propriedades do processo de fundição

1. Temperatura de fusão
2. Fluidez

FUNDIÇÃO

Peças produzidas por fundição



FUNDIÇÃO: Processos

- **Fundição por gravidade**
- **Fundição sob pressão**
- **Fundição por centrifugação**
- **Fundição de precisão**
- **Fundição por outros métodos**

FUNDIÇÃO: passo a passo

A matéria-prima metálica para a produção de peças fundidas é constituída pelas **ligas metálicas ferrosas** (ligas de ferro e carbono) e **não-ferrosas** (ligas de cobre, alumínio, zinco e magnésio).

O processo de fabricação dessas peças por meio de fundição pode ser resumido nas seguintes operações:

1. **Confecção do modelo** - Essa etapa consiste em construir um modelo com o formato aproximado da peça a ser fundida. Esse modelo vai servir para a construção do molde e suas dimensões devem prever a contração do metal quando ele se solidificar bem como um eventual sobremetal para posterior usinagem da peça. **Ele é feito de madeira, alumínio, aço, resina plástica e até isopor.**

FUNDIÇÃO: passo a passo

FUNDIÇÃO: passo a passo

2. <u>Confecção do molde</u> - O molde é o dispositivo no qual o metal fundido é colocado para que se obtenha a peça desejada. Ele é feito de material refratário composto de areia e aglomerante. Esse material é moldado sobre o modelo que, após retirado, deixa uma cavidade com o formato da peça a ser fundida.

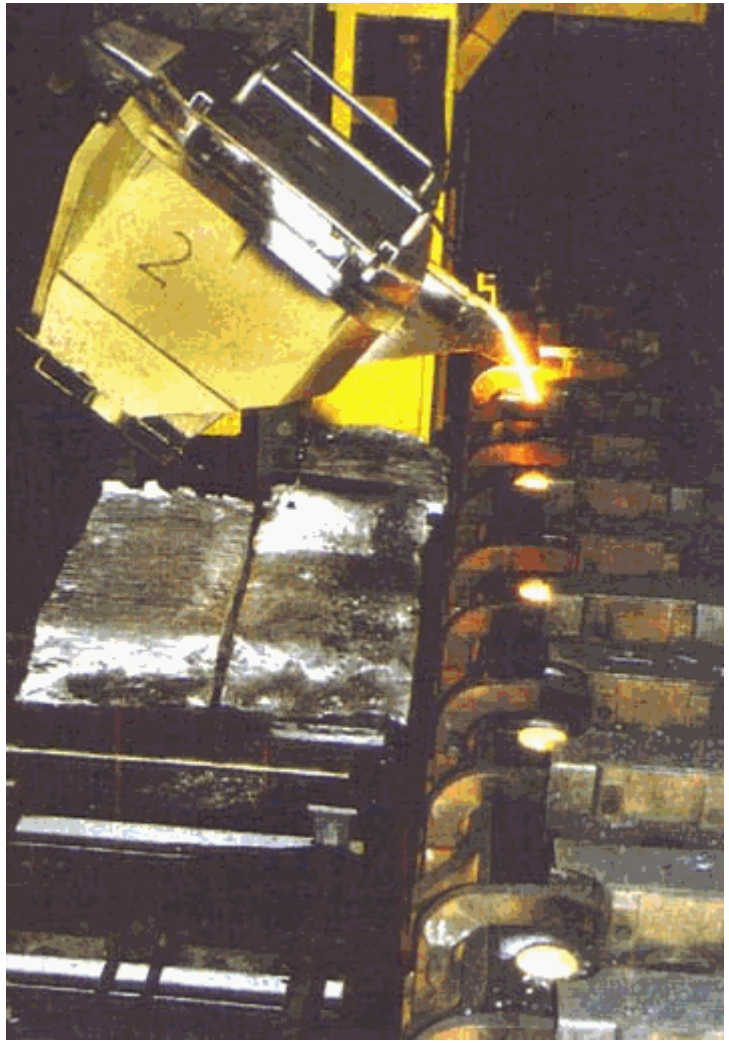
FUNDIÇÃO: passo a passo

3. **Confecção dos machos** - Macho é um dispositivo, feito também de areia, que tem a finalidade de formar os vazios, furos e reentrâncias da peça. Eles são colocados nos moldes antes que eles sejam fechados para receber o metal líquido.

FUNDIÇÃO: passo a passo

4. **Fusão** - Etapa em que acontece a fusão do metal.

5. **Vazamento** - O vazamento é o enchimento do molde com metal líquido.



FUNDIÇÃO: passo a passo

6. **Desmoldagem** - Após determinado período de tempo em que a peça se solidifica dentro do molde, e que depende do tipo de peça, do tipo de molde e do metal (ou liga metálica), ela é retirada do molde (desmoldagem) manualmente ou por processos mecânicos.

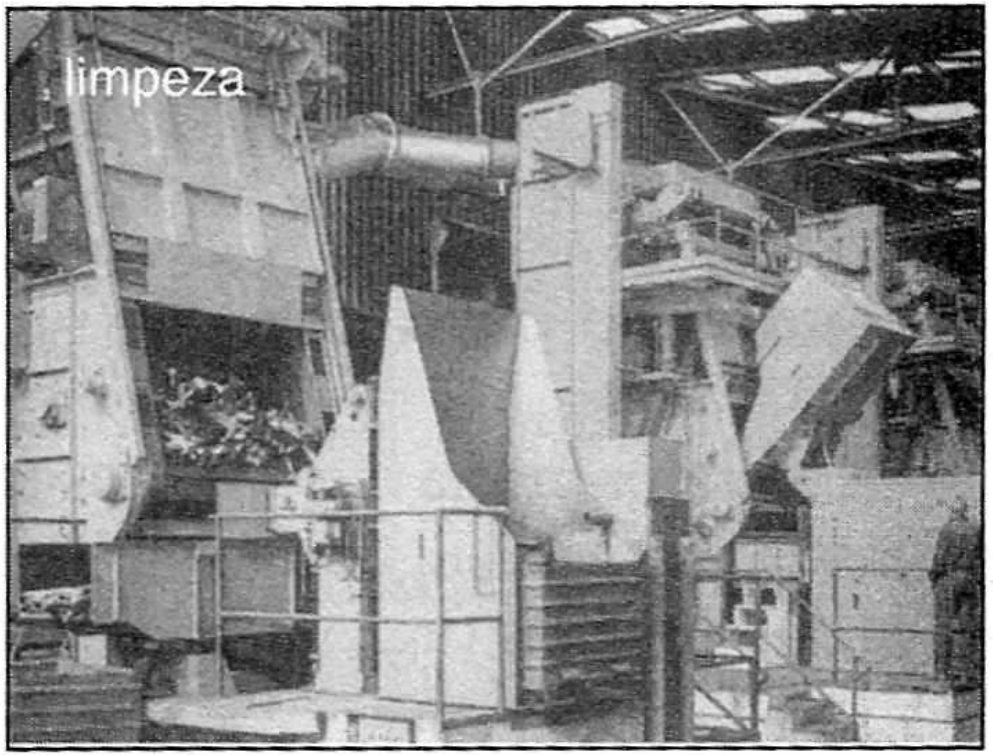
Desmoldagem

7. **Rebarbação** - A rebarbação é a retirada dos canais de alimentação, massalote e rebarbas que se formam durante a fundição. Ela é realizada quando a peça atinge temperaturas próximas às do ambiente.

Rebarbação

FUNDIÇÃO: passo a passo

8. **Limpeza** - A limpeza é necessária porque a peça apresenta uma série de incrustações da areia usada na confecção do molde. Geralmente ela é feita por meio de jatos abrasivos.



FUNDIÇÃO

Características que estão estreitamente ligadas ao processo de fundição.

- A peça produzida por fundição pode ter as formas e dimensões definitivas ou não.
- Furos pequenos e detalhes complexos não são feitos na peça, embora apareçam no desenho.
- Arredondamento de cantos e engrossamento das paredes.
- As propriedades mecânicas de peças fundidas geralmente são inferiores às propriedades de peças conformadas mecanicamente.

Defeitos que ocorrem durante o processo de fundição:

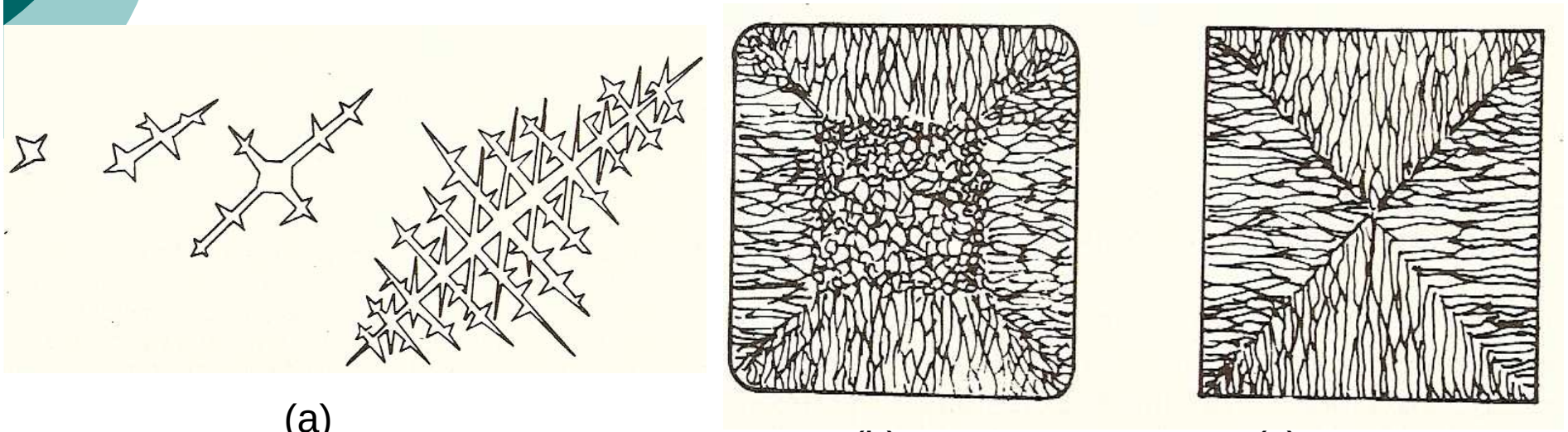
- Inclusão da areia do molde nas paredes internas ou externas da peça.
- Defeitos de composição da liga metálica que causam o aparecimento de partículas duras indesejáveis no material.
- Rechupe
- Porosidade, ou seja, existência de “buraquinhos” dentro da peça.

Cristalização

- Consiste no aparecimento das primeiras células cristalinas unitárias, que servem como ***núcleos***, para o posterior desenvolvimento ou *crescimento* dos cristais, dando, finalmente, origem aos grãos definitivos e à ***estrutura granular*** típica dos metais.
- Esse crescimento dos cristais não se dá, na realidade, de maneira uniforme, ou seja, a velocidade de crescimento não é a mesma em todas as direções, variando de acordo com os diferentes eixos cristalográficos; no interior de um molde, o crescimento é limitado pelas paredes deste.

FUNDIÇÃO

Como resultado, os núcleos metálicos e os grãos cristalinos resultantes adquirem os aspectos representados na figura a seguir.



(a) (b) (c)

Dentrita originada na solidificação (a); aspecto típico da seção de um lingote (b); efeito dos cantos na cristalização (c).

FUNDIÇÃO

- As dentritas formam-se em quantidades cada vez maiores até se encontrarem; o seu crescimento é, então, impedido pelo encontro das dentritas vizinhas, originando-se os *grãos* e os *contornos de grãos,* que delimitam cada grão cristalino, formando a massa sólida.
- Os efeitos indesejáveis resultam do fato dessas diagonais constituírem planos de maior fragilidade de modo que, durante a operação de conformação mecânica a que essas peças são submetidas posteriormente - como laminação -, podem surgir fissuras que inutilizam o material.
- Esse inconveniente é evitado arredondando-se os cantos.

Contração de volume

- ***contração líquida***
- ***contração de solidificação***
- ***contração sólida***

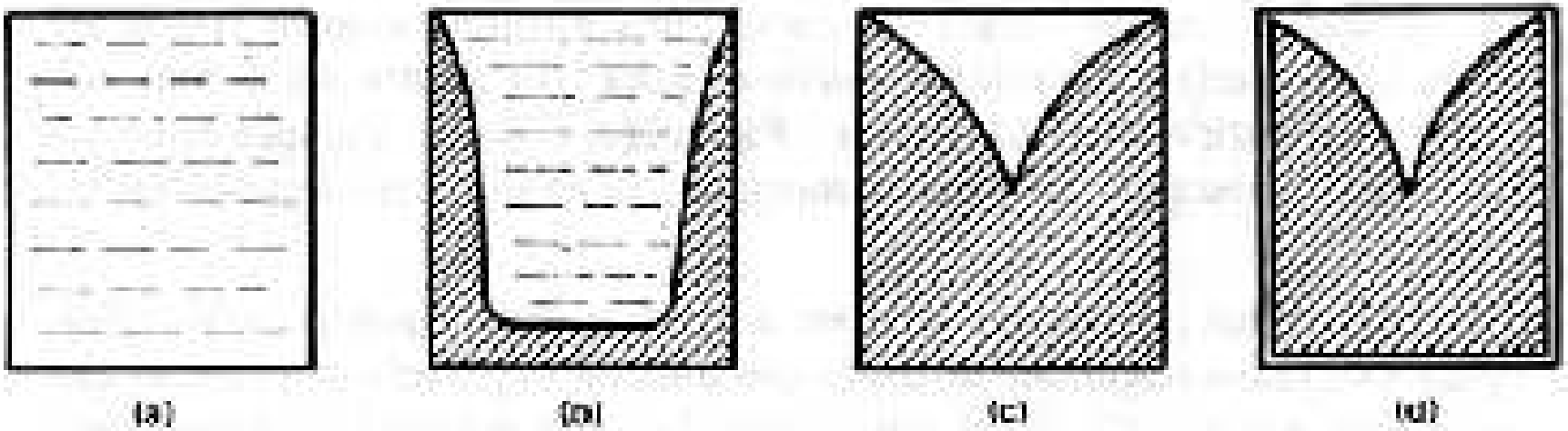
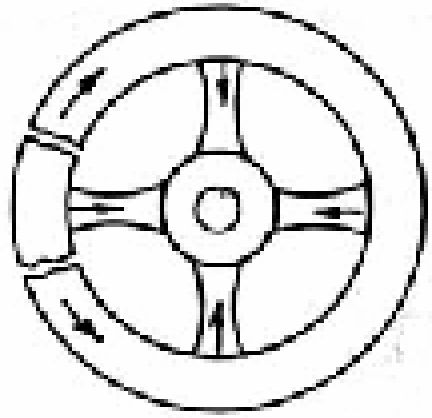
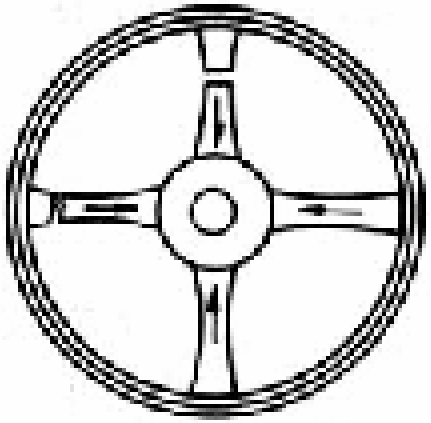


Ilustração esquemática do fenômeno de contração durante a solidificação, com o vazio ou "**chupagem**" resultante.

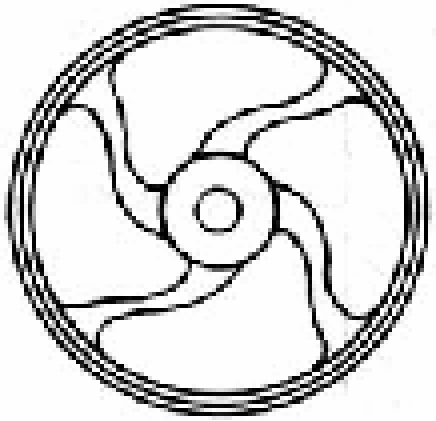
Contração de volume: aparecimento de trincas a quente e a maneira de corrigi-las.



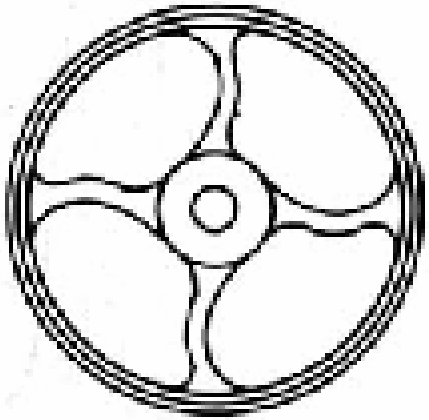
Incorreto



Incorreto



correto



correto

FUNDIÇÃO

- A contração é expressa em porcentagem de volume.
- No caso dos aços fundidos, por exemplo, a contração linear, devida à variação de volume no estado sólido, varia de 2,18 a 2,47%, o valor menor correspondendo ao aço de mais alto carbono (0,90%).
- No caso dos ferros fundidos - uma das mais importantes ligas para fundição de peças - a contração sólida linear varia de 1 a 1,5%, o valor de 1 % correspondendo a ferro fundido cinzento comum e o valor 1,5% (mais precisamente de 1,3 a 1,5%) ao ferro nodular.
- Para os outros metais e ligas, a contração linear é muito variada, podendo atingir valores de 8 a 9% para níquel e ligas cobre-níquel.

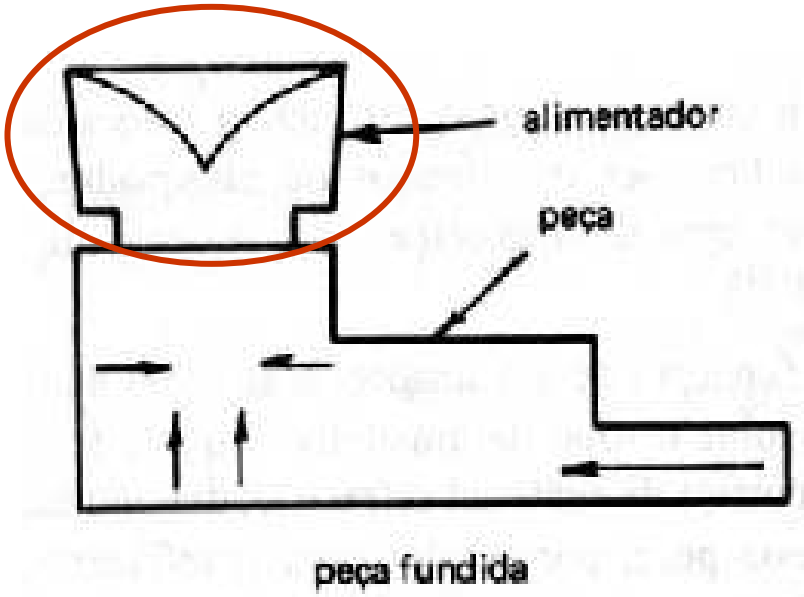
FUNDIÇÃO

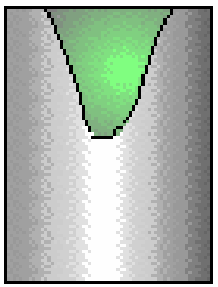
Tabela 1. Variação de volume durante a solidificação. A maioria dos materiais metálicos apresenta redução de volume (-), mas alguns apresentam expansão (+).

Metal	Variação de volume
Alumínio	-6,0
Zinco	-5,1
Ouro	-4,2
Cobre	-4,15
Magnésio	-4,1
Cádmio	-4,0
Ferro	-3,0
Estanho	-2,3
Antimônio	+0,95
Gálio	+3,2
Bismuto	+3,35
Germânio	+5,0

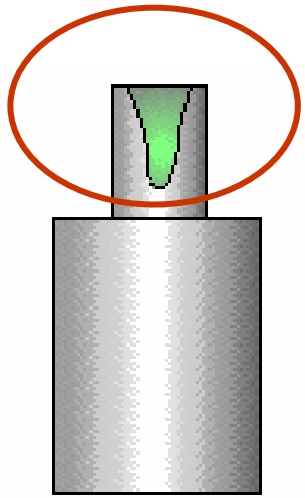
FUNDIÇÃO

Contração de volume: como resolver esse problema.





rechupe

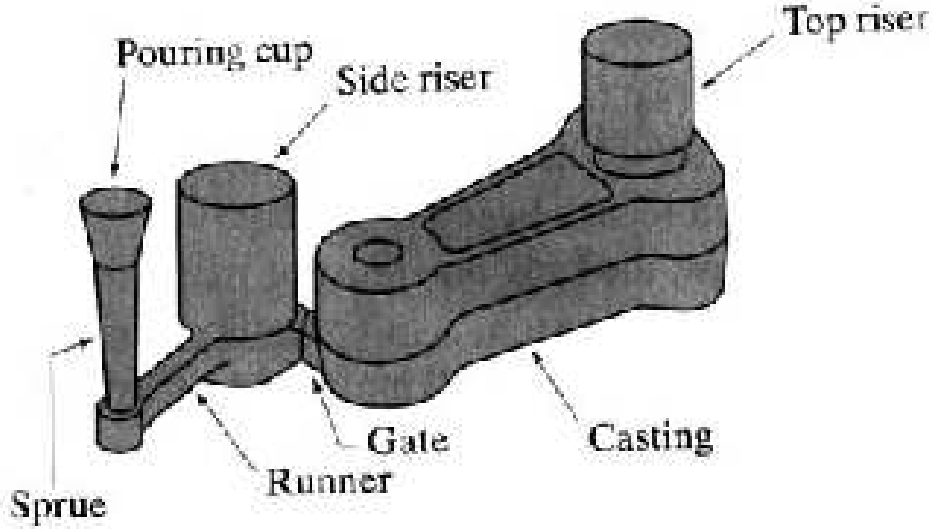


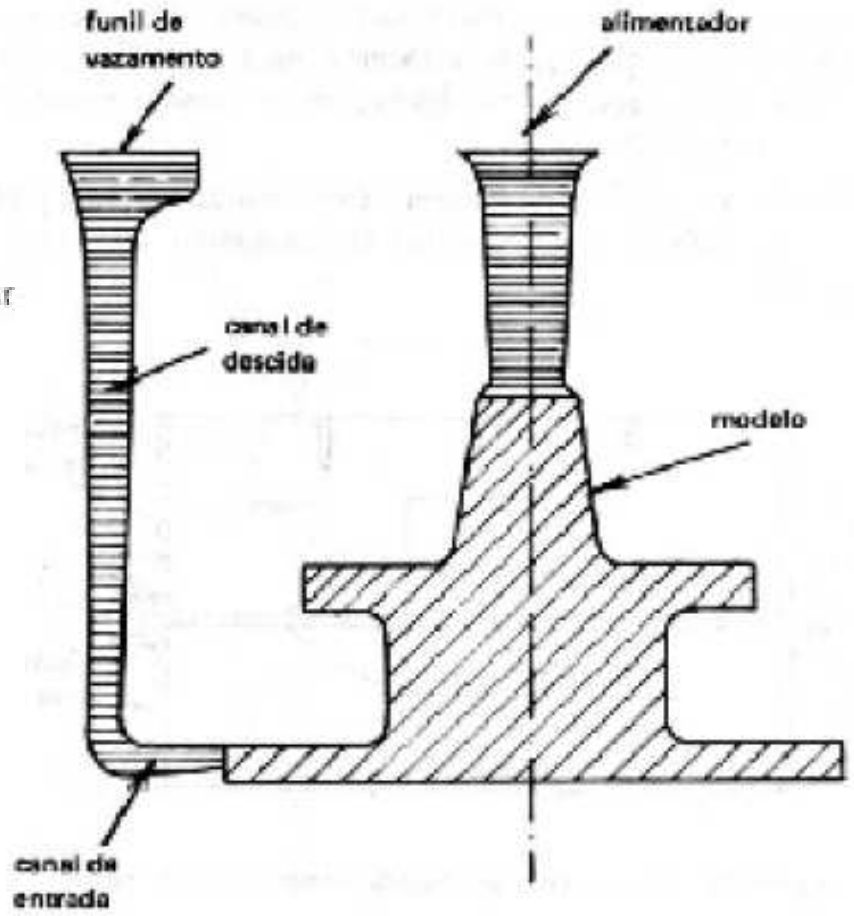
rechupe compensado por alimentador (massalote)

Simulação

FUNDIÇÃO

Contração de volume: como resolver esse problema.

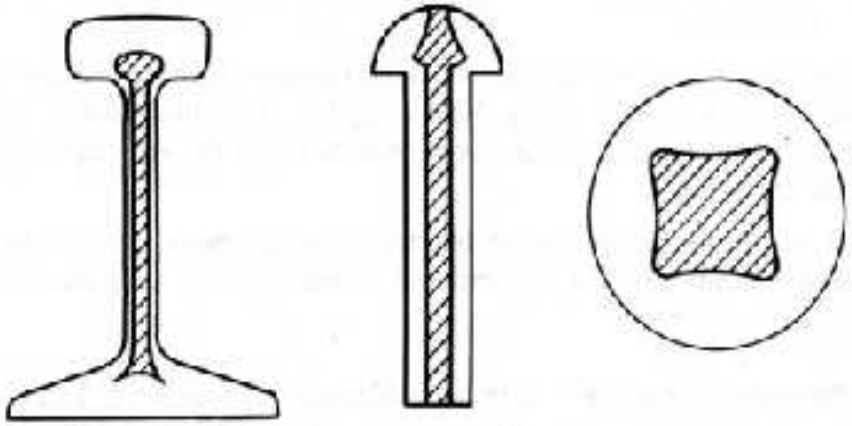




Concentração de impurezas - segregação

- Isto pode ocorrer devido à segregação, durante o processo de solidificação. Em ligas, os elementos com mais baixo ponto de fusão se concentram no líquido, sendo assim, a última região a solidificar é mais rica nesses elementos.
- O caso mais geral é o das ligas ferro-carbono, que contêm, como impurezas normais, o fósforo, o enxofre, o manganês, o silício e o próprio carbono.
- Ao solidificar, entretanto, algumas das impurezas são menos solúveis no estado sólido: P e S, por exemplo, nas ligas mencionadas. Assim sendo, à medida que a liga solidifica, esses elementos vão acompanhando o metal líquido remanescente, indo acumular-se, pois, na última parte sólida formada.

FUNDIÇÃO



Segregação em peças laminadas e forjadas.

• O inconveniente dessa segregação é que o material acaba apresentando composição química não uniforme, conforme a secção considerada, e conseqüentes propriedades mecânicas diferentes.

• Como as zonas segregadas se localizam no interior das peças, onde as tensões são mais baixas, as suas conseqüências não são muito perniciosas, devendo-se de qualquer modo, evitar uma grande concentração de impurezas, quer pelo controle mais rigoroso da composição química das ligas, quer pelo controle da própria velocidade de resfriamento.

Desprendimento de gases

- Esse fenômeno ocorre principalmente nas ligas ferro-carbono. O oxigênio dissolvido no ferro, por exemplo, tende a combinar-se com o carbono dessas ligas, formando os gases CO e CO2 que escapam facilmente à atmosfera, enquanto a liga estiver no estado líquido.
- A medida, entretanto, que a viscosidade da massa liquida diminui, devido à queda de temperatura, fica mais difícil à fuga desses gases, os quais acabam ficando retidos nas proximidades da superfície das peças ou lingotes, na forma de *bolhas.*
- Em aços de baixo carbono, na forma de lingotes a serem forjadas ou laminadas, as bolhas não são prejudiciais, pois elas, às temperaturas de conformação mecânica, principalmente para a fabricação de chapas, têm suas paredes soldadas. A rigor, essas bolhas podem ser até mesmo desejáveis.

O molde: uma peça fundamental

- A fase ***moldagem*** permite distinguir os vários processos de fundição, os quais são classificados da seguinte maneira:

- **moldagem em molde de areia ou temporário, por gravidade:**
  - areia verde
  - areia seca
  - areia-cimento
- **moldagem em molde metálico ou permanente:**
  - por gravidade
  - sob pressão

FUNDIÇÃO

Outros processos

- moldagem pelo processo CO2;
- fundição por centrifugação;
- fundição de precisão:
- em casca ou “ shell molding”
- de cera perdida (de investimento)

Moldagem em areia

Inicialmente, o molde deve preencher uma série de requisitos, sem os quais a fundição não se realiza nas melhores condições.

a) resistência suficiente para suportar a **pressão** do metal líquido.

b) resistência à ação erosiva do metal que escoa rapidamente durante o vazamento.

c) mínima geração de gás durante o processo de vazamento e solidificação, a fim de impedir a contaminação do metal e o rompimento do molde.

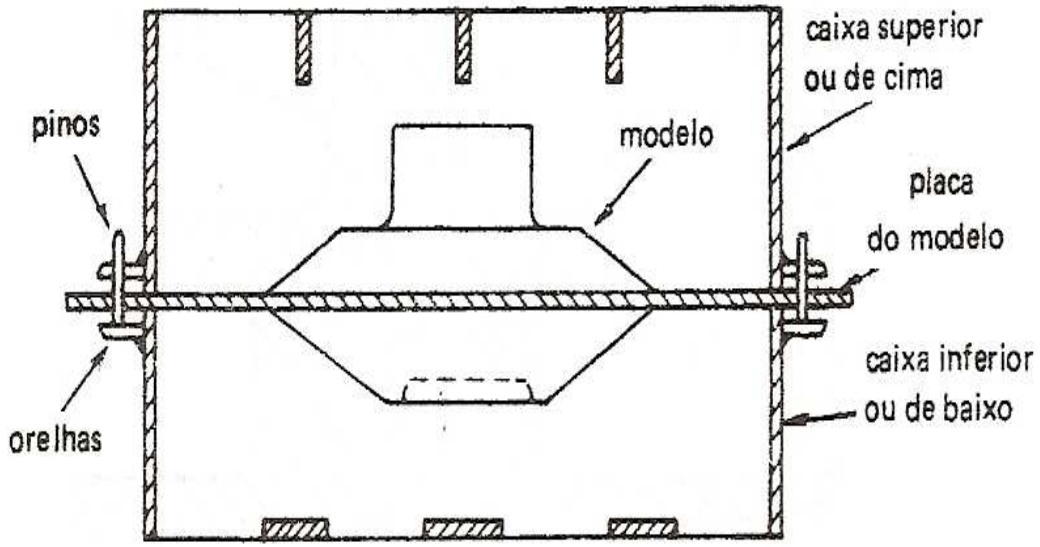
d) permeabilidade suficiente para que os gases gerados possam sair **durante o vazamento** do metal.

e) refratariedade que permita suportar as altas temperaturas de fusão dos metais e que facilite a desmoldagem da peça.

f) possibilidade de contração da peça, que acontece durante a solidificação.

FUNDIÇÃO

Geralmente a "**caixa de moldagem**" é construída em duas partes: caixa superior e caixa inferior e os modelos são montados em placa.



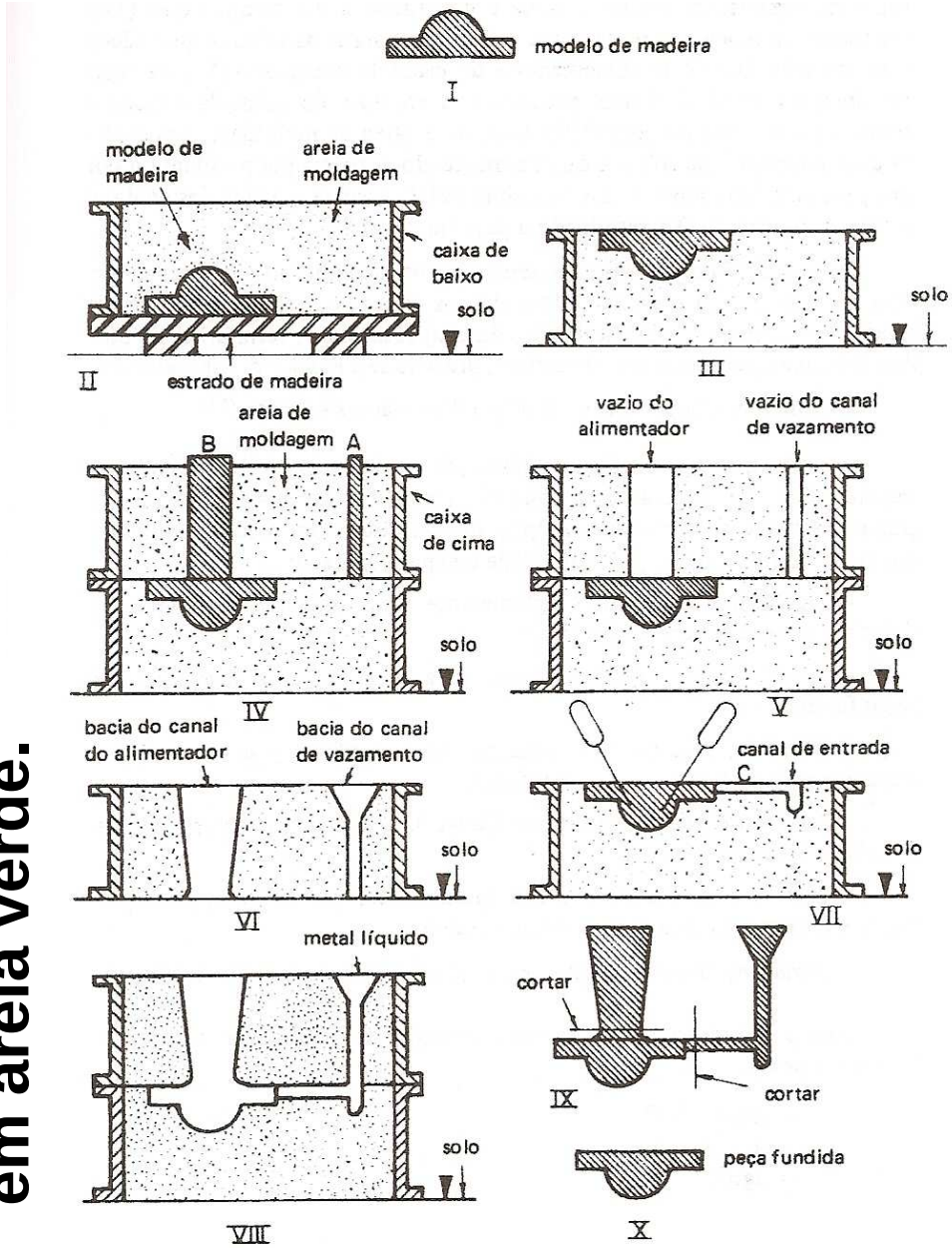
Modelo em placa montada numa caixa de moldar.

Moldagem em areia verde

- É o processo mais simples e mais generalizado em fundições.
- Consiste em compactar, manualmente ou empregando máquinas de moldar, uma **mistura refratária plástica** - chamada areia de fundição -, **composta essencialmente de areia silicosa, argila e água**, sobre o modelo colocado ou montado na caixa de moldar.
- Confeccionada a cavidade do molde, o metal é imediatamente vazado no seu interior.

FUNDIÇÃO

Seqüência de operações na fundição em areia verde.



Características da *areia de fundição*

- ✓Plasticidade e consistência;
- ✓moldabilidade;
- ✓dureza;
- ✓resistência;
- ✓refratariedade etc.

Para determinação dessas características, procede-se a ensaios de laboratório.

FUNDIÇÃO

Os componentes de uma areia de fundição:

- ***areia*** que é o constituinte básico, no qual devem ser considerados os característicos de pureza, granulometria (tamanho de grãos, distribuição granulométrica, dureza, forma dos grãos, integridade dos grãos, refratariedade, permeabilidade e expansibilidade;

- ***argila***, que constitui o aglomerante usual nas areias de fundição sintéticas (especialmente preparadas);

- ***carvão moído***, eventualmente, para melhorar o acabamento das peças fundidas;

FUNDIÇÃO

Os componentes de uma areia de fundição:

- ***dextrina***, aglomerante orgânico, para conferir maior resistência mecânica à areia quando secada (estufada);

- ***farinha de milho gelatinizada*** (Mogul), que melhora a qualidade de trabalhabilidade da areia;

- ***breu em pó***, também como aglomerante, que confere, principalmente em areia seca, grande resistência mecânica;

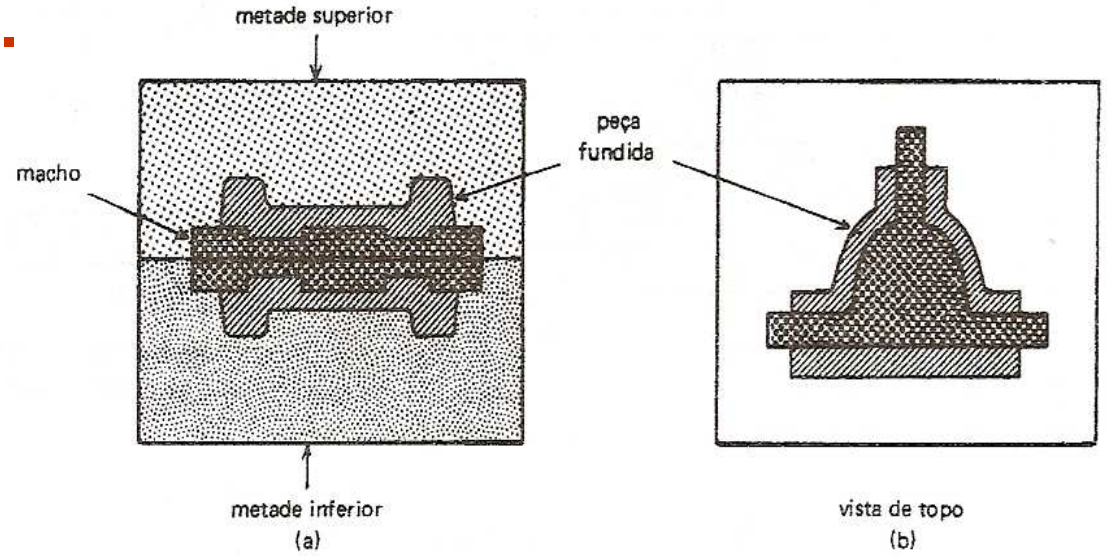
- ***serragem***, eventualmente, para atenuar os efeitos da expansão.

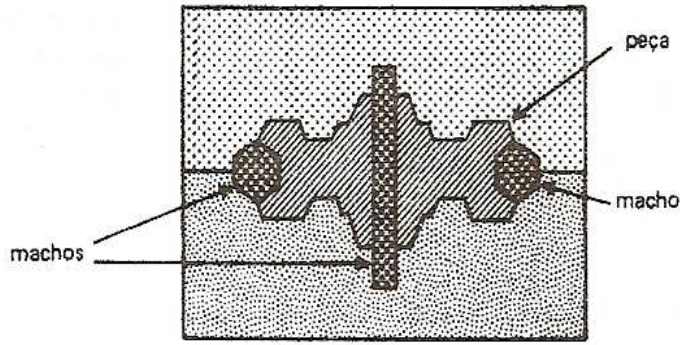
Confecção dos machos

- Para a confecção dos machos, as areias devem apresentar alta resistência depois de estufadas (secas), alta dureza, alta permeabilidade e inalterabilidade.
- Os seus componentes, além da areia natural e água, incluem vários tipos de aglomerantes, entre os quais podem ser citados o **silicato de sódio**, **cimento portland**, **resinas**, **piche**, **melaços**, **farinha Mogul**, **óleos etc**.
- Os machos são normalmente secados em estufa (estufados) entre 150º e 250º C.

FUNDIÇÃO

Exemplo de machos simples localizados na caixa de moldar.

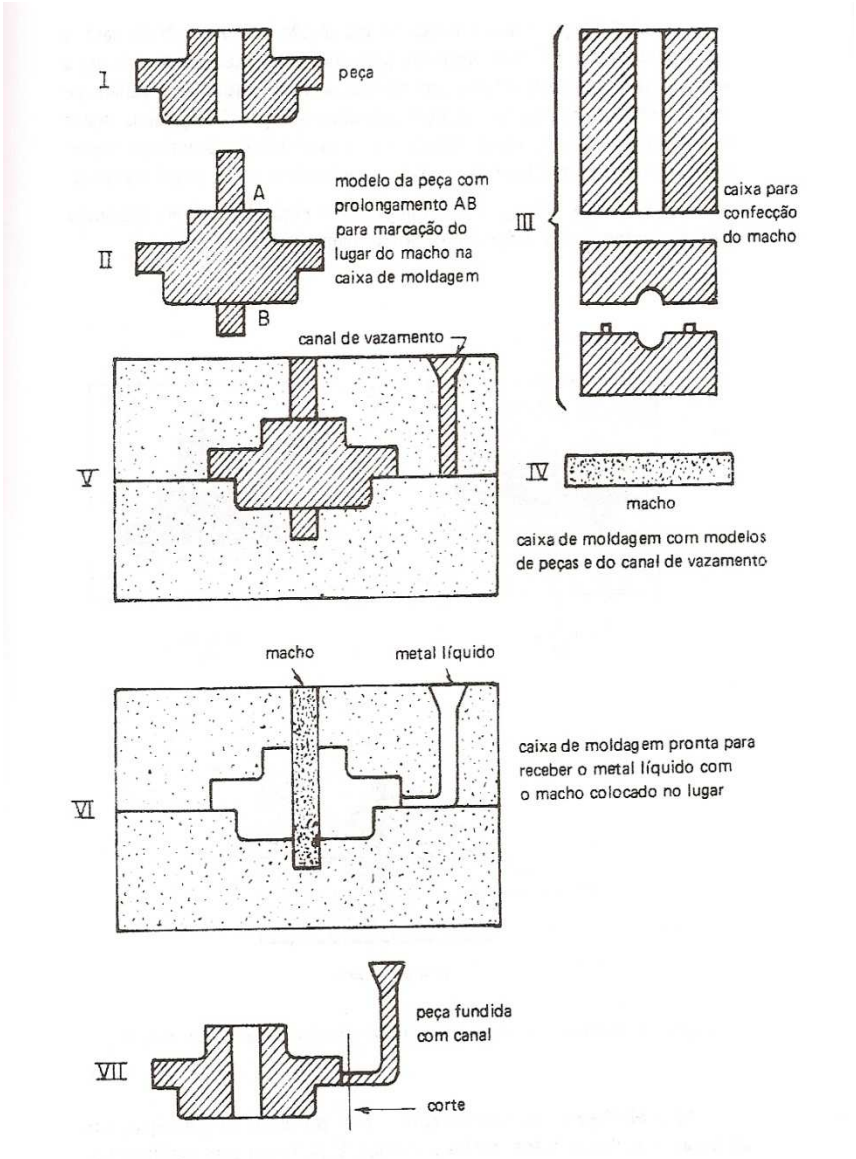




polia com 2 machos
(c)

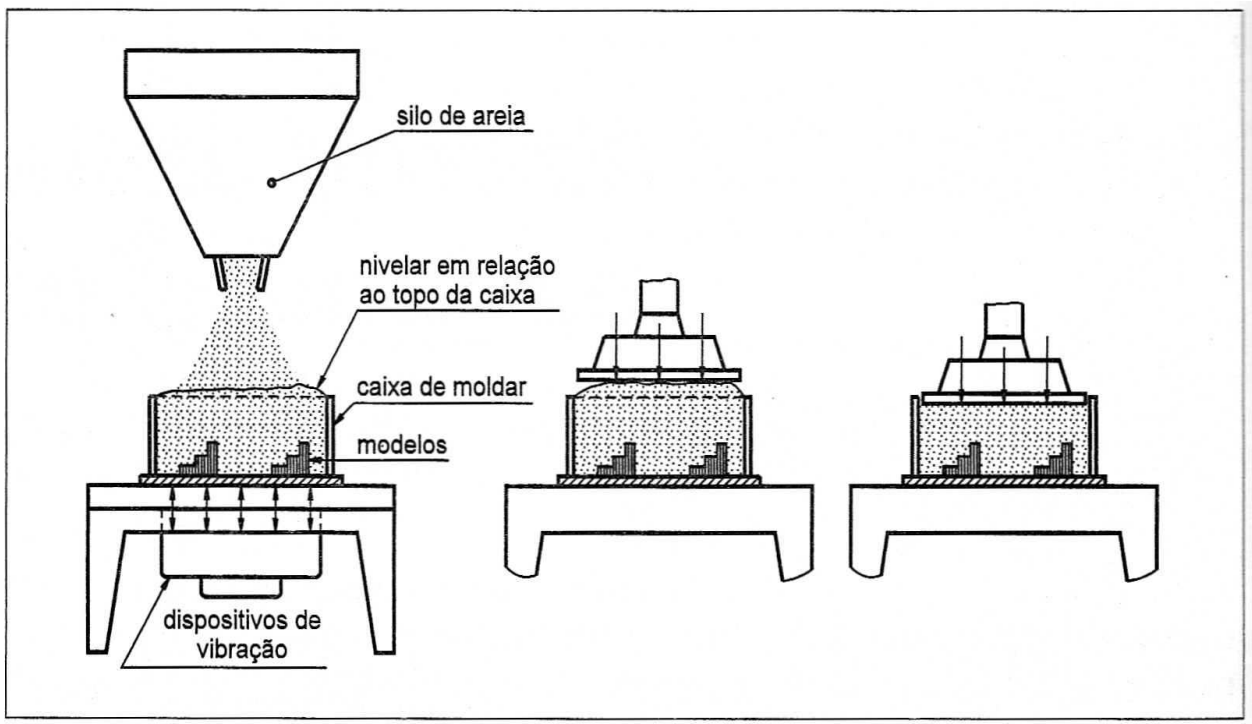
FUNDIÇÃO

Exemplo de fundição de placa com macho.



FUNDIÇÃO

A moldagem mecânica é empregada nas fundições modernas, para produção seriada e produção de moldes e, conseqüentemente, de peças fundidas, de qualidade superior.



Três métodos de compactação da areia numa caixa de modelar: (a) Utilização de um dispositivo vibrador. (b) Encher em excesso e nivelar (c) Comprimir e deixar com menos areia.

FUNDIÇÃO

Vantagens e desvantagens da fundição utilizando areia verde:

VANTAGENS	DESVANTAGENS
1. A moldagem por areia verde é o mais barato dentre todos os métodos de produção de moldes. 2. Há menor distorção de formato do que nos métodos que usam areia seca, porque não há necessidade de aquecimento. 3. As caixas de moldagem estão prontas para a reutilização em um mínimo espaço de tempo. 4. Boa estabilidade dimensional. 5. Menor possibilidade de surgimento de trincas.	1. O controle da areia é mais crítico do que nos outros processos que também usam areia. 2. Maior erosão quando as peças fundidas são de maior tamanho. 3. O acabamento da superfície piora nas peças de maior peso. 4. A estabilidade dimensional é menor nas peças de maior tamanho.

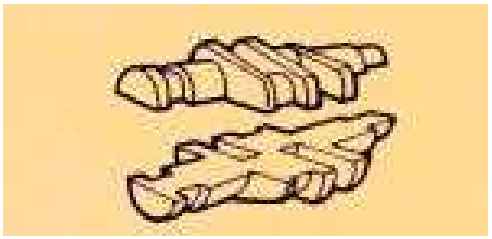
(fonte: ASM Committee on Sand Molding)

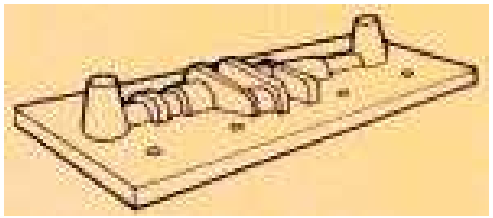
FUNDIÇÃO

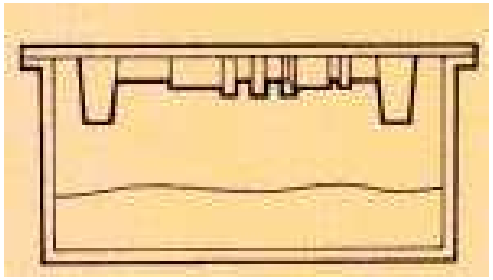
Moldagem em areia seca ou em molde estufado ou Shell Molding.

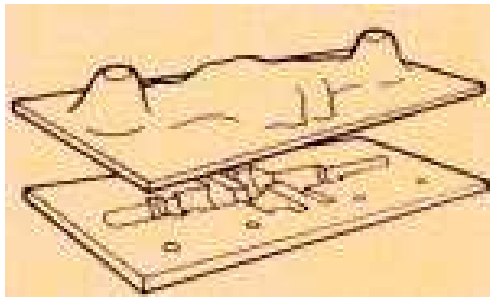
- Nesse caso, a areia deve conter aditivos orgânicos para seus característicos; a secagem tem lugar em estufas apropriadas, a temperaturas que variam de 150 a 300℃.
- As vantagens dos moldes estufados são, em linhas gerais, maior resistência à pressão do metal líquido, maior estabilidade dimensional, maior dureza, maior permeabilidade e melhor acabamento das peças fundidas.
- Esse tipo de moldagem é empregado em peças de qualquer dimensão ou peso, sempre que se exige um melhor acabamento.

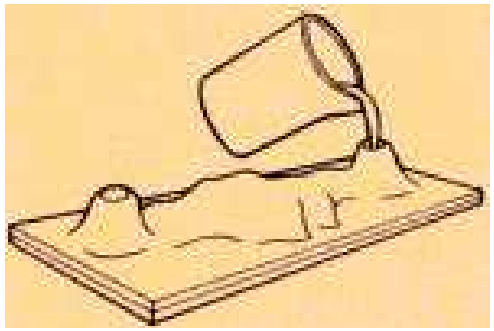
FUNDIÇÃO: processo shell molding

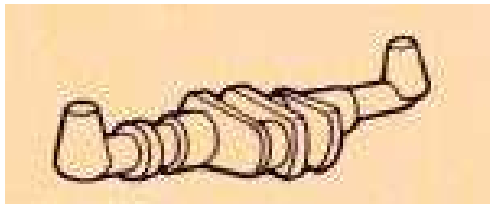


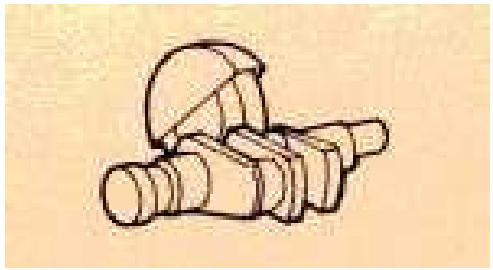












1. Elaboração de um modelo permanente
2. Fixação do modelo a uma placa metálica que é aquecida (150ºC a 300ºC) e revestida com desmoldante (Silicone)
3. Fixação de uma caixa com areia pré-revestida com resina à placa-modelo
4. Rotação da caixa e da placa modelo e queda por gravidade da areia sobre o modelo
5. Formação da meia moldação
6. Nova rotação da caixa e da placa-modelo e remoção da areia não polimerizada
7. Repetição para a outra meia moldação
8. União das meias moldações e vazamento do material
9. Extração das peças.
10. Acabamento final das peças

FUNDIÇÃO: processo shell molding

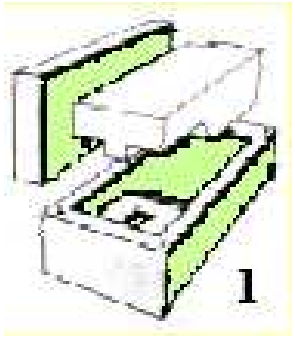
Vantagens

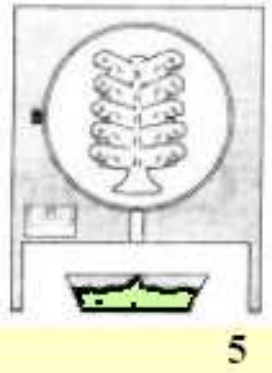
- Maior precisão, tolerâncias dimensionais mais apertadas, maior rigor de forma
- Menor rugosidade superficial
- Rapidez de fabrico
- Redução do volume de areias de moldação
- Capacidade de armazenamento das carapaças
- Moldações leves
- Processo mais econômico que os de areia para produção de séries de peças

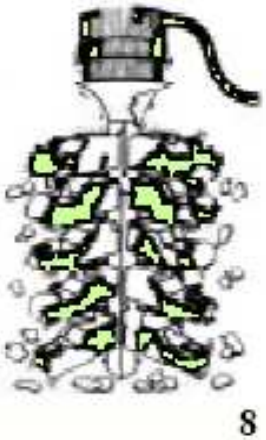
Desvantagens

- Custo mais elevado das areias pré-revestidas
- Custo mais elevado das placas modelo
- Limitação do processo a peças pequenas e médias (resistência mecânica das carapaças)
- Areias não recicláveis economicamente
- Espessuras mínimas obtidas de 6mm

FUNDIÇÃO de precisão: processo Cera Perdida







1. Elaboração dos modelos em cera
2. Construção da árvore de modelos
3. Imersão da árvore de modelos num banho de refratário de granulometria fina (lama refratária - revestimento primário)
4. Deposição de camadas de material refratário para constituição de um corpo em casca cerâmica auto-resistente
5. Destruição do modelo de cera por fusão
6. Cozimento do material cerâmico da moldação para conclusão do processo de presa
7. Vazamento do metal fundido
8. Abatimento da moldação
9. Corte dos gitos, acabamento das peças e controlo dimensional

FUNDIÇÃO de precisão: processo Cera Perdida

Vantagens

- Flexibilidade de forma
- Tolerâncias dimensionais apertadas
- Grande produtividade
- Elevado rigor dimensional
- Bom acabamento superficial
- Baixo custo comparativamente com a maquinagem convencional
- Grande variedade de materiais utilizados
- Peças sem linhas de partição
- Espessuras mínimas inferiores às obtidas por Shell Molding

Desvantagens

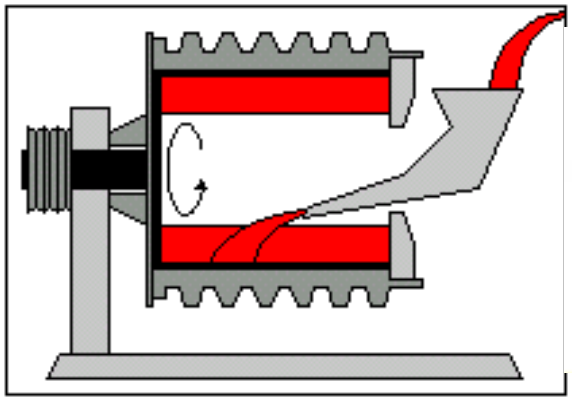
- Peças de pequenas e médias dimensões
- Processo moroso e exigente de obtenção dos modelos

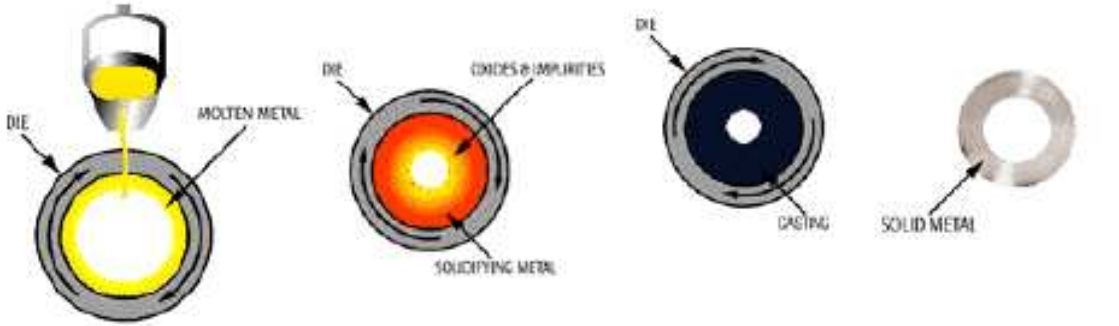
FUNDIÇÃO de precisão: processo Cera Perdida

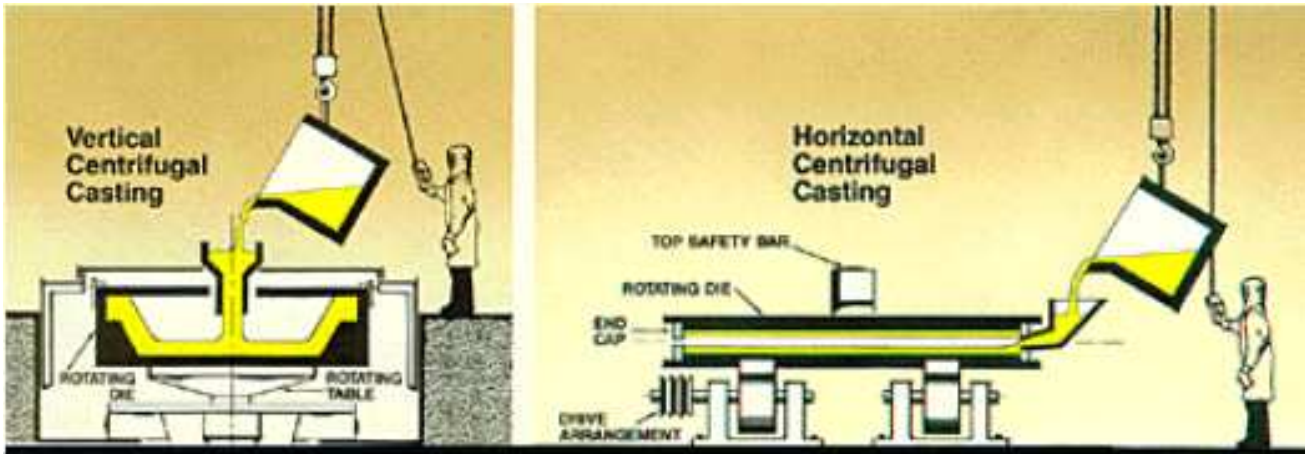
- peças para motores de avião, de aço inoxidável, ligas resistentes ao calor etc.;
- sistemas de combustão de aviões, de aço inoxidável, ligas de alumínio e ligas resistentes ao calor;
- instrumentos de controle de aviões, de alumínio e suas ligas, ligas cobre-berílio, ligas de magnésio, de bronze-silício etc.;
- em turbinas a gás, de aço inoxidável, ligas de níquel, ligas resistentes ao calor e ao desgaste etc.;
- em armamentos de pequeno porte, de aços-liga, cobre-berílio etc.;
- em máquinas operatrizes e acessórios, em equipamento médico e odontológico; em equipamento óptico, em equipamento para indústria têxtil, em máquinas de escrever e equipamento de escritório, bem como em uma infinidade de outras aplicações.

FUNDIÇÃO: Fundição por centrifugação

Um dos exemplos mais conhecidos de utilização do processo corresponde à fabricação de tubos de ferro fundido para linhas de suprimento de água.





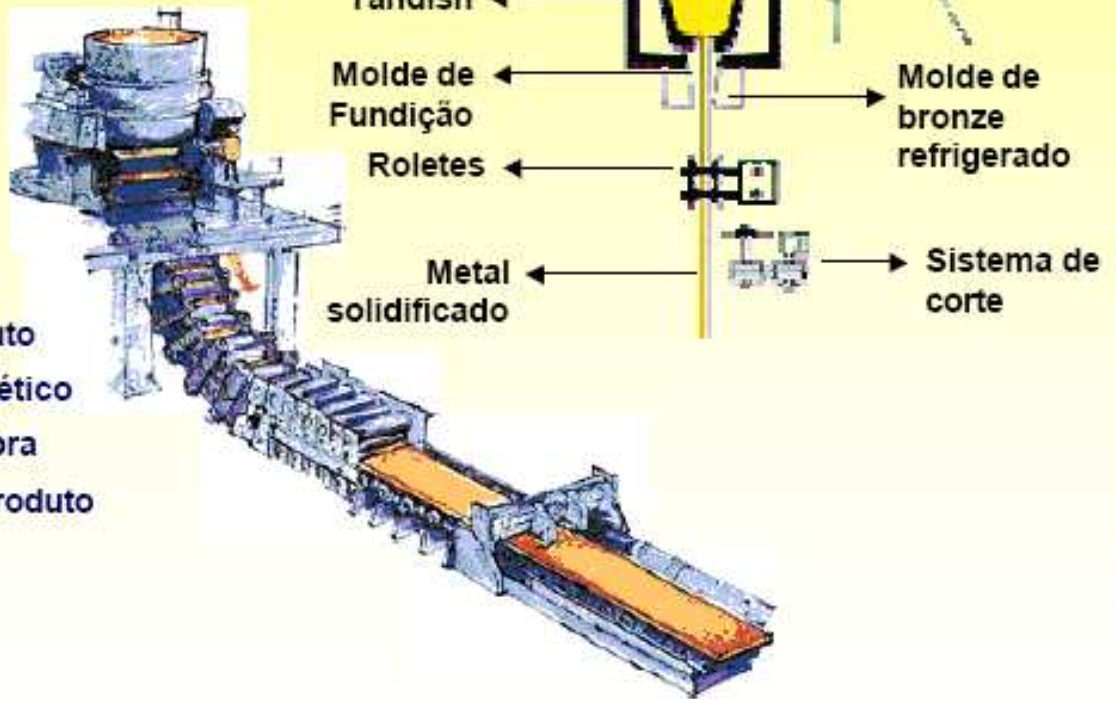


FUNDIÇÃO: Fundição por centrifugação

Aplicações

FUNDIÇÃO: Fundição contínua

Fundição Contínua

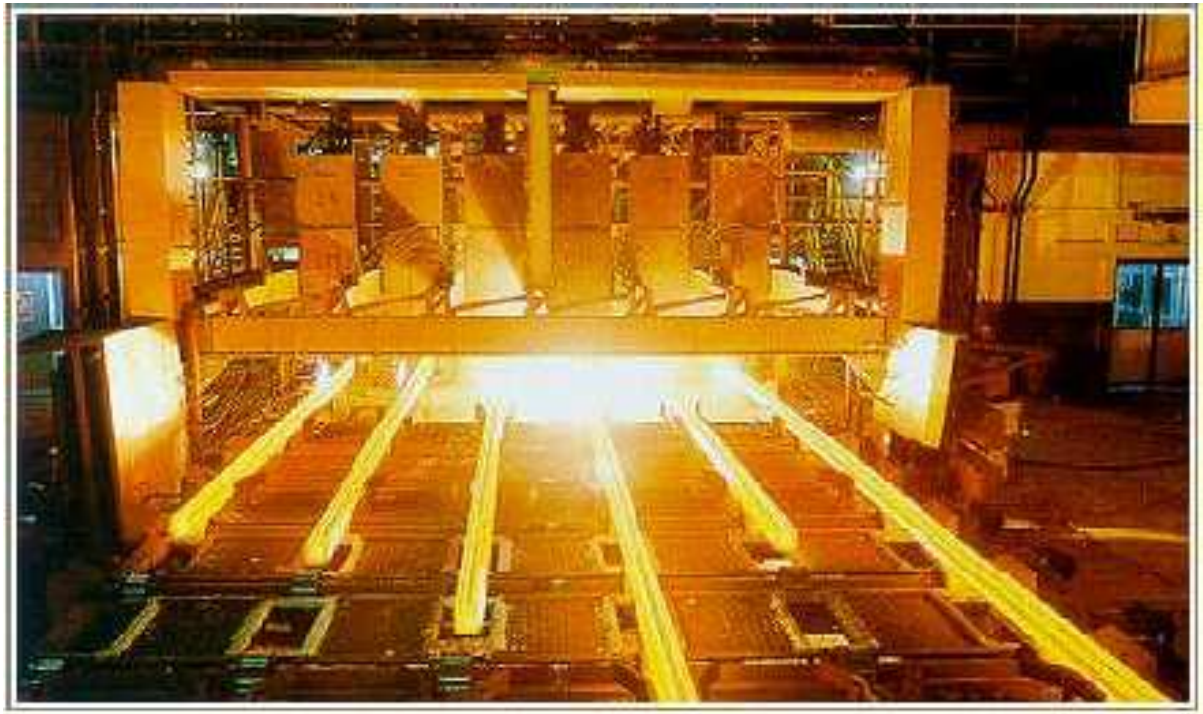


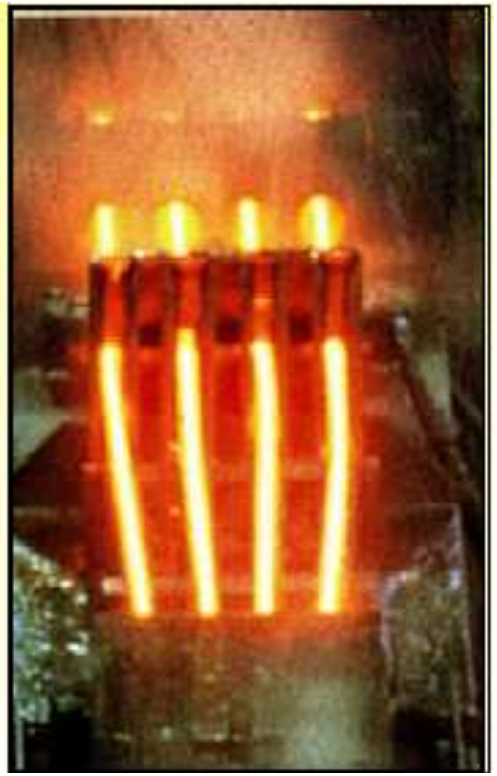
Vantagens

- Maior Produtividade
- Uniformidade do produto
- Menor consumo energético
- Redução de mão-de-obra
- Melhor qualidade do produto

FUNDIÇÃO: Fundição contínua

FUNDIÇÃO: **Fundição contínua**





FUNDIÇÃO: Exercícios

1. Quais as vantagens da moldagem em areia seca sobre a moldagem em areia verde.
2. Explicar por que é necessário prever sobre metal nos projetos das peças a serem fundidas.
3. Discutir a necessidade de alimentadores nos moldes de fundição.
4. Porque se usam machos na fundição de peças?
5. Em que casos a fundição por centrifugação é usada?
6. Qual a diferença entre molde de areia e molde permanente?
7. Quais são os efeitos que o fenômeno da contração, durante a solidificação, pode causar em peças fundidas?

Processo CO_2

➢É de aplicação relativamente recente. Utiliza-se para moldes e machos relativos a peças de quaisquer dimensões.

➢No processo, os moldes são do tipo convencional, de areia aglomerada com silicato de sódio (2,5 a 6,0% em peso).

➢Depois de compactados, são eles submetidos a um tratamento com CO_2, que consiste na passagem de uma corrente desse gás através de sua secção. Ocorre uma reação entre o CO_2 e o silicato de sódio; forma-se sílica-gel, carbonato de sódio e água, resultando um endurecimento do molde, em tempo relativamente curto.

➢ Não há necessidade de estufagem, alcançando-se elevadas propriedades de dureza e resistência.

Processo de moldagem plena

Nesse processo são utilizados como modelos **espuma de poliestireno**. A espuma de poliestireno pode ser facilmente cortada e podem ser obtidos com facilidade modelos bastante complexos.

A moldagem é conduzida do mesmo modo que no processo de fundição em areia, mas o modelo não é retirado, pois durante o vazamento o poliestireno vaporiza, sendo substituído pelo metal.

vantagens: ângulos de saída e cantos arredondados não são necessários; pouca ou nenhuma quantidade de aglomerante misturada na areia; redução drástica da quantidade de machos; mão-de-obra menos qualificada.

desvantagens: geração de gás que pode ocasionar alguns problemas com o acabamento da superfície tornando-a, geralmente, mais grosseira do que o obtido na moldagem normal.

FUNDIÇÃO

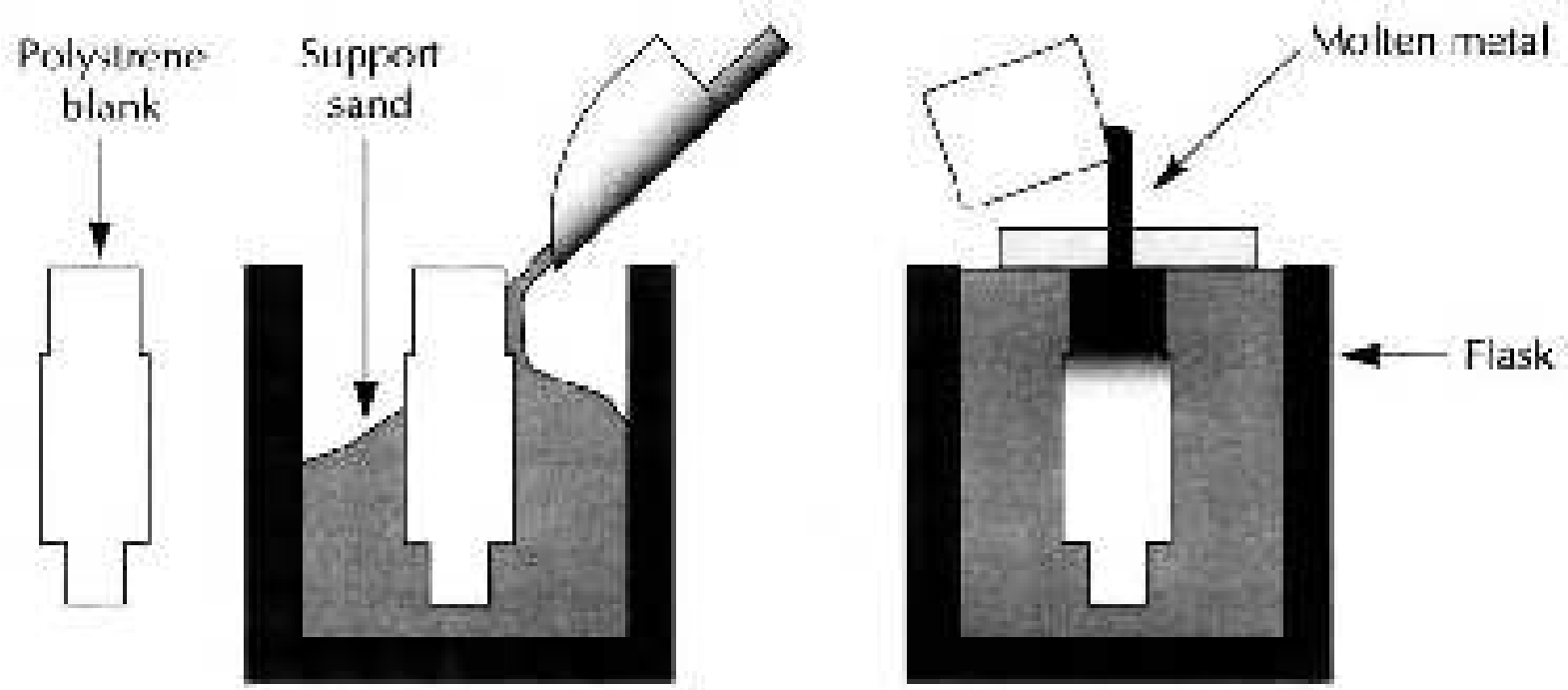


Ilustração esquemática do processo de moldagem plena.

FUNDIÇÃO

Moldagem em molde metálico

✓Fundição em molde permanente;

✓Fundição sob pressão;

Moldes permanentes

Os moldes, nesse caso, são chamados "**lingoteiras**".

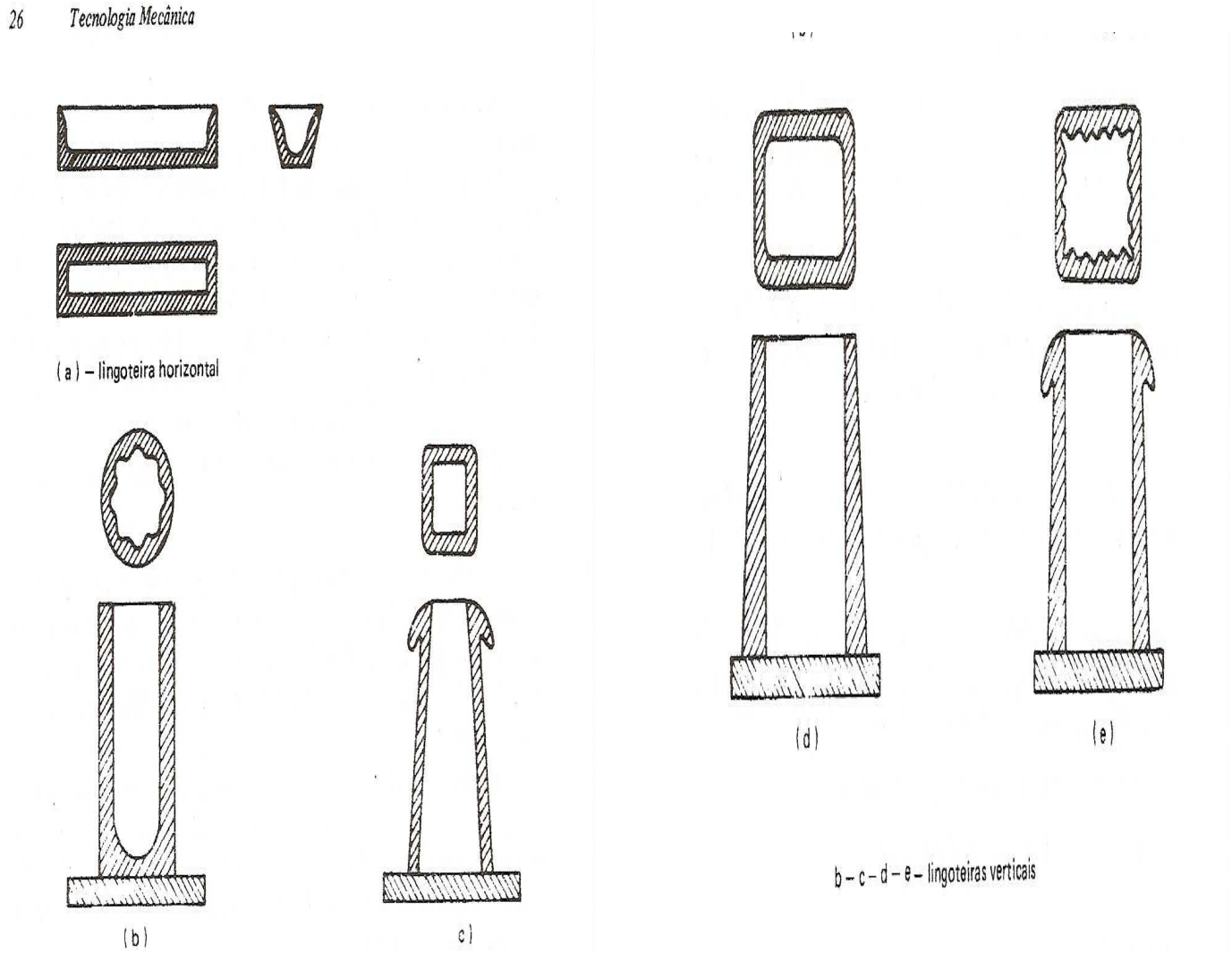
Os tipos verticais são empregados geralmente para a fundição de **lingotes de aço**.

Os tipos horizontais são mais utilizados para **metais e ligas não-ferrosos**.

A utilização dos moldes metálicos está restrita aos metais com temperatura de fusão mais baixa do que o ferro e o aço. Esses metais são representados pelas ligas com chumbo, zinco, alumínio, magnésio, certos bronzes e, excepcionalmente, o ferro fundido.

Os moldes permanentes são feitos de aço ou ferro fundido ligado, resistente ao calor e às repetidas mudanças de temperatura. Moldes feitos de bronze podem ser usados para fundir estanho, chumbo e zinco.

Lingoteiras horizontais e verticais:



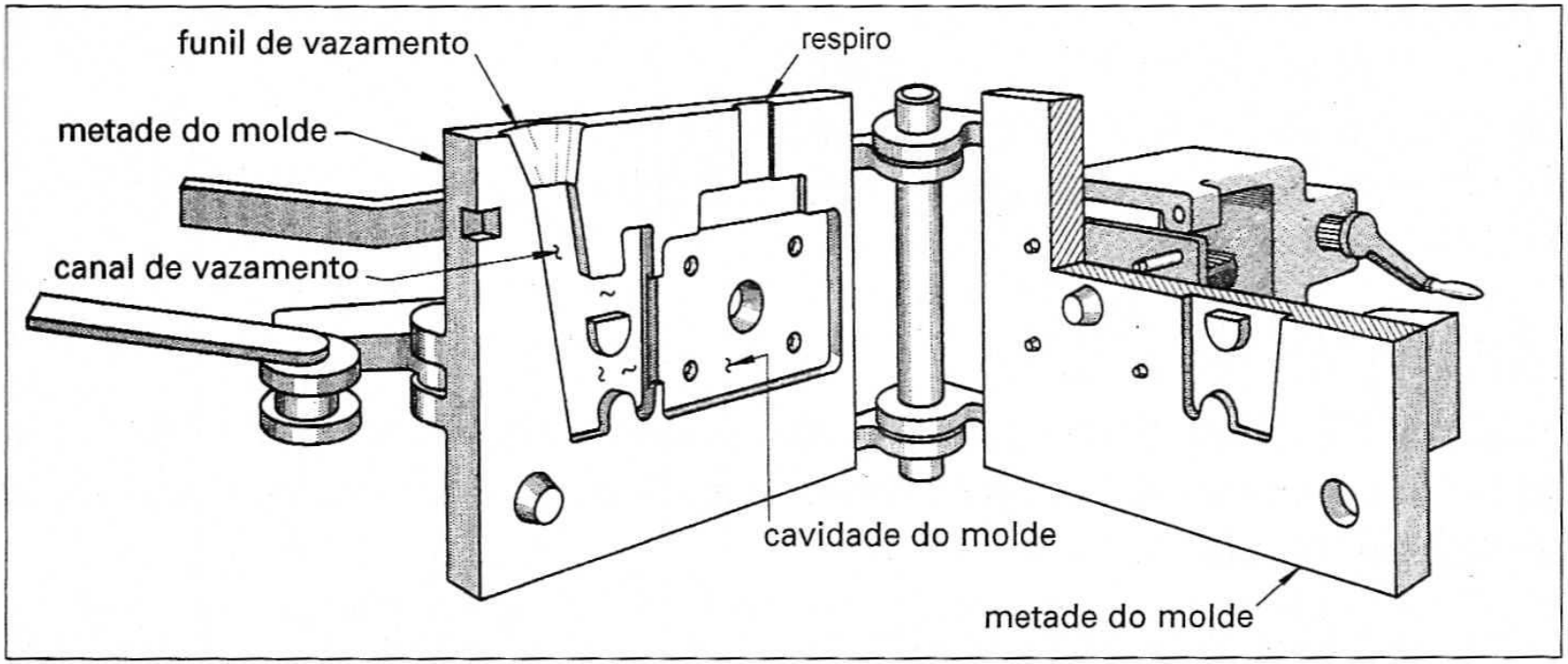
FUNDIÇÃO

Produtos típicos da fundição em moldes permanentes são:

- bases de máquinas;
- blocos de cilindros de compressores;
- cabeçotes;
- bielas;
- pistões;
- cabeçotes de cilindros de motores de automóveis;
- coletores de admissão.

FUNDIÇÃO

Molde metálico permanente para vazamento de metal líquido.



Fundição sob pressão

Os moldes metálicos são chamados de matrizes.

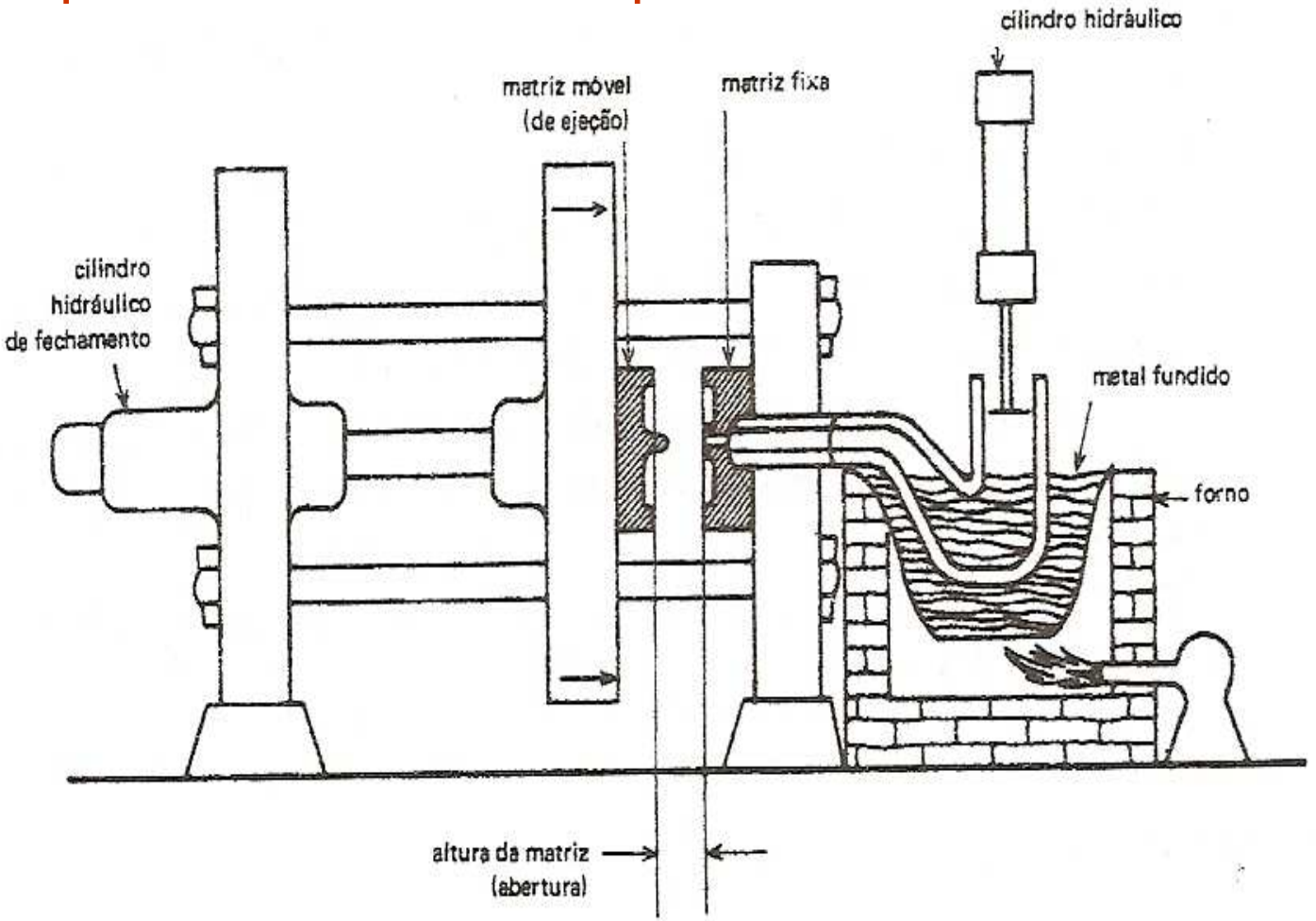
A matriz, feita de **aço ferramenta tratado termicamente**, é geralmente construída em duas partes que são fechadas hermeticamente no momento do vazamento do metal líquido.

Muitas matrizes são refrigeradas a água. Isso é importante para evitar superaquecimento da matriz, aumentando sua vida útil e evitando defeitos nas peças.

É automatizada e realizada em máquina de **câmara quente** e máquina de **câmara fria**.

FUNDIÇÃO

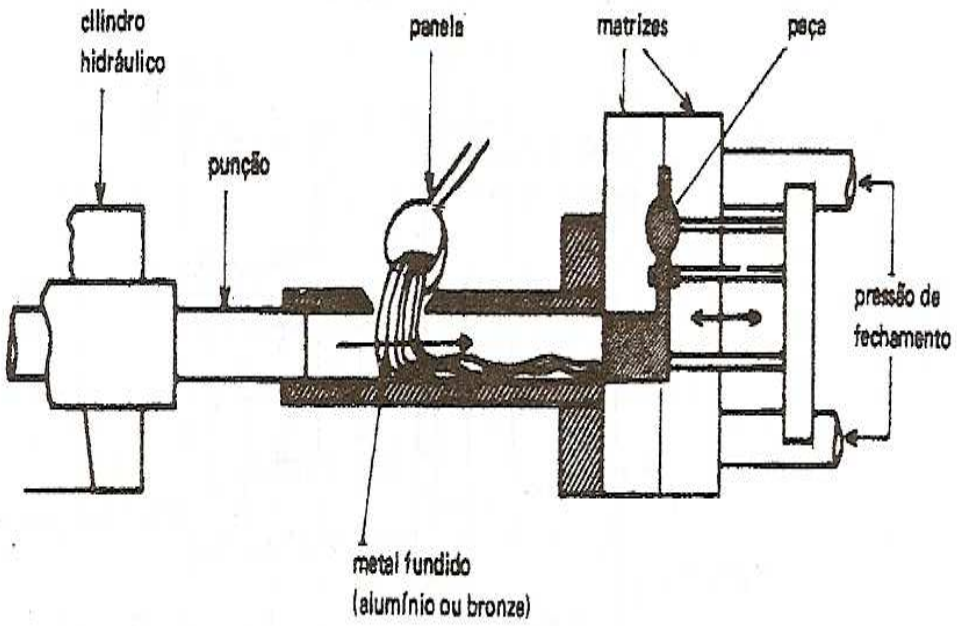
Representação esquemática do processo de fundição sob pressão em câmara quente.



FUNDIÇÃO

Já a máquina de fundição sob pressão de **câmara fria** é utilizada, quando o metal fundido ataca o sistema de bombeamento (cilindro e pistão).

Este processo é empregado principalmente para fundir ligas de alumínio, magnésio e ligas de cobre.



FUNDIÇÃO

Vantagens do processo de fundição sob pressão:

1. peças de ligas como as de alumínio, fundidas sob pressão, apresentam maiores resistências do que as fundidas em areia;
3. possibilidade de produção de peças com formas mais complexas;
4. possibilidade de produção de peças com paredes mais finas e tolerâncias dimensionais mais estreitas;
5. alta capacidade de produção; alta durabilidade das matrizes.

FUNDIÇÃO

Desvantagens do processo de fundição sob pressão:

1. limitações no emprego do processo: ele é usado para ligas não-ferrosas, com poucas exceções;

2. limitação no peso das peças (raramente superiores a 5 kg.);

3. retenção de ar no interior das matrizes, originando peças incompletas e porosidade na peça fundida;

4. alto custo do equipamento e dos acessórios, o que limita seu emprego a grandes volumes de produção.

FUNDIÇÃO

Controle de qualidade de peças fundidas.

A inspeção de **peças fundidas** como de peças produzidas por qualquer outro **processo metalúrgico** tem dois **objetivos**:

- rejeitar as peças defeituosas;

- preservar a qualidade das matérias-primas utilizadas na fundição e a sua mão-de-obra.

FUNDIÇÃO

O controle de qualidade compreende as seguintes etapas:

1. Inspeção visual para detectar defeitos visíveis, resultantes das operações de moldagem, confecção e colocação dos machos, de vazamento e limpeza;

2. Inspeção dimensional a qual é realizada geralmente em pequenos lotes produzidos antes que toda a série de peças seja fundida;

3. Inspeção metalúrgica que inclui análise química; exame metalográfico, para observação da microestrutura do material; ensaios mecânicos, para determinação de suas propriedades mecânicas, ensaios não-destrutivos, para verificar se os fundidos são totalmente sãos.

FUNDIÇÃO

Conclusões:

- O processo de fundição por gravidade, em areia, é o mais generalizado, pois peças de todas as dimensões e formas - exceto as mais complexas - e praticamente de qualquer metal podem ser fundidas em areia.

- A fundição em moldes metálicos produz uma contração muito rápida que, em algumas ligas de menor resistência mecânica, pode resultar em fissuras. Por outro lado, certas ligas apresentam temperaturas de fusão que podem danificar os moldes metálicos.

- Entretanto, a fundição em moldes metálicos dá origem a peças com melhor acabamento superficial, dentro de tolerâncias dimensionais mais estreitas, com secções mais finas e exigem menos usinagem que as fundidas em areia.

COMPARAÇÃO DE ALGUNS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

Fator	Fundição em areia	Fundição em molde permanente	Fundição sob pressão	Fundição por centrifugação
Metal processado	Todos	Ferros fundidos e não-ferrosos	Não-ferrosos de baixo ponto de fusão	Todos
Dimensões comerciais mín. – máx.	As maiores	0,5 kg a cerca de 150 kg	Diminutas a 35 kg em Al, a 150 kg em Zn	Acima de 25 t
Espessura mín., mm	3,2 – 4,7	3,2	0,8 – 1,6	1,6
Resist. à tração*kgf/mm^2	13	16	19,5	17,5
Ordem de produção** (Peças por hora)	10 – 15	40 – 60	120 – 150	30 – 50
Custo do molde ou modelo***	100	660	1650	500

* Para uma liga de alumínio, como exemplo.
** Produção estimada para uma peça fundida de alumínio de cerca de 1,5 kg de peso e moderada complexidade.
*** Tomando como base 100 para fundição em areia.