

## **Fundição: um bom começo**

---

Quando se fala em Mecânica, o que vem à sua cabeça? Certamente máquinas. Grandes, pequenas, complexas, simples, automatizadas ou não, elas estão por toda a parte. E se integraram às nossas vidas como um complemento indispensável que nos ajuda a vencer a inferioridade física diante da natureza.

Pois é, na aula anterior, vimos como o homem, ainda antes de construir abrigos e inventar a agricultura já “fabricava” instrumentos que o ajudavam em sua sobrevivência. E no momento em que ele se sentiu capaz disso, não existiram mais limites para a sua criatividade. E daí para a idéia dos mecanismos que pudessem tornar as tarefas mais rápidas, mais fáceis e cada vez mais perfeitas, foi só uma questão de tempo. Foi um progresso que levou alguns milhares de anos, é verdade, mas que, de uns duzentos anos para cá tornou-se cada vez mais rápido.

É o caso, por exemplo, do relacionamento do homem com os metais que já dura uns 6 mil anos. Você pode pensar nos conjuntos mecânicos que você conhece sem metais? Por enquanto não, certo? Todavia, o aperfeiçoamento desses conjuntos só se tornou possível com o domínio de dois conhecimentos: a tecnologia dos materiais e os processos de fabricação.

Sobre a tecnologia dos materiais, você já deve ter estudado um módulo inteiro do Telecurso Profissionalizante: o módulo chamado de **Materiais**. Quanto aos processos de fabricação, vamos começar nosso estudo agora. Que tal, então, imaginar que você tenha de fabricar alguma coisa de metal. Você tem idéia por onde co-

meçar? Não? Pois vamos dar uma dica: vamos começar pela **fundição**.

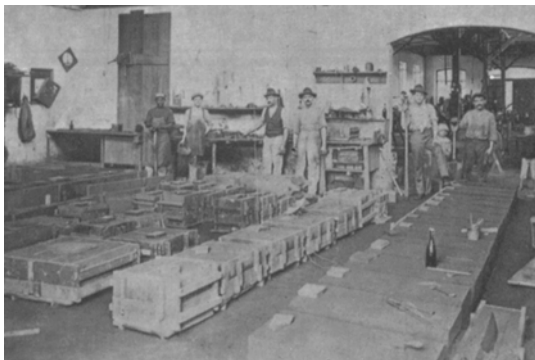
“Como?!”, você deve estar perguntando, “O que isso tem a ver com mecânica?” Mais do que você imagina. E nesta aula você vai ver por quê.

### **Que processo é esse?**

Os processos de transformação dos metais e ligas metálicas em peças para utilização em conjuntos mecânicos são inúmeros e variados: você pode **fundir, conformar mecanicamente, soldar, utilizar a metalurgia do pó e usinar** o metal e, assim, obter a peça desejada. Evidentemente, vários fatores devem ser considerados quando se escolhe o processo de fabricação. Como exemplo, podemos lembrar: o formato da peça, as exigências de uso, o material a ser empregado, a quantidade de peças que devem ser produzidas, o tipo de acabamento desejado, e assim por diante.

Dentre essas várias maneiras de trabalhar o material metálico, a fundição se destaca, não só por ser um dos processos mais antigos, mas também porque é um dos mais versáteis, principalmente quando se considera os diferentes formatos e tamanhos das peças que se pode produzir por esse processo.

Mas, afinal, o que é fundição? É o processo de fabricação de peças metálicas que consiste essencialmente em encher com metal líquido a cavidade de um molde com formato e medidas correspondentes aos da peça a ser fabricada.



A fundição é um processo de fabricação inicial, porque permite a obtenção de peças com formas praticamente definitivas, com mínimas limitações de tamanho, formato e complexidade, e também é o processo pelo qual se fabricam os **lingotes**. É a partir do lingote que se realizam os processos de conformação mecânica para a obtenção de chapas, placas, perfis etc.

Sempre que se fala em fundição, as pessoas logo pensam em ferro. Mas esse processo não se restringe só ao ferro, não. Ele pode ser empregado com os mais variados tipos de ligas metálicas, desde que elas apresentem as propriedades adequadas a esse processo, como por exemplo, **temperatura de fusão e fluidez**.

**Temperatura de fusão** é a temperatura em que o metal passa do estado sólido para o estado líquido.

**Fluidez** é a capacidade de uma substância de escoar com maior ou menor facilidade. Por exemplo, a água tem mais fluidez que o óleo porque escorre com mais facilidade.

A fundição começou a ser usada pelo homem mais ou menos uns 3000 a.C. Fundiu-se primeiro o cobre, depois o bronze, e, mais recentemente, o ferro, por causa da dificuldade em alcançar as temperaturas necessárias para a realização do processo. A arte cerâmica contribuiu bastante para isso, pois gerou as técnicas básicas para a execução dos moldes e para o uso controlado do calor já que forneceu os materiais refratários para a construção de fornos e cadinhos.

Sem dúvida, as descobertas da Revolução Industrial, como os fornos Cubilô os fornos elétricos, e a mecanização do processo, muito contribuíram para o desenvolvimento da fundição do ferro e, conseqüentemente, do aço. A maioria dos equipamentos de fundição foi concebida basicamente nesse período, quando surgiram também os vários métodos de fundição centrífuga. Ao século XX coube a tarefa de aperfeiçoar tudo isso.

Para entender melhor a importância disso, basta lembrar que a produção de máquinas em geral e de máquinas-ferramenta, máquinas operatrizes e agrícolas é impensável sem a fundição.

### **Pare! Estude! Responda!**

#### **Exercício 1**

Responda às seguintes perguntas.

- a) O que é fundição?
- b) Comparando o óleo com a água,
  1. Qual possui maior fluidez?
  2. Qual possui menor fluidez?
- c) Por que a fluidez é uma propriedade importante para o processo de fundição?
- d) Sabendo que a temperatura de fusão do aço é de aproximadamente  $1600^{\circ}\text{C}$  e a do ferro fundido é de aproximadamente  $1200^{\circ}\text{C}$ , responda:
  1. Qual dos dois é melhor para a produção de peças fundidas?
  2. Por quê?

#### **Levando vantagem em tudo**

Estudando este módulo sobre processos de fabricação mecânica, você vai perceber que esses utilizam sempre produtos semi-acabados, ou seja, chapas, barras, perfis, tubos, fios e arames, como matéria-prima. Quer dizer, existem várias etapas de fabricação que devem ser realizadas **antes** que o material metálico se transforme em uma peça.

Por outro lado, a fundição parte diretamente do metal líquido e, no mínimo, economiza etapas dentro do processo de fabricação. Vamos, então, ver mais algumas vantagens desse processo.



- a) As peças fundidas podem apresentar formas externas e internas desde as mais simples até as bem complicadas, com formatos impossíveis de serem obtidos por outros processos.
- b) As peças fundidas podem apresentar dimensões limitadas somente pelas restrições das instalações onde são produzidas. Isso quer dizer que é possível produzir peças de poucos gramas de peso e com espessura de parede de apenas alguns milímetros ou pesando muitas toneladas.
- c) A fundição permite um alto grau de automatização e, com isso, a produção rápida e em série de grandes quantidades de peças.
- d) As peças fundidas podem ser produzidas dentro de padrões variados de acabamento (mais liso ou mais áspero) e **tolerância dimensional** (entre  $\pm 0,2$  mm e  $\pm 6$  mm) em função do processo de fundição usado. Por causa disso, há uma grande economia em operações de usinagem.

**Tolerância dimensional** é a faixa dentro da qual uma medida qualquer pode variar. Por exemplo, o desenho especifica uma medida de 10 mm, com uma tolerância dimensional de  $\pm 1$ . Isso quer dizer que essa medida pode variar entre 9 e 11 mm.

- e) A peça fundida possibilita grande economia de peso, porque permite a obtenção de paredes com espessuras quase ilimitadas.

Essas vantagens demonstram a grande diversidade de peças que podem ser produzidas por esse processo e que os outros não conseguem alcançar. Para você ter uma idéia, um automóvel não poderia sair do lugar se não fosse o motor. Nele, a maioria das peças é feita por meio de processos de fundição.

**Pare! Estude! Responda!**

**Exercício 2**

Responda às seguintes perguntas.

- a) Por que o processo de fundição é mais vantajoso quando comparado com outros processos de fabricação?
- b) Escreva **V** para as sentenças corretas ou **F** para as sentenças erradas mostradas a seguir.
1. ( ) Na fundição, a produção de peças é demorada e sempre em pequena quantidade.
  2. ( ) As medidas das peças fundidas podem ter tolerâncias entre 0,2 e 6 mm.
  3. ( ) As peças fundidas podem ter tamanhos pequenos ou muito grandes e formatos simples ou complicados.
  4. ( ) A fundição só produz peças com acabamento muito áspero.

**Exercício 3**

Reescreva corretamente as afirmações que você considerou erradas.

**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

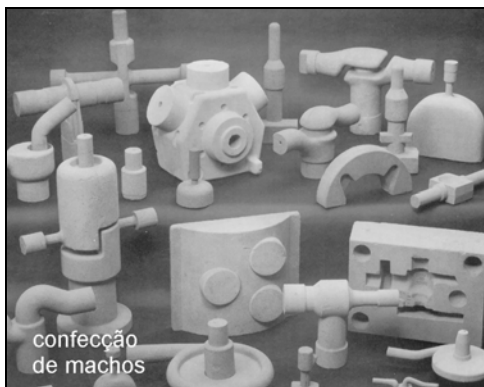
usinagem da peça. Ele é feito de madeira, alumínio, aço, resina plástica e até isopor.



- 2. Confeção do molde** – 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.



- 3. Confeção 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.



4. **Fusão** – Etapa em que acontece a fusão do metal.
5. **Vazamento** – O vazamento é o enchimento do molde com metal líquido.



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

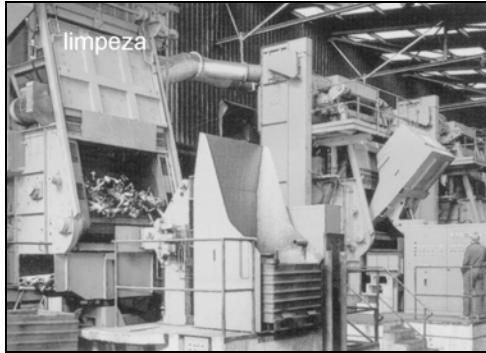


**Canais de alimentação** são as vias, ou condutos, por onde o metal líquido passe para chegar ao molde.



**Massalote** é uma espécie de reserva de metal que preenche os espaços que vão se formando à medida que a peça vai solidificando e se contraindo.

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.



Essa seqüência de etapas é a que normalmente é seguida no processo de fundição por gravidade em areia, que é o mais utilizado. Um exemplo bem comum de produto fabricado por esse processo é o bloco dos motores de automóveis e caminhões.

O processo de fundição por gravidade com moldagem em areia apresenta variações. As principais são:

- fundição com moldagem em areia aglomerada com argila;
- fundição com moldagem em areia aglomerada com resinas.

A fundição por gravidade usa também moldes cerâmicos. Esse processo recebe o nome de fundição de precisão.

Existe ainda um outro processo de fundição por gravidade que usa moldes metálicos. Quando são usados moldes metálicos, não são necessárias as etapas de confecção do modelo e dos moldes, por nós descritas. Outro processo que usa molde metálico é o processo de **fundição sob pressão**. Esses outros processos, você vai estudar com mais detalhes nas próximas aulas.

Pelas informações desta parte da lição, você já percebeu a importância da fundição para a mecânica. É uma etapa fundamental de todo o processo de produção e dele depende muito a qualidade que o produto terá ao chegar ao consumidor.

**Pare! Estude! Responda!**

**Exercício 4**

Relacione a coluna **A** com a coluna **B**.

**Coluna A**

- a) ( ) Retirada de canais, massalotes e rebarbas da peça.
- b) ( ) O metal é derretido em fornos especiais.
- c) ( ) Retirada da peça sólida do molde.
- d) ( ) O modelo é construído com madeira, metal ou resina.
- e) ( ) O metal líquido é despejado no molde.
- f) ( ) Etapa em que o molde é construído.
- g) ( ) Etapa em que os machos são construídos.
- h) ( ) Etapa em que a peça é jateada e limpa.

**Coluna B**

- 1. Confeção do molde
- 2. Confeção do macho
- 3. Confeção do modelo
- 4. Fusão
- 5. Vazamento
- 6. Desmoldagem
- 7. Rebarbação
- 8. Limpeza

**Exercício 5**

Responda às seguintes perguntas.

- a) Como se chamam os dutos que conduzem o metal líquido para o interior do molde?
- b) Qual é o nome do reservatório que serve para suprir a peça com metal à medida que ele se resfria e contrai?
- c) Escreva os nomes dos outros processos de fundição citados nesta parte da aula.

**Características e defeitos dos produtos fundidos**

Quando um novo produto é criado, ou quando se quer aperfeiçoar algo que já existe, o departamento de engenharia geralmente tem alguns critérios que ajudam a escolher o tipo de processo de fabricação para as peças projetadas.

No caso da fundição, vários fatores podem ser considerados:

- formato e complexidade da peça
- tamanho da peça
- quantidade de peças a serem produzidas
- matéria-prima metálica que será usada

Além disso, as peças fundidas apresentam características que estão estreitamente ligadas ao processo de fabricação como por exemplo:

- acréscimo de sobremetal, ou seja, a camada extra de metal que será desbastada por processo de usinagem
- furos pequenos e detalhes complexos não são feitos na peça porque dificultam o processo de fundição, embora apareçam no desenho. Esses detalhes são depois executados também por meio de usinagem.
- arredondamento de cantos e engrossamento das paredes da peça para evitar defeitos como trincas e melhorar o preenchimento com o metal líquido.

Como em todo o processo, às vezes, alguma coisa “sai errado” e aparecem os defeitos. Alguns defeitos comuns das peças fundidas são:

- inclusão da areia do molde nas paredes internas ou externas da peça. Isso causa problemas de usinagem: os grãos de areia são abrasivos e, por isso, estragam a ferramenta. Além disso, causam defeitos na superfície da peça usinada.
- defeitos de composição da liga metálica que causam o aparecimento de partículas duras indesejáveis no material. Isso também causa desgaste da ferramenta de usinagem.
- rechupe, ou seja, falta de material devido ao processo de solidificação, causado por projeto de massalote malfeito.
- porosidade, ou seja, a existência de “buraquinhos” dentro de peça. Eles se originam quando os gases que existem dentro do metal líquido não são eliminados durante o processo de vazamento e solidificação. Isso causa fragilidade e defeitos superficiais na peça usinada.

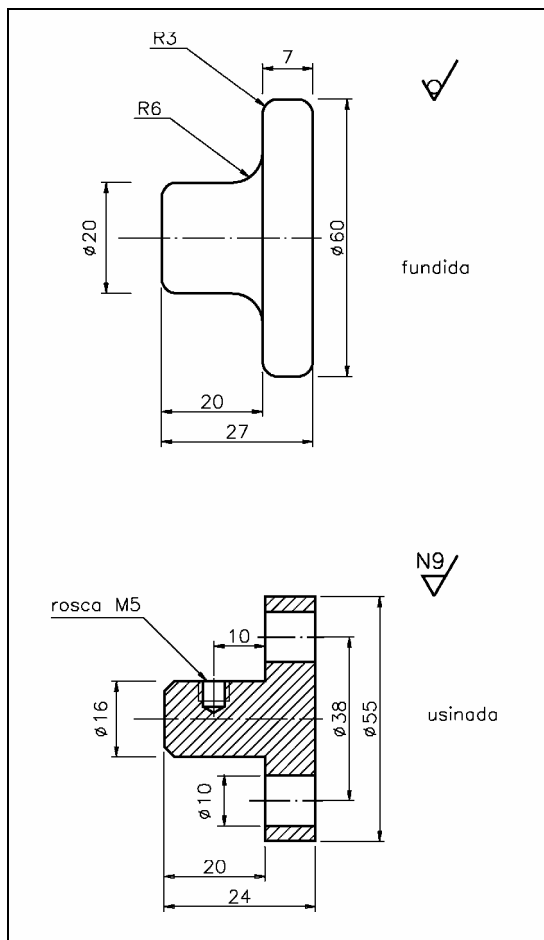
Esta aula termina aqui. Nela você teve uma noção básica e geral sobre o que é fundição e como se obtêm as peças fundidas. Essa é uma etapa importante no processo de fabricação de peças para conjuntos mecânicos e pode ser que sobre para você usinar uma peça dessas, não é mesmo? Agora dê uma repassada na aula e faça os exercícios.

**Pare! Estude! Responda!**

**Exercício 6**

Resolva às seguintes questões.

- a) Ao lado são apresentados dois desenhos: o primeiro de uma peça acabada, já usinada, e o segundo, da mesma peça, porém apenas fundida. Use os conhecimentos que você adquiriu nesta aula e responda por que a peça fundida teve que ser modificada e qual a finalidade de cada modificação feita.
- b) Se você estivesse usinando uma peça fundida e verificasse a presença de muitos buraquinhos, como você chamaria esse defeito? Qual sua causa?
- c) Se na usinagem você notar que a ferramenta está desgastando muito rapidamente, qual o defeito de fundição que estaria causando esse problema?



### Gabarito

1. a) É o processo que permite a obtenção de peças em formas praticamente definitivas com limitação de: tamanho, formato e complexibilidade.  
b) 1. água  
2. óleo  
c) Porque não tendo boa fluidez, o metal não conseguirá preencher totalmente as cavidades ou vazios do molde.  
d) 1. ferro fundido.  
2. fusão mais rápida (temperatura mais baixa que do aço).
2. a) As peças fundidas podem apresentar formatos impossíveis de se obter por outros processos, tornando vantajoso sua fabricação por esse processo.  
b) 1. (F)      2. (V)      3. (V)      4. (F)
3. 1) Pelo auto grau de automatização, a fundição permite uma produção rápida e em grandes quantidades.  
4) Podem ser fundidos dentro de padrões variados de acabamento.
4. a) (7)      b) (4)      c) (6)      d) (3)  
e) (5)      f) (1)      g) (2)      h) (8)
5. a) Canais de alimentação.  
b) Massalote.  
c) Fundição por gravidade, fundição sob pressão
6. a) Pelo acréscimo de sobremetal que foi usinado, detalhes e furos que foram executados posteriormente, cantos arredondados e paredes grossas para melhorar o processo de fundição.  
b) Porosidade, causada pelos gases não eliminados durante o processo de vazamento e solidificação.  
c) Inclusão de areia do molde na peça.