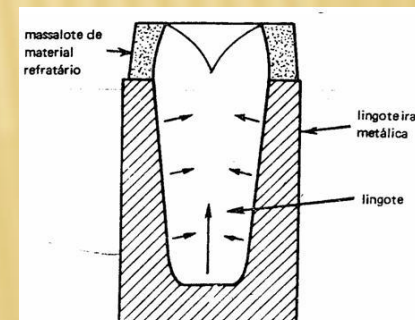

× **FUNDIÇÃO POR GRAVIDADE OU
COQUILHAMENTO EM MOLDE
PERMANENTE**

✘ O que é Fundição com Molde Permanente?

• O que é Fundição com Molde Permanente?

- ✘ A fundição com molde permanente emprega um molde reutilizável.

As vantagens deste processo incluem componentes com forma semi-acabada, um melhor acabamento da superfície e propriedades mecânicas melhoradas.



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:

26 Tecnologia Mecânica



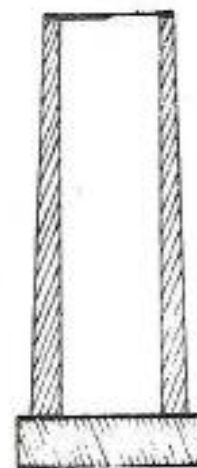
(a) - lingoteira horizontal



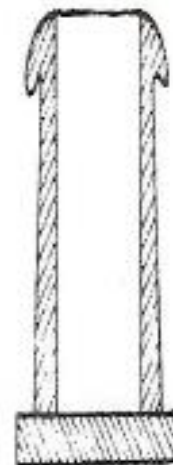
(b)



(c)



(d)



(e)

b - c - d - e - lingoteiras verticais

-
- ✘ O termo fundição com molde permanente e fundição por gravidade são freqüentemente utilizados para descrever o mesmo processo de fundição.

Ligas utilizadas na fundição por gravidade

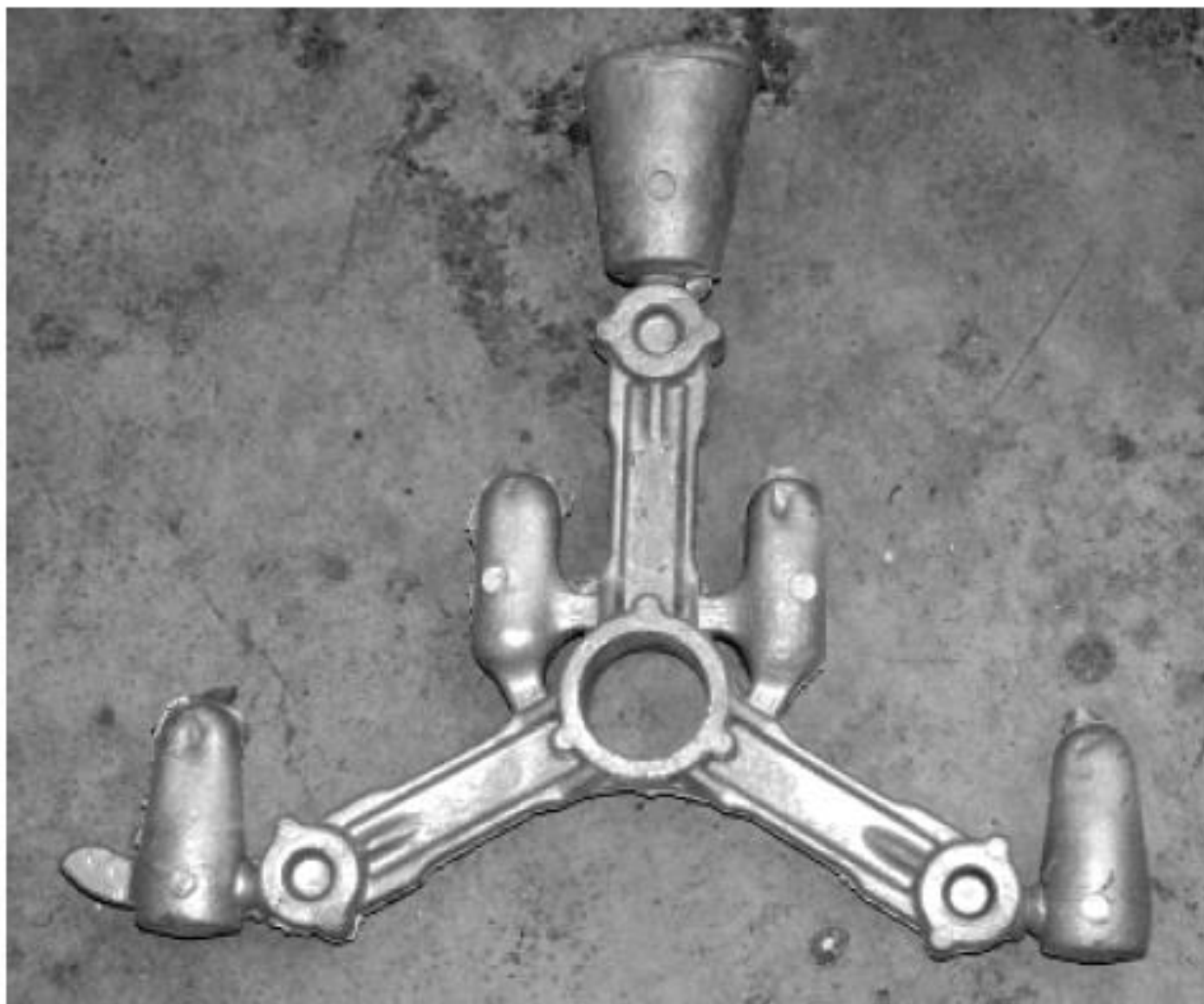
Nos metais que podem ser vazados em moldes permanentes incluem-se as ligas de alumínio, magnésio, zinco, cobre e ferro fundido cinzento hipereutético. As ligas de alumínio são as ligas metálicas mais cumummente utilizadas neste processo de fundição e as de magnésio as menos utilizadas⁸⁰.

Ligas de alumínio:

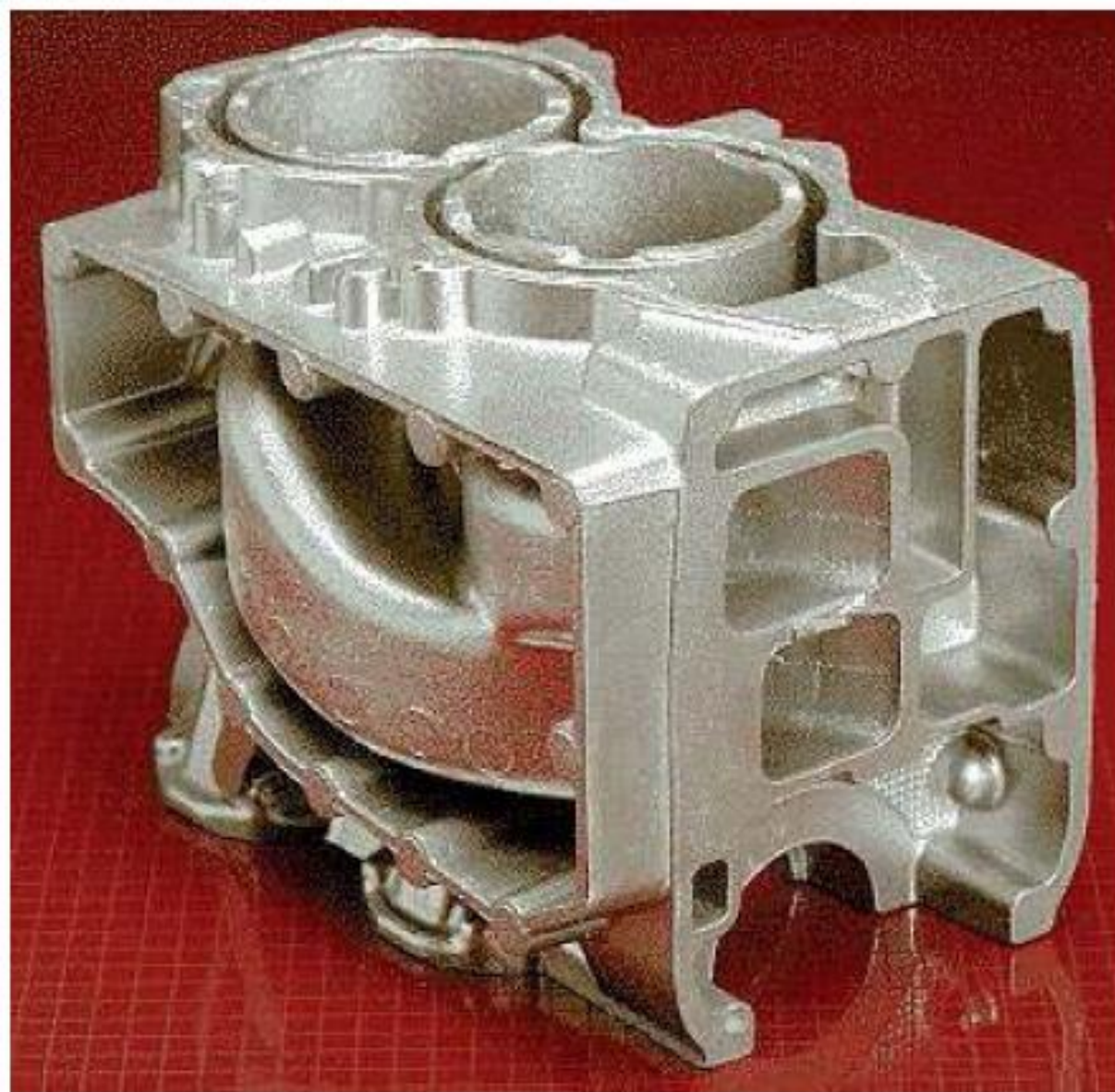
Corpo de bomba submersível em alumínio (coquilha)



Cubo de roda em alumínio (coquilha)

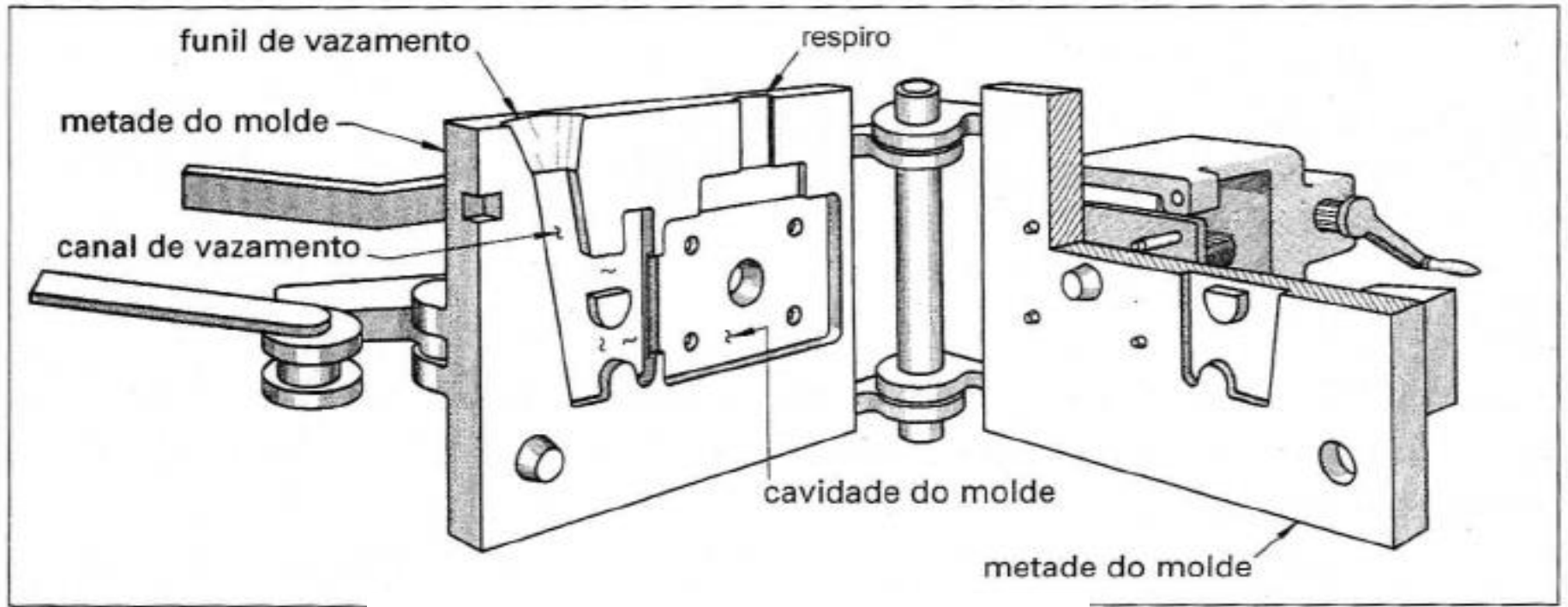


Bloco de motor de dois cilindros em alumínio (coquilha)



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.



Coquilha para vazamento por gravidade

-Preenchimento do molde por ação da gravidade.

-Ciclo de produção curto \Rightarrow pode ainda ser reduzido com uso de refrigeração (água ou ar).

- **Limite da aceleração da solidificação** \Rightarrow garantia da sanidade do produto.

- Técnica:

- ✘ \Rightarrow preparo do molde \Rightarrow limpeza com jatos de ar ou escova; aspersão de lubrificantes/revestimentos.
- ✘ \Rightarrow controle de sua temperatura;
- ✘ \Rightarrow montagem de machos \Rightarrow refratários ou metálicos - vazamento \Rightarrow pela parte superior ou por canais que dão entrada do líquido pela parte inferior;
- ✘ \Rightarrow abertura para ejeção do produto \Rightarrow o mais rápido possível para que as contrações de resfriamento não sejam restringidas pelo molde mais robusto;
- ✘ \Rightarrow início do novo ciclo.

Parâmetros para fundição por gravidade

a) Temperatura do molde

b) Pré-aquecimento do molde

c) Temperatura de vazamento

TEMPERATURA DO MOLDE

A temperatura adequada do molde é uma temperatura que vai produzir uma peça fundida em boas condições, de qualidade e no menor tempo.

Se a temperatura do molde é muito alta, nas peças fundidas ou partes a microestrutura após a solidificação fica com as propriedades mecânicas diferentes do esperado.

Quando a temperatura do molde é muito baixa a alimentação é inibida, o que geralmente resulta em contração prematura, possíveis fissuras a quente e colagem do fundido às paredes do molde e machos.

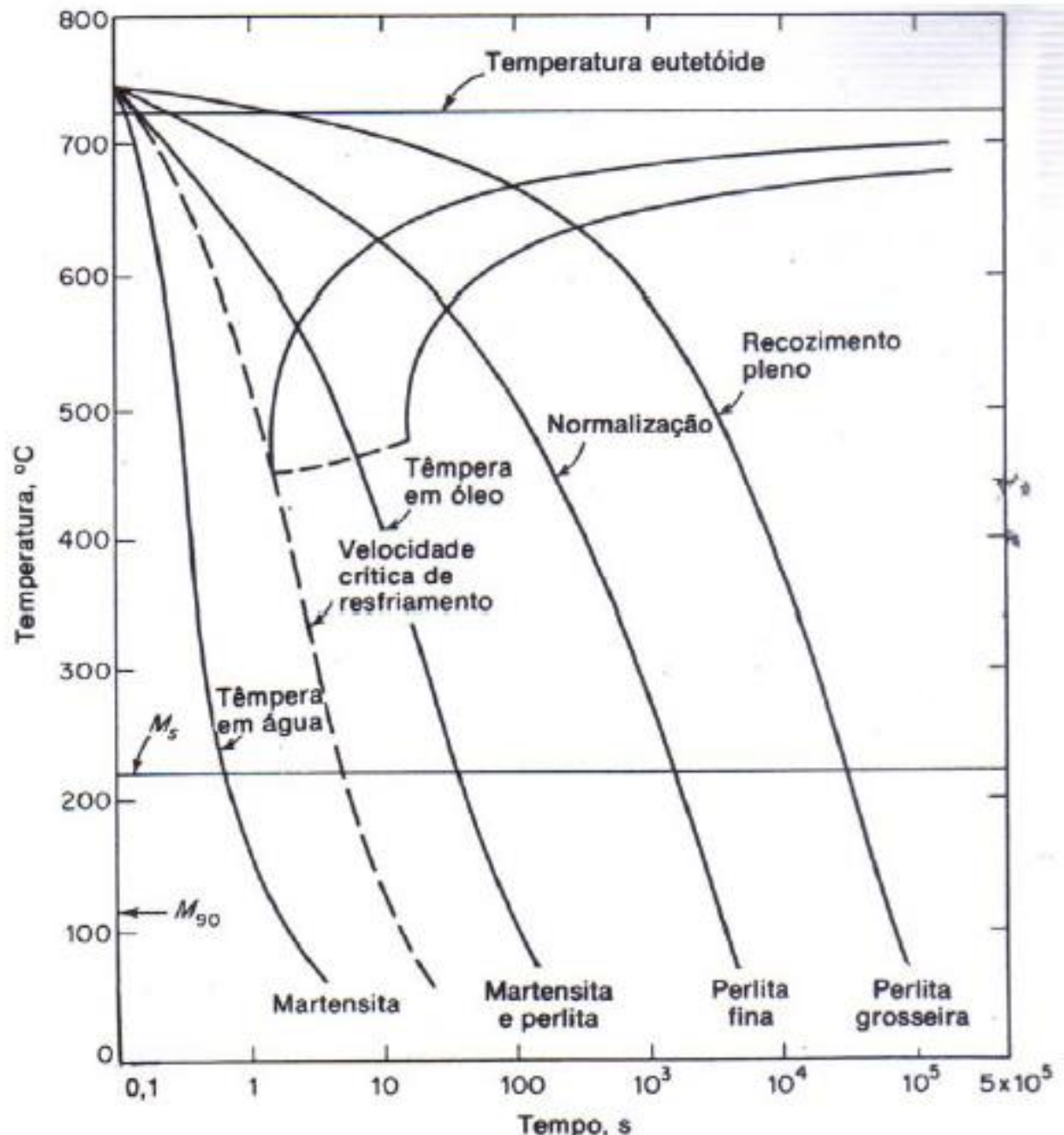
As variáveis que influenciam a temperatura do molde incluem:

- i) Temperatura de vazamento: quanto mais alta a temperatura de vazamento mais alta a temperatura do molde;
- ii) Frequência do ciclo: quanto mais rápido o ciclo da operação mais quente fica o molde;
- iii) Peso do fundido: a temperatura do molde aumenta à medida que o peso de metal fundido aumenta;
- iv) Forma do fundido: secções grandes isoladas, cavidades dos machos e cantos aguçados não só aumentam a temperatura total do molde, mas também produzem gradientes térmicos indesejáveis⁷⁸;
- v) Espessura das paredes do fundido: a temperatura do molde aumenta à medida que a espessura das paredes do fundido aumenta;
- vi) Espessura das paredes do molde: a temperatura do molde diminui à medida que a espessura da parede do molde aumenta;
- vii) Espessura do revestimento do molde: a temperatura do molde diminui à medida que a espessura do revestimento do molde aumenta.

Pré-aquecimento do molde

Em muitas operações de fundição, os moldes são pré-aquecidos aproximadamente até à sua temperatura de operação. Esta prática minimiza o número de fundidos inaceitáveis produzidos durante a fase inicial do processo produtivo. Os moldes podem ser pré-aquecidos através da exposição directa a uma chama ou através de um forno, situação essa que nem sempre é possível na prática devido às dimensões do molde.

A temperatura de pré-aquecimento deve ser observada nos diagramas de resfriamento contínuo e determinar a temperatura em função das transformações metalúrgicas que otimizem as propriedades do fundido.



Temperatura de vazamento

Os fundidos de moldes permanentes são geralmente vazados com um metal que é mantido com uma gama de temperatura relativamente apertada. Esta gama é estabelecida pela composição do metal a ser vazado, espessura das paredes do fundido, tamanho e peso do fundido, prática de arrefecimento do molde, revestimento do molde e sistemas de alimentação usados.

Se a temperatura de vazamento é mais baixa que a ideal, a cavidade do molde não irá encher, materiais de adição (se usados) não serão ligados, o sistema de alimentação ou reservatório irá solidificar antes da última parte do fundido e as secções finas irão solidificar demasiado rapidamente e interromperão a solidificação direccionada. Uma baixa temperatura de vazamento resulta conseqüentemente em paragens no ciclo de produção, porosidade, pobre detalhe do fundido, e fissuras a quente⁷⁹. Por vezes, só um pequeno aumento na temperatura de vazamento é necessário para prevenir essas fissuras.

Uma alta temperatura de vazamento pode causar contrações nas peças fundidas e também empenar o molde, o que levaria á perda de tolerância dimensional da peça fundida.

Em adição, variações na composição do metal podem desenvolver-se, se o metal fundido tem componentes que se tornem voláteis a altas temperaturas de vazamento (ver tab. seguinte).

Altas temperaturas de vazamento também aumentam o tempo de solidificação (diminui produção), a estrutura de solidificação fica alterada e quase sempre diminui a vida útil do molde.

Tabela 1. Ponto de fusão e energia molar de formação de alguns óxidos [92,99].

Óxidos	Ponto de fusão - °C	Energia molar - KJ/mol
Al ₂ O ₃	2046	1668
FeO	1360	270
Fe ₂ O ₃	1570	816
Fe ₃ O ₄	1530	1115
MoO ₃	795	738
NiO	1990	244
ZnO	sublima	348
Cr ₂ O ₃	2430	1120

- Confeção da coquilha:

- ✘ \Rightarrow geralmente por fundição e usinagem de:
- ✘ fero ou aços forjados;
- ✘ ligas Cr/Ni \Rightarrow usados para ligas de $> T_f$;
- ✘ ligas Be/Cu \Rightarrow para ligas de Cu.
- ✘ \Rightarrow confeccionados em partes desmontáveis e facilmente encaixáveis;
- ✘ \Rightarrow na confeção devem ser consideradas expansão e contração térmica do material da coquilha;
- ✘ \Rightarrow paredes do molde não devem apresentar espessuras muito dissimilares \Rightarrow minimizar gradientes térmicos na coquilha (maior vida útil).

- Utilização:

- ✘ ⇒ processo adequado para médios e elevados volumes de produção, principalmente ligas não ferrosas;
- ✘ ⇒ fundidos de paredes não muito dissimilares;
- ✘ ⇒ não permite espessuras de parede menor que 7mm (elevada extração de calor → o metal perde fluidez rapidamente);
- ✘ ⇒ geometrias não complexas.



- ✘ - Aços \Rightarrow não em coquilha por gravidade:
 - ✘ - elevada TF;
 - ✘ - elevada concentração.
- ✘ - Fefo \Rightarrow possível, uso de recobrimentos refratários.
- ✘ - Limites de peso típicos:
 - 70 kg para ligas de Al;
 - ✘ 25 kg para ligas de Mg;
 - ✘ 15 kg para fefo;
 - ✘ 10 kg para ligas de Cu.

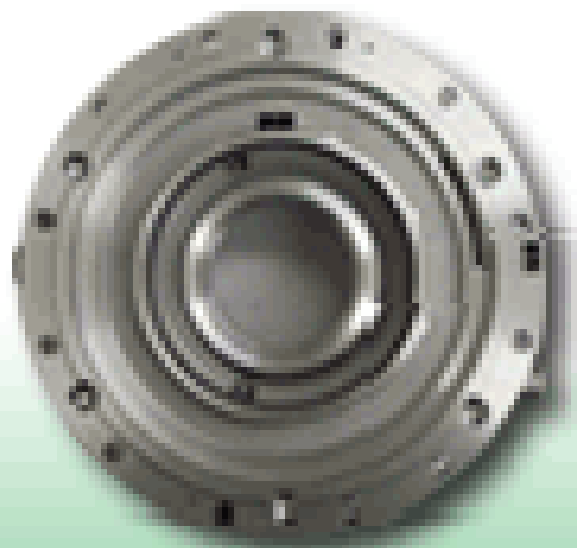
✘ - Qualidade do produto:

✘ ✓ superior a de fundidos em areia;

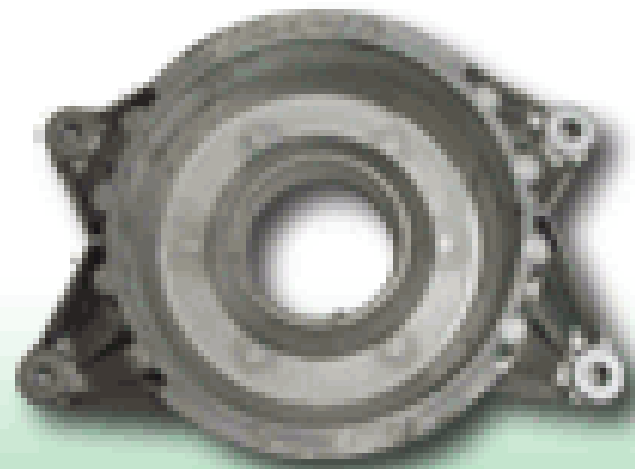
✘ ✓ estrutura mais refinada e com reduzida porosidade.

VIDA ÚTIL DE MOLDES:

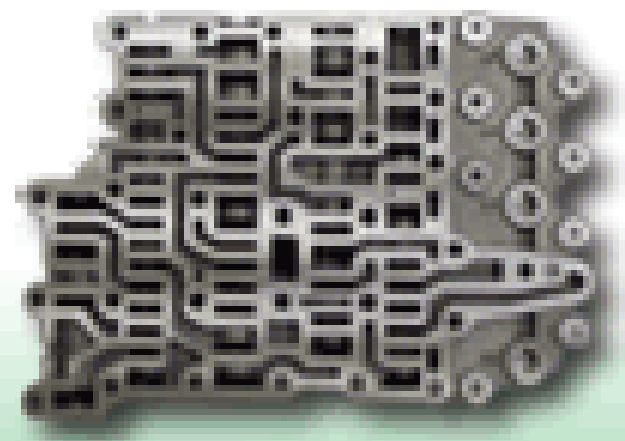
Material a ser fundido	Faixa de Tv	Vida do molde (n° de ciclos)
Fefo cinzento	1.250-1.500	5.000-20.000
Ligas de Al	700-760	até 100.000
Ligas de Cu	1.050-1.150	5.000-2.0000
Ligas de Mg	650-700	20.000-100.000
Ligas de Zn	390-430	100.000 +



cárter



tampa de cárter.



Roda



Suporte



cilindro refrigerado a ar





- ✘ **Nova técnica de fundição coloca magnésio ao alcance da indústria automobilística**
- ✘ Redação do Site Inovação Tecnológica - 06/02/2006



- ✘ Os carros do futuro poderão ser bem mais leves - mas muito mais resistentes - graças aos avanços no processo de fundição que acabam de ser alcançados pelos engenheiros australianos do instituto de pesquisas CSIRO.
- ✘ Eles utilizaram ligas de magnésio superleves, também desenvolvidas no mesmo instituto.
- ✘ A tecnologia, batizada de T-Mag, gera produtos fundidos de ligas de magnésio de altíssima integridade - sem porosidade ou outros defeitos - a partir de moldes permanentes e é muito mais econômica.

-
- ✘ **A nova tecnologia é um processo de fundição com moldes permanentes, que não exige nem alta pressão e nem vácuo.**
 - ✘ **O molde se enche lentamente de baixo para cima, minimizando o aprisionamento de ar e a oxidação, produzindo fundidos com qualidade de raios-x - virtualmente livres de defeitos.**

-
- ✘ A T-Mag permite a fundição de blocos de magnésio para motores que são 33% mais leves do que os blocos de alumínio e com apenas um terço do peso de um bloco de ferro fundido.
 - ✘ Ganhos tão significativos já estão chamando a atenção de vários fabricantes de automóveis, que estão analisando a tecnologia.