

Introdução

A história do homem é a história do domínio da tecnologia dos materiais. Não é à toa que alguns de seus períodos se confundem com os materiais mais usados neles: Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro. Ou com atividades econômicas relacionados ao domínio dessa tecnologia, como a Revolução Industrial.

De fato, durante milhares de anos, essa evolução foi bastante lenta, para depois, em apenas pouco mais de 200 anos, acelerar-se de forma incrível, proporcionando ao ser humano, principalmente nos países industrializados, cada vez mais conforto e tempo para lazer.

Este é, com certeza, o verdadeiro motivo que mantém o ser humano na pesquisa constante de novos materiais: o que ele quer, na verdade, é viver bem e ter mais tempo para si mesmo e para sua família. Se ele consegue, ou não, já é outro problema.

De todos os materiais à disposição da indústria, certamente o ferro fundido e o aço são os mais utilizados. E não é só na indústria mecânica, não: eles estão também na construção civil em edifícios, viadutos e pontes, ajudando a manter unidas as estruturas de concreto; na indústria elétrica, na fabricação de motores que auxiliam a movimentar máquinas e equipamentos industriais.

O que você deve sempre se lembrar é que todo o progresso conseguido na tecnologia de fabricação do ferro fundido e do aço não foi apenas o resultado da abundância do metal na crosta

terrestre, o que facilitou sua utilização. Foi também consequência da curiosidade do homem para saber mais sobre a estrutura e o comportamento desses materiais.

Assim, ao longo da história da humanidade, o homem descobriu como minerar, beneficiar e melhorar as propriedades dos metais resultantes desse processo.

E você, não está curioso para aprender um pouco sobre a origem desses metais? É um assunto interessante: ele explica de onde vêm os metais ferrosos e o que a gente faz para transformá-los em matéria-prima ideal para fabricar, tanto um automóvel quanto uma faca de cozinha. Vamos lá, então?

Mais um pouco de História

Hoje é praticamente impossível encontrar alguma área da atividade humana na qual o metal não esteja presente e intimamente ligado ao desenvolvimento. Mas, para isso, o homem percorreu um longo caminho: o ouro teria sido o primeiro metal a ser usado, aproximadamente 8.000 anos antes de Cristo. Ele é um metal encontrado em estado puro na natureza e não necessita de processo de beneficiamento. Seu brilho foi o que, provavelmente, chamou a atenção de nossos antepassados. Contudo, apesar de ser facilmente trabalhável devido a suas propriedades (alta ductilidade, baixa dureza e baixa resistência mecânica), essas mesmas propriedades impediram que o material fosse usado para finalidades práticas, como a fabricação de armas e ferramentas.

O primeiro metal que foi usado como matéria-prima tanto para objetos de adorno quanto para ferramentas foi o cobre. Os livros de História nos ensinam que, 7.000 anos antes de Cristo, o homem já fazia experiência com esse metal em um lugar hoje chamado Anatólia, lá na antiga União Soviética. Por acaso, os primeiros artesãos descobriram que, apesar de bastante dúctil e maleável, o cobre ficava mais duro quando martelado com outra ferramenta. Descobriu também que era fácil soldá-lo com ele mesmo e que, assim, era possível construir ferramentas mais

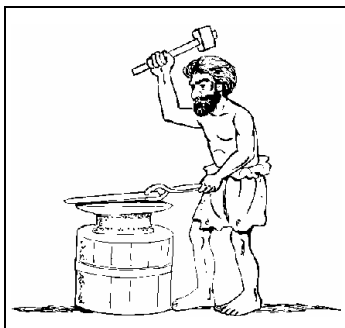
complexas.

Além disso, o cobre liga-se facilmente a outros metais. Assim, naturalmente e embora também por acaso, o homem descobriu a primeira liga que continha como base o cobre e ao qual se acrescentava arsênico. Parece que um caçador distraído fundiu sem querer na fogueira do seu acampamento esses dois materiais que estavam ali juntos, no chão.

O resultado foi um metal muito mais duro e resistente do que o cobre puro. O homem percebeu isso e passou a preferir essa liga ao metal puro. Mais tarde ele substituiu o arsênico pelo estanho que, apesar de mais raro e difícil de ser obtido, era mais seguro para ser trabalhado. Estava descoberto o bronze.

Apesar de ser o quarto elemento mais abundante existente na crosta terrestre (5,01%) e de existir em quantidades muito maiores que o cobre (só 0,01%), o ferro só começou a ser usado muito depois (por volta de 3500 a.C.) devido às dificuldades de processamento. O homem da Antigüidade conhecia esse metal como o “Metal do Céu” ou o “Metal das Estrelas”, talvez porque o ferro que ele usava naquela época fosse retirado de meteoritos.

Esse homem trabalhava o ferro por uma técnica chamada forjamento, na qual o metal é aquecido até ficar incandescente, ou seja, até ficar vermelho, e martelado até atingir a forma desejada. Assim, não era necessário fundir o metal, pois essa técnica ele ainda não dominava.



Bem mais tarde, por volta do ano 1000 a.C. na China, foram construídos os primeiros fornos de redução do minério de ferro para a produção de aço e, depois, de ferro fundido. Essa tecnolo-

gia, de fundição bem sofisticada, foi desenvolvida, independentemente, na Europa só muito mais tarde, no século XIV.

Depois, a partir da segunda metade do século XIX, com o desenvolvimento do alto-forno e o descobrimento do processo de diminuição do carbono do ferro-gusa, foi possível obter o ferro fundido e o aço em grandes quantidades. A partir daí, o caminho estava aberto para todas as utilizações desses materiais que se fazem hoje.

Falamos de História e você viu que levou muito tempo para que o homem pudesse transformar o ferro no metal mais importante para a indústria mecânica atualmente, apesar do desenvolvimento do alumínio e do avanço do plástico e da cerâmica. Você viu que essa demora aconteceu devido às dificuldades de processamento do metal. Mas, antes de chegar ao metal, é preciso fazer algumas coisas. Que coisas? Isso nós vamos ver mais para a frente nesta aula.

Para parar e estudar

Primeira parada: lápis e papel na mão. Releia esta primeira parte da aula anotando o que você achar importante. Depois é só fazer os exercícios.

Exercício

1. Escreva **C** para as sentenças que você julgar corretas e **F** para as que julgar falsas. Reescreva corretamente as que você considerou falsas:
 - a) () As propriedades do ouro permitiram que ele fosse usado para a fabricação de armas e ferramentas.
 - b) () O cobre foi usado para a fabricação de ferramentas porque podia se soldar a ele mesmo e ficava mais duro quando martelado com uma ferramenta.
 - c) () A liga de cobre e estanho, que forma o bronze, foi descoberta depois do ferro.
 - d) () O bronze é mais duro e resistente que o cobre puro.
 - e) () Apesar de ser abundante, o ferro demorou a ser usado porque era mais mole que o cobre.

- f) () O ferro, que o homem da Antigüidade usava, vinha das minas e era trabalhado por fundição.

Com quantos elementos químicos se faz um minério de ferro?

Na aula passada, você estudou a natureza dos materiais e viu que eles estão reunidos em dois grandes grupos: os materiais **metálicos** e os **não-metálicos**. No grupo dos materiais metálicos, estudou também que existem dois grupos: os materiais metálicos **ferrosos** e os materiais metálicos **não-ferrosos**. Naquela aula, você teve uma porção de informações sobre a estrutura desses materiais e suas propriedades. Só para refrescar sua memória, vamos retomar algumas informações sobre os materiais metálicos.

O dicionário diz que metal, quando em estado sólido, é um material com estrutura na forma de cristais, compostos por elementos químicos eletropositivos e que tem como propriedades a dureza, a resistência mecânica, a plasticidade e a condutividade térmica e elétrica. E, para que o material metálico seja considerado ferroso, é preciso que ele se constitua de uma liga de ferro com carbono e outros elementos como o silício, o manganês, o fósforo, o enxofre. Quando a quantidade de carbono presente no metal ferroso fica entre 2,0 e 4,5%, temos o **ferro fundido**. Se a quantidade de carbono for menor do que 2%, temos o **aço**.

O problema é que a gente não tropeça em pedaços de ferro fundido e aço, a não ser que vá a um depósito de ferro-velho. Na natureza, o máximo que se encontra é o **minério de ferro**, que precisa ser processado para ser transformado em ferro fundido ou aço.

Vamos ver, então, que história é essa de minério. Bem, os metais podem estar puros na natureza, como o ouro e a platina, ou sob a forma de minerais, ou seja, combinações de metais com outros elementos formando **óxidos**, **sulfetos**, **hidratos**, **carbonatos**.

Óxidos são compostos constituídos por um elemento químico qualquer ligado ao oxigênio. Por exemplo: Al_2O_3 (alumínia), Fe_2O_3 (hematita).

Sulfetos são compostos constituídos por um elemento químico qualquer ligado ao enxofre. Por exemplo: Cu_2S .

Hidratos são compostos que contêm água em sua estrutura: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Carbonatos são compostos que apresentam o grupo CO_3 em sua estrutura. Por exemplo: CaCO_3 (carbonato de cálcio).

Quando o mineral contém uma quantidade de metal e de impurezas que compensa a exploração econômica, ele recebe o nome de **minério**. O lugar onde esses minérios aparecem em maior quantidade é chamado de **jazida**. O Brasil, por exemplo, possui grandes jazidas de minério de ferro. E, por falar em minério de ferro, o quadro a seguir resume informações sobre ele.

Tipo	Designação mineralógica	Designação química	Fórmula	Teor metálico	Observações
Carbonato	Siderita	Carbonato ferroso	FeCO_3	25 a 45%	Existe pouco no Brasil
	Magnetita	Óxido ferroso-férrico	Fe_3O_4	45 a 70%	Tem prosperidades magnéticas
Óxidos	Limonita	Óxido férrico triidratado	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	40 a 60%	Utilizando no alto-forno após pelotização ou sinterização
	Hematita	Óxido férrico	Fe_2O_3	45 a 70%	Abundante no Brasil

Adaptado de: **Materiais de Construção**, Eládio G. R. Petrucci, Porto Alegre: Editora Globo, 1976, pág. 219

Além dos elementos da fórmula química mostrados no quadro acima, o minério de ferro contém ainda cal, sílica, alumina, enxofre, manganês e magnésio, em quantidades bem pequenas. Para o processo de transformação, alguns deles são considerados impurezas.

É, apareceram uns "palavrões" na aula... Mas, você vai ter de aprendê-los. Estude essa parte da aula, com atenção, tendo especial cuidado com os elementos químicos que compõem os

minérios. Depois, faça o exercício a seguir:

Exercícios

2. Complete as definições.

- a) Metal é:.....
- b) As propriedades do metal são:.....
- c) Metal ferroso é:
- d) Ferro fundido é:
- e) Aço é:
- f) Minério é:.....
- g) Jazida é:
- h) Os nomes de minérios de ferro são:
- i) O minério de ferro mais abundante no Brasil é:

3. O Brasil possui grandes jazidas de minério de ferro. Faça uma pesquisa e descubra em que regiões do Brasil estão localizadas essas jazidas. Se você nunca foi a uma biblioteca, aproveite a ocasião e visite uma. Com certeza, os bibliotecários vão ter muito prazer em ajudar você em sua pesquisa.

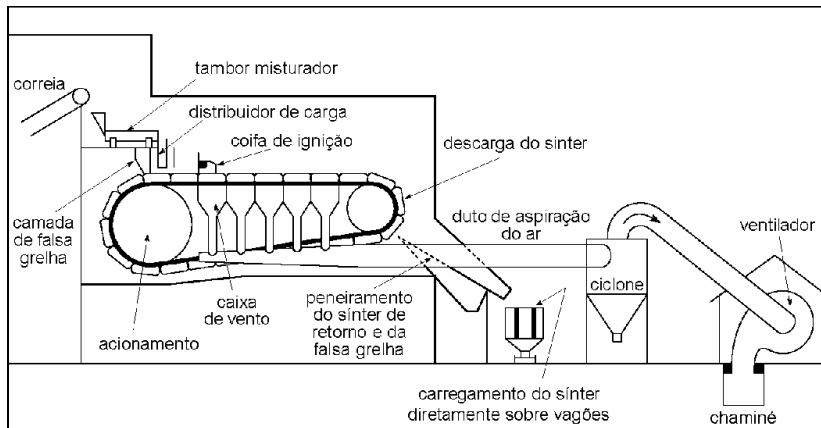
A mágica baseada na tecnologia

Mas será que a gente usa o minério assim, do jeito que ele sai da jazida? Claro que não! Imagine o padeiro usando os grãos de trigo do modo como eles saem lá do campo, onde foram cultivados... Não dá para fazer o pão, certo? Com o minério de ferro é a mesma coisa: é preciso prepará-lo para que ele fique adequado para ser empregado como matéria-prima. O processo até que não é complicado, embora exija uma tecnologia que o homem demorou para dominar.

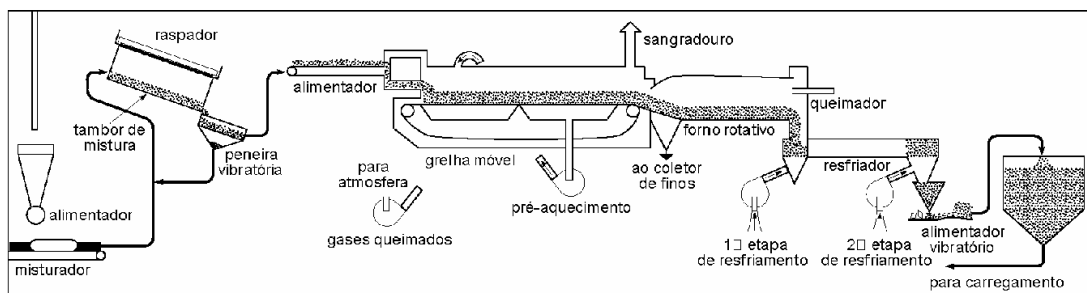
A principal função da preparação do minério de ferro é torná-lo adequado ao uso no alto-forno. O que a gente faz durante esse processo depende da qualidade do minério de que se dispõe. Por exemplo, nas jazidas do Brasil há grande quantidade de minério de ferro em pó. Isso significa que, cerca de 55% do minério é encontrado em pedaços que medem menos de 10 mm. Como o alto-forno, equipamento onde se produz o ferro-gusa, só trabalha

com pedaços entre 10 e 30 mm, isso se tornou um problema. Porém, o aumento das necessidades mundiais de aço trouxe condições econômicas para se desenvolver processos que permitem a utilização desse tipo de minério: esses processos são a **sinterização** e a **pelotização**.

Com a sinterização, são obtidos blocos feitos com partículas de minério de ferro, carvão moído, calcário e água. Isso tudo é misturado até se obter um aglomerado. Depois, essa mistura é colocada sobre uma grelha e levada a um tipo especial de equipamento que, com a queima de carvão, atinge uma temperatura entre 1.000°C e 1.300°C. Com esse aquecimento, as partículas de ferro derretem superficialmente, unem-se umas às outras e acabam formando um só bloco poroso. Enquanto ainda está quente, esse bloco é quebrado em pedaços menores chamados **sínter**.



Outra maneira de beneficiar o minério de ferro é por meio da pelotização. Por esse processo, o minério de ferro é moído bem fino e depois umedecido para formar um aglomerado. O aglomerado é, então, colocado em um tipo de moinho em forma de tambor. Conforme esse tambor gira, os aglomerados vão sendo unidos até se transformarem em pelotas (daí o nome: pelotização). Depois disso, essas pelotas são submetidas à secagem e queima para endurecimento.



Depois que o minério de ferro é beneficiado, ele vai para o alto-forno para se transformar em ferro-gusa. O ferro-gusa é a matéria-prima para a fabricação do aço e do ferro fundido. Só que nesse processo, a gente não coloca só o minério de ferro no alto-forno, põe fogo embaixo e pronto. O ferro-gusa também tem sua “receitinha” com “ingredientes” especiais. Esses ingredientes são os fundentes, os desoxidantes, desfosforizantes (materiais que ajudam a eliminar as impurezas) e os combustíveis.

O fundente, isto é, o material que ajuda o minério de ferro a se fundir, é o calcário. Esse material é uma rocha constituída por carbonato de cálcio que, por sua vez, é uma combinação de cálcio com carbono e oxigênio.

Para eliminar as impurezas que, como dissemos lá atrás, os minérios contêm, temos que colocar, em nossa receita, materiais que ajudam a eliminá-las. Assim, por exemplo, a cal é usada como fundente, ou seja, torna líquida a escória do ferro-gusa. O minério de manganês ajuda a diminuir os efeitos nocivos do enxofre que é uma impureza que torna o aço mais frágil. Esse minério é também um desoxidante, isto é, elimina oxigênio que contamina o aço.

Os combustíveis são muito importantes na fabricação do ferro-gusa, pois precisam ter um alto poder calorífico. Isso quer dizer que têm de gerar muito calor e não podem contaminar o metal obtido. Dois tipos de combustíveis são usados: o **carvão vegetal** e o **carvão mineral**.

Por suas propriedades e seu elevado grau de pureza, o carvão vegetal é considerado um combustível de alta qualidade. Na indústria siderúrgica brasileira, esse tipo de combustível participa, ainda, em cerca de 40% da produção total de ferro fundido. Suas

duas grandes desvantagens são o prejuízo ao ambiente (desflorestamento) e a baixa resistência mecânica, muito importante no alto-forno, porque o combustível fica embaixo da carga e tem que agüentar todo o seu peso.

O carvão mineral produz o coque, que é o outro tipo de combustível usado no alto-forno. Para que ele tenha bom rendimento, deve apresentar um elevado teor calorífico e alto teor de carbono, além de apresentar grande resistência ao esmagamento para resistir ao peso da coluna de carga.

Além de serem combustíveis, tanto o coque quanto o carvão vegetal têm mais duas funções: gerar gás redutor ou agir diretamente na redução, e assegurar a permeabilidade à coluna de carga. Isso quer dizer que eles permitem que o calor circule com facilidade através da carga.

Juntando-se essas matérias-primas dentro do alto-forno, obtém-se o ferro-gusa, a partir do qual se fabrica o aço e o ferro fundido. É lá dentro que a “mágica” acontece. Mas ainda não vamos falar sobre ela. Esse processo vai ser descrito em detalhes na próxima aula. Por enquanto, estude cuidadosamente esta parte da lição.

Exercícios

4. Assinale a alternativa que completa corretamente as seguintes afirmações:

a) A matéria-prima básica para a produção do ferro-gusa é o:

1. () minério de manganês;
2. () calcário;
3. () minério de ferro;
4. () chumbo.

b) Uma das finalidades da utilização do minério de manganês no alto-forno é:

1. () facilitar a fusão do minério de ferro;

2. () diminuir o efeito nocivo do enxofre;
 3. () diminuir o teor de enxofre;
 4. () produzir gás carbônico.
- c) O calcário é utilizado no alto-forno para:
1. () eliminar o enxofre;
 2. () eliminar o fósforo;
 3. () eliminar o oxigênio;
 4. () facilitar a fusão do minério de ferro.
- d) No Brasil, o combustível que participa em 40% na produção de ferro fundido é:
1. () o carvão mineral;
 2. () o óleo combustível;
 3. () o carvão vegetal;
 4. () o gás combustível.
- e) O coque é produzido a partir de:
1. () petróleo;
 2. () carvão mineral;
 3. () carvão vegetal;
 4. () gás redutor.
- f) Além de combustível, o carvão tem mais duas funções:
1. () poluir o ambiente e diminuir a resistência mecânica;
 2. () ter alto teor calorífico e possuir baixo teor de carbono;
 3. () ter resistência mecânica e alto poder calorífico;
 4. () gerar gás redutor e permitir que o calor circule com facilidade através da carga.
- g) Os processos de beneficiamento do minério de ferro chamam-se:
1. () sinterização e pelletização;
 2. () redução e carbonetação;
 3. () redução e sintetização;
 4. () pelletização e carbonetação.

Avalie o que você aprendeu

5. Responda às seguintes perguntas:

- a) Por que o homem da Antigüidade preferiu o cobre em vez do ouro, para fabricar armas e ferramentas?
- b) Por que o bronze foi utilizado antes do ferro?
- c) Por que levou tanto tempo para se produzir aço em grandes quantidades?
- d) O alto-forno é um equipamento que só funciona adequadamente com pedaços de minério de ferro que medem entre 10 e 30 mm. Já que o minério de ferro no Brasil se apresenta em pedaços de 10 mm ou menores, o que é feito para se utilizar esse tipo de minério em nossas siderúrgicas?
- e) Quais são os combustíveis usados no alto-forno para a produção de ferro gusa?
- f) Quais as qualidades que o coque deve ter para dar um bom rendimento como combustível?
- g) Escreva na frente de cada elemento citado sua função (ou funções) no processo de produção do ferro gusa:
 - 1. Minério de ferro
 - 2. Calcário
 - 3. Cal
 - 4. Carvão vegetal
 - 5. Coque

Gabarito

1.
 - a) F (As propriedades do ouro impediram que fosse utilizado para fabricar armas.)
 - b) C
 - c) F (A liga de cobre e estanho, que forma o bronze, foi descoberta antes do ferro.)
 - d) C
 - e) F (O ferro demorou para ser utilizado, devido às dificuldades de processamento.)
 - f) F (O homem da Antigüidade usava ferro retirado dos meteoritos.)

2.
 - a) Um material com estrutura na forma de cristais, composto por elementos químicos eletropositivos.
 - b) Dureza, resistência mecânica, plasticidade, condutividade térmica e elétrica.
 - c) Uma liga de ferro com carbono e/ou outros elementos.
 - d) Quando a quantidade de carbono, presente no metal ferroso, fica entre 2,0 e 4,5%.
 - e) Quando a quantidade de carbono no metal ferroso for menor do que 2%.
 - f) O mineral que contém uma quantidade de metal que compensa a exploração econômica.
 - g) O lugar onde os minérios aparecem em maior concentração.
 - h) Siderita, magnetita, limonita, hematita.
 - i) Hematita.

3. Pesquisa

4.
 - a) 3
 - b) 2
 - c) 4
 - d) 3
 - e) 2
 - f) 4
 - g) 1

- 5.**
- a)** O cobre ficava bastante duro quando martelado.
 - b)** Porque o homem percebeu que o bronze era um metal muito mais duro e resistente que o metal puro.
 - c)** O aço só foi possível de ser produzido em grande quantidade depois do descobrimento do processo de diminuição do carbono do ferro-gusa.
 - d)** O minério passa por um processo de sinterização ou pelletização.
 - e)** O carvão vegetal e o coque.
 - f)** Deve ter um elevado poder calorífico e alto teor de carbono.
 - g)**
 - 1** - Matéria-prima de onde é extraído o ferro.
 - 2** - Fundente.
 - 3** - Desfosforizante.
 - 4** - Combustível de alta qualidade.
 - 5** - Combustível gerador de gás redutor.